ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ 3-Iodopropinyl-N-butylcarbamate (IPBC) ในพอลิแลคติกแอซิด ที่เติมแคลเซียมออกไซด์ (CaO) สำหรับงานเกษตรกรรม

โดย

กุลนิดา เทพทิม

เอกชัย วิมลมาลา

สนับสนุนงบประมาณโดย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ประจำปีงบประมาณ 2561

Anti-microbial Performance of 3-Iodopropinyl-N-Butylcarbamate (IPBC) in Poly(lactic acid) Added with Calcium Oxide (CaO) for Agricultural Applications

By

Kulnida Taptim

Ekachai Wimolmala

Granted by

Rajamangala University of Technology Ratttanakosin

Fiscal year 2018

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจากงบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2561 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ โดยได้รับการประเมินข้อเสนอจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) คณะผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ อีกทั้งขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีสำหรับความอนุเคราะห์เครื่องมือในการขึ้นรูป และการทดสอบพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือสำหรับความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

ขอขอบคุณที่ปรึกษาศาสตราจารย์ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ และสมาชิกกลุ่มวิจัยการผลิตและขึ้นรูปพอลิเมอร์ (P-PROF) สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปศึกษาให้เป็นประโยชน์ต่อสังคม และประเทศ ต่อไป

กุลนิดา เทพทิม และคณะ

กรกฎาคม 2562

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : A070/2561
ชื่อโครงการ : ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ของสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ 3-Iodopropinyl-N-butylcarbamate (IPBC) ในพอลิแลคติกแอซิด ที่เติมแคลเซียมออกไซด์ (CaO) สำหรับงานเกษตรกรรม
ชื่อนักวิจัย : ดร.กุลนิดา เทพทิม และ รศ.เอกชัย วิมลมาลา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราโดยทำการผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิค (Polylactic acid, PLA) กับ 3-Iodo 2-propinyl butylcarbamate (IPBC) และ แคลเซียมออกไซด์ (Calcium Oxide, CaO) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านการเกษตรกรรม โดยการผ สมพอลิแลกติแอซิดและแคลเซียมออกไซด์ในสัดส่วน 100 : 0, 100 : 30 และมีการปรับเปลี่ยนปริมาณ IPBC ที่ 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 ppm จากนั้นทำการผสมกันด้วยเครื่องผสมแบบภายใน นำคอมปาวด์ที่ได้ไปขึ้นรูป หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่ได้มาทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *Phytophthora Parasitica* ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราจริงด้วยการใช้ต้นมะเขือเทศพันธุ์สีดา และการทดสอบการย่อยสลายของชิ้นงานด้วยวิธีฝังกลบดิน ผลจากการทดสอบเชื้อราแบบเทคนิคเชิงคุณภาพ และผลจากการทดสอบเชื้อราแบบเทคนิคเชิงปริมาณ พบว่าพอลิแลกติกแอซิค ที่เติมแคลเซียมออกไซด์และ IPBC ที่ปริมาณ 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราเพิ่มขึ้นตามปริมาณ IPBC ที่เพิ่มขึ้น ด้านการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราที่มีผลต่อต้นมะเขือเทศพันธุ์สีดา พบว่าต้นมะเขือเทศที่ใส่ปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์จำนวนทั้งหมด 10 สูตร ต้นมะเขือเทศต้นเล็กตายเมื่อเวลาผ่านไปเพียง 5 วัน สูตรที่เติมแคลเซียมออกไซด์ทำให้ต้นมะเขือเทศตายเร็วขึ้นเพียงผ่านไปแค่ 4 วัน และต้นมะเขือเทศต้นใหญ่ พบว่าต้นมะเขือเทศมีการออกดอกออกผลผลัดใบแต่การเจริญเติบโตช้ากว่าต้นมะเขือเทศที่ไม่ใส่ปุ๋ยชิ้นงานทดสอบ ด้านการทดสอบการย่อยสลายด้วยวิธีฝังกลบดิน พบว่าการย่อยสลายของ ชิ้นงานทดสอบที่ไมเติม IPBC และแคลเซียมออกไซค์ มีค่าการย่อยสลายน้อยกว่า ชิ้นงานที่เติม IPBC และ แคลเซียมออกไซต์ อย่างไรก็ตามการเติมแคลเซียมออกไซด์คู่กับ IPBC ช่วยทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราชนิด *Phytophthora Parasitica* ได้

คำสำคัญ : เทอร์โมพลาสติกวัลคาไนซ์ สารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียHPQM สารดูดซับนูซิลิน

E-mail Address : kulnida.tap@rmutr.ac.th
ระยะเวลาโครงการ : ตุลาคม 2560-กันยายน 2562

Abstract

Code of project : A070/2561
Project name : Anti-microbial Performance of 3-Iodopropinyl-N-Butylcarbamate (IPBC) in Poly(lactic acid) Added with Calcium Oxide (CaO) for Agricultural Applications

Researcher name : Dr. Kulnida Taptim, Asst Prof. Ekachai Wimolmala

This study investigated the effectiveness of fungal antifungal treatment by mixing polylactic acid (PLA) with 3-Iodo 2-propinyl butylcarbamate, (IPBC) and Calcium Oxide (CaO) for application A mixture of IPBC. The addition of IPBC of 2.5, 5.0, 7.5 and 10.0 ppm into polymer. The polymer compounds were mixer by internal mixer follow by extrusion to produce the specimens. An anti-microbial activities were tested by 2 methods, which are Disk Diffusion Test Dry Weight technique. It was found that, PLA added with CaO and IPBC varies 2.5, 5.0, 7.5 and 10.0 ppm showed an effective inhibition of fungal growth by the more IPBC the more inhibition zone. The real usage of compounds was test by put the compound into tomatoes plants, which were 1-7 cm weight. The results showed that, the small size of tomato tree were died after 5 days. Moreover, the compound with CaO die faster 9 days and slow down the growth of death tomato tree.

Keyword : Thermoplastic vulcanizate, Antibacterial Agent HPQM, Neusilin® Adsorbent

---

E-mail Address **: kulnida.tap@rmutr.ac.th**
Period of project **:** October 2017 – September 2019

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ก
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
	3. ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
	4. ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2	**ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**5**
	1. พอลิแลคติคแอซิด	5
	2. สารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์	5
	3. การผสมสารยับยั้งเชื้อราเข้ากับวัสดุพอลิเมอร์	6
	4. สารปรับปรุงสมบัติความเป็นกรดเบสของดิน	6
	5. การทดสอบประสิทธาพการยับยั้งเชื้อรา	7
	6. การผสมสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์เข้ากับพลาสติกชีวภาพ	8
	7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3	**วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย**	**12**
	1. วัสดุที่ใช้วิจัย	12
	2. วิธีการดำเนินการวิจัย	12
	3. การทดสอบpH	14

สารบัญ (ต่อ)

4. การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราที่มีต่อต้นมะเขือเทศพันธุ์สีดา 14
5. การทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในห้องทดลอง 15
6. การทดสอบการฝังกลบและดูการย่อยสลาย 16

บทที่ 4 การวิจัยและผลการวิจัย 18

1. ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการผสมพอลิเมอร์ด้วยกระบวนการอัดรีดแบบสกรูคู่ 18
2. การศึกษาการยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งโดยใช้วิธี Disk diffusion 18
3. ศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราที่มีต่อต้นมะเขือเทศพันธุ์สีดา 19
4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลง pH ของน้ำกลั่นที่ประกอบด้วยปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ 21
5. การศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวโดยวิธีการตรวจวัดน้ำหนักแห้ง 24
6. การทดสอบการฝังกลบและดูการย่อยสลาย 25

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 27

บรรณานุกรม 28

ประวัติผู้วิจัย 31

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

4-1 ผลการผสมพอลิเมอร์ที่ผ่านผ่านกระบวนการขึ้นรูป 18

4-2 ผลการยับยั้งเชื้อราของพอลิเมอร์ 19

4-3 ผลของต้นมะเขือเทศพันธ์สีดาที่เป็นต้นเล็ก 20

4-4 ผลของต้นมะเขือเทศพันธ์สีดาที่เป็นต้นใหญ่ 20

4-5 ค่า pH ของปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ที่มี IPBC ที่ปริมาณต่างๆ 22

4-6 ค่า pH ของปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ที่มี แคลเซียมออกไซด์ ที่ปริมาณต่างๆ 23

4-7 เปอร์เซ็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา 24

4-8 การย่อยสลายของปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ 25

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1.1 ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศไทยย้อนหลังตั่งแต่ปี ค.ศ. 2006 ถึง ปี ค.ศ. 2014 2

2.1 ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของพอลิแลคติกแอซิด 5

2.2 การเกิดรัศมีการยับยั้งเชื้อของเชื้อรา ด้วยการทดสอบวิธีการวัดรัศมีการยับยั้งเชื้อรา 7

3-1 องค์ประกอบของพลาสติกชีวภาพพอลิแลคติกแอซิค (Polylactic Acid,PLA) ผสมกับ lodopropinyl Butylcarbamate, IPBC) และ (Calcium Oxide, CaO) 13

4-1 ค่า pH ของปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ที่มี IPBC ที่ปริมาณต่างๆ 21

4-2 ค่า pH ของปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ที่เติมแคลเซียมออกไซด์ 22

4-3 การย่อยสลายของปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ 25

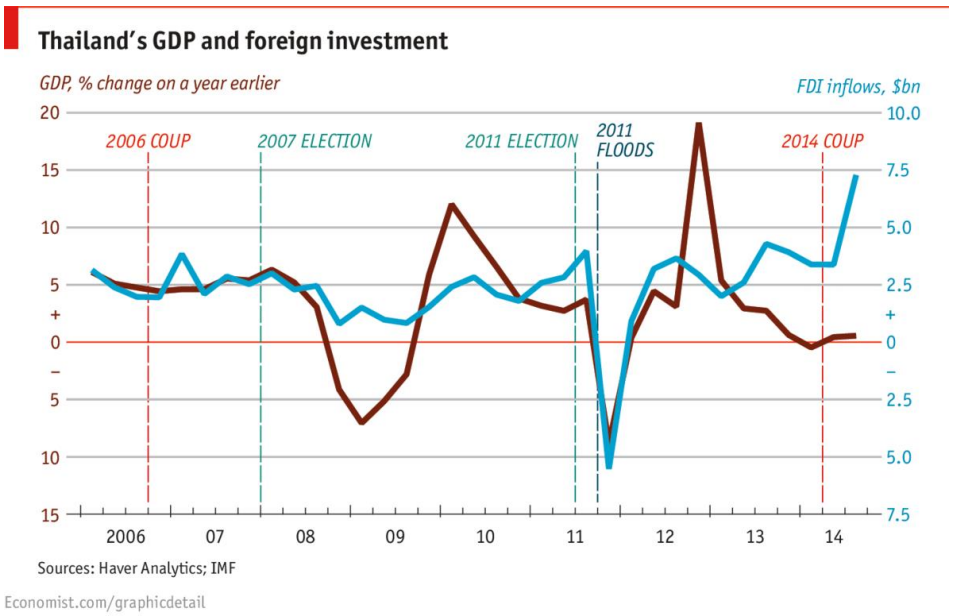
บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product, GDP) ในช่วง 3 ปีที่ผ่านมามีแนวโน้มชะลอตัวต่อเนื่อง[1] ซึ่งรวมถึงผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศภาคการเกษตรด้วยที่มีแนวโน้มชะลอตัวด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากการสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง ส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรตกต่ำ ทั้งจากแนวโน้มราคาสินค้าทางการเกษตรที่ลดลง[2] ทำให้เกษตรกรต้องเผชิญความยากลำบากมากขึ้น การพัฒนาอุปกรณ์ การเกษตร และเคมีภัณฑ์ เพื่อช่วยเกษตรกรในการผลิตผลิตผลทางการเกษตรให้มีคุณภาพ และปริมาณที่มากขึ้นจึงเป็นเรื่องสำคัญเร่งด่วนที่ต้องการปรับปรุงและพัฒนา ซึ่งเป็นไปตามนโยบาลของรัฐบาลที่ให้ความสำคัญแก่สินค้าการเกษตรให้เกิดการมีเสถียรภาพ ช่วยยกระดับความเป็นอยู่ของเกษตรกรซึ่งเป็นประชากรส่วนใหญ่ของประเทศให้ดีขึ้น ในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่เผชิญปัญหา ผลผลิตของพืชที่ลดลง เนื่องจากปัญหาศัตรูพืชนั่นคือโรคพืชและแมลง เป็นปัญหาหลักของเกษตรกร ทั้งนี้โรคพืชส่วนใหญ่เกิดจาก 2 ปัจจัยหลัก คือ โรคพืชที่เกิดจากดินที่ใช้ในการเพาะปลูก เช่น ธาตุอาหารในดินต่ำเกินไป ความเป็นกรดเบสของดินที่มากเกินไป ความชื้นที่ไม่พอเหมาะ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช อีกปัจจัยหนึ่งคือเชื้อจุลินทรีย์ในดิน โดยการแพร่ของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคพืชปนเปื้อนในดินนั่นเองส่งผลต่อการ

