เอกสารวิทยาเขตฯ
ห้ามนำออกจากห้องสมุด
ใช้เฉพาะ ชั้น 5 เท่านั้น

กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

Flowerpot from Agricultural Waste Materials

ดร. ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง
ผศ.ดร. มาริสา จินะดิษฐ์
ผศ.ดร. วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์
อ. สุรัตน์ บุญพึ่ง
อ. จิรพล กลิ่นบุญ
ดร. ไชยยันต์ ไชยยะ
อ. ฉันทมณี วังสะจันทานนท์

RMUTK - CARIT
3 2000 00095617 9

ประจำปีงบประมาณ 2548

631
ป 144ก
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 0876
วัน เดือน ปี 15/11/49

กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

Flowerpot from Agricultural Waste Materials

ดร. ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง	แผนกวิจัย ฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม
ผศ.ดร. มาริสา จินะดิษฐ์	ฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม
ผศ.ดร. วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์	สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี
อ. สุรัตน์ บุญพึ่ง	สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี
อ. จิรพล กลิ่นบุญ	สาขาวิชาเครื่องกล คณะวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ดร. ไชยยันต์ ไชยยะ	สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี
อ. ฉันทมณี วังสะจันทานนท์	สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี

สนับสนุนโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2548 ขอขอบคุณหมวดวิชาชีววิทยา คณะวิชาศึกษาทั่วไป ที่ได้ให้ความกรุณาเอื้อเฟื้อให้ใช้อุปกรณ์ในการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ และขอขอบคุณอาจารย์นิสิต เรืองสว่าง หมวดวิชาชีววิทยา คณะวิชาศึกษาทั่วไป ที่ท่านได้ให้ความกรุณาเอื้อเฟื้อแนะนำการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวฯ ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิชาโยธา ที่ได้ให้ความกรุณาเอื้อเฟื้อให้ใช้อุปกรณ์ทดสอบความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ ขอขอบคุณอาจารย์ชำนาญ น้อยพิทักษ์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิชาโยธา ที่ท่านได้ให้ความกรุณาเอื้อเฟื้อแนะนำการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวฯ อย่างดียิ่ง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตกระถางต้นไม้ที่เสื่อมทางชีวภาพด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิก โดยศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อความพรุนและความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ ได้แก่ อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี และเวลาในการขึ้นรูปกระถาง โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ ซึ่งศึกษาอัตราส่วนที่เตรียมจากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรและวัชพืชน้ำ ได้แก่ ฟางข้าวต่อผักตบชวาต่อขี้เลื่อย เป็น 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1 และ 2:1:1 โดยมีอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี เป็น 1:1, 1:2, 1:3, และ 2:1 ขึ้นรูปกระถางต้นไม้ด้วยเครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิก ที่ความดัน 800 psig เป็นเวลา 10, 15, 20 และ 25 วินาที ผลการคำนวณทางสถิติพบว่า ความพรุนและความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของวัสดุอย่างมีนัยสำคัญ ศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ และการทดลองปลูกต้นไม้พบว่า กระถางต้นไม้มีการย่อยสลายและเกิดการแทงรากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์

คำสำคัญ : การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ ความพรุน ความแข็งแรง กระถางต้นไม้ ฟางข้าว ขี้เลื่อย ผักตบชวา

ABSTRACT

The objective of this research was to produce of biodegradable flowerpot using hydraulic compress machine. The effects of flowerpot porosity and strength were studied via the variables as follows: the ratio of agriculture waste materials, the ratio of cassava powder by wheat flour and time. The Latin Squares technique was used as experimental plan design. The ratios of a straw by water hyacinth by sawdust were 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1 and 2:1:1. The ratios of cassava powder by wheat flour were 1:1, 1:2, 1:3 and 2:1. The compress time at 800 psig were 10, 15, 20 and 25 seconds. The statistical analysis results shown that the porosity and strength of the flowerpot significantly depend on the ratio of agriculture waste materials. The microscope structure of cultivated flowerpot was studied. It was also found that the structure was destroyed and the root was shot after the young plant cultivated for 4 weeks.

Keyword : Latin Square Design (LSD), Porosity, Strength, Flowerpot, Straw, Sawdust and Hyacinth

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูป	ญ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ฐ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่จะได้จากงานวิจัย	3
2. วารสารปริทัศน์	4
2.1 ผักตบชวา	4
2.2 ฟางข้าว	11
2.3 แป้ง	15
2.4 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์	27
2.5 งานวิจัยที่ผ่านมา	30

บทที่		หน้า
3.	วิธีวิจัย	32
	3.1 วัสดุและอุปกรณ์	32
	3.2 วิธีการทำวิจัย	32
	3.3 การทดลองผสมอัตราส่วนและขึ้นรูปกระถางต้นไม้ จากตารางลาตินสแควร์	33
	3.4 การวัดความพรุน	37
	3.5 การทดลองปลูกต้นไม้	38
	3.6 การทำแม่พิมพ์ขนาดเล็ก	39
	3.7 โครงการวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยี	39
4.	ผลการทำวิจัยและอภิปรายผล	44
	4.1 ตัวแปรที่มีผลต่อความพรุนของกระถางต้นไม้และการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ โดยกำหนดเงื่อนไขของการทดลองเป็นแบบตารางลาตินสแควร์	44
	4.2 ผลการคำนวณทางสถิติ	47
	4.3 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้	51
	4.4 ผลการทดลองปลูกต้นไม้	52
	4.5 แม่พิมพ์ขนาดเล็ก	55
	4.6 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี	56
	4.7 ผลการประเมินโครงการ	58
5.	สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	62
	5.1 สรุปผลงานวิจัย	62
	5.2 ข้อเสนอแนะ	63
เอกสารอ้างอิง		64
ภาคผนวก		66
ภาคผนวก ก	ข้อมูลการทดลองหาความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นของวัสดุ และขนาดอนุภาค	67
ภาคผนวก ข	วิธีการคำนวณทางสถิติ	73
	ข.1 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์	73

บทที่ หน้า

ข.2 การคำนวณความแปรปรวนสำหรับตารางลาตินสแควร์ 75
ข.3 การเปรียบเทียบความพรุนของกระถางที่อัตราส่วนของวัสดุต่างๆ 81
ข.4 การคำนวณความหนาแน่นรวมของกระถางต้นไม้ 88
ข.5 การคำนวณความหนาแน่นของวัสดุของกระถางต้นไม้ 88
ข.6 การคำนวณหาความพรุนของกระถางต้นไม้ 89
ข.7 การคำนวณหาอนุภาคเฉลี่ยของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 90
ภาคผนวก ค การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ 91
ค.1 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ที่อัตราส่วน 1:1:1 91
ค.2 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ที่อัตราส่วน 1:2:1 93
ค.3 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ที่อัตราส่วน 2:1:1 94
ภาคผนวก ง ผลการทดลองปลูกต้นไม้ 95
ง. 1 ลักษณะของความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพ ของกระถางต้นไม้ ชุดที่หนึ่ง ปลูกเวลา 4 สัปดาห์ 95
ง. 2 ลักษณะของความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพ ของกระถางต้นไม้ ชุดที่สอง ปลูกเวลา 8 สัปดาห์ 99
ภาคผนวก จ ความน่าจะเป็นแบบเอฟ 104
ภาคผนวก ฉ แบบประเมินผู้เข้าอบรม โครงการกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 105

ประวัตินักวิจัย 107

รายการตาราง

ตาราง หน้า

2.1 องค์ประกอบของผักตบชวาเปียก 10
2.2 องค์ประกอบของผักตบชวาทั้งต้นในระหว่างการเจริญเติบโต 10
2.3 องค์ประกอบของผักตบชวาแห้งที่เจริญในน้ำเสีย 10
2.4 ข้อมูลโดยสรุปทางชีววิทยาของผักตบชวา 11
2.5 ปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้งชนิดต่างๆ 17
2.6 ช่วงเวลาการทำให้เป็นเจลาตินของแป้งชนิดต่างๆ 19
2.7 องค์ประกอบต่างๆ ของแป้งสาลี 23
3.1 ภาวะการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิก โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ 33
3.2 ตารางเวลาถ่ายทอดเทคโนโลยี 43
4.1 ผลการทดลองการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ภาวะต่างๆ 45
4.2 ความพรุนของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่างๆ ความดันในการขึ้นรูป 800 psig 46
4.3 ความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ 46
4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความพรุน 47
4.5 ผลการคำนวณความแปรปรวนของความพรุนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของวัสดุต่างๆ 48
4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแข็งแรง 49
4.7 ผลการคำนวณความแปรปรวนของความแข็งแรงเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนวัสดุต่างๆ 50
ก.1 ปริมาตรชิ้นส่วนของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่างๆ สำหรับคำนวณความหนาแน่น 67
ก.2 ข้อมูลสำหรับคำนวณความหนาแน่นของวัสดุของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่างๆ 68
ก.3 ความหนาแน่นของวัสดุของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่างๆ 69
ก.4 ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นของวัสดุและความพรุนของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่างๆ 70

ตาราง หน้า

ก.5 การหาอนุภาคเฉลี่ยโดยน้ำหนักของขี้เลื่อย โดยใช้ขี้เลื่อย 100 g 71
ก.6 การหาอนุภาคเฉลี่ยโดยน้ำหนักของฟางข้าว โดยใช้ฟางข้าว 100 g 71
ก.7 การหาอนุภาคเฉลี่ยโดยน้ำหนักของผักตบชวา โดยใช้ผักตบชวา 100 g 72
ข.1-1 ภาวะการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิก โดยการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ 74
ข.1-2 ความพรุนของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่างๆ 74
ข.1-3 ความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่างๆ 75
ข.2-1 ผลรวมในแต่ละคอลัมน์และแถวของความพรุน 75
ข.2-2 ผลรวมในแต่ละคอลัมน์และแถวของความแข็งแรง 76
ข.2-3 ผลรวมและค่าความพรุนเฉลี่ยของเวลาต่างๆ 77
ข.2-4 ผลรวมและค่าความแข็งแรงเฉลี่ยของเวลาต่างๆ 77
ข.2-5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความพรุน 78
ข.2-6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแข็งแรง 78
ข.3-1 การคำนวณผลรวมความพรุนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนวัสดุ 81
ข.3-2 การคำนวณผลรวมความแข็งแรงเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนวัสดุ 82
ข.3-3 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบความพรุนระหว่างอัตราส่วนวัสดุ 83
ข.3-4 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงระหว่างอัตราส่วนวัสดุ 84
ข.3-5 ผลการคำนวณความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความพรุนระหว่างอัตราส่วนวัสดุ 85
ข.3-6 ผลการคำนวณความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงระหว่างอัตราส่วนวัสดุ 86
จ.1 ความน่าจะเป็นแบบเอฟ $\alpha = 0.1$ ($F_{0.1}$) 102

รายการรูป

รูป		หน้า
2.1	ลักษณะรูปร่างของผักตบชวาโดยทั่วไป	6
2.2	ผักตบชวาที่เจริญอยู่ในน้ำลึกที่มีสารอาหารน้อยจะสร้างทุ่นลอย	7
2.3	ผักตบชวาที่เจริญอยู่ในน้ำที่มีสารอาหารมาก ลำต้นยืดตรง	7
2.4	การแยกองค์ประกอบในเซลล์พืช	12
2.5	ลักษณะการจัดเรียงตัวของหน่วยกลูโคสในเซลลูโลส	13
2.6	ส่วนของเซลลูโลสที่เป็นผลึกและเซลลูโลสอสัณฐาน	13
2.7	การจัดเรียงตัวของเซลลูโลสในเซลล์พืช	14
2.8	โครงสร้างของอะไมโลส	16
2.9	โครงสร้างของอะไมโลแพคติน	16
2.10	ก้อนกลูเต็นของแป้งชนิดต่างๆ ก่อนอบและหลังอบ	24
2.11	ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 2 x 2	28
2.12	ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 3 x 3	28
2.13	ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่ 1	28
2.14	ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่ 2	28
2.15	ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่ 3	29
2.16	ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยการสุ่มตัวอย่าง	29
2.17	ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยการสุ่มแถวแนวนอน	30
2.18	ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยการสมมุติแถวแนวตั้ง	30
3.1	ลักษณะของวัสดุ ที่ผ่านการเตรียม (ก) ฟางข้าว (ข) ผักตบชวา และ (ค) ขี้เลื่อย	34
3.2	เครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิก	35
3.3	ขั้นตอนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้เครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิก	36
3.4	ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่ดันออกมาจากแม่พิมพ์	36
3.5	ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่ขึ้นรูปและนำออกจากแม่พิมพ์	37
3.6	แบบแม่พิมพ์ทรงกรวยขนาดเล็ก	39

รูป หน้า

4.1 โครงสร้างทางจุลภาคกระถางต้นไม้ ของการทดลอง A9 ที่อัตราส่วนของวัสดุ 1:2:1 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง 51

4.2 โครงสร้างทางจุลภาคกระถางต้นไม้ ของการทดลอง A1 ที่อัตราส่วนของวัสดุ 1:1:1 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง 52

4.3 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง A1 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์ 53

4.4 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง A9 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์ 53

4.5 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง A1 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์ 54

4.6 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง A9 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์ 54

4.7 ลักษณะของแม่พิมพ์ทรงกรวยขนาดเล็ก 55

4.8 ลักษณะของกระถางต้นไม้จากแม่พิมพ์ทรงกรวยขนาดเล็ก 55

4.9 บรรยากาศหน้างานถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระถาง ณ อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง 56

4.10 วิทยากรบรรยายการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิก จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรก่อนลงมือปฏิบัติ 56

4.11 ผู้เข้าอบรมลงมือคลุกวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรให้เข้ากันก่อนขึ้นรูป 57

4.12 ผู้เข้าอบรมขึ้นรูปกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิก 57

4.13 กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรผลิตได้ 58

ค.1 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A1 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง 91

ค.2 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A2 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง 91

ค.3 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A3 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง 92

ค.4 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A4 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง 92

ค.5 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A9 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง 93

ค.6 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A10 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง 93

ค.7 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A11 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง 94

ค.8 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A16 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง 94

ง.1 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A1 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์ 95

ง.2 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A2 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์ 96

ง.3 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A3 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์ 96

รูป หน้า

ง.4 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A4 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์ 97
ง.5 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A9 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์ 97
ง.6 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A10 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์ 98
ง.7 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A11 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์ 98
ง.8 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A16 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์ 99
ง.9 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A1 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์ 99
ง.10 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A2 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์ 91
ง.11 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A3 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์ 91
ง.12 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A4 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์ 101
ง.13 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A9 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์ 101
ง.14 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A10 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์ 102
ง.15 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A11 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์ 102
ง.16 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A16 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์ 103

ประมวลศัพท์และคำย่อ

C.T.	=	Correction term
df	=	Degree of freedom
MS	=	Mean square
SS	=	Sum of square
SOV	=	Sort of square
r	=	Row
C	=	Coefficient
V	=	Volume
X_i	=	Row total
X_j	=	Column total
X_p	=	Pressure total
ρ_b	=	Bulk density
ρ_s	=	Solid density
ε	=	Porosity

บทที่ 1

บทนำ

บทนี้อธิบายถึงความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตของการทำวิจัย และประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำวิจัย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา [1]

ในยุคปัจจุบันการผลิตกล้าไม้ของเกษตรกร เกษตรกรจะปลูกหรือชำกล้าไม้ในถุงเพาะชำพลาสติกหรือกระถางเพาะชำที่ทำจากพลาสติกซึ่งหาซื้อได้สะดวกและมีราคาถูก แต่เมื่อถึงเวลาปลูกลงดินเกษตรกรจะต้องฉีกถุงพลาสติกหรือนำต้นกล้าออกจากกระถางพลาสติกซึ่งอาจทำให้กระทบกระเทือนต่อรากของต้นกล้าได้ และนอกจากนั้นเศษถุงพลาสติกยังเป็นขยะที่เสื่อมทางชีวภาพได้ยาก ส่วนกระถางพลาสติกนั้นแทนที่จะนำไปใช้เพาะชำได้ใหม่ก็ทำไม่ได้เพาะไม่มีการซื้อคืน เนื่องจากกระถางพลาสติกเก่ามีราคาถูกจนไม่คุ้มกับที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ จึงต้องถูกทิ้งเป็นขยะเสื่อมทางชีวภาพได้ยากเช่นกัน เศษวัสดุจากการเกษตรเช่นซากลำต้น ก้าน ใบ เปลือกของลำต้น เปลือกหุ้มผล แม้จะได้รับการนำไปประยุกต์ใช้ในงานศิลป์ แต่ก็มีปริมาณน้อยมาก หรือใช้ทำปุ๋ยหมักก็ยังมีข้อจำกัดและมีปริมาณไม่มากนัก เศษวัสดุส่วนใหญ่จึงต้องถูกกำจัดโดยการเผา ทิ้งลงแม่น้ำซึ่งก่อให้เกิดปัญหาตามมามากมาย หรือหากทิ้งไว้ในแปลงเกษตรก็จะก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องการไถพรวนตามมา ด้วยเหตุนี้จึงได้มีแนวทางที่จะนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัชพืชที่เสื่อมทางชีวภาพได้ง่าย เช่น ฟางข้าว ขี้เลื่อย และผักตบชวา มาแปรรูปเป็นกระถางเพาะชำหรือภาชนะปลูกต้นไม้ที่สามารถเสื่อมทางชีวภาพในดิน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดมลพิษให้กับสภาพแวดล้อมอีกทั้งยังเป็นการลดต้นทุนการเพาะปลูกอีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถนำไปพัฒนาปรับปรุงให้เป็นผลิตภัณฑ์ประดับตกแต่งอาคารบ้านเรือนหรือในทางเศรษฐกิจยังสามารถนำไปพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) เพื่อเพิ่มรายได้และเป็นการพัฒนาประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย

ผักตบชวาเป็นพืชน้ำก่อให้เกิดปัญหามากมายในด้านการกำจัด ปัจจุบันมีการแพร่กระจายของผักตบชวาอยู่ทั่วไปตามแหล่งน้ำต่างๆ ใน 64 จังหวัดทั่วประเทศ ผักตบชวามักขึดติดกันเป็นแพหรือลอยน้ำไปเป็นกลุ่มๆ จึงก่อให้เกิดปัญหานานาประการกับแหล่งน้ำเช่น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงและสัตว์นำโรคบางชนิด ซึ่งทำให้เกิดโรคมาเลเรีย และโรคพยาธิต่างๆ แก่ชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง เป็นตัวการขัดขวางการสัญจรทางน้ำ ทำให้กระแสน้ำเปลี่ยนทิศทาง และอุดตันทางระบายน้ำจนบางครั้ง

ทำให้เกิดน้ำท่วม นอกจากนี้ผักตบชวายังเป็นอุปสรรคต่อการประมง เนื่องจากไปลดปริมาณของสัตว์น้ำและเป็นอุปสรรคต่อการใช้เครื่องมือจับปลา เช่น แห อวน ผักตบชวาที่ขึ้นอย่างหนาแน่นจะมีการเน่าตายและจมสู่ท้องน้ำ อันมีผลกระทบต่อแหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและการเกษตร แม้ว่าผักตบชวาจะก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ มากมาย แต่ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้หลายประการ คือ ใช้ทำปุ๋ยหมัก วัตถุคลุมดิน ก๊าซชีวภาพ เครื่องจักสาน รวมทั้งการบำบัดน้ำเสีย

งานวิจัยนี้ศึกษาการทำกระถางต้นไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรและวัชพืชน้ำ โดยใช้ฟางข้าว ขี้เลื่อย ผักตบชวา เป็นวัตถุดิบส่วนตัวประสานใช้แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลี ทำการทดลองโดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ โดยการอัดด้วยเครื่องขึ้นรูปกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาการผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรและวัชพืชน้ำโดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์โดยศึกษาผลของอัตราส่วนของฟางข้าวต่อผักตบชวาต่อขี้เลื่อย อัตราส่วนของตัวประสานระหว่างแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาลี และเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถาง

1.2.3 ศึกษาทดลองปลูกต้นไม้ เพื่อทดสอบความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ และการแทงรากของต้นไม้

1.2.4 พัฒนาเครื่องขึ้นรูปกระถางระบบไฮดรอลิก

1.2.5 ถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีการผลิตกระถางจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแก่ชุมชน

1.2.6 ชี้แนวทางการนำกระถางที่ได้ไปผลิตเป็นสินค้าเพื่อเข้าโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อความพรุนของกระถางต้นไม้และขึ้นรูปของกระถางต้นไม้ โดยกำหนดเงื่อนไขการทดลองแบบลาตินสแควร์โดยมีตัวแปรดังนี้

(1) อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร ได้แก่ ฟางข้าวต่อผักตบชวาต่อขี้เลื่อยเป็น 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1 และ 2 :1:1

(2) ชนิดของตัวประสานที่ใช้ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังและแป้งสาลีเป็น 1:1, 1:2, 1:3 และ 2:1

(3) เวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถางเป็น 10, 15, 20 และ 25 วินาที

1.3.2 วิเคราะห์สมบัติของกระถางต้นไม้โดยวิธีการหาความหนาแน่นของวัสดุเพื่อนำมาศึกษาความพรุนของกระถางต้นไม้ และศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้

1.3.3 ศึกษาทดลองการทดสอบความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ด้วย Universal testing machine

1.3.4 ศึกษาทดลองการปลูกต้นไม้เพื่อทดสอบความแข็งแรงของกระถางต้นไม้และการแทงรากของต้นไม้โดยการจดบันทึกเป็นเวลา 1 และ 2 เดือน

1.3.5 พัฒนาเครื่องขึ้นรูปกระถางระบบไฮดรอลิกโดยทำแม่พิมพ์ใหม่

1.3.6 จัดอบรมเพื่อถ่ายทอดการผลิตกระถางจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแก่ชุมชน

1.3.7 ชี้แนวทางการนำกระถางที่ได้ไปผลิตเป็นสินค้าเพื่อเข้าโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์โดยนำมาตกแต่งด้วยดอกไม้ประดิษฐ์ที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร

1.4 ประโยชน์ที่จะได้จากงานวิจัย

1.4.1 เป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรและวัชพืชน้ำมาทำให้เกิดประโยชน์เพื่อช่วยลดปริมาณขยะ

1.4.2 เป็นการช่วยลดการใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทพลาสติกในการเพาะชำและปลูกกล้าไม้ และยังช่วยลดมลพิษที่เกิดจากผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

1.4.3 เป็นการช่วยลดต้นทุนในการเพาะปลูก เพราะใช้วัสดุในทางธรรมชาติที่เหลือใช้ทางเกษตรที่หาได้ง่าย และราคาถูก

1.4.4 ได้ภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้จากเครื่องขึ้นรูปกระถางด้วยระบบไฮดรอลิก

1.4.5 ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นกระถางต้นไม้จากวัสดุธรรมชาติที่สามารถเสื่อมทางชีวภาพได้ในดินทำให้ช่วยลดมลภาวะทางดินได้

1.4.6 กระถางต้นไม้สามารถนำไปดัดแปลงให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ประดับตกแต่งภายในอาคาร บ้านเรือนต่างๆ

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

บทนี้อธิบายเกี่ยวกับวัตถุดิบ ปัจจัยที่มีผลต่อวัตถุดิบ ปรากฏการณ์การเกิดเจล และการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

2.1 ผักตบชวา [2]

2.1.1 กล่าวนำ

ผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำที่ขึ้นอยู่ทั่วไปตามแหล่งน้ำจืด โดยเฉพาะในเขตร้อน และเขตอบอุ่น เป็นพืชลอยน้ำอิสระ สามารถขยายพันธุ์ได้โดยที่รากไม่จำเป็นต้องยึดเกาะกับดินหรือวัสดุอื่นใด มักยึดเกาะติดกันเป็นแพหรือลอยน้ำกันเป็นกลุ่มๆ จึงก่อให้เกิดปัญหานานาประการกับแหล่งน้ำโดยทั่วไป เช่น เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของยุง และเป็นสัตว์นำโรคบางชนิด ซึ่งทำให้เกิดโรคมาเลเรีย และโรคพยาธิต่างๆ แก่ชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง เป็นตัวการขัดขวางการสัญจรทางน้ำ ทำให้กระแสน้ำเปลี่ยนทิศทาง และอุดตันทางระบายน้ำ จนบางครั้งทำให้เกิดน้ำท่วม และไหลไปทับถมข้าวกล้าในนาจนเกิดความเสียหายได้

นอกจากนี้ ผักตบชวา ยังเป็นอุปสรรคต่อการประมง เนื่องจากลดผลผลิตของสัตว์น้ำ และเป็นอุปสรรคต่อการใช้เครื่องมือจับปลาจำพวก แห อวน ผักตบชวาที่ขึ้นอย่างหนาแน่น จะมีการเน่าตาย และจมลงสู่ท้องน้ำ จึงทำให้น้ำเน่า และการคายน้ำของผักตบชวาจะทำให้มีการระเหยของน้ำในแหล่งสูงกว่าปกติ 2-3 เท่า อันมีผลกระทบต่อแหล่งน้ำที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า และการเกษตร

แม้ว่าผักตบชวาจะก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ มากมายก็ตาม แต่คุณสมบัติของตัวมันเองก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้หลายประการ คือ ใช้ทำปุ๋ยหมัก วัตถุดูดซึมดิน ก๊าซชีวภาพ เครื่องจักสาน รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ด้านบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากผักตบชวามีทั้งคุณและโทษ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาถึงชีววิทยาผักตบชวา เพื่อที่จะได้ใช้ประโยชน์จากผักตบชวาอย่างสูงสุดโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาภายหลัง

2.1.2 ชีววิทยาของผักตบชวา

ผักตบชวามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Eichhornia . crassipes (Mart) Solms* เป็นพืชตระกูล *Pontederiaceae* สกุล *Eichornia* มีชื่อสามัญว่า Water Hyacinth และมีชื่อท้องถิ่นแตกต่างกันออกไป คือ ในรัฐเบงกอล ประเทศอินเดียเรียก ปีศาจสีฟ้า (Blue devil) ในรัฐอื่นๆ ของประเทศอินเดีย

เรียก มหาภัยจากเบงกอล (Bengal terror) ในแอฟริกาใต้เรียก ปีศาจจากฟลอริดา(Florida devil) และในศรีลังกาเรียก ยุ่นจอมยุ่ง (Japanese trouble) สำหรับประเทศไทยเรียก ผักตบชวา เพราะมีลักษณะคล้ายผักตบไทยและนำมาจากชวาหรือประเทศอินโดนีเซีย แหล่งกำเนิดของผักตบชวาเชื่อกันว่าอยู่ในทวีปอเมริกาใต้บริเวณประเทศบราซิลและเปอร์โตริโก ได้มีผู้นำเข้ามาประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. 2444 จากประเทศอินโดนีเซีย และนำมาปลูกในวังสระปทุม เพราะเห็นว่าดอกผักตบชวาสวยงาม สามารถนำมาใช้ประดับสระน้ำได้ดี และภายหลังเกิดน้ำท่วมวังสระปทุมผักตบชวาจึงหลุดลอย และแพร่กระจายไปยังแหล่งน้ำต่างๆ อย่างรวดเร็ว

