



การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ

Cultivate Flowerpot Production from Natural Materials

ดร. ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง

ผศ.ดร. มารีตา จินะดิษฐ์

ดร. วราภรณ์ ชนะกุลรังสรรค์

อ.สุรัตน์ บุญพึง

ดร. ไชยยันต์ ไชยยะ



ประจำปีงบประมาณ 2548

B78016



๖๓ 1

๗/144๓

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....๐๙๙๒ (๑๒)
วัน เดือน ปี.....1.1.๐.พ. 2554.....

การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ

Cultivate Flowerpot Production from Natural Materials

ดร. ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง

ผศ.ดร. มารีสา จินะดิษฐ์

ดร. วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์

อ.สุรัตน์ บุญพึ่ง

ดร. ไชยยันต์ ไชยยะ

แผนกวิจัย ฝ้ายวิจัยและฝึกอบรม

ฝ้ายวิจัยและฝึกอบรม

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์เคมี

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์เคมี

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์เคมี

สนับสนุนโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณเงินผลประโยชน์ประจำปี 2548 ขอขอบคุณหมวดวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่ได้ให้ความกรุณาเอื้อเพื่อให้ใช้อุปกรณ์ในการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ และ ขอขอบคุณอาจารย์นิสิต เรื่องสว่าง หมวดวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่ท่านได้ให้ความกรุณาเอื้อเพื่อแนะนำการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวๆ อย่างดียิ่ง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์คือผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ โดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางเกษตรเป็นวัตถุดิบ และแป้งมันสำปะหลัง กับ การับอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) เป็นตัวประสาน ที่ขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิกส์ ตัวแปรที่มีผลต่อค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ ได้แก่อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร 3 ชนิด ปริมาณของแป้งมันสำปะหลัง และเปอร์เซ็นต์ของ CMC โดยใช้วิธีการออกแบบแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ ซึ่งอัตราส่วนของ ฟางข้าว ต่อ จี้เลื่อย ต่อเกลบโดยผสมกับตัวประสานที่เตรียมขึ้นจากแป้งมันสำปะหลัง และ CMC โดยมีอัตราส่วนของตัวประสานต่อน้ำเป็น 1:6 ผลการคำนวณทางสถิติพบว่าค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร การทดลองที่ให้ค่าความพรุนของกระถางต้นไม้สูงสุดคือที่อัตราส่วนของ ฟางข้าว ต่อ จี้เลื่อย ต่อเกลบเป็น 1:2:1 ปริมาณของแป้งมันสำปะหลัง 60 กรัม และเปอร์เซ็นต์ CMC 30 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองปลูกต้นไม้ พบว่ากระถางต้นไม้มีการย่อยสลายเกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 6 สัปดาห์ และเกิดการแทงรากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 8 สัปดาห์



ABSTRACT

The objective of this research was to produce cultivate-flowerpot using agricultural waste as raw material and cassava powder and carboxymethyl cellulose (CMC) as binder. The flowerpot was formed by hydraulic compress machine. The effect of flowerpot porosity was study via the variables as follows: the ratio of three kinds of agricultural waste, the amount of cassava powder, and the percentage of the CMC. The Latin Square technique was used as the experimental plan design. The various ratio of straw, sawdust and rice husk mixed with the binder of the solutions of cooked starch from cassava powder and CMC. The ratio of binder to water was 1:6. The statistical calculated result showed that the porosity of the flowerpot significantly depended on the ratio of the agricultural waste. The maximum porosity of the flowerpot obtained from the ratio of straw to sawdust to rice husk of 1:2:1 with 60 g of cassava powder and 30% of the CMC. It was also found that the structure was destroyed after the young plant was cultivated for 6 weeks and the root was shot after 8 weeks.



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูป	ญ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ฐ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการทำงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำงานวิจัย	3
2. วารสารปริทัศน์	4
2.1 แป้ง	4
2.2 การออกแบบแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์	11
2.3 งานวิจัยที่ผ่านมา	15
3. วิธีการทำงานวิจัย	16
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	16
3.2 วิธีการทดลอง	17
3.3 การทดลองผสมอัตราส่วนและการขึ้นรูปกระดางต้นไม้จากตารางลาตินสแควร์	19
3.4 การวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความพูน	23
3.5 การทดลองปลูกต้นไม้	25

	หน้า
4. ผลการทดลองและอภิปรายผล	26
4.1 ตัวแปรที่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุนของกระดางต้นไม้และการขึ้นรูป ของกระดางต้นไม้ โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์	26
4.2 ผลการคำนวณทางสถิติ	28
4.3 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้	31
4.4 การทดลองปลูกต้นไม้	32
5. สรุปผลการทำงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุปผลการทำงานวิจัย	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	36
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก. ข้อมูลการทดลองการหาความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นของวัสดุ	39
ภาคผนวก ข. วิธีการคำนวณทางสถิติ	43
ข.1 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์	43
ข.2 การคำนวณค่าความแปรปรวนสำหรับตารางลาตินสแควร์	46
ข.3 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison	50
ข.4 การคำนวณค่าความหนาแน่นรวมของกระดางต้นไม้	54
ข.5 การคำนวณค่าความหนาแน่นของวัสดุของกระดางต้นไม้	54
ข.6 การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุนของกระดางต้นไม้	55
ภาคผนวก ค. การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้	56
ค.1 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้ที่อัตราส่วน 1:1:1	56
ค.2 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้ที่อัตราส่วน 1:1:2	56
ค.3 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้ที่อัตราส่วน 1:2:1	58
ค.4 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้ที่อัตราส่วน 2:1:1	60

ภาคผนวก ง. การทดลองปลูกต้นไม้	62
ง.1 ลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ ชุดที่หนึ่ง	62
ง.2 ลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ ชุดที่สอง	68
ประวัตินักวิจัย	71



รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้งชนิดต่างๆ	6
2.2 ช่วงเวลาการทำให้เป็นเจลาตินของแป้งชนิดต่างๆ	8
3.1 ปริมาณของแป้งมันสำปะหลังที่คำนวณได้จากการทดลองขึ้นรูปกระถางต้นไม้	17
3.2 ปริมาณแป้ง (g) ที่สภาวะต่าง ๆ ของการทดลองขึ้นรูปกระถางต้นไม้	18
3.3 ปริมาณ CMC (g) ที่สภาวะต่าง ๆ ในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้	18
3.4 ปริมาตรของน้ำ (mL) ที่ใช้ในสภาวะต่าง ๆ ในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้	19
4.1 ผลการทดลองการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่สภาวะต่าง ๆ	27
4.2 ค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุนของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ	28
4.3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน	29
4.4 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วน	30
ก.1 ข้อมูลสำหรับคำนวณค่าความหนาแน่นรวมของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ	39
ก.2 ข้อมูลสำหรับคำนวณค่าความหนาแน่นของวัสดุ ของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ	40
ก.3 ข้อมูลสำหรับคำนวณค่าความหนาแน่นของวัสดุ ของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ	41
ก.4 ค่าความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นของวัสดุและค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุนของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ	42
ข.1-1 แผนผังการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์	44
ข.1-2 ปริมาณ CMC ที่ใช้ในการทดลองต่าง ๆ ของการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์	44
ข.1-3 ปริมาณ CMC ที่สภาวะต่าง ๆ ในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้	45
ข.1-4 ค่าเปอร์เซ็นต์ความพรุนของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ	45
ข.2-1 ผลรวมในแต่ละ Column และ Row	46
ข.2-2 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของปริมาณ CMC ในแต่ละการทดลอง	47
ข.2-3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน	47
ข.3-1 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison	50

ตาราง

หน้า

ข.3-2 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วน	51
ข.3-3 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วน	52



รายการรูป

รูป	หน้า
2.1 โครงสร้างของอะไมโลส	5
2.2 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน	5
2.3 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 2 x 2	12
2.4 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 3 x 3	12
2.5 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่ 1	12
2.6 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่ 2	12
2.7 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่ 3	13
2.8 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยการสุ่มตัวอย่าง	13
2.9 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยการสมมติแถวแนวนอน	14
2.10 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยการสมมติแถวแนวตั้ง	14
3.1 ลักษณะของฟางข้าว แกลบและขี้เลื่อย ที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้ว	20
3.2 เครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิกส์	21
3.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้เครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิกส์	22
3.4 ลักษณะของการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่คั่นออกมาจากแม่พิมพ์เรียบร้อยแล้ว	22
3.5 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่ขึ้นรูปและนำออกมาจากแม่พิมพ์เรียบร้อยแล้ว	23
4.1 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้จากการทดลอง C 3 ที่อัตราส่วนของวัสดุ 1:2:1 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง	31
4.2 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้จากการทดลอง C 5 ที่อัตราส่วนของวัสดุ 1:1:1 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง	31
4.3 ลักษณะของกระถางต้นไม้ชุดที่หนึ่งที่มีการทดลอง C 2 เมื่อเวลาผ่านไป (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8	32

รูป

หน้า

ง.11	ลักษณะของกระดางต้นไม้ที่การทดลอง C 15 ใน (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ(ข) สัปดาห์ที่ 8	67
ง.12	ลักษณะของรากต้นไม้ในสัปดาห์ที่ 8 (ก) การทดลอง C 3 และ(ข) การทดลองC 4	68
ง.13	ลักษณะของรากต้นไม้ในสัปดาห์ที่ 8 (ก) การทดลอง C 5 และ(ข) การทดลองC 6	68
ง.14	ลักษณะของรากต้นไม้ในสัปดาห์ที่ 8 (ก) การทดลอง C 7 และ(ข) การทดลองC 8	69
ง.15	ลักษณะของรากต้นไม้ในสัปดาห์ที่ 8 (ก) การทดลอง C 10 และ(ข) การทดลองC 11	69
ง.16	ลักษณะของรากต้นไม้ในสัปดาห์ที่ 8 (ก) การทดลอง C 12 และ(ข) การทดลองC 15	70



ประนวดศัพท์และคำย่อ

CMC	=	Carboxy methyl cellulose
C.T	=	Correction term
cm ³	=	Cubic centrimetre
cm	=	Centrimetre
mL	=	Millilitre
df	=	Degree of freedom
g	=	Gram
g/cm ³	=	Gram per Cubic centrimetre
MS	=	Mean square
SS	=	Sum of square
SOV	=	Sort of square
r	=	Row
C	=	Coefficient
V	=	Volumn
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

บทนี้อธิบายถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตของการทำงานวิจัย และประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำงานวิจัย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมในแต่ละปีจะมีการผลิต และแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อการส่งออกเป็นจำนวนมาก แต่ปัจจุบันจะเห็นได้ว่าการแปรรูปเพื่อการส่งออกนั้นได้มีกระบวนการทางอุตสาหกรรมเข้ามามีบทบาทในการผลิตเป็นจำนวนมาก และจากกระบวนการเหล่านี้จะทำให้เกิดเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิตเป็นจำนวนมากเช่นกัน จึงมีผู้คิดค้นที่จะนำเศษวัสดุเหลือใช้เหล่านี้มา แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่เศษวัสดุและเป็นการช่วยลดปริมาณขยะที่จะเพิ่มมากขึ้น หรือในอีกทางหนึ่งคือการนำเศษวัสดุเหล่านี้มารีไซเคิลเพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบได้อีกครั้ง เช่น การผลิตกระดาษรีไซเคิลจากกระดาษเหลือใช้ หรือการผลิตกระดาษจากมูลสัตว์ และการผลิตผลิตภัณฑ์จักสานจากผักตบชวา เป็นต้น

ปัจจุบันการเพาะพันธุ์ต้นกล้าที่พบเห็นได้ทั่วไปนิยมใช้กระถาง หรือ ถูพลาสติกซึ่งมีราคาถูก หาซื้อง่ายและสะดวกในการใช้งาน แต่สิ่งที่สำคัญคือ พลาสติกเหล่านี้ใช้เวลาในการย่อยสลายตัวในธรรมชาติอย่างมากและจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง ด้วยเหตุนี้จึงได้มีแนวทางที่จะนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เป็นวัสดุจากธรรมชาติ และย่อยสลายในธรรมชาติได้ง่าย เช่น ฟางข้าว จี้เลื่อย และ แกลบ มาขึ้นรูปเป็นกระถางเพาะชำหรือภาชนะปลูกต้นกล้าที่สามารถย่อยสลายได้ในดิน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดมลพิษให้กับสภาพแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นการลดต้นทุนการเพาะปลูกอีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถนำไปพัฒนาปรับปรุงให้เป็นผลิตภัณฑ์ประดับตกแต่งอาคารบ้านเรือน หรือในทางเศรษฐกิจก็ยังสามารถนำไปพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) เพื่อเพิ่มรายได้ในการส่งออก และเป็นการพัฒนาประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย

งานวิจัยนี้ เลือกใช้ ฟางข้าว จี๊เลื่อย และ แกลบ เป็นวัตถุดิบ ส่วนตัวประสาน คือ แป้งมันสำปะหลัง และ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy Methyl Cellulose, CMC) โดยออกแบบการทดลองเป็นแบบ ลาคินสแควร์ โดยใช้เครื่องอัดกระดาษคั่นไม้ระบบไฮดรอลิกส์

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาการผลิตกระดาษคั่นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยออกแบบการทดลองแบบ ลาคินสแควร์

1.2.1.1 ศึกษาผลของอัตราส่วนของ ฟางข้าว ต่อ จี๊เลื่อย ต่อ แกลบ ที่ใช้ในการขึ้นรูป กระดาษคั่นไม้

1.2.1.2 ศึกษาผลของปริมาณตัวประสาน ที่ใช้ในการขึ้นรูปกระดาษคั่นไม้

1.2.2 วิเคราะห์การวัดค่าความพรุนของกระดาษคั่นไม้ ที่ได้จากการคำนวณหาความหนาแน่น ของวัสดุ

1.2.3 ศึกษาทดลองปลูกต้นไม้ เพื่อดูลักษณะการแตกรากของต้นไม้ และความคงทนของกระดาษ

1.3 ขอบเขตของการทำงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อค่าความพรุนของกระดาษคั่นไม้และการขึ้นรูปของกระดาษคั่นไม้ โดย กำหนดเงื่อนไขการทดลองแบบลาคินสแควร์ โดยมีตัวแปร ดังนี้

1.3.1.1 อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว ต่อ จี๊เลื่อย ต่อ แกลบ เป็น 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1 และ 2:1:1

1.3.1.2 ชนิดของตัวประสานที่ใช้ ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง และ CMC ซึ่งจะใช้ในปริมาณ ดังนี้

1.3.1.2.1 กำหนดปริมาณแป้งมันสำปะหลัง เป็น 60, 65, 70 และ 75 กรัม เพื่อนำ มาคำนวณเปอร์เซ็นต์ของแป้งมันสำปะหลังต่อวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1.3.1.2.2 CMC 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ของแป้งมันสำปะหลัง

1.3.2 วิเคราะห์สมบัติของกระดาษคั่นไม้โดยวิธีการหาความหนาแน่นของวัสดุเพื่อนำมาศึกษา ค่า ความพรุนของกระดาษคั่นไม้ และศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของกระดาษคั่นไม้

1.3.3 ศึกษาทดลองการปลูกต้นไม้เพื่อดูลักษณะการแตกรากและการย่อยสลายของกระดาษคั่นไม้ โดยการจบบันทึก เป็นเวลา 2 เดือน

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำงานวิจัย

- 1.4.1 เป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาทำให้เกิดประโยชน์เพื่อช่วยลดปริมาณขยะ
- 1.4.2 เป็นการช่วยลดการใช้ผลิตภัณฑ์ ประเภทพลาสติกในการเพาะชำและปลูกกล้าไม้ และยังช่วยลดมลพิษที่เกิดจากผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- 1.4.3 เป็นการช่วยลดต้นทุนในการเพาะปลูก เพราะใช้วัสดุในทางธรรมชาติที่เหลือใช้ทางการเกษตรที่หาได้ง่าย และราคาไม่แพง
- 1.4.4 ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นกระถางต้นไม้จากวัสดุธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้ในดินที่ช่วยลดมลภาวะทางดินได้
- 1.4.5 ได้สภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้จากเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ ชนิดนี้
- 1.4.6 กระถางต้นไม้ที่ได้นี้สามารถนำไปพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ปรับปรุงให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ประดับตกแต่งภายในอาคาร บ้านเรือนต่าง ๆ และนำไปผลิตในเชิงอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มมูลค่าการส่งออกทางเศรษฐกิจได้



บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

บทนีอธิบาย เกี่ยวกับเนื้อหาของวัตถุดิบ ปัจจัยที่มีผลต่อวัตถุดิบ ปฏิกิริยาการเกิดเจล และการวางแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์

2.1 แป้ง (Starch) [1]

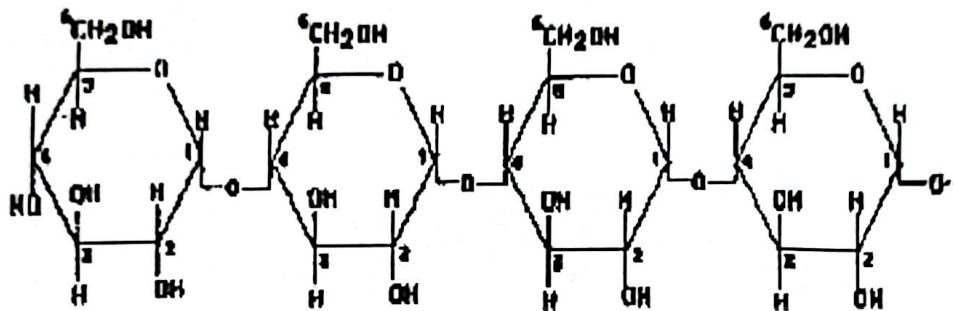
แป้งเป็นสารชีวโมเลกุลที่เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งจัดอยู่ในประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ แป้งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส ซึ่งพอลิแซ็กคาไรด์ คือคาร์โบไฮเดรตที่แยกสลายด้วยน้ำแล้วให้มอนอแซ็กคาไรด์หลายโมเลกุล แป้งประกอบด้วยอะไมโลส (Amylose) ซึ่งละลายน้ำประมาณ 20 % มีโครงสร้างดังแสดงตามรูป 2.1 และอะไมโลเพกติน (Amylopectin) ซึ่งไม่ละลายน้ำประมาณ 80 % มีโครงสร้างดังแสดงตามรูป 2.2

แป้งมันสำปะหลังเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศแต่มีราคาค่า จึงได้มีการนำมาเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของแป้งให้มีหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำ ซึ่งจะทำให้แป้งดูดซับน้ำได้ ทำให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้แก่ ผ้าออนามัย ผ้าอ้อมเด็กสำเร็จรูป เป็นต้น