เกิดโรคพืชเช่นกัน จุลินทรีย์ในดินส่วนใหญ่ที่ทำให้เกิดโรคนั้นคือ เชื้อรา และ เชื้อแบคทีเรีย [3] โดยโรคที่เกิดจากเชื้อราเช่น โรครากเน่าโคนเน่า โรคกล้าไหม้ และโรคยอดเน่า เกิดจากเชื้อราชนิด *Phytopthora spp. Fusarium* spp. และ *Pythium* spp. ตามลำดับ โรคเน่าเละ โรคเหี่ยว และโรคเน่าดำ เกิดจากเชื้อแบคทีเรียชนิด *Erwinia spp. Pseudomonas solanacearum* และ Xanthomonas spp. ตามลำดับ [4-6] ดังตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ที่กล่าวมาข้างต้น เห็นว่าปัญหาการติดเชื้อแบคทีเรียของพืชเป็นปัญหาสำคัญของการเพาะปลูกของเกษตรกร แนวทางในการป้องกันโรคที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวคือการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์ในการฆ่า หรือยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์



รูปที่ 1-1 ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศไทยย้อนหลังตั่งแต่ปี ค.ศ. 2006 ถึง ปี ค.ศ. 2014 [7]

นอกจากปัญหาโรคพืชที่กล่าวข้างต้นแล้ว ปัญหาดินเป็นกรดมากเกินไปก็ส่งผลให้พืชที่ปลูกได้รับความเสียหายด้วยเช่นกัน ดินเป็นกรด หรือดินเปรี้ยว (acid soil) คือดินที่มีค่าความเป็นกรดเบส (pH) ต่ำกว่า 7.0 ในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ประสบปัญหาดินเป็นกรดเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น พื้นที่ในประเทศไทยบางพื้นที่ดินมีสภาพเป็นกรด เกิดจากการปลูกพืชเดิมซ้ำทำให้แร่ธาตุในดินหมดไป เหลือความเป็นกรดไว้ หรือแม้กระทั่งการใช้ปุ๋ยเคมีต่างๆที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาดินเป็นกรดคือการเติมสารกลุ่มวัสดุปูนลงในดินเพื่อปรับสภาพดิน ซึ่งการปรับสภาพดินโดยการเติมวัสดุปูนและสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ลงในดินนั้น มีความจำต้องมีตัวกลางในการควบคุมการปลดปล่อยสารเคมีออกสู่ดินเพื่อปรับสภาพดินและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งนี้มีการใช้พอลิเมอร์เป็นวัสดุควบคุมการปลดปล่อยสารเพื่อ โดยพอลิเมอร์ที่เหมาะสมแก่การใช้เป็นตัวกลางดังกล่าวคือพลาสติกชีวภาพที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ในดิน เพื่อให้สะดวกในการใช้งาน ฝังกลบได้ง่าย และให้ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และการปรับสภาพดินสูงที่สุด

พลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้มีหลากหลายชนิด เช่น พอลิแลคติคแอซิด (PLA) พอลีไฮดรอกซีบิวทิเรต (PHB) พอลิบิวทิลีนซักซิเนต(PBS) และอื่นๆ ทังนี้ พอลิแลคติคแอซิดเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ดี มีสัดส่วนชีวมวลเป็นร้อยละ 100 เนื่องจากผลิตได้จากหมักคาร์โบไฮเดรตจำพวกแป้ง [6] ดังนั้น พอลิแลคติคแอซิดจึงเป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เนื่องจากสมบัติที่สามารถย่อยสลายได้นี้เอง ทำให้พอลิแลคติคแอซิดมีอายุในการเก็บรักษาก่อนการนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากทำให้พอลิแลคติคแอซิดเกิดการเสื่อมสภาพจากน้ำหนักโมเลกุลที่ลดต่ำลง ดังนั้นเมื่อพอลิแลคติคแอซิดเกินอายุการเก็บรักษานั้น ไม่สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้ เนื่องจากจะทำให้เกิดข้อบกพร่องในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ และจำเป็นต้องขายในราคาที่ต่ำ

นักวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำพอลิแลคติคแอซิดที่เกินอายุการเก็บรักษาที่ไม่สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่นได้อีก มาใช้เป็นตัวกลางในการจับสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และปูนขาว เพื่อควบคุมการ

ปลดปล่อยสารเคมีทั้ง 2 ชนิดลงในดิน และเพื่อการใช้งานที่ง่าย เนื่องจากตัวกลางซึ่งเป็นพอลิแลคติคแอซิดสามารถย่อยสลายทางชีวภาพในดินได้อีกด้วย จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น คณะวิจัยฯ จึงมีความสนใจศึกษาการผลิตเม็ดคอมปาวด์จากพอลิแลคติกแอซิด โดยเติม3-Iodopropinyl-N-butylcarbamate (IPBC) เป็นสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และ แคลเซี่ยมออกไซด์ (CaO) ซึ่งเป็นสารที่ช่วยปรับสภาพให้ดิน โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ประสิทธิภาพในการปรับสภาพดิน ทั้งในห้องปฏิบัติการและการใช้งานจริง และอัตราย่อยสลายทางชีวภาพของเม็ดคอมปาวด์หลังจากหมดอายุการใช้งาน เพื่อให้เกษตรกรของไทยได้ใช้เคมีภัณฑ์ที่ดีมีคุณภาพ และสามารถต่อยอดโดยการผลิตเคมีภัณฑ์ดังกล่าวเชิงพาณิชย์อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสภาวะและปริมาณการผสมแคลเซียมออกไซด์ และสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิด 3-Iodopropinyl-N-butylcarbamate (IPBC) ในพอลิแลคติกแอซิด

2.2 เพื่อศึกษาผลประสิทธิภาพการปรับสภาพดิน และสมบัติการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ของพอลิแลคติกแอซิด ที่เติมแคลเซียมออกไซด์ และสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

2.3 เพื่อศึกษาระยะเวลาในการเสื่อมสภาพในห้องปฏิบัติการ กับการใช้งานจริงของพอลิแลคติกแอซิด ที่มีแคลเซียมออกไซด์และสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ พอลิเมอร์ชนิดพอลิแลคติกแอซิด

3.2 สารยับยังเชื้อราตั้งต้นที่ใช้คือ 3-Iodopropinyl-N-butylcarbamate (IPBC)

3.3 วิธีการผสมสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และแคลเซียมออกไซด์ในพอลิแลคติกแอซิด ทำโดยกระบวนการอัดรีด แล้วตัดเป็นเม็ดด้วยเครื่องตัดเม็ด

3.4 ความเข้มข้นของสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และความเข้มข้นของแคลเซียมออกไซด์ในพอลิเมอร์คือ 0 / 2,500 / 5,000 / 7,500 และ10,000 ppm และ 0 / 5 / 10 / 15 และ 20 pph ตามลำดับ

3.5 ทดสอบและวิเคราะห์ ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ การแพร่ของแคลเซียมออกไซด์เพื่อทำให้ดินมีค่า pH เป็นกลาง อัตราการย่อยสลายของพอลิเมอร์ ของพอลิแลคติกแอซิดที่ผสมสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และแคลเซียมออกไซด์

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

4.1 ด้านวิชาการ เพื่อทราบถึงปริมาณของสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และแคลเซียมออกไซด์ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ การปรับสภาพดินให้เป็นกลาง และสมบัติการย่อยสลายทางชีวภาพ ของพอลิแลคติกแอซิด โดยผ่านกลไกการวิจัยตามหลักวิชาการและเป็นการสนับสนุนให้นักวิชาการซึ่งเป็นทรัพยากรบุคคลอีกด้วย

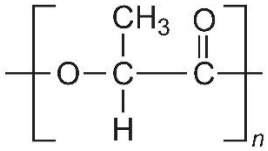
4.2 ด้านเศรษฐศาสตร์และภาคอุตสาหกรรม เพื่อส่งเสริมภาคการเกษตรโดยการแก้ไขปัญหาการเกิดโรคของพืชให้แก่เกษตรกรเพื่อลดการสูญเสียรายได้ของเกษตรกร ซึ่งช่วยยกระดับให้ประเทศมีรายได้จากการส่งออกผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเพิ่มขึ้น

4.3 ด้านสังคมและประโยชน์สาธารณะ เพื่อส่งเสริมการใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีคุณภาพเพื่อบริโภค ภายในประเทศ และส่งออกต่างประเทศ

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. พอลิแลคติคแอซิด (Poly(lactic acid), PLA)

พอลิแลคติกแอซิดเป็นพอลิเมอร์ในกลุ่มพอลิเอสเทอร์เป็นพลาสติกชีวภาพที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ พอลิแลคติกแอซิดผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติจำพวกแป้งและน้ำตาลด้วยกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั้นแบบควบแน่นแล้วเกิดเป็นพอลิแลคติกแอซิดที่มีลักษณะใส มีความทนต่อไขมันและน้ำมันได้ดี แก๊สต่างๆสามารถแพร่ผ่านได้ง่าย จึงมีการนำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ เช่น ภาชนะและบรรจุภัณฑ์อาหาร เครื่องนุ่มห่ม ภาชนะเพาะปลูกด้านการเกษตร โครงสร้างทางเคมีของพอลิแลคติกแอซิดแป็นดังรูปที่ 2



รูปที่ 2-1 ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของพอลิแลคติกแอซิด [8]

2. สารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (Anti-microbial agent)

สารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ คือ สารที่ได้จากธรรมชาติ สารกึ่งสังเคราะห์ และสารสังเคราะห์ มี่มีฤทธิ์ในการต้าน หรือหยุดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยการเข้าไปทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ดังกล่าวประกอบไปด้วย แบคทีเรีย รา โปรโตซัว สาหร่าย และยีสต์ ทั้งนี้โดยส่วนใหญ่เมื่อกล่าวถึงสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ คือการกล่าวถึงสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และ รา การแยกประเภทของสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์มีหลายวิธี แต่สารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ 3-Iodopropinyl-N-butylcarbamate (IPBC) ซึ่งเป็นประเภทที่ออกฤทธิ์กว้าง (broad spectrum) กล่าวคือสามารถยับยั้งได้ทั้งเชื้อแบคทีเรีย และ รา เป็นสารยับยั้งเชื้อที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมสี และอุตสาหกรรมอื่นๆอีกมากมาย [9] เนื่องจากสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถฆ่าเชื้อได้หลายชนิด สารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์จึงมีทั้งที่เป็นลักษณะที่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ได้หลายประเภทซึ่งเป็นชนิดที่เรียกว่ามีสารที่ออกฤทธิ์กว้าง (broad spectrum) เช่น 3-Iodopropinyl -N-butylcarbamate (IPBC) สารยับยั้งเชื้อราชนิดนี้ ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งนี้อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ และอุตสาหกรรมอื่นๆอีกมากมาย [5] สาร IPBC สามารถยั้งเชื้อได้หลายชนิด เช่น *Alternaria Alternata Aspergillus Niger Trichoderma Viride Staphylococus aureus* และเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆอีกมากมาก ซึ่งจากรายงานการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยค่า Minimum inhibitory concentration พบว่า สารยับยั้งเชื้อ IPCB มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อได้หลายประเภท [6]

3. การผสมสารยับยั้งเชื้อราเข้ากับวัสดุพอลิเมอร์

เทคนิคที่ใช้ในการผสมสารยับยั้งเชื้อราเข้ากับพอลิเมอร์นั้นโดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ การผสมแบบแห้ง (Dry Blending) และการผสมแบบหลอมเหลว (Melt Blending) การผสมแบบแห้งคือการผสมสารยับยั้งเชื้อราเข้ากับพอลิเมอร์ที่อยู่ในรูปของของแข็งด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง จากนั้นจึงนำพอลิเมอร์ที่คลุกเคล้าเข้ากับสารยับยั้งเชื้อราได้ดีแล้วมาขึ้นรูปเป็นชิ้นงาน ข้อดีของการผสมแบบแห้งคือไม่มีการใช้ความร้อนในการผสมสารทั้งสองชนิดเข้าด้วยกัน เพื่อลดการเสื่อมสภาพของสารทั้งสองชนิด ข้อเสียคือต้องใช้เวลานานในการปั่นความเร็วสูงเพื่อให้การกระจายตัวของสารยับยั้งเชื้อราดี ตรงข้ามกับการผสมแบบหลอมเหลว ที่เป็นการผสมสารยับยั้งเชื้อราเข้ากับพอลิเมอร์ในขณะที่พอลิเมอร์หลอมเหลวเนื่องจากความร้อนสารที่ผสมจะมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ แต่อาจเกิดการเสื่อมสภาพของทั้งสารยับยั้งเชื้อราและพอลิเมอร์