(1) ลักษณะโดยทั่วไปของผักตบชวา

ผักตบชวาเป็นพืชน้ำใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีอายุยืนนาน ประกอบด้วยหัวราก ที่จะแตกออกเป็นรากอยู่ใต้น้ำ และลำต้น ก้านใบ และแผ่นใบ อยู่เหนือน้ำ ในต้นหนึ่งๆ จะมีใบตั้งแต่สองใบขึ้นไป ที่โคนก้านใบจะมีกาบใบ เป็นเยื่อบางๆ สีขาวแกมเขียวอ่อนๆ และเมื่อมีอายุมากขึ้นจะมีสีน้ำตาลหรือสีแดง รากของผักตบชวาจะเป็นรากฝอย คือ มีรากย่อยๆ เป็นกระจุก รากที่แทงออกจะมีลักษณะอวบสีขาวเมื่อมีอายุมากขึ้นจะมีรากขนอ่อน ที่มีสีน้ำตาลอ่อน ผักตบชวาจะมีดอกสีม่วงจุดเหลืองออกดอกเป็นช่อ และในช่อหนึ่งๆ จะมีจำนวนดอกแตกต่างกันออกไป ถ้าช่อดอกเล็กจะมีดอกประมาณ 4-5 ดอก ถ้าช่อดอกใหญ่อาจจะมีจำนวนถึง 60 ดอก ใบของผักตบชวาเป็นใบเลี้ยงเดี่ยวประกอบด้วยแผ่นใบและก้านใบแผ่นใบมีลักษณะคล้ายรูปไต หรือคล้ายรูปหัวใจ มักมีความกว้างมากกว่าความยาวหรือเกือบจะเท่าๆกัน เมื่อยังอ่อนปลายใบมักจะมน แต่เมื่ออายุมากขึ้นปลายใบจะแหลม มีสีเข้มมากขึ้น ขอบใบเรียบ รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะรูปร่างของผักตบชวาโดยทั่วไป

ในกรณีที่ผักตบชวาเจริญเติบโตในน้ำลึก ผักตบชวาจะล่องลอยอย่างอิสระ โดยมีทุ่นลอย (Floating structure) ที่เกิดจากการเจริญของเนื้อเยื่อที่ฐานใบพองออกเป็นกระเปาะ ภายในมีลักษณะพรุนคล้ายฟองน้ำ ลำต้นจะสูงถึงประมาณ 5-10 cm และถ้าในน้ำมีสารอาหารอยู่น้อย รากจะยาว ดังรูปที่ 2.2 แต่ถ้าผักตบชวาจะเจริญเติบโตอยู่ในน้ำที่มีสารอาหารมาก ผักตบชวาจะเจริญได้เร็ว และอยู่หนาแน่น ลำต้นจะยืดสูง และไม่สร้างทุ่นลอย บางครั้งอาจพบว่าต้นสูงถึง 1.2 m และรากจะหดสั้นลง ความยาวรากไม่เกิน 10 cm ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.1 ลักษณะรูปร่างของผักตบชวาโดยทั่วไป [2]

(ก) ใบ (ข) ก้านใบ (ค) ดอก

(ง) ทุ่นลอย (จ) ลำต้น (ฉ) ราก

รูปที่ 2.2 ผักตบชวาที่เจริญอยู่ในน้ำลึกที่มีสารอาหารน้อยจะสร้างทุ่นลอย [3]

รูปที่ 2.3 ผักตบชวาที่เจริญอยู่ในน้ำที่มีสารอาหารมาก ลำต้นยืดตรง [3]

(2) การสืบพันธุ์ของผักตบชวา

ผักตบชวามีการสืบพันธุ์ได้ 2 วิธี คือ การแตกหน่อ และอาศัยเมล็ดโดยส่วนใหญ่มักจะขยายพันธุ์โดยวิธีแตกหน่อ ซึ่งเกิดขึ้นได้ทุกฤดูกาล การแตกหน่อจะแตกทางลำต้น ถ้าพื้นที่ในน้ำกว้างผักตบชวาจะแตกออกจากต้นเดิมยาวประมาณ 30 cm แต่ถ้าพื้นที่แคบผักตบชวาจะแตกออกจากต้นเดิมสั้นกว่าแต่จะไม่น้อยกว่า 1 cm สำหรับการสืบพันธุ์โดยอาศัยเมล็ดนั้นเกิดได้น้อยกว่า เพราะว่าผักตบชวาจะออกดอกเฉพาะในฤดูออกดอกเท่านั้นและจะเริ่มออกดอกเมื่ออายุประมาณ 26 วัน จากดอกมันสามารถให้เมล็ดที่จะงอกเป็นต้นใหม่ได้เช่นเดียวกัน โดยเมล็ดจะอยู่ในแคปซูล (Capsule) ตลอดแนวก้านดอก แต่ละแคปซูลจะมีเมล็ด 3-450 เมล็ด เมล็ดจะมีระยะพักตัวอยู่ระยะหนึ่ง โดยปกติเมื่อเมล็ดจมน้ำได้ 20 วัน จะโตเต็มที่และเกิดเป็นต้นใหม่ได้มากกว่า 600,000 ต้น ภายในระยะเวลา 8 เดือน และจะมีการเจริญได้มากขึ้นถ้าอยู่ในน้ำเสีย

(3) สภาพแวดล้อมต่างๆ ในการเจริญเติบโต

สภาพแวดล้อมที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของผักตบชวา คือ

(3.1) ความเข้มแสงและอุณหภูมิ

ความเข้มแสงและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญของผักตบชวา ความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญของผักตบชวาคือ 240,000 lx-cm^{-2} และความเข้มแสงต่ำสุดคือ 24,000 lx-cm^{-2} อุณหภูมิต่ำกว่า 10°C หรือสูงกว่า 40°C ผักตบชวาไม่สามารถทนอุณหภูมิสูงๆ ได้ มีรายงานว่าถ้าความเข้มของแสงอาทิตย์ต่ำและอุณหภูมิสูงจะทำให้มีการยืดตัวของก้านใบมาก และถ้าอุณหภูมิต่ำจะทำให้มีลำต้นต่อพื้นที่มากแต่ขนาดใบจะลดลง นอกจากนี้ อุณหภูมิยังมีผลต่อการดูดสารอาหารและการหายใจของผักตบชวาด้วย

(3.2) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ผักตบชวาสามารถเติบโตได้ในช่วง pH 4-10 แต่ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ 6-8 ถ้าผักตบชวาเจริญอยู่ในน้ำที่มีค่าความเป็นกรดหรือด่างสูงมันจะทำให้น้ำนั้นมีค่า pH อยู่ในช่วง 6-8 ได้ นอกจากนี้ พบว่าผักตบชวาจะดูดฟอสฟอรัสได้ดีที่ pH 4 และดูดไนโตรเจนและโพแทสเซียมดีที่ pH 7

(3.3) ความลึกของน้ำ และการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ

ผักตบชวาสามารถเจริญได้ทั้งที่ระดับน้ำลึก น้ำตื้น จนถึงดินโคลนแม้ว่าในดินจะมีความชื้นเพียง 5.7% ผักตบชวายังสามารถเจริญได้ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตามฤดูกาลจะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักตบชวามากนัก แต่จะมีผลต่อรูปร่างของผักตบชวา โดยที่ระดับน้ำลึกผักตบชวาจะมีรากยาวมีการสร้างทุ่นลอยและมีพื้นที่ใบต่อต้นมาก ส่วนพวกที่มีรากหยั่งถึงดินจะมีรากสั้นไม่สร้างทุ่นลอยและมีพื้นที่ใบต่อต้นน้อย

(3.4) ความเข้มข้นของสารอาหาร

ผักตบชวาจะเจริญได้รวดเร็วในน้ำเสียมากกว่าในน้ำธรรมชาติสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของผักตบชวาที่สำคัญๆ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และเหล็ก ระดับของคลอโรฟิลล์ เอ ในผักตบชวาจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับไนโตรเจนในน้ำ กล่าวคือถ้าในน้ำมีไนโตรเจนสูงจะมีคลอโรฟิลล์ เอ มาก ถ้าผักตบชวาขาดแคลเซียมจะมีผลต่อการแตกหน่อใหม่และการเกิดเมล็ด ผักตบชวาจะเจริญได้ดีในน้ำที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 1-15 mg/L ไนเตรต 1-10 mg/L และแคลเซียม 30 mg/L ผักตบชวาจะเจริญได้ดีเมื่อมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นจนถึง 20 mg/L แต่ถ้าเพิ่มฟอสฟอรัสให้มากขึ้นไปอีกจะทำให้การเจริญของผักตบชวาลดลง แต่ผักตบชวายังคงดูดฟอสฟอรัสไปใช้ได้

(3.5) สารพิษ

. สารที่มีพิษต่อผักตบชวาคือ

(3.5.1) สารฆ่าวัชพืช เช่น 2 , 4–Dichlorophenoxy acetic acid, 2, 4, 5–Trichlorophenoxy acetic acid, 80% Diuron, Methyl sulfuronmethyl, 2-methyl–chlorophenolic acid, Diquat และ Paraquat

(3.5.2) ความเข้มข้นของเกลือ เกลือจะยับยั้งการเจริญของผักตบชวาเมื่อมีความเข้มข้นมากกว่า 0.25%

(3.6) ศัตรูธรรมชาติของผักตบชวา

ศัตรูธรรมชาติที่ควบคุมการเจริญของผักตบชวาที่สำคัญ คือ ด้วงงวงผักตบชวาลายจุด Neochetina eichhorniae ด้วงงวงลายบั้ง Neochetina bruchi ตั๊กแตนต่างๆ เช่น Gesonula punctifrons, Alratomarha crenulata, Oxya minima , ปลาเฉาฮื้อ (Grasscarp)

(4) องค์ประกอบของผักตบชวา

ผักตบชวาเป็นพืชที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่มากที่สุด คือ 93-96% เมื่อนำผักตบชวามาทั้งต้นและใบ มาวิเคราะห์หาส่วนประกอบต่างๆ พบว่าผักตบชวาจะดูดสารอาหารต่างๆ ในน้ำ และสะสมไว้ที่ส่วนต่างๆ ในรูปของ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และธาตุอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของผักตบชวาเปียก

องค์ประกอบ	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	กาก	เถ้า
ร้อยละที่พบ	92.73	1.68	0.26	2.72	1.27	3.37

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของผักตบชวาทั้งต้นในระหว่างการเจริญเติบโต

ระยะการเจริญ	ร้อยละของ					
ของผักตบชวา	ความชื้น	ไขมัน	โปรตีน	กาก	เถ้า	ฟอสฟอรัส
ก่อนมีดอก	5.84	2.27	20.73	19.07	17.65	0.69
ขณะมีดอก	4.74	2.05	12.93	25.65	17.11	0.54
หลังมีดอก	5.14	1.80	9.84	26.27	14.05	0.41

จากองค์ประกอบในตารางที่ 2.2 จะเห็นว่าในขณะที่ผักตบชวาอยู่ในระยะก่อนมีดอก จะเป็นระยะที่มีการสะสมของอาหารต่างๆ ได้มากกว่า และต้นผักตบชวาที่มีอายุมากๆ จะพบกากมาก

ถ้านำผักตบชวามาปลูกในน้ำเสีย และนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบต่างๆ พบว่าผักตบชวาจะมีคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด ดังตารางที่ 2.3 และได้รวบรวมข้อมูลโดยสรุปทางชีววิทยาของผักตบชวาไว้ในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบของผักตบชวาแห้งที่เจริญในน้ำเสีย

องค์ประกอบ	ร้อยละที่พบ	
	ค่าเฉลี่ย	พิสัย
โปรตีน	18.1	9.7 - 23.4
ไขมัน	1.9	1.6 - 2.2
คาร์โบไฮเดรต	44.8	36.9 - 37.6
กาก	18.6	17.1- 19.5
เถ้า	16.6	11.1- 20.4
ฟอสฟอรัส	0.6	0.3-0.9
Kjeldahl Nitrogen	2.9	1.6-3.7

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลโดยสรุปทางชีววิทยาของผักตบชวา

ข้อมูลทางชีววิทยา	รายละเอียด
การออกดอก	เมื่อผักตบชวามีอายุ 26 วัน
ความเข้มแสง	เหมาะสมที่ 240,000 lx–cm^{-2}
	ต่ำที่สุดที่ 24,000 lx–cm^{-2}
อุณหภูมิ	27–30°C
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	เจริญได้ดีในช่วง pH 4–10
	เหมาะสมที่สุดที่ pH 6–8
องค์ประกอบของผักตบชวา	ส่วนใหญ่เป็นน้ำ 93–96%

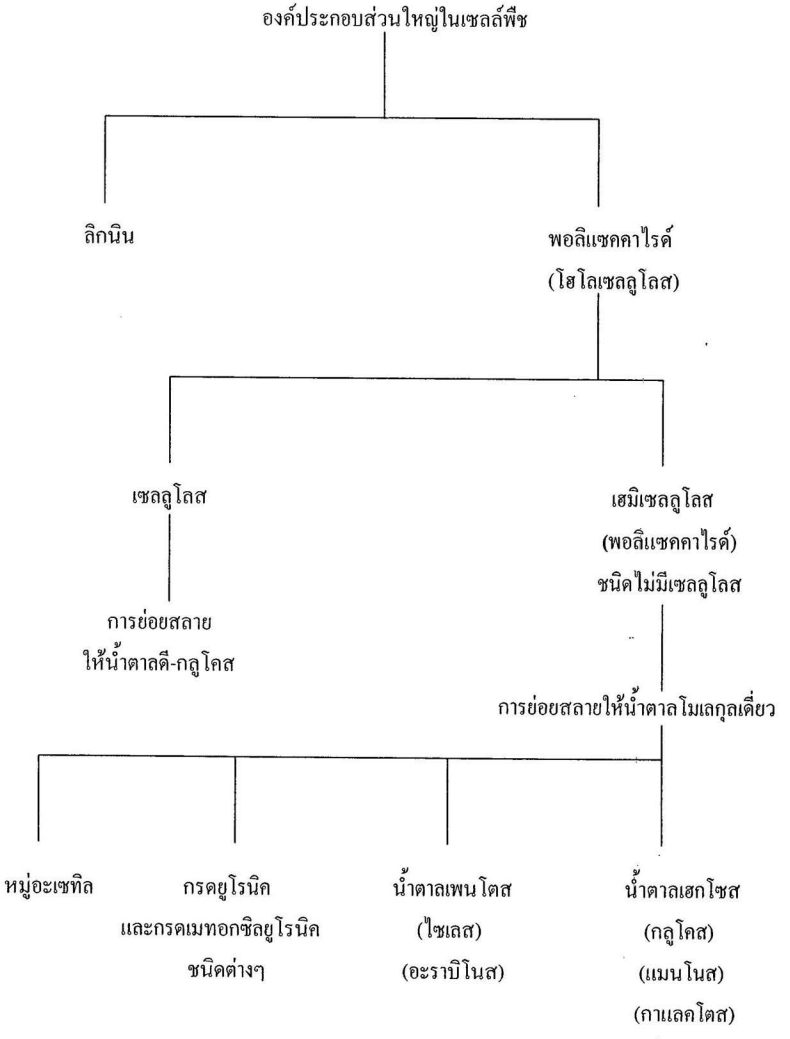
2.2 ฟางข้าว [4]

2.2.1 องค์ประกอบในเซลล์พืช

เซลลูโลสเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วย ดี-กลูโคส เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β-1,4 ไกลโคซิดิก เป็นสายตรงไม่มีแขนงย่อย (Unbranched polymer) มีสูตรทั่วไป คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นองค์ประกอบซึ่งให้ความแข็งในพืช ในธรรมชาติของเซลล์พืชจะไม่พบเซลลูโลสอยู่ในรูปอิสระ แต่มักพบอยู่ร่วมกับลิกนิน เฮมิเซลลูโลส เพนโตซาน (Pentosans) กัม(Gum) แทนนิน (Tannins) ไขมันและสารเกิดสี (Colouring matter) เป็นต้น ดังรูปที่ 2.4

การจัดเรียงตัวของหน่วยดี-กลูโคสจะอยู่ในลักษณะ Chair from แต่ละโมเลกุลในสายเซลลูโลส จะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Intra molecule H-bond) ระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 กับออกซิเจนที่อยู่ในวงแหวนของโมเลกุลถัดไปและเชื่อมต่อระหว่างสายเซลลูโลสที่ขนานกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Intermolecule H-bond) ระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 6 กับออกซิเจนที่เชื่อมระหว่างโมเลกุล ดี-กลูโคส ในอีกสายหนึ่ง ดังรูปที่ 2.5

จำนวนหน่วยของกลูโคสในสายของเซลลูโลสไม่สามารถทราบจำนวนที่แท้จริงได้ แต่สามารถประมาณได้ว่ามีจำนวนมาก ตั้งแต่ 1,000 ถึง 10,000 หน่วยกลูโคส แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช เช่น พืชจำพวกฝ้าย และ ป่าน มีจำนวนเซลลูโลส ตั้งแต่ 6,500 ถึง 9,000 หน่วย จากการศึกษาไฟเบอร์ของเซลลูโลสโดยวิธี เอกซ์-เรย์ (X-ray) พบว่าเซลลูโลสประกอบด้วยส่วนที่เป็นผลึก สายเซลลูโลสมีการเรียงตัวขนานกันอย่างมีระเบียบทำหน้าที่เป็นแกนของไฟเบอร์ (Fiber axis) และส่วนที่สายของเซลลูโลสมีการเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบเรียกว่า เซลลูโลสอสัณฐาน (Amorphous cellulose) ดังแสดงในรูปที่ 2.6

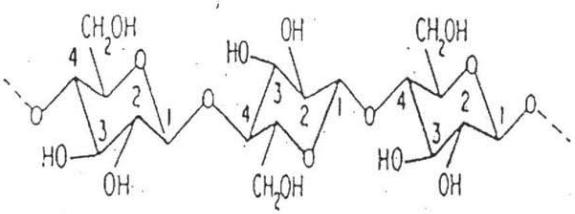


รูปที่ 2.4 การแยกองค์ประกอบในเซลล์พืช

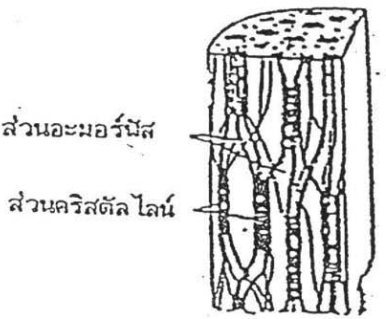
ผนังเซลล์ของพืชจะมีเซลลูโลสจัดเรียงตัวอยู่เป็นแถบๆ ไม่ติดต่อกันโดยตลอด เมื่อเซลล์แก่เต็มที่ภายในช่องว่างจะเต็มไปด้วยลิกนิน รูปที่ 2.7 ซึ่งไม่ละลายน้ำและสารอินทรีย์ชนิดใดโดยจะอยู่รอบๆ เซลลูโลสและทำหน้าที่ป้องกันเซลลูโลสจากการย่อยสลาย นอกจากนี้ยังมีพอลิแซคคาไรด์อื่นๆ ที่ปะปนอยู่กับเซลลูโลสในผนังเซลล์พืช ได้แก่ ไซแลน (Xylan) แมนแนน (Mannan) พอลิยูไลไนด์ (Polyurinide) อะลาแบน(Alaban)และกาแลคแตน (Galactan) แต่มักพบบริเวณที่น้อยกว่าเซลลูโลส

เซลลูโลสมีโครงสร้างที่ซับซ้อนและไม่ละลายในน้ำ ในตัวทำละลายอินทรีย์หรือสารละลายเบสอ่อน แต่สามารถละลายได้ดีในกรดหรือเบสแก่ ดังนั้นจึงสามารถแบ่งชนิดของเซลลูโลสตามการละลายในด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้เป็น 3 ชนิด คือ

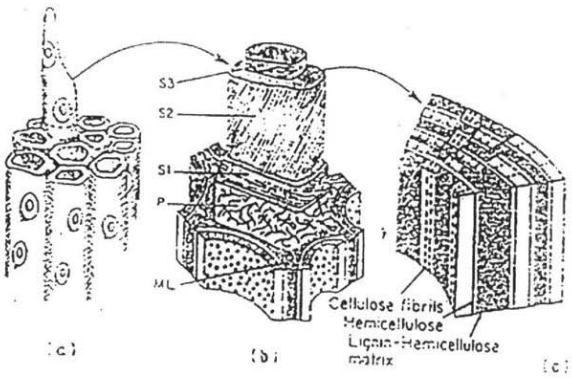
(1) แอลฟา-เซลลูโลส (α-cellulose) เป็นเซลลูโลสที่ไม่ละลายใน 17.5% ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 2.5 ลักษณะการจัดเรียงตัวของหน่วยกลูโคสในเซลลูโลส [4]



รูปที่ 2.6 ส่วนของเซลลูโลสที่เป็นผลึกและเซลลูโลสอสัณฐาน [4]



รูปที่ 2.7 การจัดเรียงตัวของเซลลูโลสในเซลล์พืช [4]

จากรูปที่ 2.7 (a) รูปตัดขวางแสดงลักษณะภายนอกของผนังเซลล์ (b) และ (c) แสดงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างเฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ภายในไฟบริลของเซลลูโลสในผนังเซลล์ชั้นที่สอง (Secondary cell wall) ส่วนผ่านศูนย์กลางแต่ละเซลล์ประมาณ 25 μm

S1-S3 คือ ผนังเซลล์ชั้นที่สอง

P คือ ผนังเซลล์ชั้นต้น (Primary cell wall)

ML คือ Middle lamella

(2) เบตา-เซลลูโลส (β-cellulose) เป็นเซลลูโลสที่ละลายใน 17.5% ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่ตกตะกอนได้ง่ายเมื่อสารละลายมีสภาพเป็นกรด

(3) แกมมา-เซลลูโลส (γ–cellulose) เป็นเซลลูโลสที่ละลายใน 17.5% ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และกรด แต่สามารถตกตะกอนได้โดยแอลกอฮอล์

2.2.2 เฮมิเซลลูโลส

เป็นสารประกอบของพืชที่ละลายใน 17.5% ของสารละลายโคลด์คอสติกโซดา (Cold caustic soda) ได้ต่างจากเซลลูโลส โดยเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลเพนโตสและน้ำตาลเฮกโซส เช่นพอลิเมอร์ของ ดี-ไซโลสในรูปไซแลน อะราบิโนสในรูปแอล-อะราบิแนน กาแลคโตสในรูปของกาแลคแตน และ แมนโนสในรูปของดี-แมนแนนที่มีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneous) ประกอบด้วยพอลิแซคคาไรด์หลายชนิดมารวมกัน เฮมิเซลลูโลสมีลักษณะเป็นกิ่งก้านสาขาแตกต่าง

จากเซลลูโลส ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรง และมีสายพอลิเมอร์สั้นกว่าโดยมีขนาดยาวประมาณ 40 หน่วยกลูโคส

(1) ไซเลนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในเฮมิเซลลูโลสนั้นเป็นพอลิแซคคาไรด์ของดี-ไซเลส ที่เชื่อมกันด้วยพันธะ β-1, 4 – glycosidic สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน โดยอาศัยสมบัติการละลาย คือ

(1.1) ไซเลนที่ละลายในสารละลายด่าง ซึ่งเป็นไซเลนที่พบมากในเฮมิเซลลูโลสของพืชทั่วไป

(1.2) ไซเลนที่สามารถละลายน้ำได้หรือเรียกว่า "อะราบิโนไซแลน" ที่พบมากในธัญพืช โดยเป็นพอลิเมอร์ของไซเลนที่มีกิ่งก้านสาขาเป็นพอลิแซคคาไรด์ชนิดอื่นๆ ปนอยู่ เช่น เมธิล-กรดกลูคูโรนิก อะราบิโน-เมธิล-กลูคูโรโนไซแลนในหญ้า และเมธิล-กลูคูโรโนไซแลนในพืชพวกไม้เนื้อแข็ง

(2) เพนโตแซนเป็นพอลิเมอร์อีกรูปหนึ่งของเฮมิเซลลูโลสประกอบด้วยไซโลส อะราบิโนส และกรดยูโรนิก

2.2.3 ลิกนิน

เป็นสารประกอบอะโรมาติกประกอบด้วยหมู่เมทอกซิล (Methoxyl group, $-OCH_3$) หมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group, -OH) และส่วนที่เป็นฟีโนลิก (Phenolic) หรือเรียกว่า "Methylated Phenolic compound" มีสูตรโครงสร้าง $C_{49}H_{52}O_{14}$

ลิกนินเป็นสารประกอบที่ไม่สามารถละลายน้ำและสารอินทรีย์ชนิดใด จะอยู่ภายในโครงสร้างของเซลล์พืชโดยอยู่รอบๆ เซลลูโลสและป้องกันเซลลูโลสจากการย่อยสลาย

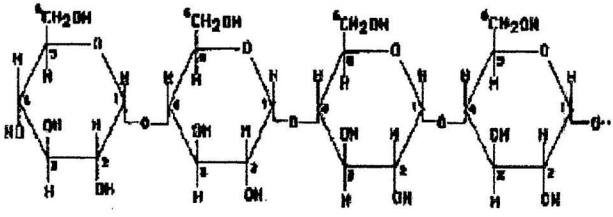
2.3 แป้ง [5]

แป้ง(Starch) เป็นสารชีวโมเลกุลที่เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งจัดอยู่ในประเภทพอลิแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส ซึ่งพอลิแซคคาไรด์ คือ คาร์โบไฮเดรตที่แยกสลายด้วยน้ำแล้วให้มอนอแซคคาไรด์หลายโมเลกุล แป้งประกอบด้วยอะไมโลส (Amylose) ซึ่งละลายน้ำประมาณ 20% มีโครงสร้างแสดงดังตามรูป 2.8 และอะไมโลเพคติน (Amylopectin) ซึ่งไม่ละลายน้ำประมาณ 80% มีโครงสร้างดังแสดงตามรูป 2.9

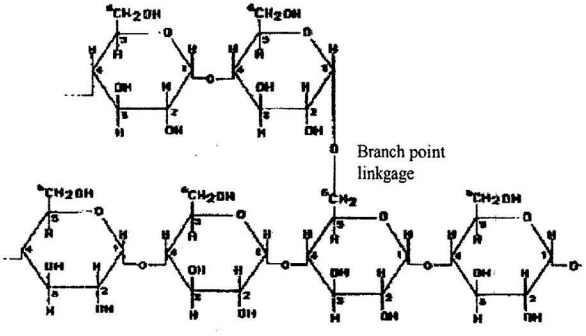
แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่พืชสร้างขึ้นและสะสมไว้ตามส่วนต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมล็ดและผล ซึ่งเมล็ดและผลของพืชเป็นแหล่งสะสมอาหารให้ต้นอ่อน นอกจากนี้พืชบางชนิดมีการสะสมแป้งไว้ตามราก เช่น เผือก มัน เป็นต้น โดยทั่วไปเมล็ดพืชหรือเมล็ดธัญพืชมีแป้งเป็น

องค์ประกอบอยู่สูง 70% ส่วนหัวและรากของพืชที่สะสมอาหารให้ต้นมีแป้งเป็นองค์ประกอบประมาณ 25-30%

จากการศึกษาส่วนประกอบของแป้งโดยการตกตะกอนพบว่าแอลกอฮอล์สามารถแยกแป้งออกได้ 2 ส่วน คือ อะไมโลสเป็นส่วนที่ตกตะกอนออกมาจากส่วนประกอบและมีส่วนของอะไมโลแพคตินที่ละลายอยู่ในส่วนประกอบไม่ตกตะกอน อะไมโลสและอะไมโลแพคตินที่เป็นส่วนประกอบของแป้งนี้มีสมบัติแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ถ้าตกตะกอนด้วยสารเคมีซึ่งเรียกว่าตัวกระทำการแยกลำดับส่วนที่ใช้อาจเป็นเอสเทอร์ (Ester) คีโตน (Ketone) เมอร์คัพตัน (Mercaptan) กรดคาร์บอกซิลิก ไนโตรพาราฟิน(Nitroparaffin) และไพริดีน(Pyridine) อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งสมบัติที่สำคัญของตัวกระทำการแยกลำดับส่วนเหล่านี้ คือความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับอะไมโลสนั่นเองที่เป็นผลทำให้สารเหล่านี้สามารถแยกอะไมโลสออกมาแขวนลอยในน้ำแป้งได้