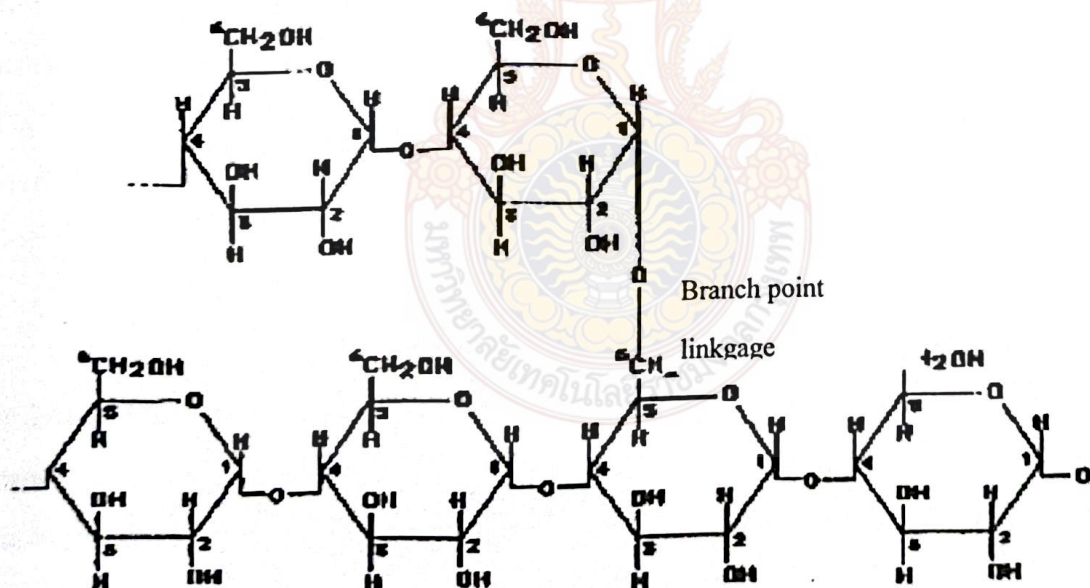
แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่พืชสร้างขึ้นและสะสมไว้ตามส่วนต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมล็ดและผล ซึ่งเมล็ดและผลของพืชเป็นแหล่งสะสมอาหารให้ต้นอ่อน นอกจากนี้พืชบางชนิดมีการสะสมแป้งไว้ตามรากเช่น เผือก มัน เป็นต้น โดยทั่วไปเมล็ดพืชหรือเมล็ดธัญพืชมีแป้งเป็นองค์ประกอบอยู่สูง 70 % ส่วนหัวและรากของพืชที่สะสมอาหารให้ต้นมีแป้งเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 25 - 30 %

จากการศึกษาส่วนประกอบของแป้งโดยการดกตะกอนพบว่าแอลกอฮอล์สามารถแยกแป้งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ อะไมโลส เป็นส่วนที่ดกตะกอนออกมาจากส่วนประกอบ และมีส่วนของอะไมโลเพกตินที่ละลายอยู่ในส่วนประกอบไม่ดกตะกอนแยกออกมา อะไมโลสและอะไมโลเพกตินที่เป็นส่วนประกอบของแป้งนี้มีสมบัติแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ถ้าดกตะกอนด้วยสารเคมีซึ่งเรียกว่าตัวกระทำการแยกลำดับส่วนที่ใช้ อาจเป็นเอสเทอร์ (Ester) คีโตน (Ketone) เมอร์คัปตัน (Mercaptan) กรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acid) ไนโตรพาราฟิน (Nitroparaffin) และไพริดีน (Pyridine) อย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของตัวกระทำ

การแยกลำดับส่วนเหล่านี้คือความสามารถของสารในการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับอะไมโนสไนน์เอง ที่เป็นผลทำให้สารเหล่านี้สามารถแยกอะไมโนสออกมาจากสารแขวนลอยของน้ำแข็งได้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของอะไมโลส [2]



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน [2]

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอินทรีย์จำพวกอัลดีไฮด์และคีโตน ที่มีหมู่ -OH หลายหมู่อยู่ในโมเลกุล ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน แบ่งประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนสองชนิดเป็นส่วนใหญ่ คือ อะไมโลส 15 – 20 % และอะไมโลแพคติน 80 – 85 % อะไมโลสเป็นสารที่ละลายน้ำได้ แบ่งแต่ละชนิดประกอบด้วยอะไมโลสในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณอะไมโลสและอะไมโลแพคตินในแป้งชนิดต่างๆ [3]

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

2.1.1 เกรนูลแป้ง

แป้งที่เกิดขึ้นในธรรมชาติอยู่ในรูปของเกรนูล ภายในเกรนูล ประกอบไปด้วยโมเลกุลของพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) 2 ชนิดคือโมเลกุลอะไมโลส (Amylose molecule) และโมเลกุลอะไมโลแพคติน (Amylopactin molecule) ซึ่งมีการจัดเรียงตัวอยู่ภายในคอนเซนตริกเชลล์ (Concentric shell) เมื่อโมเลกุลของอะไมโลสเกิดการขดตัวเป็นวงและหลายๆ โมเลกุลรวมเข้าด้วยกันโดยมีพันธะไฮโดรเจนเกิดขึ้นระหว่างโมเลกุล หรือเกิดมีพันธะไฮโดรเจนขึ้นระหว่างโมเลกุลของอะไมโลแพคตินทำให้เกิดบริเวณที่เรียกว่า ไมเซลล์ (Micelle) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกรนูลเกิดลักษณะสองแนวขึ้นเพราะมีแรงรวมตัวเกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลอย่างหลวมๆ ของโมเลกุลอะไมโลสทำให้น้ำสามารถเข้าไปอยู่ภายในได้โดยง่ายและน้ำอาจจะไปอยู่ระหว่างไมเซลล์ด้วยทำให้เกิดคอนเซนตริกเชลล์ขึ้น

แป้งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีความสำคัญคือเป็นตัวทำให้สมบัติต่างๆ ของแป้งแตกต่างกันไป เช่น เมื่อนำเอาแป้งชนิดต่างๆ มาละลายในน้ำแล้วจะพบว่าแป้งมีสมบัติแตกต่างกัน แป้งบางชนิดกระจายตัวในน้ำได้ทันที แป้งบางชนิดกระจายตัวในน้ำได้เพียงเล็กน้อย แป้งบางชนิดไม่ละลายน้ำ แป้งบางชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นสารละลายที่มีความหนืดต่ำ แป้งบางชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นสารละลายที่ข้นเหนียว แป้งบางชนิดสามารถให้ลักษณะเจลขึ้นเมื่อได้รับความร้อน เจลที่เกิดขึ้นของแป้งบางชนิดโปร่งใส บางชนิดทึบ บางชนิดคั้นตัวหลังจากได้รับความร้อนและบางชนิดไม่คั้นตัวหลังจากได้รับความร้อนเป็นต้น ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้เนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ คือ

1. องค์ประกอบของมอโนแซ็กคาไรด์ (Monosaccharide) ในพอลิแซ็กคาไรด์แต่ละชนิด
2. ลักษณะของพันธะเคมีระหว่างหน่วยมอโนแซ็กคาไรด์ (Monosaccharide Unit)
3. พันธะไฮโดรเจนและอันตรกิริยาเชิงไอออน (Ionic interaction) ภายในพอลิแซ็กคาไรด์และระหว่างพอลิแซ็กคาไรด์นั้น

2.1.2 แป้งเปียกของแป้ง

เมื่อนำแป้งมาทำให้กระจายตัวในน้ำ และให้ความร้อนจะเกิดในลักษณะของน้ำแป้งที่เหนียวข้นขึ้นเรียกว่า แป้งเปียก โดยปกติแล้วเกรนูลแป้งจะแห้งเมื่อถูกนำมากระจายตัวในน้ำทำให้สูญเสียโครงสร้างผลึก (Crystalline structure) โดยเกรนูลแป้งดูดซึมน้ำเอาไว้และจะพองตัวขึ้น แป้งแต่ละชนิดสามารถดูดซึมน้ำได้แตกต่างกันไปแล้วแต่นิคมของแป้งนั้นๆ ต่อมาเมื่อสารแขวนลอยของแป้งในน้ำได้รับความร้อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นภายในเกรนูลแป้ง โดยการเปลี่ยนแปลงนี้ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีโพราไรซ์ประกอบอยู่ด้วยเท่านั้น จึงสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ นั่นคือรอบๆ ฮิลัม (Hilum) ของเกรนูลแป้งเกิดการสูญเสียการหักเหสองแนว (ลักษณะที่สามารถมองเห็นได้เฉพาะเมื่อส่องดูน้ำแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพราไรซ์ไมโครสโคปเท่านั้น) โดยการหักเหสองแนวจะมองเห็นเป็นแสงสุกสว่างอยู่ภายในของเกรนูลแป้งเป็นรูปกากบาทหรือดาวรอบๆ ฮิลัม

การเปลี่ยนแป้งในแต่ละชนิดจะเริ่มเกิดการสูญเสียการหักเหสองแนวออกจากเกรนูลแป้งจนกระทั่งเกรนูลแป้งทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำแป้งนั้นสูญเสียการหักเหสองแนวออกจากเกรนูลแป้งไปหมดอย่างสมบูรณ์ มีอุณหภูมิแตกต่างกันช่วงของอุณหภูมิระหว่างนี้เรียกว่า ช่วงการเปลี่ยนเป็นวุ้นใสเมื่อถูกความร้อน (Gelatinization temperature range) ส่วนคำว่าอุณหภูมิการเปลี่ยนเป็นวุ้น (Gelatinization temperature) หมายถึง อุณหภูมิซึ่งเกรนูลแป้งทั้งหมดที่มีอยู่ในแป้งนั้นๆ ได้สูญเสียการหักเหสองแนวทั้งหมดที่มีอยู่ในเกรนูลแป้งออกไป แป้งแห้ง (Cereal starch) มีค่าช่วงการเปลี่ยนเป็นวุ้นใสเมื่อถูกความร้อนและค่าอุณหภูมิการ

เปลี่ยนเป็นวัสดุไม่แน่นอนไม่สามารถบอกราคาได้ ส่วนมากแป้งแห้งจะเริ่มแสดงการสูญเสียการหักเหของแสงที่อุณหภูมิ 57.78 °C และจะสูญเสียการหักเหของแสงอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 70 °C

เกรนูลแป้งที่เกิดการเปลี่ยนเป็นวัสดุแล้วและไม่มีการพองตัวขึ้นอีก หลังจากการเปลี่ยนเป็นวัสดุยังคงสามารถกลับคืนสู่สภาพผลึกทรงกลม (Spherocrystalline) อีกได้ถ้าใช้แอลกอฮอล์ทำให้เกรนูลแป้งนี้คายน้ำออกไปจนหมด จากนั้นแล้วเกรนูลแป้งจะกลับมีสมบัติเหมือนเดิมอีกคือมีการการหักเหของแสงที่แข็งแรงเหมือนตอนแรกและมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีน

เมื่ออุณหภูมิของน้ำแป้งสูงขึ้น พันธะไฮโดรเจนในน้ำและในแป้งถูกทำลาย น้ำจะซึมเข้าไประหว่างโมเลกุลของแป้งจึงทำให้แป้งมีการเพิ่มขนาดหรือพองตัวเพราะโมเลกุลของน้ำจะเข้าไปอยู่ระหว่างโมเลกุลของแป้ง แป้งต่างชนิดกันจะมีช่วงเวลาเป็นเจลาตินต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ช่วงเวลาการทำให้เป็นเจลาตินของแป้งชนิดต่างๆ [3]

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

2.1.3 ลักษณะของแป้งเปียกและการพองตัว [4]

สารแขวนลอยของแป้งในน้ำเมื่อได้รับอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนเกรนูลเกิดการเปลี่ยนเป็นวัสดุนั้นเกรนูลแป้งจะพองตัว จนในที่สุดไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพการหักเหของแสงได้ตามเดิมอีกเรียกเกรนูลแป้งในสภาพนี้ว่า สวอลเดินเกรนูล (Swollen granule) เกรนูลแป้งในสภาพนี้โมเลกุลของอะไมโลส

ออกมาโดยที่เกรนูลแป้งยังคงสภาพเดิมไม่แตกออก การพองตัวของเกรนูลแป้งในขณะที่อุณหภูมิของน้ำแป้งเพิ่มสูงขึ้น และการสูญเสียโมเลกุลของอะไมโลสออกไปจากเกรนูลเป็นสาเหตุให้น้ำแป้งมีความหนืดเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่ความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มสูงขึ้นในทันทีทันใดนั้นก็คือ ช่วงการเปลี่ยนเป็นวุ้นใสเมื่อถูกความร้อนนั่นเองแต่ในบางกรณีก็เรียกว่าอุณหภูมิการพองตัว แป้งแต่ละชนิดมีลักษณะของเกรนูลแป้งที่พองตัวภายหลังการเปลี่ยนเป็นวุ้นใสและลักษณะของแป้งแตกต่างกันไป เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าแป้งสาลีให้ลักษณะของแป้งเป็นซอฟเฟส (Soft paste) ขณะที่แป้งข้าวโพดให้แป้งมีลักษณะจัดเป็นซอฟเฟสที่มีลักษณะค่อนข้างกระด้างกว่าแต่ทั้งแป้งสาลีและแป้งข้าวโพดให้แป้งที่จัดอยู่ในช็อตเฟส (Shot paste) ทั้งคู่ ส่วนแป้งข้าวเหนียวจะให้แป้งจัดเป็นลองเฟส (Long paste)

2.1.4 ความหนืดของแป้งเปียก

น้ำแป้งเมื่อได้รับความร้อนความหนืดจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกรนูลแป้งเกิดการพองตัวขึ้นและอะไมโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำละลายออกมาจากเกรนูล

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของแป้งเมื่อได้รับความร้อนคือ

1. ความเข้มข้นของน้ำแป้ง
2. ชนิดของแป้ง
3. อุณหภูมิที่ใช้ให้กับแป้ง
4. ระยะเวลาของการให้ความร้อนที่อุณหภูมินั้นๆ
5. การกวนแป้ง
6. ความเป็นกรด - ด่างของน้ำแป้ง

น้ำแป้งของแป้งแห้งที่ได้รับความร้อนจะให้ความหนืดที่มีสมบัติเฉพาะเช่น แป้งข้าวฟ่างให้ช็อตเฟสซึ่งมีความหนืดค่อนข้างสูง และคงตัวดีพอสมควรในระหว่างการหุงต้มเช่นเดียวกับแป้งข้าวโพดและแป้งสาลี ส่วนแป้งข้าวเหนียวให้ลองเฟสซึ่งมีความหนืดสูงในช่วงเป็นวุ้นใสแต่ความหนืดลดลงรวดเร็วในระหว่างการหุงต้ม น้ำแป้งที่ได้รับความร้อนจนกระทั่งเกรนูลแป้งเกิดการพองตัวเต็มที่แล้วเมื่อลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิห้อง น้ำแป้งจะมีลักษณะคล้ายวุ้นเกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเกรนูลพยายามกลับคืนสู่สภาพเดิมแต่เพราะว่าเกรนูลแป้งเกิดการพองตัวใหญ่ขึ้น และอะไมโลสละลายออกไปจากเกรนูลแล้วไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ ทำให้น้ำแป้งนั้นมีลักษณะข้นเหนียวและมีปริมาณเพิ่มขึ้น สภาพเช่นนี้เรียกว่าเซตแบ็ค น้ำแป้งนี้จะทำให้เกิดลักษณะคล้ายวุ้นมากขึ้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ คือ

1. ชนิดของแป้ง
2. ความเข้มข้นของแป้ง

3. ความเป็นกรด - ค่างของแป้ง

ความหนืดของน้ำแป้งที่เกิดขึ้นจากแป้งแต่ละชนิดเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้บ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใดควรใช้แป้งชนิดใดจึงจะเหมาะสม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้มีสมบัติและคุณลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการเช่น ในน้ำซอส น้ำเกรวี่ ต้องการใช้แป้งที่ให้ลักษณะของน้ำแป้งที่มีความเข้มข้นแก่อาหาร คงตัวตลอดระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์ถูกวางขายในท้องตลาด

ส่วนประกอบของแป้งแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น ชนิดพืช สายพันธุ์ อายุ ลักษณะดินที่ปลูกและสภาพดินฟ้าอากาศ ส่วนประกอบของแป้งที่ได้จากส่วนของหัว รากและลำต้น จะแตกต่างกันไปจากแป้งที่ผลิตจากเมล็ดธัญพืชและถั่ว กล่าวคือวัตถุดิบจำพวกที่มาจากหัว ราก จะมีความชื้นสูงกว่าแต่มีโปรตีนและไขมันต่ำกว่าเมล็ดธัญพืชและถั่ว อย่างไรก็ตามปริมาณแป้งของวัสดุ เกษตรเมื่อคำนวณตามน้ำหนักแห้งจะประกอบด้วยแป้งประมาณร้อยละ 70 - 85 เมื่อทำการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่าประกอบด้วยสารประกอบหลายชนิดและอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ส่วนประกอบของแป้ง ยังประกอบด้วยน้ำตาล เกลือแร่ กรดอินทรีย์เป็นต้น จากส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันของวัตถุดิบ เหล่านี้ทำให้มีผลต่อสมบัติของแป้งที่จะนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์จากแป้งด้วย

ก. ความชื้น ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์แป้ง ขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ ที่เก็บแป้งนั้นๆ กล่าวคือ เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ลดลงแป้งจะมีความชื้นลดลงและถ้าความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น แป้งจะดูดความชื้นเข้าไปมาก ความชื้นสมดุลย์ของแป้ง (Equilibrium moisture) ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้งภายใต้สภาวะบรรยากาศทั่วๆ ไป แป้งจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 10 - 20 (น้ำหนัก/น้ำหนัก)

ข. ไขมัน ผลิตภัณฑ์แป้งที่ได้จากส่วนหัว รากและลำต้นของพืชเช่น มันสำปะหลัง มันฝรั่ง สาเก จะมีสารประกอบไขมันอยู่ในปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 0 - 1 ซึ่งน้อยกว่าปริมาณไขมันในแป้งที่ผลิตจากธัญพืชไขมันในแป้งจะแทรกอยู่เป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอะไมโลสเป็นอะไมโลสไขมัน โมเลกุลเชิงซ้อนนี้จะไม่ละลายน้ำแต่เมื่อต้มในอุณหภูมิสูงจะเกิดการแตกตัวทำให้โครงสร้างการเชื่อมของไขมันและอะไมโลสแตกตัวออก ส่วนของอะไมโลสก็จะละลายได้ไขมัน ทำให้แป้งมีกลิ่นหืนได้เมื่อเก็บไว้นาน