4. สารปรับปรุงสมบัติความเป็นกรดเบสของดิน

ดินกรด คือ ดินที่มีค่าความเป็นกรดเบส (pH) ต่ำกว่า 7.0 เนื่องจากดินมีการปลดปล่อย H^+ ออกมา ทั่วไปดินที่เป็นกรดจะเป็นดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ ส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชเป็นไปอย่างจำกัดซึ่งมีความเป็นพิษของอะลูมินัม แมงกานีส และเหล็ก และยังส่งผลให้ดินขาดธาตุ แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และโมลิดินัม [10] การปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดินสามารถทำได้โดยการเติมสารเพื่อปรับสภาพดิน เช่น สารอินทรียวัตถุ หรือการใช้ปูน ทั้งนี้การใส่ปูนมากเกินไปเป็นผลเสียกับพืช คือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง pH ในดินอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยปูนที่ใช้ในการปรับสภาพดินมีหลายชนิด คือ ออกไซด์(Oxide)ของปูน ไฮดรอกไซด์(Hydroxide)ของปูน และคาร์บอเนต (Carbonate)ของปูน [11] โดยที่แคลเซียมออกไซด์ (CaO) หรือปูนขาวเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุด เมื่อนำปูนขาวผสมกับดินประจุที่เกิดจากปูนขาวจะเข้าแทนที่ประจุของแร่ธาตุต่างๆในดินทำให้แร่ธาตุถูกปลดปล่อยออกมาจากดิน ซึ่งจำทำให้พืชสามารถดูดซึมนำมาใช้ประโยชน์ได้ง่าย ช่วยลดการเกาะกันของเนื้อดิน

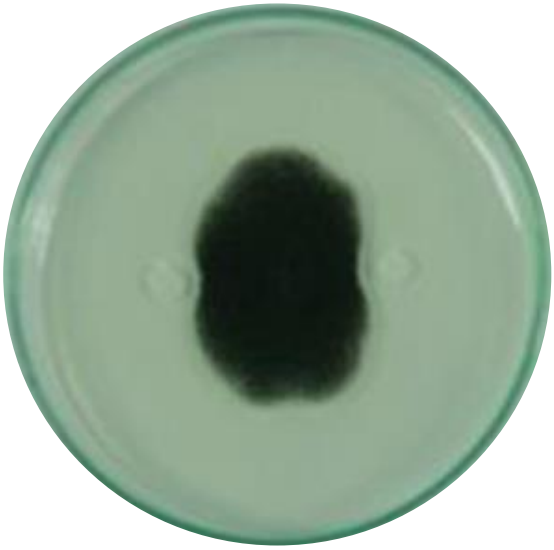
5. การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา

เทคนิคการทดสอบปรสิทธภาพการยับยั้งเชื้อรานั้นมี 2 วิธี คือการทดสอบเชิงปริมาณ และการทดสอบเชิงคุณภาพ โดยทั่วไปแล้วการทดสอบทั้ง 2 วิธีนี้จะให้ผลที่ใกล้เคียงกัน แต่สภาพของการทดสอบแตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อนำผลของการทดสอบทั้งสองมาเปรียบเทียบกันจะสามารถอธิบายกระบวนการการฆ่าเชื้อของสารยับยั้งเชื้อได้

5.1 เทคนิคการวัดรัศมีการยับยั้งเชื้อรา (Disk Diffusion Test)

การวัดรัศมีการยับยั้งเชื้อราเป็นการทดสอบเชิงคุณภาพ โดยการนำชิ้นงานทดสอบขนาด เส้นผ่านศูนย์กาลาง 6 มิลลิเมตร 2 ชิ้น วางลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเชื้อราวางอยู่ตรง

กลางของจานเลี้ยงเชื้อ แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อเป็นการตรวจสอบบริเวณที่เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้หรือถูกยับยั้งการเจริญเติบโต โดยบริเวณที่เชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เรียกว่ารัศมีการยับยั้งเชื้อดัง**รูปที่ 3**



รูปที่ 2-2 การเกิดรัศมีการยับยั้งเชื้อของเชื้อรา ด้วยการทดสอบวิธีการวัดรัศมีการยับยั้งเชื้อรา [3]

การคำนวณค่าร้อยละต้านทานการเจริญของเชื้อรา (Growth inhibition of fungi, %)คำนาวณได้จากสมการที่ 1

$$\text{Growth inhibition of fungi } (\%) = \frac{\square_{\square} - \square_{\square}}{\square_{\square}} \times 100 \qquad \text{(สมการที่ 1)}$$

โดย D_C คือ ระยะการเจริญของเชื้อราควบคุม (มิลลิเมตร)

D_S คือ ระยะการเจริญของเชื้อราที่มีชิ้นงานทดสอบ (มิลลิเมตร)

5.2 เทคนิคการชั้งน้ำหนักแห้ง (Dry Weight Technique)

เทคนิคการชั้งน้ำหนักแห้งเป็นการทดสอบเชิงปริมาณเป็นวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D1413-76 ทำโดยการเตรียมเชื้อราที่ใช้ในอาหารเหลวที่มีความเข้มข้นของเชื้อรา 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตรในขวดรูปชมพู่ โดยชิ้นงานทดสอบจะถูกเขย่าร่วมกับเชื้อรา

ข้างต้นที่ความถี่ 150 รอบต่นาที เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดเวลาจึงทำการกรองตัวกลางและนำชิ้นงานออกให้เหลือแต่เชื้อราบนกระดาษกรอง แล้วนำกระดาษกรองดังกล่าวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อให้ได้น้ำหนักคงที่ โดยนำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณปริมาณของเชื้อราในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร โดยรายงานผลเป็นร้อยละการยับยั้งเชื้อรา (Inhibition of growth, %)

6. การผสมสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์เข้ากับพลาสติกชีวภาพ

ในปัจจุบันเริ่มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับพลาสติกชีวภาพที่ผสมสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และสารเติมแต่งชนิดอื่น แต่ประเด็นสำคัญในการผสมส่วนใหญ่จะเป็นการผสมด้วยสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากการย่อยสลายทางชีวภาพคือการถูกย่อยด้วยองค์ประกอบหลักคือ น้ำ ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) และจุลินทรีย์ในธรรมชาติที่ ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์ของพลาสติกชีวภาพแตกออก และสั้นลง ดังนั้นการผสมสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ลงในพลาสติกชีวภาพนั้นในสัดส่วนปริมาณที่พอดี จะทำให้แสดงประสิทธิภาพของสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ออกมาก่อน โดยอาศัยความชื้นตัวกลาง เมื่อสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ถูกใช้หมดไปแล้ว พลาสติกชีวภาพก็จะสามารถย่อยสลายได้ตามปกติ ดังนั้นจึงมีนักวิจัยที่สนในทั้งการใช้ประโยนช์จากข้อดีของทั้งสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และพลาสติกชีวภาพร่วมกัน โดยการเติมสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ลงในพลาสติกชีวภาพ สำหรับใช้ในการผลิตเครื่องมือทางการแพทย์ เป็นบรรจุภัณฑ์ หรือแม้กระทั่งทางการเกษตร [12-14]

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Threepopnatkul P. และคณะ [15] ทำงานวิจัยโดยการเติมพอลิเอทธิลีนไกลคอล (polyethylene glycol, PEG) ร้อยละ10-40โดยน้ำหนัก ลงในพอลิแลคติกแอซิด (PLA) ที่ถูกผลิตเป็นแผ่นเส้นใยด้วยกระบวนการฉีดทางไฟฟ้าสถิตย์ (electrospunning) และทำการทดสอบสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และสมบัติเชิงกล พบว่า ปริมาณการเติมพอลิเอทธิลีนไกลคอลมากขึ้น ส่งผลให้ค่ามอดุลัสแรงดึงน้อยลง แต่เพิ่มค่าความเค้นแรงดึง และความเครียด ณ จุดแตกหัก เมื่อทำการทดสอบสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย พบว่าเมื่อปริมาณการเติมพอลิเอทธิลีนไกลคอลมากขึ้น สมบัติการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ก็มากขึ้นด้วย

Rhim JW. และคณะ [16] ทำการวิจัยโดยการเติมนาโนเคลย์ 3 ชนิด คือ Cloisite Na Cloisite 30B และ Cloisite 20A ด้วยวิธีการหล่อโดยใช้สารละลาย (solvent casting) พอลิแลคติกแอซิด แล้วทำการทดสอบสมบัติเชิงกล ค่าการแพร่ผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability, WVP) และสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย พบว่า ค่า ความเค้นแรงดึง และค่าร้อยละการยืดของชิ้นทดสอบที่จุดขาด ลดลงเมื่อเติมนาโนเคลย์ทั้ง 3 ชนิด ค่าการแพร่ผ่านของไอน้ำลดลงเมื่อเติมนาโนเคลย์ชนิด Cloisite Na และ Cloisite 30B แต่ค่าการแพร่ผ่านของไอน้ำ

เพิ่มขึ้นเฉพาะการเติม Cloisite 20A ทั้งนี้การเติมนาโนเคลย์ทั้ง 3 ชนิด ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus E. coli* และ *S.typhimurium* ได้ แต่สามารถยับยั้งเชื้อ *L. monocytogenes* เท่านั้น

Turalija M. และคณะ [17] ทำการศึกษาผลของการเติมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย คือ เงิน และไคโตซาน ลงในพอลิแลคติกแอซิด ในการทำฟิล์มโดยใช้วิธีพลาสมาเทคโนโลยี โดยทำการทดสอบสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และ ลักษณะการชอบน้ำ(hydrophilicity) ของฟิล์มด้วยวิธีการวัดมุมสัมผัสเมื่อเปียก (contact angle method) พบว่า การเติมเงิน และไคโตซานลงในพอลิแลคติกแอซิดทำให้พอลิแลคติกแอซิดยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด *S. aureus* และ *E. coli* ได้ โดยการเติมเงิน และไคโตซานไม่ส่งผลต่อมุมสัมผัสเมื่อเปียกมากนั้น

Prapruddivongs C. และคณะ [18] ทำการวิจัยสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยการตรวจสอบคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากเมื่อเกิดการย่อยสลายมากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะมากด้วย ของคอมพอสิตระหว่างพอลิแลคติกแอซิดและผงขี้เลื่อยไม้ ที่เติมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด Threepopnatkul P. และคณะ [15] ทำงานวิจัยโดยการเติมพอลิเอทธิลีนไกลคอล (polyethylene glycol, PEG) ร้อยละ 10-40โดยน้ำหนัก ลงในพอลิแลคติกแอซิด (PLA) ที่ถูกผลิตเป็นแผ่นเส้นใยด้วยกระบวนการฉีดทางไฟฟ้าสถิตย์ (electrospunning) และทำการทดสอบสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และสมบัติเชิงกล พบว่า ปริมาณการเติมพอลิเอทธิลีนไกลคอลมากขึ้น ส่งผลให้ค่ามอดุลัสแรงดึงน้อยลง แต่เพิ่มค่าความเค้นแรงดึง และความเครียด ณ จุดแตกหัก เมื่อทำการทดสอบสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย พบว่าเมื่อปริมาณการเติมพอลิเอทธิลีนไกลคอลมากขึ้น สมบัติการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ก็มากขึ้นด้วย

Rhim JW. และคณะ [16] ทำการวิจัยโดยการเติมนาโนเคลย์ 3 ชนิด คือ Cloisite Na Cloisite 30B และ Cloisite 20A ด้วยวิธีการหล่อโดยใช้สารละลาย (solvent casting) พอลิแลคติกแอซิด แล้วทำการทดสอบสมบัติเชิงกล ค่าการแพร่ผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability, WVP) และสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย พบว่า ค่า ความเค้นแรงดึง และค่าร้อยละการยืดของชิ้นทดสอบที่จุดขาด ลดลงเมื่อเติมนาโนเคลย์ทั้ง 3 ชนิด ค่าการแพร่ผ่านของไอน้ำลดลงเมื่อเติมนาโนเคลย์ชนิด Cloisite Na และ Cloisite 30B แต่ค่าการแพร่ผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้นเฉพาะการเติม Cloisite 20A ทั้งนี้การเติมนาโนเคลย์ทั้ง 3 ชนิด ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus E. coli* และ *S.typhimurium* ได้ แต่สามารถยับยั้งเชื้อ *L. monocytogenes* เท่านั้น

Turalija M. และคณะ [17] ทำการศึกษาผลของการเติมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย คือ เงิน และไคโตซาน ลงในพอลิแลคติกแอซิด ในการทำฟิล์มโดยใช้วิธีพลาสมาเทคโนโลยี โดยทำการทดสอบสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และ ลักษณะการชอบน้ำ(hydrophilicity) ของฟิล์มด้วยวิธีการวัดมุมสัมผัสเมื่อเปียก (contact angle method) พบว่า การเติมเงิน และไคโตซานลงในพอลิแลคติกแอซิดทำให้พอลิแลคติกแอซิดยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด *S. aureus* และ *E. coli* ได้ โดยการเติมเงิน และไคโตซานไม่ส่งผลต่อมุมสัมผัสเมื่อเปียกมากนั้น

