

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายของถ้วยพลาสติกพอลิพรอพิลีน



2/ค
๑ ๖๕๑๒
๒๕๕๐

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 107890
ใน,เดือน,ปี..... - 8 ส.ย. 2553

b..... 122133bb
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Factors affecting on Degradation of Plastic Cup made from Polypropylene



Jureerat Udchara **Kaewsri Umporn**

**Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science
Program Environmental Resource Chemistry
Department of Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang**

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายของถ้วยพลาสติกพอลิพรอพิลีน
นักศึกษา	นางสาวจूरรัตน์ แก้วศรี นางสาวอังฉรา อัมพร
ภาควิชา	เคมี
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2550
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.มาลินี ชัยสุภกิจสินธ์

บทคัดย่อ

ศึกษาเปรียบเทียบการเสื่อมสภาพของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนภายใต้สภาวะฝังกลบในดิน ฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต และแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 เป็นเวลา 8 เดือน ตรวจวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) นอกจากนี้ตรวจวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR ตรวจวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค XRD หาอุณหภูมิจุดหลอมเหลวผลึกด้วยเทคนิค DSC และทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง นอกจากนี้ยังตรวจวิเคราะห์ดินและวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6

ผลการทดลองพบว่าภายใต้สภาวะการฝังกลบในดินและแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 พื้นผิวของตัวอย่างเกิดรอย เกิดหมู่คาร์บอนิล โครงสร้างผลึกไม่เปลี่ยนแปลง แต่อุณหภูมิหลอมเหลวลดลง สมบัติเชิงกลมีแนวโน้มลดลง

ภายใต้การฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) พื้นผิวปรากฏจุดขาว เกิดหมู่คาร์บอนิลและหมู่ไฮดรอกซิล โดยผลึกถูกทำลาย อุณหภูมิหลอมเหลวผลึกลดลง สมบัติเชิงกลลดลง

จากผลการทดลองภายใต้สภาวะทั้ง 3 พบว่าแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเสื่อมสภาพของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน

Special Project Title	Factors affecting on Degradation of Plastic Cup made from Polypropylene
Name	Jureerat Kaewsri Udchara Umporn
Department	Chemistry
Program	Environmental Resource Chemistry
Academic Year	2007
Special Project Advisor	Assoc.Prof.Dr.Malinee Chaisupakitsin

ABSTRACT

Comparison study on degradation of polypropylene cup under soil burial test, irradiation under UV and immersion under organic fertilizer water PD.6 for 8 months. Sample surface was analyzed by SEM. Moreover, functional group was analyzed by FTIR, crystal structure by XRD, crystalline melting temperature by DSC and mechanical test by tensile testing machine.

The results found that there are some scratch on plastic surface under soil burial test and immersion under organic fertilizer water PD.6 The carbonyl group take place, no change in crystal structure but crystal melting temperature decreased.

Under UV irradiation, it can be seen many white spots on the surface. It was found carbonyl groups and hydroxyl groups. The crystal structure was destroyed and crystal melting temperature decreased. Mechanical property was drastically decreased.

Among three types of conditions UV irradiation was found to be the most important factor on the degradation of polypropylene.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปเป็นอย่างดีด้วย คำแนะนำ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และ กำลังใจที่ดีของ รศ.ดร.มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมโครงการพิเศษฉบับนี้

ขอบพระคุณ อาจารย์พรทิพย์ ศัพทอนันต์ และ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย ที่เสียสละเวลาในการเป็นกรรมการคุมสอบ และข้อเสนอแนะต่างๆ ซึ่งทำให้โครงการพิเศษฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณ กลุ่มวิจัยและพัฒนาอินทรีวัตถุเพื่อการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่อนุเคราะห์ ฟู้อินทรีย์น้ำ พด.6 ตลอดจนคำแนะนำต่างๆเพื่อประโยชน์ ในการจัดทำโครงการพิเศษฉบับนี้

ขอบพระคุณ คุณกฤษณะ เกษประคิษฐ์ คุณสุุดใจ สอนสะอาด เจ้าหน้าที่อาคารปฏิบัติงาน พอลิเมอร์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีและเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิเคราะห์ และเจ้าหน้าที่อื่นๆ ในภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อำนวยความสะดวกเรื่องอุปกรณ์สารเคมีที่ใช้ และดำเนินการอื่นๆในการทำโครงการพิเศษฉบับนี้

ขอบพระคุณ พ่อ แม่ เพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจและช่วยสนับสนุนในการทำโครงการพิเศษนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างสมบูรณ์

จุรีรัตน์ แก้วศรี

อัจฉรา อัมพร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโรงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 พอลิพรอพิลีน	3
2.2 พลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้	5
2.2.1 การสลายตัวของพลาสติก	5
2.3 สภาพแวดล้อมของดิน	6
2.4 สมบัติทางเคมีของดิน	10
2.5 สิ่งมีชีวิตในดิน	14
2.6 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6	15
2.7 วิธีวัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยการนับจำนวนเซลล์	17
2.7.1 direct count	17
2.7.2 plate count	20
2.7.3 Pour plate	21
2.7.4 Spread plate	21
2.7.5 Drop plate	22
2.7.6 Membrane filtration method	22
2.8 การวัดความขุ่นด้วยเครื่องเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	23
2.9งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 วัสดุและสารที่ใช้ในการทดลอง	29
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	29
3.3 วิธีการทดลอง	30
3.3.1 การเตรียมชิ้นงาน	30
3.3.2 การฝังดิน	30
3.3.3 การใส่ในตู้อบแสงอัลตราไวโอเลต	31
3.3.4 การแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6	31
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	
4.1 ลักษณะพื้นผิวของพลาสติก	32
4.2 การเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชัน	34
4.2.1 สภาวะฝังกลบในดิน	34
4.2.2 สภาวะฉายแสงอัลตราไวโอเลต	35
4.2.3 สภาวะแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6	38
4.3 สมบัติทางความร้อนของพลาสติก	40
4.3.1 สภาวะฝังกลบในดิน	40
4.3.2 สภาวะฉายแสงอัลตราไวโอเลต	41
4.3.3 สภาวะแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6	42
4.4 สมบัติเชิงกลของพลาสติก	43
4.5 โครงสร้างผลึกของพลาสติก	46
4.6 ลักษณะภายนอก	47
4.6.1 สภาวะฝังกลบในดิน	47
4.6.2 สภาวะฉายแสงอัลตราไวโอเลต	48
4.6.3 สภาวะแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6	49
4.7 สมบัติของดินก่อนและหลังการฝังกลบ	49
4.8 ปริมาณอนุภาคทราย ซิลต์ เคลย์	50
4.9 การเจริญของจุลินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปลผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปลผลการวิจัย	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	52
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์	54
ภาคผนวก ข ผลวิเคราะห์พารามิเตอร์ของดิน	57
ภาคผนวก ค เครื่องมือ	64
ภาคผนวก ง รูปแสดง FTIR ของพลาสติก	67
เอกสารอ้างอิง	101



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างพอลิพรอพิลีน	3
รูปที่ 2.2 อัตราส่วนของกลุ่มอนุภาคดิน	7
รูปที่ 2.3 ภาพโครงสร้างดินแบบต่างๆ	8
รูปที่ 2.4 ลักษณะชั้นดิน	9
รูปที่ 2.5 Petroff – Hausser counting chamber	18
รูปที่ 2.6 (a) ภาพที่มองจากด้านบนของ chamber มีตารางอยู่กลางสไลด์	19
รูปที่ 2.6 (b) ภาพขยายของตารางที่กำลังขยาย 10X	19
รูปที่ 2.7 การทำเจือจางเป็นลำดับและวิธี pour plate	20
รูปที่ 2.8 วิธี pour plate	21
รูปที่ 2.9 วิธี spread plate	22
รูปที่ 2.10 วิธี drop plate	22
รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการทำ และ coliform bacteria หลังจากการทำ membrane filtration	23
รูปที่ 2.12 การวัดความขุ่นด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	23
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะพื้นผิวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนเป็นเวลา 5 เดือน	32
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะพื้นผิวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนเป็นเวลา 8 เดือน	33
รูปที่ 4.3 กราฟ FTIR แสดงการเปรียบเทียบช่วง $400-4000\text{ cm}^{-1}$ ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนภายใต้สภาวะฝังกลบในดิน เป็นเวลา 8 เดือน	34
รูปที่ 4.4 กราฟ FTIR แสดงการเปรียบเทียบช่วง $400-4000\text{ cm}^{-1}$ ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนที่ทำการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต	35
รูปที่ 4.5 กราฟ FTIR แสดงการเปรียบเทียบช่วง $400-4000\text{ cm}^{-1}$ ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนที่ได้รับแสงแดดจริง เป็นเวลา 3 เดือน	36
รูปที่ 4.6 กราฟ FTIR แสดงการเปรียบเทียบช่วง $400-4000\text{ cm}^{-1}$ ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนที่แช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 เป็นเวลา 8 เดือน	38
รูปที่ 4.7 กราฟ FTIR แสดงการเปรียบเทียบช่วง $400-4000\text{ cm}^{-1}$ ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนที่แช่กรดอะซิติก เป็นเวลา 3 เดือน	39
รูปที่ 4.8 พิกัดแสดงถึงจุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนหลังการฝังกลบในดิน	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.9 พิกแสดงถึงจุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในช่วงอุณหภูมิ 50-200 °ซ ที่ผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลตและที่ถูกแสงแดดจริง 3 เดือน	41
รูปที่ 4.10 พิกแสดงถึงจุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในช่วงอุณหภูมิ 50-200 °ซ ที่ผ่านการแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 และแช่กรดอะซิติก	42
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าความทนแรงดึงของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน ก่อนและหลังการการฝังดินและแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 เป็นเวลา 8 เดือน	44
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การดึงยึด ณ.จุดขาด ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน ก่อนและหลังการการฝังดินและแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 เป็นเวลา 8 เดือน	45
รูปที่ 4.13 (ก) รูปแบบ XRD ของถ้วยพอลิพรอพิลีนเริ่มต้น(blank) แช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 (EM) ฝังดิน (soil) ฉายแสงอัลตราไวโอเลต (UV) พอลิพรอพิลีนเริ่มต้นในเวลา 5 เดือน	46
รูปที่ 4.13 (ข) รูปแบบ XRD ของถ้วยพอลิพรอพิลีนเริ่มต้น(blank) แช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 (EM) ฝังดิน (soil) ฉายแสงอัลตราไวโอเลต (UV) พอลิพรอพิลีนเริ่มต้นในเวลา 8 เดือน	46
รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะภายนอกของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน ภายใต้สภาวะฝังกลบในดิน เป็นเวลา 8 เดือน	47
รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะภายนอกของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน ภายใต้สภาวะฉายแสงอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 8 เดือน	48
รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะภายนอกของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน ภายใต้สภาวะแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 เป็นเวลา 8 เดือน	49

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สมบัติบางประการของพอลิพรอพิลีน	4
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของพอลิพรอพิลีน	4
ตารางที่ 2.3 แสดงสัดส่วนที่แตกต่างกันขององค์ประกอบทางเคมีของดิน	11
ตารางที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบของสารเร่งชนิดต่างๆ	16
ตารางที่ 4.1 ช่วงการดูดกลืนของสเปกตรัมที่ปรากฏ	34
ตารางที่ 4.2 แสดงถึงอุณหภูมิจุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน ที่เปลี่ยนแปลงภายใต้สภาวะต่างๆ	43
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความทนแรงดึง (N/mm^2)	43
ตารางที่ 4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด	44
ตารางที่ 4.5 แสดงสมบัติของดินก่อนและหลังฝังกลบพลาสติกลงในดิน	49
ตารางที่ 4.6 แสดงลักษณะดินก่อนและหลังฝังกลบ	50
ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณของจุลินทรีย์ในระยะเวลาต่างๆ	51

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในปัจจุบันมีการใช้วัสดุที่เป็นพลาสติกกันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งบรรจุภัณฑ์พลาสติกจะมีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นในอัตราสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุชนิดอื่น เช่น กระดาษ โลหะ และแก้ว ทั้งนี้เนื่องจากความทนทาน สามารถกันน้ำได้ดี และมีน้ำหนักเบา แนวโน้มความต้องการใช้พลาสติกมีการขยายตัวมากขึ้น ปริมาณขยะซึ่งเกิดจากพลาสติกจึงมีสูงขึ้นเช่นกัน ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา ทั้งนี้เนื่องจากการกำจัดขยะพลาสติกยังมีอุปสรรคหลายประการ จึงได้มีผู้พยายามวิจัยค้นคว้าพลาสติกแบบใหม่ที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งนับเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขปัญหาอันเนื่องมาจากขยะพลาสติกที่กำลังทวีความรุนแรงและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันให้บรรเทาลง

พลาสติกพอลิพรอพิลีน (Polypropylene, PP) เป็นพลาสติกที่นิยมนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ เช่น ถ้วยใส่น้ำในโรงอาหาร และห้างสรรพสินค้า ในแต่ละวันจะถูกทิ้งในขยะเป็นจำนวนมาก ในการทำโครงการพิเศษนี้ต้องการศึกษาว่าปัจจัยใดที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของถ้วยพลาสติกพอลิพรอพิลีน ปัจจัยที่เลือกศึกษาได้แก่ สภาพการฝังกลบในดิน การได้รับแสงอัลตราไวโอเลต (UV) และการแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 จากกลุ่มวิจัยและพัฒนาอินทรีย์วัตถุเพื่อการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ในงานวิจัยครั้งนี้จะเน้นการสลายตัวของพลาสติกที่สำคัญ 2 วิธี คือ การสลายตัวทางชีวภาพ (Biodegradation) และการสลายตัวด้วยแสง (Photodegradation)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาสภาวะการเสื่อมสภาพของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน
2. เปรียบเทียบการย่อยสลายของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน ภายใต้สภาวะการฝังกลบในดิน การได้รับแสง UV และการแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6
3. เพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน การเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชัน สมบัติเชิงกล ลักษณะภายนอกของชิ้นงาน ตรวจวิเคราะห์ดินก่อนและหลังการฝังกลบ และวัดการเจริญของจุลินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. เตรียมชิ้นงานตัวอย่างด้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน ตัดให้มีขนาด 2×8 ซม.
2. นำชิ้นงานไปฝังในดินที่ความลึก 5 ซม. จากนั้นนำชิ้นงานมาตรวจสอบโครงสร้างทุกเดือน เดือนละ 5 ชิ้นงาน เป็นเวลา 8 เดือน ตั้งแต่เดือน เมษายน – ธันวาคม 2550
3. นำชิ้นงาน ไปใส่ในตู้อบแสงอัลตราไวโอเล็ตจากนั้นนำชิ้นงานมาตรวจสอบ โครงสร้างทุกเดือน เดือนละ 5 ชิ้นงาน เป็นเวลา 8 เดือน ตั้งแต่เดือน เมษายน – ธันวาคม 2550
4. นำชิ้นงาน ไปแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 จากนั้นนำชิ้นงานมาตรวจสอบโครงสร้างทุกเดือน เดือนละ 5 ชิ้นงาน เป็นเวลา 8 เดือน ตั้งแต่เดือน เมษายน – ธันวาคม 2550
5. วิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนนำพลาสติกไปฝังและหลังจากเก็บชิ้นงานพลาสติกแล้ว
6. พารามิเตอร์ที่ศึกษาในดิน คือ ความชื้นในดิน อุณหภูมิ พีเอช ปริมาณอนุภาคทราย ซิลต์ และโคล์
7. พารามิเตอร์ที่ศึกษาในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 คือ ปริมาณจุลินทรีย์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

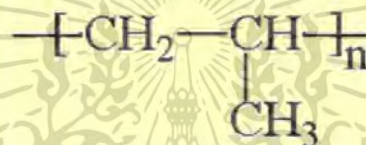
1. ทราบประสิทธิภาพของแสงอัลตราไวโอเล็ต การฝังกลบในดินและแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 ที่ทำให้พลาสติกเสื่อมสภาพ
2. ทราบปฏิกิริยาการเสื่อมสภาพของพอลิพรอพิลีน
3. ทราบวิธีที่เหมาะสมในการลดปัญหาขยะพลาสติกที่เกิดขึ้น โดยวิธีการย่อยสลายทางธรรมชาติ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 พอลิพรอพิลีน (Polypropylene, PP) [1]

พอลิพรอพิลีน มีลักษณะขาวขุ่น ทึบแสงกว่าพอลิเอทิลีน มีความหนาแน่นในช่วง 0.890–0.905 ด้วยเหตุนี้จึงสามารถลอยน้ำได้เช่นเดียวกับพอลิเอทิลีน ลักษณะอื่นๆ คล้ายกับพอลิเอทิลีน สูตรโครงสร้างทางเคมี :



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างพอลิพรอพิลีน

สมบัติทั่วไปของพอลิพรอพิลีน

- มีผิวแข็ง ทนทานต่อการขีดข่วน คงตัวไม่เสียรูปร่าง
- สามารถทำเป็นบานพับในตัว มีความทนทานมาก
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก แม้ที่อุณหภูมิสูง
- ทนทานต่อสารเคมีส่วนมาก แต่สารเคมีบางชนิดอาจทำให้พองตัวหรืออ่อนนุ่มได้
- มีความเหนียวที่อุณหภูมิตั้งแต่ 105 องศาฟาเรนไฮต์ ลง ไปจนถึง 15 องศาฟาเรนไฮต์

(40 องศาเซลเซียส ถึง -10 องศาเซลเซียส) แต่ที่ 0 องศาฟาเรนไฮต์ จะเปราะ

- มีความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี
- สามารถทนอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Sterilization :100°C) ได้
- ผสมสีได้ง่ายทั้งลักษณะ โปรงแสงและทึบแสง

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิพรอพิลีนที่พบเสมอคือ กล่องเครื่องมือ กระเป๋า ปกแฟ้มเอกสาร กล่องและตลับเครื่องสำอาง กล่องบรรจุอาหาร อุปกรณ์ของรถยนต์ เครื่องใช้ในครัวเรือน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ทางการแพทย์ วัสดุบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรม ขวดใส่สารเคมี กระจองน้ำมันเครื่อง กระสอบข้าวและถุงบรรจุปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สมบัติบางประการของพอลิพรอพิลีน (PP) [2]

สมบัติ	PP
Specific gravity	0.09-0.91
Crystallinity (%)	82
Melt temperature (°C)	165-171
Tensile strength (MPa)	31-41
Tensile strength (GPa)	1.10-1.55
Elongation-to-break (%)	100-600
Heat-deflection temperature (°C) at 455 kPa (66 psi)	225-250

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของพอลิพรอพิลีน (PP)

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำ	1. สลายตัวต่อรังสี UV
2. เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี	2. ไม่ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ
3. ทนความชื้น	3. ติดไฟ
4. ทนต่อแรงเค้น	4. ละลายในตัวทำละลายที่มีคลอรีนหรืออะโรมาติกอยู่
5. ทนต่อสารเคมี	5. ยากต่อการเชื่อมต่อ
6. มีความโค้งงอดีเยี่ยม	6. โลหะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 พลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ (Degradable Plastic) [3]

หมายถึงพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้เร็วกว่าพลาสติกโดยทั่วไป เมื่อสัมผัสกับสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น แสง ความชื้น จุลินทรีย์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. พลาสติกย่อยสลายเมื่อสัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเล็ตในแสงอาทิตย์ในระยะเวลาหนึ่ง (Photodegradable Plastics)
2. พลาสติกย่อยสลายด้วยสารเคมีโดยผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือปฏิกิริยาเคมีอื่นๆ (Chemically Degradable Plastics)
3. พลาสติกย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradable Plastics) โดยใช้เอนไซม์จากเชื้อจุลินทรีย์ ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายพลาสติก คือ
 1. สภาวะแวดล้อม ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน ความเป็นกรด-เบส เป็นต้น
 2. ชนิดของพลาสติก เช่น พอลิเอทิลีนซึ่งเป็นชนิดที่ย่อยสลายได้ยาก
 3. ชนิดของจุลินทรีย์ที่สามารถปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายพลาสติก
 4. น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ คือ ถ้าพลาสติกน้ำหนักโมเลกุลต่ำความสามารถในการย่อยสลายจะสูง
 5. พื้นที่ผิวและความหนาของพลาสติก ถ้าพื้นที่ผิวมากความหนาของพลาสติกน้อยการย่อยสลายของพลาสติกก็จะเกิดได้ดี

2.2.1 การสลายตัวของพลาสติก [4]