ค. โปรตีน ผลิตภัณฑ์แป้งที่ได้จากส่วนหัว รากและลำต้นของพืช จะมีโปรตีนต่ำกว่าแป้งที่ผลิตจากธัญพืช การที่มีโปรตีนอยู่ในแป้งทำให้แป้งจากธัญพืชมีกลิ่นที่เรียกว่า กลิ่นอาหารและยังมีส่วนทำให้เกิดฟอง เม็ดแป้งสาธิตขนาดเล็กมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 1.6 ซึ่งมากกว่าเม็ดแป้งสาธิตขนาดใหญ่ซึ่งมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 0.1

ง. ฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสในแป้งมักจะอยู่รวมกับไขมันเรียกว่า ฟอสโฟลิปิด แป้งที่ผลิตจากรากเช่น มันสำปะหลังมีฟอสฟอรัสต่ำ อย่างไรก็ตามแป้งมันฝรั่งที่ผลิตเป็นการค้าได้มีการใช้กรรมวิธี

ทางเคมีเชื่อมต่อกกลุ่มฟอสเฟสเอสเทอร์เข้าไปในโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสในโมเลกุลของอะไมโลแพคตินในแป้งมันฝรั่ง โดยมีปริมาณของกลุ่มฟอสเฟสในแป้งมันฝรั่ง 1 กลุ่มต่อกกลูโคส 200 – 400 หน่วย การแทนที่ของกลุ่มฟอสเฟสทำให้สมบัติของอะไมโลแพคตินเปลี่ยนแปลงไป

จ. เถ้า ผลิตภัณฑ์แป้งทุกชนิดมีสารอนินทรีย์ประกอบอยู่ในปริมาณเล็กน้อย เถ้าของแป้งจากธัญพืชส่วนหนึ่งจะเป็นฟอสฟอริค เถ้าของแป้งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยโซเดียม โปแตสเซียม แมกนีเซียมและแคลเซียม โดยอยู่ในรูปของสารประกอบโลหะ

ฉ. กลิ่น แป้งที่ผลิตจากธัญพืชคือ ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าว ข้าวฟ่าง มักจะมีกลิ่นของธัญพืช ส่วนแป้งจากมันฝรั่งและมันสำปะหลังไม่มีกลิ่นแป้ง กลิ่นของแป้งธัญพืชเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของไขมันโดยเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นแป้งจากพืชหัว รากและลำต้นที่มักไม่มีกลิ่นอาจจะเนื่องจากแป้งเหล่านั้นมีไขมันประกอบอยู่น้อยกว่า

2.2 การออกแบบแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ (Latin Squares Design , LSD)

2.2.1 เงื่อนไขการใช้

แผนการทดลองแบบนี้ใช้ในกรณีที่พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดการผันแปรในหน่วยทดลองสองสาเหตุก่อนให้ทรีทเมนต์ หน่วยทดลองจะถูกจัดกลุ่มในสองทิศทาง (Two directional grouping) ตามสาเหตุของความผันแปร ซึ่งเรียกว่าความผันแปรในแถวแนวนอน (Rows) และความผันแปรในแถวแนวตั้ง (Columns)

เนื่องจากในแต่ละแถวแนวนอนและแถวแนวตั้งจะต้องใส่ได้ ครบทุกทรีทเมนต์ ดังนั้นขนาดของแถวแนวนอน ขนาดของแถวแนวตั้งและจำนวนทรีทเมนต์จะต้องเท่ากันหรือกำหนดว่าจำนวนแถวแนวนอนเท่ากับจำนวนแถวแนวตั้งเท่ากับจำนวนทรีทเมนต์

2.2.2 วิธีการสุ่ม

การสุ่มทรีทเมนต์ให้กับหน่วยทดลองจะกระทำโดยมีเงื่อนไขว่า ในแต่ละแถวแนวนอนและในแต่ละแถวแนวตั้งจะต้องมีครบทุกทรีทเมนต์ วิธีการสุ่มอาจทำได้ 2 วิธี คือ

2.2.2.1 สุ่มผังลาตินสแควร์ผัดผัสนึ่งหนึ่งมาใช้ จากผังลาตินสแควร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดในแต่ละขนาดของลาตินสแควร์ ดังนี้

ถ้ากำหนดให้ A B C เป็นทรีทเมนต์ ผังลาตินสแควร์ที่สร้างขึ้นโดยทำให้แถวแนวนอนที่หนึ่งและแถวแนวตั้งที่หนึ่งมีการจัดทรีทเมนต์เรียงตามลำดับตามตัวอักษร (Alphabetical order) จะถูกเรียกว่า ผังลาตินสแควร์มาตรฐาน (Standard latin square) ตัวอย่างเช่น

A	B
B	A

รูปที่ 2.3 ฟังลาดินสแควร์มาตรฐานแบบ 2 x 2

A	B	C
B	C	A
C	A	B

รูปที่ 2.4 ฟังลาดินสแควร์มาตรฐานแบบ 3 x 3

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

รูปที่ 2.5 ฟังลาดินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่ 1

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

รูปที่ 2.6 ฟังลาดินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่ 2

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

รูปที่ 2.7 ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 แบบที่ 3

ถ้า $r \times r$ เป็นลาตินสแควร์ที่มีจำนวนแถวแนวนอนเท่ากับจำนวนแถวแนวตั้งเท่ากับ r (เท่ากับจำนวนทริทเมนต์) จำนวนผังลาตินสแควร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดต่อผังลาตินสแควร์มาตรฐานหนึ่งผังจะเท่ากับ $r!(r-1)!$

2.2.2.2 ใช้การสุ่มจากผังลาตินสแควร์มาตรฐาน โดยสุ่มผังลาตินสแควร์มาตรฐานตามขนาดที่ต้องการมาหนึ่งผัง จากนั้นจะจัดลำดับของแถวแนวนอนและแถวแนวตั้งใหม่โดยอาศัยการสุ่มตัวอย่างเช่น ใช้การทดลองแบบลาตินสแควร์ขนาด 4 x 4 สมมติผังลาตินสแควร์มาตรฐาน ตามรูปที่ 2.8

		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 2.8 ผังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยการสุ่มตัวอย่าง

จัดลำดับแถวแนวนอนโดยสุ่มสมมติได้ลำดับแถวแนวนอนใหม่เป็น 3, 1, 2, 4 จะได้แผนภาพ ตามรูปที่ 2.9

		แถวแนวนตั้ง			
		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 2.9 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยสมมติแถวแนวนอน

จัดลำดับแถวแนวนอนโดยสุ่มสมมติได้ลำดับแถวแนวนตั้งใหม่เป็น 4, 3, 2, 1 จะได้แผนภาพ ตามรูปที่ 2.10

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

รูปที่ 2.10 ฟังลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4 x 4 โดยสมมติแถวตั้ง

2.3 งานวิจัยที่ผ่านมา

กิตติชัยและคณะ [7] ศึกษาการใช้เทคโนโลยีด้านไฮดรอลิกส์เข้ามาช่วยในขั้นตอนการผลิตกระดางคันไม้ ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการผลิตกระดางคันไม้ คือ ชานอ้อย 400 mL โขมะพร้าว 920 mL และใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานที่ทำให้เป็นเจล มีปริมาตร 320 mL ทำการอัดขึ้นรูปที่ความดัน 2000 psig เป็นเวลา 15 วินาที สามารถอัดขึ้นรูปกระดางคันไม้ได้ดีและทดลองปลูกคันไม้เป็นเวลา 1 เดือน พบว่ากระดางคันไม้ยังคงรูปได้ดีและคันไม้สามารถแทงรากได้ดี

นางสาวธิดารัตน์ มานิชย์ และนางสาวอุษาวดี ไม้คง [9] ศึกษาการผลิตกระดางคันไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตกระดางคันไม้ที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ตอนที่หนึ่งศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อค่าความพรุนของกระดางคันไม้ ได้แก่ อัตราส่วนของวัตถุดิบ ชนิดของตัวประสานและความดันโดยการออกแบบแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ ซึ่งทำการศึกษาอัตราส่วนที่เตรียมจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรคือ โขมะพร้าว ชานอ้อยและขี้เถ้าเป็น 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 ซึ่งชนิดของตัวประสานคือ แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียวและแป้งสาลี ทำการขึ้นรูปกระดางคันไม้โดยใช้เครื่องอัดกระดางคันไม้ระบบไฮดรอลิกส์ที่ความดัน 1000, 1500, 2000, 2500 psig เป็นเวลา 15 วินาที ผลการคำนวณทางสถิติพบว่า ค่าความพรุนของกระดางคันไม้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวประสานอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งตัวประสานที่ให้ค่าความพรุนสูงสุดคือแป้งสาลี ตอนที่สองศึกษาอิทธิพลของเวลาและความดันที่ใช้ในการขึ้นรูปกระดางคันไม้โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่ พบว่าเวลาและความดันไม่มีผลต่อความพรุนของกระดางคันไม้อย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 3

วิธีการทำงานวิจัย

บทนี้อธิบาย เกี่ยวกับเนื้อหาของวิธีการทดลองผสมอัตราส่วน และการขึ้นรูปกระดางต้นไม้โดยใช้เครื่องอัดกระดางต้นไม้ระบบไฮดรอลิกส์ ตลอดจนการวัดค่าความพรุนของกระดางต้นไม้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

1. ฟางข้าว
2. จี๊เลื่อย
3. แกลบ
4. แป้งมันสำปะหลัง
5. คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส
6. น้ำกลั่น

3.1.2 อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งหยาบ
2. เครื่องชั่งละเอียด
3. หม้อสแตนเลส
4. ไม้พาย
5. เตาแก๊ส
6. กระบอกตวงขนาด 250 mL
7. ขวดปรับปริมาตรขนาด 50 mL
8. บีกเกอร์ขนาด 50 mL
9. บิวเรตขนาด 50 mL
10. เครื่องอัดกระดางต้นไม้ระบบไฮดรอลิกส์



3.2 วิธีการทดลอง

เนื่องจากการทดลองนี้มีตัวแปร 3 ตัวที่มีผลต่อค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ คือ อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ปริมาณของแป้งมันสำปะหลัง และเปอร์เซ็นต์ของ CMC โดยแต่ละตัวแปรนั้นมี 4 ค่า ดังนั้นจะต้องทำการทดลองถึง 64 ครั้ง ซึ่งแต่ละการทดลองนั้นใช้เวลานานมาก ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์มาช่วยลดจำนวนครั้งการทดลองให้คงเหลือการทดลองเพียง 16 ครั้ง และเนื่องจากมีตัวแปร 3 ตัวในการทดลองซึ่งสามารถจัดแผนการทดลองเข้ากับการออกแบบการทดลองดังกล่าวได้โดยแต่ละแถวแนวนอนหรือแต่ละแถวแนวตั้งเป็นตารางที่สมบูรณ์ ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 3.1 โดยวิธีการวิเคราะห์แบบนี้สามารถถึงความแตกต่าง เนื่องจากแถวแนวนอนและแถวแนวตั้งออกจากความคลาดเคลื่อนได้ โดยวิธีการทดลองแบ่งออกได้เป็น ดังนี้

1. การออกแบบตารางลาตินสแควร์

1.1 กำหนดปริมาณของแป้งมันสำปะหลัง เป็น 60, 65, 70, 75 เพื่อนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ของแป้งมันสำปะหลังต่อวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

วัสดุทั้งหมด 110 g ใช้แป้งมันสำปะหลัง 65 g

วัสดุทั้งหมด 100 g ใช้แป้งมันสำปะหลัง $65 \times 100/110 = 59.09 \%$

ตารางที่ 3.1 ปริมาณของแป้งมันสำปะหลังที่คำนวณได้จากการทดลองขึ้นรูปกระดางต้นไม้

วัสดุ	ตัวแปรสาม	เปอร์เซ็นต์
1. 110 g	$60 + 60 \times 6 = 420 \text{ g}$	54.55 %
2. 110 g	$65 + 65 \times 6 = 455 \text{ g}$	59.09 %
3. 110 g	$70 + 70 \times 6 = 490 \text{ g}$	63.64 %
4. 110 g	$75 + 75 \times 6 = 525 \text{ g}$	68.18 %

ตารางที่ 3.2 ปริมาณแป้ง (g) ที่สภาวะต่าง ๆ ของการทดลองขึ้นรูปกระถางต้นไม้

ปริมาณแป้ง มันสำปะหลัง (g)	อัตราส่วนของ ฟางข้าว : ขี้เลื่อย : แกลบ			
	1:1:1	1:1:2	1:2:1	2:1:1
60	C 1	C 2	C 3	C 4
65	C 5	C 6	C 7	C 8
70	C 9	C 10	C 11	C 12
75	C 13	C 14	C 15	C 16

คำนวณปริมาณของ CMC จากการกำหนดเปอร์เซ็นต์ 10, 20, 30, 40 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่กำหนด ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

แป้งมันสำปะหลัง 100 g ใช้ปริมาณ CMC 10 g

แป้งมันสำปะหลัง 65 g ใช้ปริมาณ CMC $65 \times 10 / 100 = 6.5$ g

ตารางที่ 3.3 ปริมาณ CMC (g) ที่สภาวะต่าง ๆ ในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้

ปริมาณแป้ง มันสำปะหลัง (g)	อัตราส่วนของ ฟางข้าว : ขี้เลื่อย : แกลบ			
	1:1:1	1:1:2	1:2:1	2:1:1
60	6.0 (10%)	24.0 (40%)	18.0 (30%)	12.0 (20%)
65	13.0 (20%)	6.5 (10%)	26.0 (40%)	19.5 (30%)
70	21.0 (30%)	14.0 (20%)	7.0 (10%)	28.0 (40%)
75	30.0 (40%)	22.5 (30%)	15.0 (20%)	7.5 (10%)

ตารางที่ 3.4 ปริมาตรของน้ำ (mL) ที่ใช้ในสภาวะต่าง ๆ ในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้

ปริมาณแป้ง มันสำปะหลัง (g)	อัตราส่วนของ ฟางข้าว : จีเลื้อย : แกลบ			
	1:1:1	1:1:2	1:2:1	2:1:1
60	360	450	420	390
65	390	360	450	420
70	420	390	360	450
75	450	420	390	360

3.3 การทดลองผสมอัตราส่วนและขึ้นรูปกระถางต้นไม้ จากตารางลาดินสแควร์

3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

3.3.1.1 นำฟางข้าวมาตัดให้ความยาวประมาณ 5 cm ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาลดขนาดด้วยเครื่อง Cutting Machine ได้ โดยใช้ตะแกรงเบอร์ 2 ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุดจะได้ฟางข้าวความยาวประมาณ 1 cm ดังรูปที่ 3.1(ก)

3.3.1.2 นำจีเลื้อยมาวอร์นเพื่อเอาเศษวัสดุที่ติดมาด้วยออกจนหมดโดยใช้ตะแกรงร่อนจะได้ จีเลื้อย ดังรูปที่ 3.1(ข)

3.3.1.3 นำแกลบมาลดขนาด ด้วยเครื่อง Cutting Machine โดยใช้ตะแกรงเบอร์ 2 ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุดจะได้แกลบความยาวประมาณ 1 cm ดังรูปที่ 3.1(ค)

3.3.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวประสาน

3.3.2.1 ชั่งแป้งตามน้ำหนักที่กำหนดไว้ตามตารางที่ 3.1

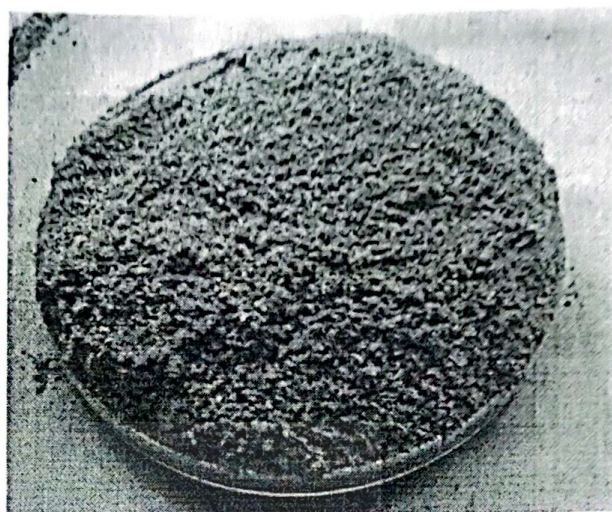
3.3.2.2 ชั่ง CMC ตามน้ำหนักที่ได้คำนวณไว้ตามตารางที่ 3.2

3.3.2.3 ควน้ำตามปริมาตรที่ได้คำนวณไว้ ตามตารางที่ 3.3

3.3.2.4 ผสมแป้งมันสำปะหลัง CMC และน้ำตามอัตราส่วนที่ต้องการ คลุกเค้าจนทั่ว นำส่วนผสมทั้งหมดไปให้ความร้อนพร้อมทั้งกวนน้ำแป้งขณะให้ความร้อนจนน้ำแป้งเปลี่ยนไปเป็นเจล หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3.1 ลักษณะของวัสดุ ที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมเสร็จเรียบร้อยแล้ว : (ก) ฟางข้าว, (ข) ขี้เลื่อย และ (ค) แกลบ

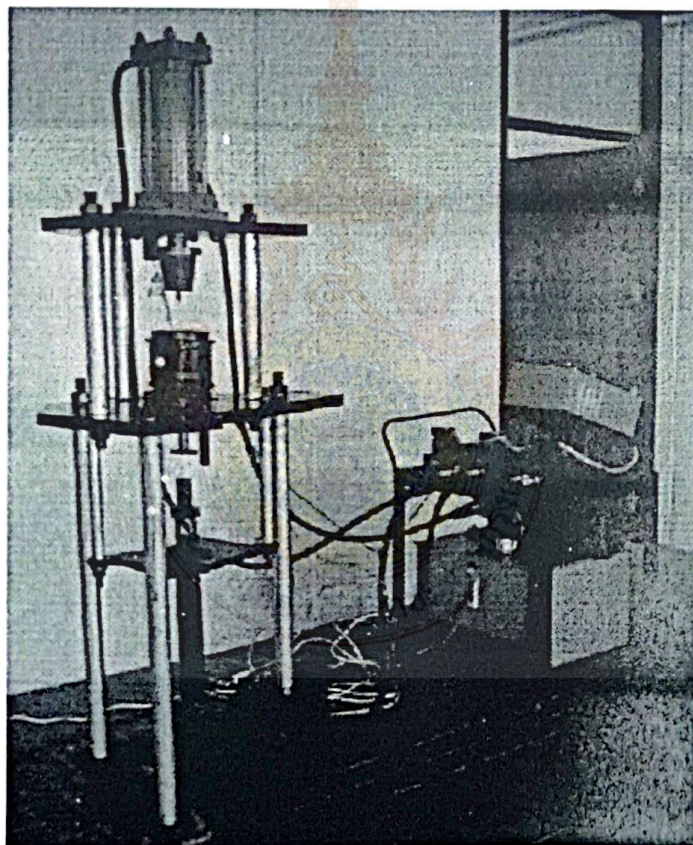
3.3.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปกระดางคันไม้