Prapruddivongs C. และคณะ [18] ทำการวิจัยสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยการตรวจสอบคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากเมื่อเกิดการย่อยสลายมากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะมากด้วย ของคอมพอสิตระหว่างพอลิแลคติกแอซิดและผงขี้เลื่อยไม้ ที่เติมสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ชนิดอนุภาคเงินที่อยู่ในซีโอไลท์ (silver substitute Zeolite) เพื่อใช้ในงานบรรจุภัณฑ์ พบว่าคอมพาวด์ดังกล่าวไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิด *S. aureus* ได้ แต่การเติมผงขี้เลื่อยไม้ลงในพอลิแลคติกแอซิด ส่งผลให้ไม้สามารถย่อยสลายได้ดีขึ้น

Gitchaiwat A. และคณะ [19] ทำการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราและตะไคร่ ของสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิด Triclosan IPBC และ Terbutryn ที่เติมในพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราเชิงคุณภาพทำโดยเทคนิคการวัดรัศมีการยับยั้งเชื้อรา และเชิงปริมาณทำโดยเทคนิคการชั่งน้ำหนักแห้ง โดยใช้เชื้อราชนิด *Aspergillus niger* TISTR 3245 และ ตะไคร่ชนิด *Chlorella vulgaris* TISTR 8580 พบว่าปริมารสาร IPBC ที่สามารถยับยั้งเชื้อราชนิด *A. niger*. คือ 10,000 ppm และ Terbutryn ที่ปริมาณ 750 ppm สามารถยับยั้ง *ตะไคร่ ชนิด C. vulgaris* ได้

Jamsa S. และคณะ [20] ทำการศึกษาการปลดปล่อยสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์จากแคปซูลพอลิเมอร์เพื่อการทำงานและลดการเสื่อมสภาพของสารยับยั้งเชื้อ แคปซูลผลิตจากพอลิเอทิลีนอิไมน์ เพื่อทำแคปซูลให้กับสารยับยั้งเชื้อโซเดียมเบนโซเอท แคปซูลที่ได้ทำจากพอลิแอดดิชัน ใช้ซีบาคอล คลอไรด์เป็นสารพันธะข้าม ทำในเฟสน้ำและสารอินทรีย์พบว่า แคปซูลที่ได้สามารถปลดปล่อยสารยับยั้งเชื้อโซเดียมเบนโซเอท โดยการแพร่อย่างช้าๆออกมากยับยั้งเชื้อ *Coniophora puteana* และ *Serpula lacrymans* ได้เป็นดย่างดี ซึ่งน้ำหนักโมเลกุลของสารซึ่งทำหน้าที่แคปซูลส่งผลต่ออัตราการแพร่เป็นอย่างมาก

D. Kazmierczak และคณะ [21] ทำการศึกษาการทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเชิงปริมาณ 2 วิธีการ ที่ทำการมาตรฐาน JIS L1902: 2002 และ มาตรฐาน ASTM E2149-01 ของเส้นใยพอลิแลคติกแอซิด พบว่า ผลที่ได้จากการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E2149-01 เป็ที่ยอมรับมากกว่าผลที่ได้จากการทดสอบตามมาตรฐาน JIS L1902: 2002

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

วัสดุที่ใช้มีดังนี้

1. เม็ดพลาสติก PLA เกรด2003D บริษัท Nature Work
2. 3-Iodo-2-propynyl butylcarbamate(PBC)
3. แคลเซียมออกไซด์ (CaO) บริษัท ไทยโพลีเคมีคอล จำกัด

อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

1. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
2. อุปกรณ์ safety เช่น ถุงมือกันความร้อน ถุงมือผ้า เป็นต้น
3. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น บิ๊กเกอร์ ขวดรูปชมพู่ ขวดดูแรน เป็นต้น

เครื่องมือที่ใช้มีดังนี้

1. เครื่องอัดรีดสกรูคู่ (Twin-Screw Extrusion) มหาวิทลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
2. ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Lab Companion หรือเตาอบ รุ่น OF-01E ความจุ 52 ลิตร
3. เครื่อง FiveEasy^{TM}FiveGo^{TM}PH meter FE20/FG2
4. เครื่อง Auto Clave มหาวิทาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
5. เครื่อง Heating magnetic stirrerยี่ห้อ : VELP scientificaรุ่น : AREC

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

การผสมและการขึ้นรูปพอลิเมอร์

นำ PLA ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นมาผสมกับ CaO สูตรที่เตรียมไว้มีปริมาณดังนี้ 10/30 ppm และนำ PLA มาผสมกับ IPBC ปริมาณที่ 2.5, 5, 7.5 และ10 ppm จากนั้นนำทั้ง 3ตัวมาผสมกัน ตามสูตรที่กำหนดคือ คือ PLA/CaO/IPBC 2.5, 5, 7.5 และ 10 ppm จากนั้นทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ (Twin-Screw Extrusion) โดยขั้นตอนการผสมพอลิเมอร์ด้วยกระบวนการอัดรีดแบบสกรูคู่ เป็นดังนี้

1. นำเม็ดพลาสติกPLA มาอบด้วยอุณหภูมิ 60^{o}C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

2. ตั้งอุณหภูมิเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ที่ 95,100,120,125,130,135,140 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบในการผสมประมาณ 250 rpm

3. เปิดเครื่องระบายความเย็น และเปิดน้ำเข้าในอ่างในการ Cooling

4. เตรียมวัสดุ และอุปกรณ์ในการผสมพอลิเมอร์

5. นำเม็ดพลาสติก PLA ที่ผสม CaO และ IPBC ตามอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 100:30:2.5, 100:30:5, 100:30:7.5, 100:30:10 ppm ด้วยเครื่อง Twin-Screw Extruder และเก็บไว้ในถุงซิปตามสูตรที่กำหนด

6. นำเม็ดพลาสติกPLA ผสม CaO ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 1000:300 ด้วยด้วยกระบวนการอัดรีดแบบสกรูคู่และเก็บไว้ในถุงซิปตามสูตรที่กำหนด

7. ทำการล้างเครื่องเพื่อล้าง CaO ออกให้หมดและทำการขึ้นรูปสูตรใหม่ที่ไม่มี CaO

8. นำเม็ดพลาสติก PLA ผสม IPBC ในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 100:2.5, 100:5, 100:7.5,100:10 ppm ด้วยเครื่อง Twin-Screw Extruder และเก็บไว้ในถุงซิปตามสูตรที่กำหนด

9. ทำการล้างเครื่องเพื่อล้าง IPBC ออกให้หมดและทำการขึ้นรูปสูตรใหม่ที่ไม่มี IPBC

10. นำเม็ดพลาสติกPLA ขึ้นรูปด้วยเครื่อง Twin-Screw Extruderและเก็บไว้ในถุงซิปตามสูตรที่กำหนด

11. เก็บพอลิเมอร์ผสมไว้ในกล่องพลาสติกเพื่อที่จะนำไปทำการทดสอบต่อไป

ตารางที่ 3-1 องค์ประกอบของพลาสติกชีวภาพพอลิแลคติกแอซิค (Polylactic Acid,PLA) ผสมกับ lodopropinyl Butylcarbamate, IPBC) และ (Calcium Oxide, CaO**)**

สูตรผสม	ส่วนประกอบการผสม		
	Polylactic Acid (ppm)	Calcium Oxide (ppm)	IPBC (ppm)
PLA	100	-	-
PLA+CaO	100	30	-
PLA+IPBC 2.5	100	-	2.5
PLA+IPBC 5	100	-	5
PLA+IPBC 75	100	-	7.5
PLA+IPBC 10	100	-	10
PLA+CaO+IPBC 2.5	100	30	2.5
PLA+CaO+IPBC 5	100	30	5
PLA+CaO+IPBC 7.5	100	30	7.5
PLA+CaO+IPBC 10	100	30	10

3. การทดสอบpH

ทำการชั่งพอลิเมอร์ทั้งหมด 10 สูตร ที่ปริมาณ 20 กรัม และเตรียมน้ำกลั่นปริมาตร 200 ml เพื่อทำการวัดค่า pH ของน้ำกลั่นที่ใส่พอลิเมอร์ในแต่ละสูตร โดยมีขั้นตอนการวัดค่า pH ดังนี้

1. ทำการวัดค่า pH ของน้ำด้วยเครื่อง FiveEasy^{TM}FiveGo^{TM}PH meter FE20/FG2 โดยค่าที่ได้คือ 6.80 นำค่าที่ได้มาดูการเปลี่ยนแปลงของพอลิเมอร์ที่จะมาทดสอบ

2. เตรียมน้ำกลั่นปริมาตร 200 ml ใน beaker ขนาด 500 ml

3. นำพอลิเมอร์ที่ทำการขึ้นรูปเสร็จเรียบแล้วนำมาชั่ง 20 g และนำมาทดสอบหาค่า pH โดยนำมาทดสอบทั้งหมด 10 สูตร เพื่อมาเปรียบเทียบหาค่าpH ของสารแต่ละตัว

4. นำสารที่ชั่งได้มาใส่ในน้ำกลั่นแล้วนำไปกวนด้วยเครื่อง Heating Magnetic Stirrer ความเร็วรอบที่ใช้กวนอยู่ที่ 400 rpm และให้อุณหภูมิ 50 °C กวนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปวัดค่า pH

5. ก่อนที่จะวัดค่า pH การเปลี่ยนแปลงของน้ำกลั่นที่ใส่พอลิเมอร์ทั้ง 10 สูตร ต้องทำการ Calibrate ก่อนโดยนำสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่า pH7 pH10 pH4 ตามลำดับ เพื่อให้ค่าที่ได้มีความแม่นยำมากขึ้นทุกครั้งก่อนเปลี่ยนการวัดค่า pH ของสารละลายบัฟเฟอร์ต้องล้างด้วยน้ำกลั่นทุกครั้ง

6.เมื่อทำการ Calibrate เสร็จล้างด้วยน้ำกลั่น จากนั้นน้ำกลั่นที่ผ่านการกวนมาแล้วเป็น 24 ชั่วโมงมาทำการวัดค่า pH

7. ทำการจดบันทึกผล เก็บผลทุกๆ 24 ชั่วโมง เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำกลั่นที่ใส่พอลิเมอร์

4. การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราที่มีต่อต้นมะเขือเทศพันธุ์สีดา

ทำการคัดเลือกต้นไม้ที่จะนำมาทดสอบการใช้ปุ๋ยเพื่อดูการยับยั้งการเจริญรา ที่มีต่อต้นไม้ โดยทำการเลือกต้นมะเขือเทศพันที่ใช้เพาะปลูกคือ พันธุ์สีดา โดยมีขั้นตอนการเพาะต้นไม้เขือเทศและใส่ปุ๋ยหรือพอลิเมอร์ที่ทำการขึ้นรูปดังนี้

1. นำเมล็ดมะเขือเทศมาเพาะโดยเพาะบนลังไข่ จากนั้นรอ 5-7วัน ให้ต้นมะเขือเทศจะงอกเป็นต้นอ่อนๆ

2. เมื่อต้นมะเขือเทศเริ่มงอก จากนั้นย้ายลงถุงเพราะเพื่อให้ต้นมะเขือเทศขยายรากและเติบโตขึ้นเรื่อยๆ

3. ย้ายลงถุงเพาะได้ 28-30 สังเกตต้นที่โตเท่าๆกัน นำมาทำการใส่ปุ๋ยหรือพอลิเมอร์บริเวณโคนต้นโดยทำการชั่งปุ๋ยหรือพอเมอร์ของแต่ละสูตรทั้งหมด 10 สูตร

5. การทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในห้องทดลอง

ทำการผสมอาหารเลี้ยงเชื้อโดยการนำน้ำกลั่นและนำแครอทมาผสมกันใส่ขวดดูแรน และเตรียมเพลทที่จะใช้เลี้ยงเชื้อมาทำการ Clave ทุกครั้งก่อนใช้ในการทดสอบเพื่อเป็นการฆ่าเชื้อก่อนนำมาทำการทดสอบทั้งอาหารเลี้ยงเชื้อราที่ผสมไว้และเพลทที่ไว้ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นชั่งตัวอย่างชิ้นงานที่จะนำมาวางทดสอบ ทั้งหมด 10 สูตร โดยมีขั้นตอนการทำอาหารเลี้ยงเชื้อรา ดังนี้

1. ตวงน้ำแครอทแท้ 100% ตรา ยูนิฟ ปริมาตร 60 mL
2. ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 300 mL
3. ชั่งวุ้นตรานกเงือกปริมาณ 3.6 g
4. นำมาทำการผสมกันในขวดดูแรนขนาด 500 mL
5. ทำการเขย่าให้ส่วนผสมเข้ากัน
6. เตรียมเพลทเลี้ยงเชื้อตามจำนวนตัวอย่างและตัวควบคุมที่จะใช้ในทดลอง

7. นำอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการผสมลงในขวดดูแรนขนาด 500 mL และเพลทที่เตรียมไว้ไปทำการนึ่งฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง Auto Clave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

5.1 ขั้นตอนการทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งโดยใช้วิธี Agar-disk diffusion

1. นำอาหารเลี้ยงเชื้อที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วเทลงในเพลทที่ปริมาณ 15 mL ต่อเพลท รอจนวุ้นแข็ง
2. การทดสอบจะแบ่งเป็น 2 ชุด