มี 4 ลักษณะคือ

1. Chemical Degradation คือการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยการตัดพันธะหลักของโครงสร้างพอลิเมอร์ ทำให้พอลิเมอร์มีมวลโมเลกุลลดลง และการย่อยสลายแบบนี้เป็นกระบวนการย่อยสลายที่เกิดขึ้นจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ แสงแดด ฝน จุลินทรีย์ อุณหภูมิ และแรงทางฟิสิกส์เป็นต้น
2. Photodegradation เป็นกระบวนการย่อยสลายที่เกิดกับพลาสติกชนิดที่มีความไวต่อแสง โดยอาศัยรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากแสงแดดเป็นตัวกระตุ้นโมเลกุลของพลาสติก เมื่อโมเลกุลของพลาสติกรับพลังงานเข้าไปจะทำให้เกิดการทำลายพันธะทางเคมีระหว่างคาร์บอนและไฮโดรเจน เกิดเป็นหน่วยที่มีอิเล็กตรอนว่าง ทำให้เกิดปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ได้ง่ายหรือการแตกพันธะของสายโซ่ในพลาสติกจะทำให้พลาสติกกรอบและย่อยสลายต่อไป
3. Biodegradation เป็นกระบวนการย่อยสลายที่เกิดจากพลาสติกสลายตัวโดยการทำลายของเอนไซม์ของสิ่งมีชีวิตเล็กๆ เช่น จุลินทรีย์ เชื้อรา แบคทีเรีย ฟังไจ ยีสต์ โดยการปล่อยเอนไซม์ออกมาทำลายพันธะทางเคมีระหว่างคาร์บอนและไฮโดรเจนของพลาสติก ซึ่งจะช่วยให้พลาสติกมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มวลโมเลกุลน้อยลงและจะย่อยสลายต่อไปได้ ทั้งนี้การเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์จะเกิดได้ต้องอาศัยความเหมาะสมของออกซิเจน ความชื้น และอุณหภูมิ ระยะเวลาการย่อยสลายนี้ขึ้นกับตัวแปรหลายชนิด พอลิเมอร์ธรรมชาติจะใช้เวลาในการย่อยสลายเป็นวัน แต่พอลิเมอร์สังเคราะห์ใช้เวลาในการย่อยสลายเป็นปี การย่อยสลายทางชีวภาพของพลาสติกสามารถทำให้เกิดได้ 2 วิธี คือ

ก. ทำให้ตัวพลาสติกสามารถจับกับเอนไซม์แล้วจึงเกิดการย่อยสลายได้

ข. ใส่สารเติมแต่ง(Additive Base Polymer) ที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ ลงในพลาสติกโดยสารเติมแต่งที่ใส่ลงในพลาสติก นิยมใช้พอลิเมอร์ธรรมชาติที่ย่อยสลายได้เอง เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง เติลงในพลาสติกบางประเภท เช่น พอลิเอทิลีน (Polyethylene) พอลิสไตรีน (Polystyrene) พอลิพรอพิลีน (Polypropylene) เป็นต้น

4. Deterioration เป็นการเสื่อมสภาพของพลาสติกเองตามธรรมชาติเมื่อระยะเวลาผ่านไปนานๆหลายปี

2.3 สภาพแวดล้อมของดิน [4]

ดิน หมายถึง “เทหวัตถุธรรมชาติที่ปกคลุมผิวโลกอยู่บ้างเกิดขึ้นจากผลของการแปรสภาพของหิน แร่ และอินทรีย์วัตถุผสมคลุกเคล้ากัน” โดยที่ส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนด้วยกันคืออินทรีย์สาร น้ำ อากาศ และอินทรีย์สาร ในส่วนของอินทรีย์สารนั้น ยังแยกออกเป็น 2 ส่วน คือสิ่งไม่มีชีวิตและสิ่งมีชีวิตซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ส่วนประกอบต่างๆเหล่านี้เป็นส่วนที่ควบคุมสมบัติของดินมีดังนี้คือ

ก. เนื้อดิน หมายถึง อัตราส่วนของกลุ่มอนุภาคดินส่วนละเอียด 3 ขนาดประกอบกันเป็นชนิดต่างๆดังรูปแสดงถึงความละเอียดและหยาบของดินเช่น ดินร่วนมีสัดส่วนของดินเหนียว 20 ส่วน ซิลต์และทรายอย่างละ 40 ส่วน และเนื้อดินเป็นสมบัติทางกายภาพที่มีผลกระทบต่างๆ ต่อสมบัติทางเคมี ชีวภาพของดิน



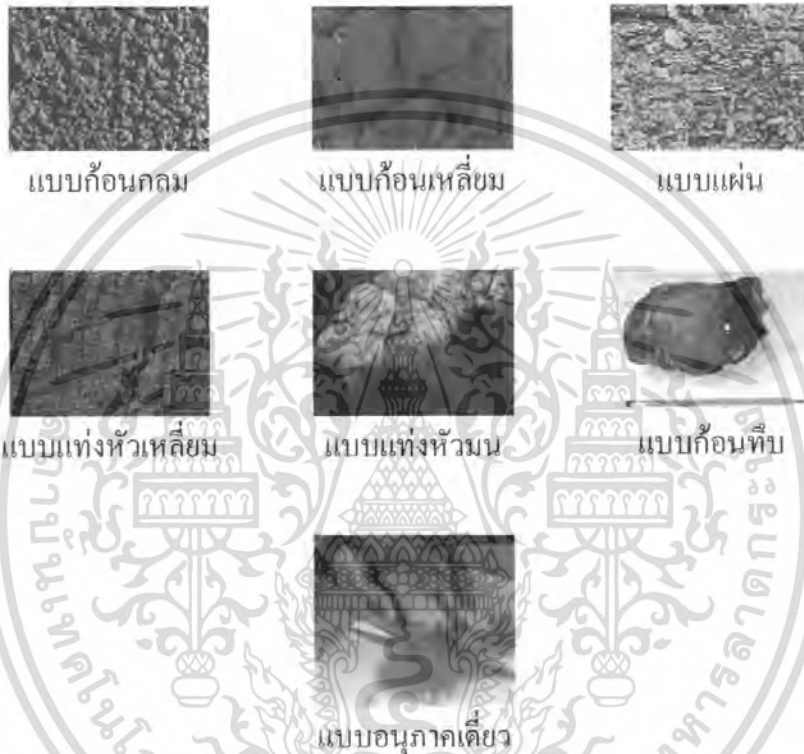
รูปที่ 2.2 อัตราส่วนของกลุ่มอนุภาคดิน

ข. โครงสร้างของดิน การจัดเรียงตัวยึดกันของอนุภาคส่วนละเอียดของดินเป็นรูปร่างต่างๆ ทำให้เม็ดดินมีรูปร่างโครงสร้างต่างกันออกไป

- แบบก้อนกลม (Granular) มีรูปร่างคล้ายทรงกลม เม็ดดินมีขนาดเล็กประมาณ 10 มิลลิเมตร มักพบในดินชั้น A มีรากพืชปนอยู่มาก เนื้อดินมีความพรุนมาก จึงระบายน้ำและอากาศได้ดี
- แบบก้อนเหลี่ยม (Blocky) มีรูปร่างคล้ายกล่อง เม็ดดินมีขนาดประมาณ 1-5 เซนติเมตร มักพบในดินชั้น B มีการกระจายของรากพืชปานกลาง น้ำและอากาศซึมผ่านได้
- แบบแผ่น (Platy) ก้อนดินแบนวางตัวในแนวราบ และซ้อนเหลื่อมกันเป็นชั้นขัดขวางรากพืช น้ำและอากาศซึมผ่านได้ยากมักเป็นดินชั้น A ที่ถูกบีบอัดจากการบดไถของเครื่องจักรกลการเกษตร
- แบบแท่งหัวเหลี่ยม (Prismatic) ก้อนดินแต่ละก้อนมีผิวหน้าแบนและเรียบ เกาะตัวกันเป็นแท่งหัวเหลี่ยมคล้ายปริซึม ก้อนดินมีลักษณะยาวในแนวตั้ง ส่วนบนของปลายแท่งมักมีรูปร่างแบน เม็ดดินมีขนาด 1-10 เซนติเมตร มักพบในดินชั้น B น้ำและอากาศซึมได้ปานกลาง
- แบบแท่งหัวมน (Columnar) มีการจับตัวคล้ายคลึงกับแบบแท่งหัวเหลี่ยม แต่ส่วนบนของปลายแท่งมีลักษณะกลมมน ปกคลุมด้วยเกลือ เม็ดดินมีขนาด 1-10 เซนติเมตร มักพบในดินชั้น B และเกิดในเขตแห้งแล้ง น้ำและอากาศซึมผ่านได้น้อย และมีการสะสมของโซเดียมสูง
- แบบก้อนทึบ (Massive) เป็นดินเนื้อละเอียดยึดตัวติดกันเป็นก้อนใหญ่ ขนาดประมาณ 30 เซนติเมตร ดินไม่แตกตัวเป็นเม็ดจึงทำให้น้ำและอากาศซึมผ่านได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

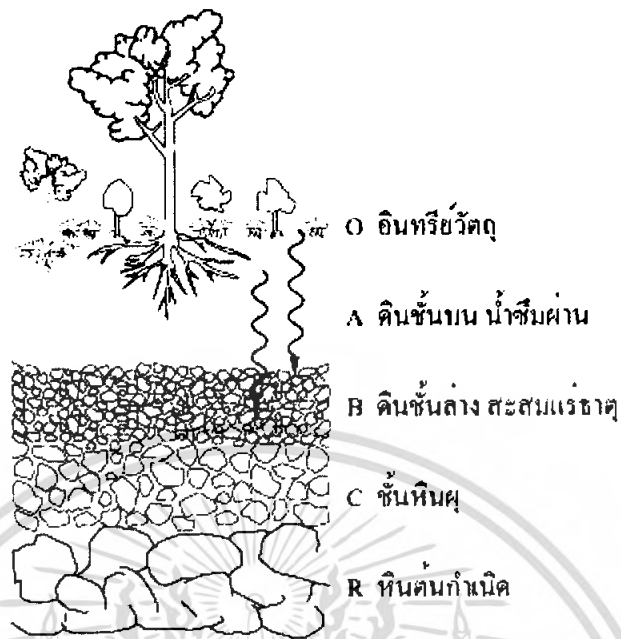
- แบบอนุภาคเดี่ยว (Single Grained) ไม่มีการยึดตัวติดกันเป็นก้อน มักพบในดินทราย ซึ่งน้ำและอากาศซึมผ่านได้ดี ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งโครงสร้างของดินเป็นสมบัติทางกายภาพที่สำคัญต่อการระบายน้ำและอากาศในดิน



รูปที่ 2.3 ภาพ โครงสร้างดินแบบต่างๆ

เมื่อนำดินมาตัดตามแนวตรงสามารถแบ่งได้เป็นชั้นๆ (soil profile) 5 ชั้นคือ O A B C R ดังรูปที่ 2.4 O คือชั้นที่มีการสะสมสารอินทรีย์บริเวณผิวหน้า A-horizon (eluvial) คือชั้นเนื้อดินที่มีอนุภาคมีขนาดเล็กมักถูกชะออกได้ง่ายและไปสะสมในชั้น B-horizon (eluvial) ชั้น C คือชั้นที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินปะปนอยู่ R เป็นชั้นหินที่เป็นต้นกำเนิดของดินที่ยังไม่สุกก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ลักษณะชั้นดิน

ค. ความหนาแน่นและความพรุนของดิน ความหนาแน่นของดินหมายถึงสัดส่วนระหว่างมวล (mass) ของดินกับปริมาตร (volume) ของดิน ความหนาแน่นของดินมี 2 ประเภทคือความหนาแน่นรวม (bulk density) ซึ่งหมายถึงสัดส่วนระหว่างมวลดินขณะที่แห้งสนิทกับปริมาตรทั้งหมด และความหนาแน่นของอนุภาค (particle หรือ ture หรือ solid phase density) ซึ่งหมายถึงสัดส่วนระหว่างมวลดินขณะที่ดินแห้งสนิทกับปริมาตรของอนุภาคของดิน ส่วนความพรุนของดินนั้นหมายถึงปริมาตรของช่องว่างที่ไม่ใช่ของแข็งที่ปรากฏในดินเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรทั้งหมดของดิน

โดยทั่วไปแล้วความหนาแน่นรวมนั้นมีความหมายมากกว่า เพราะยังไม่เคยปรากฏเลยว่าดินชนิดไหนที่ไม่มีส่วนที่ไม่เป็นของแข็ง ความหนาแน่นรวมดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์ในทางลบกับความพรุนของดิน นั่นคือดินที่มีความหนาแน่นรวมสูงจะมีความพรุนต่ำและดินที่มีความหนาแน่นรวมต่ำจะมีความพรุนสูง ปกติความหนาแน่นรวมของดินจะอยู่ระหว่าง 1.0-1.6 กรัม/มิลลิลิตร

ดินประเภท clay loam และ silt loam มักมีความหนาแน่นรวม 1.1-1.4 กรัม/มิลลิลิตร และดินประเภท loam sandy loam และ sand มักมีความหนาแน่นรวม 1.2-1.6 กรัม/มิลลิลิตร

ความหนาแน่นรวมและความพรุนของดินเป็นสิ่งที่บอกลถึงความสามารถในการอุ้มน้ำและอากาศรวมทั้งการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศในดินด้วย บางครั้งสามารถใช้ประเมินปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดินได้อย่างคร่าวๆ ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. สีของดิน สิ่งที่ทำให้สีของดินแตกต่างกันออกไปมี 2 อย่างคือ ซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมในดินเรียกว่าฮิวมัสเมื่อเห็นดินสีต่างๆทำให้คาดคะเนสมบัติของดินเกี่ยวกับการระบายน้ำและอากาศได้บ้างดังนี้

- ดินสีน้ำตาลเข้มถึงเกือบดำ เป็นดินที่มีฮิวมัสมากคาดว่ามีความอุดมสมบูรณ์ของดินดี ดินบนส่วนใหญ่เป็นสีคำถือว่าฮิวมัสมาก
 - ดินสีแดง หมายถึง มีการเจือปนของเหล็กออกไซด์ที่ไม่ชุ่มน้ำ ความชื้นต่ำ การระบายน้ำถ่ายเทอากาศและน้ำดี
 - ดินสีเหลือง หมายถึง มีเหล็กออกไซด์ที่มีน้ำผสมอยู่ด้วยจึงมีความชื้นสูง การระบายน้ำและอากาศอยู่ในระดับปานกลาง
 - ดินที่มีจุดประ อาจเป็นสีเหลือง สีแดง สีน้ำตาล แสดงว่าการระบายน้ำและอากาศไม่สม่ำเสมอ
 - ดินสีเทา เป็นดินที่อยู่ในบริเวณน้ำท่วมขังหรืออยู่ใกล้ระดับน้ำใต้ดิน การระบายน้ำและอากาศไม่ดี
 - ดินสีคำถึงสีดำมาก ส่วนมากเป็นดินก้นปลัก หนองน้ำขัง ซึ่งมีสารอินทรีย์ทับถมกันมาก
- จ. น้ำในดิน การยึดหรืออุ้มน้ำของดิน การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน การดูดซับและส่งน้ำของพืช การสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยไปในบรรยากาศทั้งหมดเป็นพฤติกรรมตามธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับพลังงานทั้งสิ้น ในที่นี้ขอใช้คำว่าพลังงานอิสระ (free energy) เพื่อบอกลักษณะของสถานภาพของพลังงานน้ำ ทั้งนี้เพราะเป็นการรวมรูปต่างๆของพลังงานและเนื่องจากพลังงานในวัตถุใดๆเป็นตัวบ่งถึงความโน้มเอียงต่อการเปลี่ยนแปลงของวัตถุนั้นเมื่อพิจารณาเรื่องพลังงานจะใช้หลักที่ว่าวัตถุทุกชนิดรวมทั้งน้ำมีความโน้มเอียงที่จะเคลื่อนที่จากระดับที่มีพลังงานสูงไปสู่ระดับที่มีพลังงานต่ำกว่า เช่น น้ำจากผิวดินที่เปียกและและมีพลังงานอิสระในระดับที่สูงกว่ามีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ไปยังผิวดินที่แห้งกว่า ซึ่งดินนั้นมีระดับพลังงานอิสระน้อยกว่า

2.4 สมบัติทางเคมีของดิน

ก. องค์ประกอบทางเคมีของดิน

ดินแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุดิบกำเนิดดินนั้นทั้งนี้เพราะวัตถุดิบกำเนิดของดินนั้นอาจมีแร่ธาตุซึ่งเป็นองค์ประกอบของหินแตกต่างกัน แม้แต่ดินที่เกิดในแถบเดียวกัน เมื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีก็ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันในแง่ของสัดส่วนเป็นอย่างมากด้วย ตารางแสดงสัดส่วนที่แตกต่างกันในช่วงที่กว้างพอสมควร

ตารางที่ 2.3 แสดงสัดส่วนที่แตกต่างกันขององค์ประกอบทางเคมีของดิน

ธาตุ	ช่วงปริมาณ (%)
ไนโตรเจน (N)	0.02-0.50
ฟอสฟอรัส (P_2O_5)	0.02-0.40
โพแทสเซียม (K_2O)	0.20-4.00
แคลเซียม (CaO)	0.10-5.00
แมกนีเซียม (MgO)	0.20-2.50
กำมะถัน (S)	0.02-0.50
เหล็ก (Fe)	0.50-5.00
แมงกานีส (Mn)	0.020-1.000
สังกะสี (Zn)	0.001-0.025
โบรอน (B)	0.0005-0.015
ทองแดง (Cu)	0.0005-0.015
โมลิบดีนัม (MO)	0.00002-0.0005
คลอรีน (Cl)	0.001-0.100

องค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้ก่อให้เกิดปฏิกิริยาในดินตลอดเวลา ทำให้สมบัติต่างๆของดินมีการเปลี่ยนแปลง ขณะที่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นหรือหลังการเกิดปฏิกิริยา องค์ประกอบต่างๆเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนรูป สิ่งมีชีวิตไม่สามารถนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินในแง่ที่ว่า รูปองค์ประกอบทางเคมีบางรูปสิ่งมีชีวิตไม่สามารถนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ บางรูปถูกนำไปใช้ได้ บางรูปเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในดินได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม

ข. สารคอลลอยด์ในดิน

ระบบคอลลอยด์ (colloidal system) หมายถึงระบบที่มีอยู่ 2 ภาค (phase) คือ disperse phase ซึ่งเป็นส่วนที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กมากและแขวนลอย (disperse) อย่างถาวรอยู่ในอีกภาคหนึ่งซึ่งเรียกว่า disperse medium

ในดินส่วนประกอบที่มีอนุภาคเล็กๆ และมักอยู่ในสภาพแขวนลอยหรือที่เรียกว่าสารคอลลอยด์นั้นได้แก่ พวกอนุภาคดินเหนียว หรือ แร่ดินเหนียว (clay minerals) แร่พวกออกไซด์ (oxide) ของเหล็กและอลูมิเนียม รวมทั้งอินทรีย์วัตถุพวกฮิวมัส (humus) ในดินด้วย ส่วน disperse medium ในดินนั้นคือน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารคอลลอยด์ โดยเฉพาะแร่ดินเหนียวและฮิวมัสนั้นมีคุณสมบัติเฉพาะที่สำคัญอยู่อย่างหนึ่งคือ มีประจุลบ (electronegative charge) ซึ่งสำหรับกรณีของแร่ดินเหนียวนั้นประจุลบมีกำเนิดมาหลายทางด้วยกัน เช่นจากบริเวณขอบของผลึก (exposed crystal edges) ที่แตกหักจากกระบวนการแตกตัว (dissociation) ของ carboxyl group และ phenolic group

ประจุที่ปรากฏอยู่ในสารคอลลอยด์นั้น มีสมบัติการดูดซับ (adsorption) ประจุหรือไอออนบวก (cation) เช่น NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ และไอออนบวกอื่นๆ แต่จะไม่ดูดซับไอออนลบ (anion) NO_3^- , SO_4^{2-} และไอออนลบอื่นๆ การดูดซับไอออนบวกจะมีประสิทธิภาพแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสารคอลลอยด์ เพราะสารคอลลอยด์แต่ละชนิดนั้นจะมีประจุลบไม่เท่ากันจึงมีความสามารถในการดูดซับไม่เท่ากัน เนื่องจากไอออนบวกที่ถูกดูดซับอยู่สามารถแลกเปลี่ยนกับไอออนบวกที่อยู่ภายนอกสารคอลลอยด์ได้

ค. ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

สารที่เป็นกรดคือ สารที่ปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน (H^+) ออกมาเมื่ออยู่ในน้ำ และสารที่เป็นด่างคือสารที่ปลดปล่อยไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ออกมาเมื่ออยู่ในน้ำ

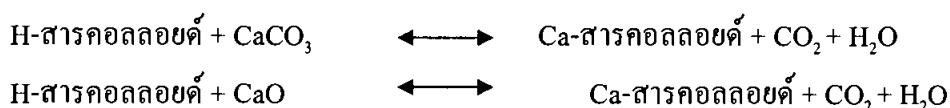
ดินโดยทั่วไปมักมีกรดเกิดขึ้นได้หลายทางด้วยกันคือ เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งมักเกิดขึ้นในดิน โดยกระบวนการเนาเปื่อยผุพังของอินทรีย์สาร เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมกับน้ำกลายเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) และเมื่อกรดนี้เกิดการแตกตัวจะทำให้ดินมี H^+ เพิ่มมากขึ้นทำให้ดินเป็นกรด ก๊าซ CO_2 นี้ยังอาจเพิ่มปริมาณขึ้นในดินโดยละลายมา กับน้ำฝนด้วย หรือการเกิดกรดไนตริก (HNO_3) จากปุ๋ยแอมโมเนียไอออนที่มีอยู่ในดิน หรืออาจเกิดกรดกำมะถันจากกำมะถันหรือสารประกอบกำมะถันด้วย