3.3.3.1 นำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรซึ่งเป็นวัตถุดิบที่เตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว จำนวน 110 กรัม ผสมกับตัวประสานที่เตรียมไว้ตามอัตราส่วนข้างต้น

3.3.3.2 คลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน

3.3.3.3 นำมาขึ้นรูปกระดางคันไม้ด้วยเครื่องอัดกระดางคันไม้ระบบไฮดรอลิกส์ ดังรูปที่ 3.2 ที่ความดัน 1500 psig เป็นเวลา 15 วินาที

3.3.3.4 นำกระดางคันไม้ที่ทำการขึ้นรูปเสร็จเรียบร้อยแล้ว มีลักษณะดังรูปที่ 3.3 – 3.5 มาตากแดดให้แห้ง หรือนำมาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60°C



รูปที่ 3.2 เครื่องอัดกระดางคันไม้ระบบไฮดรอลิกส์



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้เครื่องอัดกระถางต้นไม้ระบบไฮดรอลิกส์



รูปที่ 3.4 ลักษณะของการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ที่ดันออกมาจากแม่พิมพ์



รูปที่ 3.5 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่ขึ้นรูปและนำออกมาจากแม่พิมพ์

3.4 การวัดค่าความพรุน [5]

3.4.1 การหาความหนาแน่นรวม

3.4.1.1 นำกระถางต้นไม้ที่ตากแห้งหรืออบเรียบร้อยแล้วมาตัดเป็นชิ้นให้มีขนาด

2.54 x 2.54 cm

3.4.1.2 นำชิ้นงานที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก บันทึกผล

3.4.1.3 ทำการวัดขนาดชิ้นงานเพื่อนำค่ามาคำนวณหาปริมาตรของชิ้นงาน บันทึกผล

3.4.1.4 คำนวณหาความหนาแน่นรวมของชิ้นงาน จากสมการที่ 1

$$\text{ความหนาแน่นรวม } (\rho_b) = \frac{\text{น้ำหนักชิ้นงาน}}{\text{ปริมาตรชิ้นงาน}} \quad (1)$$

3.4.2 การหาความหนาแน่นของวัสดุ

3.4.2.1 ชั่งขวดปรับปริมาตรขนาด 50 mL ที่แห้งและสะอาด บันทึกผล (m_1) น้ำตัวอย่างของกระดางคันไม้ (ชิ้นงานเดียวกันกับ 3.4.1.1) มาบดให้ละเอียดแล้วบรรจุลงในขวดปรับ ปริมาตร ชั่งน้ำหนักขวดปรับปริมาตรอีกครั้ง บันทึกผล (m_2)

3.4.2.2 เติมน้ำกลั่น 30 mL ลงในขวดปรับ ปริมาตรในข้อ 3.4.2.1 เข้าให้เข้ากัน นำขวดปรับปริมาตรไปอุ่นในอ่างให้ความร้อนประมาณ 50°C พร้อมกับใช้ที่จับหลอดทดลองจับที่คอขวดปรับ ปริมาตรเพื่อทำการเขย่าในขณะที่ขวดอุ่น เมื่อไอปรากฏให้ทำการอุ่นต่อไปอีก 2 – 3 วินาที

3.4.2.3 นำขวดปรับปริมาตรไปตั้งไว้ที่อ่างน้ำเย็นคว่ำบีกเกอร์ขนาด 50 mL ลงที่ปากขวดปรับ ปริมาตรแล้วปล่อยน้ำเย็นให้ไหลเบา ๆ ลงที่ก้นบีกเกอร์จนกระทั่งขวดปรับปริมาตรเย็นลง

3.4.2.4 เติมน้ำลงในขวดปรับปริมาตรจนถึงขีดบอกความจุใช้ผ้าเช็ดขวดปรับปริมาตรให้แห้งแล้วนำไปชั่งอีกครั้งหนึ่ง บันทึกผล (m_3)

3.4.2.5 เทของในขวดทิ้งทั้งหมด ล้างขวดให้สะอาดแล้วนำไปคว่ำให้แห้ง

3.4.2.6 เติมน้ำกลั่นจากบิวเรตลงในขวดปรับปริมาตร โดยใช้มาตรส่วนของบิวเรตเป็นเกณฑ์ ปริมาตรที่ได้นี้คือปริมาตรของขวดปรับปริมาตร

3.4.2.7 คำนวณหาค่าความหนาแน่นของวัสดุ

3.4.2.7.1 หาน้ำหนักของวัสดุ (m_s) จากสมการที่ 2

$$\text{จาก } (m_s) = m_2 - m_1 \quad (2)$$

3.4.2.7.2 หาปริมาตรของวัสดุ (V_s) จากสมการที่ 3 และ 4

$$\text{จาก } V_{\text{น้ำในขวดปรับปริมาตรที่ไมรววัสดุ}} = (m_3 - m_2) / (\rho_{\text{น้ำที่ } 30^\circ\text{C}}) \quad (3)$$

$$\text{และ } V_s = \text{ปริมาตรของขวดปรับปริมาตร} - V_{\text{น้ำในขวดปรับปริมาตรที่ไมรววัสดุ}} \quad (4)$$

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 การคำนวณหาค่าความพรุน

จากสมการที่ 6 การหาค่าความพรุน

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

เมื่อ ε = ค่าความพรุน

ρ_s = ความหนาแน่นของวัสดุ (g/cm^3)

ρ_b = ความหนาแน่นรวมของกระถางต้นไม้ (g/cm^3)

3.5 การทดลองปลูกต้นไม้

3.5.1 ทดลองปลูกต้นไม้กับกระถางต้นไม้ที่สามารถขึ้นรูปได้ทั้งหมดเพื่อทดสอบการแทงรากและลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการย่อยสลาย โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

- ชุดที่หนึ่งปลูกต้นพุดในกระถางต้นไม้แล้ววางไว้บนดิน
- ชุดที่สองปลูกต้นพุดในกระถางต้นไม้แล้วนำไปฝังในดิน

3.5.2 รดน้ำวันละ 2 ครั้งๆ ละ 1 ฝักบัวต่อหนึ่งชุด เพื่อเปรียบเทียบการแทงรากและการย่อยสลายโดยถ่ายรูปบันทึกความเปลี่ยนแปลงของกระถางต้นไม้ทั้งสองชุด ทุกๆ 2 อาทิตย์

บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

ผลการทดลองในการขึ้นรูปกระดางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่อัตราส่วนต่าง ๆ คือ ฟางข้าว คอ จีเลื่อย คอ แกลบ เป็น 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1 และ 2:1:1 ตัวประสานที่ใช้ คือ แป้งมันสำปะหลัง ผสมกับ CMC โดยขึ้นรูปกระดางที่ความดัน 1500 psig เป็นเวลา 15 วินาที ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ตอน คือ ตัวแปรที่มีผลต่อค่าความพรุนของกระดางต้นไม้และการขึ้นรูปของกระดางต้นไม้โดยกำหนดเงื่อนไขการทดลองเป็นแบบตารางลาตินสแควร์ ผลการคำนวณทางสถิติ อิทธิพลของปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และเปอร์เซ็นต์ CMC โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นคงที่ และการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้โดยการทดลองปลูกต้นไม้

4.1 ตัวแปรที่มีผลต่อค่าความพรุนของกระดางต้นไม้และการขึ้นรูปของกระดางต้นไม้โดยออกแบบการทดลองแบบตารางลาตินสแควร์

ทำการทดลองขึ้นรูปกระดางต้นไม้ ซึ่งตัวประสานที่ใช้ คือ แป้งมันสำปะหลังผสมกับ CMC โดยการกำหนดปริมาณของแป้งมันสำปะหลังเป็น 60, 65, 70 และ 75 กรัมเพื่อนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ของแป้งมันสำปะหลังต่อวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และเปอร์เซ็นต์ ของ CMC เป็น 10, 20, 30 และ 40 % ของปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่กำหนด โดยใช้อัตราส่วนผสมของวัสดุทั้งหมด 110 g และอัตราส่วนของปริมาณตัวประสานทั้งหมด ค่อน้ำ เป็น 1 : 6 โดยกำหนดเงื่อนไขของการทดลองเป็นแบบตารางลาตินสแควร์ เพื่อใช้ในการขึ้นรูปกระดางต้นไม้ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการขึ้นรูปกระดางต้นไม้ที่สภาวะต่าง ๆ

อัตราส่วนของ ฟางข้าว : ขี้เถ้า : แกลบ				
ปริมาณแປ່ง				
มันสำปะหลัง (g)	1:1:1	1:1:2	1:2:1	2:1:1
60	ขึ้นรูปได้แต่นำออก ☐ จากแม่พิมพ์ไม่ได้เนื่องจาก จากกระดางติดแม่พิมพ์	ขึ้นรูปได้กระดางเป็น ☐ ทรงสมบูรณ์	ขึ้นรูปได้กระดางเป็น ☐ ทรงสมบูรณ์	ขึ้นรูปได้กระดางเป็น ☐ ทรงสมบูรณ์
65	ขึ้นรูปได้กระดางเป็น ☐ ทรงสมบูรณ์	ขึ้นรูปได้กระดางเป็น ☐ ทรงสมบูรณ์	ขึ้นรูปได้กระดางเป็น ☐ ทรงสมบูรณ์	ขึ้นรูปได้กระดางเป็น ☐ ทรงสมบูรณ์
70	ขึ้นรูปได้แต่นำออก ☐ จากแม่พิมพ์ไม่ได้เนื่องจาก จากกระดางติดแม่พิมพ์	ขึ้นรูปได้กระดางเป็น ☐ ทรงสมบูรณ์	ขึ้นรูปได้กระดางเป็น ☐ ทรงสมบูรณ์	ขึ้นรูปได้กระดางเป็น ☐ ทรงสมบูรณ์
75	ขึ้นรูปได้แต่นำออก ☐ จากแม่พิมพ์ไม่ได้เนื่องจาก จากกระดางติดแม่พิมพ์	ขึ้นรูปไม่ได้เนื่องจาก กระดางและติดอยู่ใน ☐ แม่พิมพ์	ขึ้นรูปได้กระดางเป็น ☐ ทรงสมบูรณ์	ขึ้นรูปไม่ได้เนื่องจาก กระดางและติดอยู่ใน ☐ แม่พิมพ์

จากตารางที่ 4.1 การขึ้นรูปกระดางต้นไม้โดยกำหนดเงื่อนไขของการทดลองเป็นแบบตารางลาตินสแควร์ โดยใช้เครื่องอัดกระดางต้นไม้ระบบไฮดรอลิกส์ จากการทดลองพบว่าสามารถขึ้นรูปกระดางต้นไม้ได้กระดางต้นไม้ที่มีรูปทรงสมบูรณ์ทั้งหมด 11 การทดลอง ซึ่งที่อัตราส่วนผสมที่ 1:2:1 พบว่าเป็นอัตราส่วนเดียวที่สามารถขึ้นรูปได้กระดางต้นไม้ที่มีรูปทรงสมบูรณ์ครบทุกการทดลอง ส่วนการทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้มีทั้งหมด 5 การทดลอง ทั้งนี้แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มแรกอัดเป็นรูปกระดางได้แต่ไม่สามารถนำออกมาจากแม่พิมพ์ได้ และ คือ กลุ่มที่สองอัดไม่เป็นรูปกระดางและตัวกระดางและติดอยู่ในแม่พิมพ์ ซึ่งที่อัตราส่วนผสมที่ 1:1:1 พบว่าเป็นอัตราส่วนที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้มากที่สุด

ตารางที่ 4.2 ค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ

ปริมาณแยม มันสำปะหลัง (g)	อัตราส่วนของ ฟางข้าว : ขี้เถ้า : แกลบ			
	1:1:1	1:1:2	1:2:1	2:1:1
60	0.00	76.63	88.75	78.01
65	75.32	50.59	56.59	75.43
70	0.00	83.18	84.83	78.51
75	0.00	0.00	80.85	0.00

หมายเหตุ ค่า 0.00 หมายถึง การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้

จากตารางที่ 4.2 พบว่าที่การทดลอง C3 ที่มีอัตราส่วนผสม 1:2:1 ปริมาณแยมมันสำปะหลัง 60 g และปริมาณ CMC 18.0 g (30%) เป็นการทดลองที่มีค่าความพรุนของกระถางต้นไม้สูงที่สุด คือ 88.75 % ซึ่งจากการสังเกต พบว่าอัตราส่วนผสมนี้ยังเป็นอัตราส่วนผสมที่สามารถทำการทดลองขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้ครบทุกการทดลองอีกด้วย

4.2 ผลการคำนวณทางสถิติ

เมื่อนำกระถางต้นไม้ที่สามารถขึ้นรูปได้ทั้งหมดมาทำการตรวจสอบค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ แล้วนำค่าที่ได้นั้นมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติและทำการเปรียบเทียบหาสถานะที่เหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้ ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

Sort of variance (SOV)	F	$F_{0.1}$
Row (ปริมาณแป้ง)	3.04	3.29
Column (อัตราส่วนของวัสดุ)	4.09*	3.29
เปอร์เซ็นต์ CMC	2.72	3.29

จากตารางที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ซึ่งได้จากการคำนวณ (รายละเอียดการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข) กับค่า $F_{0.1}$ ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90 % พบว่าค่า F ของอัตราส่วนมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.1}$ แสดงว่าความแตกต่างของค่าความพรุนเนื่องมาจากอัตราส่วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณแป้งและเปอร์เซ็นต์ CMC ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่าอัตราส่วนให้ผลค่าความพรุนที่แตกต่างกันมากแต่ปริมาณแป้งและเปอร์เซ็นต์ CMC ให้ผลค่าความพรุนที่ใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่าปริมาณแป้งและเปอร์เซ็นต์ CMC ไม่มีผลต่อค่าความพรุน ดังนั้นการวิเคราะห์ขั้นต่อไปจะใช้การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison (รายละเอียดการคำนวณดูในภาคผนวก ข 8)

อัตราส่วนผสมระหว่างฟางข้าว ต่อ ซีลีอ ต่อ แกลบ จะให้ค่า F เท่ากับ 4.09 ซึ่งมากกว่า $F_{0.1}$ แสดงว่าอัตราส่วนของวัสดุมีผลทำให้ค่าความพรุนที่ได้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนอัตราส่วนจะทำให้ค่าความพรุนของกระดางดินไม่มีค่าต่างกัน

ปริมาณของแป้งมันสำปะหลังเมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน พบว่าปริมาณของแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ในการขึ้นรูปกระดางดินไม้นั้นให้ค่า F เท่ากับ 3.04 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $F_{0.1}$ แสดงว่าปริมาณของแป้งมันสำปะหลังไม่มีผลทำให้ค่าความพรุนของกระดางดินไม้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่าปริมาณของแป้งมันสำปะหลังมีผลต่อค่าความพรุนของกระดางดินไม้มีค่าใกล้เคียงกัน

เปอร์เซ็นต์ CMC เมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน พบว่าเปอร์เซ็นต์ CMC ที่ใช้ในการขึ้นรูปกระดางดินไม้นั้นให้ค่า F เท่ากับ 2.72 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $F_{0.1}$ แสดงว่าเปอร์เซ็นต์ CMC ไม่มีผลทำให้ค่าความพรุนของกระดางดินไม้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่าเปอร์เซ็นต์ CMC มีผลต่อค่าความพรุนของกระดางดินไม้มีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของวัสดุ

Sort of variance (SOV)	F	F _{0.1}
1:1:1 vs 1:1:2	1.90	3.18
1:1:1 vs 1:2:1	5.79*	3.18
1:1:1 vs 2:1:1	5.06*	3.18
1:1:2 vs 1:2:1	1.05	3.18
1:1:2 vs 2:1:1	0.05	3.18
1:2:1 vs 2:1:1	0.65	3.18

จากตารางที่ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ซึ่งได้จากการคำนวณ (รายละเอียดการคำนวณดูในภาคผนวก ข.10) กับค่า F_{0.1} ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90 % พบว่าค่า F ของของคู่อัตราส่วนที่ 1:1:1 vs 1:2:1 และ 1:1:1 vs 2:1:1 มีนัยสำคัญทางสถิติหมายความว่า อัตราส่วนของวัสดุ 1:1:1 vs 1:2:1 และ 1:1:1 vs 2:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ที่แตกต่างกันมาก

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของอัตราส่วน คือ 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1 และ 2:1:1 ซึ่งแสดงในตารางเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison (รายละเอียดการคำนวณดูในภาคผนวก ข.8)

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

ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:2 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ดีกว่า อัตราส่วน 1:1:1

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

ดังนั้นอัตราส่วน 1:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ดีกว่า อัตราส่วน 1:1:1

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

ดังนั้นอัตราส่วน 2:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ดีกว่า อัตราส่วน 1:1:1

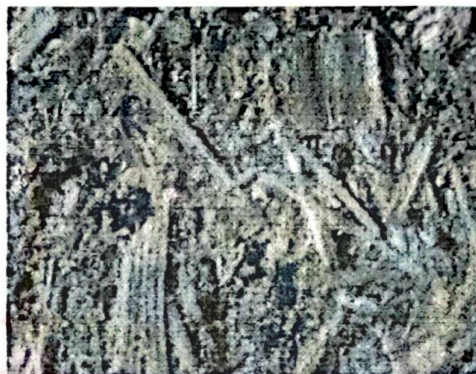
จากการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison พบว่าอัตราส่วน 1:2:1 ให้ค่าเฉลี่ยมากกว่าอัตราส่วน 2:1:1, อัตราส่วน 1:1:2 และ อัตราส่วน 1:1:1 หมายความว่าอัตราส่วน 1:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความพรุนของกระดางต้นไม้สูงสุด

4.3 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้

การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้ที่ขึ้นรูปได้ทั้งหมด 11 การทดลองทำการศึกษาทั้งด้านข้างและด้านล่างโดยใช้เครื่อง Stereomicroscope พบว่าวัสดุสามารถยึดเกาะกันได้ดีมีความละเอียดหยาบต่างกัน ทำให้กระดางต้นไม้ที่มีความพรุนต่างกันและพบว่าไม่พบรอยแตกร้าวของกระดางต้นไม้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของวัสดุต่าง ๆ พบว่า กระดางต้นไม้ที่ได้จากอัตราส่วนของฟางข้าว คอ ขี้เลื่อย คอ แกลบ 1:2:1 มีความละเอียดมากกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.1 โครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้ จากการทดลอง C 3 ที่อัตราส่วนของวัสดุ 1:2:1

(ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.2 โครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้ จากการทดลอง C 5 ที่อัตราส่วนของวัสดุ 1:1:1

(ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

หมายเหตุ รูปลักษณะการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้ที่อัตราส่วน และการทดลองอื่น แสดงในภาคผนวก ค

4.4 การทดลองปลูกต้นไม้

จากการทดลองปลูกต้นไม้เพื่อเปรียบเทียบการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ ชุดที่หนึ่งและชุดที่สองเป็นเวลา 2 เดือน โดยทำการสังเกตลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นไม้และถ่ายรูปทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่า กระถางต้นไม้มีลักษณะของการย่อยสลายเกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 6 สัปดาห์ และเกิดการแทงรากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 8 สัปดาห์ ซึ่งกระถางต้นไม้ชุดที่สองซึ่งฝังดินแสดงลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการย่อยสลายได้มากกว่าชุดที่หนึ่ง

4.4.1 ลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ ชุดที่หนึ่ง

การทดลองปลูกต้นไม้เพื่อเปรียบเทียบการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ ที่ปลูกไว้บนดิน โดยการสังเกตลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ จะเห็นว่าที่การทดลอง C 2 นั้นกระถางต้นไม้มีความพรุนเท่ากับ 76.63 ซึ่งมากกว่าที่การทดลอง C 7 เท่ากับ 56.59 ดังนั้นจึงทำให้กระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 7 สามารถคงรูปทรงของกระถางได้นานกว่าและไม่พบการแทงรากของต้นไม้ในสัปดาห์ที่ 8 ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4

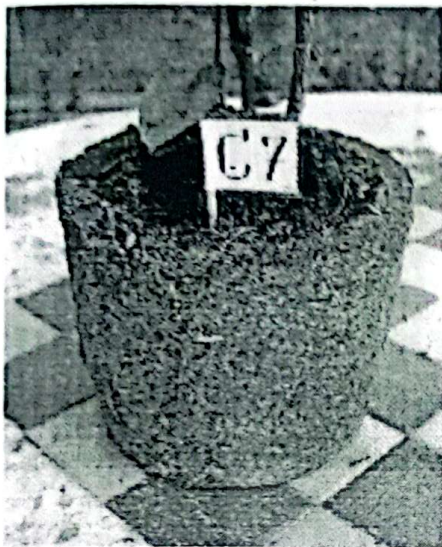


(ก)

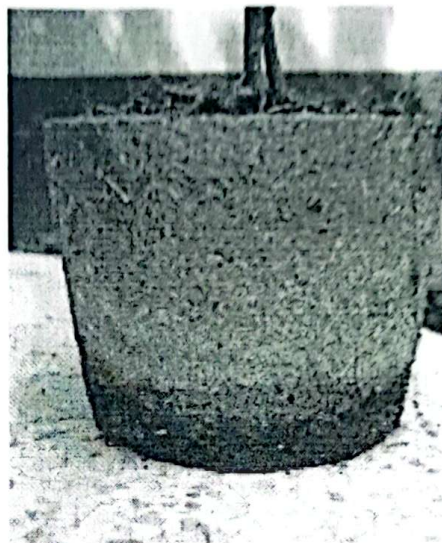


(ข)

รูปที่ 4.3 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 2 เมื่อเวลาผ่านไป (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8



(ก)



(ข)

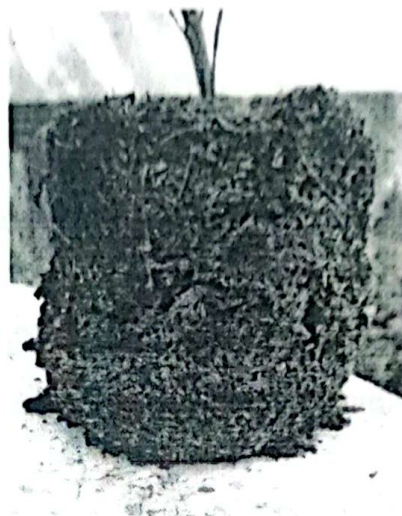
รูปที่ 4.4 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 7 เมื่อเวลาผ่านไป (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8

4.4.2 ลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ ชุดที่สอง

การทดลองปลูกต้นไม้เพื่อเปรียบเทียบการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ ที่ปลูกไว้ในดิน โดยการสังเกตลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ ที่การทดลอง C 2 เมื่อเวลาผ่านไปจะเห็นได้ว่าในสัปดาห์ที่ 8 รูปทรงของกระถางต้นไม้มีความเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เมื่อทำลายกระถางเพื่อดูลักษณะของการแทงราก และจากการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ส่วนหนึ่ง พบว่าการแทงรากทั้งด้านข้างและด้านล่างของกระถางต้นไม้ ดังรูปที่ 4.5 และที่การทดลอง C 2 กระถางต้นไม้มีความพรุนเท่ากับ 76.63 เมื่อเปรียบเทียบกับที่การทดลอง C 6 ที่มีความพรุนเท่ากับ 50.59 ในสัปดาห์ที่ 8 จะสังเกตได้ว่ากระถางต้นไม้ที่มีความพรุนมากกว่า ต้นไม้สามารถแทงรากได้ดีกว่า ดังรูปที่

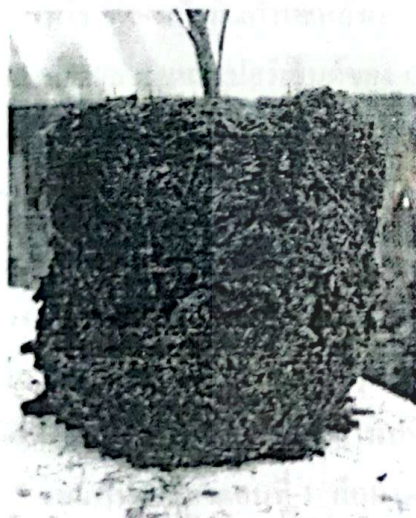


(ก)



(ข)

รูปที่ 4.5 ลักษณะของรากต้นไม้ที่การทดลอง C 2 เมื่อเวลาผ่านไป (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.6 ลักษณะของรากต้นไม้ในสัปดาห์ที่ 8 (ก) การทดลอง C 2 และ (ข) การทดลอง C 6

หมายเหตุ รูปลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ ชุดที่หนึ่งและชุดที่สอง สำหรับการทดลองอื่นแสดงในภาคผนวก ง

บทที่ 5

สรุปผลการทำวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ได้แก่ อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร ปริมาณแป้งมันสำปะหลังและเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) โดยการออกแบบการทดลองแบบตารางลาตินสแควร์ สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทำโครงการ

การทดลองนี้ทำการทดลองโดยศึกษาตัวแปร 3 ตัวคือ อัตราส่วนผสมระหว่างฟางข้าว ต่อ จีเลื่อย ต่อ แกลบ ชนิดของตัวประสานที่ใช้คือ ปริมาณของแป้งมันสำปะหลัง และเปอร์เซ็นต์ของ CMC โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ คือ อัตราส่วนผสมระหว่างฟางข้าวต่อจีเลื่อยต่อแกลบ เป็น 1:1:1, 1:1:2, 1:2:1 และ 2:1:1 ตัวประสานที่ใช้ คือ แป้งมันสำปะหลังผสมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ปริมาณของแป้งมันสำปะหลัง คือ 60, 65, 70 และ 75 g และเปอร์เซ็นต์ของ CMC คือ 10, 20, 30 และ 40 % โดยทำการขึ้นรูปกระดางต้นไม้ด้วยเครื่องอัดกระดางต้นไม้ระบบไฮดรอลิกส์ที่ความดัน 1500 psig เป็นเวลา 15 วินาที โดยกำหนดเงื่อนไขการทดลองเป็นแบบตารางลาตินสแควร์

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ สามารถหาค่าความแปรปรวน พบว่าค่า F ของอัตราส่วนของวัสดุมีค่ามากกว่า $F_{0.1}$ แต่ค่า F ของปริมาณแป้งมันสำปะหลังและเปอร์เซ็นต์ของ CMC มีค่าน้อยกว่า $F_{0.1}$ เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่าอัตราส่วนของวัสดุเท่านั้นที่ทำให้ต้นไม้ที่ได้มีค่าความพรุนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจึงนำค่าของอัตราส่วนมาทำการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison

จากการทดลองตอนที่ 1 ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ ได้แก่ อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ปริมาณของแป้งมันสำปะหลัง และเปอร์เซ็นต์ของ CMC ส่วนตอนที่ 2 ศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้และการทดลองปลูกต้นไม้ สามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วนเท่านั้นที่มีผลต่อค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ และจากการคำนวณทางสถิติพบว่าที่อัตราส่วนระหว่างฟางข้าวต่อจีเลื่อย ต่อ แกลบ 1:2:1 ที่ให้ค่าความพรุนของกระดางต้นไม้สูงที่สุด และเมื่อทำการทดลองปลูกต้นไม้เพื่อทดสอบการแทงรากและการย่อยสลายของกระดางต้นไม้ สามารถสรุปได้ว่าต้นไม้มีการแทงรากในสัปดาห์ที่

8 โดยเฉพาะกระดางที่มีความพรุนมากจะมีการแทรกน้ำได้ดี และกระดางคันไม้ซุงที่สองคือซุงที่ฝังในดินนั้น มีการแทรกน้ำได้ดีกว่าซุงที่หนึ่งซึ่งเป็นซุงที่วางไว้บนดิน ส่วนการย่อยสลายของกระดางคันไม้ซุงที่สองนั้นมีการย่อยสลายในดินได้เร็วกว่าซุงที่หนึ่งเช่นเดียวกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 ศึกษาตัวประสานชนิดอื่นๆ ที่มีผลต่อค่าความพรุนของกระดางคันไม้
- 5.2.2 ศึกษาวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรชนิดอื่นที่มีผลต่อค่าความพรุนของกระดางคันไม้
- 5.2.3 ศึกษาการขึ้นรูปกระดางคันไม้โดยแม่พิมพ์รูปแบบต่างๆ
- 5.2.4 ศึกษาการหาความแข็งแรงของกระดางคันไม้



เอกสารอ้างอิง

1. อรพิน ภูมิภมร, 2533, ผลกระทบจากแป้ง, กรุงเทพฯ, หน้า 8.
2. <http://ntri.lamuk.edu/amylose.gif> [2003 December 27].
3. อรพิน ภูมิภมร, 2533, คาร์โบไฮเดรตในอาหาร, กรุงเทพฯ, หน้า 17 – 78.
4. ศิริลักษณ์ สนธวาลย์, 2522, ทฤษฎีอาหาร, กรุงเทพฯ, หน้า 40 - 56.
5. ลำอาน ศรีนันทา, 2517, คู่มือปฏิบัติการปฐพีศาสตร์, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ, หน้า 58 – 61.
6. Robert O. Kuehl, 1988, “Statistic Principles Reserch Design and Analysis”, Design of Experimenttal, pp. 257 – 298.
7. กิตติชัย พรหมเจริญ ธวัชชัย ลิ้มขุ่นทรง มีโชค เปี่ยมโนรีและเสกสรร ชินพีระเสถียร, งานวิจัยเครื่องอัดกระถางต้นไม้วัยระบบไฮดรอลิกส์, ภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องกล, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปีการศึกษา 2545.
8. สุรวิทย์ กองสาสนะ, 2523, ความน่าจะเป็นและสถิติ, กรุงเทพฯ, หน้า 386 - 389.
9. ธิดารัตน์ มานิตย์ และ อุษาวดี ไ้ม้คง, งานวิจัยการผลิตกระถางต้นไม้อากั้วสดเหลือใช้ทางเกษตร , สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม, คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปีการศึกษา 2546.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลองหาความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นของวัสดุ

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลสำหรับคำนวณค่าความหนาแน่นรวมของกระดางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ

การทดลองที่	ความกว้าง (cm)	ความยาว (cm)	ความสูง (cm)	น้ำหนัก (m_b , g)	ปริมาตรชิ้นงาน (V_b , cm^3)
C1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C2	2.54	2.54	1.20	3.05	7.74
C3	2.54	2.54	1.40	4.10	9.03
C4	2.54	2.54	1.20	3.15	7.74
C5	2.54	2.54	1.20	3.19	7.74
C6	2.54	2.54	1.20	3.59	7.74
C7	2.54	2.54	1.40	4.31	9.03
C8	2.54	2.54	1.50	4.32	9.68
C9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C10	2.54	2.54	1.40	3.48	9.03
C11	2.54	2.54	1.30	3.62	8.39
C12	2.54	2.54	1.50	3.93	9.68
C13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C15	2.54	2.54	1.40	3.84	9.03
C16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ ค่า 0.00 หมายถึง การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปกระดางต้นไม้ได้

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลสำหรับคำนวณค่าความหนาแน่นของวัสดุ ของกระดางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ

การทดลองที่	ปริมาตรของขวด ปรับปริมาตร (mL)	น้ำหนักของขวด ปรับปริมาตร (m_1 , g)	น้ำหนักของขวดปรับ ปริมาตร + วัสดุ (m_2 , g)	น้ำหนักของขวดปรับ ปริมาตร + วัสดุ + น้ำ (m_3 , g)
C 1	0.00	0.00	0.00	0.00
C 2	49.60	36.65	39.82	86.97
C 3	49.60	36.37	40.27	88.32
C 4	49.70	36.44	39.52	86.98
C 5	49.60	36.32	39.47	86.61
C 6	0.00	0.00	0.00	0.00
C 7	49.60	36.68	40.70	86.09
C 8	49.60	3.65	40.92	87.60
C 9	0.00	0.00	0.00	0.00
C 10	49.70	35.01	38.40	86.04
C 11	49.60	36.42	39.98	87.75
C 12	49.60	36.27	40.14	87.12
C 13	0.00	0.00	0.00	0.00
C 14	0.00	0.00	0.00	0.00
C 15	49.70	36.44	40.20	87.63
C 16	0.00	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ ค่า 0.00 หมายถึง การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปกระดางต้นไม้ได้

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลสำหรับคำนวณค่าความหนาแน่นของวัสดุ ของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ

การทดลองที่	น้ำหนักของวัสดุ (m_v , g)	ปริมาตรของวัสดุ (v_v , cm^3)	ความหนาแน่นของวัสดุ (ρ_v , g/cm^3)
C 1	0.00	0.000	0.000
C 2	3.17	1.880	1.686
C 3	3.90	0.966	4.037
C 4	3.08	1.664	1.851
C 5	3.15	1.877	1.669
C 6	3.51	3.801	0.923
C 7	4.02	3.659	1.099
C 8	4.27	2.353	1.815
C 9	0.00	0.000	0.000
C 10	3.39	1.481	2.289
C 11	3.56	1.250	2.848
C 12	3.87	2.049	1.889
C 13	0.00	0.000	0.000
C 14	0.00	0.000	0.000
C 15	3.76	1.694	2.219
C 16	0.00	0.000	0.000

หมายเหตุ ค่า 0.00 หมายถึง การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปกระถางต้นไม้ได้

ตารางที่ ก.4 ค่าความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นของวัสดุและค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ที่การทดลองต่างๆ

การทดลองที่	ความหนาแน่นรวม (ρ_b , g/cm ³)	ความหนาแน่นของวัสดุ (ρ_s , g/cm ³)	ค่าความพรุน (ϵ)
C 1	0.000	0.000	0.000
C 2	0.394	1.686	76.631
C 3	0.454	4.037	88.754
C 4	0.407	1.851	78.012
C 5	0.412	1.669	75.315
C 6	0.456	0.923	50.596
C 7	0.477	1.099	56.597
C 8	0.446	1.815	75.427
C 9	0.000	0.000	0.000
C 10	0.385	2.289	83.180
C 11	0.432	2.848	84.831
C 12	0.406	1.889	78.507
C 13	0.000	0.000	0.000
C 14	0.000	0.000	0.000
C 15	0.425	2.219	80.847
C 16	0.000	0.000	0.000

หมายเหตุ ค่า 0.000 หมายถึง การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปกระดางต้นไม้ได้

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณทางสถิติ

บทนี้กล่าวถึงวิธีการคำนวณทางสถิติ การคำนวณค่าความหนาแน่นรวม ค่าความหนาแน่นของวัสดุและค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ตามการทดลองแบบลาตินสแควร์

ข.1 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

เนื่องจากการทดลองนี้มีตัวแปร 3 ตัวที่นำมีผลต่อค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ คือ อัตราส่วน ปริมาณ แป้งมันสำปะหลังและเปอร์เซ็นต์ CMC โดยแต่ละตัวแปรนั้นมี 4 ค่า ดังนั้นจะต้องทำการทดลองถึง 64 ครั้ง ซึ่งแต่ละการทดลองนั้นใช้เวลานานมาก ดังนั้นจึงได้เลือกใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ เข้ามาช่วยลดจำนวนครั้งของการทดลองให้คงเหลือการทดลองเพียง 16 ครั้ง และเนื่องจากมีตัวแปรทั้งหมด 3 ตัว ในการทดลอง ซึ่งสามารถจัดแผนการทดลองเข้ากับแบบการทดลองดังกล่าวได้ โดยแต่ละแถวแนวนอนหรือแถวแนวตั้งเป็นตารางที่สมบูรณ์ คือ มีทุกเปอร์เซ็นต์ CMC และที่เปอร์เซ็นต์ CMC หนึ่ง ๆ จะปรากฏการทดลองเพียงครั้งเดียว ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ข.1 โดยการวิเคราะห์แบบนี้สามารถถึงความแตกต่างเนื่องจากแถวแนวนอนหรือแถวแนวตั้งออกจากความคลาดเคลื่อนได้

ตารางที่ ข.1-1 แผนผังการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

ปริมาณแป้ง มันสำปะหลัง (g)	อัตราส่วนของ ฟางข้าว : จีเลียว : แกลบ			
	1:1:1	1:1:2	1:2:1	2:1:1
60	C 1	C 2	C 3	C 4
65	C 5	C 6	C 7	C 8
70	C 9	C 10	C 11	C 12
75	C 13	C 14	C 15	C 16

ตารางที่ ข.1-2 ปริมาณ CMC (g) ที่ใช้ในการทดลองต่าง ๆ ของการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

ปริมาณแป้ง มันสำปะหลัง (g)	ปริมาณ CMC			
	10 %	20 %	30%	40%
60	6.0	12.0	18.0	24.0
65	6.5	13.0	19.5	26.0
70	7.0	14.0	21.0	28.0
75	7.5	15.0	22.5	30.0