-ชุดควบคุม (Control) โดยใช้ Cork Borer เจาะเชื้อราในส่วนของ Hyphal tip นำมาวางบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อบริเวณตรงกลางอาหารเลี้ยงเชื้อ

-ชุดทดสอบ โดยใช้ Cork Borer เจาะเชื้อราในส่วนของ Hyphal tip นำมาวางบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงและวางชิ้นงานทดสอบ แล้ววางตามแบบที่กำหนด

3. นำชิ้นงานทดสอบที่ชั่งแล้วมาวางที่ตำแหน่งเพื่อทดสอบการศึกษายับยั้งของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

5.2 การทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว โดยวิธีการตรวจวัดน้ำหนักแห้ง (Dry weight measurement)

ทำการผสมอาหารเลี้ยงเชื้อโดยการนำน้ำกลั่นและนำแครอทมาผสมกันใส่ขวดดูแรน และเตรียมเพลทที่จะใช้เลี้ยงเชื้อมาทำการ Clave ทุกครั้งก่อนใช้ในการทดสอบเพื่อเป็นการฆ่าเชื้อก่อนนำมาทำการทดสอบทั้งอาหารเลี้ยงเชื้อราที่ผสมไว้และเพลทที่ไว้ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นชั่งตัวอย่างชิ้นงานที่จะนำมาวางทดสอบ ทั้งหมด 10 สูตร โดยมีขั้นตอนการทำอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังนี้

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อรา CB 50 มิลลิลิตร ใส่ลง Erlenmeyer flask หรือขวดรูปชมพู
2. การทดทดสอบแบ่งเป็น 2 ชุด

- ชุดควบคุม (Contron) โดยใช้ Cork borer เจาะเชื้อราในส่วนของ Hyphal tip ใส่ลงใน Flask จำนวน 4 discs/Flask
- ชุดทดสอบ โดยใช้ Cork borer เจาะเชื้อราในส่วนของ Hyphal tip ใส่ลงใน Flask จำนวน 4 discs/Flaskและใส่ชิ้นงานมดสอบ 1 กรัม

วิธีการตรวจวัดน้ำหนักแห้งมีดังนี้

1. นำ Flask ทั้งหมดไปบ่มแบบเขย่า ที่อุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 7 วัน
2. นำตัวอย่างใน Flask มากรองโดยใช้กระดาษกรอง Whatmanเบอร์ 1 แล้วนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
3. จดบันทึกน้ำหนักแห้งของเส้นใยเชื้อราทั้งในชุดควบคุมและชุทดสอบ เพื่อนำไปคำนวณ % การยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Percent inhibition of weight growth (PIWG)} = \frac{\square\square - \square\square}{\square\square} \times 100$$

โดยที่ Wc=รัศมีการเจริญราในชุดทดควบคุม

Wt=รัศมีหารเจริญราในชุดทดลอง

6. การทดสอบการฝังกลบและดูการย่อยสลาย (Degradation)

นำดินและตะกอนที่จะทำการทดสอบไปตากแห้งเป็นเวลา1 สัปดาห์ จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างชิ้นงาน โดยเลือกเพียงสามสูตรมาทำการทดลอง คือ PLA 100 ,PLA/CaO 100/30, และ PLA/CaO/IPBC 100/30/10 ppm โดยมีขั้นตอนการฝังกลบดังนี้

1. เก็บตัวอย่างดินและตะกอนไปตากแห้ง 1 สัปดาห์

2. บดดินและร่อนผ่านตะแกงขนาด 0.2 มิลลิเมตร

3. ชั่งดิน 240 กรัม ชั่งตะกอน 60 กรัม และใส่น้ำกลั่น 90 ml เพื่อในดินมีความชื้น 40% จากนั้นทำการผสมคุกในเข้ากัน

4. จากนั้นใส่ลงในขวดดูแรน ขนาด 500 ml โดยที่ขวดดูแรนเจาะรูฝาขวดจำนวน2รูแล้วใส่เข็มใส่ดินไปครั้งที่ 100 กรัม จากนั้นวางที่งานลงไป ใส่ดินเพิ่มไปอีก 200 กรัม ทั้งหมด ปริมาณ 300 กรัม

5. นำขวดดูแรนทั้งหมดไปแช่ใน Water bath

6. ต่อสายยางเข้าปั๊มลมกับรูที่เจาะบนฝาขวดดูแรน โดยที่เข็มที่แทงลงถึงดินเป็นลมเข้า และเข็มที่สูงจากดินเป็นลมออก

7. Feedอากาศ ความชื้น เป็นเวลา 45 วัน

8. เก็บตัวอย่างทุก 15 วัน ด้วยการนำชิ้นงานที่ฝังกลบไปชั่งน้ำหนัก โดยทำการล้างน้ำแล้วนำไปอบเพื่อไล่ความชื้น

9. รายงานเป็น % Weight loss ตามสมการดังนี้ $= \frac{W_{ก่อน} - W_{หลัง}}{W_{ก่อน}} \times 100$

$W_{ก่อน}$=น้ำหนักก่อนฝังกลบ

$W_{หลัง}$ = น้ำหนักหลังฝังกลบ

บทที่ 4
การวิจัยและผลการวิจัย

1. ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการผสมพอลิเมอร์ด้วยกระบวนการอัดรีดแบบสกรูคู่ (Twin-Screw Extrusion)

จากการขึ้นรูปเม็ดพอลิแลคติกแอซิคในอัตราส่วนผสมต่างๆด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ มีลักษณะเม็ดและสีของพอลิเมอร์ผสมที่ได้แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4-1 พบว่าเมื่อเติมสาร IPBC ลงในพอลิแลคติกแอซิคตัวอย่างปุ๋ยพอลิเมอร์มีสีเข้มขึ้นเมื่อปริมาณ IPBC เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสีของ IPBC เป็นสีเหลืองแกมน้ำตาล เมื่อเติมแคลเซียมออกไซด์ที่ปริมาณ 30 ส่วน พบว่าตัวอย่างปุ๋ยพอลิเมอร์มีสีขาวขุ่นเนื่องจากสีของแคลเซียมออกไซด์ เป็นขาวขุ่นและพบว่าตัวอย่างปุ๋ยพอลิเมอร์ที่มีแคลเซียมออกไซด์อยู่มีลักษณะที่แตกหักง่ายมากยิ่งขึ้นเมื่อดูจากการสัมผัสชิ้นงานทดสอบ แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการผสมพอลิเมอร์ที่ผ่านผ่านกระบวนการขึ้นรูป

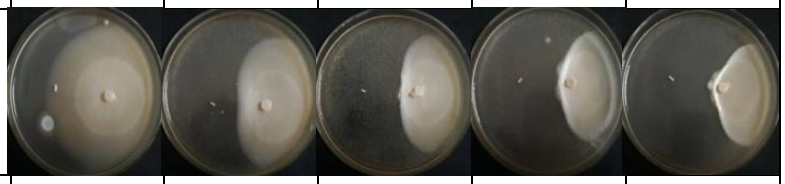
สูตรการผสม	ปริมาณ IPBC (ppm)				
	0	2.5	5.0	7.5	10.0
PLA					
PLA/CaO					

2. การศึกษาการยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งโดยใช้วิธี Disk diffusion

นำปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์มาทำการทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งโดยใช้วิธี Disk diffusion ทั้งหมด 10 สูตร ดังนี้ P 100 P/C 100/30 P/I 100/2.5 P/I 100/5 P/I 100/7.5 P/I 100/10 P/C/I 100/30/2.5 P/C/I 100/30/5.0 P/C/I 100/30/7.5 และ P/C/I 100/30/10.0 จากนั้นคอยสังเกตการณ์เจริญเติบโตของเชื้อราเป็นเวลา 7 วัน เพื่อดูประสิทธิภาพการยังยั้งเชื้อราของปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ พบว่า สูตรพอลิแลคติกแอซิด และ สูตรพอลิแลคติกแอซิดที่มีส่วนผสมของ IPBC ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราชนิด *Phytophthora*

Parasitica ได้ เนื่องจากปริมาณในการเติม IPBC ไม่สามารถยับยั้งเชื้อราชนิดที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา แต่เมื่อเติมแคลเซียมออกไซด์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ เนื่องจากแคลเซียมออกไซด์มีสมบัติปรับปรุงดินแล้วยังมีสมบัติฆ่าเชื้อโรคอีกด้วย ดังแสดงตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการยับยั้งเชื้อราของพอลิเมอร์

สูตรการผสม	ปริมาณ IPBC (ppm)				
	0	2.5	5.0	7.5	10.0
PLA					
รัศมีที่วัดได้	3.5 cm	3.6 cm	4 .0cm	4.0 cm	3.2 cm
PLA/CaO					
รัศมีที่วัดได้	4.0 cm	1.4 cm	2.0 cm	2.1 cm	2.2 cm

จากตารางที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่า PLA ที่เติมแคลเซียมออกไซต์และ IPBC ที่ปริมาณ IPBC 2.5 5 7.5 และ 10 ppm เทียบรัศมีการเจริญเติบโตของเชื้อราจากตัว ควบคุม คือ 4.5 cm พบว่า PLA ที่เติมแคลเซียมออกไซต์และ IPBC ที่ปริมาณ IPBC 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 ppm ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้โดยรัศมีที่วัดได้คือ 3.5 4 3.6 4 4.0 และ 3.2 เซ็นติเมตร ตามลำดับ พอลิเมอร์ที่เติมแคลเซียมออกไซด์และ IPBC ที่ปริมาณ 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 ppm พบว่ารัศมีการเจริญเติบโตของเชื้อราลดลงเมื่อเทียบจากตัวอย่างควบคุมโดยรัศมีที่วัดได้คือ 1.4 2.0 2.1 และ 2.2 เซ็นติเมตร ตามลำดับ เนื่องจากแคลเซียมออกไซด์มีสมบัติปรับปรุงดินเปลี่ยนกรดเป็นเบสแล้วยังมีสมบัติฆ่าเชื้อราชนิด *Phytophthora Parasitica* ได้อีกด้วย

3. ศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราที่มีต่อต้นมะเขือเทศพันธุ์สีดา

การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราต่อต้นมะเขือเทศ เริ่มจากนำปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์มาทำการทดสอบกับต้นมะเขือเทศพันธุ์สีดา ทั้งต้นเล็กและต้นใหญ่ โดยทำการโรยปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ที่ต้นมะเขือเทศที่คัดเลือกไว้ทั้งต้นเล็กและต้นใหญ่ สูตรที่ใช้โรยมีดังนี้ P 100 P/C 100/30 P/I 100/2.5 P/I 100/5.0 P/I 100/7.5 P/I 100/10.0 P/C/I 100/30/2.5 P/C/I 100/30/5.0 P/C/I 100/30/7.5 และ P/C/I 100/30/10.0 ในการโรยปุ๋ยจะคำนวณตามปริมาณที่เหมาะสมของแคลเซียมออกไซด์กับปริมาตรของดิน 1000 ตารางเซ็นติเมตร แสดงดังตารางที่ 4-3 และ 4-4

ตารางที่ 4-3 ผลของต้นมะเขือเทศพันธ์สีดาที่เป็นต้นเล็ก

สูตรการผสม	ระยะเวลาในการใส่ปุย (วัน)				
	1	2	3	4	5
P/I 2.5 ความสูง	3 cm	3 cm	เหี่ยว	ตาย	ตาย
P/I 10.0 ความสูง	3 cm	3 cm	ตาย	ตาย	ตาย
P/C/I 2.5 ความสูง	5 cm	5 cm	ตาย	ตาย	-
P/C/I 10.0 ความสูง	3 cm	3 cm	ตาย	ตาย	-

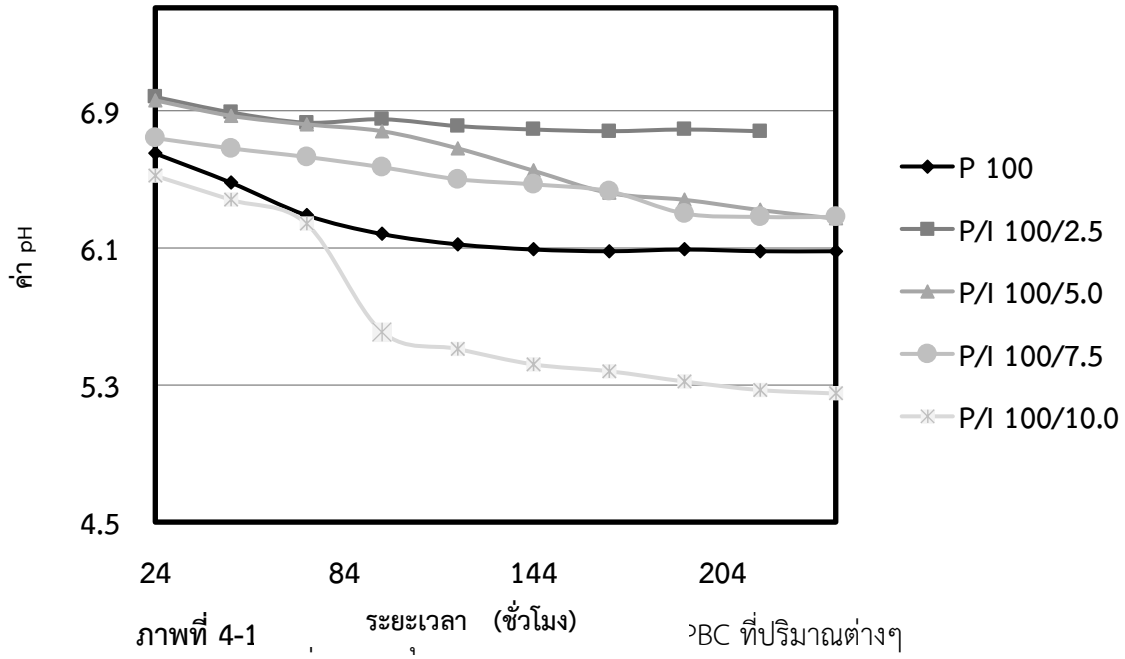
ตารางที่ 4-4 ผลของต้นมะเขือเทศพันธ์สีดาที่เป็นต้นใหญ่