ดินที่มีความเป็นกรดสูงๆ นั้นมีผลกระทบกระเทือนต่อสมบัติทางเคมีและสมบัติอื่นๆ ของดินหลายประเภทด้วยกัน เป็นต้นว่าทำให้ธาตุบางธาตุเช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ละลายออกมาอยู่ในรูปไอออนในดินมากขึ้น ทั้งนี้ก็เว้น โมลิบดีนัม ซึ่งจะละลายออกมามากเมื่อดินมีความเป็นด่างสูง ความเป็นกรดของดินทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีบางอย่างในดินเกิดขึ้นได้ดีเช่น การทำปฏิกิริยาระหว่างเหล็กฟอสเฟต อลูมิเนียมกับฟอสเฟตเป็นเหล็กฟอสเฟตหรืออลูมิเนียมฟอสเฟต กลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยากหรือไม่ละลายน้ำ นอกจากผลกระทบกระเทือนดังกล่าวแล้ว ความเป็นกรดของดินยังมีผลกระทบต่อปฏิกิริยาของดิน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นต้องอาศัยจุลินทรีย์หรือเอนไซม์ในดิน สิ่งมีชีวิตบางชนิด หรือเรียกได้ว่าสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ไม่ชอบที่จะขึ้นหรือมีชีวิตอยู่ในดินที่เป็นกรดสูงๆ ดังนั้นการที่ดินมีความเป็นกรดสูงจึงอาจกล่าวได้ว่าเป็นข้อเสียมากกว่าข้อดี

ความเป็นกรดของดินนั้นแก้ไขได้โดยการเติมปูนซึ่งเป็นสารประกอบพวกออกไซด์

ไฮดรอกไซด์ หรือคาร์บอเนตของแคลเซียมหรือแมกนีเซียม ปฏิกิริยาในดินอาจแสดงได้ง่ายๆดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากปฏิกิริยาข้างบนนี้จะเห็นได้ว่าแคลเซียมหรือแมกนีเซียมจากปูนจะเข้าแทนที่ H^+ ที่ดูดซับอยู่ที่ผิวคอลลอยด์ ดิน H^+ ที่หลุดออกมาทำปฏิกิริยากับ OH^- หรือ CO_3^{2-} ทันที และไม่แสดงความเป็นกรดอีกต่อไป ส่วน H^+ ที่มีอยู่ในสารละลายนั้นคงทำปฏิกิริยากับ OH^- หรือ CO_3^{2-} ได้ทันทีที่ไม่ต้องมีการแลกเปลี่ยนที่สารคอลลอยด์

ง. อินทรีย์วัตถุในดิน

อินทรีย์วัตถุในดิน หมายถึง สารอินทรีย์ทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน ปกติจะมีอยู่ในดินชั้นบางๆ ของหน้าตัดดิน เช่น อยู่ในชั้นบนสุด (01 เดิมเรียก AOO) ซึ่งเป็นชั้นของดินที่มีอินทรีย์วัตถุที่อยู่ในรูปของเศษกิ่งไม้ใบไม้ ที่ยังไม่สลายตัวและสลายตัวไม่เต็มที่ และยังสามารถจำได้ว่าเป็นชั้นส่วนไหนของพืชและสัตว์ ชั้นรองลงมา (02 เดิมเรียก AO) เป็นชั้นดินที่อยู่ถัดลงไป ประกอบด้วยอินทรีย์วัตถุที่สลายตัวผุพังไปแล้ว เกิดเป็นฮิวมัสและสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ และไม่สามารถจำได้ว่าเป็นชั้นส่วนไหนของพืชและสัตว์

รูปของอินทรีย์วัตถุในดินมีอยู่จำนวนมากมาย ตั้งแต่ที่มีขนาดของอนุ (mole cute) ใหญ่ๆ เช่น humus, lignin, cellulose จนถึงขนาดของอนุเล็กๆ เช่น น้ำตาลบางชนิด กรดอะมิโนและกรดอินทรีย์บางชนิด ปกติในการวิเคราะห์หาสารอินทรีย์จะรวมไปถึงส่วนที่สลายตัวและยังไม่สลายตัว ส่วนที่สลายตัวมาจากสิ่งมีชีวิตที่สมบูรณ์แล้วเท่านั้น ดังนั้นในการวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินจำเป็นจะต้องแยกเอาส่วนที่เป็นชั้นส่วนเช่น กิ่ง ใบ ราก ที่ยังไม่สลายตัวออกเสียก่อนที่จะวิเคราะห์

อินทรีย์วัตถุเป็นสิ่งที่มีความสำคัญหลายแง่ด้วยกัน เกี่ยวข้องกับสมบัติของดิน ทั้งทางเคมี ฟิสิกส์และชีวภาพ ทางเคมีนั้น อินทรีย์วัตถุสามารถดูดซับไอออนบวกได้เช่นเดียวกับแร่ดินเหนียว นอกจากนี้ยังทำปฏิกิริยาอื่นๆกับแร่ธาตุในดินด้วย ในทางฟิสิกส์นั้นอินทรีย์วัตถุก่อให้เกิดก้อนหรือเม็ดดินขึ้น โดยทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมตังได้กล่าวมาแล้วส่วนทางด้านชีวภาพ อินทรีย์วัตถุเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในดิน อินทรีย์วัตถุบางชนิดเป็นเอนไซม์ ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆในดิน

2.5 สิ่งมีชีวิตในดิน

คุณภาพเนื้อดินจะร่วนซุยหรือไม่ขึ้นกับปริมาณสารอาหารหรือแร่ธาตุในดิน บางส่วนได้จากปฏิสัมพันธ์การสลายสารอินทรีย์กับจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในดิน โดยเฉพาะบริเวณผิวน้ำดิน โดยแทรกตัวตามช่องว่างต่างๆของดิน

สิ่งมีชีวิตในดินแบ่งตามขนาดได้ 3 กลุ่มคือ

- สิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ คือสิ่งมีชีวิตที่สามารถพบเห็นด้วยตาเปล่าซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 2-20 มิลลิเมตร ได้แก่ แมลงต่างๆ ไส้เดือนดิน

- สิ่งมีชีวิตขนาดกลาง คือสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดประมาณ 0.1-2.0 มิลลิเมตร ได้แก่ ไร ไส้เดือนแดง

- สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก คือสิ่งมีชีวิตขนาด 10-100 ไมครอน ได้แก่ โปรโตซัว เนมาโตส รวมทั้งแบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซีท ทั้ง 3 กลุ่มนี้รวมเรียกว่า กลุ่มจุลินทรีย์ในดินซึ่งมีบทบาทมากที่สุดในการเป็นผู้ย่อยสลายกลุ่มแรกโดยจะปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยผนังเซลล์พืชและสิ่งต่างๆในดิน เพื่อให้สัตว์ในดินเข้ามาทำลายหรือย่อยสลายต่อไปได้ง่ายขึ้น ปัจจัยที่ควบคุมปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ดิน มีดังนี้

ก. ความชื้นของดิน ความชื้นในดินมีความสำคัญต่อปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ดินเป็นอย่างมาก เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบจุลินทรีย์เองและยังเป็นตัวทำลายแร่ธาตุต่างๆที่มีอยู่ในดิน ความชื้นที่พอเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดิน โดยเฉพาะพวก aerobes คือประมาณ 60-70% ของความจุของน้ำที่เป็นประโยชน์ ถ้าดินมีความชื้นต่ำหรือสูงกว่านี้ก็จะมีความเหมาะสมแก่การดำรงชีพของจุลินทรีย์พวก anaerobes นั้นจะมีปริมาณมากในดินที่มีน้ำขัง

ข. การถ่ายเทอากาศในดิน การถ่ายเทอากาศในดินมีผลต่อปริมาณออกซิเจนที่จำเป็นในกระบวนการให้พลังงานของจุลินทรีย์พวก aerobes ดังนั้นดินที่มีการถ่ายเทอากาศดีก็จะทำให้เหมาะสมแก่การดำรงชีพของจุลินทรีย์พวก aerobes ทุกชนิด สำหรับดินที่มีน้ำขังนั้นไม่เหมาะสมสำหรับพวก aerobes เพราะขาดออกซิเจน

ค. อุณหภูมิในดิน จุลินทรีย์ในดินแต่ละชนิดเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังนั้นอุณหภูมิที่แตกต่างกันก็จะส่งผลต่อปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ต่างๆ

ง. ปริมาณแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ในดิน ถ้าดินมีปริมาณธาตุอาหารต่างๆที่จำเป็นสำหรับจุลินทรีย์ในดินอย่างเพียงพอ และอยู่ในรูปที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายๆก็จะมีผลให้ดินนั้นมีจุลินทรีย์ในดินอยู่มากมายหลายชนิดในปริมาณที่มาก และการใส่ปุ๋ยลงไปนั้นเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าปัจจัยอื่นเหมาะสม

จ. ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เนื่องจากอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งที่ให้พลังงานและคาร์บอนแก่จุลินทรีย์พวก heterotroph ดังนั้นถ้ามีอินทรีย์วัตถุอยู่สูงก็จะเป็นผลดีต่อจุลินทรีย์พวกนี้อย่างมาก สำหรับจุลินทรีย์พวก autotrophy จะได้รับผลดีในทางอ้อมคือ อินทรีย์วัตถุช่วยทำให้สมบัติทางกายภาพและทางเคมีดีขึ้น

ฉ. ค่าพีเอช ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดินเป็นอย่างมาก ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับพีเอชแตกต่างกันเช่น แบคทีเรียและเอคคิโนมายซีทเจริญเติบโตได้ดีในดินที่เป็นกลาง ส่วนเชื้อราสามารถทนทานต่อดินที่เป็นกรดจึงมีปริมาณในดินที่พีเอชต่ำ

2.6 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 [5]

ความหมายของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากเศษอาหารเหลือทิ้งใช้บำบัดน้ำเสีย เป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้จากการย่อยสลายขยะสด ซึ่งประกอบด้วยวัสดุอินทรีย์จากเศษอาหาร ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ได้ของเหลวสีน้ำตาลซึ่งมีคุณสมบัติในการทำควมสะอาดคอกสัตว์ บำบัดน้ำเสีย และลดกลิ่นเหม็นตามท่อระบายน้ำ

ความหมายของสารเร่ง พด.6 เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักเศษอาหารในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน เพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำสำหรับทำความสะอาดคอกสัตว์ บำบัดน้ำเสีย และลดกลิ่นเหม็นตามท่อระบายน้ำ ซึ่งประกอบด้วย ยีสต์ผลิตแอลกอฮอล์กรดอินทรีย์ แบคทีเรียเอนไซม์โปรทีเอส (Protease) ย่อยสลายโปรตีน แบคทีเรียผลิตเอนไซม์ไลเปส (Lipase) ย่อยสลายไขมัน แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ 3 กลุ่ม *Saccharomyces sp.*, *Bacillus sp.*, *Lactobacillus sp.* แหล่งที่มาของเชื้อจุลินทรีย์ในสารเร่ง พด.6 ได้มาจากจากการนำตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เกิดจากกระบวนการหมักตามธรรมชาติของเกษตรกรจากแหล่งต่างๆ ทั้งปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากการหมักนม เศษอาหารและเนื้อสัตว์มาทำการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์จากเศษอาหารและขยะสด

คุณสมบัติของเชื้อจุลินทรีย์ในสารเร่ง พด.6

- เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากเศษอาหาร ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์
- เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการแสงและอากาศ
- เจริญได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 30 – 35 องศาเซลเซียส
- เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการความชื้นสูง 100 เปอร์เซ็นต์

ประโยชน์ของสารเร่ง พด.6 ทำความสะอาดкокกสัตว์เนื่องจากค่าความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ยอินทรีย์น้ำอยู่ระหว่าง 3-4 มีผลทำให้จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเหม็นไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ช่วยบำบัดน้ำเสียและลดกลิ่นเหม็นตามท่อระบายน้ำซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ย่อยโปรตีนไขมันและผลิตกรดอินทรีย์

ตารางที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบของสารเร่งชนิดต่างๆ

สารเร่ง	เชื้อจุลินทรีย์	ประโยชน์
พด.1	<i>Bacillus sp.</i> <i>Streptomyces sp.</i> <i>Scopulariopsis sp.</i> <i>Helicomycetes sp.</i> <i>Chaetomium sp.</i> <i>Trichoderma sp.</i>	เพื่อผลิตเป็น ปุ๋ยหมัก สำหรับใช้ปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน
พด.2	<i>Saccharomyces sp.</i> <i>Lactobacillus sp.</i>	- เร่งการเจริญเติบโตของรากพืช - เพิ่มการขยายตัวของใบและการยึดตัวของลำต้นมากขึ้น - ชักน้ำให้เกิดการงอกของเมล็ด - ส่งเสริมการออกดอกและติดผลดีขึ้น
พด.3	<i>Trichoderma sp.</i> <i>Bacillus sp.</i>	- ป้องกัน ควบคุมและลดปริมาณเชื้อสาเหตุโรครากและโคนเน่าในดิน - เพิ่มธาตุอาหารในดิน - รากพืชแข็งแรงและพืชเจริญเติบโตดี
พด.4	<i>Trichoderma sp.</i> <i>Bacillus sp.</i>	- ปรับปรุงโครงสร้างดินให้เหมาะสม - ช่วยดักจับปุ๋ยเคมีในดิน และยกระดับ pH ของดิน - เพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน - มีจุลินทรีย์ช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศ - ช่วยลดความเค็มของดิน และลดการใช้ปุ๋ยเคมี - มีธาตุอาหารเสริมครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

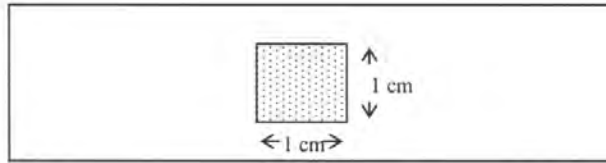
สารเร่ง	เชื้อจุลินทรีย์	ประโยชน์
พด.5	<i>Saccharomyces sp.</i> <i>Lactobacillus sp.</i> <i>Bacillus sp.</i>	กำจัดวัชพืชประเภทหญ้าและวัชพืชใบกว้าง
พด.6	<i>Saccharomyces sp.</i> <i>Bacillus sp.</i> <i>Lactobacillus sp.</i>	ทำความสะอาดคอกสัตว์ ช่วยบำบัดน้ำเสียในบ่อกัก และลดกลิ่นเหม็นตามท่อระบายน้ำ
พด.7	<i>Saccharomyces sp.</i> <i>Lactobacillus sp.</i> <i>Bacillus sp.</i>	ป้องกันแมลงศัตรูพืช เช่น เพลี้ยต่าง ๆ หนอนเจาะผลและลำต้น หนอนใยผัก หนอนชอนใบ หนอนคืบ หนอนกระทู้ หนอนกอ ไไรแดง และแมลงหวี่ เป็นต้น
พด.8	ไม่พบข้อมูล	1. เพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน 2. ทำให้พืชเจริญเติบโตและสมบูรณ์
พด.9	ไม่พบข้อมูล	1. เพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเปรี้ยว น้อยหรือ pH ไม่ต่ำกว่า 5.0 2. ทำให้พืชเจริญเติบโตและสมบูรณ์
พด.10	ไม่พบข้อมูล	เป็นสารสำหรับใช้ปรับปรุงดินทรายและดินเสื่อมโทรม

2.7 วิธีวัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยการนับจำนวนเซลล์ (cell count) [6]

การนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในการผลิตทางอุตสาหกรรมในการจัดการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ การควบคุมคุณภาพน้ำและอาหาร สิ่งหนึ่งที่นักจุลชีววิทยาจะต้องศึกษาคือ การนับจำนวนจุลินทรีย์ การตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ตั้งแต่จำนวนเซลล์เริ่มต้น จำนวนเซลล์ระหว่างการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ เซลล์ที่มีชีวิตและเซลล์ที่เจริญได้ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี คือ

2.7.1 การนับโดยตรง (direct count) เป็นการนับจำนวนโดยตรงจากกล้องจุลทรรศน์ มีหลายวิธี คือ

การนับเชื้อแบคทีเรียที่ผ่านการตรึงและย้อมสี (stained film) วิธีนี้เป็นการนับเชื้อแบคทีเรียปริมาตร 0.01 มล. ที่ถูกตรึงและย้อมสีอยู่บนสไลด์ภายในพื้นที่ 1 ตร.ซม. วิธีนี้มีข้อดีตรงที่ทำงานรวดเร็ว ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ไม่แพง แต่มีข้อเสียตรงที่เป็นการนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (total count) ทั้งเซลล์ที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต นอกจากนี้ตัวอย่างที่จะตรวจนับต้องมีจำนวนเชื้อแบคทีเรียมาก



การนับเชื้อบนสไลด์ที่มี counting chamber สไลด์ที่มี counting chamber ได้แก่

- Petroff – Hauser counting chamber นิยมใช้นับจำนวนแบคทีเรีย
- Haemocytometer ใช้นับ eucaryotic microbe ที่มีขนาดใหญ่

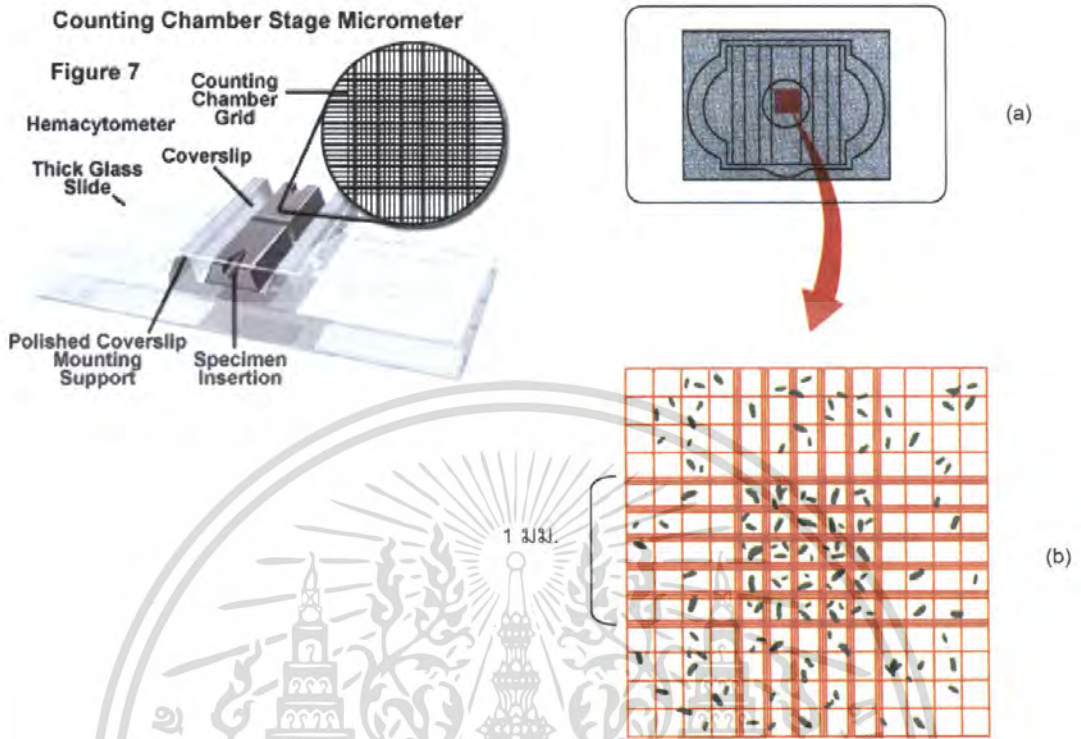
สไลด์พวกนี้จะมีแอ่ง (chamber) ซึ่งรูความลึกของ chamber และที่พื้นของ chamber จะมีตารางสี่เหลี่ยมซึ่งทราบความกว้างความยาวของตารางสี่เหลี่ยมดังนั้นเมื่อหยดเชื้อจุลินทรีย์ลงไป ใน chamber ที่มี cover glass ปิดอยู่ ตรวจจับเชื้อจุลินทรีย์ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400X ในสี่เหลี่ยมลูกบาศก์เล็ก ก็จะทำให้สามารถคำนวณหาจำนวนเซลล์ต่ออมล.ของตัวอย่างได้ สำหรับข้อดีข้อเสียของ counting chamber จะเหมือนกับนับด้วยวิธี stained film



รูปที่ 2.5 Petroff – Hauser counting chamber

- การนับเชื้อจุลินทรีย์ใช้กำลังขยาย objective lens 40X
- ถ้าเป็นเชื้อแบคทีเรียให้นับช่องที่มีความยาวด้านละ 0.05 มม.และควรเจือจางให้มีแบคทีเรีย 1-10 เซลล์ในแต่ละช่องเล็ก และนับไม่ต่ำกว่า 10 ช่อง
- ถ้าเป็นยีสต์หรือจุลินทรีย์ขนาดใหญ่ให้ใช้ช่องใหญ่ที่มีความยาวด้านละ 0.2 มม.
- การนับให้นับเฉพาะเซลล์ที่ตะหรือทับด้านบนหรือด้านขวาของสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่จะไม่นับเซลล์ก็ตามที่ตะหรือทับด้านล่างและทางซ้ายมือของสี่เหลี่ยมจัตุรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