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของอะไมโลส [6]



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของอะไมโลแพคติน [6]

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอินทรีย์จำพวกอัลดีไฮด์และคีโตนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลหลายหมู่อยู่ในโมเลกุล ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน แป้งประกอบด้วย

คาร์โบเดรตเชิงซ้อนสองชนิดเป็นส่วนใหญ่ คือ อะไมโลส 15-20% และอะไมโลแพคติน 80-85% อะไมโลสเป็นสารที่ละลายน้ำได้ แป้งแต่ละชนิดประกอบด้วยอะไมโลสในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ปริมาณอะไมโลสและอะไมโลแพคตินในแป้งชนิดต่างๆ [7]

ชนิดของแป้ง	ปริมาณอะไมโลส (%)	ปริมาณอะไมโลแพคติน (%)
ข้าวสาลี	28	72
ข้าวเจ้าธรรมดา	17	83
ข้าวโพด	28	72
มันสำปะหลัง	17	83
มันฝรั่ง	21	79
สาคู	27	73
ข้าวฟ่าง	28	72

2.3.1 เกรนูลแป้ง

แป้งที่เกิดขึ้นในธรรมชาติอยู่ในรูปของเกรนูล ภายในเกรนูลประกอบด้วยโมเลกุลของพอลิแซคคาไรด์ 2 ชนิด คือโมเลกุลอะไมโลสและโมเลกุลอะไมโลแพคตินซึ่งมีการจัดเรียงตัวอยู่ภายในเซลล์ร่วมศูนย์กลาง (Concentric shell) เมื่อโมเลกุลของอะไมโลสเกิดการขดตัวเป็นวงและหลายๆ โมเลกุลรวมเข้าด้วยกันโดยมีพันธะไฮโดรเจนเกิดขึ้นระหว่างโมเลกุล หรือเกิดมีพันธะไฮโดรเจนขึ้นระหว่างโมเลกุลอะไมโลแพคตินทำให้เกิดบริเวณที่เรียกว่า ไมเซลล์ (Micelle) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกรนูลเกิดลักษณะสองแนวขึ้นเพราะมีแรงรวมตัวเกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลอย่างหลวมๆ ของโมเลกุลอะไมโลสทำให้น้ำสามารถเข้าไปอยู่ภายในได้โดยง่าย และน้ำอาจจะอยู่ระหว่างไมเซลล์ด้วยทำให้เกิดเซลล์ร่วมศูนย์กลางขึ้น

แป้งเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่มีความสำคัญ คือ เป็นตัวทำให้สมบัติต่างๆ ของแป้งมันสำปะหลังมีสมบัติแตกต่างกัน แป้งบางชนิดกระจายตัวได้ทันที แป้งบางชนิดกระจายตัวในน้ำได้เพียงเล็กน้อย แป้งบางชนิดไม่ละลายน้ำ แป้งบางชนิดเมื่อได้รับความร้อนเจะเปลี่ยนเป็นสารละลายใสที่มีความหนืดต่ำ แป้งบางชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นสารละลายที่ข้นเหนียว แป้งบางชนิดสามารถให้ลักษณะเจลขึ้นเมื่อได้รับความร้อน เจลที่เกิดขึ้นของแป้งบางชนิดโปร่งใส บางชนิดทึบ

บางชนิดคืนตัวหลังจากได้รับความร้อน และบางชนิดไม่คืนตัวหลังจากได้รับความร้อน เป็นต้น ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้เนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ คือ

(1) องค์ประกอบของมอนอแซคคาไรด์ (Monosaccharide) ในพอลิแซคคาไรด์แต่ละชนิด

(2) ลักษณะของพันธะเคมีระหว่างหน่วยมอนอแซคคาไรด์

(3) พันธะไฮโดรเจนและอันตรกิริยาเชิงไอออน (Ionic interaction) ภายในพอลิแซคคาไรด์และระหว่างพอลิแซคคาไรด์

2.3.2 แป้งเปียกของแป้ง

เมื่อนำแป้งมาทำให้กระจายตัวในน้ำ และให้ความร้อนจะเกิดในลักษณะของน้ำแป้งที่เหนียวข้นขึ้นเรียกว่า แป้งเปียก โดยปกติแล้วเกรนูลแป้งจะแห้งเมื่อถูกนำมากระจายตัวในน้ำทำให้สูญเสียโครงสร้างผลึก (Crystalline structure) โดยเกรนูลแป้งดูดซึมน้ำเอาไว้และจะพองตัวขึ้น แป้งแต่ละชนิดสามารถดูดซึมน้ำได้แตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของแป้งนั้นๆ ต่อมาเมื่อสารแขวนลอยของแป้งในน้ำได้รับความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นภายในแกรนูลแป้งโดยการเปลี่ยนแปลงนี้ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีโพลาไรซ์ประกอบอยู่ด้วยเท่านั้นจึงสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ นั่นคือรอบๆ ฮีลัม (Hilum) ของเกรนูลแป้งเกิดการสูญเสียการหักเหสองแนว โดยการหักเหสองแนวจะมองเห็นเป็นแสงสุกสว่างอยู่ภายในของเกรนูลแป้งเป็นรูปกากบาทหรือดาวรอบๆ ฮีลัม

การเปลี่ยนแปลงในแต่ละชนิดจะเริ่มจากเกิดการสูญเสียการหักเหสองแนวออกจากเกรนูลแป้ง จนกระทั่งเกรนูลแป้งทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำแป้งนั้นสูญเสียการหักเหสองแนวออกจากเกรนูลแป้งไปหมดอย่างสมบรูณ์ มีอุณหภูมิแตกต่างกันช่วงของอุณหภูมิระหว่างนี้เรียกว่า ช่วงการเปลี่ยนเป็นวุ้น (Gelatinization temperature) หมายถึง อุณหภูมิซึ่งเกรนูลแป้งทั้งหมดที่มีอยู่ในแป้งนั้นๆ ได้สูญเสียการหักเหสองแนวทั้งหมดที่มีอยู่ในเกรนูลแป้งออกไป แป้งธัญพืช (Cereal starch) มีค่าช่วงการเปลี่ยนเป็นวุ้นใสเมื่อถูกความร้อนและค่าอุณหภูมิการเปลี่ยนเป็นวุ้นใสไม่แน่นอนไม่สามารถบอกชัดได้ ส่วนมากแป้งธัญพืชจะเริ่มแสดงการสูญเสียการหักเหสองแนวที่อุณภูมิ 57.78°C และสูญเสียการหักเหสองแนวอย่างสมบรูณ์ที่อุณหภูมิ 70°C

เกรนูลแป้งที่เกิดการเปลี่ยนเป็นวุ้นใสแล้วและไม่มีการพองตัวขึ้นอีกหลังจากการเปลี่ยนเป็นวุ้นใสยังคงสามารถกลับคืนสู่สภาพผลึกทรงกลม (Spherocrystalline) อีกได้ ถ้าใช้แอลกอฮอล์ทำให้เกรนูลแป้งนี้คายน้ำออกไปจนหมด จากนั้นแล้วเกรนูลแป้งจะกลับมีคุณสมบัติเหมือนเดิมอีกคือมีการหักเหสองแนวที่แข็งแรงเหมือนตอนแรก และมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีน

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

เมื่ออุณหภูมิของน้ำแป้งสูงขึ้น พันธะไฮโดรเจนในน้ำและในแป้งถูกทำลาย น้ำจะซึมเข้าไประหว่างโมเลกุลของแป้งจึงทำให้แป้งมีการเพิ่มขนาดหรือพองตัวเพราะโมเลกุลของน้ำจะเข้าไประหว่างโมเลกุลของแป้ง แป้งต่างชนิดกันจะมีช่วงเวลาเป็นเจลาตินต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ช่วงเวลาการทำให้เป็นเจลาตินของแป้งชนิดต่างๆ [7]

ชนิดของแป้ง	อุณหภูมิ (°C)		
	เริ่มต้น	จุดกึ่งกลาง	สุดท้าย
ข้าวสาลี	59.5	62.5	64
ข้าวเจ้า	68	74.5	78
ข้าวโพด	62	66	70
มันสำปะหลัง	52	59	64
มันฝรั่ง	58	62	66
ถั่ว	59	65	70

2.3.3 ลักษณะของแป้งเปียกและการพองตัว [8]

สารแขวนลอยของแป้งในน้ำเมื่อได้รับอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนเกรนูลเกิดการเปลี่ยนเป็นวุ้นใสนั้นเกรนูลแป้งจะพองตัวจนในที่สุดไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพการหักเหสองแนวได้ตามเดิมอีกเรียกเกรนูลแป้งในสภาพนี้ว่า สวอลเล็นเกรนูล (Swollen granule) เกรนูลแป้งในสภาพนี้โมเลกุลของอะไมโลสออกมาโดยที่เกรนูลแป้งยังคงสภาพเดิมไม่แตกออก การพองตัวของเกรนูลแป้งในขณะที่อุณหภูมิของน้ำแป้งเพิ่มสูงขึ้น และการสูญเสียโมเลกุลของอะไมโลสออกไปจากเกรนูลเป็นสาเหตุให้น้ำแป้งมีความหนืดเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่ความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มสูงขึ้นในทันทีทันใดนั้นก็คือช่วงการเปลี่ยนเป็นวุ้นใสเมื่อถูกความร้อนนั่นเอง แต่ในบางกรณีเรียกว่า อุณหภูมิการพองตัว แป้งแต่ละชนิดมีลักษณะของเกรนูลแป้งที่พองตัวภายหลังการเปลี่ยนตัวกลายเป็นวุ้นใสและลักษณะของเพสแตกต่างกันไป เมื่อศึกษาดูด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่ามีลักษณะค่อนข้างกระด้างกว่า แต่ทั้งแป้งสาลีและแป้งข้าวโพดให้เพสที่จัดอยู่ในช๊อตเพส (Short paste) ทั้งคู่ ส่วนแป้งข้าวเหนียวจะให้เพสจัดเป็นลองเพส (Long paste)

631 ป144ก ฉ.1
ประทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง
กระถางดันไม้จากวัสดุเหลือใช้
ทางการเกษตร= Flowerpot from
32000000956179 0876

2.3.4 ความหนืดของแป้งเปียก

น้ำแป้งเมื่อได้รับความร้อนความหนืดจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกรนูลแป้งเกิดการพองตัวขึ้นและอะไมโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำละลายออกมาจากเกรนูล ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของแป้งเมื่อได้รับความร้อนคือ ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ชนิดของแป้ง อุณหภูมิที่ให้กับแป้ง ระยะเวลาของการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ การกวนแป้ง และความเป็นกรด-ด่างของน้ำแป้ง

น้ำแป้งของแป้งธัญพืชที่รับความร้อนจะให้ความหนืดที่สมบัติเฉพาะ เช่น แป้งข้าวฟ่างให้ซ๊อตเพสซึ่งมีความหนืดค่อนข้างสูง และคงตัวดีพอสมควรในระหว่างการหุงต้มเช่นเดียวกับแป้งข้าวโพดและแป้งสาลี ส่วนแป้งข้างเหนียวให้ลองเพสซึ่งมีความหนืดสูงในช่วงเป็นวุ้นใสแต่ความหนืดลดลงรวดเร็วในระหว่างการหุงต้ม น้ำแป้งที่ได้รับความร้อนจนกระทั่งเกรนูลแป้งเกิดการพองตัวเต็มที่แล้วเมื่อลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิห้องน้ำแป้งจะมีลักษณะคล้ายวุ้นเกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเกรนูลพยายามกลับคืนตัวสู่สภาพเดิมได้ ทำให้น้ำแป้งนั้นมีลักษณะข้นเหนียวและมีปริมาตรเพิ่มขึ้น สภาพเช่นนี้เรียกว่า เซตแบล็ค น้ำแป้งนี้จะทำให้เกิดลักษณะคล้ายวุ้นมากน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือ ชนิดของแป้ง ความเข้มข้นของแป้ง และความเป็นกรด-ด่างของแป้ง

ความหนืดของน้ำแป้งที่เกิดขึ้นจากแป้งแต่ละชนิดเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้บ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใดควรใช้แป้งชนิดใดจึงจะเหมาะสม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้มีสมบัติและลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ เช่น ในน้ำซอส น้ำเกรวี่ ต้องการใช้แป้งที่ให้ลักษณะของน้ำแป้งที่มีความเข้มข้นแก่อาหารคงตัวตลอดระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์ถูกวางขายในตลาด

ส่วนประกอบของแป้งแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น ชนิดพืช สายพันธุ์ อายุ ลักษณะต้นที่ปลูกและสภาพดินฟ้าอากาศ ส่วนประกอบของแป้งที่ได้รับจากส่วนของหัว ราก และลำต้น จะแตกต่างไปจากแป้งที่ผลิตจากเมล็ดธัญพืชและถั่ว กล่าวคือวัตถุจำพวกที่มาจากหัว รากจะมีความชื้นสูงกว่าแต่มีโปรตีนและไขมันต่ำกว่าเมล็ดพืชและถั่ว อย่างไรก็ตามปริมาณแป้งของวัสดุเกษตรเมื่อคำนวณตามน้ำหนักแห้งจะประกอบด้วยแป้งประมาณร้อยละ 70-85

เมื่อทำการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าประกอบด้วยสารประกอบหลายชนิดและอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ส่วนประกอบของแป้งยังประกอบด้วยน้ำตาล เกลือแร่ กรดอินทรีย์ เป็นต้น จากส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันของวัตถุดิบเหล่านี้ทำให้มีผลต่อสมบัติของแป้งที่จะนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์จากแป้งด้วย

(1) ความชื้น ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์แป้งขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพันธ์ในบรรยากาศที่เก็บแป้งนั้นๆ กล่าวคือเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ลดลงแป้งจะมีความชื้นลดลง และถ้าความชื้น

สัมพัทธ์เพิ่มขึ้นแป้งจะดูดความชื้นเข้า ความชื้นสมดุลของแป้ง (Equilibrium moisture) ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งภายใต้ภาวะบรรยากาศทั่วๆ ไปแป้งจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 10-20 (น้ำหนัก/น้ำหนัก)

(2) ไขมัน ผลิตภัณฑ์แป้งที่ได้จากส่วนหัว ราก และลำต้นของพืช เช่น มันสำปะหลัง มันฝรั่ง สาคู จะมีสารประกอบไขมันอยู่ในปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 0-1 ซึ่งน้อยกว่าปริมาณไขมันในแป้งที่ผลิตจากธัญพืช ไขมันในแป้งจะแทรกอยู่เป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอะไมโลส ไขมันโมเลกุลเชิงซ้อนนี้จะไม่ละลายในน้ำแต่เมื่อต้มในอุณหภูมิสูงจะเกิดการแตกตัวทำให้โครงสร้างการเชื่อมของไขมันและอะไมโลสแตกตัวออก ส่วนของอะไมโลสก็จะสลายได้ไขมันทำให้แป้งมีกลิ่นหืนได้เมื่อเก็บไว้นาน

(3) โปรตีน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนหัว ราก และลำต้นของพืช จะมีโปรตีนต่ำกว่าแป้งที่ผลิตจากธัญพืช การที่มีโปรตีนอยู่ในแป้งทำให้แป้งจากธัญพืชมีกลิ่นที่เรียกว่ากลิ่นอาหารและยังมีส่วนทำให้เกิดฟอง เม็ดแป้งสาลีขนาดเล็กมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 1.6 ซึ่งมากกว่าเม็ดแป้งสาลีขนาดใหญ่ซึ่งมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 0.1

(4) ฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสในแป้งมักจะอยู่รวมกับไขมันเรียกว่า ฟอสฟอลิปิด แป้งที่ผลิตจากราก เช่น มันสำปะหลังมีฟอสฟอรัสต่ำ อย่างไรก็ตามแป้งมันฝรั่งที่ผลิตเป็นการค้าได้มีการใช้กรรมวิธีทางเคมีเชื่อมต่อกลุ่มฟอสเฟตเอสเทอร์เข้าไปในโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสในโมเลกุลของอะไมโลแพคตินในแป้งมันฝรั่ง โดยมีปริมาณของกลุ่มฟอสเฟตในแป้งมันฝรั่ง 1 กลุ่มต่อกลูโคส 200-400 หน่วย การแทนที่ของกลุ่มฟอสเฟตทำให้สมบัติของอะไมโลแพคตินเปลี่ยนแปลงไป

(5) เถ้า ผลิตภัณฑ์แป้งทุกชนิดมีสารอินทรีย์ประกอบอยู่ในปริมาณเล็กน้อย เถ้าของแป้งจากธัญพืชส่วนหนึ่งจะเป็นฟอสฟอลิปิด เถ้าของแป้งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยโซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม โดยอยู่ในรูปของสารประกอบโลหะ

(6) กลิ่น แป้งที่ผลิตจากธัญพืชคือ ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าว ข้าวฟ่าง มักจะมีกลิ่นของธัญพืช ส่วนแป้งจากมันฝรั่งและมันสำปะหลังไม่มีกลิ่นแป้ง กลิ่นของแป้งธัญพืชเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของไขมันโดยเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นแป้งจากพืชหัว รากและลำต้นที่มักไม่มีกลิ่นอาจจะเนื่องจากแป้งเหล่านั้นมีไขมันประกอบอยู่ด้วยน้อยกว่า

2.3.5 <u>แป้งสาลี</u> [9]

แป้งสาลีเป็นแป้งที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรีทุกชนิด ไม่มีแป้งชนิดอื่นใช้แทนแป้งสาลีได้ ทั้งนี้เพราะแป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิดที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมคือ กลูเตนินและไกลอะดิน (Glutenin & Gliadin) ซึ่งเมื่อแป้งผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งเรียกว่า “กลูเต็น” (Gluten) มีลักษณะเป็นยาง เหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเต็นนี้จะเป็นตัวเก็บแก๊สเอาไว้

ทำให้เกิดโครงร่างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์ และจะเป็นโครงร่างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ

ข้าวสาลีที่นำมาโม่เป็นแป้งสาลีนั้นแบ่งเป็น 2 ประเภท ตามความแข็งและสีของเมล็ด จัดเป็นข้าวสาลีชนิดแข็ง (Hard wheat) กับข้าวสาลีชนิดอ่อน (Soft wheat)

ข้าวสาลีชนิดแข็ง เมื่อนำมาโม่จะได้แป้งสาลีชนิดแข็ง ซึ่งเป็นแป้งที่มีโปรตีนสูง เหมาะสำหรับใช้ในการทำผลิตภัณฑ์พวกขนมปัง แป้งชนิดนี้มีโปรตีนที่มีคุณภาพดี สามารถนวดผสมให้ได้ก้อนแป้งที่มีความยืดหยุ่นดี ทนต่อสภาพการผสม การหมัก อุณหภูมิของห้องและของเครื่องผสม มีคุณสมบัติในการอุ้มแก๊สที่ดีซึ่งจะเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาตรดีด้วย มีรูและเนื้อสัมผัสที่ดี ก้อนโดที่ทำจากส่วนผสมของแป้งสาลีชนิดแข็งจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้สูงอีกด้วย

ส่วนข้าวสาลีชนิดอ่อน เมื่อนำมาโม่ก็จะได้แป้งสาลีชนิดอ่อนซึ่งมีโปรตีนต่ำ แป้งจะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ต่ำกว่าแป้งชนิดแข็ง มีความทนทานต่อการผสมและการหมักที่ต่ำกว่าแป้งชนิดแข็ง มีความทนทานต่อการผสมและการหมักที่ต่ำ ไม่เหมาะที่จะใช้ทำขนมปังเพราะไม่สามารถจะนวดผสมให้เป็นก้อนแป้งได้ แต่จะเหมาะสมสำหรับใช้ทำผลิตภัณฑ์ขนมเค้ก และคุกกี้

เมล็ดข้าวสาลีนั้นประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

(1) ส่วนที่เป็นรำ (Bran) เป็นส่วนแข็งที่อยู่ด้านนอกสุดของเมล็ด ประกอบด้วยเซลล์หลายชั้น มีอยู่ประมาณ 14.2% ของเมล็ด

(2) เอนโดเสปิร์ม (Endosperm) เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางของเมล็ด ประกอบไปด้วยเมล็ดแป้งมากมาย มีโปรตีนที่ทำให้เกิดกลูเต็นอยู่ด้วย มีอยู่ประมาณ 83% ของเมล็ด

(3) จมูกข้าว (Embry or Germ) เป็นส่วนที่อยู่ตอนล่างของเมล็ด และจะเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ต่อไปเมื่อเมล็ดได้รับอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม ประกอบด้วยไขมันเป็นส่วนใหญ่ และมีไวตามิน แร่ธาตุอยู่บ้าง ส่วนนี้จะมีอยู่ประมาณ 2-5% ของเมล็ด

ในการผลิตแป้งเพื่อใช้ในการผลิตภัณฑ์เบเกอรีนั้น ทั้งที่ส่วนที่เป็นรำชั้นของอัลลูโลนซึ่งอยู่ถัดจากชั้นของรำเข้าไปและจมูกข้าวจะถูกขัดสีออกไป เนื่องจากในส่วนของรำนั้นจะประกอบไปด้วยสารต่างๆ ที่ร่างกายย่อยไม่ได้เป็นพวกกากรวมทั้งชั้นอัลลูโลนด้วย ส่วนจมูกข้าวนั้นมีปริมาณไขมันสูง ถ้ามีอยู่ในแป้งก็จะมีผลต่อคุณภาพในการเก็บของแป้งคือทำให้แป้งมีกลิ่นหืนได้ ส่วนของรำถ้ามีปนอยู่ในแป้งจะทำให้ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ลดลง

โดยทั่วไปแล้วข้าวสาลีชนิดแข็งจะมีโปรตีนสูงกว่าข้าวสาลีอ่อน สำหรับแป้งขนมปังจะมีโปรตีนเกิน 10.5% ขึ้นไปซึ่งเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี และจะมีเถ้า 0.4% แป้งขนมปังควรมีการดูดซึมน้ำได้สูงและมีความทนต่อการผสมได้ดี ซึ่งหมายถึงว่าสามารถยืดเวลาการผสมได้โดยที่กลูเต็นไม่ฉีกขาด ส่วนแป้งเค้กควรมีโปรตีนต่ำกว่า 10% และมีเถ้า 0.4% มีการดูดซึมน้ำได้ต่ำ

แป้งสาลีที่ผลิตออกมาขายเพื่อการผลิตภัณฑ์เบเกอรีนั้นมี 3 ชนิด ที่สำคัญคือแป้งขนมปัง แป้งขนมเค้ก และแป้งอเนกประสงค์ ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและคุณลักษณะรวมถึงการใช้ประโยชน์ต่างกันคือ

(1) แป้งขนมปัง มีโปรตีนสูง 12-14% โม่จากข้าวสาลีชนิดแข็ง Hard red spring และ Hard red winter ซึ่งเป็นข้าวสาลีที่มีปริมาณโปรตีนสูง ใช้ทำผลิตภัณฑ์พวกแป้งจืด ขนมปังหวาน และผลิตภัณฑ์ที่ใช้หมักด้วยยีสต์ทุกชนิด ลักษณะของแป้งชนิดนี้คือ เมื่อถูด้วยนิ้วมือจะรู้สึกคายมือคล้ายมีกรวดหรือหยาบเหมือทราย มีสีครีมไม่ขาวเมื่อกดนิ้วลงไปบนแป้ง แป้งจะไม่เกาะตัวกัน แป้งชนิดนี้ใช้ยีสต์เป็นตัวทำให้ฟู เพราะยีสต์เท่านั้นที่จะทำให้ก้อนโดพองตัวได้

(2) แป้งเอนกประสงค์ มีโปรตีนสูงปานกลาง 10-11% เป็นแป้งที่ได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดแข็งกับชนิดอ่อนเข้าด้วยกันในสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์หลายๆ ชนิด เช่น ขนมปังจืดและหวาน ขนมเค้กบางชนิด ปาท่องโก๋ บะหมี่ เพสตรี ใช้เวลาในการนวดแป้งน้อยกว่าแป้งขนมปัง ลักษณะของแป้งชนิดนี้จะมีลักษณะของแป้งขนมปังและแป้งเค้กรวมกัน ตัวที่ทำให้ขึ้นฟูสำหรับแป้งชนิดนี้สามารถใช้ได้ทั้งยีสต์และผงฟู

(3) แป้งเค้ก มีปริมาณโปรตีนต่ำประมาณ 7-9% โม่จากข้าวสาลีชนิดอ่อนพวก Soft wheat และ Soft red winter ใช้ทำเค้ก คุกกี้ ลักษณะของแป้งเมื่อถูด้วยนิ้วมือจะรู้สึกอ่อนนุ่ม เนียนละเอียด มีสีขาวกว่าแป้ง 2 ชนิดแรก เมื่อกดนิ้วลงบนแป้ง แป้งจะเกาะรวมกันเป็นก้อนและคงรอยนิ้วมือไว้ แป้งชนิดนี้ใช้สารเคมีช่วยทำให้ขึ้นฟูเท่านั้น ไม่ใช้ยีสต์ ซึ่งสารเคมีก็ได้แก่ ผงฟู เบกิ้งโซดา เป็นต้น

องค์ประกอบของแป้งสาลี

แป้งสาลีที่ได้จากการโม่โดยแยกเอาส่วนของแป้งในแอนโดเสปิร์มออกมาแล้ว จะประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ โดยเฉลี่ยดังตารางที่ 2.7

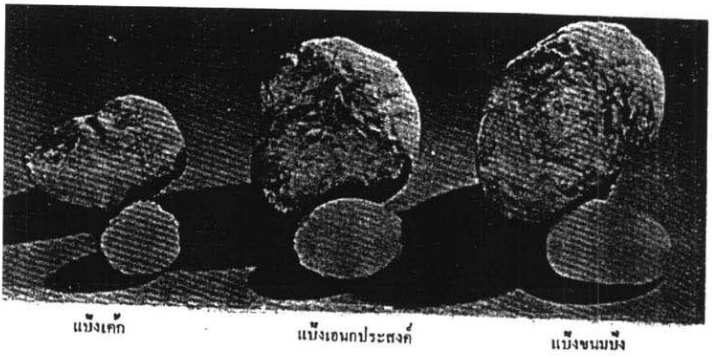
ตารางที่ 2.7 องค์ประกอบต่างๆ ของแป้งสาลี

องค์ประกอบ	แป้งสตร้าช	ความชื้น	โปรตีน	แร่ธาตุ (เถ้า)	น้ำตาล	ไขมัน	อื่นๆ
ร้อยละที่พบ	70	15	11.5	0.4	1	1	2

ดังกล่าวมาแล้ว แป้งสาลีนั้นมีคุณสมบัติเฉพาะที่ไม่เหมือนกับแป้งชนิดอื่น คือในแป้งสาลีจะประกอบด้วยโปรตีนซึ่งเมื่อผสมกับน้ำหรือของเหลวชนิดอื่นแล้วจะได้กลูเต็น ซึ่งเป็นสารที่มีลักษณะเหนียว เป็นยาง และยืดหยุ่นได้ กลูเต็นประกอบด้วยกลูเตนินและไกลอะดินในอัตราส่วนเท่าๆ กัน กลูเตนินนั้นให้โดหรือก้อนแป้งผสมมีกำลังที่จะอุ้มแก๊สที่ขึ้นฟูไว้ได้ซึ่งจะเป็นโครงสร้าง

ของผลิตภัณฑ์ ส่วนไกลอะดินนั้นทำให้กลูเต็นมีคุณสมบัติในการยืดตัวและยืดหยุ่นได้ นั่นคือกลูเตนินนั้นให้ความแข็งตัวกับกลูเต็น และไกลอะดินซึ่งเป็นสารที่อ่อนและเหนียวจะเป็นตัวเชื่อม ดังนั้นไกลอะดินจะติดอยู่กับกลูเตนินและป้องกันไม่ให้กลูเตนินถูกล้างออกไปในกระบวนการสกัดเอากลูเต็นออกมา