สูตรการผสม	ระยะเวลาในการใส่ปุย (วัน)				
	3	6	9	12	14
ไม่ใส่ปุย ความสูง	48 cm	48 cm	เกิน 60 cm	เกิน 60 cm	เกิน 60 cm
P/I 2.5 ความสูง	45 cm	45 cm	45 cm	45 cm	45 cm
P/I 10.0 ความสูง	43 cm	44 cm	44 cm	44 cm	44 cm
P/C/I 2.5 ความสูง	50 cm	50 cm	50 cm	50 cm	50 cm
P/C/I 10.0 ความสูง	39 cm	39 cm	39 cm	39 cm	39 cm

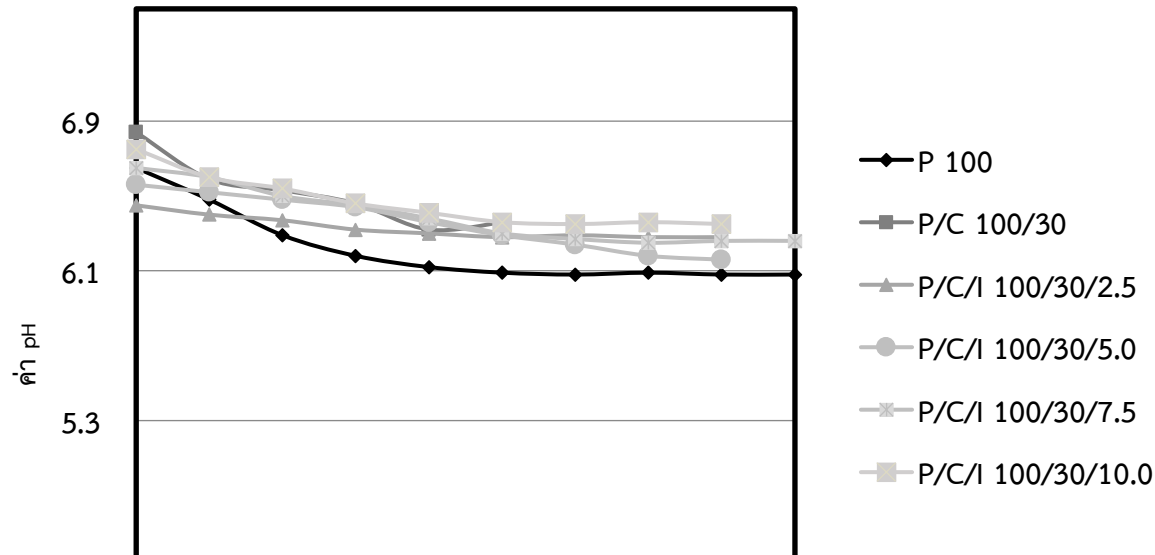
จากตารางที่ 4-3 แสดงให้เห็นว่าการโรยปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์กับต้นมะเขือเทศต้นเล็กอายุ 30 วัน พบว่าต้นมะเขือเทศตายเทียบที่สูตร P/I 100/10 ต้นมะเขือเทศเหี่ยวในวันที่ 3 และตายในวันที่ 5 เนื่องจาก P/I มีความเป็นกรดสูง พอลิเมอร์ที่เติมแคลเซียมออกไซด์และ IPBC (P/C/I 100/30/10.0) พบว่าต้นมะเขือเทศตายเร็วขึ้นเมื่อมีส่วนผสมของแคลเซียมออกไซด์ต้นมะเขือเทศเหี่ยวในวันที่ 3 และตายในวันที่ 4 เนื่องจากสูตรที่มีแคลเซียมออกไซด์เมื่อโดยน้ำมีการดูดซับน้ำทำให้ละลายเร็วพืชดูดไปใช้ได้เร็ว และปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์นั้นมีความเป็นกรดเบสสูง จากตารางที่4-4 แสดงให้เห็นว่าการโรยปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอรกับต้นมะเขือเทศต้นใหญ่ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปต้นมะเขือเทศมรการเจริญเติบโตช้า เทียบกับต้นควบคุม P/I 100/10.0 และ P/C/I 100/30/10.0 จากความสูงเริมต้น 43 39 48 เซ็นติเมตร ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน พบว่า P/I 100/10.0 มีการเจริญเติบโตช้า จาก 43 เซ็นติเมตร เป็น เป็น 44 เซ็นติเมตร ในส่วนของ P/C/I 100/30/10.0 ไม่มีการเจริญเติบโตซึ่งสูง 39 เซ็นติเมตร คงเดิม ต้นมะเขือเทศที่ไม่ใส่ปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ 14 วัน มีการเจริญเติบโตที่ดีจาก 48 เซ็นติเมตร เป็นเกิน 60 เซ็นติเมตร ในวันที่ 9 และสูงอย่างต่อเนื่อง

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลง pH ของน้ำกลั่นที่ประกอบด้วยปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ของน้ำกลั่นที่เติมปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ เริ่มจากการนำปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์มาจากการทดสอบหาค่า pH ในน้ำกลั่นที่มีค่า pH 6.88 โดยการนำปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์มากวนในเครื่อง Heating Magnetic Stirrer ด้วยความเร็วรอบอยู่ที่ 400 rpm ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบทั้งหมด 10 สูตร ดังนี้ P 100 P/C 100/30 P/I 100/2.5 P/I 100/5.0 P/I 100/7.5 P/I 100/10.0 P/C/I 100/30/2.5 P/C/I 100/30/5.0 P/C/I 100/30/7.5 และ P/C/I 100/30/10.0 เพื่อดูการปลดปล่อยของสาร IPBC โดยวัดจากค่า pH ของน้ำกลั่นที่เปลี่ยนไป แสดงแนวโน้มดังภาพที่ 4-1 และ 4-2 และค่าแสดงดังตารางที่ 4-2 และ 4-3



ภาพที่ 4-1 BC ที่ปริมาณต่างๆ



ชั่วโมง	สูตรที่ใช้ในการทดสอบ				
	P/C 100/30	P/C/I 100/30/2.5	P/C/I 100/30/5.0	P/C/I 100/30/7.5	P/C/I 100/30/10.0
24	6.84	6.45	6.56	6.65	6.75
48	6.59	6.40	6.52	6.60	6.60
72	6.53	6.37	6.48	6.50	6.54
96	6.46	6.32	6.44	6.45	6.46
120	6.32	6.30	6.36	6.38	6.41
144	6.36	6.28	6.29	6.30	6.36
168	-	6.29	6.24	6.27	6.35
192	-	6.28	6.18	6.25	6.36
216	-	6.28	6.16	6.26	6.35
240	-	-	-	6.26	-

ภาพที่ 4-2 ค่า pH ของปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ที่เติมแคลเซียมออกไซด์

ตารางที่ 4-5 ค่า pH ของปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ที่มี IPBC ที่ปริมาณต่างๆ

ชั่วโมง	สูตรที่ใช้ในการทดสอบ				
	P 100	P/I 100/2.5	P/I 100/5.0	P/I 100/7.5	P/I 100/10.0
24	6.65	6.98	6.96	6.74	6.52
48	6.48	6.89	6.87	6.68	6.38
72	6.29	6.83	6.82	6.63	6.24
96	6.18	6.85	6.78	6.57	5.61
120	6.12	6.81	6.68	6.50	5.51
144	6.09	6.79	6.55	6.47	5.42
168	6.08	6.78	6.42	6.43	5.38
192	6.09	6.79	6.38	6.30	5.32
216	6.08	6.78	6.32	6.28	5.27
240	6.08	-	6.27	6.28	5.25

ตารางที่ 4-6 ค่า pH ของปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ที่มี แคลเซียมออกไซด์ ที่ปริมาณต่างๆ

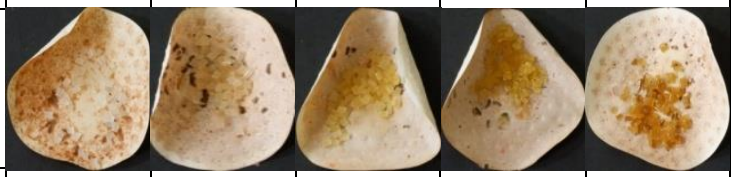
***** เครื่องหมาย – หมายถึง สิ้นสุดการบันทึกผลการทดสอบเนื่องจากไม่สามารถวัดค่าได้เพราะปริมาณน้ำกลั่นไม่เพียงพอ

จากตารางที่ 4-2 และ 4-3 และภาพที่ 4-1 แสดงให้เห็นว่า พอลิแลกติกแอซิดเมื่อเวลาผ่านไปค่า pH ของน้ำกลั่นที่มีตัวอย่าง P 100 ลดลง จาก 6.88 ถึง 6.08 เมื่อเวลา 240 ชั่วโมง เนื่องจากพอลิแลกติกแอซิดมีความเป็นกรด ค่า pH ของน้ำกลั่นที่มีตัวอย่าง P/I ที่มี IPBC ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าเมื่อเติม IPBC ในปริมาณที่มากขึ้นค่า pH ของน้ำกลั่นยิ่งลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อเทียบที่ 216 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเติม IPBC มากขึ้นในปริมาณ 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 ppm ค่า pH มีค่าลดลงจาก 6.78 6.32 6.28 และ 5.27 ตามลำดับ เนื่องจากพอลิแลกติกแอซิดและ IPBC มีความกรด ส่งผลให้ค่า pH ของน้ำกลั่นที่มีตัวอย่างอยู่มีความเป็นกรดมากขึ้น ในส่วนของพอลิแลกติกแอซิดที่เติมแคลเซียมออกไซด์ (P/C 100/30) มีค่า pH ของน้ำกลั่น ลดลงเล็กน้อยจาก 6.84 ถึง 6.36 เมื่อผ่านไป 144 ชั่วโมง เนื่องจากพอลิแลกติกแอซิดเป็นกรด แต่แคลเซียมออกไซด์เป็นเบสค่า pH จึงลดลงแต่ลดลงน้อยกว่า P 100 เมื่อเทียบที่ 144 ชั่วโมง ค่า pH ของ P 100 เท่ากับ 6.09 พอลิแลกติกแอซิดที่เติมแคลเซียมออกไซด์ และ IPBC (P/C/I) ที่ปริมาณ IPBC 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 ppm ค่า pH ของน้ำกลั่นที่ใส่ตัวอย่าง P/C/I มีค่าลดลงแต่ลดลงน้อยกว่าน้ำกลั่นที่ใส่ตัวอย่าง P/I เนื่องจากแคลเซียมออกไซด์ที่เป็นเบสดังที่กล่าวมาข้างต้น

5. การศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว โดยวิธีการตรวจวัดน้ำหนักแห้ง (Dry weight measurement)

นำปุ่ยตัวอย่างพอลิเมอร์มาทำการทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว จากการทำการทดสอบการยับยั้งการเจริญของราบนอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวโดยใช้วิธีชั่งตรวจวัดน้ำหนักแห้ง (Dry weight measurement) ทั้งหมด 10 สูตร คือ P 100 P/C 100/30 P/I 100/2.5 P/I 100/5.0 P/I 100/7.5 P/I 100/10.0 P/C/I 100/30/2.5 P/C/I 100/30/5.0 P/C/I 100/30/7.5 และ P/C/I 100/30/10.0 จากโดยคอยสังเกตการณ์เจริญเติบโตของเชื้อราเป็นเวลา 7 วัน เพื่อดูประสิทธิภาพการยังยั้งเชื้อราของปุ่ยตัวอย่างพอลิเมอร์ ค่าแสดงดังตารางที่ 4-7 และการเปรียบเทียบสีแสดงดังภาพที่ 4-3 และ 4-4

ตารางที่ 4-7 เปอร์เซ็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

สูตรการผสม	ปริมาณ IPBC (ppm)				
	0	2.5	5.0	7.5	10.0
PLA					
น้ำหนักของเชื้อรา (g)	0.08 g	0.09 g	0.10 g	0.14 g	0.11 g