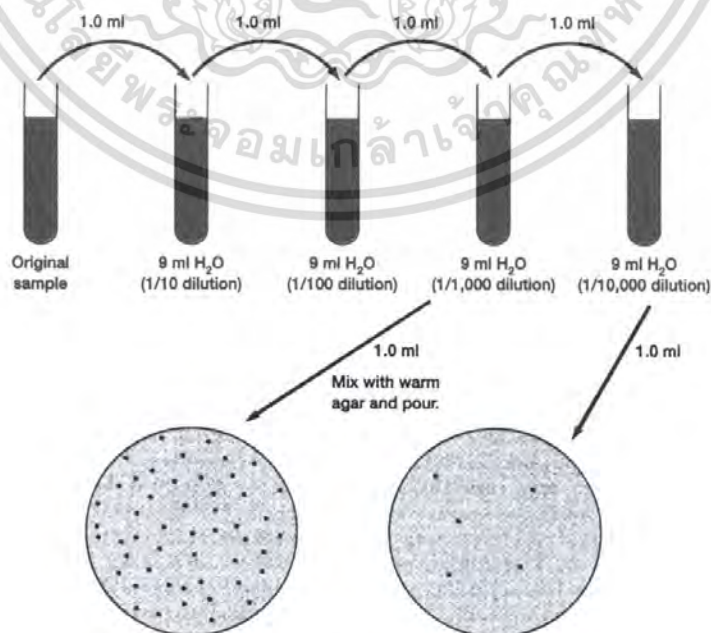
รูปที่ 2.6 (a) ภาพที่มองจากด้านบนของ chamber มีตารางอยู่กลางสไลด์
 (b) ภาพขยายของตารางที่ กำลังขยาย 10X ประกอบด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดใหญ่แต่ละด้านยาว 1 มม. ภายในมีสี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็กบรรจุอยู่ 25 ช่อง แต่ละช่องมีเส้น 3 เส้นล้อมรอบ โดยแต่ละด้านยาว 0.2 มม. ภายในมีสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเล็กบรรจุอยู่อีก 16 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่เพาะบนจานอาหาร (plate count)

การนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมวุ้น (agar media) มาใช้ตั้งแต่ปลายทศวรรษที่ 1800 ทำให้เกิดการพัฒนาวิธีการนับจำนวนจุลินทรีย์โดยการนับจำนวนโคโลนี วิธีการดังกล่าวมีพื้นฐานจากข้อสมมติ 3 อย่างคือ

- (1) เซลล์จุลินทรีย์หนึ่งเซลล์เจริญและแบ่งตัวเพื่อสร้างโคโลนีเดียว
- (2) เชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น (original inoculum) มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous)
- (3) ไม่มีเซลล์ใดๆที่อยู่รวมกัน (no aggregate) วิธีนี้ทำง่าย นับจำนวนได้ดีแม้ว่าจะมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ต่ำ (sensitive) และนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งจากตัวอย่างอาหาร น้ำ และดิน ในการนับเซลล์จุลินทรีย์ด้วยวิธีนี้จำนวนโคโลนีที่เจริญบนจานอาหารมีความสำคัญ คือ ต้องมีจำนวนไม่มากหรือน้อยเกินไป โดยทั่วไปจะนับเฉพาะจานอาหารที่มีจำนวนเซลล์ระหว่าง 25-250 เซลล์เท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้จำนวนโคโลนีที่เจริญบนจานอาหารอยู่ในช่วงดังกล่าว ควรทำการเจือจางเชื้อเริ่มต้นหลายๆครั้ง โดยทั่วไปทำเป็นลำดับๆละ 10 เท่าแล้วทำการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ที่แต่ละระดับการเจือจางลงบนจานอาหาร เมื่อเชื้อจุลินทรีย์เจริญบนจานอาหารแล้วนับจำนวน ทำการคำนวณหาจุลินทรีย์ต่อกรัมหรือมล.ของตัวอย่างได้ การรายงานผลมักรายงานเป็น colony forming unit (CFU) มากกว่าจำนวนจุลินทรีย์ เนื่องจากไม่สามารถบอกได้อย่างแน่นอนชัดเจนว่า 1 โคโลนีมาจาก 1 เซลล์ การนับจำนวนด้วยวิธี plate count จึงเป็นการนับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิต (viable count) ซึ่งมีหลายวิธี คือ



รูปที่ 2.7 การทำเจือจางเป็นลำดับและวิธี pour plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 Pour plate

เมื่อตัวอย่างถูกเจือจางลงระดับละ 10 เท่า ทำการเพาะเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างที่มีระดับการเจือจางเหมาะสม โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ 1 มล. หรือ 0.1 มล. หยดไปบนจานอาหารแล้วเทอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีอุณหภูมิ 44 – 46 °C ลงไป ผสมเชื้อจุลินทรีย์กับให้เข้าอาหารโดยแกว่งจานอาหารไป-มาเบาๆ (รูปที่ 4) ทิ้งให้อาหารแข็งตัวแล้วนำไปบ่ม ภายหลังบ่มแล้ว โคโลนีของจุลินทรีย์จะเจริญทั้งในและบนอาหารเลี้ยงเชื้อ นับจำนวนจุลินทรีย์ในจานอาหารที่มีจำนวนเซลล์ 25-250 เซลล์ ก็จะทำได้ ทำให้สามารถคำนวณหาเชื้อจุลินทรีย์ต่อมล. หรือต่อกรัมตัวอย่างได้ วิธีนี้หากใช้วุ้นที่ร้อนไปอาจทำให้ sensitive cell ตายหรือบาดเจ็บไม่สามารถสร้างโคโลนีได้

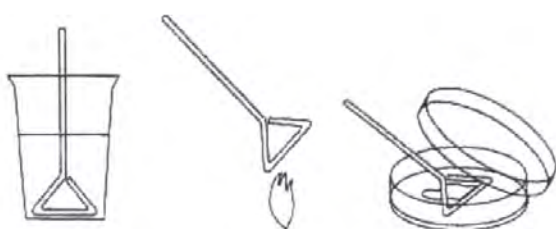


รูปที่ 2.8 วิธี pour plate

2.7.4 Spread plate

เป็นวิธีการนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ 0.1มล. หยดลงบนจานอาหารที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งแข็งตัวแล้ว (solidified agar medium) เชื้อจุลินทรีย์จะถูกแผ่กระจายทั่วผิวน้ำอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยแท่งแก้วพิเศษที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว (spreader) วิธีนี้ผู้วิเคราะห์จะสามารถสังเกตลักษณะโคโลนีของจุลินทรีย์ได้ง่าย ในบางครั้งวิธี spread plate อาจนับปริมาณเซลล์ได้มากกว่าวิธี pour plate เนื่องจากจุลินทรีย์ไม่ได้เจอกับความร้อนจากอาหารเลี้ยงเชื้อหลอมเหลวเหมือนวิธี pour plate ในกรณีที่ตัวอย่างมีเซลล์ จุลินทรีย์อยู่น้อย การใช้วิธีนี้อาจขาดความถูกต้องแม่นยำเนื่องจากใช้ปริมาณตัวอย่างค่อนข้างน้อย (0.1 มล.) ในการ plating

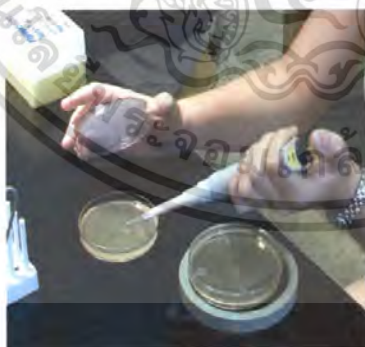
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 วิธีการ spread plate

2.7.5 Drop plate

วิธีนี้มีหลักการเหมือนกันกับ spread plate โดยจะหยดตัวอย่างที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสมลงบนจานอาหารหนึ่งจานต่อ 5 จุด โดยแต่ละจุดใช้ปริมาณ 0.02 มล. ตัวอย่างจะถูกปล่อยให้แห้งอยู่บนอาหารเลี้ยงเชื้อในจานอาหารซึ่งโดยปกติจะมีความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 1.5 ถึง 3 ซม. การนับและคำนวณจำนวนโคโลนีขึ้นอยู่กับจำนวนหยดต่อจานอาหาร จำนวนหยดต่อ มล. และค่าการเจือจาง (dilution factor) โดยทั่วไปเมื่อบ่มจนเชื้อเจริญแล้วให้เลือกจานอาหารที่มีระดับการเจือจางเหมาะสมคือ มีเชื้อจุดอินทรีย์บนจานอาหารแต่ละจุดไม่เกิน 10 โคโลนี เมื่อนับจำนวนโคโลนีทั้ง 5 จุดรวมกันในแต่ละระดับการเจือจางก็จะสามารถคำนวณหาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ต่อมล. หรือต่อกรัมตัวอย่าง

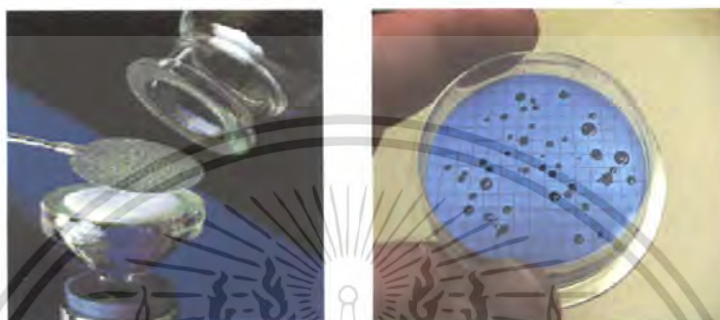


รูปที่ 2.10 วิธีการ drop plate

2.7.6 Membrane filtration method

วิธีนี้เหมาะสำหรับตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์อยู่น้อยและจำเป็นต้องใช้ปริมาตรของตัวอย่างมากเพื่อความแม่นยำในการตรวจหาจุลินทรีย์แบบปริมาณวิเคราะห์ (quantitative analyses) ตัวอย่าง 100 มล. หรือมากกว่าจะถูกกรองผ่าน membrane filter ซึ่งมีรูขนาด 0.45 ไมครอน (แบคทีเรียไม่เอกสารเป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น) เมื่อนำเยื่อที่กรองแล้วไปเพาะเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสม ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

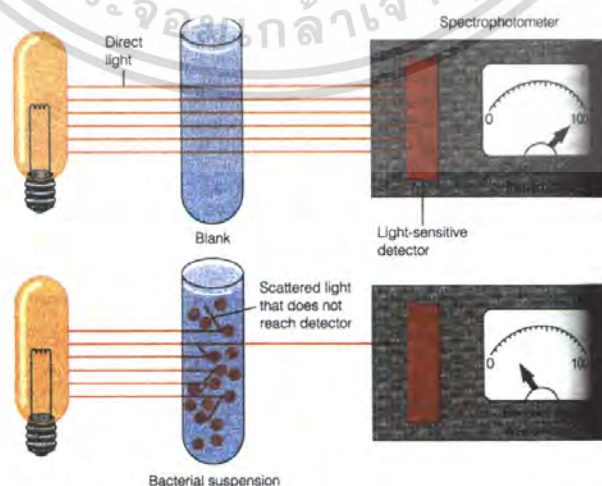
สามารถผ่านได้) ดังนั้นจุลินทรีย์จะถูกกักอยู่บนกระดาษกรอง จากนั้นนำกระดาษกรองวางในจานอาหารที่มีกระดาษซึ่งชุ่มด้วยอาหารเหลว (liquid nutrient medium) อยู่แล้ว โคลิของจุลินทรีย์จะเจริญบนกระดาษกรอง วิธีนี้มักใช้กับการตรวจวิเคราะห์ coliform bacteria ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ (indicator) การปนเปื้อนจากอุจจาระในอาหาร หรือน้ำ



รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการทำ และ coliform bacteria หลังจากการทำ membrane filtration

2.8 การวัดความขุ่นด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (turbidimetric method)

จุลินทรีย์ที่เลี้ยงในอาหารเหลวจะบดบังแสงที่ผ่านมา แสงที่ผ่านออกมาจากตัวอย่างจะกระทบ phototube และ galvanometer เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ทำให้เข็มบนหน้าปัดเบี่ยงเบนไปโดยออกมาเป็นค่า % transmittance (เปอร์เซ็นต์แสงส่องผ่าน) และ optical density (ค่าความขุ่น) ถ้าตัวอย่างมีเซลล์มากจะขุ่นมากแสงจะผ่านไปได้น้อย ค่า % transmittance จะต่ำ ส่วนค่า optical density จะสูง ในการวัดการเจริญสามารถวัดความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นระยะๆ แล้วนำมาเขียนกราฟระหว่างค่าความขุ่นกับเวลาที่เพาะเลี้ยงเชื้อ จะสามารถติดตามการเจริญของจุลินทรีย์นั้นๆ ได้



รูปที่ 2.12 การวัดความขุ่นด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการติดตามการเจริญนั้น การวัดความขุ่นทำได้ง่าย รวดเร็ว ดังนั้นหากทำการวัดความขุ่นของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารเป็นระยะๆ ขณะเดียวกันก็ทำการหาค่าความขุ่นกับน้ำหมักแห้งและทำการนับจำนวนเชื้อเป็นระยะๆด้วย เขียนกราฟระหว่างค่าความขุ่นกับน้ำหมักแห้ง และเขียนกราฟระหว่างค่า log ของความขุ่นกับจำนวนเซลล์ จะทำให้ได้กราฟมาตรฐาน ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อไป เมื่อวัดค่าความขุ่นของเซลล์ในอาหารเลี้ยงเชื้อจะสามารถหาค่าน้ำหมักแห้งของเซลล์หรือจำนวนเซลล์ได้จากกราฟมาตรฐาน

สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณแสงที่ผ่านทะลุตัวอย่างที่เป็นของเหลว ซึ่งในที่นี้คืออาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว (liquid medium) ที่ความยาวคลื่นของแสงที่กำหนด และปริมาณแสงนี้จะลดลงเมื่อความเข้มข้นของตัวอย่างเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงเมื่อจำนวนเซลล์ในอาหารเหลวเพิ่มขึ้นนั่นเอง

เมื่อใส่ตัวอย่างลงในควัตต์ในช่องวางตัวอย่าง (sample holder) แสงจากแหล่งกำเนิดแสง จะถูกแยกเฉพาะความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับตัวอย่างโดยปริซึม ซึ่งความยาวคลื่นที่เลือกใช้จะต่างกันตามสีของของเหลวตัวอย่าง เช่นที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ใช้สำหรับอาหารเลี้ยงเชื้อพวก nutrient broth เพราะแสงที่ความยาวคลื่นนี้จะผ่านทะลุอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสีนี้ได้เกือบหมด และมากที่สุด แสงที่ผ่านทะลุควัตต์และตัวอย่างนี้จะถูกรวบรวมโดย phototube และกัลวานอมิเตอร์ จะทำหน้าที่เปลี่ยนปริมาณแสงทั้งหมดให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และแสดงบนหน้าปัดโดยใช้หน่วยสากลคือ transmittance (%) และ optical density (OD) ทั้งนี้อาจจะขยายสัญญาณให้อ่านค่าได้ชัดเจนโดยใช้ amplifier

เนื่องจากเซลล์ของจุลินทรีย์ เป็นตัวปิดกั้นแสง ดังนั้นแสงที่ผ่านปริซึมมาแล้วบางส่วนไม่อาจผ่านเซลล์จุลินทรีย์ในตัวอย่างไม่ได้ และกระจัดกระจายหรือสะท้อนออกไป ทำให้เหลือปริมาณแสงที่ผ่านทะลุน้อยลง และค่า transmittance ก็ต่ำลงด้วย หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่า “ความขุ่น” เพิ่มขึ้น

ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่าค่า transmittance จะขึ้นกับระยะที่แสงผ่านตัวอย่างทดสอบหรือความกว้างของ cuvette “L” และความเข้มข้นของเซลล์ในตัวอย่าง (C) ซึ่งเป็นไปตามกฎของแลมเบิร์ตและเบียร์

การวัดความขุ่นหรือค่า optical density เป็นวิธีที่นิยมใช้วัดการเจริญของจุลินทรีย์มากกว่าค่าแสงส่องผ่าน (transmittance) ทั้งนี้เพราะความเข้มข้นของเซลล์มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความขุ่น ดังนั้นถ้าเขียนกราฟระหว่างค่าความขุ่น (optical density) กับน้ำหมักเซลล์แห้งหรือกับจำนวนเซลล์ของจุลินทรีย์ จะได้กราฟเส้นตรง แต่ความสัมพันธ์นี้มีข้อจำกัด กล่าวคือค่า optical density ที่อยู่ในช่วง 0.1-0.5 จะเป็นช่วงที่มีความแม่นยำที่สุด และจะได้กราฟเส้นตรง แม้ว่าวิธีนี้จะเป็นวิธีที่

สะดวกและรวดเร็ว แต่ก็เป็นการวัดการเจริญของเซลล์ทั้งหมด โดยไม่อาจแยกเซลล์ที่มีชีวิตและเซลล์ที่ตายได้

สำหรับการใช้เครื่อง Spectrophotometer ไม่ว่าจะผลิตจากบริษัทใดก็มีวิธีการใช้คล้ายคลึงกัน คือเมื่อเปิดเครื่องและปรับความยาวคลื่น (wavelength) ของแสงตามความต้องการแล้ว จะต้องอุ่นเครื่อง (warm) ประมาณ 20 นาที แล้วปรับเครื่องโดยทำการปรับค่า transmittance เป็น 0% และ 100% เสียก่อนจึงจะวัดตัวอย่างที่จะทดสอบได้

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปีพ.ศ. 2549 กัญญาพร ล้วนแก้วและดวงฤทัย มงคลเกหา [3] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการเสื่อมสภาพของพลาสติกจากขบวนการหมัก (ยาคูลท์) ทั้งผสม และไม่ผสมแป้งมัน ภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต และฝังกกลบในดินเป็นระยะเวลา 8 เดือน โดยศึกษาลักษณะพื้นผิวของพลาสติก การเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชัน ลักษณะภายนอกของขบวนการหมัก (ยาคูลท์) และชิ้นงาน และตรวจวิเคราะห์ดินก่อนและหลังการฝังกกลบ ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะพื้นผิว พบว่าขบวนการหมัก (ยาคูลท์) ที่ไม่ได้ผสมแป้งมันจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในสถานะฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต เมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติกขบวนการหมัก (ยาคูลท์) ที่ผสมแป้งมัน และเช่นเดียวกันในสถานะฝังกกลบในดินขบวนการหมัก (ยาคูลท์) ที่ไม่ได้ผสมแป้งมันไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวเมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติกขบวนการหมัก (ยาคูลท์) ที่ผสมแป้งมัน โดยพื้นผิวเกิดรูพรุนอย่างเห็นได้ชัด

2. การเปลี่ยนแปลงหมู่ฟังก์ชัน พบว่าในสถานะฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตพลาสติกขบวนการหมัก (ยาคูลท์) ที่มีการผสมแป้งมันเกิดการเปลี่ยนแปลงพีคของหมู่คาร์บอนิลและไฮดรอกซิลได้เร็วกว่าขบวนการหมัก (ยาคูลท์) ที่ไม่ผสมแป้งมัน ส่วนในสถานะฝังกกลบในดินพบว่าพลาสติกขบวนการหมัก (ยาคูลท์) ที่มีการผสมและไม่ผสมแป้งมันไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในหมู่คาร์บอนิลชัดเจน โดยเฉพาะขบวนการหมัก (ยาคูลท์) ที่ไม่ผสมแป้งมัน

3. สีของพื้นผิวภายนอก พบว่าในสถานะฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตขบวนการหมัก (ยาคูลท์) ที่ไม่ได้ผสมแป้งมันมีลักษณะเป็นสีเหลืองโดยเมื่อระยะเวลาผ่านไปในแต่ละเดือนสีของตัวชิ้นงานจะมีลักษณะเข้มขึ้น เช่นเดียวกับพลาสติกขบวนการหมัก (ยาคูลท์) ที่ผสมแป้งมันและมีลักษณะกรอบเปราะ แตกหักได้ง่าย ส่วนในสถานะฝังกกลบในดินขบวนการหมัก (ยาคูลท์) ที่ไม่ได้ผสมแป้งมันจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนพลาสติกขบวนการหมัก (ยาคูลท์) ที่ผสมแป้งมันจะมีสีเข้มขึ้นและเกิดรูพรุนของชิ้นงานรวมทั้งเกิดการสึกกร่อนด้วย

4. สมบัติของดินหลังฝังกลบพลาสติกพบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของดิน ค่าพีเอช ความชื้น ส่วนปริมาณอนุภาคทราย ซิลต์ เคลย์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แสดงว่าการย่อยสลายพลาสติกชนิดนี้ไม่ทำให้เกิดมลภาวะในดิน