การล้างหรือสกัดกลูเต็นออกจากแป้ง ทำได้โดยล้างก้อนแป้งด้วยน้ำจนน้ำที่ล้างได้ไม่มีตะกอนซึ่งจะได้ปริมาณของโปรตีนที่มีในแป้ง และคุณลักษณะของกลูเต็นที่มีอยู่ในแป้งซึ่งสามารถตัดสินได้โดยคุณสมบัติทางฟิสิกส์คือความยืดหยุ่น และความสามารถในการขยายตัว ทั้งคุณภาพและปริมาณของกลูเต็นนั้นเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของโด คือ ความยืดหยุ่น และความสามารถในการขยายตัว ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่สุดสำหรับผู้ทำขนมอบ ข้าวสาลีหลายชนิดให้กลูเต็นที่มีปริมาณน้อย ในขณะที่อีกหลายชนิดมีกลูเต็นอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม แต่ก็อาจจะขาดคุณภาพที่ต้องการ เพราะฉะนั้นโรงโม่จึงจำเป็นต้องทดสอบและผสมข้าวสาลีต่างชนิด เพื่อที่จะให้ได้แป้งที่มีปริมาณกลูเต็นที่เพียงพอ และให้กลูเต็นที่มีลักษณะที่ดี เพราะกลูเต็นจะเป็นตัวเก็บแก๊สที่เกิดขึ้นในก้อนแป้งผสม และเป็นโครงร่างที่มีลักษณะเป็นฟองน้ำของผลิตภัณฑ์ เมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ก้อนกลูเต็นของแป้งชนิดต่างๆ ก่อนอบและหลังอบ [9]

นอกจากโปรตีนและกลูเต็นซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของแป้งสาลีแล้ว ในแป้งสาลียังมีเอนไซม์ที่สำคัญ เบต้าอะไมเลส (β–amylase) และอัลฟาอะไมเลส (α–amylase) เอนไซม์เหล่านี้จำเป็นสำหรับการทำขนมปัง โดยเบต้าอะไมเลสจะทำการย่อยเดกซตริน (Dextrin) และสารละลายแป้งส่วนหนึ่งให้เป็นน้ำตาลมัลโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลที่จำเป็นสำหรับยีสต์ในการนำไปใช้เป็นอาหารใน

ระหว่างการหมัก เอนไซม์ชนิดนี้ไม่ทนความร้อน การทำงานจะเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนของการหมัก ส่วนอัลฟาอะไมเลสจะทำการย่อยสารละลายแป้งให้เป็นเดกซตรินในระหว่างกระบวนการหมัก การทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้มีไม่มากนัก แต่จะทนความร้อนสูงถึง 70-75°C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิที่แป้งสตาร์ของข้าวสาลีเกิดเป็นเจลที่อุณหภูมิเพียง 56-60°C และที่จุดนี้เองอัลฟาอะไมเลสจะเริ่มทำงานหรือกล่าวได้ว่า การทำงานของอัลฟาอะไมเลสจะเพิ่มขึ้นในตอนแรกๆ ของการอบและผลิตภัณฑ์จะดีหรือไม่ย่อมขึ้นอยู่กับการทำงานหรือปริมาณของเอนไซม์ชนิดนี้

คุณสมบัติของแป้งสาลี

เพื่อที่จะทำผลิตภัณฑ์ให้ได้ผลดี ควรพิจารณาถึงคุณลักษณะของแป้งดังต่อไปนี้

(1) สีของแป้ง มีผลต่อคุณภาพอย่างหนึ่งของผลิตภัณฑ์ แป้งที่ดีควรมีสีขาว ถ้าหากมีสีอื่นปน เช่น สีเหลืองอ่อนของแซนโตฟิลล์หรือสีครีม จะทำให้ขนมปังมีเนื้อใน (Crumb) ที่มีสีไม่ดี ดังนั้นแป้งที่โม่ออกมาจึงควรผ่านการฟอกสีก่อน

(2) กำลังของแป้ง (Strength) หมายถึงพลังที่แป้งสามารถจะอุ้มแก๊สที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักได้ดี เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีการขึ้นรูปฟูและมีปริมาตรดี

(3) ความทนต่อสภาพต่างๆ ของแป้ง (Tolerance) หมายถึงลักษณะของแป้งที่มีความสามารถทนต่อสภาพการผสมนานๆ ทนต่อการรีด และกระบวนการอื่นๆ โดยที่กลูเต็นไม่ฉีกขาด ความทนต่อสภาพต่างๆ นี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับกลูเต็น แป้งที่มีความทนต่อสภาพต่างๆ สูงจะหมักได้นาน และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาตรดี

(4) ความสามารถในการดูดซึมน้ำของแป้งสูง (High water absorption) หมายถึงแป้งที่มีลักษณะในการดูดซึมน้ำได้มากพอที่จะทำให้คุณภาพแป้งยังคงสภาพที่ดีอยู่ ผลของการที่แป้งดูดซึมน้ำได้มากพอที่จะทำให้คุณภาพของแป้งยังคงสภาพที่ดีอยู่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาตรมากขึ้น เนื้อในขนมไม่แห้งทำให้มีคุณภาพในการเก็บและการกินที่ดี

(5) ความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของแป้ง (Uniformity) อาจหมายถึงความสม่ำเสมอในสี ขนาดของเม็ดแป้ง และทั่วๆ ไป ถ้าแป้งขาดความสม่ำเสมอแล้วจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำแต่ละครั้งไม่เหมือนกัน จึงควรทำการตรวจสอบก่อนที่จะทำผลิตภัณฑ์ทุกครั้ง

ค่าความเป็นกรดด่างของแป้ง

แป้งสาลีโดยปกติมี pH ระหว่าง 5.5 และ 6.5 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะขนมปัง สำหรับแป้งที่มี pH ต่ำกว่า 5.0 จะมีความเป็นกรดมากเกินไปจะทำให้การทำขนมปังไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร ถ้าแป้งมี pH ต่ำกว่า 6.1 - 6.2 โดยทั่วไปจะบอกได้ว่าแป้งนั้น ผ่านการใส่คลอรีนมากในระหว่างการโม่

หน้าที่ของแป้งสาลีที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ส่วนใหญ่แล้วแป้งสาลีเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการช่วยให้เกิดโครงสร้างผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปอยู่ได้เมื่ออบเสร็จแล้ว เป็นส่วนผสมหลักที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรีทุกชนิด ถ้าปราศจากแป้งแล้วเราจะไม่สามารถทำผลิตภัณฑ์เฉพาะอย่าง ดังนั้น จึงควรเลือกใช้แป้งสาลีที่มีคุณลักษณะเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทำ

2.3.6 <u>แป้งมันสำปะหลัง</u> [10]

แป้งมันสำปะหลัง หมายถึง แป้งที่ทำจากหัวมันสำปะหลัง ลักษณะของแป้งเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ประกอบด้วยเม็ดแป้งตั้งแต่ 2-8 เม็ดรวมกัน แต่ละเม็ดยาวตั้งแต่ 5- 35 μm เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 15 μm เม็ดแป้งส่วนมากมีลักษณะเป็นรูปไข่ ซึ่งปลายข้างหนึ่งถูกตัดออกและผิวตรงส่วนที่ออกมีลักษณะเว้าเข้าข้าง ในบางเม็ดอาจมีริมอีกด้านหนึ่งแบนไม่สม่ำเสมอกัน เม็ดแป้งสีจะแสดงให้เห็นรอยบุ๋มอย่างชัดเจน และในบางครั้งอาจเห็นชั้นของแป้งด้วย ลักษณะของแป้งมันสำปะหลังจะต้องเป็นผงละเอียดมีสีขาวหรือ สีครีมอ่อน ไม่เกิดการหมัก ไม่เหม็นอับหรือมีกลิ่นน่ารังเกียจ ไม่มีแมลงและสารแปลกปลอม อื่นๆ ปะปน แป้งมันสำปะหลังมีอัตราส่วนระหว่างอะไมโลสกับอะไมโลเพคตินประมาณ 17 ต่อ 83 โดยน้ำหนัก

สมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งมันสำปะหลังที่สำคัญ เมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ทั้งชนิดธรรมดาและที่ใช้แสงโพลาไรซ์ จะพบเม็ดแป้งขนาดตั้งแต่ 3-35 μm รูปร่างต่างๆ กัน โดยมากเป็นรูปไข่ตัดปลายข้างหนึ่ง ผิวบริเวณที่ตัดจะเว้าเข้าข้างในส่วนใหญ่ปรากฏรอยบุ๋มและวงแหวนบนเม็ดแป้งให้เห็นปกติผิว ขรุขระ และอาจเกิดรอยแตกขึ้นในระหว่างการผลิตเนื่องจากการล้างการแยกแป้ง และการทำให้แห้ง แต่ผิวบริเวณส่วนตัดจะเรียบการจัดเรียงตัวของอะไมโลสและอะไมโลแพคตินภายในเม็ดแป้งมีลักษณะแตกต่างกัน แบ่งได้เป็นเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกโมเลกุลจับกันเป็นกลุ่ม อย่างมีระเบียบเหมือนผลึกเรียกส่วนนี้ว่า บริเวณตกผลึก (Crystalline region) จะมีอะไมโลสประกอบอยู่มาก โดยเข้าประกบตามความยาวกับส่วนที่เป็นเส้นตรงของอะไมโลแพคตินด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้โมเลกุลบริเวณนี้หนาแน่นและมีแรงยึดเหนี่ยวกันสูงจนเกิดการสะท้อนของแสงโพลาไรซ์เป็นรอยกากบาทเรียกว่า การหักเหสองแนว (Birefringence) การดูดน้ำและการพองตัวเกิดอย่างจำกัด เนื้อค่อนข้างแข็ง และไม่ค่อยทำปฏิกิริยากับสารอื่น ส่วนที่สองโมเลกุลจับกันไม่เป็นระเบียบ เรียกว่า บริเวณอสัณฐาน (Amorphous region) จะประกอบด้วยอะไมโลเพคตินเป็นส่วนใหญ่จึงสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และเป็นส่วนที่ดูดน้ำได้ดีและไวต่อการเกิดปฏิกิริยา ดังนั้นการดูดน้ำของเม็ดแป้งที่ละลายในน้ำเย็นจึงเกิดจากปฏิกิริยาของหมู่ไฮดรอกซิลระหว่างโมเลกุลแป้งในบริเวณอสัณฐานกับโมเลกุลน้ำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพันธะไฮโดรเจนที่ยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลจะอ่อนตัวลง ทำให้เม็ดแป้งสามารถดูดน้ำและพองตัวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ

ในช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลของแป้งกำลังการพองตัวเพิ่มขึ้นเร็วมากเมื่อแป้งพองตัวเต็มที่จะสูญเสียลักษณะการหักเหสองแนวและน้ำแป้งก็เปลี่ยนเป็นแป้งเปียกที่มีลักษณะเหนียวหนืดมากขึ้น ปรากฏการณ์เป็นการสุกของแป้งเรียกว่าการเกิดเจลาติน แป้งมันสำปะหลังมีช่วงอุณหภูมิการเกิดประมาณ 58.5-70°C แป้งเปียกที่ได้ใสและเหนียวยืดมากเมื่อใช้ช้อนตัก

2.4 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ (Latin Squares Design, LSD) [11,12]

2.4.1 <u>เงื่อนไขการใช้</u>

แผนการทดลองแบบนี้ใช้ในกรณีที่พบว่ามีสาเหตุที่ทำให้เกิดการผันแปรในหน่วยทดลองสองสาเหตุก่อนให้ทรีทเมนต์ หน่วยทดลองจะถูกจัดกลุ่มในสองทิศทาง (Two directional grouping) ตามสาเหตุของความผันแปร ซึ่งเรียกว่า ความผันแปรในแถวแนวนอน (Rows) และความผันแปรในแถวแนวตั้ง (Columns)

เนื่องจากในแต่ละแถวแนวนอนและแถวแนวตั้งจะต้องใส่ได้ครบทุกทรีทเมนต์ ดังนั้นขนาดของแถวแนวนอน ขนาดแนวแถวตั้งและจำนวนทรีทเมนต์จะต้องเท่ากันหรือกำหนดว่าจำนวนแถวแนวนอนเท่ากับจำนวนแนวตั้งเท่ากับจำนวนทรีทเมนต์

2.4.2 <u>วิธีการสุ่ม</u>

การสุ่มทรีทเมนต์ให้กับหน่วยทดลองจะกระทำโดยมีเงื่อนไขว่า โดยที่ในแต่ละแถวแนวนอนและในแต่ละแถวแนวตั้งจะต้องมีครบ วิธีการสุ่มอาจทำได้ 2 วิธี

(1) สุ่มผังลาตินสแควร์ผังใดผังหนึ่งมาใช้ จากผังลาตินสแควร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดในแต่ละขนาดของลาตินสแควร์ดังนี้

กำหนดให้ A B C D เป็นทรีทเมนต์ ผังลาตินสแควร์ที่สร้างขึ้นโดยทำให้แถวแนวนอนที่หนึ่ง และแถวแนวตั้งที่หนึ่งมีการจัดทรีทเมนต์เรียงตามลำดับตัวอักษรจะถูกเรียกว่าผังลาตินสแควร์มาตรฐาน (Standard latin square) ตัวอย่างเช่น

A	B
B	A

รูปที่ 2.11 ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 2 x 2

A	B	C
B	C	A
C	A	B

รูปที่ 2.12 ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 3 x 3

A	B	C	D
B	C	D	A
C	D	A	B
D	A	B	C

รูปที่ 2.13 ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่ 1

A	B	C	D
B	D	A	C
C	A	D	B
D	C	B	A

รูปที่ 2.14 ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่2

A	B	C	D
B	A	D	C
C	D	A	B
D	C	B	A

รูปที่ 2.15 ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบ ที่ 3

(2) ใช้การสุ่มจากผังลาตินสแควร์มาตรฐานตามขนาดที่ต้องการมาหนึ่งผัง จากนั้นจะจัดลำดับของแถวแนวนอนและแถวแนวตั้งใหม่โดยอาศัยการสุ่มตัวอย่างเช่น ใช้การทดลองแบบลาตินสแควร์ขนาด 4 × 4 สมมุติผังลาตินสแควร์มาตรฐานตามรูปที่ 2.16

		แถวแนวตั้ง			
		1	2	3	4
แถวแนวนอน	1	A	B	C	D
	2	B	C	D	A
	3	C	D	A	B
	4	D	A	B	C

รูปที่ 2.16 ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยการสุ่มตัวอย่าง

จัดลำดับแถวแนวนอนโดยสุ่มสมมุติได้ลำดับแถวแนวนอนใหม่เป็น 3, 1, 2 และ 4 จะได้แผนผังตามรูปที่ 2.17

		แถวแนวตั้ง			
		1	2	3	4
แถวแนวนอน	3	C	D	A	B
	1	A	B	C	D
	2	B	C	D	A
	4	D	A	B	C

รูปที่ 2.17 ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยการสุ่มแถวแนวนอน

จัดลำดับแถวแนวตั้งโดยสุ่มสมมุติได้ลำดับแถวแนวตั้งใหม่เป็น 4, 3, 1 และ 2 จะได้แผนผังตามรูปที่ 2.18

		แถวแนวตั้ง			
		4	3	1	2
แถวแนวนอน	3	B	A	C	D
	1	D	C	A	B
	2	A	D	B	C
	4	C	B	D	A

รูปที่ 2.18 ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยการสมมุติแถวแนวตั้ง

2.5 งานวิจัยที่ผ่านมา

กิตติชัยและคณะ [13] ศึกษาการใช้เทคโนโลยีด้านไฮดรอลิกส์เข้ามาช่วยในขั้นตอนการผลิตกระถางต้นไม้ ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการผลิตกระถางต้นไม้ คือ ชานอ้อย 400 mL ใยมะพร้าว 920 mL และใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานที่ทำให้เป็นเจล มีปริมาตร 320 mL ทำการอัดขึ้นรูปที่ความดัน 2000 psig เป็นเวลา 15 วินาที สามารถอัดขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้ดีและทดลองปลูกต้นไม้เป็นเวลา 1 เดือน พบว่ากระถางต้นไม้ยังคงรูปได้ดีและต้นไม้สามารถแทงรากได้ดี

ธิดารัตน์ มานิตย์ และคณะ [14] ศึกษาการผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตกระถางต้นไม้ที่เสื่อมทางชีวภาพ ตอนที่หนึ่งศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อความพรุน

ของกระถางต้นไม้ ได้แก่ อัตราส่วนของวัตถุดิบ ชนิดของตัวประสาน และความดันโดยการออกแบบแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ ซึ่งทำการศึกษาอัตราส่วนที่เตรียมจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คือ ใยมะพร้าว ชานอ้อยและขี้เลื่อยเป็น 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1 และ 2:1:1 น้ำหนัก 110 g ผสมกับตัวประสานที่ทำให้เป็นเจล น้ำหนัก 390 g โดยใช้อัตราส่วนแป้ง:น้ำ เท่ากับ 1:6 ซึ่งชนิดของตัวประสาน คือ แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียวและแป้งสาลี ทำการขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้เครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิกที่ความดัน 1000, 1500, 2000 และ 2500 psig เป็นเวลา 15 วินาที ผลการคำนวณทางสถิติพบว่า ค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวประสานอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งตัวประสานที่ให้ค่าความพรุนสูงสุดคือแป้งสาลี ตอนที่สองศึกษาอิทธิพลของเวลาและความดันที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่ พบว่าเวลาและความดันไม่มีผลต่อความพรุนของกระถางต้นไม้อย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 3

วิธีวิจัย

บทนี้อธิบายเกี่ยวกับวิธีการทดลองผสมอัตราส่วนและการขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้เครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิก การวัดค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ การทำแม่พิมพ์ขนาดเล็ก ตลอดจนโครงการวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยี

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้มีดังนี้

3.1.1 วัสดุ

แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง ฟางข้าว ผักตบชวา และขี้เลื่อย

3.1.2 อุปกรณ์

เครื่องชั่งหยาบ เครื่องชั่งละเอียด กระบอกตวงขนาด 250 mL หม้อ ไม้พาย เตาแก๊ส ขวดปรับปริมาตรขนาด 50 mL บีกเกอร์ขนาด 50 mL บิวเรตขนาด 50 mL เครื่องขึ้นรูปกระถางต้นไม้ด้วยระบบไฮดรอลิก

3.2 วิธีการทำวิจัย

เนื่องจากการทดลองมีตัวแปร 3 ตัวที่มีผลต่อความพรุนของกระถางต้นไม้คือ อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร ปริมาณของแป้งมันสำปะหลังแป้งสาลี และเวลาในการขึ้นรูป โดยแต่ละตัวแปรนั้นมี 4 ค่าดังนั้นจะต้องทำการทดลองถึง 64 ครั้ง ซึ่งแต่ละการทดลองนั้นใช้เวลานานมาก ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์มาช่วยลดจำนวนครั้งการทดลองให้คงเหลือการทดลองเพียง 16 ครั้ง และเนื่องจากมีตัวแปร 3 ตัว ในการทดลองซึ่งสามารถจัดแผนการทดลองดังกล่าวได้โดยแต่ละแถวแนวนอนหรือแต่ละแถวแนวตั้งเป็นตารางที่สมบูรณ์ ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 3.1 โดยวิธีการวิเคราะห์แบบนี้สามารถดึงความแตกต่างเนื่องจากแถวแนวนอนและแถวแนวตั้งออกจากความคลาดเคลื่อนได้ โดยวิธีการทดลองแบ่งออกได้เป็นดังนี้

ตอนที่ 1 การออกแบบตารางลาตินสแควร์

- ศึกษาผลของอัตราส่วนของฟางข้าวต่อผักตบชวาต่อขี้เลื่อยในการขึ้นรูปกระถาง เป็น 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1, และ 2:1:1
- ศึกษาผลของอัตราส่วนของตัวประสานในการขึ้นรูปกระถางคือแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลีเป็น 1:1, 2:1, 3:1 และ 1:2
- ศึกษาผลของเวลาในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ 10, 15, 20 และ 25 วินาที

ตารางที่ 3.1 ภาวะการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิก โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

อัตราส่วน	เวลาในการขึ้นรูปกระถาง (วินาที)			
ฟางข้าว: ผักตบชวา:	อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง : แป้งสาลี			
ขี้เลื่อย	1:1	2 :1	3:1	1:2
1:1:1	A1	A2	A3	A4
1:1:2	A5	A6	A7	A8
1:2:1	A9	A10	A11	A12
2:1:1	A13	A14	A15	A16

โดย A1, A6, A11, A16 = เวลา 15 วินาที

A4, A5, A10, A15 = เวลา 20 วินาที

A3, A8, A9, A14 = เวลา 25 วินาที

A2, A7, A12, A13 = เวลา 10 วินาที

3.3 การทดลองผสมอัตราส่วนและขึ้นรูปกระถางต้นไม้ จากตารางลาตินสแควร์

3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร

(1) นำวัชพืชคือผักตบชวามาตากให้แห้ง

(2) นำฟางข้าวและผักตบชวามาตัดให้มีความยาวประมาณ 1-2 cm นำมาลดขนาดด้วยเครื่อง Cutting Machine โดยใช้ตะแกรงเบอร์ 2 ได้ฟางข้าวและผักตบชวาบด ดังรูปที่ 3.1 (ก), (ข)

(3) นำขี้เลื่อยมาร่อนเพื่อเอาเศษวัสดุที่ติดมาด้วยออกจนหมดโดยใช้ตะแกรงร่อนจะได้ขี้เลื่อยดังรูปที่ 3.1(ค)

(4) นำวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรคือ ฟางข้าว ขี้เลื่อย และวัชพืชคือผักตบชวามาผสมกันตามอัตราส่วนต่างๆ ตามตารางการทดลองแบบลาตินสแควร์โดยมีน้ำหนักรวม 110 g

3.3.2 ขั้นตอนการหาขนาดอนุภาคของวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรและวัชพืชน้ำ

(1) นำวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรและวัชพืชน้ำมาชั่งอย่างละ 100 g

(2) นำมาคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดโดยใช้ตะแกรงแยกซึ่งมีขนาดของรูตะแกรงตั้งแต่ 0.246 ถึง 2.362 mm

(3) ชั่งน้ำหนักของเศษวัสดุที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละชั้นและนำมาหาอนุภาคเทียบกับน้ำหนัก

3.3.3 ขั้นตอนการเตรียมตัวประสาน

(1) ชั่งแป้งตามอัตราส่วนระหว่างแป้งมันต่อแป้งสาลีเป็น 1:1, 2:1, 3:1 และ 1:2

(2) ผสมแป้งกับน้ำในอัตราส่วน 1:6 โดยน้ำหนัก จนน้ำแป้งกระจายตัวในน้ำ หลังจากนั้นนำน้ำแป้งที่ได้ไปให้ความร้อนพร้อมทั้งกวนน้ำแป้งขณะให้ความร้อนจนน้ำแป้งเปลี่ยนเป็นเจลหลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น

(ก) ฟางข้าว

(ข) ผักตบชวา

(ค) ขี้เลื่อย

รูปที่ 3.1 ลักษณะของวัสดุ ที่ผ่านการเตรียม (ก) ฟางข้าว (ข) ผักตบชวา และ (ค) ขี้เลื่อย

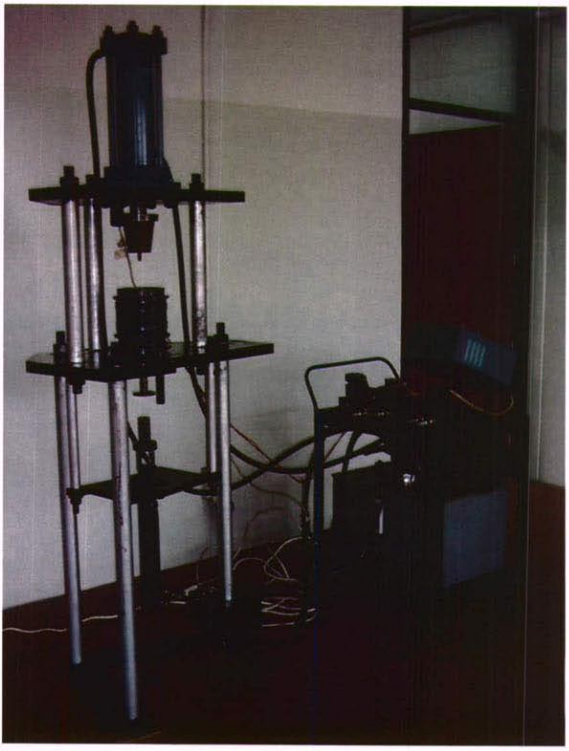
3.3.4 ขั้นตอนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้

(1) นำวัสดุซึ่งเป็นวัตถุดิบที่เตรียมไว้เรียบร้อยแล้วจำนวน 110 g ผสมกับตัวประสาน 390 g

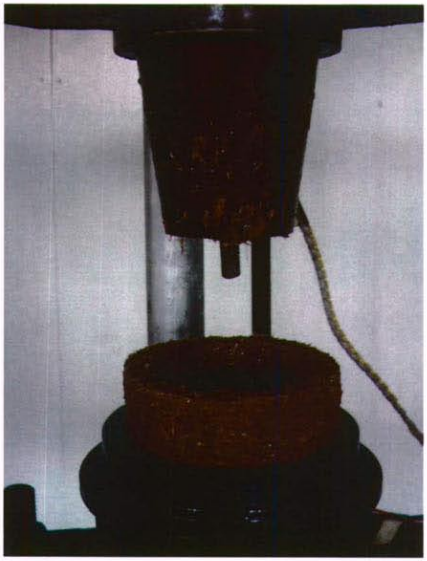
(2) คลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน

(3) นำมาขึ้นรูปกระถางต้นไม้ด้วยเครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิก ดังรูปที่ 3.2 ที่ความดัน 800 psig เป็นเวลา 10, 15, 20 และ 25 วินาที

(4) นำกระถางที่ขึ้นรูปเสร็จเรียบร้อยแล้ว มีลักษณะดังรูปที่ 3.3-3.5 มาผึ่งแดดให้แห้ง หรือนำมาอบที่อุณหภูมิประมาณ 110°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง



รูปที่ 3.2 เครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิก



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้เครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิก

รูปที่ 3.4 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่ดันออกมาจากแม่พิมพ์

รูปที่ 3.5 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่ขึ้นรูปและนำออกจากแม่พิมพ์

3.4 การวัดความพรุน [15]

3.4.1 การหาความหนาแน่นรวม

นำกระถางต้นไม้ที่ตากแห้ง หรืออบเรียบร้อยแล้วมาตัดเป็นชิ้นขนาด 2.54x2.54 cm บันทึกน้ำหนักชิ้นส่วนที่ได้ วัดขนาดชิ้นส่วนเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาตรของชิ้นส่วนกระถาง และคำนวณหาความหนาแน่นรวมของชิ้นส่วนกระถาง จากสมการที่ 1