PLA/CaO					
น้ำหนักของเชื้อรา (g)	0.07 g	0.08 g	0.06 g	0.06 g	0.05 g

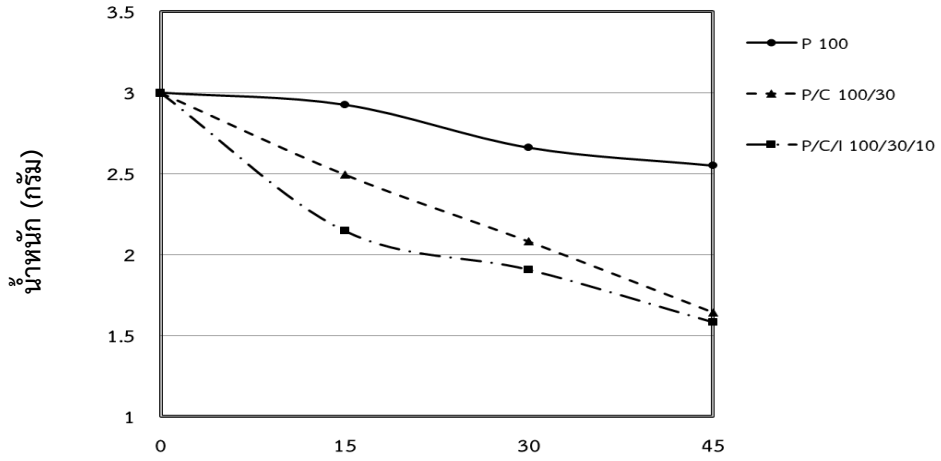
จำนวนวันที่ฝังกลบ	ปริมาณที่ใช้ในการทดสอบ (g)		
	P	P/C 100/30	P/c/I 100/30/10.0
ก่อนฝังกลบ	3.00	3.00	3.00
15วัน	2.925	2.494	2.147
30วัน	2.66	2.08	1.907
45วัน	2.549	1.642	1.583

จากตารางที่ 4-7 และภาพที่ 4-3 4-4 แสดงให้เห็นว่า P 100 P/C 100/30 และ P/I 100/10 ที่มีปริมาณ IPBC 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 ppm เทียบเปอร์เซ็นการเจริญเติบโตของเชื้อราจากตัว Ctrl คือ 0% พบว่ามีเปอร์เซ็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราน้อยโดยเปอร์เซ็นที่คำนวณได้คือ 0.08, 0.09, 0.10, 0.14 และ 0.11 กรัม ตามลำดับและสีของน้ำอาหารเลี้ยงเชื้อมีความขุ่นเนื่องจากเนื่องจากปริมาณที่เติม IPBC ไม่มากพอที่จะสามารถยับยั้งเชื้อราได้ พอลิเมอร์ที่เติมแคลเซียมออกไซด์และ IPBC ที่ปริมาณ 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 ppm พบว่าเปอร์เซ็นการเจริญเติบโตของเชื้อราเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบจากตัว Ctrl โดยเปอร์เซ็นที่วัดได้คือ 0.07, 0.08, 0.06, 0.06 และ 0.05 กรัม ตามลำดับ เนื่องจากแคลเซียมออกไซด์มีสมบัติปรับปรุงดินเปลี่ยนกรดเป็นเบสแล้วยังมีสมบัติฆ่าเชื้อโรคดังที่กล่าวมาข้างต้น

6. การทดสอบการฝังกลบและดูการย่อยสลาย (Degradation)

นำปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์มาการการทดสอบ ฝังกลบ โดยการนำดินและตะกอนที่จะทำการทดสอบไปตากแห้งเป็นเวลา1 สัปดาห์ จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างชิ้นงาน โดยเลือกปุ๋ยเพียงสามสูตรมาทำการทดลอง คือ P 100 ,PLA/CaO 100/30, และ PLA/CaO/IPBC 100/30/10.0 ppm เป็นเวลา 45 วัน โดยค่าแสดงดังตารางที่ 4-8 และแสดงแนวโน้มดังภาพที่ 4-5

ตารางที่ 4-8 การย่อยสลายของปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์



ภาพที่ 4- ย่างพอลิเมอร์

ตารางที่ 4-8 และภาพที่ 4-5 แสดงให้เห็นว่า P 100 ลดลงจาก 3.00 กรัม เป็น 2.549 กรัม ซึ่งมีค่าที่ลดลงน้อยกว่า P/C 100/30 และ P/C/I 100/30/10.0 ที่ 45 วัน ซึ่งเป็น 1.642 กรัม และ 1.583 กรัม ตามลำดับ เนื่องจากแคลเซียมออกไซด์มีการดูดซับน้ำทำให้นิ่มเวลาผ่านไปเมื่อสัมผัสกับอากาศทำให้เม็ดปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์แห้งและสลายปนไปกับดินส่งผลให้ PLA สามารถย่อยสลายได้เร็วขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

พอลิแลคติกแอซิคตัวอย่างปุ๋ยพอลิเมอร์มีสีเข้มขึ้นเมื่อปริมาณ IPBC เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสีของ IPBC เป็นสีเหลืองแกมน้ำตาล เมื่อเติมแคลเซียมออกไซด์ที่ปริมาณ 30 ส่วน พบว่าตัวอย่างปุ๋ยพอลิเมอร์มีสีขาวขุ่นเนื่องจากสีของแคลเซียมออกไซด์ เป็นขาวขุ่นและพบว่าตัวอย่างปุ๋ยพอลิเมอร์ที่มีแคลเซียมออกไซด์อยู่มีลักษณะที่แตกหักง่าย ผลจากการทดสอบเชื้อราแบบเทคนิคเชิงคุณภาพ (Disk Diffusion Test) ที่ทำการผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิค (Polylactic acid,PLA) กับ (3-Iodo 2-propynyl Butylcarbamate, IPBC) และ แคลเซียมออกไซด์ (Calcium Oxide, CaO) ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ พบว่า PLA ที่เติมแคลเซียมออกไซด์และ IPBC ที่ปริมาณเพิ่มขึ้น มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราเพิ่มขึ้น โดยวัดจากขนาดของรัศมีของการเจริญของเชื้อราที่ลดลง ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราที่มีต่อต้นมะเขือเทศพันธุ์สีดา ที่ทำการผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิค กับ (3-Iodo 2-propynyl Butylcarbamate, IPBC) และ แคลเซียมออกไซด์ ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ พบว่าเมื่อเติมแคลเซียมออกไซด์ ต้นมะเขือเทศพันธุ์สีดาทั้งต้นเล็กความสูง 1-7 cm และต้นใหญ่ความสูง 35-50 cm ต้นมะเขือเทศที่ใส่ปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์จำนวนทั้งหมด 10 สูตร ส่งผลให้ต้นมะเขือเทศต้นเล็กตายเมื่อเวลาผ่านไปเพียง 3 วัน สูตรที่เติมแคลเซียมออกไซด์ทำให้ต้นมะเขือเทศตายเร็วขึ้นเพียงผ่านไปแค่ 4 วัน เนื่องจากปุ๋ยตัวอย่างพอลิมเมอร์มีความเป็นกรด-เบสสูง ดังนั้นต้นมะเขือเทศต้นเล็กจึงไม่เหมาะที่จะใส่ปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ ต้นมะเขือเทศต้นใหญ่ พบว่าต้นมะเขือเทศมีการออกดอกออกผลผลัดใบแต่การเจริญเติบโตช้ากว่าต้นมะเขือเทศที่ไม่ใส่ปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ ผลจากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างของน้ำกลั่นที่ประกอบด้วยปุ๋ยตัวอย่างพอลิเมอร์ที่ทำการผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิคกับ IPBC และ แคลเซียมออกไซด์ ที่อัตราส่วนผสมต่างๆ [พบว่าพอลิแลกติกแอซิดเมื่อเวลาผ่านไปค่า pH และพอลิแลกติกแอซิดมีความเป็นกรดเมื่อเติม IPBC (P/I) ในปริมาณที่มากขึ้น] พอลิแลกติกแอซิดที่เติมแคลเซียมออกไซด์ มีค่า pH ของน้ำกลั่น ลดลงเล็กน้อยจากเนื่องจากพอลิแลกติกแอซิดเป็นกรด ผลจากการทดสอบเชื้อราแบบเทคนิคเชิงปริมาณ (Dry Weight) ที่ปริมาณเพิ่มขึ้น มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราเพิ่มขึ้นตามปริมาณ IPBC ผลจากการการทดสอบการย่อยสลายด้วยวิธีฝังกลบดิน พอลิแลกติกแอซิดที่มีส่วนผสมของแคลเซียมออกไซด์มีน้ำหนักน้อยและย่อยสลายได้เร็วกว่าพอลิแลกติกแอซิดที่ไม่ผสมแคลเซียมออกไซด์

บรรณานุกรม

[1] Thailand GDP 1960-2016 [online]. Accessed 15 September 2016. Available from http://www.tradingeconomics.com/thailand/gdp

[2] ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรไตรมาส 1 ปี 2559 และแนวโน้มปี 2559 [online]. Accessed 15 September 2016. Available from http://www.oae.go.th/download/bapp/2559/outlookQ1-59.pdf

[3] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ / เล่มที่ ๗ / เรื่องที่ ๔ โรคพืช / บทนำ [online]. Accessed 15 September 2016. Available from http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=7&chap=4&page=t7-4-infodetail01.html

[4] โรคพืชที่เกิดจากแบคทีเรีย Bacterial Diseases of Plant [online]. Accessed 15 September 2016. Available from http://e-book.ram.edu/e-book/b/BO354/bo354-11.pdf

[5] การควบคุมแบคทีเรีย Erwinia carotovorasubsp. carotovorum สาเหตุโรคเน่าเละของผักคะน้าด้วยสารสกัดจากพืช [online]. Accessed 15 September 2016. Available from http://www.annualconference.ku.ac.th/cd53/01_079_O302.pdf

[6] การคัดเลอกและทดสอบสายพันธุ์ Bacillus ที่มีศักยภาพในการควบคุมเชื้อรา Phytophthora parasitica [online]. Accessed 15 September 2016. Available from http://www.doa.go.th/research/ attachment.php?aid=17

[7] EXPLAINING THAILAND'S VOLATILE POLITICS [online]. Accessed 15 September 2016. Available from http://thaicapitalist.com/2014/12/explaining-thailands-volatile-politics/

[8] Plastics Foresight [online]. Accessed 15 September 2016. Available from http://www.thaiplastics.org/content_attachment/attach/plastics_foresight_vol.8_.pdf

[9] Biotechnology in the chemical industry [online]. Accessed 15 September 2016. Available from http://www.essentialchemicalindustry.org/materials-and-applications/biotechnology -in-the-chemical-industry.html

[10]การจัดการดินกรดโดยใช้ปูนและอินทรียวัตถุ Acid Soil Management by Using the Lime and Organic Matter [online]. Accessed 15 September 2016. Available from http://agri.pnu.ac.th/files/review04.pdf

[11]ชุดความรู้เรื่อง การปรับปรุงดินกรด [online]. Accessed 15 September 2016. Available from http://r07.ldd.go.th/Web/15_KM/Km12.pdf

[12]A. Banaszak, W. Perdoch, M. Broda, B. Mazela, 2015, Protein Polymers as IPBC Stabilizing Factors – 3rd International Conference on Processing Technologies

for the Forest and Bio-based Products Industries, **Wood Modification Processes**, 273-278.

[13]Bioplastics Exhibit Anti-bacterial Properties [online]. Accessed 15 September 2016. Available from http://www.aiche.org/chenected/2015/03/bioplastics-exhibit-anti-bacterial-properties

[14]J. Alexander, M. Abhyuday, S. Suraj, 2015, Protein-based bioplastics and their antibacterial potential, **Journal of Applied Polymer Science**, 132(18): pp. 41391-41402.

[15]P. Threepopnatkul, K. Vichitchote, S. Saewong, T. Tangsupa-anan, C. Kulsetthanchalee, S. Suttiruengwong, 2010, Mechanical and Antibacterial Properties of Electrospun PLA/PEG Mats, **Journal of Metals, Materials and Minerals**, 20(3): pp. 185–187.

[16]JW. Rhim, SI. Hong, CS. Ha, 2009, Tensile, water vapor barrier and antimicrobial properties of PLA/nanoclay composite films, **LWT - Food Science and Technology**, 42: pp. 612–617.

[17]M. Turalija, S. Bischof, A. Budimir, S. Gaan, 2016, Antimicrobial PLA films from environment friendly additives, **Composites Part B**, 102: pp. 94–99.

[18]C. Prapruddivongs, N. Sombatsompop, 2016, Wood, Silver-Substituted Zeolite and Triclosan as Biodegradation Controllers and Antibacterial Agents for PLA and PLA Composites, **Journal of Thermoplastic Composite Materials**, doi: 10.1177/0892705715604683

[19]A. Gitchaiwat, A. Kositchaiyong, K. Sombatsompop, B. Prapagdee, K.Isarangkura, N. Sombatsompop, 2012, Assessment and characterization of antifungal and antialgal performances for biocide-enhanced linear low-density polyethylene, **Journal of Applied Polymer Science**, 128(1): pp. 371–379.