5. จากการทดลองภายใต้สภาวะแสงอัลตราไวโอเล็ตและฝังกลบดินพบว่ามีความแตกต่างกันโดยในสภาวะแสงอัลตราไวโอเล็ตพบการเกิดของหมู่คาร์บอนิลและไฮดรอกซิล ส่วนในสภาวะฝังกลบดินพบเฉพาะหมู่ไฮดรอกซิลเท่านั้นแสดงว่ากลไกการย่อยสลายโดยแสงและฝังกลบต่างกัน และพบว่าพลาสติกขูดนมเปรี้ยว (ยาคูลท์) ที่ผสมแป้งมันจะเกิดการออกซิเดชันได้ดีกว่าขูดนมเปรี้ยว (ยาคูลท์) ที่ไม่ผสมแป้งมันซึ่งสังเกตได้จากการเกิดหมู่ฟังก์ชัน โดยแป้งเป็นสารตัวเดิมในการช่วยเร่งการย่อยสลายในดินและแสงอัลตราไวโอเล็ต โดยไม่ทำให้เกิดมลภาวะต่างๆกับสิ่งแวดล้อม

ในปีพ.ศ. 2546 วรวิทย์ โพนนิกร [8] ได้ทำการศึกษาพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradation Polymer) โดยการนำพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) จากขวดน้ำดื่มมาทำการผสมกับสารตัวเติมอินทรีย์ธรรมชาติได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี และแป้งท้าวยายม่อม เพื่อศึกษานิวตริคและปริมาณของแป้งที่ส่งผลต่อการย่อยสลายของพอลิเมอร์ ทดสอบสมบัติทางกายภาพและเชิงกล สมบัติทางความร้อน ปริมาณการเกิดออกซิเดชัน การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกและสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์ก่อน และหลังฝังกลบในดินธรรมชาติกับดินที่มีการเติมเหล็ก (Fe^{2+}) เป็นระยะเวลา 4 เดือน จากผลการทดลองพบว่าชนิดและปริมาณของแป้งมีผลต่อค่าความทนทานแรงดึง ค่าร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาดและค่ามอดูลัส โดยพอลิเมอร์ที่มีการเติมแป้งสาลี 30% หลังการฝังกลบมีค่าลดลงมากที่สุด และผลจากการศึกษาพื้นผิวหน้าของพอลิเมอร์ที่ผสมแป้งทุกสูตรจะเกิดรูพรุนกระจายไปทั่วซึ่งพอลิเมอร์ที่มีการเติมแป้งสาลีเกิดการย่อยสลายได้เร็วกว่าพอลิเมอร์ที่มีการเติมแป้งข้าวเจ้าและแป้งท้าวยายม่อม

ในปีพ.ศ. 2544 สุพจน์ เศษผลและเสริมศักดิ์ โกวินธนาพันธ์ [9] ได้ทำการศึกษาการย่อยสลายพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่ผสมและไม่ผสมสารตัวเติม แป้ง ชานอ้อย และกลีเซอรอลถูกผสมใน HDPE โดยใช้แป้งในอัตราส่วน 30% ของน้ำหนักพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงนำตัวอย่างเหล่านี้ไปฝังกลบดินที่เตรียมไว้ 9 สถานะ ได้แก่ ดินชุดควบคุม ดินปรับพีเอช 8.5 ดินปรับความชื้น ดินผสมมูลวัว ดินผสมมูลไก่ ดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย ดินผสมชานอ้อย ดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM และดินธรรมชาติ เป็นเวลา 7 เดือน หลังจากนั้นนำฟิล์มมาทดสอบสมบัติเชิงกล ศึกษาลักษณะพื้นผิว และองศาการออกซิเดชัน จากผลการทดลองพบว่า HDPE ที่ไม่ได้ผสมมีการสลายตัวน้อยมากภายใต้สภาวะการทดลอง ซึ่ง HDPE ที่ผสมชานอ้อยสลายตัวได้ดีในทุกสภาวะ ยกเว้นที่สภาวะดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย จากผลของ FTIR พบว่าไม่เกิดการออกซิเดชัน พื้นผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของฟิล์มที่ไม่ได้มีการผสมไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับพื้นผิวของฟิล์มที่ผสมแป้งและขานอ้อย

ในปีพ.ศ.2543 สมเจตน์ เชียงวานิช [10] ได้ทำการศึกษาการย่อยสลายด้วยแสงอัลตราไวโอเลต และย่อยสลายตามธรรมชาติของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ใส่สารตัวเติมประเภทพอลิแซคคาไรด์ 2 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังและเซลลูโลสจากขานอ้อยโดยมีกลีเซอรอลเป็นสารช่วยกระจายตัว ภาวะที่ทำการศึกษา ได้แก่ ปริมาณกลีเซอรอล แป้ง เซลลูโลส กระบวนการผสมสารตัวเติมและระยะเวลาในการได้รับแสงอัลตราไวโอเลตนอกจากนี้ศึกษาสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์คอมพอสิตที่สลายตัวด้วยแสงอัลตราไวโอเลตเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ทำการฝังกลบตามธรรมชาติ จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งจะทำให้ร้อยละการดึงยึด ณ จุดขาด และความทนแรงดึงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ HDPE ที่ไม่ได้ผสม สำหรับ HDPE ที่ผสมเส้นใยและกลีเซอรอล เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยร้อยละการดึงยึด ณ จุดขาดและความทนแรงดึงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ HDPE ที่ไม่ได้ผสม จาก SEM พบว่ากลีเซอรอลช่วยให้แป้งกับ HDPE เข้ากันได้ดี

ปีพ.ศ. 2542 D.Zuchowaka [13] ได้ทำการทดลองผสมพอลิโอลิฟิน 30-40% กับแป้งที่ผสมพลาสติกไซเซออร์ใช้กับการทดลองในดินเวลา 4 เดือนและทำการกัดผิวหน้าของตัวอย่างด้วยสารละลาย 10% โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิห้องการสลายตัวทางชีวภาพในดินและการสลายตัวทางเคมีโดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ของ PE หรือ PP การเปลี่ยนแปลงที่สามารถสังเกตได้เกิดขึ้นที่ส่วนอสัณฐาน(amorphous) ระหว่างผิวแป้งกับพอลิโอลิฟิน จากกระบวนการสลายตัวทางเคมีและกายภาพเป็นสาเหตุนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมที่มองเห็นได้

ปีพ.ศ.2541 เสาวลักษณ์ วิทยาพิเชฐ [11] ได้ทำการศึกษาการย่อยสลายของพลาสติกพอลิสไตรีนโดยนำพลาสติกพอลิสไตรีนผสมแป้งมันสำปะหลังและกราฟต์โคพอลิเมอร์มาทดสอบการสลายตัวด้วยการตากแดดภายนอกบ้าน การฝังดิน การฉายรังสีแกมมา รังสียูวี และทดสอบความทนของพลาสติกต่อแบคทีเรีย การสลายตัวทุกกระบวนการติดตามได้โดยทำการวัดสมบัติแรงดึง วัดขอบเขตการสลายตัวด้วยค่าของหมู่คาร์บอนิล วัดค่าน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ย การวัดสมบัติทางความร้อนของพลาสติก จากผลการทดลองพบว่าพลาสติกพอลิสไตรีนผสมกราฟต์โคพอลิเมอร์สูญเสียสมบัติทางกายภาพอย่างรวดเร็วหลังได้รับแสงแดดนอกบ้านซึ่งผลการทดลองเป็นไปในการทำงานเกี่ยวกับการฉายรังสีแกมมาและรังสียูวีและพบว่าการฝังดินของพลาสติกใช้เวลานานกว่าการรับแสงแดดนอกบ้าน

ปีพ.ศ. 2541 กาญจนา เอี้ยวสุวรรณ เต็มสิริ หวังทวีทรัพย์ [12] ได้ทำการศึกษาการย่อยสลายโดยแสงของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PP-PE โดยใช้ซานอ้อยเป็นสารตัวเติม จากการทดลองโดยนำซานอ้อยมีปริมาณต่าง ๆ กันคือ 0%, 1%, 5%, และ 10% โดยน้ำหนัก มาผสมกับพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PP/PE ในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single screw extruder) จากนั้นนำมาขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก (Injection molding machine) และนำไปฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต แล้วตรวจสอบสมบัติทางเคมี สมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน สมบัติทางกายภาพ และสัมพันธวิทยา จากผลการทดลองพบว่าซานอ้อยไม่ส่งผลเร่งหรือหน่วงเหนี่ยวปฏิกิริยาการย่อยสลายโดยแสงแต่จะส่งผลช่วยในด้านสมบัติเชิงกลหลังเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้ว ทำให้สมบัติเชิงกลดีกว่าที่ไม่ได้เติมซานอ้อย โดยปริมาณซานอ้อย 5% โดยน้ำหนักเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด ส่วนสมบัติด้านอื่นแม้ว่าจะเติมหรือไม่เติมซานอ้อยหลังผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตแล้วก็จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและสารที่ใช้ในการทดลอง

1. ถ้วยพลาสติกใสที่ทำจากพอลิพรอพิลีน
2. ฟู้อินทรีย์น้ำ พด.6
3. ดินเกษตรรารวมดาว
4. กากน้ำตาล

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) รุ่น 1455 vp:LEO
2. เครื่องฟูริเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) (FTIR) รุ่น Spectrum GX: Perkin Elmer บริษัท Bruker
3. เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) รุ่น PYRIS Diamond DSC บริษัท Perkin Elmer
4. เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile testing machine) รุ่น LLOYD Instruments ขนาด LR5K
5. เครื่อง X-ray diffractometer (XRD) รุ่น D8 Advance บริษัท Bruker AG
6. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) รุ่น U-2000 บริษัท Hitachi
7. ตู้อบแสงอัลตราไวโอเล็ต บริษัท Labtech Engineering Co.,Ltd.
8. ตู้อบ
9. เครื่องเขย่า (Orbital shaker)
10. เครื่องชั่งแบบดิจิตอล รุ่น HR -200 บริษัท Diethelm
11. พีเอชมิเตอร์ รุ่น 215 บริษัท Denver Instrument
12. เครื่องวัดความชื้นอากาศสัมพัทธ์
13. โถดูดความชื้น
14. คะแรงแรงมาตรฐานขนาด 10 เมช
15. เครื่องแก้ว
16. ไฮโดรมิเตอร์มาตรฐาน ASTM No.1.152H อ่านสเกลในหน่วยกรัมต่อลิตร
17. เครื่องกวนพร้อมแท่งแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. แท่งแก้วสำหรับคนแบบ Plunger
19. จานเพาะเชื้อ
20. ปิเปตที่อบฆ่าเชื้อ ขนาด 1 mL
21. ตู้อบ รุ่น memmert
22. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Vortex) รุ่น HERMLE ZK 380
23. หลอดทดลอง

สารเคมี

1. สารละลาย โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต เข้มข้น 50 กรัมต่อลิตร
2. กรดอะซิติก (CH_3COOH) 0.2 N
3. เอมีลอัลกอฮอล์
4. น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ
5. อาหารเลี้ยงเชื้อ (Plate count agar, PCA)

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมชิ้นงาน

นำถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด ผึ่งลมให้แห้ง ตัดให้มีขนาด 2×8 ซม. เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

3.3.2 การฝังดิน



นำชิ้นงานที่เตรียมไว้ มาฝังลงในกระถางที่ใส่ดินเกษตรไว้แล้ว โดยฝังลงไปดินลึก 5 ซม. และรดด้วยน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร / ต่อวัน และทำการวัดอุณหภูมิของดินทุกวัน รวมทั้งทำการวัดพีเอช ความชื้นของดิน และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ จากนั้นทุกเดือนจะนำพลาสติกที่ฝังอยู่ออกมาส่องดูลักษณะของพื้นผิวพลาสติกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ทดสอบสมบัติทางความร้อนของพลาสติกด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile) และวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของพลาสติกด้วยเครื่อง X-ray diffractometer (XRD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การใส่ในตู้อบแสงอัลตราไวโอเล็ต

นำชิ้นงานที่เตรียมไว้ ใส่ในตู้อบแสงอัลตราไวโอเล็ต ทำการให้แสง 12 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 8 เดือน จากนั้นทุกเดือนจะนำพลาสติกออกมาส่องดูลักษณะของพื้นผิวพลาสติกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) ทดสอบสมบัติทางความร้อนของพลาสติกด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile) และวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของพลาสติกด้วยเครื่อง X-ray diffractometer (XRD)

นำชิ้นงานที่เตรียมไว้ไปมาทดสอบในสภาวะการได้รับแสงแดดจริง เป็นเวลา 3 เดือน จากนั้นทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR และทดสอบสมบัติทางความร้อนของพลาสติกด้วยเครื่อง DSC

3.3.4 การแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6

นำชิ้นงานที่เตรียมไว้แช่ลงในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 (อัตราส่วนระหว่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 : น้ำ คือ 1:10) ทำการวัดพีเอช อุณหภูมิของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทุก 3 วัน โดยใช้เครื่อง สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ทำการเพิ่มเชื้อจุลินทรีย์จากปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 พร้อมกากน้ำตาลครั้งละ 10 มิลลิลิตรและวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค Plate count ก่อนและหลังทำการทดลอง จากนั้นทุกเดือนจะนำพลาสติกที่แช่อยู่ออกมาส่องดูลักษณะของพื้นผิวพลาสติกด้วยเครื่อง SEM ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR ทดสอบสมบัติทางความร้อนของพลาสติกด้วยเครื่อง DSC ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงและวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของพลาสติกด้วยเครื่อง XRD

นำชิ้นงานที่เตรียมไว้แช่ลงในกรดอะซิติก 0.2 นอร์มัล เป็นเวลา 3 เดือน จากนั้นทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR และทดสอบสมบัติทางความร้อนของพลาสติกด้วยเครื่อง DSC

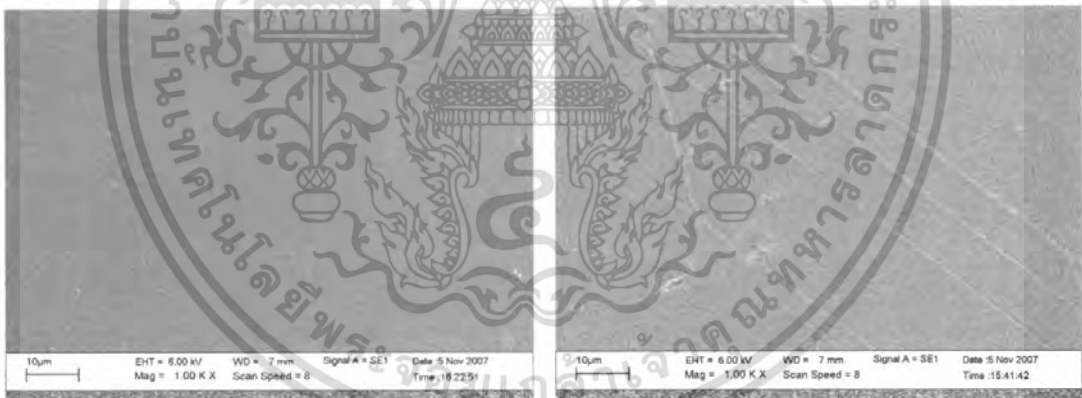
บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ทำการทดลองเปรียบเทียบการเสื่อมสภาพของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน ภายใต้สภาวะการฝังกลบในดิน การได้รับแสงอัลตราไวโอเลต (UV) และการแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 เป็นระยะเวลา 8 เดือน โดยศึกษาลักษณะพื้นผิวของพลาสติก การเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชัน สมบัติเชิงกล ลักษณะภายนอกของชิ้นงานตรวจวิเคราะห์ดินก่อนและหลังการฝังกลบ และวัดการเจริญของจุลินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6

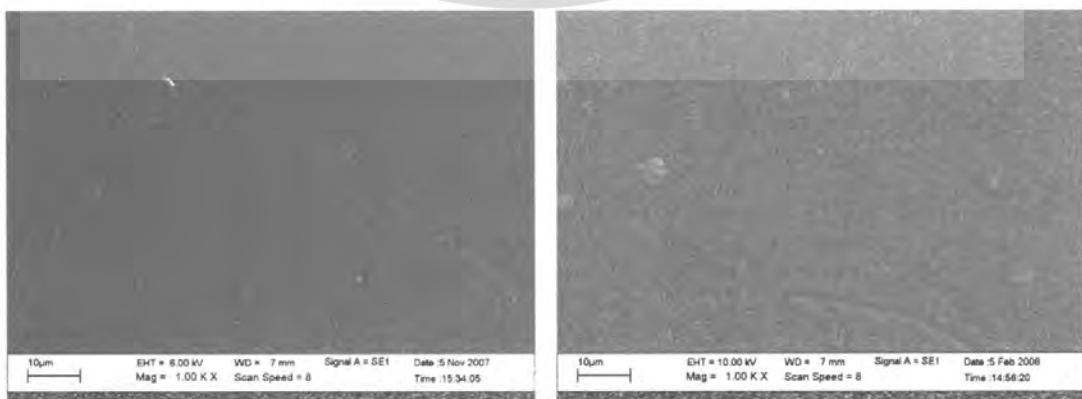
4.1 ลักษณะพื้นผิวของพลาสติก

นำถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อดูลักษณะพื้นผิวของพลาสติกก่อนและหลังการฝังกลบในดิน การฉายแสงอัลตราไวโอเลต และการแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 เป็นเวลา 5 เดือน และ 8 เดือน โดยใช้กำลังขยาย 1000 เท่า ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.1 และ 4.2



A

B



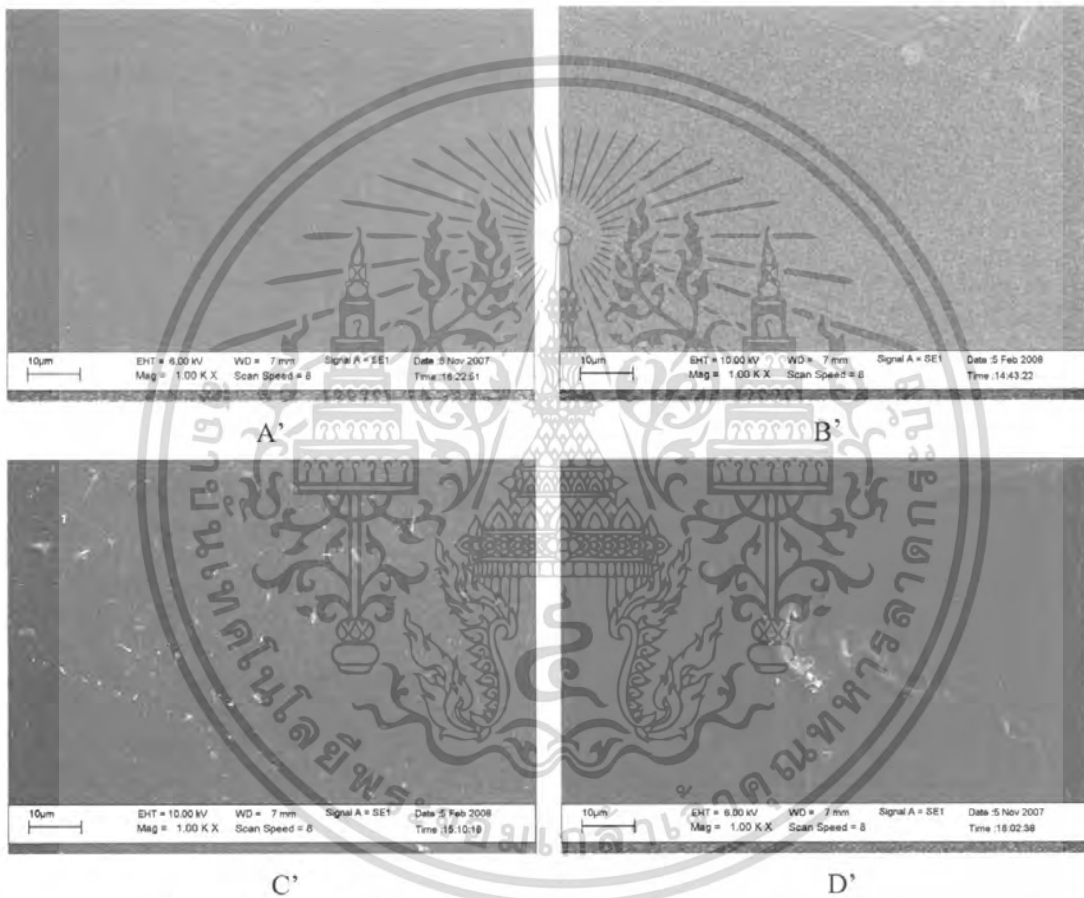
C

D

เอกสารนี้เป็นรูปที่ 4.1 แสดงลักษณะพื้นผิวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนเป็นเวลา 5 เดือนในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- A ถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนก่อนฝังกลบ B ฝังกลบในดิน
C ฉายแสงอัลตราไวโอเลต D แชนู๋อินทรีย์น้ำ พค.6

จากรูปที่ 4.1 แสดงพื้นผิวถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนเป็นเวลา 5 เดือนพบว่าผิวพลาสติกจะเกิดรอยขุ่นเล็กน้อย ในทั้ง 3 สภาวะ



- รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะพื้นผิวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนเป็นเวลา 8 เดือน
A' ถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนก่อนฝังกลบ B' ฝังกลบในดิน
C' ฉายแสงอัลตราไวโอเลต D' แชนู๋อินทรีย์น้ำ พค.6