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

3.4.2 การหาความหนาแน่นของวัสดุ

ชั่งขวดปรับปริมาตรขนาด 50 mL ที่แห้งและสะอาด บันทึกผล (m_1) นำชิ้นตัวอย่างของกระถางต้นไม้ข้างต้นมาบดให้ละเอียดแล้วบรรจุลงในขวดปรับปริมาตร ชั่งน้ำหนักขวดปรับปริมาตรอีกครั้ง บันทึกผล (m_2) เติมน้ำกลั่น 30 mL ลงในขวดปรับ ปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน นำขวดปรับปริมาตรไปอุ่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิพร้อมกับใช้ที่จับหลอดทดลองจับที่คอขวดปรับปริมาตร เพื่อเขย่าในขณะที่ขวดอุ่น เมื่อไอปรากฏให้อุ่นต่อไปอีก 2–3 วินาที หลังจากนั้นนำขวดปรับปริมาตรไปตั้งไว้ที่อ่างน้ำควำบีกเกอร์ขนาด 50 mL ลงที่ปากขวดปรับปริมาตรแล้วปล่อยน้ำเย็นให้ไหลเบา ๆ ลงที่ก้นบีกเกอร์จนกระทั่งขวดปรับปริมาตรเย็นลง เติมน้ำลงในขวดปรับปริมาตรจนถึงขีดบอกความจุใช้ผ้าเช็ดขวดปรับปริมาตรให้แห้งแล้วนำไปชั่งอีกครั้ง บันทึกผล (m_3) เทวัสดุในขวดทิ้งทั้งหมด ล้างขวดให้สะอาดแล้วนำไปคว่ำให้แห้งเติมน้ำกลั่นจากบิวเรตลงในขวดปรับปริมาตร ปริมาตรนี้คือความจุของขวดปรับปริมาตร (V_F)

หาน้ำหนักของวัสดุ (m_s) จากสมการที่ 2

$$m_s = m_2 - m_1 \quad (2)$$

หาปริมาตรของวัสดุ (V_s) จากสมการที่ 3 และ 4

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

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

โดยที่ V_s = ปริมาตรของวัสดุ (cm^3)

V_w = ปริมาตรน้ำที่ถูกแทนที่ด้วยวัสดุ (cm^3)

จากนั้นสามารถคำนวณค่าความหนาแน่นของวัสดุได้ จากสมการที่ 5

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

เมื่อ ρ_s = ความหนาแน่นของวัสดุ (g/cm^3)

m_s = มวลของวัสดุ (g)

V_s = ปริมาตรของวัสดุ (cm^3)

3.4.3 <u>การคำนวณหาความพรุน</u>

การคำนวณความพรุน จากสมการที่ 6

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

เมื่อ ε = ความพรุน

ρ_s = ความหนาแน่นของวัสดุ (g/cm^3)

ρ_b = ความหนาแน่นรวมของกระถางต้นไม้ (g/cm^3)

3.5 การทดลองปลูกต้นไม้

3.5.1 ทำการทดลองปลูกต้นไม้กับกระถางต้นไม้ที่สามารถขึ้นรูปได้ทั้งหมดเพื่อทดสอบการแทงรากและสังเกตลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการเสื่อมทางชีวภาพ โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

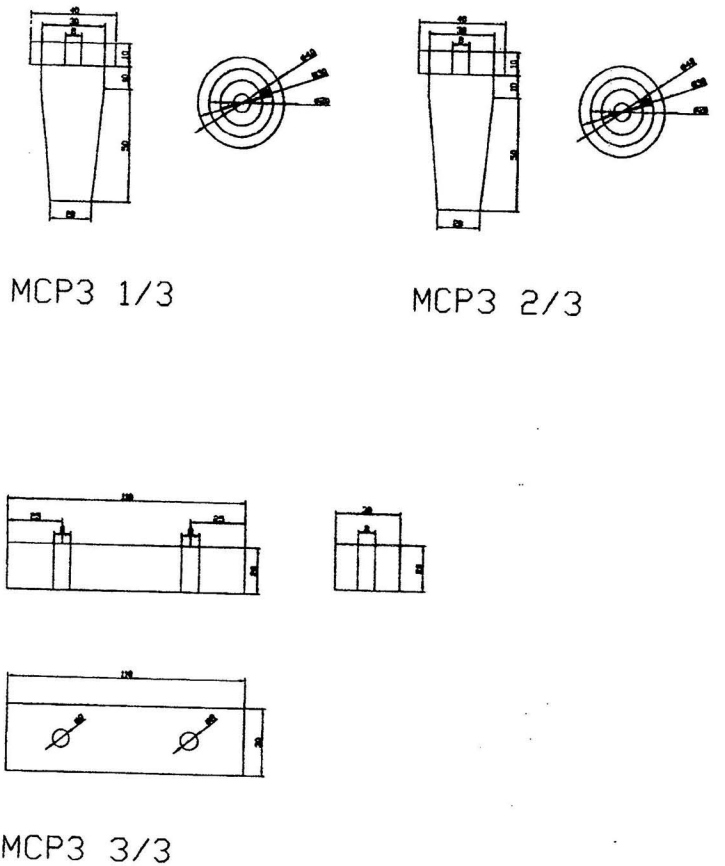
-ชุดที่หนึ่งปลูกต้นหลิวในกระถางต้นไม้บนดิน

-ชุดที่สองปลูกต้นหลิวในกระถางต้นไม้ฝังดิน

3.5.2 รดน้ำวันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 1 ฝักบัวต่อหนึ่งชุด เพื่อเปรียบเทียบการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพโดยถ่ายรูปบันทึกการเปลี่ยนแปลงของกระถางต้นไม้ทั้งสองชุดทุกๆ 4 อาทิตย์

3.6 การทำแม่พิมพ์ขนาดเล็ก

ทำแม่พิมพ์ทรงกรวยขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลางก้นกระถาง 1 in. เพื่อใช้ขึ้นรูปกระถางขนาดเล็กที่เหมาะสำหรับนำไปประดิษฐ์ของชำร่วย เริ่มต้นด้วยการร่างแบบ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แบบแม่พิมพ์ทรงกรวยขนาดเล็ก

3.7 โครงการวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยี

3.7.1 ชื่อโครงการ กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

3.7.2 หลักการและเหตุผล

จากวิสัยทัศน์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ คือ เป็นมหาวิทยาลัยวิชาชีพชั้นนำด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีภารกิจหลักมุ่งเน้นการจัดการศึกษาวิชาชีพและเทคโนโลยีสร้างงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม การบริการทางวิชาการแก่สังคม รวมทั้งทำนุบำรุงศาสนา วัฒนธรรม และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เพื่อเพิ่มขีดความสามารถการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การขจัดความยากจน การแข่งขันสู่การพัฒนาเศรษฐกิจ และคุณภาพชีวิตที่ดีของสังคม ดังนั้นการดำเนินการวิจัยโดยให้ชุมชนได้มีโอกาสรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี จึงเป็นการดำเนินการตามภารกิจของมหาวิทยาลัยด้านงานวิจัยและสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ของแผนการบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ.2548-2551 ด้านยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ยุทธศาสตร์การขจัดความยากจน เพราะชุมชนได้มีโอกาสรับเทคโนโลยีความรู้จากนักวิจัย สามารถนำไปประกอบอาชีพหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน สามารถแก้ไขปัญหาความยากจนได้อีกทางหนึ่ง

3.7.3 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมจากชุมชนได้ศึกษาการผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร

(2) เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมได้มีโอกาสปฏิบัติงานจริงและซักถามข้อสงสัยจากวิทยากร

3.7.4 ผู้เข้าร่วมโครงการ

4.1 ผศ. ดร. มาริสา จินะดิษฐ์ ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

4.2 ดร. ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ 7

4.3 ผศ. ดร. วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

4.4 ดร. ไชยยันต์ ไชยยะ ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ 6

4.5 นางสาวฉันทมณี วังสะจันทานนท์ ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ 5

4.6 ผู้ช่วยนักวิจัย จำนวน 2 คน

4.7 ผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี จากอำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง จำนวน 30 คน

3.7.5 ระยะเวลาดำเนินการ

1 ตุลาคม 2548 - กรกฎาคม 2549

โดยถ่ายทอดเทคโนโลยีวันพฤหัสบดีที่ 1 มิถุนายน 2549

3.7.6 สถานที่ดำเนินการ

(1) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

(2) อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง

3.7.7 งบประมาณดำเนินการ

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานโครงการฯ เบิกจ่ายจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2548 ในโครงการวิจัย เรื่อง "กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร" เป็นจำนวนเงิน 4,000.- บาท (สี่พันบาทถ้วน)

(1) หมวดค่าตอบแทน	- บาท
(2) หมวดค่าใช้สอย	4,000.- บาท
(2.1) ค่าจ้างบดเศษวัสดุ	2,000.- บาท
(2.2) ค่าจ้างพิมพ์รายงาน + ค่าถ่ายเอกสาร	1,000.- บาท
(2.3) ค่าติดต่อสื่อสาร	500.- บาท
(2.4) ค่าฟิล์มและล้างอัดรูป	500.- บาท
รวมเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น	4,000.- บาท

หมายเหตุ ขอถัวเฉลี่ยค่าใช้จ่ายทุกหมวดทุกรายการ

3.7.8 เป้าหมายการดำเนินงาน

ตัวชี้วัด	หน่วยนับ	ปี 2549
ตัวชี้วัด : ผู้รับการถ่ายทอด	คน	30

(1) เป้าหมายเชิงคุณภาพ ผู้รับการถ่ายทอดมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตกระถางจากวัสดุเหลือทางเกษตร

(2) เป้าหมายเชิงปริมาณ ผู้รับการถ่ายทอดฯ จากอำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง จำนวน 30 คน

3.7.9 แผนการดำเนินงานและระยะเวลาดำเนินการโครงการ

กิจกรรม	ปีงบประมาณ 2549											
	ถ่ายทอดเทคโนโลยี วันที่ 1 มิถุนายน 2549											
	2548			2549								
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. วางแผนดำเนินการ	←	→										
2. ติดต่อประสานงาน ผู้นำชุมชน			←	→								
3. ติดต่อประสานงาน (สถานที่)			←	→								
4. ดำเนินการขออนุมัติโครงการ				←	→							
5. ติดต่อที่พัก และ พาหนะ					←	→						
6. เตรียมวัตถุดิบและอุปกรณ์					←	→						
7. ถ่ายทอดเทคโนโลยี									←	→		
8. ประเมินผล / รายงานผล										←	→	

3.7.10 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

(1) ผู้เข้ารับการอบรมได้รับความรู้เกี่ยวกับการผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร

(2) ผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำงานต่อไป

(3) ผู้เข้ารับการอบรมได้ทดลองปฏิบัติจริง ทำให้กระตุ้นความคิดต่างๆ และได้แนวทางในการทำผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป

3.7.11 การประเมินโครงการ

แจกแบบสอบถามผู้รับการถ่ายทอด รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย โดยประเมินผลตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

โครงการวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยี

วันที่ 31 พฤษภาคม - 1 มิถุนายน พ.ศ. 2549

อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง

ตารางที่ 3.2 ตารางเวลาถ่ายทอดเทคโนโลยี

<table>
<tr><td rowspan="2">เวลา
วัน</td><td colspan="4" rowspan="2">9.00 – 12.00 น.</td><td rowspan="5">พักรับประทานอาหารกลางวัน</td><td>13.00 – 15.30 น.</td><td>15.30 – 18.00 น.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">เดินทางจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ</td><td rowspan="2">จัดเตรียมงาน
และสถานที่</td></tr>
<tr><td>พุธที่
31 พฤษภาคม 2549</td><td colspan="4">จัดเตรียมอุปกรณ์และวัสดุ</td></tr>
<tr><td></td><td>8.00 – 8.30 น.</td><td>8.30- 9.00 น.</td><td>9.00 – 10.45 น.</td><td>11.00 – 12.00 น.</td><td>13.00 – 16.00 น.</td><td>16.00 – 18.30 น.</td></tr>
<tr><td>พฤหัสบดีที่
1 มิถุนายน 2549</td><td>ลงทะเบียน</td><td>พิธีเปิด โดย
ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิจัย
และฝึกอบรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลกรุงเทพ
วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ</td><td>การผลิตกระถาง
ต้นไม้จากวัสดุเหลือ
ใช้ทางเกษตร</td><td>การเตรียม
ดินเทียม</td><td>การตกแต่งกระถางต้นไม้ชำร่วย</td><td>เดินทางกลับ
มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราช
มงคลกรุงเทพ</td></tr>
</table>

หมายเหตุ 1. พักรับประทานอาหารว่าง เวลา 10.45 – 11.00 น. และ 14.45 – 15.00 น.

2. ตารางอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม

บทที่ 4

ผลการทำวิจัยและอภิปรายผล

ขึ้นรูปกระถางต้นไม้จากเศษวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรที่อัตราส่วนของวัสดุต่างๆ คือ ฟางข้าว ต่อ ผักตบชวา ต่อ ขี้เลื่อย เป็น 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1, และ 2:1:1 ตัวประสานที่ใช้ คือ แป้งมันสำปะหลัง และแป้งสาลีโดยมีอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 1:1, 1:2, 1:3 และ 2:1 โดยขึ้นรูปกระถางที่ความดัน 800 psig เป็นเวลา 10, 15, 20, 25 วินาที บทนี้จะกล่าวถึง ตัวแปรที่มีผลต่อค่าความพรุนของกระถางต้นไม้และการขึ้นรูปของกระถางต้นไม้ โดยกำหนดเงื่อนไขของการทดลองเป็นแบบตารางลาตินสแควร์ ผลการคำนวณทางสถิติ อิทธิพลของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี อิทธิพลของเวลาโดยกำหนดตัวแปรอื่นคงที่ และการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ แม่พิมพ์ขนาดเล็ก และผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี

4.1 ตัวแปรที่มีผลต่อความพรุนของกระถางต้นไม้และการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ โดยกำหนดเงื่อนไขของการทดลองเป็นแบบตารางลาตินสแควร์

ทำการทดลองขึ้นรูปกระถางต้นไม้ ซึ่งตัวประสานที่ใช้คือ แป้งมันสำปะหลังและแป้งสาลี โดยกำหนดให้อัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลีเป็น 1:1, 1:2, 1:3 และ 2:1 โดยใช้อัตราส่วนผสมของวัสดุทั้งหมด 110 g และอัตราส่วนของปริมาณตัวประสานทั้งหมดต่อน้ำเป็น 1:6 โดยกำหนดเงื่อนไขของการทดลองเป็นแบบตารางลาตินสแควร์ เพื่อใช้ในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ภาวะต่างๆ

อัตราส่วนของ ฟางข้าว : ผักตบชวา : ขี้เลื่อย	ผลการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง : แป้งสาลี			
	1:1	2:1	3:1	1:2
1:1:1	□	□	□	□
1:1:2	○	△	○	○
1:2:1	□	□	□	△
2:1:1	○	○	○	□

หมายเหตุ □ คือ ขึ้นรูปได้กระถางเป็นทรงสมบูรณ์

○ คือ ขึ้นรูปไม่ได้เนื่องจากกระถางติดแม่พิมพ์

△ คือ ขึ้นรูปได้แต่นำออกมาจากแม่พิมพ์ไม่ได้เนื่องจากกระถางติดแม่พิมพ์

จากตารางที่ 4.1 ขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยกำหนดเงื่อนไขการทดลองแบบลาตินสแควร์ โดยใช้เครื่องขึ้นรูประบบไฮดรอลิก พบว่าสามารถขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้กระถางต้นไม้ที่มีรูปทรงสมบูรณ์ทั้งหมด 8 การทดลอง ซึ่งอัตราส่วนผสมที่ 1:1:1 พบว่าเป็นอัตราส่วนเดียวที่สามารถขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่มีรูปร่างสมบูรณ์ครบทุกการทดลอง ส่วนการทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปกระถางได้มี 8 การทดลอง ทั้งนี้แบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มแรกอัดเป็นกระถางได้แต่ไม่สามารถนำออกมาจากแม่พิมพ์ได้ และ กลุ่มที่สองคืออัดไม่เป็นรูปกระถางและตัวกระถางเละติดอยู่ในแม่พิมพ์ ซึ่งที่อัตราส่วนผสมที่ 1:1:2 พบว่าเป็นอัตราส่วนที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้มากที่สุด และจากการสังเกตพบว่าอัตราส่วนที่ 2:1:1 อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 1:2 สามารถขึ้นรูปกระถางได้เป็นทรงสมบูรณ์เพียงอัตราเดียว

ตารางที่ 4.2 ความพรุนของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ ความดันในการขึ้นรูป 800 psig

อัตราส่วน	ความพรุนของกระถางต้นไม้			
ฟางข้าว: ผักตบชวา:	อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง : แป้งสาลี			
ขี้เลื่อย	1:1	2:1	3:1	1:2
1:1:1	68.89	80.96	86.24	84.06
1:1:2	0.00	0.00	0.00	0.00
1:2:1	87.36	86.16	81.21	0.00
2:1:1	0.00	0.00	0.00	83.05

หมายเหตุ ค่า 0.00 หมายถึง การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้

จากตารางที่ 4.2 พบว่าการทดลอง A9 ที่มีอัตราส่วนของวัสดุ 1:2:1 ปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 1:1 และที่เวลา 25 วินาที เป็นการทดลองที่มีค่าความพรุนของกระถางต้นไม้สูงที่สุด คือ 87.36% ซึ่งจากการสังเกตพบว่าอัตราส่วนผสมนี้ยังเป็นอัตราส่วนที่สามารถทำการทดลองขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้ถึงสามการทดลอง

ตารางที่ 4.3 ความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ

อัตราส่วน	ความแข็งแรงของกระถางต้นไม้(kN)			
ฟางข้าว: ผักตบชวา:	อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง : แป้งสาลี			
ขี้เลื่อย	1:1	2:1	3:1	1:2
1:1:1	0.80	1.30	1.00	0.90
1:1:2	0.00	0.00	0.00	0.00
1:2:1	1.10	0.80	1.20	0.00
2:1:1	0.00	0.00	0.00	1.01

หมายเหตุ ค่า 0.00 หมายถึง การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการทดลอง A2 ที่มีอัตราส่วนของวัสดุ 1:1:1 อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 2:1 เป็นการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของกระถางต้นไม้สูงสุดคือ 1.30 kN ซึ่งจากการสังเกตพบว่าอัตราส่วนผสมนี้ยังเป็นอัตราส่วนที่สามารถทำการทดลองขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้ครบทุกการทดลองอีกด้วย

4.2 ผลการคำนวณทางสถิติ

เมื่อนำกระถางต้นไม้ที่ขึ้นรูปได้ทั้งหมดมาตรวจสอบความพรุนและความแข็งแรง แล้วนำค่าที่ได้นั้นมาวิเคราะห์ทางสถิติและทำการเปรียบหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความพรุน

Sort of variance (SOV)	F	$F_{0.1}$
อัตราส่วนของวัสดุ	4.230*	3.29
อัตราส่วนของแป้ง	0.006	3.29
เวลา	0.756	3.29

จากตารางที่ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ซึ่งได้จากการคำนวณ (รายละเอียดการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข) กับค่า $F_{0.1}$ [14] ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90% พบว่าค่า F ของอัตราส่วนของวัสดุมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.1}$ แสดงว่าความแตกต่างของค่าความพรุนเนื่องจากอัตราส่วนของวัสดุมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลีและเวลาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่าอัตราส่วนของวัสดุให้ผลค่าความพรุนที่แตกต่างมากแต่อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลีและเวลาให้ผลค่าความพรุนที่ใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่าอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลีและเวลาไม่มีผลต่อค่าความพรุน ดังนั้นการวิเคราะห์ขั้นต่อไปจะใช้การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ระหว่างอัตราส่วนของวัสดุต่างๆ

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณความแปรปรวนความพรุนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนวัสดุต่างๆ

Sort of variance (SOV)	F	$F_{0.1}$
1:1:1 vs 1:1:2	14.26*	3.18
1:1:1 vs 1:2:1	0.60	3.18
1:1:1 vs 2:1:1	7.82*	3.18
1:1:2 vs 1:2:1	9.03*	3.18
1:1:2 vs 2:1:1	0.96	3.18
1:2:1 vs 2:1:1	4.10*	3.18

จากตารางที่ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ซึ่งได้จากการคำนวณกับค่า $F_{0.1}$ ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90% พบว่าค่า F ของคู่อัตราส่วนของวัสดุที่ 1:1:1vs1:1:2, 1:1:1vs2:1:1, 1:1:2vs1:2:1 และ 1:2:1vs2:1:1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหมายความว่า อัตราส่วนของวัสดุดังกล่าวฯ ให้ผลการทดลองที่มีค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ที่แตกต่างกันมาก

เมื่อเปรียบเทียบผลรวมของความพรุนของอัตราส่วนของวัสดุ 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1 และ 2:1:1 ซึ่งแสดงในตารางเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison (รายละเอียดการคำนวณแสดงในตาราง ข.3-1)

- อัตราส่วน 1:1:2 มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าอัตราส่วน 1:1:1

ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 1:1:2

- อัตราส่วน 2:1:1 มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า อัตราส่วน 1:1:1

ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 2:1:1

- อัตราส่วน 1:1:2 มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า อัตราส่วน 1:2:1

ดังนั้นอัตราส่วน 1:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 1:1:2

- อัตราส่วน 2:1:1 มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า อัตราส่วน 1:2:1

ดังนั้นอัตราส่วน 1:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 2:1:1

จากการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของอัตราส่วนของวัสดุ พบว่าอัตราส่วนของวัสดุ 1:1:1 ให้ค่าเฉลี่ยมากกว่าอัตราส่วนของวัสดุ 1:1:2, 1:2:1 และ 2:1:1 หมายความว่าอัตราส่วนของวัสดุ 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนของกระถางต้นไม้สูงสุด เนื่องจากการทดลองที่อัตราส่วนของวัสดุ 1:2:1 มีการขึ้นรูปการทดลองได้เพียง 3 การทดลองการทดลองที่ A12 ขึ้นรูปไม่ได้ จึงไม่มีค่านำไปคำนวณและจากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยจึงทำให้ค่าเฉลี่ยน้อยทำให้ที่อัตราส่วน 1:1:1 มีค่ามากที่สุด แต่จากการคำนวณหาความพรุนของกระถางต้นไม้ (ตารางที่ 4.2) ที่อัตราส่วนวัสดุ 1:2:1 มีค่าความพรุนสูงสุด เนื่องจากผักตบชวามีขนาดอนุภาคเฉลี่ยใหญ่สุดเท่ากับ 1.62 mm ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของฟางข้าวเท่ากับ 0.82 mm และขนาดอนุภาคเฉลี่ยของขี้เลื่อยเท่ากับ 0.55 mm และอัตราส่วนนี้มีปริมาณน้ำหนักของวัสดุที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ 3 ใน 4 ส่วนคือมีน้ำหนัก 82.5 g และมีน้ำหนักของผักตบชวามากที่สุดคือ 55 g จากขนาดอนุภาคเฉลี่ยของผักตบชวาที่ใหญ่ที่สุดและปริมาณของน้ำหนักที่มากที่สุดจึงทำให้การทดลอง A9 เป็นการทดลองที่มีค่าความพรุนของกระถางต้นไม้สูงที่สุด

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแข็งแรง

Sort of variance (SOV)	F	$F_{0.1}$
อัตราส่วนของวัสดุ	3.70*	3.29
อัตราส่วนของแป้ง	0.03	3.29
เวลา	0.57	3.29

จากตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ซึ่งได้จากการคำนวณ (รายละเอียดการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข) กับค่า $F_{0.1}$ ซึ่งได้จากการเปิดตารางเปอร์เซนต์ไทล์การแจกจงแบบ F ณ ความเชื่อมั่นที่ 90% ดังตารางที่ จ.1 พบว่าค่า F ของอัตราส่วนวัสดุมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.1}$ แสดงว่าความแตกต่างของค่าความแข็งแรงเนื่องจากอัตราส่วนของวัสดุมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลีและเวลาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่าอัตราส่วนวัสดุให้ผลความแข็งแรงที่แตกต่างมากแต่อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี และเวลาให้ผลค่าความแข็งแรงที่ใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่าอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลีและเวลาไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรง ดังนั้นการวิเคราะห์ขั้นต่อไปจะใช้การเปรียบเทียบ Orthogonal comparison ระหว่างอัตรส่วนของวัสดุต่างๆ

ตารางที่ 4.7 ผลการคำนวณความแปรปรวนความแข็งแรงเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนวัสดุต่างๆ

Sort of variance (SOV)	F	$F_{0.1}$
1:1:1 vs 1:1:2	13.13*	3.18
1:1:1 vs 1:2:1	0.67	3.18
1:1:1 vs 2:1:1	7.47*	3.18
1:1:2 vs 1:2:1	8.00*	3.18
1:1:2 vs 2:1:1	0.87	3.18
1:2:1 vs 2:1:1	3.67*	3.18

จากตารางที่ 4.7 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ซึ่งได้จากการคำนวณกับค่า $F_{0.1}$ ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90% พบว่าค่า F ของคู่อัตราส่วนของวัสดุที่ 1:1:1vs1:1:2, 1:1:1vs2:1:1, 1:1:2vs1:2:1 และ 1:2:1vs2:1:1 มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติหมายความว่า อัตราส่วนของวัสดุดังกล่าวฯ ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ที่แตกต่างกันมาก

เมื่อเปรียบเทียบผลรวมของความแข็งแรงของอัตราส่วนของวัสดุ 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1 และ 2:1:1 ซึ่งแสดงในตารางเปรียบเทียบ Orthogonal comparison

- อัตราส่วน 1:1:2 มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า อัตราส่วน 1:1:1

ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 1:1:2

- อัตราส่วน 2:1:1 มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า อัตราส่วน 1:1:1

ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 2:1:1

- อัตราส่วน 1:1:2 มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า อัตราส่วน 1:2:1

ดังนั้นอัตราส่วน 1:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 1:1:2

- อัตราส่วน 2:1:1 มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า อัตราส่วน 1:2:1

ดังนั้นอัตราส่วน 1:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ ดีกว่า อัตราส่วน 2:1:1

จากการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของอัตราส่วนวัสดุ พบว่าอัตราส่วน 1:1:1 ให้ค่าเฉลี่ยมากกว่าอัตราส่วนของวัสดุ 1:1:2, 1:2:1 และ 2:1:1 หมายความว่าอัตราส่วนของวัสดุ 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของกระถางต้นไม้สูงสุด เนื่องจากอัตราส่วนนี้มีน้ำหนักของวัสดุที่มีขนาดอนุภาคขนาดใหญ่น้อยกว่าที่อัตราส่วน 1:2:1 และ 2:1:1 จึงทำให้อัตราส่วนมีค่าแข็งแรงมากที่สุด

4.3 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้

การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ที่ขึ้นรูปได้ทั้งหมด 8 การทดลอง ทำการศึกษาทั้งด้านข้างและด้านล่างโดยใช้เครื่อง Stereomicroscope พบว่าวัสดุยึดเกาะกันได้ดีมีความละเอียดหยาบต่างกัน ทำให้กระถางต้นไม้ที่ได้มีความพรุนต่างกันและพบว่าไม่พบรอยแตกร้าวของกระถางต้นไม้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของวัสดุต่างๆ พบว่าตัวอย่างกระถางที่มีความพรุนมากมีลักษณะเส้นใยหยาบมีรูระหว่างเส้นใยขนาดใหญ่ ส่วนกระถางที่มีความพรุนน้อยมีลักษณะเส้นใยละเอียดมีรูระหว่างเส้นใยขนาดเล็ก เช่น กระถางต้นไม้ที่ได้จากอัตราส่วนของฟางข้าว: ผักตบชวา:ขี้เลื่อย 1:2:1 มีอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลีเป็น 1:1 ซึ่งเป็นรูปที่มีค่าความพรุนมากที่สุดและมีความพรุนน้อยสุดคือ A9 และ A1 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2

(ก) ด้านข้าง

(ข) ด้านล่าง

รูปที่ 4.1 โครงสร้างทางจุลภาคกระถางต้นไม้ของการทดลอง A9 ที่อัตราส่วนของวัสดุ 1:2:1 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