[20]S. Jamsa, R. Mahlberg, U. Holopainen, J. Ropponen, A. Savolainen, A.-C. Ritschkoff, 2013, Slow release of a biocidal agent from polymeric microcapsules for preventing biodeterioration, **Progress in Organic Coatings**, 76(1): pp. 269-276.

[21]D. Kazmierczak, K. Guzinska, M. Dyme, 2016, Antibacterial Activity of PLA Fibres Estimated by Quantitative Methods, **Fibres & Textiles in Eastern Europe**, 2(116): pp. 126-130.

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวกุลนิดา เทพทิม

   (ภาษาอังกฤษ) Miss Kulnida Taptim

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-1201-01270-15-5

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์อัตราพนักงานมหาวิทยาลัย

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

   สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 96 หมู่ 3 ถ.พุทธมณฑลสาย 5 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170 โทรศัพท์ 02-889-4585-7 ต่อ 2696 โทรสาร 02-889-4585-7 ต่อ 2621 E-mail : differencedesign@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ.ที่จบ	ชื่อสถานศึกษา	ประเทศ
วศ.บ. (ปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์)	2546	มหาวิทยาลัยศิลปากร	ไทย
วศ.ม. (เทคโนโลยีวัสดุ)	2550	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย
ปร.ด. (เทคโนโลยีวัสดุ)	2555	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   Polymer with antibacterial applications
   Polymer and rubber composites technology and processing
   Polymer testing
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

.....ไม่มี.....

8. ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

1. หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

.....ไม่มี.....

2. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

2.1 ผลงานที่ได้รับการตอบรับและรอการตีพิมพ์

Taptim K, Ansarifar A and Sombatsompop N - Effect of Organoclay and Silver Substituted Zeolite on the Mechanical and Anti-bacterial Properties of a Silicone Rubber Filled with 2-Hydroxypropyl-3-Piperazinyl-Quinoline Carboxylic Acid Methacrylate - **Polymer Engineering and Science,** (accepted) (JIF = 1.243).

Taptim K & Sombatsompop N (2014) Effect of UV weathering on mechanical and anti-bacterial performances for peroxide-cured silicone rubber with HPQM - **Journal of Vinyl & Additive Technology,** (accepted) (JIF = 1.107).

2.2 ผลงานที่ได้รับตีพิมพ์เมื่อปี พ.ศ. 2556

Taptim K & Sombatsompop N (2013) Anti-microbial Performance and Cure & Mechanical Properties for Peroxide- Cured Silicone Rubber Compounds - **Journal of Vinyl & Additive Technology,** 19 (2): 113-122. (JIF = 1.107).

2.3 ผลงานที่ได้รับตีพิมพ์เมื่อปีพ.ศ. 2551

Sombatsompop N, Taptim K, Chaochanchaikul K, Thongpin C & Rosarpitak V (2008) Improvement of Structural and Thermal Stabilities of PVC and Wood/PVC Composites by Pb and Zn Stearates, and Zeolite - **Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry ,** 45 (7): 534-541. (JIF = 0.807)

3. งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัย ว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

.....ไม่มี.....

9. ประวัติการทำวิจัยจากทุนอุดหนุนวิจัยของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ย้อนหลัง 2 ปี

9.1 ปี 2556 มีโครงการวิจัยที่ได้รับสนับสนุน จำนวน 0 โครงการ

9.2 ปี 2557 มีโครงการวิจัยที่ได้รับสนับสนุน จำนวน 0 โครงการ

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายเอกชัย วิมลมาลา

   (ภาษาอังกฤษ) Mr. Ekachai Wimolmala

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-1201-01886-23-7

3. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

   กลุ่มวิจัยการผลิตและขึ้นรูปพอลิเมอร์ (P-PROF) สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โทรศัพท์ 0-2470-8695-9 ต่อ 319, 0-2470-8647 โทรสาร 0-2470-8647 E-mail: ekachai.wim@kmutt.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ.ที่จบ	ชื่อสถานศึกษา	ประเทศ
อส.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)	2537	มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์	ไทย
ป.บัณฑิต (เทคโนโลยีวัสดุ)	2540	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย
วศ.ม. (เทคโนโลยีวัสดุ)	2543	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   Rubber Technology & Additive
   Polymer Blend and Technology
   Polymer Processing & Testing
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

มีประสบการณ์ในการเป็นหัวหน้าโครงการวิจัยต่างๆ

8. ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

1. หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

- อิทธิพลของความหนาผิวเคลือบพอลิยูรีเทนและปริมาณผงไททาเนียมไดออกไซด์ในผิวเคลือบที่มีต่อสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผลิตภัณฑ์หลังคายางจากวัสดุยางธรรมชาติและขี้เลื่อยไม้ แหล่งทุน โครงการวิจัยยางพาราแห่งชาติ ฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) **สถานะโครงการ: ปิดโครงการแล้ว**

- ยางเซลลูลาร์จากวัสดุผสมยางธรรมชาติกับยางเอสบีอาร์ สำหรับผลิตภัณฑ์ยางประเก็นและยางรองกันกระแทกเสริมแรงโดยผงเถ้าลอย ผงซิลิกา และผงเขม่าดำ แหล่งทุน โครงการวิจัยยางพาราแห่งชาติ ฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) **สถานะโครงการ: ปิดโครงการแล้ว**

2. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน

2.1 ผลงานที่ได้รับการตอบรับและรอการตีพิมพ์

Promchim J, Kanking S, Niltui P, Wimolmala E and Sombatsompop N (2014) Swelling and Mechanical Properties of NBR/ HNBR Blends with Precipitated Silica Filled in Gasohol Fuel - **Journal of Vinyl & Additive Technology,** (accepted) (JIF = 1.107).

Surin P, Rakkwamsook P, Womolmala E & Sombatsompop N (2014) Effects of Coir Fiber and Maleic Anhydride Modification on the Properties of Thermoplastic Starch/ PLA Composite Laminates - **Journal of Natural Fibers,** (accepted) (JIF = 0.558).

Yotkaew P, Kositchaiyong A, Wimolmala E, Rosarpitak V & Sombatsompop N - Use of synthetic fibers as co-reinforcing agents in wood/PVC

hybrid composites; Effect on tribological properties - **Journal of Reinforced Plastics & Composites,** (accepted) (JIF = 0.902).

Likhitlert S, Wongchaleo C, Kositchaiyong A, Wimolmala E, Mitrprasertporn S and Sombatsompop N (2014) Thermal Characteristics and Temperature Profiles Changes in Structurally Different Polyethylenes with Peroxide Modifications -**Journal of Vinyl & Additive Technology,** (accepted) (JIF = 1.107).

2.2 ผลงานที่ได้รับตีพิมพ์เมื่อปี พ.ศ. 2556

Jai-eau K, Wimolmala E & Sombatsompop N (2013) Cure Behavior and Antimicrobial Performance of Sulfur- Cured NR Vulcanizates Containing 2-Hydroxypropyl- 3- Piperazinyl- Quinoline Carboxylic Acid Methacrylate or Silver Substituted Zeolite - **Journal of Vinyl & Additive Technology,** 19 (2): 123-131. (JIF = 1.107).

2.3 ผลงานที่ได้รับตีพิมพ์เมื่อปี พ.ศ. 2555

Hamaviriyapornwattana N, Sombatsompop N, Markpin T, Kositchaiyong A & Wimolmala E (2012) Solar Reflectance, Surface Adhesion and Thermal Conductivity of Wood/ NR Composite Sheet with TiO2/ PU Topcoat for Roofing Applications- **Journal of Vinyl & Additive Technology,** 18(3): 184-191. (JIF = 1.107).

Thongsang S, Vorakhan W, Wimolmala E & Sombatsompop N (2012) Dynamic Mechanical Analysis and Tribological Properties of NR Vulcanizates with Fly Ash/ Precipitated Silica Hybrid Filler - **Tribology International,** 53(1): 134-141. (JIF = 1.536).

Kanking S, Niltui P, Wimolmala E, & Sombatsompop N (2012) Use of Bagasse Fiber Ash as Secondary Filler in Silica or Carbon Black Filled Natural Rubber Compound - **Materials and Design,** 41(1): 74-82. (JIF = 2.913).

Kaiyaded W, Wimolmala E, Harnnarongchai W, Sithicharoen W, & Sombatsompop N (2012) Rotating Die Technique for Sharkskin Minimization in Highly Viscous Wood/PP Composite Melt during Extrusion - **Journal of Applied Polymer Science,** 125(3): 2312–2321. (JIF = 1.395).

2.4 ผลงานที่ได้รับตีพิมพ์เมื่อปี พ.ศ. 2554

Kongvasana N, Kositchaiyong A, Wimolmala E, Sirisinha C & Sombatsompop N (2011) Fly Ash Particles and Precipitated Silica as Fillers in NR/CR Vulcanizates under Thermal and Thermal-Oil Ageing - **Polymers for Advanced Technologies,** 22 (6): 1014-1023. (JIF = 1.635).

Silapasorn K, Sombatsompop K, Kositchaiyong A, Wimolmala E, Markpin T & Sombatsompop N (2011) Effec of Chemical Structure of Thermoplastics on Anti-bacterial Activity and Physical Diffusion of Triclosan Doped in Vinyl Thermoplastics and their Composites with CaCO3 - **Journal of Applied Polymer Science,** 121 (1): 253-261. (JIF = 1.395)

2.5 ผลงานที่ได้รับตีพิมพ์เมื่อปี พ.ศ. 2553

Sriloy N, Kumnuantip C, Thongpin C, Wimolmala E & Sombatsompop N (2010) Effects of Silica based Fillers, Surface Treatment and Curing Method on Mechanical Properties of Silica/ Unsaturated Polyester Composites - **Macromolecular Research,** 18 (4): 372-379. (JIF = 1.639).

2.6 ผลงานที่ได้รับตีพิมพ์เมื่อปี พ.ศ. 2552

Sombatsompop N, Markpin T, Wimolmala E, Ratchatahirun P, Premkamolnetr N, Boonradsamee B & Yochai W (2009)Relationship on Research Publications and Productivity- Export Volumes for Natural Rubber - **Scientometrics,** 81 (2): 393-405. (JIF = 2.133).

Wimolmala E, Kongnuan K & Sombatsompop N (2009) Mechanical and Morphological Properties of Cellular NR/SBR Vulcanizates under Thermal and Weathering Ageing - **Journal of Applied Polymer Science,** 114 (5): 2816-2827. (JIF = 1.395).

Kantala C, Wimolmala E, Sirisinha C & Sombatsompop N (2009) Reinforcement of Compatibilized NR/NBR Blend by Fly-Ash Particles and Precipitated Silica - **Polymers for Advanced Technologies,** 20 (5): 448-458. (JIF = 1.635).

2.7 ผลงานที่ได้รับตีพิมพ์เมื่อปี พ.ศ. 2551

Sombatsompop N, Wimolmala E & Sirisinha C (2008) Fly-Ash Particles and Precipitated Silica as Fillers in Rubbers: Part III. Cure Characteristics, and Mechanical & Oil Resistance Properties of NBR - **Journal of Applied Polymer Science,** 110 (5): 2877-2883. (JIF = 1.395).

2.8 ผลงานที่ได้รับตีพิมพ์เมื่อปี พ.ศ. 2550

Sombatsompop N, Wimolmala E & Markpin T (2007) Fly-Ash Particles and Precipitated Silica as Fillers in Rubbers: Part II. Effects of Silica Content and Si69-Treatment in NR/SBR Vulcanizates- **Journal of Applied Polymer Science,** 104 (5): 3396-3405. (JIF = 1.395).

2.9 ผลงานที่ได้รับตีพิมพ์เมื่อปี พ.ศ. 2549

Sombatsompop N, Kositchaiyong A and Wimolmala E (2006) Experimental Analysis of Temperature and Crystallinity Profiles of Wood-Sawdust/ PP Composites During Cooling - **Journal of Applied Polymer Science,** 102 (2): 1896-1905. (JIF = 1.395).

Sombatsompop N, Kantala C & Wimolmala E (2006) Wood Sawdust Fibres as a Secondary Filler in Carbon Black Filled NR Vulcanizates - **Polymers & Polymer Composites,** 14 (4): 331-347. (JIF = 0.309)

2.10 ผลงานที่ได้รับตีพิมพ์เมื่อปี พ.ศ. 2547

Sombatsompop N, Thongsang S, Markpin T & Wimolmala E (2004) Fly-Ash Particles and Precipitated Silica as Fillers in Rubbers: Part 1. Untreated Fillers in NR and SBR Compounds - **Journal of Applied Polymer Science,** 93 (5): 2119-2130. (JIF = 1.395).

3. งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัย ว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ทุนวิจัย งบประมาณปี 2557 (ทุน ว.1ด) โครงการ “ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของวัสดุเชิงประกอบยางธรรมชาติที่มีสารตัวเติวเสริมแรง” แหล่งทุน วช.