ตารางที่ ข.1-3 ปริมาณของ CMC ที่สภาวะต่าง ๆ ในการขึ้นรูปกระถางต้นไม้

ปริมาณแป้ง มันสำปะหลัง (g)	อัตราส่วนของ ฟางข้าว : ขี้เลื่อย : แกลบ			
	1:1:1	1:1:2	1:2:1	2:1:1
60	6.0 (10%)	24.0 (40%)	18.0 (30%)	12.0 (20%)
65	13.0 (20%)	6.5 (10%)	26.0 (40%)	19.5 (30%)
70	21.0 (30%)	14.0 (20%)	7.0 (10%)	28.0 (40%)
75	30.0 (40%)	22.5 (30%)	15.0 (20%)	7.5 (10%)

ตารางที่ ข.1-4 ค่าความพรุนของกระถางต้นไม้ที่การทดลองต่าง ๆ

ปริมาณแป้ง มันสำปะหลัง (g)	อัตราส่วนของ ฟางข้าว : ขี้เลื่อย : แกลบ			
	1:1:1	1:1:2	1:2:1	2:1:1
60	0.00	76.63	88.75	78.01
65	75.32	50.59	56.59	75.43
70	0.00	83.18	84.83	78.51
75	0.00	0.00	80.85	0.00

ข.2 การคำนวณค่าความแปรปรวนสำหรับตารางทัศนมาตร

นำข้อมูลจากตารางที่ ข.1-4 มาคำนวณค่าต่าง ๆ ดังแสดงผลที่ได้จากการคำนวณในตารางที่ ข.2-1, ข.2-2 และ ข.2-3 ตามลำดับ ดังนี้

ตารางที่ ข.2-1 ผลรวมในแต่ละ Column และ Row

(Row i)	(Column j)				Row Total
	อัตราส่วนของ ฟางข้าว : ข้าว : แกลบ				
ปริมาณแ้ง มันสำปะหลัง (g)	1:1:1	1:1:2	1:2:1	2:1:1	
60	0.00	76.63	88.75	78.01	243.39
65	75.32	50.59	56.59	75.43	257.94
70	0.00	83.18	84.83	78.50	246.52
75	0.00	0.00	80.85	0.00	80.85
X _j Column	75.32	210.40	311.02	231.95	828.69
Total					

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\text{ผลรวมตาม Column ที่ 2} = 76.63 + 50.59 + 83.18 + 0.00 = 210.40$$

$$\text{ผลรวมตาม Row ที่ 2} = 75.32 + 50.59 + 56.59 + 75.43 = 257.935$$

ตารางที่ ข.2 - 2 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ CMC ในแต่ละการทดลอง

	เปอร์เซ็นต์ CMC			
	10%	20%	30%	40 %
ผลรวม $= \bar{X}_p$	135.43	317.35	164.18	211.74
ผลรวมเฉลี่ย $= \bar{X}_p$	33.86	79.34	41.05	52.93

ตัวอย่างการคำนวณ

ผลรวมของเปอร์เซ็นต์ CMC ที่ 40% = 76.63 + 56.59 + 78.51 + 0.00 = 211.73

ผลรวมเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ CMC ที่ 40% = 211.73 / 4 = 52.93

ตารางที่ ข.2-3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F	F _{0.1}
Row (ปริมาณแป้ง)	3	5349.70	1783.23	3.04	3.29
Column (อัตราส่วนของวัสดุ)	3	7198.44	2399.48	4.09*	3.29
เปอร์เซ็นต์ CMC	3	4789.86	1596.62	2.72	3.29
Error	6	3515.99	585.99		
รวม	15	20853.99	6365.32		

หมายเหตุ

df ของ Row	= จำนวน Row - 1	= 4-1	= 3
df ของ Cloumn	= จำนวน Column - 1	= 4-1	= 3
df ของ CMC	= จำนวน CMC - 1	= 4-1	= 3
df ของรวม	= (จำนวน Row x จำนวน Column) - 1	= (4 x 4) - 1	= 15
df ของ Error	= df ของรวม - (ผลรวมของ df, ของRow, ของ Column และของ CMC)		
	= 15 - (3 + 3 + 3) = 6		

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Correction term (C.T.)} &= X^2 \dots / r^2 \\
 &= 828.69^2 / 4^2 \\
 &= 42920.44
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Total SS} &= \sum_{ij} X^2_{ij} - \text{C.T.} \\
 &= (0.00^2 + 75.32^2 + 76.63^2 + 50.59^2 + \dots) - 42920.44 \\
 &= 63774.43 - 42920.44 \\
 &= 20853.99
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Row SS} &= \sum_i (X^2_i / r) - \text{C.T.} \\
 &= ((243.39^2 + 257.94^2 + 246.52^2 + 80.85^2) / 4) - 42920.44 \\
 &= 48270.14 - 42920.44 \\
 &= 5349.70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \text{ Column SS} &= \sum_j (X^2_j / r) - \text{C.T.} \\
 &= ((75.32^2 + 210.40^2 + 311.02^2 + 231.95^2) / 4) - 42920.44 \\
 &= 50118.88 - 42920.44 \\
 &= 7198.44
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5. \text{ CMC SS} &= \sum p (X^2_p / r) - \text{C.T.} \\
 &= ((135.43^2 + 317.35^2 + 164.18^2 + 211.74^2) / 4) - 42920.44 \\
 &= 47710.30 - 42920.44 \\
 &= 4789.86
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 6. \text{ Error SS} &= \text{Total SS} - \text{Row SS} - \text{Column SS} - \text{CMC SS} \\
 &= 20853.99 - 5349.70 - 7198.44 - 4789.86 \\
 &= 3515.99
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 7. \text{ Row MS} &= \text{Row SS} / \text{df} \\
 &= 5349.70 / 3 \\
 &= 1783.23
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 8. \text{ Column MS} &= \text{Column SS} / \text{df} \\
 &= 7198.44 / 3 \\
 &= 2399.48
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 9. \text{ CMC MS} &= \text{CMC SS} / \text{df} \\
 &= 4789.86 / 3 \\
 &= 1596.62
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 10. \text{ Error MS} &= \text{Error SS} / \text{df} \\
 &= 3515.99 / 6 \\
 &= 585.99
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 11. \text{ Row F} &= \text{Row MS} / \text{Error MS} \\
 &= 1783.23 / 585.99 \\
 &= 3.04
 \end{aligned}$$

$$12. \text{ Column F} = \text{Column MS} / \text{Error MS}$$

$$= 2399.48 / 585.99$$

$$= 4.09$$

$$13. \text{CMC } F = \text{CMC MS} / \text{Error MS}$$

$$= 1596.62 / 585.99$$

$$= 2.72$$

จากการวิเคราะห์ผลปรากฏว่าอัตราส่วนเท่านั้นที่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีค่า F มากกว่า $F_{0.1}$ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F [8] ที่ระดับความเชื่อมั่น 90 %

ข.3 การเปรียบเทียบ

การศึกษาอัตราส่วนและเปอร์เซ็นต์ CMC ที่ให้ค่าความพรุนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับที่อัตราส่วนและเปอร์เซ็นต์ CMC อื่น จะใช้การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ซึ่งหมายถึงการให้ค่าเฉลี่ยใด ๆ เกิดขึ้นครั้งเดียวในการเปรียบเทียบครั้งหนึ่ง ๆ ดังตารางที่ ข.3 - 1

ตารางที่ ข.3-1 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison

ปริมาณแป้ง มันสำปะหลัง (g)	อัตราส่วนของ ฟางข้าว : ขี้เลื่อย : แกลบ				รวม	เฉลี่ย
	1:1:1	1:1:2	1:2:1	2:1:1		
60	0.00	76.63	88.75	78.01	243.39	60.85
65	75.32	50.59	56.59	75.43	257.94	64.48
70	0.00	83.18	84.83	78.51	246.52	61.63
75	0.00	0.00	80.85	0.00	80.85	20.21
รวม	75.32	210.40	311.02	231.95	828.69	
เฉลี่ย	18.83	52.60	77.76	57.99		

ตัวอย่างการคำนวณ

ผลรวมตาม Column ที่ 2	=	75.31 + 50.59 + 56.59 + 75.43	=	257.94
ผลเฉลี่ยตาม Column ที่ 2	=	257.94 / 4	=	64.48
ผลรวมตาม Row ที่ 2	=	76.63 + 50.59 + 83.18 + 0.000	=	210.40
ผลเฉลี่ยตาม Row ที่ 2	=	210.40 / 4	=	52.60

การศึกษาวาอัตราส่วนใดที่ให้ผลการทดลองมีค่าความพูนของกระดางต้นไม้ได้ดีกว่า
การคำนวณเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ ข.3-2

ตารางที่ ข.3-2 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วน

การเปรียบเทียบ ระหว่างอัตราส่วน	ผลรวมของอัตราส่วน				ΣC^2_{ij}	L_i	SS
	1:1:1	1:1:2	1:2:1	2:1:1			
	75.32	210.40	311.02	231.95			
1:1:1 vs 1:1:2	-1	1	0	0	2	135.08	2280.83
1:1:1 vs 1:2:1	-1	0	1	0	2	235.70	6944.31
1:1:1 vs 2:1:1	-1	0	0	1	2	156.63	3066.66
1:1:2 vs 1:2:1	0	-1	1	0	2	100.62	1265.59
1:1:2 vs 2:1:1	0	-1	0	1	2	21.55	58.05
1:2:1 vs 2:1:1	0	0	1	-1	2	79.07	781.51

จากตารางที่ ข.3-2 จะเห็นว่าในการเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนนั้นจะมีคำถามอยู่ 6 คำถามคือ

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

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

$$(-1)\bar{X}_1 + (+1)\bar{X}_2 = (-75.32) + 210.40 = 135.08$$

ตัวเลข 135.092 คือความแตกต่างของความพูนของกระดางคันไม้ระหว่างอัตราส่วน 1:1:1 กับ 1:1:2

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

1. คำนวณผลรวมของกำลังสองของ C

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

2. คำนวณผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบ (L_i)

$$L_i = (-1)(75.32) + (1)(210.40) = 135.08$$

3. การคำนวณ SS

$$SS = L^2_{(i)} / n \sum_i C^2_{ij} = [(135.08)^2 / 4(2)] = 2280.83$$

ตารางที่ ข.3-3 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วน

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of square (SS)	Mean of square (MS)	F	F _{0.1}
อัตราส่วน	3	7198.44			
1:1:1 vs 1:1:2	1	2280.83	2280.83	1.90	3.18
1:1:1 vs 1:2:1	1	6944.31	6944.31	5.79*	3.18
1:1:1 vs 2:1:1	1	3066.66	3066.66	5.06*	3.18
1:1:2 vs 1:2:1	1	1265.59	1265.59	1.05	3.18
1:1:2 vs 2:1:1	1	58.05	58.05	0.05	3.18
1:2:1 vs 2:1:1	1	781.51	781.51	0.65	3.18
Error	12	14396.95	1199.75		
Total	21	21595.39			

การคำนวณ

1. Error df $= 21 - (3+1+1+1+1+1+1) = 12$
2. Error SS $= 21595.39 - 7198.44 = 14396.95$
3. Error MS $= \text{Error SS} / \text{Error df}$
 $= 14396.95 / 12 = 1199.75$
4. F $= 2280.83 / 1199.75 = 1.90$

หมายเหตุ การหาค่า F ของการเปรียบเทียบที่อัตราส่วนอื่นก็มีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ข.3-3

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าความแตกต่างของค่าความพูนของกระดางต้นไม้ระหว่างอัตราส่วน 1:1:1 vs 1:1:2 1:1:1 vs 1:2:1 และ 1:1:1 vs 2:1:1 มีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากมีค่า F มากกว่า ค่า $F_{0.1}$ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่ระดับความเชื่อมั่น 90 % โดยมี df = 1 และ df = 12 เมื่อทราบว่ามีความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนคู่ใดแล้วก็จะสามารถทราบได้ว่าอัตราส่วนใดที่ให้ค่าความพูนของกระดางต้นไม้ได้ดีกว่ากัน โดยดูที่ค่าเฉลี่ยของแต่ละค่าซึ่งแสดงในตารางที่ ข.3-1

สำหรับ อัตราส่วน 1:1:1 vs 1:1:2 คือ 18.83 vs 52.60
 ดังนั้นที่อัตราส่วน 1:1:2 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความพูนของกระดางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 1:1:1 เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

สำหรับ อัตราส่วน 1:1:1 vs 1:2:1 คือ 18.83 vs 77.76
 ดังนั้นที่อัตราส่วน 1:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความพูนของกระดางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 1:1:1 เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

สำหรับ อัตราส่วน 1:1:1 vs 2:1:1 คือ 18.83 vs 57.99
 ดังนั้นที่อัตราส่วน 2:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความพูนของกระดางต้นไม้ดีกว่าอัตราส่วน 1:1:1 เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

ข.4 การคำนวณค่าความหนาแน่นรวมของกระดางต้นไม้

ตัวอย่างการคำนวณที่การทดลอง C2

จากข้อมูลในตารางที่ ก.1

ค่าความหนาแน่นรวมของกระดางต้นไม้

$$\text{น้ำหนักของชิ้นงาน (m}_b\text{)} = 3.05 \text{ g}$$

$$\text{ปริมาตรของชิ้นงาน (V}_b\text{)} = 7.74 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{จาก } \rho_b &= m_b / V_b \\ &= 3.05 / 7.74 \\ &= 0.394 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

หมายเหตุ การหาค่าความหนาแน่นรวมของกระดางต้นไม้ที่การทดลองอื่นก็มีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน
ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ก.4

ข.5 การคำนวณค่าความหนาแน่นของวัสดุของกระดางต้นไม้

ตัวอย่างการคำนวณที่การทดลอง C2

ค่าความหนาแน่นของวัสดุของกระดางต้นไม้

$$\text{น้ำหนักของขวดปริมาตร (m}_1\text{)} = 36.65 \text{ g}$$

$$\text{น้ำหนักของขวดปริมาตร + น้ำหนักวัสดุ (m}_2\text{)} = 39.82 \text{ g}$$

$$\text{น้ำหนักของขวดปริมาตร + น้ำหนักวัสดุ + น้ำหนักน้ำ (m}_3\text{)} = 86.97 \text{ g}$$

$$\text{ปริมาตรของขวดปริมาตร} = 49.60 \text{ mL}$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักของวัสดุ (m}_s\text{)} &= m_2 - m_1 \\ &= 39.82 - 36.65 \\ &= 3.17 \text{ g} \end{aligned}$$

ปริมาตรของวัตถุ (V_s)

$$\begin{aligned} V_{\text{น้ำในขวดปรับปริมาตรที่ไม่วางวัตถุ}} &= (m_3 - m_2) / (\rho_{\text{น้ำที่ } 30^\circ\text{C}}) \\ &= (86.97 - 39.82) / 0.9880 \\ &= 47.72 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จาก } V_s &= \text{ปริมาตรของขวดปรับปริมาตร} - V_{\text{น้ำในขวดปรับปริมาตรที่ไม่วางวัตถุ}} \\ &= 49.60 - 47.72 \\ &= 1.88 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

ค่าความหนาแน่นของวัสดุของกระดางต้นไม้ (ρ_s)

$$\begin{aligned} \text{จาก } \rho_s &= m_s / V_s \\ &= 3.17 / 1.88 \\ &= 1.686 \end{aligned}$$

หมายเหตุ การหาค่าความหนาแน่นของวัสดุของกระดางต้นไม้ที่การทดลองอื่นก็มีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ก.2 และ ก.3

ข.6 การคำนวณค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ [5]

ตัวอย่างการคำนวณที่การทดลอง C2

$$\begin{aligned} \text{ค่าความหนาแน่นรวมของกระดางต้นไม้ } (\rho_b) &= 0.394 \text{ g/cm}^3 \\ \text{ค่าความหนาแน่นของวัสดุของกระดางต้นไม้ } (\rho_s) &= 1.686 \text{ g/cm}^3 \\ \text{ค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ } (\varepsilon) &= [1 - (\rho_b / \rho_s)] \times 100 \\ &= [1 - (0.394 / 1.686)] \times 100 \\ &= 76.631 \end{aligned}$$

หมายเหตุ การหาค่าความพรุนของกระดางต้นไม้ในการทดลองอื่น มีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ก.4

ภาคผนวก ก

การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้

บทนี้กล่าวถึงการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้ซึ่งเป็นการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของกระดางต้นไม้ เพื่อศึกษารายละเอียดการประสานของวัสดุ โดยใช้เครื่อง Stereomicroscope

ก.1 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้ที่อัตราส่วน 1:1:1



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.1 โครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้จากการทดลอง C 5 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

ก.2 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้ที่อัตราส่วน 1:1:2

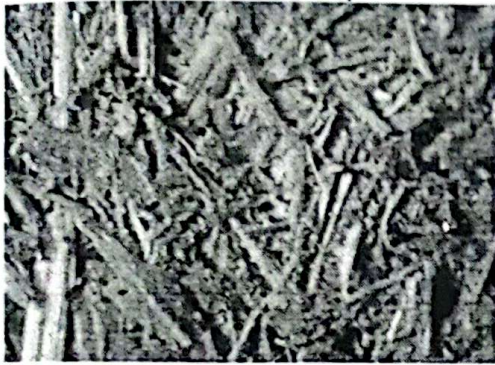


(ก)



(ข)

รูปที่ ก.2 โครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้จากการทดลอง C 2 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

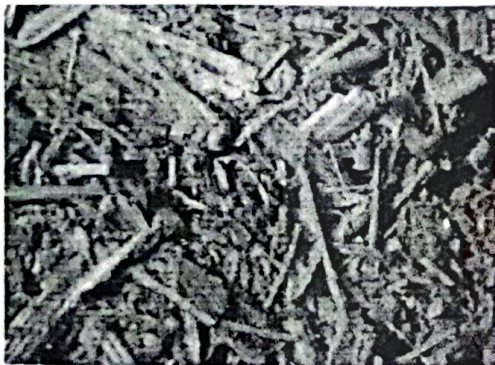


(ก)



(ข)

รูปที่ ค.3 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้จากการทดลอง C 6 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง



(ก)



(ข)

รูปที่ ค.4 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้จากการทดลอง C 10 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

ก.3 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้ที่อัตราส่วน 1:2:1



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.5 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้จากการทดลอง C 3 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.6 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้จากการทดลอง C 7 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

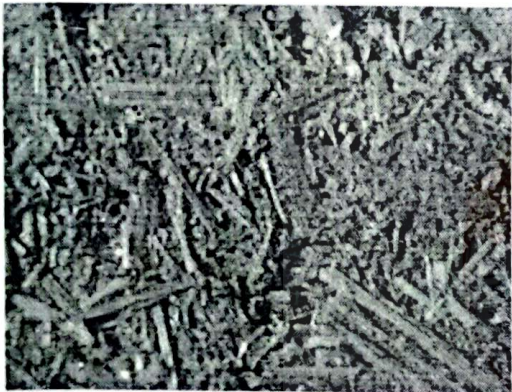


(ก)



(ข)

รูปที่ ค.7 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางดินไม้จากการทดลอง C 11 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง



(ก)



(ข)

รูปที่ ค.8 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางดินไม้จากการทดลอง C 15 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง

ก.4 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้ที่อัตราส่วน 2:1:1



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.9 โครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้จากการทดลอง C 4 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.10 โครงสร้างทางจุลภาคของกระดางต้นไม้จากการทดลอง C 8 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง



(ก)



(ข)

รูปที่ ค.11 โครงสร้างทางจุลภาคของกระถางต้นไม้จากการทดลอง C 12 (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านล่าง



ภาคผนวก ง

การทดลองปลูกต้นไม้

บทนี้กล่าวถึงการทดลองปลูกต้นไม้เพื่อเปรียบเทียบการแทงราก และการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ ชุดที่หนึ่งและชุดที่สองเป็นเวลา 2 เดือน โดยสังเกตลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นไม้และถ่ายรูปทุก ๆ 2 สัปดาห์

ง.1 ลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการย่อยสลายของกระถางต้นไม้ ชุดที่หนึ่ง



(ก)



(ข)

รูปที่ ง.1 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 2 (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8

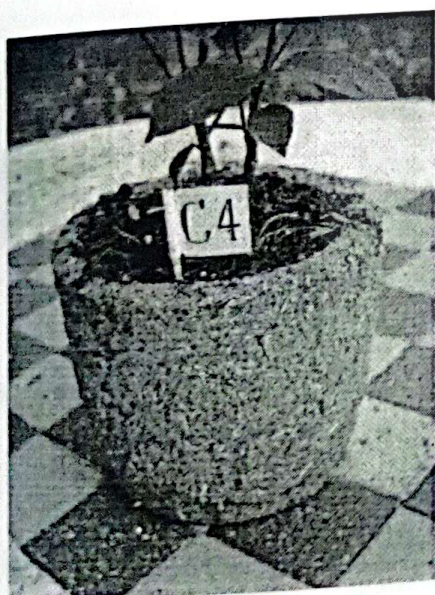


(ก)

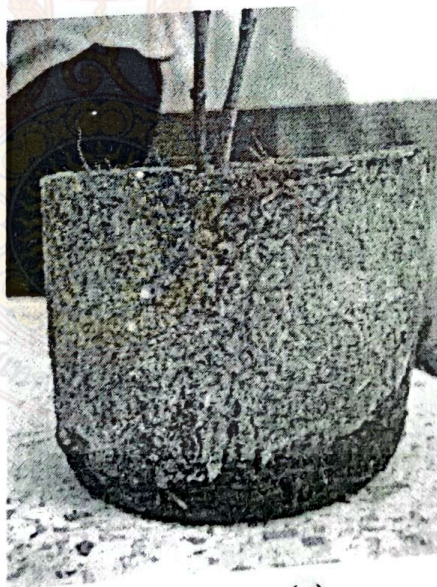


(ข)

รูปที่ ง.2 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 3 (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8

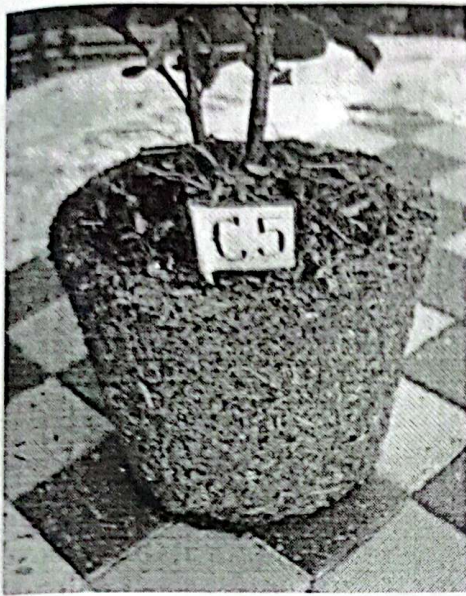


(ก)

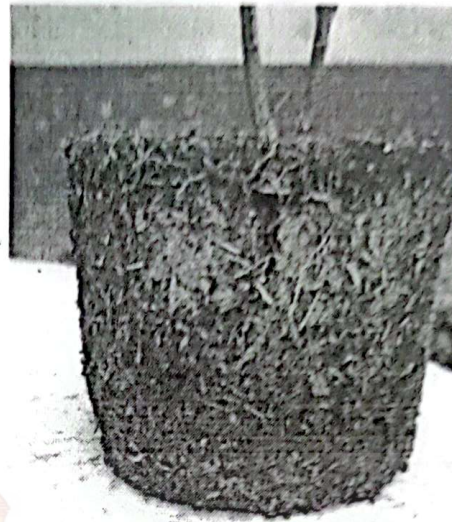


(ข)

รูปที่ ง.3 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 4 (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8

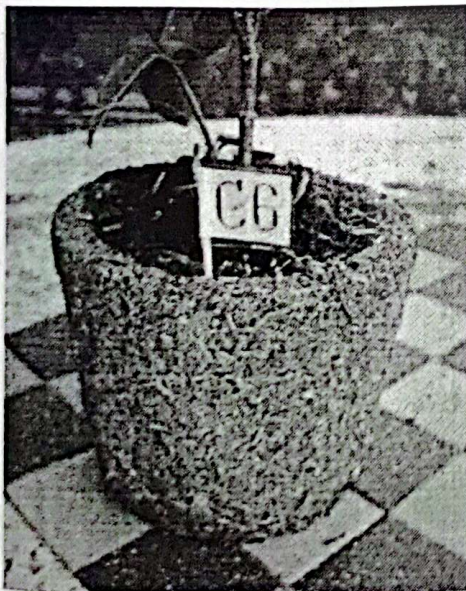


(ก)

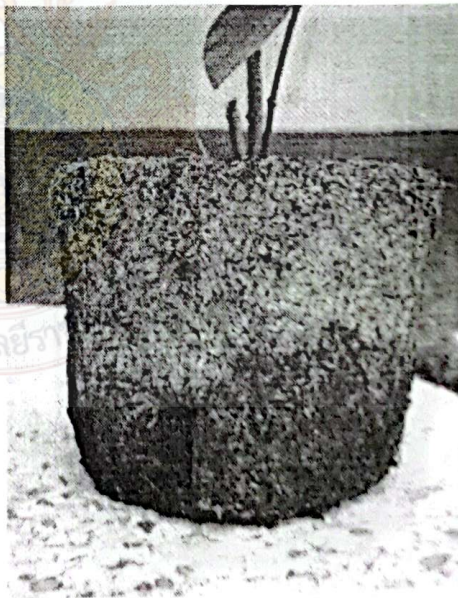


(ข)

รูปที่ ง.4 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 5 (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8



(ก)

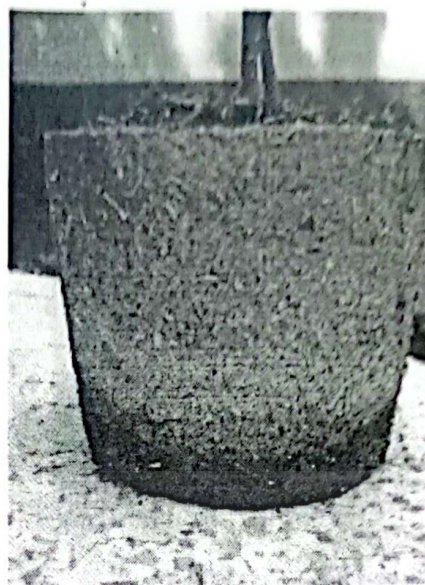


(ข)

รูปที่ ง.5 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 6 (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8

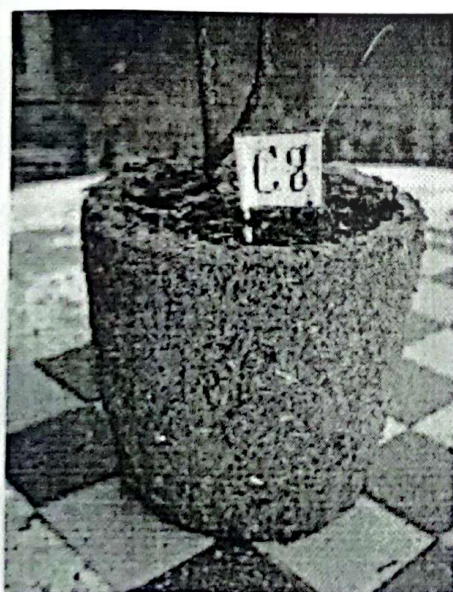


(ก)



(ข)

รูปที่ 3.6 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 7 (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.7 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 8 (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8



(ก)



(ข)

รูปที่ ๓.๘ ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 10 (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8

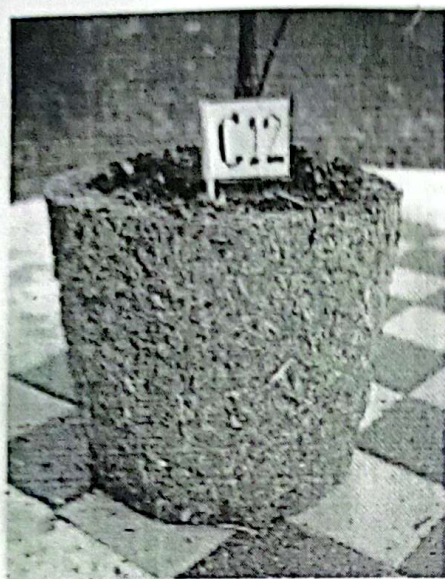


(ก)

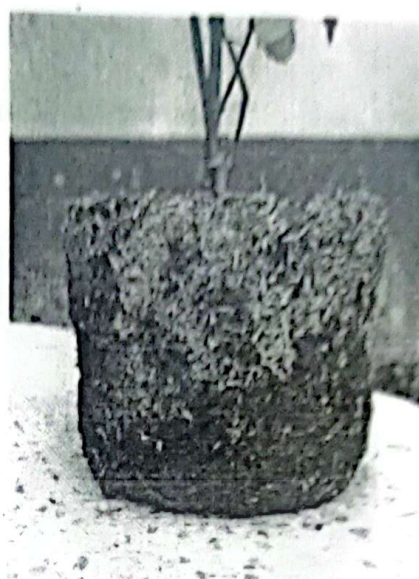


(ข)

รูปที่ ๓.๙ ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 11 (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8



(ก)

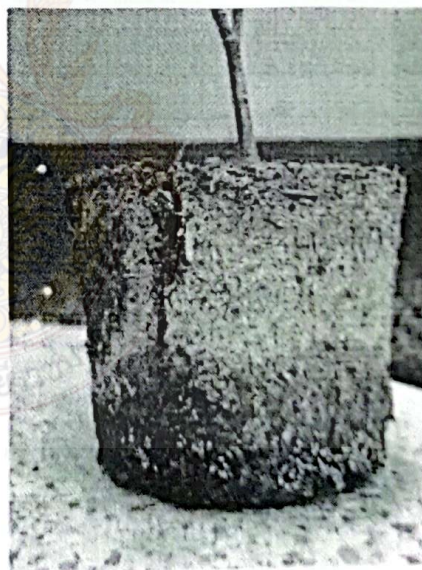


(ข)

รูปที่ ๑.10 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 12 (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8



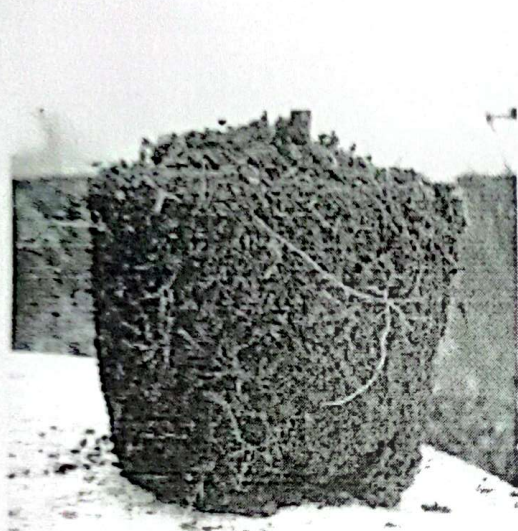
(ก)



(ข)

รูปที่ ๑.11 ลักษณะของกระถางต้นไม้ที่การทดลอง C 15 (ก) สัปดาห์ที่ 1 และ (ข) สัปดาห์ที่ 8

๓.2 ลักษณะความเปลี่ยนแปลงของการแทงรากและการย่อยสลายของกระดางต้นไม้ ชุดที่ ๑

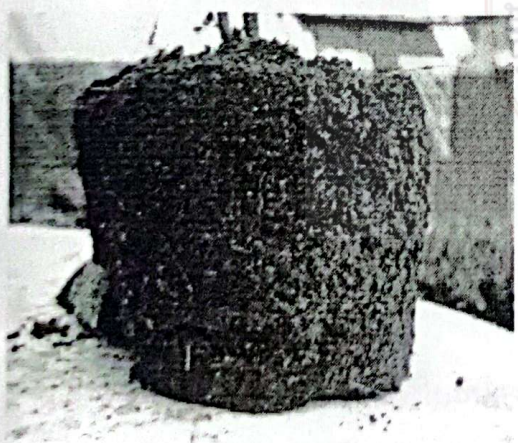


(ก)



(ข)

รูปที่ ๓.12 ลักษณะของรากต้นไม้ในสัปดาห์ที่ 8 (ก) การทดลอง C 3 และ (ข) การทดลอง C 4

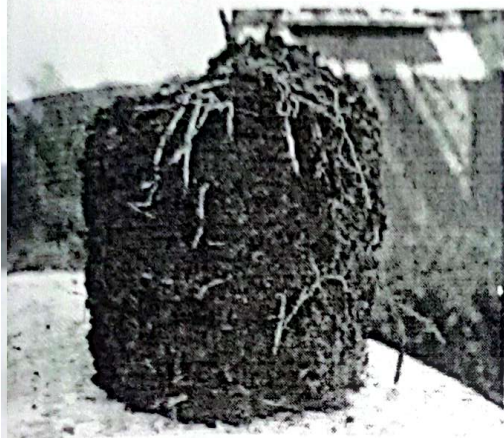


(ก)



(ข)

รูปที่ ๓.13 ลักษณะของรากต้นไม้ในสัปดาห์ที่ 8 (ก) การทดลอง C 5 และ (ข) การทดลอง C 6



(ก)



(ข)

รูปที่ ๑.14 ลักษณะของรากดินไม้ในสัปดาห์ที่ 8 (ก) การทดลอง C 7 และ (ข) การทดลอง C 8



(ก)



(ข)

รูปที่ ๑.15 ลักษณะของรากดินไม้ในสัปดาห์ที่ 8 (ก) การทดลอง C 10 และ (ข) การทดลอง C 11



(ก)



(ข)

รูปที่ ง.16 ลักษณะของรากต้นไม้ในสัปดาห์ที่ 8 (ก) การทดลอง C 12 และ (ข) การทดลอง C 15



ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

- ชื่อ นางสาวปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง
Miss Pathumthip Tonthubthimthong

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

- 2.1 ทางด้านวิชาการ อาจารย์ 2 ระดับ 7
- 2.2 ทางด้านบริหาร หัวหน้าแผนกวิจัย ฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
แผนกวิชาเคมีอุตสาหกรรม 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

ปีที่จบการ ศึกษา	ระดับ ปริญญา	อักษรย่อ ปริญญา และชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2545	เอก	วศ.ค. วิศวกรรมศาสตรดุษฎี บัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระ จอมเกล้าธนบุรี	ไทย
2538	โท	วท.ม. วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต	เคมีเทคนิค	เคมีเทคนิค	จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	ไทย
2531	ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตร์บัณฑิต	เคมี	เคมี	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษานิติศาสตรบัณฑิต) ระบุสาขาวิชาการ การดูแลสุขภาพ การสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

:

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

- การพัฒนากระดางต้นไม้ออกจากใบมะพร้าว
- การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา
- กระดางต้นไม้ออกจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
- การผลิตกระดางเพาะชำจากธรรมชาติ
- กระดางต้นไม้ออกจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

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

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, มารีสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึงและจิรพล กลิ่นบุญ “การพัฒนากระดางต้นไม้ออกจากใบมะพร้าว” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเครือข่ายภูมิภาคกลางตอนล่าง ประจำปีงบประมาณ 2547.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, “การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึง, มารีสา จินะดิษฐ์ และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ “การผลิตกระดางเพาะชำจากธรรมชาติ” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

สุรัตน์ บุญพึง และปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง “การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากทองพันชั่ง” (ผู้ร่วมวิจัย) 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 CO₂ and a Supercritical CO₂ -Methanol Mixture”, Journal of Supercritical fluids, 30 : 287-301. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P. and Luewisuttichat, W., 2001, "Supercritical CO₂ 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., Boonpong, 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 CO₂ and a Supercritical CO₂ – 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:CO₂ Ratio and Temperature on Nimbin Extraction from Neem Seeds using Supercritical CO₂", 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", Regional Symposium on Chemical Engineering 1999, November 22-24, 1999, B.P. Smilar Beach Hotel, Songkla, Thailand. (ผู้วิจัย)

Local Conference

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึ่ง, วราภรณ์ ชนะกุลรังสรรค์, ธิติรัตน์ มานิตย์ และอุษาวดี ไ้ม้คง "การผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร" การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21, 28 – 30 มีนาคม 2548, โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, อำเภอเมือง, จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้วิจัย)

จักรวาลย์ สุขมัน, ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, กฤษณ์ หวังเจริญกุลชัย และ กมลเดช งามสมจิตร “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไวน์สระแนะ” การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21, 28 – 30 มีนาคม 2548, โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, อำเภอเมือง, จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้ร่วมวิจัย)

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, จุฬาลักษณ์ จิระรัตนกุล และ ประทุมรัตน์ แสนพล, การปรับปรุงคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังโดยการคัดแปรแป้งด้วยสารโซเดียมไดโพลีฟอสเฟต, การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20, 11 – 13 กุมภาพันธ์ 2547, โรงแรม อมารินทร์ ลาภูน, อำเภอเมือง, จังหวัดพิษณุโลก. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์ และ ละเอียด เพ็งโสภา, การสกัดนินนินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและคาร์บอนไดออกไซด์-เมทานอลวิกฤตยิ่งยวด, 2546, การประชุมวิชาการและงานแสดงผลผลิตภัณฑ์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29, 20-22 ตุลาคม 2546, ศูนย์ประชุมอเนกประสงค์กาญจนาภิเษก, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์ และ ละเอียด เพ็งโสภา, การสกัดนินนินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด : ผลของขนาดอนุภาค, อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิ, การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12, 8-9 พฤศจิกายน 2545, โรงแรมโซทวีน ทาวเวอร์, กรุงเทพฯ. (ผู้วิจัย)