(ก) ด้านข้าง

(ข) ด้านล่าง

รูปที่ 4.2 โครงสร้างทางจุลภาคกระถางต้นไม้ของการทดลอง A1 ที่อัตราส่วนของวัสดุ 1:1:1 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

หมายเหตุ รูปลักษณะการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลองอื่นแสดงในภาคผนวก ค

4.4 ผลการทดลองปลูกต้นไม้

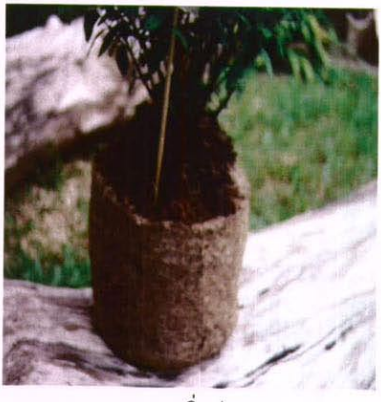
จากการทดลองปลูกต้นไม้เพื่อเปรียบเทียบการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้ ชุดที่หนึ่งและชุดที่สองเป็นเวลา 2 เดือน โดยสังเกตลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้และถ่ายรูปทุกๆ 4 สัปดาห์ พบว่ากระถางต้นไม้มีลักษณะของการเสื่อมทางชีวภาพและเกิดการแทงรากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์ และเกิดการแทงรากมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 8 สัปดาห์ ซึ่งกระถางชุดที่สองจะแสดงลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากมากกว่าและมีการเสื่อมทางชีวภาพได้มากกว่าชุดที่หนึ่ง

4.4.1 <u>ลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้ ชุดที่หนึ่ง</u>

การทดลองปลูกต้นไม้เพื่อเปรียบเทียบการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้ ที่ปลูกไว้บนดิน โดยการสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้ พบว่าที่การทดลองกระถางต้นไม้ของการทดลอง A1 มีลักษณะคงรูปกระถางได้นานกว่าและมีการแทงรากได้น้อยกว่าการทดลองที่ A9 เนื่องจาก A9 มีความพรุนเท่ากับ 87.36 ซึ่งมากกว่าการทดลอง A1 ซึ่งมีความพรุนเท่ากับ 68.89 ดังแสดงดังรูปที่ 4.3 และ 4.4

(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

รูปที่ 4.3 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A1 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์



(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

รูปที่ 4.4 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A9 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

4.4.2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้ ชุดที่สอง

การทดลองปลูกต้นไม้เพื่อเปรียบเทียบการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้ ที่ปลูกไว้ในดิน โดยการสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง พบว่ารูปทรงของกระถางต้นไม้จากการทดลอง A1 และ A9 ในเวลา 4 สัปดาห์ กระถางต้นไม้เสื่อมทางชีวภาพหมดแต่การทดลอง A9 จะมีการแทงรากมากกว่าการทดลอง A1 เนื่องจากกระถางต้นไม้จากการทดลอง A9 นั้นมีความพรุนเท่ากับ 87.36 ซึ่งมากกว่าการทดลอง A1 ซึ่งมีความพรุนเท่ากับ 68.89

(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

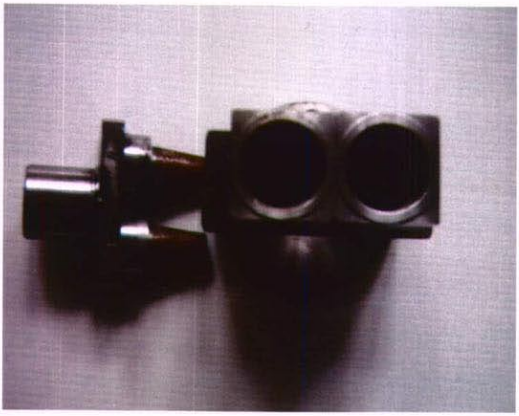
รูปที่ 4.5 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A1 (ก) เริ่มปลูก และ (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

รูปที่ 4.6 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A9 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

4.5 แม่พิมพ์ขนาดเล็ก

งานวิจัยนี้พัฒนาเครื่องขึ้นรูปกระถางระบบไฮดรอลิกโดยทำแม่พิมพ์แบบใหม่ ได้แม่พิมพ์ตามรูปที่ 4.7 นำมาติดตั้งเข้ากับเครื่องขึ้นรูปและทำการทดลองขึ้นรูปกระถางได้กระถางตามรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 ลักษณะของแม่พิมพ์ทรงกรวยขนาดเล็ก

รูปที่ 4.8 ลักษณะของกระถางต้นไม้จากแม่พิมพ์ทรงกรวยขนาดเล็ก

4.6 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี

งานวิจัยนี้จัดอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี โครงการกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ณ อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง ในวันที่ 1 มิถุนายน 2549 มีภาพผลการจัดอบรมดังรูปที่ 4.9-4.13

รูปที่ 4.9 บรรยากาศหน้างานถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระถาง ณ อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง

รูปที่ 4.10 วิทยากรบรรยายการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิก จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรก่อนลงมือปฏิบัติ

รูปที่ 4.11 ผู้เข้าอบรมลงมือคลุกวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรให้เข้ากันก่อนขึ้นรูป

รูปที่ 4.12 ผู้เข้าอบรมขึ้นรูปกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิก

รูปที่ 4.13 กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรผลิตได้

4.7 ผลการประเมินโครงการ

ผลการประเมินโครงการโครงการกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ณ อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง วันที่ 1 มิถุนายน 2549 จากแบบประเมินผู้เข้าอบรม แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่1

ข้อมูลทั่วไปของผู้ร่วมโครงการ

1. เพศ		จำนวน (คน)	%
ชาย		1	5.00
หญิง		19	95.00
	รวม	**20**	**100.00**

2. อายุ		จำนวน (คน)	%
ต่ำกว่า 25 ปี		0	0.00
25 – 35 ปี		0	0.00
35 – 45 ปี		8	40.00
45 – 55 ปี		5	25.00
มากกว่า 55 ปี		7	35.00
	รวม	**20**	**100.00**

3. อาชีพ	จำนวน (คน)	%
รับราชการ / พนักงานรัฐวิสาหกิจ	0	0.00
เจ้าของกิจการ	5	25.00
ลูกจ้าง	11	55.00
อื่นๆ	4	20.00
รวม	**20**	**100.00**

ตอนที่ 2

ความคิดเห็นการจัดการอบรม

	หัวข้อการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	SD	ระดับความคิดเห็น
1	การลงทะเบียนสะดวก เหมาะสม	4.55	0.60	มากที่สุด
2	การเผยแพร่ การแจ้งข้อมูลข่าวสารทั่วถึง	4.20	0.70	มาก
3	สถานที่ฝึกอบรมเหมาะสม	4.30	0.57	มาก
4	เครื่องมือ อุปกรณ์ เพียงพอ ครบครัน	4.15	0.81	มาก
5	ระยะเวลาเพียงพอ และเหมาะสม (1วัน)	4.00	0.79	มาก
6	การบรรยายและสาธิตเข้าใจง่าย	4.56	0.62	มากที่สุด
7	มีสื่อ อุปกรณ์ ปนะกอบการบรรยายเหมาะสม	4.55	0.60	มากที่สุด
	สรุปทุกด้าน	4.33	0.67	มาก

ตอนที่ 3

ผลสัมฤทธิ์ของการจัดการอบรม

1. ผู้เข้าอบรมมีความรู้ด้านการผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ต่างๆ อยู่ในระดับต่างๆ ดังนี้

	จำนวน(คน)	%
มี	8	40.00
ไม่มี	11	55.00
ไม่ระบุ	1	5.00
รวม	**20**	**100.00**

ชนิดของวัสดุ ที่แนะนำ คือ ใบกระถิน

2. ผู้เข้าอบรมมีความรู้เกี่ยวกับการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรประเภทต่างๆ มาผลิตสิ่งของเครื่องใช้ อยู่ในระดับต่างๆ ดังนี้

	จำนวน(คน)	%
มากที่สุด	2	10.00
มาก	4	20.00
ปานกลาง	5	25.00
น้อย	1	5.00
ไม่มีเลย	7	35.00
ไม่ระบุ	1	5.00
รวม	**20**	**100.00**

3. **ก่อน** การอบรมผู้เข้าอบรมมีความรู้เกี่ยวกับการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรมาผลิตกระถางต้นไม้ อยู่ในระดับต่างๆ ดังนี้

	จำนวน(คน)	%
มากที่สุด	2	10.00
มาก	0	0.00
ปานกลาง	4	20.00
น้อย	3	15.00
ไม่มีเลย	10	50.00
ไม่ระบุ	1	5.00
รวม	**20**	**100.00**

4. **หลัง** การอบรมผู้เข้าอบรมมีความรู้เกี่ยวกับการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรมาผลิตกระถางต้นไม้ อยู่ในระดับต่างๆ ดังนี้

	จำนวน(คน)	%
มากที่สุด	5	25.00
มาก	5	25.00
ปานกลาง	6	30.00
น้อย	1	5.00
ไม่มีเลย	1	5.00
ไม่ระบุ	2	10.00
รวม	**20**	**100.00**

5. ผู้เข้าอบรมได้รับประโยชน์จากการฝึกอบรมครั้งนี้ อยู่ในระดับต่างๆ ดังนี้

	จำนวน(คน)	%
มากที่สุด	6	30.00
มาก	8	40.00
ปานกลาง	3	15.00
น้อย	2	10.00
ไม่มีเลย	0	0.00
ไม่ระบุ	1	5.00
รวม	**20**	**100.00**

6. ผู้เข้าอบรมสามารถนำเอาความรู้ที่ได้รับจากการอบรมไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ อยู่ในระดับต่างๆ ดังนี้

	จำนวน(คน)	%
มากที่สุด	5	25.00
มาก	6	30.00
ปานกลาง	8	40.00
น้อย	0	0.00
ไม่มีเลย	0	0.00
ไม่ระบุ	1	5.00
รวม	**20**	**100.00**

7. ความต้องการให้มีการจัดอบรมลักษณะแบบนี้อีก อยู่ในระดับต่างๆ ดังนี้

	จำนวน(คน)	%
ต้องการ	19	95.00
ไม่ต้องการ	0	0.00
ไม่ระบุ	1	5.00
รวม	**20**	**100.00**

บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อความพรุนและความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ได้แก่ อัตราส่วนของวัสดุ อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี และเวลาในการขึ้นรูปกระถางโดยการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ และนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมายในโครงการวิจัยถ่ายทอดเทคโนโลยี

5.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยศึกษาตัวแปร 3 ตัวคือ อัตราส่วนวัสดุระหว่างฟางข้าวต่อผักตบชวาต่อขี้เลื่อย ชนิดของตัวประสานที่ใช้คือ ปริมาณแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี และเวลาในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ คือ อัตราส่วนวัสดุระหว่างฟางข้าวต่อผักตบชวาต่อขี้เลื่อย เป็น 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1 และ 2:1:1 ตัวประสานที่ใช้คือปริมาณของแป้งสำปะหลังต่อ แป้งสาลี เป็น 1:1, 1:2, 3:1 และ 2:1 และเวลาในการขึ้นรูปกระถางคือ 10, 15, 20 และ 25 วินาที โดยทำการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ด้วยเครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิกที่ความดัน 800 psig โดยกำหนดเงื่อนไขการทดลองเป็นแบบลาตินสแควร์

จากการวิเคราะห์ทางสถิติผลการทดลองจากตารางลาตินสแควร์สามารถหาความแปรปรวนของความพรุนและความแข็งแรงของกระถาง จะได้ค่า F ของอัตราส่วนของวัสดุมีค่ามากกว่า $F_{0.1}$ แต่อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลีและเวลามีค่าน้อยกว่า $F_{0.1}$ เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่าอัตราส่วนของวัสดุเท่านั้นที่ทำให้กระถางต้นไม้ที่ได้มีความพรุนและความแข็งแรงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงนำค่าของอัตราส่วนมาทำการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ซึ่งความพรุนของกระถางต้นไม้ที่มากที่สุด คือ อัตราส่วนระหว่างฟางข้าวต่อผักตบชวาต่อขี้เลื่อยเท่ากับ 1:2:1 และความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ที่มากที่สุด คือ อัตราส่วนระหว่างฟางข้าวต่อผักตบชวาต่อขี้เลื่อยเท่ากับ 1:1:1 และเมื่อทำการทดลองปลูกต้นไม้เพื่อทดสอบการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้ พบว่าต้นไม้มีการแทงรากในสัปดาห์ที่ 4 โดยเฉพาะกระถางที่มีความพรุนมากจะมีการแทงรากได้ดี และกระถางต้นไม้ชุดที่สองซึ่งเป็นชุดที่ฝังดินนั้นมีการแทงรากได้ดีกว่าชุดที่หนึ่งซึ่งเป็นชุดที่อยู่บนดิน ส่วนการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้ชุดที่สองนั้นมีการเสื่อมทางชีวภาพในดินได้เร็วกว่าชุดที่หนึ่งเช่นเดียวกัน

นำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ให้แก่ชุมชน ณ อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง พบว่า เข้ารับการอบรมส่วนใหญ่ร้อยละ 95 เป็นหญิง และส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 36-55 ปี มีความพึงพอใจต่อการจัดการอบรมในทุกด้านอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$= 4.33, SD = 0.67) มีผลสัมฤทธิ์ของการจัดการอบรม คือ ผู้เข้าอบรมมีความเดิมรู้เกี่ยวกับการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรประเภทต่างๆ มาผลิตสิ่งของเครื่องใช้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับไม่มีเลยร้อยละ 35 รองลงมาระดับปานกลางร้อยละ 25

ก่อนการอบรมผู้เข้าอบรมมีความรู้เกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้จากวัสดุทางเกษตรมาผลิตกระถางต้นไม้ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับไม่มีเลยร้อยละ 50 ปานกลางร้อยละ 20 และน้อยร้อยละ 15

หลังการอบรมพบว่าผู้เข้าอบรมมีความรู้เพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง 30 รองลงมาระดับมากที่สุดและมากร้อยละ 25 ได้รับประโยชน์จากการเข้าอบรมส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 40 รองลงมาระดับมากที่สุดร้อยละ 30 สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 40 รองลงมาระดับมากร้อยละ 30 และมากที่สุดร้อยละ 25 และมีความต้องการให้มีการจัดฝึกอบรมในลักษณะนี้อีกร้อยละ 95

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ศึกษาตัวประสานชนิดอื่นๆ ที่มีผลต่อความพรุนและความแข็งแรงของกระถางต้นไม้

5.2.2 ศึกษาวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรชนิดอื่นที่มีผลต่อความพรุนและความแข็งแรงของกระถางต้นไม้

5.2.3 การจัดอบรมในครั้งนี้ได้ประโยชน์มาก ควรมีการจัดปีละ 1 ครั้ง เพื่อเป็นการพัฒนาความรู้ความสามารถ

เอกสารอ้างอิง

1. สุทัศน์ ยกล้าน, 2545, **ผักตบชวาพืชไร้พรมแดน**, ปีที่15, ฉบับที่170, หน้า 170-171.
2. สินชัย เมธาอวิรุทธิ์ดี, 2545, **การวิเคราะห์โครเมียมปริมาณน้อยโดยเทคนิคโพลิอินเจคชันอะนาลิซิสร่วมกับการเพิ่มความเข้มข้นแบบอินไลน์โดยใช้ผักชวา**, ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, หน้า 3-7.
3. บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ นิมิต ยงสกุล, 2546, **การประยุกต์ใช้เส้นผักตบชวาเสริมใยแผ่นหลังคา**,วิศวกรรมสาร ม.ข., ปีที่ 21, ฉบับที่ 1, หน้า 92.
4. วิทยา วงศ์จันทร์ และ ศุภชัย สวนทอง, 2545, **การสร้างถังหมักและการผลิตเอทนอลจากฟางข้าว**, ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิชเทคโนโลยีเคมี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, หน้า 8-13.
5. อรพิน ภูมิภมร, 2533, **ผลิตภัณฑ์จากแป้ง**, กรุงเทพฯ, หน้า 8.
6. George T. Austin, 1984, **Shreve's Chemical Process Industries**, 5th ed., McGraw-Hill, Singapore, p. 567.
7. อรพิณ ภูมิภมร, 2533, **คาร์โบไฮเดรตในอาหาร**, กรุงเทพฯ, หน้า 17-78.
8. ศิริลักษณ์ สนธวาลัย, 2522, **ทฤษฎีอาหาร**, กรุงเทพฯ, หน้า 40-56.
9. จินธนา แจ่มเมฆ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, อาจารย์ ดร., 2523, **เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น**, ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 23-33.
10. นพพร นันทมนตรี และอนุรักษ์ ภูติธีรกุล, 2545, **การผลิตเอทานอลจากแป้งมันสำปะหลังโดยวิธีการหมัก**, ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, หน้า 9.
11. Robert O. Kuehl, 1998, **"Statistic Principles of Research Design and Analysis"**, Design of Experimental, pp. 275-298.
12. สุรวิทย์ กองสาสนะ, 2523, **ความน่าจะเป็นและสถิติ**, กรุงเทพฯ, หน้า 386-389.
13. กิตติชัย พรหมเจริญ ธวัชชัย ลิ้มยุ่นทรง มีโชค เปี่ยมโนรี และเสกสรร ชินพีระเสถียร และ 2545, **เครื่องอัดกระถางต้นไม้ด้วยระบบไฮดรอลิกส์**, ปริญญานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องกล, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

14. ธิดารัตน์ มานิตย์ และ อุษาวดี ไม้คง, 2546, **การผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร** ,ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

15. ชานนท์ สุปัญญา และ สุนทรี ทนุวงษ์, 2547, **การผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรด้วยเครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิกส์**, ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

16. กัลยา วานิชย์บัญชา, ดร., 2544, **การวิเคราะห์สถิติ : สถิติเพื่อการตัดสินใจ**, กรุงเทพฯ, หน้า 524-2.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลองหาความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นของวัสดุ และขนาดอนุภาค

ตารางที่ ก.1 ปริมาตรชิ้นส่วนของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่างๆ สำหรับคำนวณความหนาแน่น

การทดลองที่	ความกว้าง (cm)	ความยาว (cm)	ความสูง (cm)	น้ำหนัก (m_b, g)	ปริมาตรชิ้นส่วน (V_b, cm^3)
A1	2.54	2.54	1.40	3.54	9.03
A2	2.54	2.54	1.30	3.00	8.39
A3	2.54	2.54	1.40	4.16	9.03
A4	2.54	2.54	1.40	3.01	9.03
A5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A9	2.54	2.54	1.40	3.97	9.03
A10	2.54	2.54	1.50	2.89	9.68
A11	2.54	2.54	1.30	3.26	8.39
A12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A16	2.54	2.54	1.40	2.86	9.03

หมายเหตุ ค่า 0.00 หมายถึง การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลสำหรับคำนวณความหนาแน่นของวัสดุของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่างๆ

การทดลองที่	ปริมาตรของขวดปรับปริมาตร (mL)	น้ำหนักของขวดปรับปริมาตร (m_1, g)	น้ำหนักของขวดปรับปริมาตร + วัสดุ (m_2)	น้ำหนักของขวดปริมาตร + วัสดุ + น้ำ (m_3, g)
A1	49.50	36.33	39.73	85.97
A2	49.90	34.99	39.23	86.67
A3	49.90	34.09	38.89	84.88
A4	49.60	36.09	39.09	86.03
A5	0.00	0.00	0.00	0.00
A6	0.00	0.00	0.00	0.00
A7	0.00	0.00	0.00	0.00
A8	0.00	0.00	0.00	0.00
A9	49.50	36.33	40.51	85.98
A10	49.90	34.99	38.11	85.98
A11	49.60	36.09	39.51	86.47
A12	0.00	0.00	0.00	0.00
A13	0.00	0.00	0.00	0.00
A14	0.00	0.00	0.00	0.00
A15	0.00	0.00	0.00	0.00
A16	49.90	34.99	38.03	85.48

หมายเหตุ ค่า 0.00 หมายถึง การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้

ตารางที่ ก.3 ความหนาแน่นของวัสดุของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่างๆ

การทดลองที่	น้ำหนักของวัสดุ (m_s, g)	ปริมาตรของวัสดุ (V_s, cm^3)	ความหนาแน่นของวัสดุ (ρ_s, g/cm^3)
A1	3.40	2.70	1.26
A2	4.24	1.88	2.26
A3	3.90	3.35	1.16
A4	3.00	2.09	1.44
A5	0.00	0.00	0.00
A6	0.00	0.00	0.00
A7	0.00	0.00	0.00
A8	0.00	0.00	0.00
A9	4.18	3.48	1.20
A10	3.12	2.16	1.44
A11	3.42	2.07	1.65
A12	0.00	0.00	0.00
A13	0.00	0.00	0.00
A14	0.00	0.00	0.00
A15	0.00	0.00	0.00
A16	3.04	1.87	1.63

หมายเหตุ ค่า 0.00 หมายถึง การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้

ตารางที่ ก.4 ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นของวัสดุและค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่างๆ

การทดลองที่	ความหนาแน่นรวม (ρ_b, g/cm^3)	ความหนาแน่นของวัสดุ (ρ_s, g/cm^3)	ความพรุน (ε)
A1	0.392	1.26	68.89
A2	0.358	2.26	80.96
A3	0.461	1.16	86.24
A4	0.333	1.44	84.06
A5	0.000	0.00	0.00
A6	0.000	0.00	0.00
A7	0.000	0.00	0.00
A8	0.000	0.00	0.00
A9	0.440	0.00	0.00
A10	0.299	0.00	0.00
A11	0.389	1.65	81.21
A12	0.000	0.00	0.00
A13	0.000	0.00	0.00
A14	0.000	0.00	0.00
A15	0.000	0.00	0.00
A16	0.317	1.63	83.05

หมายเหตุ ค่า 0.00 หมายถึง การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้

ตารางที่ ก.5 การหาอนุภาคเฉลี่ยโดยน้ำหนักของขี้เลื่อย โดยใช้ขี้เลื่อย 100 g

Mesh No.	ขนาดรูตะแกรง (μm)	น้ำหนักขี้เลื่อย (W) (g)	ขนาดรูเฉลี่ย (μm)	X_i	X_iD_{pi} (μm)
8	2362	0.00	-	-	-
10	1651	0.70	2007	0.007	14.05
16	991	3.30	1321	0.033	43.59
20	833	11.90	912	0.119	108.53
25	673	10.50	753	0.105	79.07
30	542	13.40	608	0.134	81.47
40	370	27.40	456	0.274	124.94
60	246	30.00	308	0.300	92.40
ถาดรอง	0	2.80	123	0.028	3.44
	รวม	100			547.49

ตารางที่ ก.6 การหาอนุภาคเฉลี่ยโดยน้ำหนักของฟางข้าว โดยใช้ฟางข้าว 100 g

Mesh No.	ขนาดรูตะแกรง (μm)	น้ำหนักฟางข้าว(W) (g)	ขนาดรูเฉลี่ย (μm)	X_i	X_iD_{pi} (μm)
8	2362	0.00	-	-	-
10	1651	9.01	2007	0.090	180.63
16	991	15.02	1321	0.150	198.15
20	833	13.90	912	0.139	126.77
25	673	15.76	753	0.158	118.97
30	542	17.43	608	0.174	105.79
40	370	15.70	456	0.157	71.59
60	246	4.50	308	0.045	13.86
ถาดรอง	0	8.68	123	0.087	10.70
รวม		100.00			823.46

ตารางที่ ก.7 การหาอนุภาคเฉลี่ยโดยน้ำหนักของผักตบชวา โดยใช้ผักตบชวา 100 g

Mesh No.	ขนาดรูตะแกรง (μm)	น้ำหนักผักตบชวา(W) (g)	ขนาดรูเฉลี่ย (μm)	X_i	X_iD_{pi} (μm)
8	2362	0.00	-	-	-
10	1651	73.30	2007	0.733	1471.13
16	991	1.80	1321	0.018	23.78
20	833	2.10	912	0.021	19.15
25	673	6.90	753	0.069	51.96
30	542	2.50	608	0.025	15.20
40	370	4.00	456	0.040	18.24
60	246	5.40	308	0.054	16.63
ถาดรอง	0	4.00	123	0.040	4.92
รวม		100.00			1621.01

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณทางสถิติ

บทนี้กล่าวถึงวิธีการคำนวณทางสถิติ การคำนวณความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นของวัสดุ ความพรุนของกระถางต้นไม้ และความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ตามการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

ข.1 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

เนื่องจากการทดลองนี้มีตัวแปร 3 ตัว ที่น่ามีผลต่อความพรุนและความแข็งแรงแรงของกระถางต้นไม้ คือ อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลีและเวลา โดยแต่ละตัวแปรมี 4 ค่า ดังนั้นจะต้องทำการทดลองถึง 64 ครั้ง ซึ่งแต่ละการทดลองนั้นใช้เวลานานมาก ดังนั้นจึงใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ช่วยลดจำนวนครั้งของการทดลองให้คงเหลือการทดลองเพียง 16 ครั้ง และเนื่องจากมีตัวแปรทั้งหมด 3 ตัว ในการทดลองซึ่งสามารถจัดแผนการทดลองเข้ากับการทดลองดังกล่าวได้ โดยแต่ละแถวแนวนอนหรือแถวแนวตั้งเป็นตารางที่สมบรูณ์ คือ มีทุกเวลา และที่เวลาหนึ่งๆ จะปรากฏการทดลองเพียงครั้งเดียว แสดงได้ดังตารางที่ ข.1 โดยการวิเคราะห์แบบนี้สามารถดึงความแตกต่างเนื่องจากแถวแนวนอนหรือแถวแนวตั้งออกจากความคลาดเคลื่อนได้

ตารางที่ ข.1-1 ภาวะการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ด้วยเครื่องอัดระบบไฮดรอลิก โดยการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

อัตราส่วน ฟางข้าว: ผักตบชวา: ขี้เลื่อย	เวลาในการขึ้นรูปกระถาง อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง : แป้งสาลี			
	1:1	2:1	3:1	1:2
1:1:1	A1	A2	A3	A4
1:1:2	A5	A6	A7	A8
1:2:1	A9	A10	A11	A12
2 :1:1	A13	A14	A15	A16

โดย A1, A6, A11, A16 = เวลา 15 วินาที
A4, A5, A10, A15 = เวลา 20 วินาที
A3, A8, A9, A14 = เวลา 25 วินาที
A2, A7, A12, A13 = เวลา 10 วินาที

ตารางที่ ข.1-2 ความพรุนของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ

อัตราส่วน ฟางข้าว: ผักตบชวา: ขี้เลื่อย	ความพรุนของกระถางต้นไม้ (%) อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง : แป้งสาลี			
	1:1	2 :1	3:1	1:2
1:1:1	68.89	80.96	86.24	84.06
1:1:2	0.00	0.00	0.00	0.00
1:2:1	87.36	86.16	81.21	0.00
2:1:1	0.00	0.00	0.00	83.05

ตารางที่ ข.1-3 ความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ

อัตราส่วน	ความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ (kN)			
ฟางข้าว: ผักตบชวา:	อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง : แป้งสาลี			
ขี้เลื่อย	1:1	2:1	3:1	1:2
1:1:1	0.80	1.30	1.00	0.90
1:1:2	0.00	0.00	0.00	0.00
1:2:1	1.10	0.80	1.20	0.00
2:1:1	0.00	0.00	0.00	1.01

ข.2 การคำนวณความแปรปรวนสำหรับตารางลาตินสแควร์

นำข้อมูลจากตารางที่ ข.1-2 และ ข.1-3 มาคำนวณค่าต่างๆ ดังแสดงผลที่ได้จากการคำนวณในตารางที่ ข.2-1-ข.2-6 ดังนี้