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

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยถูกลงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มารีสา จินะคิษฐ์, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ไชยยันต์ ไชยยะ และ ฉันทมณี วังสะจันทานนท์ “กระดางคั้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548 ทำการวิจัยถูกลงแล้วประมาณ 70 %

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, ไสริยา จิโนคม, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มารีสา จินะคิษฐ์, ไชยยันต์ ไชยยะ และ ฉันทมณี วังสะจันทานนท์ “กระดางคั้นไม้ข้าวรวกจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (หัว

หน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยลุล่วง
แล้วประมาณ 70 %

พรประสิทธิ์ กองบุญ, ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, มณฑล ชูโชนาก และสมจิตร์ สุขสวัสดิ์,
“การกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบ
ประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 50 %



ประวัติผู้ร่วมงานวิจัย

1. ชื่อ **นางมาริสา จินะคินธุ์**
Mrs.Marisa Chinadit
2. ตำแหน่งปัจจุบัน **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8**
ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ
3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
ฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ
โทรศัพท์ 0 2287 3211 – 25 ต่อ 244 โทรสาร 0 2287 3211 – 25 ต่อ 125
e-mail : marisach@rit.ac.th, marisachinadit@hotmail.com

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการ ศึกษา	ระดับ ปริญญา	อักษรย่อ ปริญญา และชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2525	เอก	Docteur de Troisième Cycle	วิทยาศาสตร์และ เทคนิควิธีทางเคมี	Paul Sabatier University, Toulouse	ฝรั่งเศส
2517	ตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต	เคมี	จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	ไทย
2515	ปก.ศ.	ประกาศนียบัตร	เคมีปฏิบัติ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

สาขาเคมีวิเคราะห์

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุสถานภาพในการทำ วิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงาน

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และ สถานภาพในการทำวิจัย

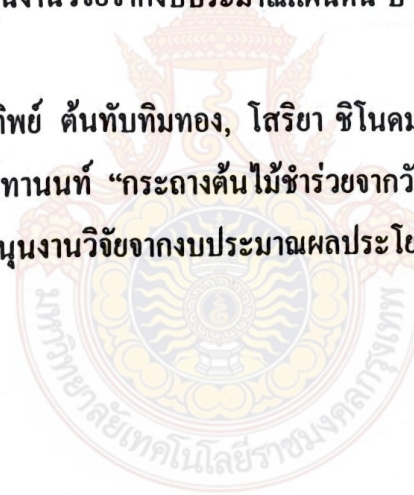
มาริสา จินะคิษฐ์, ปทุมทิพย์ คั่นทับทิมทอง และสุรัตน์ บุญพึ้ง “การพัฒนากระถางต้นไม้จากใยมะพร้าว” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเครือข่ายภูมิภาคกลางตอนล่าง ปีงบประมาณ 2547

มาริสา จินะคิษฐ์, ปทุมทิพย์ คั่นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ้ง และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ “การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และสถานภาพในการทำวิจัย

มาริสา จินะคิษฐ์, ปทุมทิพย์ คั่นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ้ง, , วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วังสะจันทานนท์ “กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548 ทำการวิจัยลุล่วงแล้ว ประมาณ 70 %

มาริสา จินะคิษฐ์, ปทุมทิพย์ คั่นทับทิมทอง, โสริยา ชีโนคม, สุรัตน์ บุญพึ้ง, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วังสะจันทานนท์ “กระถางต้นไม้ทำร่วมจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 70 %



1. ชื่อ นายสุรัตน์ บุญพึ่ง
Mr. Surat Boonpung

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

2.1 อาจารย์ 1 ระดับ 5 แผนกวิชาเคมีอุตสาหกรรม

2.2 หัวหน้าหน่วยควบคุมเอกสารและข้อมูล สำนักงานประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

แผนกวิชาเคมีอุตสาหกรรม 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	อักษรย่อ ปริญญา และชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2538	โท	วศ.ม. วิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	ไทย
2527	ตรี	วศ.บ. วิศวกรรมศาสตร บัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์	ไทย

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์, การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์, การควบคุมอัตโนมัติ, การสกัดสมุนไพร

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงาน

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

- การนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการไพโรไลซิส
- การศึกษาการดูดซับไอออนของโลหะหนักด้วยเปลือกถั่วลิสง
- การศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของสารที่ได้จากการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการไพโรไลซิส
- การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากทองพันชั่ง
- การสร้างอิทธิโอมิเตอร์ชนิดความเข้มข้นสูง

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, Chiangmai University, 23(2), 42, 1996 (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2539

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

การศึกษาคูณดูดซับไอออนของโลหะหนักด้วยเปลือกถั่วลิสง (หัวหน้าโครงการ-ยังไม่ได้ตีพิมพ์) ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณวัสดุฝึก ปี 2547

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

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ้ง, มาริสา จินะดิษฐ์ และ วรากรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ "การผลิตกระดาษเพาะชำจากธรรมชาติ" (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

สุรัตน์ บุญพึ้ง และ วรากรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ "การสร้างอิทธิโอมิเตอร์ชนิดความเข้มข้นสูง" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548

สุรัตน์ บุญพึ้ง และ ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง "การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากทองพันชั่ง (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548

สุรัตน์ บุญพึ้ง "การศึกษาคูณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของสารที่ได้จากการนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยกระบวนการไพโรไลซิส" (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณวัสดุฝึก ปี 2547-2548.

6.4งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยถูกลงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึง, มารีสา จินะดิษฐ์, จิรพล กลิ่นบุญ และ วราภรณ์ ณะกุลรังสรรค์ “กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินปี 2548 ทำการวิจัยถูกลงแล้ว 70%

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, โสริยา ชินาคม, สุรัตน์ บุญพึง และ มารีสา จินะดิษฐ์ “กระถางต้นไม้จากร่วมจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ปี 2548 ทำการวิจัยถูกลงแล้ว 70%



1. ชื่อ นางสาววารกรณ์ ธนะกุลรังสรรค์
Miss Waraporn Tanakulrungsank

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

2.1 ทางด้านวิชาการ อาจารย์ 2 ระดับ 7

2.2 ทางด้านบริหาร หัวหน้าสาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ

โทรศัพท์ 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195 โทรสาร 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195

e-mail : waraporn@rmut.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ การศึกษา	ระดับ ปริญญา	อักษรย่อปริญญา และชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2536	เอก	D. Eng. Doctor of Engineering	Catalyst Engineering	Catalyst Engineering	Kyoto University	ญี่ปุ่น
2530	โท	วศ.ม. วิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	ไทย
2521	ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เคมีวิศวกรรม	เคมีวิศวกรรม	จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	ไทย

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

วิศวกรรมเคมี วิศวกรรมตัวเร่งปฏิกิริยา

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุสถานภาพในการทำ
วิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงาน

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

- การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะออกไซด์ด้วยวิธีโซล-เจลเพื่อเคลือบบนเยื่อแผ่นอะลูมินาสำหรับสังเคราะห์สารประกอบไอเลฟิน
- การควบคุมโครงสร้างรูพรุนขนาดเมโซของตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลออกไซด์

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และ สถานภาพในการทำวิจัย

6.3.1 ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์

Tomoyuki Inui, S. Shibata and Waraporn Tanakulrungsank (1992) Purification of O_2 - N_2 gaseous mixture by pressure-swing adsorption using Na-A zeolites *Gas Separation and Purification* 6: 185-191.

Tatsuya Takeguchi, Waraporn Tanakulrungsank and Tomoyuki Inui (1993) 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: 3-10.

Tomoyuki Inui, Koji Fujioka, Waraporn Tanakulrungsank and Tatsuya Takeguchi (1993) Spillover effect in methane reforming reactions in Ni-based composite catalysts modified with precious metals *Study of Surface Science and Catalysis* 77: 369-378.

Tomoyuki Inui, K. Fujioka, Y. Fujii, Tatsuya Takeguchi, Y. Nishiyama and Waraporn Tanakulrungsank (1993) Highly active catalysts for syngas production to methanol and more valuable hydrocarbons *Study of Surface Science and Catalysis* 79: 115-126.

Somma Trichaiyaporn, Waraporn Tanakulrungsank and Surat Boonpong (1996) Selective aromatization of propane on metal silicate catalysts *Journal of Science Faculty, Chiangmai University*. 23 (2): 42-51.

Waraporn Tanakulrungsank, Piyasan. Praserttham and Pongprom Chalermvanapong (1998) Mechanism of diesel exhaust gas abatement by synthetic zeolite ZSM-5 *Journal of Metals, Materials and Minerals* 7 (2): 32-38.

Shinyi Iwamoto, Waraporn Tanakulrungsank, Masashi Inoue, Koji Kagawa, and Piyasan Praserttham (2000) Synthesis of large-surface area silica-modified titania ultrafine particles by the glycothermal method *Journal of Materials Science Letters*. 19: 1439-1443.

Piyasan Praserttham, Masashi Inoue, Okorn Mekasuvandumrong, Waraporn Tanakulrungsank and Suphot Phatanasri (2000) Effect of organic solvents on the thermal stability of

rous silica-modified alumina powders prepared via one pot solvothermal synthesis *Inorganic Chemistry Communication* 3: 671-676.

Piyasan Praserttham, Okorn Mekasuvandumrong, Suphot Phatanasri, Masashi Inoue and Waraporn Tanakulrungsank (2000) One pot solvothermal synthesis of thermally stable, porous silica-modified alumina powders by supercritical removal of organic solvents. *Journal of Metals, Materials and Minerals* 9 (2): 35-54.

Shinji Iwamoto, Seiu Iwamoto, Masashi Inoue, Sakae Uemura, Waraporn Tanakulrungsank, Koji Kagawa, and Piyasan Praserttham (2000) Thermal stability of silica-modified titania ultrafine particles synthesized by the glycothermal method *Ceramic Transactions* 5: 643-654.

Sirarat Kongwudthiti., Piyasan Praserttham; Masashi Inoue and Waraporn Tanakulrungsank (2002) Synthesis of large-surface area silica-modified zirconia by the glycothermal method. *Journal of Materials Science Letters*. 21 (18): 1461-1464.

Piyasan Praserttham, Okorn Mekasuvandumrong, Jirathana Phungphadung, Angkana Inyanucharat and Waraporn Tanakulrungsank (2003) New correlation for the effects of the crystallite size and calcination temperature on the single iron oxide nano-crystallites. *Crystal Growth & Design* 3 (2): 215-219.

Piyasan Praserttham, Jirathana Phungphadung and Waraporn Tanakulrungsank (2003) Effect of crystallite size and calcination temperature on the thermal stability of single nanocrystalline chromium oxide: expressed by novel correlation *Material Research Innovation*, 7, 8-123.

Piyasan Praserttham, Jirathana Phungphadung, Prinya Somrang, Angkana Inyanucharat, Peter L. Silveston and W. Tanakulrungsank (2003) Critical nanoparticle size for thermal stability *Journal of Materials Science Letters*, 22: 1587-1589.

Sirarat Kongwudthiti, Piyasan Praserttham; Waraporn Tanakulrungsank and Masashi Inoue (2003) The influence of Si-O-Zr bonds on the crystal-growth inhibition of zirconia prepared by the glycothermal method *Journal of Material processing Technology* 136: 186-189.

Okorn Mekasuvandumrong, Peter L. Silveston, Piyasan Praserttham, Masashi Inoue, Pavarajarn and Waraporn Tanakulrungsank (2003) Synthesis of thermally stable micro

spherical χ -alumina by thermal decomposition of aluminum isopropoxide in mineral oil *Inorganic Chemistry Communication* 6: 930-934.

Okorn Mekasuwandumrong, Piyasan Praserttham, Masashi Inoue, Varong Pavarajarn and Waraporn Tanakulrungsank (2004) Phase transformation behavior of nanocrystalline χ -alumina powder obtained by thermal decomposition of AIP in inert organic solvent *Journal of Materials Science* 39 (10): 2417-2421.

Chatchawan Sookman, Waraporn Tanakulrungsank and Paisan Kongkachuichaya The influence of base type on the characterization of a nickel oxide catalyst formed by a sol-gel technique. Proceeding of the International Conference on Recent Advances on Mechanical & Materials Engineering, Paper No. 57, Kuala Lumpur, Malaysia, May 30-31, 2005.

6.3.2 ผลงานวิจัยที่เสนอในการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

จุไรรัตน์ ควงเดือน, ควงฤดี สุทธิมิตร, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, วัฒนชัย คุศบรรจง, มังกร กิตติพัฒน์มนตรี, สิงห์โต สกุลเขมฤทัย, สุพัฒน์ เผ่าพงษ์ไทย, กนกวรรณ ฤทธิศิริศักดิ์ และไพฑูรย์ ทรัพย์อุดม. 2543. การศึกษาสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์. รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 17. 3, 740-752.

Waraporn Tanakulrungsank, Sornnarong. Tienkaew and Piyasan Praserttham (2002) 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, 101-108.

Numyoot Songthanapitak, Waraporn Tanakulrungsank, Chatchawan Sookman, and Supatara Popuang (2003) Modification of crude palm oil to diesel engine fuel 29th Congress on Science and Technology of Thailand, October 20-22, 2003, Khon Kaen, Thailand SI-3.

นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์ สุภัตรา โพธิ์พ่วง มนตรี ทวาโรจน์ มณฑล ชูโชนาค และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ การปรับปรุงน้ำมันปาล์มดิบเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเข้า การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20 ระหว่างวันที่ 11 - 13 กุมภาพันธ์ 2547 ณ โรงแรมอมรินทร์ลากูน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ คมกริช ชีราช และมีชัย วิณะโรจน์ การผลิตถ่านอัดก้อนจาก ผงถ่านแอนทราไซด์และวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตร การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20 ระหว่างวันที่ 11 - 13 กุมภาพันธ์ 2547 ณ โรงแรมอมรินทร์ลากูน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง มาริสา จินะคิษฐ์ สุรัตน์ บุญพึ่ง วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์
จิราธิรณ์ มานิคย์ และ อุษาวดี ไ้มั่ง การผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร การประชุม
สัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21 ระหว่างวันที่ 28 – 30 มีนาคม 2548 ณ โรงแรม
เชียงใหม่ ภูเก็ต อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ ขนิษฐา เจริญลาภ ชีระศักดิ์ สุขเกิด และ เรวดี มรฐาวานิช
บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยปฏิกิริยาโฟโตแคตะไลซิสโดยใช้ไทเทเนียม การ
ประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21 ระหว่างวันที่ 28 – 30 มีนาคม
2548 ณ โรงแรมเชียงใหม่ ภูเก็ต อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

Chatchawan Sookman, Paisan Kongkachuichaya and Waraporn Tanakulrungsank
(2005) The effect of calcined temperature on the property of nickel oxide catalyst synthesized by
sol-gel method. The 3rd EMSES International Symposium Eco-Energy and Material Science
Engineering Symposium, April 6-9, 2005, Chiangmai, Thailand D2.

Pathumthip Tonthubthimthong, Marisa Chinadit, Surat Boonpong, Chanon Supanya,
Suntaree Tanuwong and Waraporn Tanakulrungsank (2005) Cultivat Flowerpot Production from
Agricultural Waste Materials. The 3rd EMSES International Symposium Eco-Energy and
MaterialScience Engineering Symposium, April 6-9, 2005, Chiangmai, Thailand P12.

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และสถานภาพในการทำวิจัย

มาริสา จินะคิษฐ์, ปทุมทิพย์ คันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, , วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์,
ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วงสะจันทานนท์ “กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร” (ผู้ร่วม
วิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548 ทำการวิจัยถูกล่วงแล้วประมาณ 70 %

ไชยยันต์ ไชยยะ และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ “การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดย
ใช้ฟลูอิดไอเซชันไอน้ำ” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548
ทำการวิจัยถูกล่วงแล้วประมาณ 70 %

ไชยยันต์ ไชยยะ และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ “การสังเคราะห์เส้นใยซิลิกาด้วยวิธีโซล-
เจลโดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผล
ประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยถูกล่วงแล้วประมาณ 70 %

วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ และ ชัชวาลย์ สุขมัน “การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ
ออกไซด์ด้วยวิธีโซล-เจลเพื่อเคลือบบนเยื่อแผ่นอะลูมินาสำหรับสังเคราะห์สารประกอบโอเลฟิน”
(หัวหน้าโครงการวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัย
ถูกล่วงแล้วประมาณ 70 %

1. ชื่อ

นายไชยยันต์ ไชยยะ

MR. CHAIYAN CHAIYA

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ 1 ระดับ 5

3. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิชาเทคโนโลยีเคมี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ

โทรศัพท์ 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195 โทรสาร 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1195

E-mail address chaiyanc@rit.ac.th; cchaiya@yahoo.com

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา และชื่อเต็ม	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2547	เอก	Ph.D.	Environmental Technology	Joint Graduate school of Energy and Environment (JGSEE)	ไทย
2543	โท	วศ.ม.	วิศวกรรมเคมี	ม. เทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี	ไทย
2540	ตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเคมี	ม. ศรีนคริทรวิโรฒ	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
การดูดซับ

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพ
ในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

- การผลิตน้ำมันมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ฟลูอิดไอเซชันไอน้ำ
- การสังเคราะห์เส้นใยซิลิกาด้วยวิธีโซล-เจล โดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง

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

International Journal

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

Boonamnuyvitaya 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.

International & Regional Conference

Chaiya, C. and Boonamnuyvitaya, V. 2000. The Adsorption of Heavy Metal Ions with Adsorbent Comprised of Coffee Residue, Proceedings of the 1st Asian Particle Technology Symposium, Bangkok, Thailand, 66.

Chaiya, C. and Boonamnuyvitaya, V. 2003. 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.

Chaiya, C. and Boonamnuyvitaya, V. 2003. 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.

Chaiya, C. and Boonamnuyvitaya, V. 2003. 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.

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

Local Conference

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

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

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยคล่องแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ไชยยันต์ ไชยยะ และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ “การผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยใช้ฟลูอิดเซชันไอน้ำ” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยคล่องแล้วประมาณ 70 %

ไชยยันต์ ไชยยะ และ วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์ “การสังเคราะห์เส้นใยซิลิกาด้วยวิธีโซล-เจลโดยใช้เทคนิคอิเล็กโตรสปินนิง” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยคล่องแล้วประมาณ 70 %

ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, ไสริยา ชีโนคม, สุรัตน์ บุญพึ่ง, มารีสา จินะดิษฐ์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วงสะจันทานนท์ “กระถางต้นไม้ชำระจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548 ทำการวิจัยคล่องแล้วประมาณ 70 %

มารีสา จินะดิษฐ์, ปทุมทิพย์ ดันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึ่ง, , วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วงสะจันทานนท์ “กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548 ทำการวิจัยคล่องแล้วประมาณ 70 %