ตารางที่ ข.2-1 ผลรวมในแต่ละคอลัมน์และแถวของความพรุน

(Row i)	(Column j)				Row Total
อัตราส่วน	อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี				
ฟางข้าว: ผักตบชวา: ขี้เลื่อย	1:1	2 :1	3:1	1:2	
1:1:1	68.89	80.96	86.24	84.06	320.15
1:1:2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:2:1	87.36	86.16	81.21	0.00	254.73
2:1:1	0.00	0.00	0.00	83.05	83.05
X_j Column Total	156.25	167.12	167.45	167.11	657.93

ตารางที่ ข.2-2 ผลรวมในแต่ละคอลัมน์และแถวของความแข็งแรง

(Row $_i$)	(Column j)				Row Total
อัตราส่วนผสม	อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี				
ฟางข้าว: ผักตบชวา: ขี้เลื่อย	1:1	2 :1	3:1	1:2	
1:1:1	0.80	1.30	1.00	0.90	4.00
1:1:2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:2:1	1.10	0.80	1.20	0.00	3.10
2:1:1	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01
X_j Column Total	1.90	2.10	2.20	1.91	8.11

ตัวอย่างการคำนวณความพรุน

ผลรวมตาม Column ที่ 1 = 68.89+0.00+87.36+0.00 = 156.25

ผลรวมตาม Row ที่ 1 = 68.89+80.96+86.24+84.06 = 320.15

หมายเหตุ การหาผลรวมของความพรุนและความแข็งแรงของการทดลองอื่นมีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ข.2-1 และ ข.2-2

ตารางที่ ข.2-3 ผลรวมและค่าความพรุนเฉลี่ยของเวลาต่างๆ

	เวลา (วินาที)			
	10	15	20	25
ผลรวมความพรุน $= X_p$	80.96	233.15	170.22	173.6
ความพรุนเฉลี่ย $= \overline{X}_p$	20.24	58.29	42.56	43.4

ตารางที่ ข.2-4 ผลรวมและค่าความแข็งแรงเฉลี่ยของเวลาต่างๆ

	เวลา (วินาที)			
	10	15	20	25
ผลรวมความแข็งแรง $= X_p$	1.30	3.01	1.70	2.10
ความแข็งแรงเฉลี่ย $= \overline{X}_p$	0.33	0.75	0.43	0.53

ตัวอย่างการคำนวณ

ผลรวมความพรุนที่ 10 วินาที = 0+80.96+0+0 = 80.96

ความพรุนเฉลี่ยที่ 10 วินาที = 80.96/4 = 20.24

หมายเหตุ การหาผลรวมและความพรุนและความแข็งแรงเฉลี่ยของการทดลองอื่น มีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ข.2-3 และ ข.2-4

ตารางที่ ข.2-5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความพรุน

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F	$F_{0.1}$
Row (อัตราส่วน)	3	16515.68	5505.23	4.230*	3.29
Column(อัตราส่วนแป้ง)	3	22.61	7.54	0.006	3.29
เวลา	3	2951.82	983.94	0.760	3.29
Error	6	7806.86	1301.14		
รวม	15	27296.97	7797.85		

ตารางที่ ข.2-6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแข็งแรง

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F	$F_{0.1}$
อัตราส่วนเศษวัสดุ	3	2.55	0.85	3.70*	3.29
อัตราส่วนแป้ง	3	0.02	0.006	0.03	3.29
เวลา	3	0.40	0.13	0.57	3.29
Error	6	1.37	0.23		
รวม	15	4.34			

จากการวิเคราะห์ทางสถิติตารางลาตินสแควร์ ค่าความแปรปรวนของความพรุนจะได้ค่า F ของอัตราส่วนเศษวัสดุเท่ากับ 4.230 มีค่ามากกว่า $F_{0.1}$ ซึ่งได้จากการเปิดตารางเปอร์เซ็นต์ไทล์การแจกแจงแบบ F ณ ความเชื่อมั่นที่ 90% ดังตารางที่ จ.1 ส่วนความแข็งแรงค่า F ของอัตราส่วนเศษวัสดุเท่ากับ 3.70 มีค่ามากกว่า $F_{0.1}$ ซึ่งเท่ากับ 3.29 $F_{0.1}$ เป็นค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยมี df = 3 (υ_1 = 3) และ df = 6 (υ_2 = 6) แต่อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลีและเวลามีค่าน้อยกว่า $F_{0.1}$ เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่าค่าของอัตราส่วนเศษวัสดุเท่านั้นที่ทำให้กระถางต้นไม้ที่ได้มีความพรุนและความแข็งแรงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจึงนำค่าของอัตราส่วนมาทำการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison

หมายเหตุ

df ของ Row = จำนวน Row -1 = 4-1 = 3

df ของ Column = จำนวน Column -1 = 4-1 = 3

df ของ เวลา = จำนวน เวลา -1 = 4-1 = 3

df ของรวม = (จำนวน Row x จำนวน Column) -1 = (4 x 4) -1 = 3

df ของ Error = df ของรวม – ผลรวมของ df, ของRow, ของ Column และของเวลา

= 15-(3+3+3) = 6

การคำนวณ

1. Correction term (C.T) $= X^2...../ r^2$

$= 657.93^2 / 4^2$

$= 27054.49$

2. Total SS $= \Sigma ij\ X^2\ ij - C.T.$

$= (68.89^2 + 0.00^2 + 87.36^2 + ...) - 27054.49$

$= 54351.46 - 27054.49$

$= 27296.97$

3. Row SS $= \Sigma i\ (X^2 i / r) - C.T.$

$= (320.15^2 + 0.00^2 + 254.73^2 + 83.05^2 +) - 27054.49$

$= 43570.17 - 27054.49$

$= 16515.68$

4. Column SS $= \Sigma j\ (X^2 j / r) - C.T.$

$= ((156.25^2 + 167.12^2 + 167.45^2 + 167.11^2 / 4) - 27057.49)$

$= 22.61$

5. Time SS $= \Sigma p\ (X^2 p / r) - C.T.$

$= ((80.96^2 + 233.15^2 + 170.22^2 + 173.6^2 / 4) - 27054.49)$

$= 2951.82$

6. Error SS = Total SS – Row SS – Column SS – Time SS

= 27296.97– 16515.68– 22.61– 2951.82

= 7806.86

7. Row MS = Row SS / df
= 16515.68 / 3
= 5505.23

8. Column MS = Column SS /df
= 22.61 / 3
= 7.54

9. Time MS = Time SS /df
= 2951.82 / 3
= 983.94

10. Error MS = Error SS /df
= 7806.86 / 6
= 1301.14

11. Row F = Row MS / Error MS
= 5505.23 / 1301.14
= 4.23

12. Column F = Column MS / Error MS
= 7.54 / 1301.14
= 0.006

13. Time F = Time MS / Error MS
= 983.94 / 1301.14
= 0.76

หมายเหตุ การคำนวณความแข็งแรงมีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ข.2-6

ข.3 การเปรียบเทียบความพรุนของกระถางที่อัตราส่วนของวัสดุต่างๆ

การศึกษาอัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรและอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลีที่ให้ความพรุนและความแข็งแรงสูงเมื่อเปรียบเทียบกับที่อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรและอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลีอื่นจะใช้การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ซึ่งหมายถึงการให้ค่าเฉลี่ยใดๆ เกิดขึ้นครั้งเดียวในการเปรียบเทียบครั้งหนึ่งๆ ดังตารางที่ ข. 3-1

ตารางที่ ข.3-1 การคำนวณผลรวมความพรุนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของวัสดุ

อัตราส่วน ฟางข้าว: ผักตบชวา ขี้เลื่อย	อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 1:1	2 :1	3:1	1:2	รวม	เฉลี่ย
1:1:1	68.89	80.96	86.24	84.06	320.15	80.04
1:1:2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:2:1	87.36	86.16	81.21	0.00	254.73	63.68
2:1:1	0.00	0.00	0.00	83.05	83.05	20.76
รวม	156.25	167.12	167.45	167.11	657.53	
เฉลี่ย	39.06	41.78	41.86	41.78		

ตารางที่ ข.3-2 การคำนวณผลรวมความแข็งแรงเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของวัสดุ

อัตราส่วนผสม	อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี				รวม	เฉลี่ย
ฟางข้าว: ผักตบชวา ขี้เลื่อย	1:1	2 :1	3:1	1:2		
1:1:1	0.80	1.30	1.00	0.90	4.00	1.00
1:1:2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:2:1	1.10	0.80	1.20	0.00	3.10	0.78
2:1:1	0.00	0.00	0.00	1.01	1.01	0.25
รวม	1.90	2.10	2.20	1.91	8.11	
เฉลี่ย	0.475	0.530	0.550	0.477		

ตัวอย่างการคำนวณ

ผลรวมตาม Column ที่ 1	= 68.89+0.00+87.36+0.00	= 156.25
ผลเฉลี่ยตาม Column ที่ 1	= 156.25 / 4	= 39.06
ผลรวมตาม Row ที่ 1	= 68.89+80.96+86.24+84.06	= 320.15
ผลเฉลี่ยตาม Row ที่ 1	= 320.15 / 4	= 80.04

การศึกษาว่าอัตราส่วนใดที่ให้ผลการทดลองมีความพรุนและความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ได้ดีกว่า การคำนวณเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ ข.3-3

หมายเหตุ การคำนวณความพรุนและความแข็งแรงของการทดลองอื่นมีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ข.3-1 และ ข.3-2

ตารางที่ ข.3-3 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบความพรุนระหว่างอัตราส่วนของวัสดุ

การเปรียบเทียบ	ผลรวมอัตราส่วน						
ระหว่างอัตราส่วน	1:1:1	1:1:2	1:2:1	2:1:1	ΣC^2ij	L_i	SS
	320.15	0.00	254.73	83.05			
1:1:1 vs 1:1:2	1	-1	0	0	2	320.15	12812.00
1:1:1 vs 1:2:1	1	0	-1	0	2	65.42	534.97
1:1:1 vs 2:1:1	1	0	0	-1	2	237.10	7027.05
1:1:2 vs 1:2:1	0	-1	1	0	2	254.73	81110.92
1:1:2 vs 2:1:1	0	-1	0	1	2	83.05	862.16
1:2:1 vs 2:1:1	0	0	1	-1	2	171.68	3684.05

จากตารางที่ ข.3-3 จะเห็นว่าในการเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของวัสดุนั้นจะมีคำถามอยู่ 6 คำถาม คือ

1. อัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนดีกว่าอัตราส่วน 1:1:2 หรือไม่
2. อัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนดีกว่าอัตราส่วน 1:2:1 หรือไม่
3. อัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนดีกว่าอัตราส่วน 2:1:1 หรือไม่
4. อัตราส่วน 1:1:2 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนดีกว่าอัตราส่วน 1:2:1 หรือไม่
5. อัตราส่วน 1:1:2 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนดีกว่าอัตราส่วน 2:1:1 หรือไม่
6. อัตราส่วน 1:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนดีกว่าอัตราส่วน 2:1:1 หรือไม่

ตารางที่ ข.3-4 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงระหว่างอัตราส่วนของวัสดุ

การเปรียบเทียบ	ผลรวมอัตราส่วนของวัสดุ						
ระหว่างอัตราส่วน	1:1:1	1:1:2	1:2:1	2:1:1	ΣC^2ij	L_i	SS
ของวัสดุ	4.00	0.00	3.10	1.01			
1:1:1 vs 1:1:2	1	-1	0	0	2	4.00	2.00
1:1:1 vs 1:2:1	1	0	-1	0	2	0.90	0.10
1:1:1 vs 2:1:1	1	0	0	-1	2	2.99	1.12
1:1:2 vs 1:2:1	0	-1	1	0	2	3.10	1.20
1:1:2 vs 2:1:1	0	-1	0	1	2	1.01	0.13
1:2:1 vs 2:1:1	0	0	1	-1	2	2.09	0.55

จากตารางที่ ข.3-4 จะเห็นว่าในการเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของวัสดุนั้นจะมีคำถามอยู่ 6 คำถาม คือ

1. อัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความแข็งแรงดีกว่าอัตราส่วน 1:1:2 หรือไม่
2. อัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความแข็งแรงดีกว่าอัตราส่วน 1:2:1 หรือไม่
3. อัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความแข็งแรงดีกว่าอัตราส่วน 2:1:1 หรือไม่
4. อัตราส่วน 1:1:2 ให้ผลการทดลองที่มีความแข็งแรงดีกว่าอัตราส่วน 1:2:1 หรือไม่
5. อัตราส่วน 1:1:2 ให้ผลการทดลองที่มีความแข็งแรงดีกว่าอัตราส่วน 2:1:1 หรือไม่
6. อัตราส่วน 1:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีความแข็งแรงดีกว่าอัตราส่วน 2:1:1 หรือไม่

ตัวเลข 0, 1 และ -1 ในช่องผลรวมของตัวประสาน เรียกว่า สัมประสิทธิ์ (Coefficient, C) ซึ่งสร้างขึ้นจากมูลฐานในการเปรียบเทียบตามข้อ 1- 6 เพื่อให้การเปรียบเทียบแต่ละคู่มีความยุติธรรม นั่นคือผลรวมของสัมประสิทธิ์ของแต่ละคำถามต้องเป็นศูนย์ ในการเปรียบเทียบผลคูณของค่าเฉลี่ยกับสัมประสิทธิ์ของทั้งสองอัตราส่วน เช่นคำถามข้อที่ 1 จะได้

$$(+1)\ X_1 + (-1)\ X_2 = (1)(320.15) + (-1)(0.00) = 320.15$$

ตัวเลข 320.15 คือความแตกต่างของค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ระหว่างอัตราส่วน 1:1:1 กับ 1:1:2

ตัวอย่างการคำนวณการเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วน 1:1:1 กับ 1:1:2

1. คำนวณผลรวมของกำลังสองของ C

$\Sigma_i C^2_{ij}$ = $(-1^2) + (1)^2$ = 2

2. คำนวณผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบ (L_i)

L_i = (1)(320.15) + (-1)(0.00) = 320.15

2. การคำนวณ SS

SS = $L^2_{(1)} / n \Sigma_i C^2_{ij}$ = $[(320.15)^2 / 4(2)]$ = 12812.00

หมายเหตุ การคำนวณความพรุนและความแข็งแรงของการทดลองอื่นมีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ข.3-3 และ ข.3-4

ตารางที่ ข.3-5 ผลการคำนวณความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความพรุนระหว่างอัตราส่วนวัสดุ

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F	$F_{0.1}$
อัตราส่วน	3	16515.68			
1:1:1 vs 1:1:2	1	12812.00	12812.00	18.34*	3.18
1:1:1 vs 1:2:1	1	534.97	534.97	0.76	3.18
1:1:1 vs 2:1:1	1	7072.05	7072.05	10.12*	3.18
1:1:2 vs 1:2:1	1	8110.92	8110.92	11.61*	3.18
1:1:2 vs 2:1:1	1	862.16	862.16	1.23	3.18
1:2:1 vs 2:1:1	1	3684.05	3684.05	5.27*	3.18
Error	12	10781.29	698.44		
Total	21	27296.97			

หมายเหตุ 1. Error df = 21-(3+1+1+1+1+1+1) = 12

2. Error SS = (Total SS – Column SS) = 27296.97 – 16515.68

= 10781.29

3. Error MS = Error SS / Error df

= 10781.29/ 12 = 698.44

ตารางที่ ข.3-6 ผลการคำนวณความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงระหว่างอัตราส่วนวัสดุ

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F	$F_{0.1}$
อัตราส่วนเศษวัสดุ	3	2.55			
1:1:1 vs 1:1:2	1	2.00	2.00	13.33*	3.18
1:1:1 vs 1:2:1	1	0.10	0.10	0.67	3.18
1:1:1 vs 2:1:1	1	1.12	1.12	7.47*	3.18
1:1:2 vs 1:2:1	1	1.20	1.20	8.00*	3.18
1:1:2 vs 2:1:1	1	0.13	0.13	0.87	3.18
1:2:1 vs 2:1:1	1	0.55	0.55	3.67*	3.18
Error	12	1.79	0.15		
Total	21	4.34			

หมายเหตุ การหาค่า F ของการเปรียบเทียบของอัตราส่วนอื่นมีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ข.3-5 และข.3-6

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าความแตกต่างของค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ระหว่างอัตราส่วน 1:1:1vs1:1:2, 1:1:1vs2:1:1, 1:1:2vs1:2:1 และ 1:2:1vs2:1:1 มีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากมีค่า F มากกว่าค่า $F_{0.1}$ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยมี df = 1 (υ_1=1) และ df = 12 (υ_2=12) เมื่อทราบว่ามีความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนคู่ใดแล้วจะสามารถทราบได้ว่าอัตราส่วนใดที่ให้ความพรุนของกระถางต้นไม้ได้ดีกว่ากัน โดยดูที่ค่าเฉลี่ยของแต่ละค่าซึ่งแสดงในตารางที่ ข.3-1

สำหรับ อัตราส่วน 1:1:1 vs 1:1:2 คือ 80.04 vs 0.00

ดังนั้นที่อัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 1:1:2

สำหรับ อัตราส่วน 1:1:1vs 2:1:1 คือ 80.04 vs 20.76

ดังนั้นที่อัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 2:1:1

สำหรับ อัตราส่วน 1:1:2vs1:2:1 คือ 0.00 vs 63.68

ดังนั้นที่อัตราส่วน 1:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 1:1:2

สำหรับ อัตราส่วน 1:2:1vs2:1:1 คือ 63.68 vs 20.76

ดังนั้นที่อัตราส่วน 1:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีความพรุนของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 2:1:1

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าความแตกต่างของความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ระหว่างอัตราส่วน 1:1:1vs1:1:2, 1:1:1vs2:1:1, 1:1:2 vs1:2:1 และ 1:2:1vs2:1:1 มีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากมีค่า F มากกว่าค่า $F_{0.1}$ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% โดยมี df = 1 และ df =12 เมื่อทราบว่ามีความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนคู่ใดแล้วก็จะสามารถทราบได้ว่าอัตราส่วนใดที่ให้ค่าความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ได้ดีกว่ากัน โดยดูที่ค่าเฉลี่ยของแต่ละค่าซึ่งแสดงใน ข.3-2

สำหรับ อัตราส่วน 1:1:1vs1:1:2 คือ 1.00 vs 0.00

ดังนั้นที่อัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 1:1:2

สำหรับ อัตราส่วน 1:1:1vs 2:1:1 คือ 1.00 vs 0.25

ดังนั้นที่อัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 2:1:1

สำหรับ อัตราส่วน 1:1:2vs1:2:1 คือ 0.00 vs 0.78

ดังนั้นที่อัตราส่วน 1:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 1:1:2

สำหรับ อัตราส่วน 1:2:1vs2:1:1 คือ 0.78 vs 0.25

ดังนั้นที่อัตราส่วน 1:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีความแข็งแรงของกระถางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 2:1:1

ข.4 การคำนวณความหนาแน่นรวมของกระถางต้นไม้

ตัวอย่างการคำนวณที่การทดลอง A1

จากข้อมูลในตารางที่ ก.1

ความหนาแน่นรวมของกระถางต้นไม้

น้ำหนักของชิ้นส่วนกระถาง (m_b) = 3.54 g

น้ำหนักของชิ้นส่วนกระถาง (V_b) = 9.03 cm^3

จาก $\rho_b = m_b / V_b$

$= 3.54 / 9.03$

$= 0.392\ g / cm^3$

หมายเหตุ การคำนวณความหนาแน่นรวมของกระถางต้นไม้ของการทดลองอื่นมีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ก.4

ข.5 การคำนวณความหนาแน่นของวัสดุของกระถางต้นไม้

ตัวอย่างการคำนวณที่การทดลอง A1

ความหนาแน่นของวัสดุของกระถางต้นไม้

น้ำหนักของขวดปรับปริมาตร (m_1) = 36.33 g

น้ำหนักขวดปรับปริมาตร + น้ำหนักวัสดุ (m_2) = 39.73 g

ปริมาตรของขวดปรับปริมาตร + น้ำหนักวัสดุ + น้ำหนักน้ำ (m_3) = 85.97 g

ปริมาตรของขวดปรับปริมาตร, V_F = 49.50 mL

น้ำหนักของวัสดุ (m_s) $= m_2 - m_1$

$= 39.73 - 36.33$

$= 3.4$ g

ปริมาตรของวัสดุ (V_s)

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

$= (85.97\text{-}39.73) / 0.9880$

$= 46.80\ cm^3$

จาก $V_s = V_F - V_w$

$= 49.50\text{-}46.80 = 2.70\ cm^3$

ความหนาแน่นของวัสดุของกระถางต้นไม้ (ρ_s)

จาก $\rho_s = m_s / v_s$

$= 3.4 / 2.7$

$= 1.26$

หมายเหตุ การคำนวณความหนาแน่นของวัสดุของกระถางต้นไม้ของการทดลองอื่นมีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ก.3 และ ก.4

ข.6 การคำนวณหาค่าความพรุนของกระถางต้นไม้

<u>ตัวอย่างการคำนวณที่การทดลอง A1</u>

ความหนาแน่นรวมของกระถางต้นไม้ (ρ_b) $= 0.392\ g / cm^3$

ค่าความหนาแน่นของวัสดุของกระถางต้นไม้ (ρ_s) $= 1.26\ g / cm^3$

ค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ (ε) $= [1- (\rho_b / \rho_s)] \times 100$

$= [1-(0.392 / 1.26)] \times 100$

$= 68.89$

หมายเหตุ การคำนวณความพรุนของกระถางต้นไม้ของการทดลองอื่นมีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ก.4

ข.7 การคำนวณหาอนุภาคเฉลี่ยของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

การคำนวณหาอนุภาคเฉลี่ยของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางเกษตร 100 g

- การหาสัดส่วนของน้ำหนัก (X_i)

โดยที่ $X_i = W_i / \sum W_i$

เมื่อ

W_i คือน้ำหนักของวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรบดที่อยู่บนชั้นตะแกรงแต่ละชั้น

$\sum W_i$ คือน้ำหนักรวมของวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรบด

จากตารางที่ 1 ที่ Mesh No. 10 จะได้ $W_i = 0.007$ g $\sum W_i = 100$

- การหาขนาดเฉลี่ยของสัดส่วน (D_{pi})

จาก $D_{pi} = (D_{p(n-1)} + D_{p(n)})/2$

เมื่อ

$D_{p(n-1)}$ คือ ขนาดรูเปิดของตะแกรงที่วัสดุเหลือใช้ทางเกษตรบดสามารถลอดผ่านได้

$D_{p(n)}$ คือ ขนาดรูเปิดของตะแกรงที่วัสดุเหลือใช้ทางเกษตรบดไม่สามารถลอดผ่านได้

จากตารางที่ 1 ที่ Mesh No. 8 และ 10 โดยที่ขนาดรูตะแกรง 2362 และ 1651 μm ตามลำดับจะได้

$D_{pi} = (2362 + 1651)/2$

$= 2007$ μm

- การหาขนาดเฉลี่ยของอนุภาค (D_w)

$D_w = \sum X_i D_{pi}$

จากข้อมูลในตารางที่ 1 จะได้

$D_w = (2007 \times 0.007) + (1321 \times 0.033) + \ldots + (123 \times 0.028)$

$= 547.49$ μm

หมายเหตุ การคำนวณขนาดอนุภาคเฉลี่ยของฟางข้าวและผักตบชวามีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ก.5, ก.6 และ ก.7

ภาคผนวก ค

การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้

บทนี้จะกล่าวถึงการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้เป็นการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของกระถางต้นไม้ เพื่อศึกษารายละเอียด การยึดเกาะของวัสดุโดยใช้เครื่อง Stereomicroscope

ค.1 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ที่อัตราส่วน 1:1:1

(ก) ด้านข้าง

(ข) ด้านล่าง

รูปที่ ค.1 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A1 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

(ก) ด้านข้าง

(ข) ด้านล่าง

รูปที่ ค.2 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A2 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

(ก) ด้านข้าง

(ข) ด้านล่าง

รูปที่ ค.3 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A3 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

(ก) ด้านข้าง

(ข) ด้านล่าง

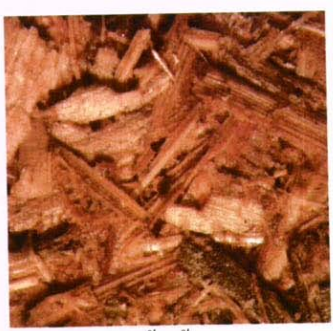
รูปที่ ค.4 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A4 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

ค.2 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ที่อัตราส่วน 1:2:1

(ก) ด้านข้าง

(ข) ด้านล่าง

รูปที่ ค.5 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A9 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง



(ก) ด้านข้าง

(ข) ด้านล่าง

รูปที่ ค.6 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A10 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

(ก) ด้านข้าง

(ข) ด้านล่าง

รูปที่ ค.7 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A11 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

ค.3 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ที่อัตราส่วน 2:1:1

(ก) ด้านข้าง

(ข) ด้านล่าง

รูปที่ ค.8 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A16 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

ภาคผนวก ง

ผลการทดลองปลูกต้นไม้

บทนี้กล่าวถึงการทดลองปลูกต้นไม้เพื่อเปรียบเทียบการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้ชุดที่หนึ่งและชุดที่สองเป็นเวลา 2 เดือน โดยสังเกตลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพของต้นไม้และถ่ายรูปทุก ๆ 4 สัปดาห์

ง.1 ลักษณะของความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้ชุดที่หนึ่งปลูกเวลา 4 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

รูปที่ ง.1 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A1 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

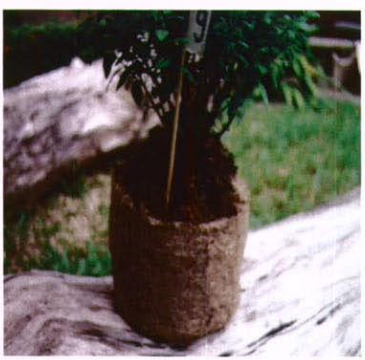
รูปที่ ง.2 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A2 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

รูปที่ ง.3 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A3 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

รูปที่ ง.4 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A4 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์



(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

รูปที่ ง.5 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A9 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

รูปที่ ง.6 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A10 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

รูปที่ ง.7 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A11 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก

(ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

รูปที่ ง.8 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A16 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 4 สัปดาห์

ง.2 ลักษณะของความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการเสื่อมทางชีวภาพของกระถางต้นไม้ชุดที่สอง ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก

(ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

รูปที่ ง.9 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A1 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก

(ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

รูปที่ ง.10 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A2 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก

(ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

รูปที่ ง.11 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A3 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก

(ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

รูปที่ ง.12 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A4 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก

(ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

รูปที่ ง.13 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A9 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

รูปที่ ง.14 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A10 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

รูปที่ ง.15 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A11 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

(ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

รูปที่ ง.16 ลักษณะของกระถางต้นไม้ของการทดลอง A16 (ก) เริ่มปลูก (ข) ปลูกเวลา 8 สัปดาห์

ภาคผนวก จ

ความน่าจะเป็นแบบเอฟ

ตารางที่ จ.1 ความน่าจะเป็นแบบเอฟ $\alpha = 0.1$ ($F_{0.1}$)[16]

υ_2 \ υ_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	39.86	49.50	53.59	55.83	57.24	58.20	58.91	59.44	59.86
2	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38
3	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24
4	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94
5	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32
6	3.78	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96
7	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72
8	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56
9	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44
10	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35
11	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27
12	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.23	2.28	2.24	2.21
13	3.14	2.76	2.56	2.43	2.35	2.28	2.23	2.20	2.16
14	3.10	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12

ภาคผนวก ฉ

แบบประเมินผู้เข้าอบรม โครงการกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

วันที่ 1 มิถุนายน 2549

ณ อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง

ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ

O ชาย O หญิง

2. อายุ

O ต่ำกว่า 25 ปี O 25 – 35 ปี O 36 – 45 ปี

O 46 – 55 ปี O มากกว่า 55 ปี

3. อาชีพ

O รับราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ O เจ้าของกิจการ

O ลูกจ้าง O อื่น ๆ ระบุ .....

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นการจัดการอบรม

จงทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

รายการ	มากที่สุด	มาก	พอใช้	น้อย	ปรับปรุง
1. การลงทะเบียนสะดวก เหมาะสม					
2. การเผยแพร่ การแจ้งข้อมูลข่าวสารทั่วถึง					
3. สถานที่จัดฝึกอบรมเหมาะสม					
4. เครื่องมือ อุปกรณ์ เพียงพอครบครัน					
5. ระยะเวลาเพียงพอ และเหมาะสม					
6. การบรรยาย และสาธิต เข้าใจง่าย					
7. มีสื่อ อุปกรณ์ ประกอบการบรรยายเหมาะสม					

มีต่อด้านหลัง

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ของการจัดการอบรม

1. ท่านมีความรู้ด้านการผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ประเภทต่าง ๆ หรือไม่

   O มี ระบุชนิดของวัสดุ ..... O ไม่มี

2. ท่านมีความรู้เกี่ยวกับการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประเภทต่าง ๆ มาผลิตสิ่งของเครื่องใช้อยู่ในระดับใด

   O มากที่สุด O มาก O ปานกลาง O น้อย O ไม่มีเลย

3. <u>ก่อน</u>การอบรมท่านมีความรู้เกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตกระถางต้นไม้ อยู่ในระดับใด

   O มากที่สุด O มาก O ปานกลาง O น้อย O ไม่มีเลย

4. <u>หลัง</u>การอบรมท่านมีความรู้เกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตกระถางต้นไม้เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับใด

   O มากที่สุด O มาก O ปานกลาง O น้อย O ไม่เพิ่มขึ้น

5. ท่านได้รับประโยชน์จากการฝึกอบรมครั้งนี้ อยู่ในระดับใด

   O มากที่สุด O มาก O ปานกลาง O น้อย O ไม่ได้รับประโยชน์

6. ท่านคาดว่าสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการอบรมด้านนี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ อยู่ในระดับใด

   O มากที่สุด O มาก O ปานกลาง O น้อย O ไม่มีเลย

7. ท่านต้องการให้มีการจัดอบรมลักษณะแบบนี้อีกหรือไม่

   O ต้องการ O ไม่ต้องการ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

_____

_____

_____

_____

ผู้ออกแบบประเมิน แผนกประเมินผลและรายงาน

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. **ชื่อ** นางสาวปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง
   Miss Pathumthip Tonthubthimthong

2. **ตำแหน่งปัจจุบัน**
   2.1 ทางด้านวิชาการ อาจารย์ ระดับ 7
   2.2 ทางด้านบริหาร หัวหน้าแผนกวิจัย ฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

3. **หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail**
   แผนกวิชาเคมีอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ
   โทรศัพท์ 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195, 1210, 1201 โทรสาร 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195
   e-mail : pathumthip@rit.ac.th, tpathumthip@hotmail.com, tpathumthip@yahoo.com

4. **ประวัติการศึกษา**

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2545	เอก	วศ.ด. วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย
2538	โท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	เคมีเทคนิค	เคมีเทคนิค	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2531	ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เคมี	เคมี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

การดูดซับ การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

-

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

- การพัฒนากระถางต้นไม้จากใยมะพร้าว
- การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา
- กระถางต้นไม้ชำร่วยจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
- การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ
- กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
- สกัดสารออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจรด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึ่ง และจิรพล กลิ่นบุญ "การพัฒนากระถางต้นไม้จากใยมะพร้าว" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเครือข่ายภูมิภาคกลางตอนล่าง ประจำปีงบประมาณ 2547.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, "การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์ และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ "การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

สุรัตน์ บุญพึ่ง และปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง "การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากทองพันชั่ง" (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

พรประสิทธิ์ คงบุญ, ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, มณฑล ชูโชนาด และสมจิตร์ สุขสวัสดิ์, "การกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์" (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วังสะจันทานนท์ "กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, โสริยา ชิโนดม, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วังสะจันทานนท์ "กระถางต้นไม้ชำร่วยจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

International Journal

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P. and Luewisuttichat, W., Wittaya Teppaitoon and La-eid Pengsopa, 2004, "Nimbin Extraction from Neem Seeds using Supercritical CO_2 and a Supercritical CO_2 -Methanol Mixture", Journal of Supercritical fluids, 30 : 287-301. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P. and Luewisuttichat, W., 2001, "Supercritical CO_2 Extraction of Nimbin from Neem Seeds-an Experimental Study", Journal of Food Engineering.47: 289-293. (ผู้วิจัย)

International & Regional Conference

Tonthubthimthong, P., Ajchariyapagorn, A., Douglas, S., Douglas, P. L. and Pongamphai, S., "Simulation of Nimbin Extraction by Using Aspen Plus", the 88th Canadian Chemistry Conference and Exhibition, May 28-June 1, 2005, Saskatoon Centennial Convention Centre, Saskatoon, Saskatchewan, Canada. (ผู้ร่วมวิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chinadit, M., Boonpung, S., Supanya, C., Tanuwong, S. and Tanakulrungsank, W., "Cultivate Flowerpot Production from Agricultural Waste Materials", The 3rd EMSES International Symposium Eco-Energy and Material Science and Engineering Symposium, April 6-9, 2005, Lotus Hotel Pang Suan Kaew, Chiangmai, Thailand. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P., Luewisuttichat, W., Teppaitoon, W. and Pengsopa, L., "Nimbin Extraction from Neem Seed using Supercritical CO_2 and a Supercritical CO_2 – Methanol Mixture" International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering., December 11 – 13, 2002, AIT, Thailand. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P., Luewisuttichat, W., Teppaitoon W. and Pengsopa, L., "Effect of Particle Size, Methanol:CO_2 Ratio and Temperature on Nimbin Extraction from Neem Seeds using Supercritical CO_2", Canadian Society for Chemical Engineering 2001 Conference, October 17, 2001, Halifax, Nova Scotia, Canada. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S. and Luewisuttichat, W., "Extraction of Medicinal Substances from Neem Seeds using Supercritical Fluid Extraction-A Preliminary Study", Ragional Symposium on Chemical Engineering 1999, November 22-24, 1999, B.P. Smilar Beach Hotel, Songkla, Thailand. (ผู้วิจัย)

Local Conference

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึ่ง, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ธิดารัตน์ มานิตย์ และอุษาวดี ไม้คง "การผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร" การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21, 28 – 30 มีนาคม 2548, โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, อำเภอเมือง, จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้วิจัย)

ชัชวาลย์ สุขมั่น, ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, กฤษณ์ หวังเจริญกุลชัย และ คมเดช งามสมจิตร "การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไวน์สะระแหน่" การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21, 28 – 30 มีนาคม 2548, โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, อำเภอเมือง, จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้ร่วมวิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, จุฑาลักษณ์ จีระรัตนกุล และ ประทุมรัตน์ แสนพล , การปรับปรุงคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังโดยการดัดแปรแป้งด้วยสารโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต, การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20, 11 – 13 กุมภาพันธ์ 2547, โรงแรมอมรินทร์ ลากูน, อำเภอเมือง, จังหวัดพิษณุโลก. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง , สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์ และ ละเอียด เพ็งโสภา, การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและคาร์บอนไดออกไซด์-เมทานอลวิกฤตยิ่งยวด, 2546, การประชุมวิชาการและงานแสดงผลิตภัณฑ์วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29, 20-22 ตุลาคม 2546, ศูนย์ประชุมอเนกประสงค์กาญจนาภิเษก, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง , สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์ และ ละเอียด เพ็งโสภา, การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด:ผลของขนาดอนุภาค, อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิ,

การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12, 8-9 พฤศจิกายน 2545, โรงแรมโซล ทวิน ทาวเวอร์, กรุงเทพฯ. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ และ วิไล ลือวิสุทธิชาติ, การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด, 2543, การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10, 26-28 ตุลาคม 2543, ไบเทค, บางนา, กรุงเทพฯ. (ผู้วิจัย)

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง และมาริสา จินะดิษฐ์, "สกัดสารออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจรด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2549 ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 50 %

มาริสา จินะดิษฐ์ และปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, "การผลิตกระถางต้นไม้จากเศษใบไม้" (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2549 ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 90 %

ประวัติผู้ร่วมงานวิจัย

1. ชื่อ นางมาริสา จินะดิษฐ์

Mrs.Marisa Chinadit

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

ฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

โทรศัพท์ 0 2287 3211 – 25 ต่อ 2115 โทรสาร 0 2287 3211 – 25 ต่อ 125

e-mail : marisach@rit.ac.th, marisachinadit@hotmail.com

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2525	เอก	Docteur de Troisième Cycle	วิทยาศาสตร์และเทคนิควิธีทางเคมี	Paul Sabatier University,Toulouse	ฝรั่งเศส
2517	ตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต	เคมี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2515	ป.ค.	ประกาศนียบัตร	เคมีปฏิบัติ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

สาขาเคมีวิเคราะห์

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงาน

-

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

การผลิตกระถางต้นไม้จากเศษใบไม้

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และ สถานภาพในการทำวิจัย

มาริสา จินะดิษฐ์, ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง และสุรัตน์ บุญพึ่ง "การพัฒนากระถางต้นไม้จากใยมะพร้าว" (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเครือข่ายภูมิภาคกลางตอนล่าง ปีงบประมาณ 2547.

มาริสา จินะดิษฐ์, ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ "การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ" (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

มาริสา จินะดิษฐ์, ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ไชยยันต์ ไชยยะ และ ฉันทมณี วังสะจันทานนท์ "กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร"(ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548.

มาริสา จินะดิษฐ์, ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, โสริยา ชิโนดม, สุรัตน์ บุญพึ่ง, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วังสะจันทานนท์ "กระถางต้นไม้ชำร่วยจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร" (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และสถานภาพในการทำวิจัย

มาริสา จินะดิษฐ์ และปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, "สกัดสารออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจรด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด" (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2549 ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 50%

1. ชื่อ นางสาววราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์

MISS WARAPORN TANAKULRUNGSANK

2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 1008 00092 33 7

3. ตำแหน่งปัจจุบัน ข้าราชการตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์

4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
โทรศัพท์ 0 2286 3991-5 ต่อ 1195, 1201, 1210
โทรสาร 0 2286 3991-5 ต่อ 1195
e-mail: waraporn@rmut.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2536	เอก	D. Eng. Doctor of Engineering	Catalyst Engineering	Catalyst Engineering	Kyoto University	ญี่ปุ่น
2530	โท	วศ.ม. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2521	ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เคมีวิศวกรรม	เคมีวิศวกรรม	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

วิศวกรรมเคมี วิศวกรรมตัวเร่งปฏิกิริยา

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัย

—

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย: ชื่อโครงการวิจัย

7.2.1 การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ด้วยวิธีโซล-เจลเพื่อเคลือบบนเยื่อแผ่นอะลูมินาสำหรับสังเคราะห์สารประกอบโอเลฟิน

7.2.2 การควบคุมโครงสร้างรูพรุนขนาดเมโซของตัวเร่งปฏิกิริยานิเกิลออกไซด์

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

1. การสังเคราะห์เส้นใยซิลิกาด้วยวิธีโซล-เจลโดยใช้เทคนิคอิเล็กโทรสปินนิง งบประมาณผลประโยชน์ ประจำปี 2548 ผู้ร่วมวิจัย
2. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ฟลูอิไดเซชันไอน้ำ งบประมาณผลประโยชน์ ประจำปี 2548 ผู้ร่วมวิจัย
3. การสร้างอีบูลิโอมิเตอร์วัดปริมาณแอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูง งบประมาณผลประโยชน์ ประจำปี 2548 ผู้ร่วมวิจัย
4. กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร งบประมาณผลประโยชน์ประจำปี 2548 ผู้ร่วมวิจัย
5. การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยปฏิกิริยาโฟโตแคตะไลซิส โดยใช้ไทเทเนีย การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21 ระหว่างวันที่ 28 – 30 มีนาคม 2548 ณ โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ งบประมาณประจำปี 2546 (งบวัสดุฝึก) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ
6. การปรับปรุงน้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนช้า การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20 ระหว่างวันที่ 11 – 13 กุมภาพันธ์ 2547 ณ โรงแรมอมรินทร์ลากูน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก งบประมาณประจำปี 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
7. การผลิตถ่านอัดก้อนจากผงถ่านแอนทราไซต์และวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตร การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20 ระหว่างวันที่ 11 – 13 กุมภาพันธ์ 2547 ณ โรงแรมอมรินทร์ลากูน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก งบประมาณประจำปี 2545 (งบวัสดุฝึก) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ
8. การศึกษาสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์. 2543 รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 17. **3**, 740-752 โครงการวิจัยและพัฒนาหน้ากากป้องกันสารพิษทางทหาร งบประมาณประจำปี 2541 กองทัพอากาศ กระทรวงกลาโหม

9. The influence of base type on the characterization of a nickel oxide catalyst formed by a sol-gel technique, 2005, Proceeding of the International Conference on Recent Advances in Mechanical & Materials Engineering (ICRAMME 05), May 30-31, 2005, Kuala Lumpur, Malaysia, Paper No. 57.

10. Modification of Crude Palm Oil to Diesel Engine Fuel, 29th Congress on Science and Technology of Thailand, October 20-22, 2003, Khon Kean, Thailand, SI-3 งบประมาณประจำปี 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

11. The effect of silica added on large surface area of nanocrystalline titania", Proceeding of the 10th International Ceramics Congress: Part B, Section D Sintering Science and Technology, Florence, Italy, July 2002, p.101-108 ทุนเมธีวิจัยอาวุโส สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

12. Phase transformation behavior of nanocrystalline χ-alumina powder obtained by thermal decomposition of AIP in inert organic solvent, 2004, *Journal of Materials Science* **39** (10): 2417-2421 ทุนกาญจนาภิเษก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

13. Synthesis of thermally stable micro spherical χ-alumina by thermal decomposition of aluminum isopropoxide in mineral oil, 2003, *Inorganic Chemistry Communication* **6:** 930-934 ทุนกาญจนาภิเษก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

14. The influence of Si-O-Zr bonds on the crystal-growth inhibition of zirconia prepared by the glycothermal method, 2003, *Journal of Material processing Technology* **136:** 186-189 ทุนกาญจนาภิเษก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

15. Critical nanoparticle size for thermal stability, 2003, *Journal of Materials Science Letters*, **22**: 1587-1589 ทุนเมธีวิจัยอาวุโส สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

16. Synthesis of thermally stable micro spherical chi-alumina by thermal decomposition of aluminum isopropoxide in mineral oil, 2003, *Inor. Chem. Comm.*, **6** 930-934, ทุนกาญจนาภิเษก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

17. Effect of crystallite size and calcination temperature on the thermal stability of single nanocrystalline chromium oxide: expressed by novel correlation, 2003, *Materials Research Innovation*, **7**, 118-123 ทุนเมธีวิจัยอาวุโส สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

18. New correlation for the effects of the crystallite size and calcination temperature on the single iron oxide nano-crystallites, 2003, *Crystal Growth & Design*, **2** (3), 215-210 ทุนเมธีวิจัยอาวุโส สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

19. Synthesis of large-surface area silica-modified zirconia by the glycothermal method, 2002, *Journal of Materials Science Letters,* **21** (18), 1461-1464 ทุนกาญจนาภิเษก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

20. Thermal Stability of Silica-Modified Titania Ultrafine Particles Synthesized by the Glycothermal Method, 2000, *Ceramic Transactions*, **115**, 643-654 ทุนเมธีวิจัยอาวุโส สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

21. One pot solvothermal synthesis of thermal stable, porous silica-modified alumina powders by supercritical removal of organic solvents, 2000, *Journal of Metals, Materials and Minerals,* **9** (2), 35-54 ทุนเมธีวิจัยอาวุโส สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

22. Effect of organic solvents on the thermal stability of porous silica-modified alumina powders prepared via one pot solvothermal synthesis, 2000. *Inorganic Chemistry Communication,* **3**, 671-676, 2000. ทุนเมธีวิจัยอาวุโส สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

23. Synthesis of large-surface area silica-modified titania ultrafine particles by the glycothermal method, 2000, *J. Material Science Letters,* **19**, 1439-1443 ทุนเมธีวิจัยอาวุโส สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

24. Mechanism of Diesel Exhaust Gas Abatement by Synthetic Zeolite ZSM-5, 1998, *Journal of Metals, Materials and Minerals,* **7** (2), 32-38 ทุนวิจัยบัณฑิตศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

25. Selective Aromatization of Propane on Metallosilicate Catalysts , 1996, Journal of Science Faculty, Chiengmai University, **23** (2), 42-49 งบประมาณประจำปี 2537 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

26. Inui, T., K. Fujioka, Y. Fujii, T. Takeguchi, H. Nishiyama and W. Tanakulrungsank, "Highly Active Catalysts for Syngas Production to Methanol and More Valuable Hydrocarbons", *Study of Surface Science and Catalysis*, 1993. ผู้ร่วมวิจัย

27. Inui, T., K. Fujioka, W. Tanakulrungsank and T. Takeguchi, "Spillover Effect in Methane Reforming Reactions in Ni-based Composite Catalysts Modified with Precious Metals", *Study of Surface Science and Catalysis*, 1993. ผู้ร่วมวิจัย

28. Takeguchi, T., W. Tanakulrungsank and T. Inui, "Separation and/or Concentration of CO_2-N_2 Gaseous Mixture by Pressure-Swing Adsorption using Metal-incorporated Microporous Crystals with High Surface Area", *Gas Separation and Purification*, **7**, 3, 1993. ผู้วิจัย

29. Inui, T., S. Shibata and W. Tanakulrungsank, "Purification of O_2-N_2 Gaseous Mixture by Pressure-Swing Adsorption using Na-A Zeolites", *Gas Separation and Purification*, **6**, 185, 1992. ผู้ร่วมวิจัย

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพการทำวิจัย ว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณเท่าใด

7.4.1 การควบคุมโครงสร้างรูพรุนขนาดเมโซของตัวเร่งปฏิกิริยานิเกิลออกไซด์ ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณ ประจำปี 2549 หัวหน้าโครงการ ทำการวิจัยลุล่วงแล้ว 50%

7.4.2 การแยกโลหะหนักออกจากสารละลายด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว โดยใช้หอดูดซับแบบชั้นตรึง ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณประจำปี 2549 ผู้ร่วมวิจัย ทำการวิจัยลุล่วงแล้ว 50%

7.4.3 การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ด้วยวิธีโซล-เจล เพื่อเคลือบบนเยื่อแผ่นอะลูมินาสำหรับสังเคราะห์สารประกอบโอเลฟิน ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ประจำปี 2548 ผู้ร่วมวิจัย ทำการวิจัยลุล่วงแล้ว 95%

1. ชื่อ นายสุรัตน์ บุญพึ่ง

Mr. Surat Boonpung

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

2.1 อาจารย์ 1 ระดับ 5 แผนกวิชาเคมีอุตสาหการ

2.2 หัวหน้าหน่วยควบคุมเอกสารและข้อมูล สำนักงานประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

แผนกวิชาเคมีอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

โทรศัพท์ 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195, 1210, 1201 โทรสาร 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195

e-mail : bsurat@rit.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2538	โท	วศ.ม. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2527	ตรี	วศ.บ. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	ไทย

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์, การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์, การควบคุมอัตโนมัติ, การสกัดสมุนไพร

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงาน

-

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

- การนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการไพโรไลซิส
- การศึกษาการดูดซับไอออนของโลหะหนักด้วยเปลือกถั่วลิสง
- การศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของสารที่ได้จากการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการไพโรไลซิส
- การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากทองพันชั่ง
- การสร้างอีบูลิโอมิเตอร์ชนิดความเข้มข้นสูง

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และ สถานภาพในการทำวิจัย

Trichaiyaporn, S., W. Tanakulrungsank and S. Boonpung, "Selective Aromatization of Propane on Metallosilicate Catalysts", Journal of Science Faculty, Chiengmai University, 23(2), 42, 1996 (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2539

สุรัตน์ บุญพึ่ง และ บำรุง ตอนสุข, "การนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการไพโรไลซิส", เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 17, 2543 (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณวัสดุฝึก ปี 2542

การศึกษาการดูดซับไอออนของโลหะหนักด้วยเปลือกถั่วลิสง (หัวหน้าโครงการ-ยังไม่ได้ตีพิมพ์) ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณวัสดุฝึก ปี 2547

สุรัตน์ บุญพึ่ง, "การควบคุมแบบระบบของถัง 2 ถัง", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538 (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2544

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์ และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ "การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ" (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

สุรัตน์ บุญพึ่ง และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ "การสร้างอีบูลิโอมิเตอร์ชนิดความเข้มข้นสูง" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548

สุรัตน์ บุญพึ่ง และ ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง "การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากทองพันชั่ง (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548

สุรัตน์ บุญพึ่ง "การศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของสารที่ได้จากการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการไพโรไลซิส" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณวัสดุฝึก ปี 2547-2548.

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์, จิรพล กลิ่นบุญ และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ "กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร" (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548 ทำการวิจัยลุล่วงแล้ว 70%

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, โสริยา ชิโนดม, สุรัตน์ บุญพึ่ง และ มาริสา จินะดิษฐ์ "กระถางต้นไม้ชำร่วยจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร" (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยลุล่วงแล้ว 70%

1 ชื่อ และ นามสกุล นายไชยยันต์ ไชยยะ

MR. CHAIYAN CHAIYA

2 ตำแหน่งปัจจุบัน

ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์ ระดับ 6

สาขาที่ทำการวิจัย สาขาวิศวกรรมเคมี

3 สถานที่ติดต่อ

ที่ทำงานปัจจุบัน สาขาวิชาเคมีอุตสาหการ คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ

รหัสไปรษณีย์ 10120 โทรศัพท์ 0 2286 3991-5 ต่อ 1195, 1210

ที่อยู่ปัจจุบัน 10/26 หมู่ 1 ต.บางกรวย อ.บางกรวย จ.นนทบุรี รหัสไปรษณีย์ 11130

E-mail address cchaiya@gmail.com

4 ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาเอก	Ph.D.	Environmental Technology	Joint Graduate school of Energy and Environment (JGSEE)	2547	ไทย
ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมเคมี	ม. เทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี	2543	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเคมี	ม. ศรีนครินทรวิโรฒ	2540	ไทย

5 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ Adsorption, Material science and Environmental technology

6 ทุนวิจัย

2542 ทุนวิจัยจากศูนย์ความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีอนุภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2543-2546 ทุนจากวิทยาลัยบัณฑิตร่วมทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม

2548 ทุนวิจัยจากเงินผลประโยชน์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ในหัวข้องานวิจัย

1 การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ฟลูอิไดเซชันไอน้ำ

2 การสังเคราะห์เส้นใยซิลิกาด้วยวิธีโซล-เจลโดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง

2549 ทุนวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ในหัวข้องานวิจัยการแยกโลหะหนักออกจากสารละลายด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวโดยใช้หอดูดซับแบบชั้นตรึง

ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ในหัวข้อ การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยานิเกิลออกไซด์แบบเส้นใยด้วยวิธีโซลเจลโดยใช้เทคนิคอิเลคโตรสปินนิง

7 ผลงานทางวิชาการพิมพ์เผยแพร่ บทความทางวิชาการ (ระบุชื่อเรื่อง แหล่งที่พิมพ์ ปีที่พิมพ์)

Boonamnuayvitaya V., Chaiya C. and Jarudilokkul S., Removal of heavy metals by adsorbent prepared from pyrolyzed cofee residues and clay, Separation and Purification Technology, 35, 11-22.

Boonamnuayvitaya V., Chaiya C. and Tanthapanichakoon W., The preparation and characterization of activated carbon from coffee residue, Journal of Chemical Engineering of Japan, 37, 1504-1512.

8 การประชุมวิชาการ

The Adsorption of Heavy Metal Ions with Adsorbent Comprised of Coffee Residue, Proceedings of the 1st Asian Particle Technology Symposium, Bangkok, Thailand, 66.

Adsorption of Toluene Vapor under Humid Condition by Activated Carbon Produced from Coffee Residue, Proceedings of the 2nd Regional Conference on Energy Technology Towards a Clean Environment, Phuket, Thailand, 2 : 1079-1085.

Adsorption of Toluene Vapor under Humid Condition by Activated Carbon produced from Coffee Residue, proceedings of the Regional Conference on Advances in Petrochemicals and Polymers in the New Millennium, 22-25 July 2003, Le royal meridian hotel, Bangkok.

Production and Characterization of Activated Carbon from Coffee Bean Residuals, Proceedings of the Materials Development and Particle Technology (MaDPart2003), The Center of the Excellence in Particle Technology, 14 Oct 2003, Mandarin hotel, Bangkok.

Preparation of Activated Carbon from Coffee Residue : Characterization and Toluene Vapor Adsorption under Humidity, Proceedings of the 2nd Asian Particle Technology Symposium, Department of Chemical & Process Engineering, Universiti Kebangsaan, 16-19 Dec 2003, Penang, Malaysia.

Production and Characterization of Activated Carbon from Coffee Bean Residuals, Proceedings of the Materials Development and Particle Technology (MaDPart2003), The Center of the Excellence in Particle Technology, Mandarin hotel, Bangkok, Thailand, 2004

Synthesis of Silica Fiber with Sol-Gel Method by Electro-Spinning Technique, Proceedings of the 55th Canadian Chemical Engineering Conference, Metro Toronto Convention Centre, Ontario, Canada, 2005

ไชยยันต์ ไชยยะ และ วิโรจน์ บุญอำนวยวิทยา, การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟเพื่อใช้ในการดูดซับสารโมเลกุลขนาดใหญ่, 2546, การประชุมวิชาการและงานแสดงผลิตภัณฑ์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29, 20-22 ตุลาคม 2546, ศูนย์ประชุมเอนกประสงค์กาญจนาภิเษก, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น

ไชยยันต์ ไชยยะ ทวีวรรณ์ เกษอินทร์ และอลิษา ใจเอื้อ, การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ซิงค์คลอไรด์, 2548, การประชุมสัมมนาทางวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21, 28-30 มีนาคม 2548, โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, จังหวัดเชียงใหม่

1. ชื่อ นางสาวฉันทมณี วังสะจันทานนท์

Miss Chantamanee Wangsajantanon

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ 1 ระดับ 4 แผนกวิชาเคมีอุตสาหการ

3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

แผนกวิชาเคมีอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

โทรศัพท์ 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195, 1210, 1201 โทรสาร 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195

e-mail : chantamanee@hotmail.com, chantamanee2001@yahoo.com

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2547	โท	วศ.ม. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2541	ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เคมีอุตสาหกรรม	เคมีอุตสาหกรรม	วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ	ไทย

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

การระเบิดของวัสดุอนุภาค

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงาน

-

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

-

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และ สถานภาพในการทำวิจัย

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วังสะจันทานนท์ "กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร" (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, โสริยา ชิโนดม, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มาริสา จินะดิษฐ์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วังสะจันทานนท์ "กระถางต้นไม้ชำร่วยจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร" (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548

<u>วิทยานิพนธ์</u>

ฉันทมณี วังสะจันทานนท์ม "การพัฒนาเครื่องมาตรฐานสำหรับทดสอบการระเบิดของวัสดุอนุภาคขนาด 20 ลิตร ในราคาประหยัด", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547(ผู้วิจัย)

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

-