จากรูปที่ 4.2 แสดงพื้นผิวถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนเป็นเวลา 8 เดือน พบว่าบนผิวพลาสติกมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น โดยเฉพาะในสภาวะฉายแสงอัลตราไวโอเลตมีจุดขาวเกิดขึ้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สายโซ่พอลิเมอร์สั้นลงเกิดการจับเรียงตัวใหม่เป็นกลุ่ม เป็นสาเหตุของการแตกเปราะ สำหรับในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 พบพื้นผิวที่ขรุขระชัดเจนมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

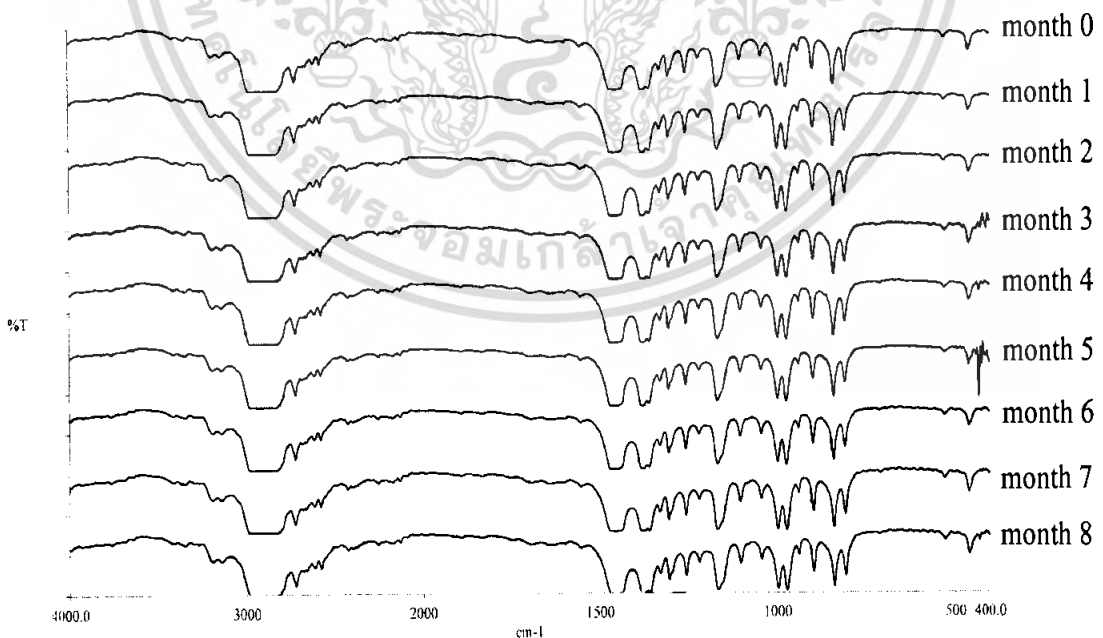
4.2 การเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชัน

ตารางที่ 4.1 ช่วงการดูดกลืนของสเปกตรัมที่ปรากฏ

ตำแหน่งของพีค (cm^{-1})	แสดงช่วงของการดูดกลืน
840-790	CH out-of-plane bending
997, 973	แสดงสมบัติของ isotactic PP
1375±5	Sym. bending ของ Alkanes
1465±20	-C-CH ₂ -C- Asym. Bending
1640-1540	Enol form
1715±10	C=O stretch ของ Aliphatic ketones
2850±10	-C-CH ₂ -C- Sym. stretch ของ Alkanes
3415±5	-OH ของ polymer

4.2.1 สภาวะฝึกลงในดิน

นำด้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนมาวิเคราะห์ด้วย เครื่อง FTIR โดยพิจารณาเลขคลื่น ช่วง 400-4000 cm^{-1} เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชันของพลาสติกก่อนและหลังฝึกลงในดิน เป็นเวลา 8 เดือน ดังรูปที่ 4.3



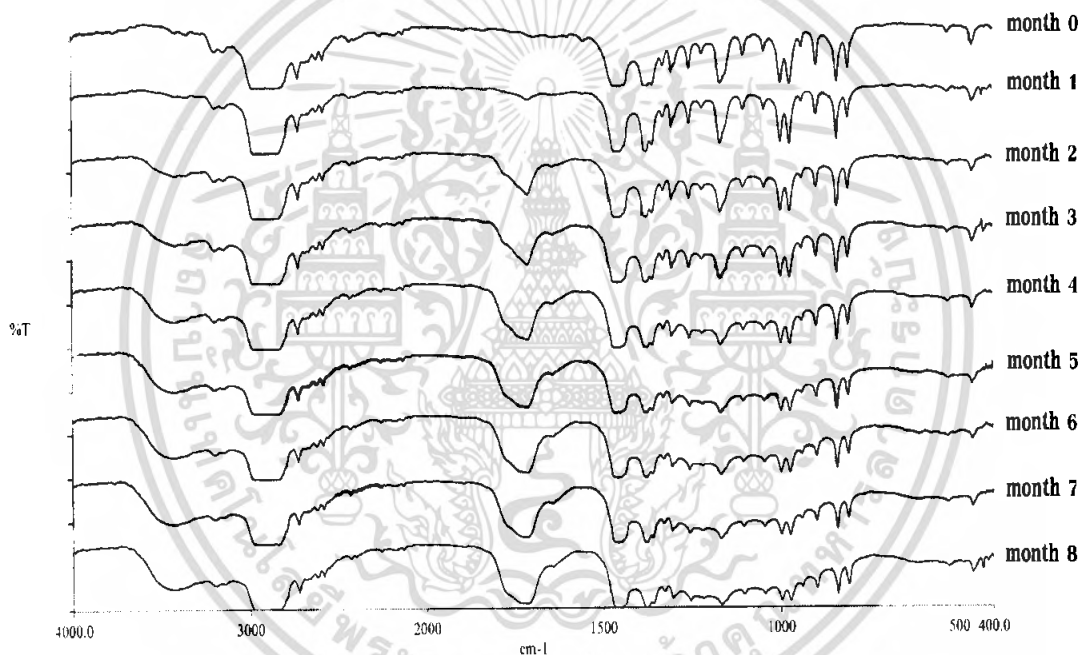
รูปที่ 4.3 กราฟ FTIR แสดงการเปรียบเทียบช่วง 400-4000 cm^{-1} ของด้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนภายใต้สภาวะฝึกลงในดิน เป็นเวลา 8 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR ไม่พบว่าการเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชัน ในระยะเวลาที่กำหนด แสดงว่า ความชื้นและจุลินทรีย์ในดินตัวอย่างไม่สามารถย่อยสลายพลาสติก จากพอลิพรอพิลีน

4.2.2 สภาวะฉายแสงอัลตราไวโอเลต

นำถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR โดยพิจารณาเลขคลื่น ช่วง $400-4000\text{ cm}^{-1}$ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชันของพลาสติกก่อนและหลังฉายแสง อัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 8 เดือนดังรูปที่ 4.4



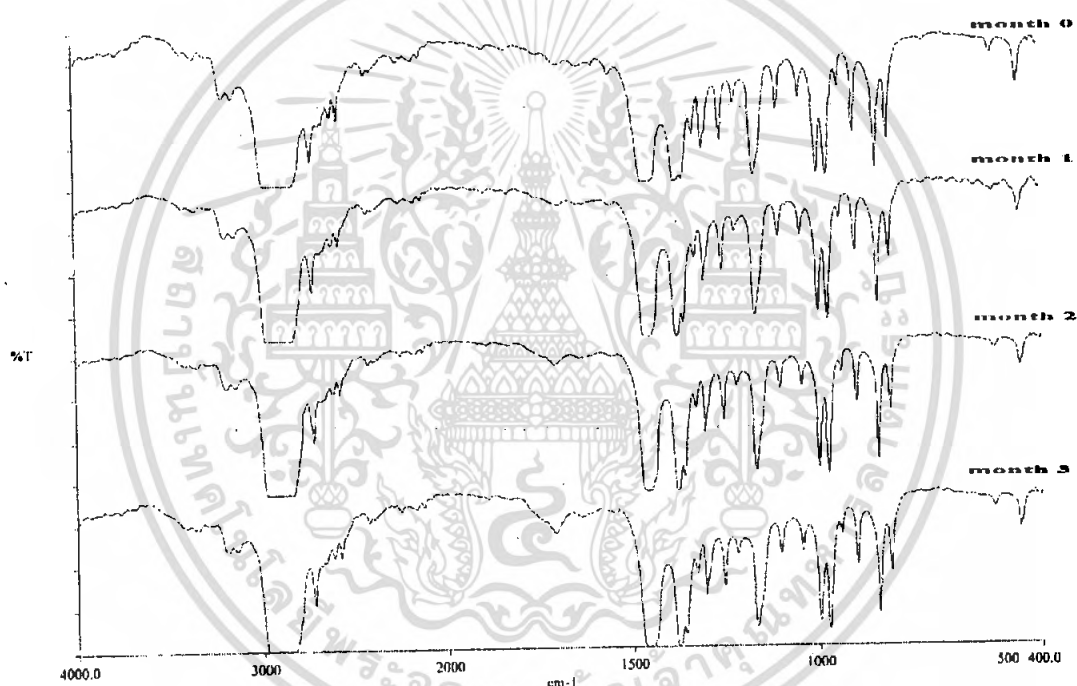
รูปที่ 4.4 กราฟ FTIR แสดงการเปรียบเทียบช่วง $400-4000\text{ cm}^{-1}$ ของถ้วยพลาสติกที่ทำจาก พอลิพรอพิลีนภายใต้สภาวะการฉายแสงอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 8 เดือน

จากรูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR พบว่าการเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชัน โดยพบพีคที่บริเวณ 1700 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของหมู่คาร์บอนิล และพบพีคที่บริเวณ 3400 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของหมู่ไฮดรอกซิล ตั้งแต่ เดือนที่ 1 และเห็นชัดเจนขึ้นเมื่อเวลานานขึ้น แสดงว่าแสง อัลตราไวโอเลตสามารถย่อยสลายพลาสติกจากพอลิพรอพิลีน โดยเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ทำการทดลองนำตัวอย่างถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนมาไว้ภายใต้แสงแดดจริงเพื่อเปรียบเทียบผลกับที่เกิดในตู้ฉายแสงUV ว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

สถานะการได้รับแสงแดดจริง

นำถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR โดยพิจารณาเลขคลื่นช่วง $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชันของพลาสติกก่อนและหลังการได้รับแสงแดดจริง เป็นเวลา 3 เดือนดังรูปที่ 4.5

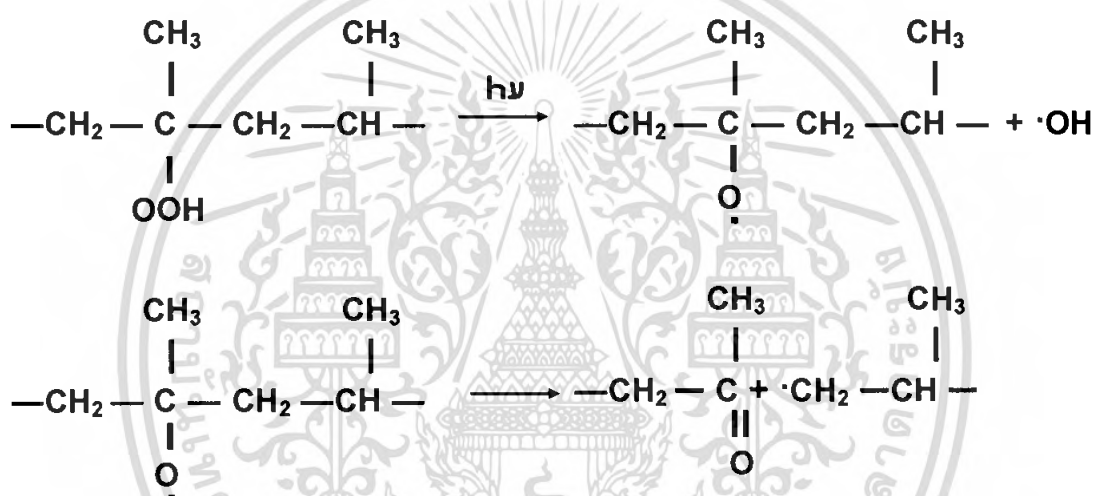
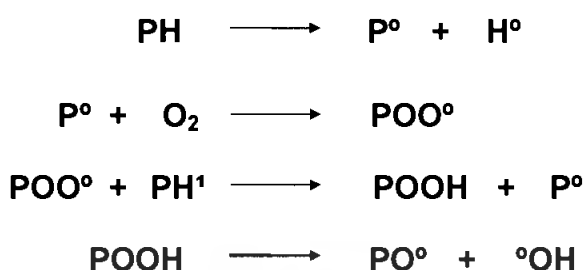


รูปที่ 4.5 กราฟ FTIR แสดงการเปรียบเทียบช่วง $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนที่ได้รับแสงแดดจริง เป็นเวลา 3 เดือน

จากรูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR พบว่าถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนมีการเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชัน โดยพบพีคที่บริเวณ 1700 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของหมู่คาร์บอนิล และพบพีคที่บริเวณ 3400 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของหมู่ไฮดรอกซิล ในเดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 ผลการทดลองให้ผลเช่นเดียวกับตัวอย่างที่ไว้ในตู้ แสดงว่าแสงแดดในสถานะจริงกับที่ทำการทดลองให้ผลเหมือนกัน คือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของพอลิพรอพิลีน

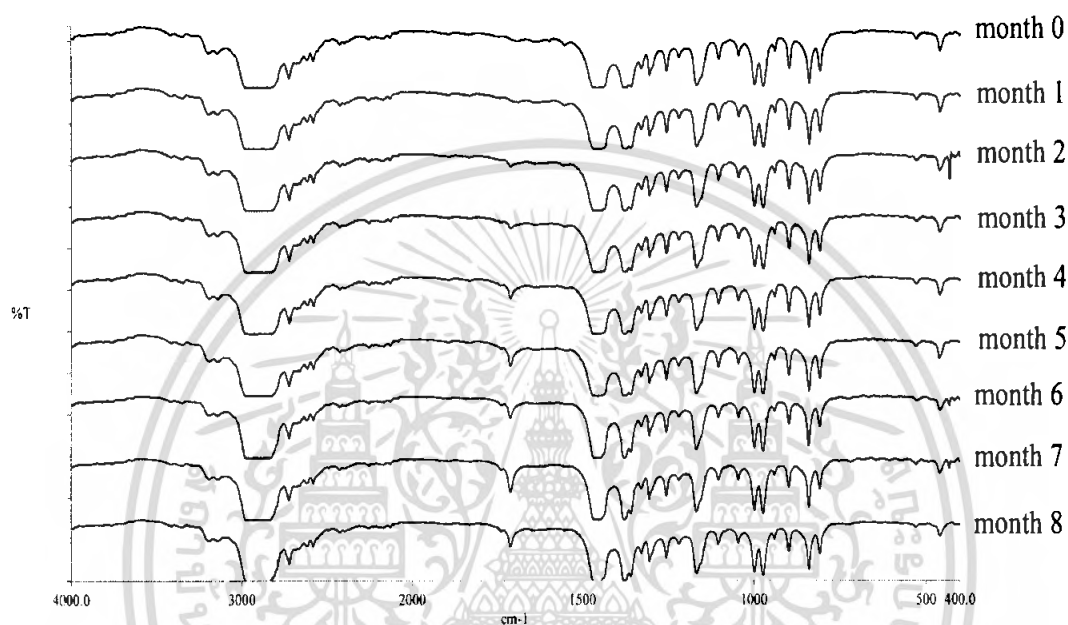


PH	คือ	Polypropylene
P [°]	คือ	Polypropylene radicals
H [°]	คือ	Hydrogen radicals
POO [°]	คือ	Polypropylene peroxy radicals
PH'	คือ	Polypropylene สายโซ่อื่นๆ
POOH	คือ	Polypropylene hydroperoxides
PO [°]	คือ	Polypropylene oxy radicals

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 สภาวะแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6

นำถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR โดยพิจารณาเลขคลื่นช่วง $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชันของพลาสติกก่อนและหลังการแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 เป็นเวลา 8 เดือน ดังรูปที่ 4.6

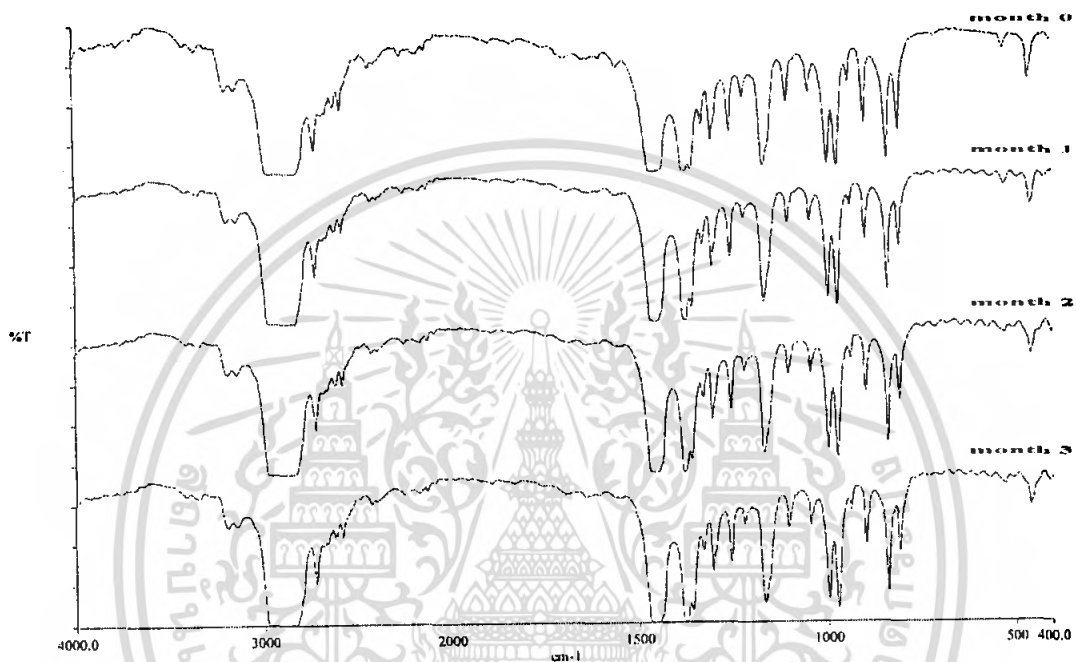


รูปที่ 4.6 กราฟ FTIR แสดงการเปรียบเทียบช่วง $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนที่แช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 เป็นเวลา 8 เดือน

จากรูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชันโดยพบพีกที่บริเวณ 1700 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกของหมู่คาร์บอนิล ตั้งแต่เดือนที่ 2 และเห็นชัดเจนขึ้นเมื่อเวลานานขึ้น แต่ไม่พบพีกที่บริเวณ 3400 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีกของหมู่ไฮดรอกซิล แสดงว่าจุลินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 สามารถย่อยสลายพลาสติกจากพอลิพรอพิลีน แต่เนื่องจากความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 แสดงความเป็นกรด จึงทำการทดลองซ้ำเพื่อตรวจสอบว่าพีกของหมู่คาร์บอนิลที่เกิดขึ้นเกิดจากความเป็นกรด หรือเกิดจากจุลินทรีย์

สภาวะการแช่กรดอะซิติก

นำด้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR โดยพิจารณาช่วง 400-4000 cm^{-1} เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของหมู่ฟังก์ชันของพลาสติกก่อนและหลังแช่กรดอะซิติกเป็นเวลา 3 เดือน ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟ FTIR แสดงการเปรียบเทียบช่วง 400-4000 cm^{-1} ของด้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนที่แช่กรดอะซิติก เป็นเวลา 3 เดือน

จากรูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 4.6 ที่เวลาเดียวกันพบว่า ไม่พบหมู่ฟังก์ชันของคาร์บอนิลปรากฏที่เลขคลื่น 1700 cm^{-1} แสดงว่าในรูปที่ 4.6 หมู่คาร์บอนิลน่าจะเกิดจากจุลินทรีย์หรือเกิดจากความเป็นกรดของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เนื่องจากกรดอะซิติกที่ใช้ทดสอบเป็นกรดอ่อนซึ่งมีความเข้มข้นเพียง 0.2 โมลาร์ ซึ่งอาจจะไม่ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างกรดอะซิติกที่ใช้กับพลาสติกพอลิพรอพิลีน และเนื่องจากการทดลองไม่ได้ทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 จึงไม่สามารถสรุปได้ชัดเจนว่าหาความเข้มข้นของ ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 กับกรดอะซิติกที่ใช้มีผลต่อการเสื่อมสภาพของพลาสติกพอลิพรอพิลีนแตกต่างกัน เช่นไร

4.3 สมบัติทางความร้อนของพลาสติก

4.3.1 สภาวะฝังกลบในดิน

นำถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC (Differential Scanning Calorimeter) เพื่อดูอุณหภูมิจุดหลอมเหลวของพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงไป ในช่วงอุณหภูมิ 50-200 °ซ หลังการฝังกลบในดินเป็นเวลา 5 เดือน และ 8 เดือนตามลำดับ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 พิกแสดงถึงจุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในช่วงอุณหภูมิ 50-200 °ซ หลังการฝังกลบในดิน

จุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกบ่งบอกถึงความสมบูรณ์และขนาดของผลึก ถ้าอุณหภูมิจุดหลอมเหลวลดลงความสมบูรณ์ของผลึกก็น้อยลง พลาสติกจะมีการแตกหักเพิ่มมากขึ้นและทำให้ขนาดของผลึกในพลาสติกมีขนาดเล็กลงเช่นเดียวกัน ดังนั้นถ้าอุณหภูมิจุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกมีการลดลงมากขึ้นเท่าใด พลาสติกก็จะมีการเสื่อมสภาพเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

จากรูปที่ 4.8 พบว่า อุณหภูมิจุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนหลังการฝังกลบในดินลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไปเราจะเห็นว่าพลาสติกมีรอยเกิดขึ้น พิจารณาจากพื้นผิวของพลาสติกที่ฝังกลบในดิน แสดงว่าในผลึกของพลาสติกมีการแตกหักซึ่งจะสังเกตได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยบนพื้นผิวที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อความสมบูรณ์ของผลึกให้มีความสมบูรณ์ของผลึกน้อยลงและขนาดของผลึกเล็กลง

4.3.2 สภาวะฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต

นำถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC เพื่อดูอุณหภูมิจุดหลอมเหลวของพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงไป ในช่วงอุณหภูมิ 50-200 °ซ หลังการฉายแสงในตู้ฉายแสง UV เป็นเวลา 5 และ 8 เดือน และเปรียบเทียบกับในสภาวะที่ได้รับแสงแดดจริงเป็นเวลา 3 เดือน (sun) ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 พิกแสดงถึงจุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน ในช่วงอุณหภูมิ 50-200 °ซ ที่ผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตและที่ได้รับแสงแดดจริง 3 เดือน

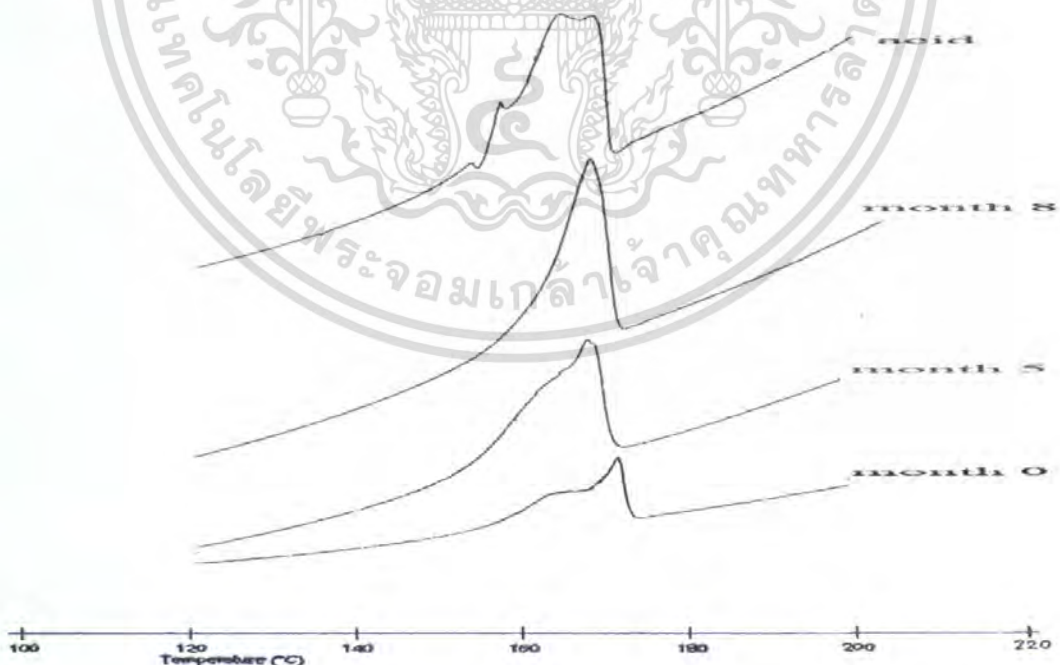
จากรูปที่ 4.9 พบว่า อุณหภูมิจุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนหลังการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตในตู้ทุกวันๆละ 12 ชั่วโมง ลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลานานขึ้นและลดลงมากกว่าตัวอย่างที่ฝังกลบในดิน พลาสติกที่ฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตถ้าดูจากพื้นผิวจะพบว่าพื้นผิวมีจุดขาวและมีความขรุขระมากกว่าที่ฝังกลบในดิน จะเห็นว่าในสภาวะการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตผลึกของพลาสติกมีการแตกหักมากกว่าในดิน จะเห็นได้จากลักษณะภายนอกได้อย่างชัดเจนว่าในสภาวะการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ตมีการแตกหักของพลาสติกมากกว่าฝังกลบในดินและแช่ขี้เือกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินทรีย์น้ำ พด.6 แสดงว่าแสงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อความสมบูรณ์ของผลึกจากถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนให้มีความสมบูรณ์ของผลึกน้อยลงและขนาดของผลึกเล็กลงมากกว่าฝังกลบในดินและแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6

เมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติกที่ได้รับแสงแดดจริงเป็นเวลา 3 เดือนพบว่า อุณหภูมิจุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกลดลงมากกว่าพลาสติกที่ฉายแสงในตู้ต่างๆที่ใช้เวลาเพียง 3 เดือน เนื่องจากเพราะในสภาพแวดล้อมจริงพลาสติกต้องพบกับ ความชื้นในอากาศ น้ำฝน ความร้อนที่ไม่แน่นอน ทำให้ความเข้มข้นในสภาวะที่ฉายแสงอัลตราไวโอเลตในตู้และที่ถูกแสงแดดจริงไม่เท่ากันทำให้อุณหภูมิจุดหลอมเหลวของพลาสติกที่ได้รับแสงแดดจริง 3 เดือนมีการลดลงมากกว่า

4.3.3 สภาวะการแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด. 6

นำถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC เพื่อดูอุณหภูมิจุดหลอมเหลวของพลาสติก ในช่วงอุณหภูมิ 50-200 °ซ ที่ผ่านการแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 ในระยะเวลา 5 เดือน 8 เดือน และแช่กรดอะซิติก 3 เดือน (เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 มี pH เป็นกรดประมาณ 3-5 จึงแช่กรดอะซิติกเพื่อเป็นการเปรียบเทียบ) ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 พิกแสดงถึงอุณหภูมิจุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน

ในช่วงอุณหภูมิ 50-200 °ซ ที่ ที่ผ่านการแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 และแช่กรดอะซิติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงถึงอุณหภูมิจุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนที่เปลี่ยนแปลงภายใต้สภาวะต่างๆ

เดือน สภาวะ	อุณหภูมิจุดหลอมเหลว (°ซ)			
	0	3	5	8
ดิน	166.66	-	166.25	162.97
ฉายแสงUV แสงแดดจริง	166.66 -	- 156.90	159.07 -	157.44 -
แช่ ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 แช่ในกรดอะซิติก	166.66 -	- 169.20	165.66 -	165.43 -

จากรูปที่ 4.10 พบว่า อุณหภูมิจุดหลอมเหลวของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนหลังการแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 ลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลานานขึ้นและลดลงใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ฝังกลบในดินแต่น้อยกว่าตัวอย่างที่ฉายแสง UV แสดงว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อความสมบูรณ์ของผลึกพอลิพรอพิลีนเช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่แช่ในกรดอะซิติก 3 เดือน พบว่าอุณหภูมิจุดหลอมเหลวลดลงใกล้เคียงกับตัวอย่างที่แช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6

4.4 สมบัติเชิงกลของพลาสติก

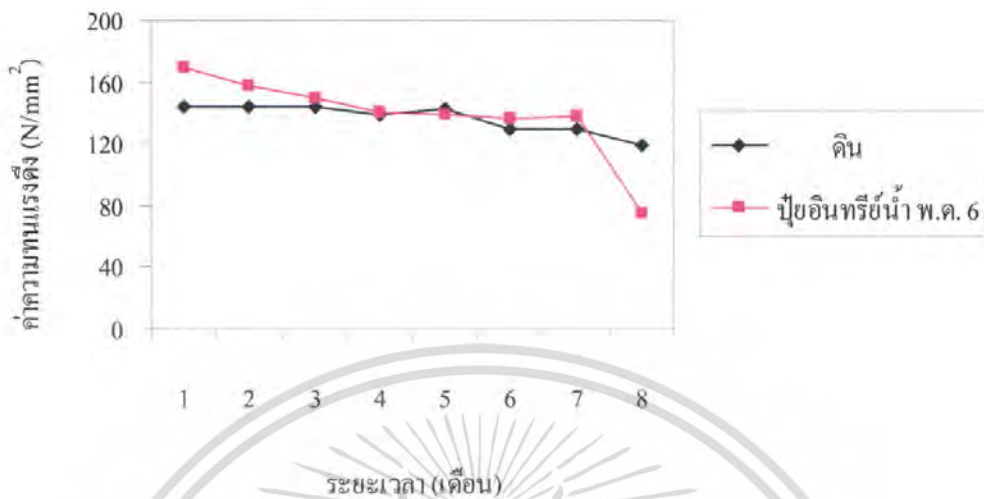
นำถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน มาวิเคราะห์สมบัติเชิงกลด้วยเครื่องวัดแรงดึง ได้ค่าความทนแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดของพลาสติกที่ผ่านการฝังดิน การฉายแสงอัลตราไวโอเลต การแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 เป็นระยะเวลา 8 เดือน

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความทนแรงดึง (N/mm^2)

เดือน สภาวะ	0	1	2	3	4	5	6	7	8
ฝังกลบในดิน	200.3	143.3	143.2	143.8	138.4	143.1	129.1	129.0	119.4
แช่ พด.6	200.3	168.0	156.7	149.4	140.5	138.6	136.3	137.7	75.1
ฉายแสง UV	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ ND คือ ไม่มีข้อมูลเนื่องจากตัวอย่างได้รับการฉายแสงUVแล้วเปราะแตกหักง่าย ไม่สามารถนำมาวัดสมบัติเชิงกลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าความทนแรงดึงของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนก่อนและหลังการฝังดินและแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พ.ด.6 เป็นเวลา 8 เดือน

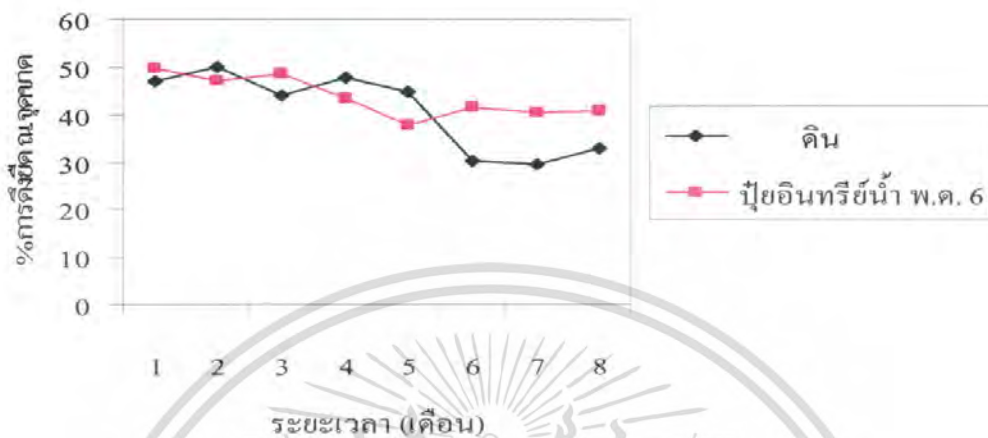
จากรูปที่ 4.11 พบว่าค่าความทนแรงดึงของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนมีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ ใน ทั้ง 2 สภาวะ ในสภาวะฝังดินค่าความทนแรงดึงในเดือนที่ 1 ลดลงมากกว่าแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พ.ด.6 แต่เมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน ค่าความทนแรงดึงของถ้วยพลาสติกที่แช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พ.ด.6 ลดลงเร็วกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนที่ 8 พิจารณาจากพีคของหมู่คาร์บอนิลซึ่งปรากฏให้เห็นจาก FTIR สเปกตรัม เป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันบน โป้พอลิเมอร์

ตารางที่ 4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์การดิ่งยัด ณ.จุดขาด

เดือน / สภาวะ	0	1	2	3	4	5	6	7	8
ฝังกลบในดิน	54.4	47.0	49.8	43.8	47.8	44.6	30.3	29.5	32.7
แช่ พ.ด.6	54.4	49.4	47.0	48.6	43.1	37.6	41.5	40.3	40.8
ฉายแสง UV	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ ND คือไม่มีข้อมูลเนื่องจากตัวอย่างได้รับการฉายแสง UV แล้วเปราะแตกหักง่าย ไม่สามารถนำมาวัดสมบัติเชิงกลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

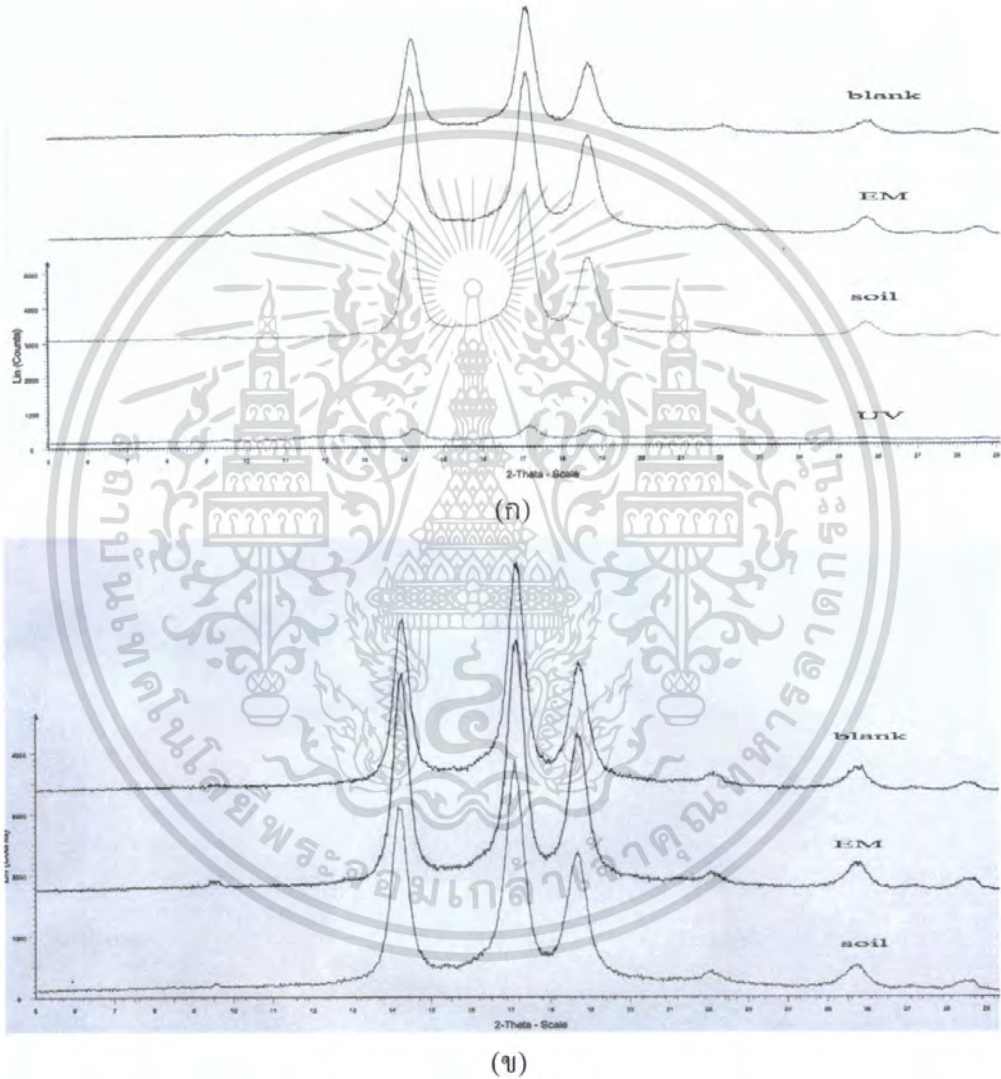


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การดิ่งยัด ณ.จุดขาด ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนก่อนและหลังการฝังดินและแช่ปฏิกิริยา น้ำ พ.ค.6 เป็นเวลา 8 เดือน

จากรูปที่ 4.12 พบว่าเปอร์เซ็นต์การดิ่งยัด ณ.จุดขาด ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนมีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ ในทั้ง 2 สถานะ แสดงว่าพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนมีการเสื่อมสภาพจริง

4.5 โครงสร้างผลึกของพลาสติก

นำถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRD เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างผลึกของพลาสติกภายใต้สภาวะการทดลองต่างๆ เป็นเวลา 5 เดือนและ 8 เดือน ได้ผลดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 รูป XRD ของถ้วยพอลิพรอพิลีนเริ่มต้น (blank) แซ่ปู้ยอินทรีย์น้ำ พด.6 (EM) ฝังกลบดิน (soil) ฉายแสงอัลตราไวโอเลต (UV) พอลิพรอพิลีนเริ่มต้น (ก) ในเวลา 5 เดือน (ข) ในเวลา 8 เดือน

โครงสร้างผลึกจะบ่งบอกถึงรูปร่างของโครงสร้างพลาสติกว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงพิกที่ปรากฏใน XRD จะมีการเปลี่ยนตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.13 พบว่า การฉายแสงอัลตราไวโอเลตทำลายความสมบูรณ์ของผลึกอย่างมากในเวลา 5 เดือน สังเกตได้จากลักษณะภายนอกของพลาสติกที่ฉายแสงอัลตราไวโอเลตจะมีการแตกหักอย่างมาก แต่ว่าโครงสร้างผลึกยังคงเหมือนเดิมเพราะตำแหน่งของพีคที่ปรากฏทั้ง 3 แห่งอยู่ที่เดิมแสดงว่ารูปร่างของผลึกยังเหมือนเดิม ส่วนการเข้าปฏิกิริยาระหว่างน้ำ พค.6 (EM) ฝังดิน(soil) ไม่มีผลต่อโครงสร้างผลึกเช่นกัน แต่ส่งผลต่อขนาดและความสมบูรณ์ของผลึกเพราะอุณหภูมิจุดหลอมเหลวจากการวิเคราะห์ด้วย DSC ลดลง

4.6 ลักษณะภายนอก

4.6.1 สภาวะฝังกลบในดิน

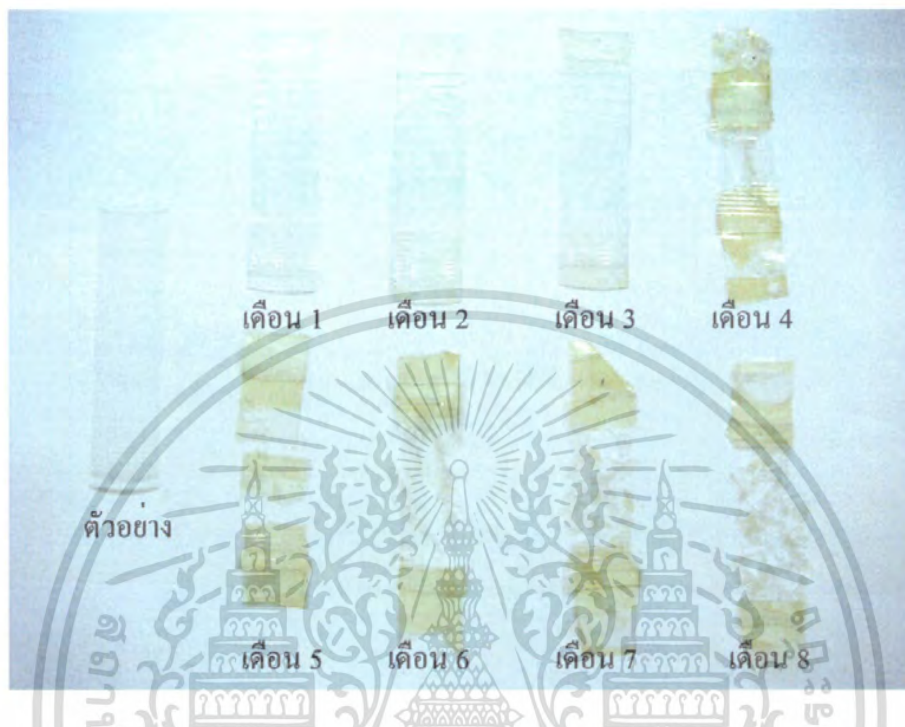


รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะภายนอกของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนภายใต้สภาวะฝังกลบในดิน เป็นเวลา 8 เดือน

จากรูปที่ 4.14 พบว่าถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนภายใต้สภาวะฝังกลบในดินไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 สภาวะฉายแสงอัลตราไวโอเลต



รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะภายนอกของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนภายใต้สภาวะฉายแสงอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 8 เดือน

จากรูปที่ 4.15 พบว่าถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน เมื่อผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 8 เดือนลักษณะภายนอกของชิ้นงานเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีชิ้นงานตั้งแต่เดือนแรกโดยสีของชิ้นงานจะมีสีเหลืองเข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจนซึ่งสนับสนุนว่าเกิดออกซิเดชัน นอกจากนี้ชิ้นงานมีการแตกหักตั้งแต่เดือนที่ 2 และแตกมากขึ้นเรื่อยๆตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3 สภาวะแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พ.ค.6



รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะภายนอกของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนภายใต้สภาวะแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พ.ค.6 เป็นเวลา 8 เดือน

จากรูปที่ 4.16 พบว่าถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนภายใต้สภาวะแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พ.ค.6 เป็นเวลา 8 เดือน ลักษณะภายนอกของชิ้นงานไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

4.7 สมบัติของดินก่อนและหลังการฝังกลบ

ดินเกษตรรารวมดาว

ตารางที่ 4.5 แสดงสมบัติของดินก่อนและหลังฝังกลบพลาสติกลงในดิน

กระถาง ที่	ลักษณะทางกายภาพ		ค่าพีเอช (เฉลี่ย)		ความชื้น (เฉลี่ย) (%)	
	ก่อนฝังกลบ	หลังฝังกลบ	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	สีดำ เมื่อเปียกน้ำ เกาะติดกันแน่น	สีดำ เมื่อเปียกน้ำ เกาะติดกันแน่น	4.38	4.45	4.05	4.37
2	สีดำ เมื่อเปียกน้ำ เกาะติดกันแน่น	สีดำ เมื่อเปียกน้ำ เกาะติดกันแน่น	4.40	4.50	4.05	4.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 พบว่าในดินก่อนฝังกลบทุกกระถางมีลักษณะทางกายภาพเหมือนกัน และค่าพีเอชเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 4.38 และ 4.40 และปริมาณความชื้นเฉลี่ยเท่ากันทุกกระถางคือ 4.05 เป็นเพราะใช้ดินชนิดเดียวกันในการทดลองส่วนหลังฝังกลบพบว่าในดินทุกกระถางหลังจากฝังกลบพลาสติกในดินลักษณะทางกายภาพไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ส่วนค่าพีเอชเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับก่อนฝังกลบโดยอยู่ในช่วง 4.45-4.50 และความชื้นในดินพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเช่นกันคืออยู่ในช่วง 4.32 – 4.37

4.8 ปริมาณอนุภาคทราย ซิลต์ เคลย์

ตารางที่ 4.6 แสดงลักษณะดินก่อนและหลังฝังกลบ

กระถาง ที่	% Sand		% Clay		% Silt		ลักษณะดิน	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	65.00	51.75	26.00	33.50	9.00	14.75	ดินร่วนเหนียว ปนทราย	ดินร่วนเหนียว ปนทราย
2	65.00	54.00	26.00	33.50	9.00	12.50	ดินร่วนเหนียว ปนทราย	ดินร่วนเหนียว ปนทราย

จากตารางที่ 4.6 พบว่าปริมาณทราย ซิลต์ เคลย์ มีปริมาณเท่ากันทุกกระถาง และลักษณะของดินเป็นดินประเภทดินร่วนเหนียวปนทรายส่วนดินหลังฝังกลบพบว่าดินหลังฝังกลบเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณอนุภาคทราย ซิลต์ เคลย์ เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับดินก่อนฝังกลบแต่ปริมาณซิลต์เปลี่ยนแปลงสาเหตุอาจเกิดจากซากพืชที่อยู่ในดินเกษตรเกิดการย่อยสลายจึงอาจทำให้ปริมาณซิลต์เพิ่มขึ้นแต่ลักษณะของดินยังคงเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย

4.9 การเจริญของจุลินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6

นำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 มาวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 ด้วยวิธี pour plate โดยทำการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 ก่อนการทดลอง ผ่านการทดลอง 5 และ 8 เดือน ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณของจุลินทรีย์ในระยะเวลาต่างๆ

งานที่	ปริมาณจุลินทรีย์ (CFU/mL)		
	ก่อนการทดลอง	5 เดือน	8 เดือน
1	9.2×10^{-11}	8.6×10^{-10}	9.6×10^{-8}
2	9.3×10^{-11}	7.8×10^{-10}	7.8×10^{-8}
3	9.0×10^{-11}	7.6×10^{-10}	6.9×10^{-8}
4	8.8×10^{-11}	7.6×10^{-10}	6.6×10^{-8}
5	8.8×10^{-11}	6.8×10^{-10}	5.8×10^{-8}
ค่าเฉลี่ย	9.02×10^{-11}	7.68×10^{-10}	7.34×10^{-8}

จากตารางที่ 4.7 พบว่าจุลินทรีย์ ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6 ก่อนทำการทดลอง มีอยู่ 9.02×10^{-11} CFU/mL เมื่อเวลาผ่านไป 5 เดือน เหลือ 7.68×10^{-10} CFU/mL และเมื่อเวลาผ่านไป 8 เดือน เหลืออยู่ 7.34×10^{-8} CFU/mL แสดงว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปมากขึ้นปริมาณของจุลินทรีย์ลดลง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการย่อยสลายด้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน มาทดลองในสภาวะฝังกลบในดิน การฉายแสงอัลตราไวโอเลตและสภาวะการแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 เป็นเวลา 8 เดือน โดยศึกษาลักษณะพื้นผิวของพลาสติก การเปลี่ยนแปลงหมู่ฟังก์ชันและลักษณะภายนอก ทำการเปรียบเทียบชิ้นงานทั้งก่อนและหลังการบำบัด และตรวจวิเคราะห์หัตินก่อนและหลังการฝังกลบ ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

สมบัติของดินพบว่าหลังฝังกลบพลาสติกพอลิพรอพิลีนค่าพีเอช ความชื้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนปริมาณอนุภาคทราย ซิลต์ เคลย์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแต่ลักษณะของดินยังคงเป็นดินชนิดเดิม แสดงว่าการย่อยสลายพลาสติกชนิดนี้ไม่ทำให้เกิดมลภาวะในดิน

ผลการทดลองพบว่าภายใต้สภาวะการฝังกลบในดินและแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6 พื้นผิวของตัวอย่างเกิดรอย เกิดหมู่คาร์บอนิล โครงสร้างผลึกไม่เปลี่ยนแปลง แต่อุณหภูมิหลอมเหลวลดลง สมบัติเชิงกลมีแนวโน้มลดลง

ภายใต้การฉายแสงอัลตราไวโอเลต (UV) พื้นผิวปรากฏจุดขาว เกิดหมู่คาร์บอนิลและหมู่ไฮดรอกซิล โดยผลึกถูกทำลาย อุณหภูมิหลอมเหลวผลึกลดลง สมบัติเชิงกลลดลง

จากผลการทดลองภายใต้สภาวะทั้ง 3 พบว่าแสงอัลตราไวโอเลต (UV) เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเสื่อมสภาพของถั่วพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีน

5.2ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาเกี่ยวกับพลาสติกชนิดอื่นๆ
2. ควรทำการศึกษาเกี่ยวกับดินหลายๆประเภท เช่น ดินเปรี้ยว ดินเค็ม ดินพรุ เป็นต้น
3. ควรทำการศึกษาเกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์น้ำ สูตรอื่นๆ ของกรมพัฒนาที่ดิน
4. ควรจะมีการวัดความเข้มข้นของกรด ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พค.6

เอกสารอ้างอิง

1. ดร.ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์.,เคมีพอลิเมอร์พื้นฐาน.ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.2527
2. มาลินี ชัยสุภกิจสินธ์., เคมีพอลิเมอร์.ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2540
3. กัญญาพร ล้วนแก้ว และดวงฤทัย มงคลเคหา., “ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายตัวของขบวนการแปรี้ยว”โครงการงานพิเศษ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2549
4. สุพจน์ โตรตระกูล., หลักการของปฏิกิริยาเคมีวิเคราะห์.ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
5. มัทธนา ชัยมหาวัน., กรมพัฒนาที่ดิน,พินนี้ พับบลิชชิ่ง,กรุงเทพฯ.2548
6. กัญญา ธีระกุล และคณะ., จุลชีววิทยาปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.2546
7. สมเจตน์ เชียงวานิช.,“พอลิเมอร์ย่อยสลายได้จากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงผสมกับพอลิแซคคาไรด์” วิทยานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2543
8. วรวิทย์ โพนนิกร., “การศึกษาการย่อยสลายพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) ผสมกับสารตัวเติมอินทรีย์ธรรมชาติ” วิทยานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2546
9. สุพจน์ เดชผล และเสริมศักดิ์ โกวินธนาพัฒน์., “การศึกษาการย่อยสลายพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงในดิน”โครงการงานพิเศษ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2546
10. สมเจตน์ เชียงวานิช.,“พอลิเมอร์ย่อยสลายได้จากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงผสมกับพอลิแซคคาไรด์” วิทยานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2543
11. เสาวลักษณ์ วิทยาพิเชฐ., “ศึกษาการย่อยสลายของพลาสติกพอลิสไตรีนผสมแป้งมันสำปะหลังและกราฟต์โคพอลิเมอร์”วิทยานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 12.กาญจนา เอี้ยวสุวรรณ และเต็มสิริ หวังทวีทรัพย์., “ศึกษาการย่อยสลายโดยแสงของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PP-PE กับชานอ้อย”โครงการพิเศษ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2541
13. D. Zuchorska., “Physical structure of polyolefin-starch blends after ageing”.,Polymer Degradation and Stability. Vol 64.1999
14. กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ และกลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์.,ปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อม 2. โครงการตำรา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2547



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์หาค่าพีเอชของดินด้วยวิธี Glass Electrode

วิธีวิเคราะห์

การวัดค่าพีเอชโดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1

ชั่งตัวอย่างดิน 20 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 100มล.เติมน้ำกลั่น 20 มล. ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที นำไปวัดค่าพีเอชด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ ก่อนวัดพีเอชใช้น้ำยาบัฟเฟอร์มาตรฐานพีเอช 7 และพีเอช 4 ปรับเครื่องวัดพีเอชก่อน

2. การวิเคราะห์หาความชื้น

วิธีวิเคราะห์

นำดินมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 10 เมช ชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °ซ 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์และชั่งน้ำหนักที่เหลือนำไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

$$\% \text{ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักดินเปียก} - \text{น้ำหนักดินแห้ง}}{\text{น้ำหนักดินแห้ง}} \times 100$$

3. การวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคทราย ซิลต์ เคลย์

วิธีวิเคราะห์

1. การปรับเทียบไฮโดรมิเตอร์

- เติสารละลายคัลคอนจำนวน 100 มล. ในกระบอกตวงขนาด 1 ลิตร
- ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเท่ากับ 1 ลิตร
- ผสมให้ทั่วด้วยแท่งแก้วคนแบบ plunger ตั้งทิ้งไว้จนอุณหภูมิคงที่ (20 – 25 °ซ)
- ค่อยๆหย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงไปในสารละลาย (อ่านค่าจากสเกลที่รอยเว้าบนของเหลวที่ล้อมรอบไฮโดรมิเตอร์หน่วย กรัม/ลิตร) เนื่องจากปรับเทียบที่อุณหภูมิ 20 °ซ ถ้าอุณหภูมิเพิ่ม 1°ซ ให้บวกค่าเพิ่ม 0.4 กรัม

2. การอ่านค่าจากสารแขวนลอย

- ชั่งดิน 40 กรัมลงในบีกเกอร์
- เติสารละลายคัลคอน 100 มล. และน้ำ 300 มล. ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน
- นำมาควนด้วยเครื่องควนแม่เหล็กประมาณ 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เทลวงกระบอบกดวงขนาด 1 ลิตรปรับปริมาตรสารด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีด 1 ลิตรตั้งทิ้งไว้จนอุณหภูมิกึ่งที่
- จุ่มแท่งแก้วคนแบบ Plunger ขึ้นลงแบบเกลียวสว่านเบาๆเพื่อให้เกิดการผสมกันอย่างทั่วทั้งกระบอบกดวง บันทึกเวลาเมื่อคนเสร็จพร้อมหย่อนไฮโครมิเตอร์
- อ่านสเกลเมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาที(ดึงไฮโครมิเตอร์ออกข้าง/เช็ดให้แห้ง) ทำซ้ำเมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมงให้อ่านค่าไฮโครมิเตอร์อีกครั้ง
- นำค่าที่อ่านได้ต้องหักลบจากค่าที่อ่านได้จากการปรับเทียบไฮโครมิเตอร์

การคำนวณ

$$\% \text{ Sand} = (W - R_{40s}) / W \times 100$$

$$\% \text{ Clay} = (R_{2hr} / W) \times 100$$

$$\% \text{ Silt} = 100 - (\% \text{ Sand} + \% \text{ Clay})$$

W : น้ำหนักดินแห้ง

R_{40s} : อ่านค่าไฮโครมิเตอร์เมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาที

R_{2hr} : อ่านค่าไฮโครมิเตอร์เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง

4. การวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี pour plate

วิธีวิเคราะห์

1. ทำการเจือจางตัวอย่าง 1:10, 1:10², 1:10³, 1:10⁴, 1:10⁵, 1:10⁶, 1:10⁷, 1:10⁸, 1:10⁹ และ 1:10¹⁰ อย่างละ 1 มล. ด้วย น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 9 มล.
2. คูลเชื้อที่ระดับการเจือจางตัวอย่าง 1:10, 1:10², 1:10³, 1:10⁴, 1:10⁵, 1:10⁶, 1:10⁷, 1:10⁸, 1:10⁹ และ 1:10¹⁰ ปริมาตร 1 มล. ใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วทำอย่างละ 5 จาน
3. เทอาหาร Plate count agar (PCA) ผ่านการฆ่าเชื้อและหลอมเหลวแช่อยู่ในอ่างน้ำอุณหภูมิต่ำ 50 องศาเซลเซียส ลงในจานข้อ 2 และ 3
4. รีบทำการหมุนจานอาหารตามเข็มนาฬิกา 5 รอบ ทวนเข็มนาฬิกา 5 รอบ เคลื่อนจานขึ้นลงตามแนวระนาบ 5 ครั้ง เคลื่อนไปทางซ้ายขวาตามแนวระนาบ 5 ครั้ง เพื่อเป็นการให้เชื้อกระจายตัวให้ทั่วอาหาร
5. ตั้งทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คว่ำจานลง บ่ม 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24-48 ชม.
6. ให้เลือกจานอาหารที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ประมาณ 30-300 โคโลนี แล้วนับจำนวนจากจานอาหารที่ระดับการเจือจางนั้น หาค่าเฉลี่ยบนจำนวนจานอาหารทั้ง 2 แล้วคำนวณหาจำนวนแบคทีเรียต่อมล.ของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ต่อ มล.ของตัวอย่าง สามารถ คำนวณได้จาก

ค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์บนจานอาหาร 5 จานที่ระดับการเจือจางเดียวกัน \times ส่วน
กลับของระดับการเจือจาง มีหน่วยเป็น CFU (Colony forming unit) ต่อ มล.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลวิเคราะห์พารามิเตอร์ของดิน

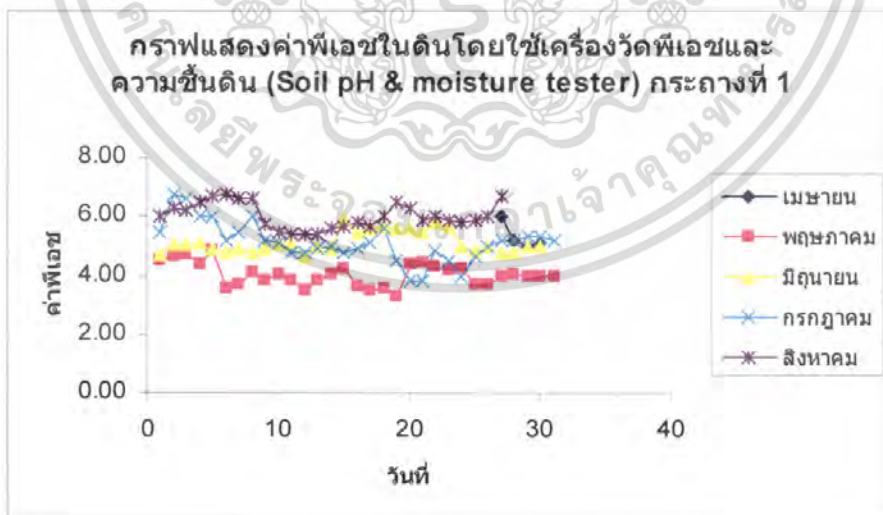
ตาราง ข-1 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินก่อนฝังกลบวิธี Glass Electrode

กระถางที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	4.40	4.38	4.36	4.38
2	4.40	4.42	4.38	4.40

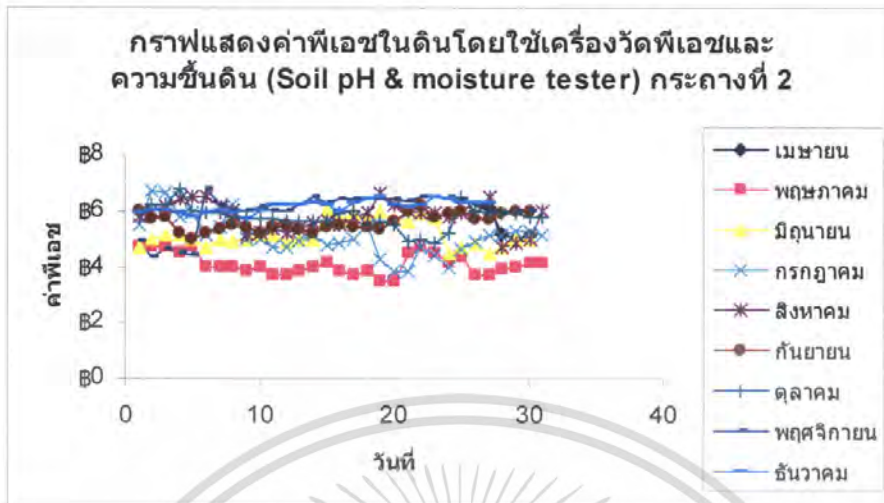
ตาราง ข-2 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินหลังฝังกลบวิธี Glass Electrode

กระถางที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	4.41	4.49	4.46	4.45
2	4.49	4.50	4.50	4.50

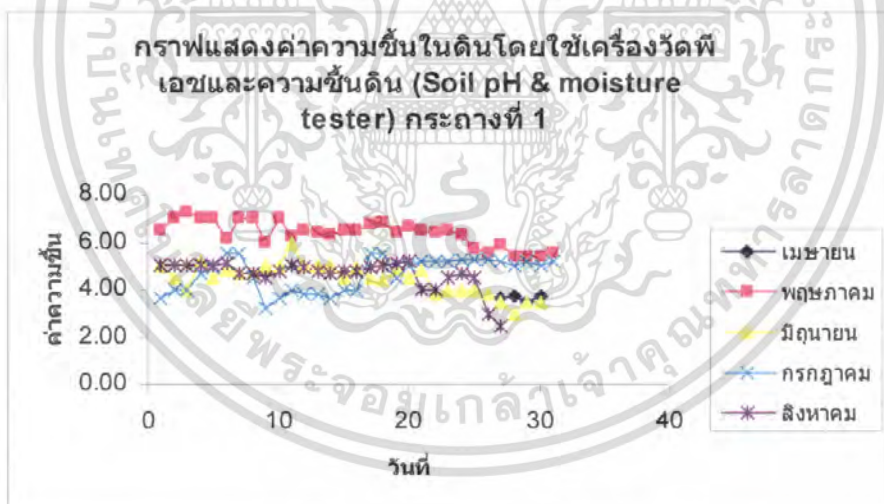
กราฟ ข-1 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินโดยใช้เครื่องวัดพีเอชและความชื้นดิน (Soil pH & moisture tester) ทุกวัน



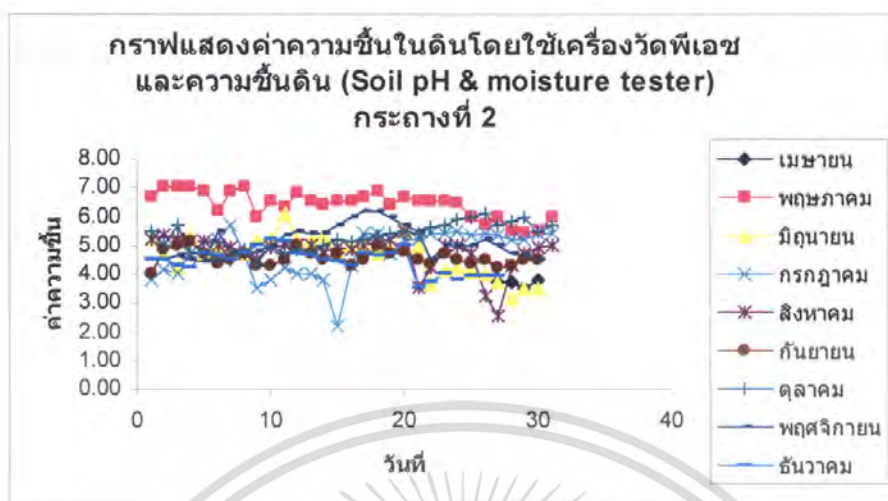
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟ ข-2 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นในดินโดยเครื่องใช้เครื่องวัดพีเอชและความชื้นดิน (Soil pH & moisture tester) ทุกวัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

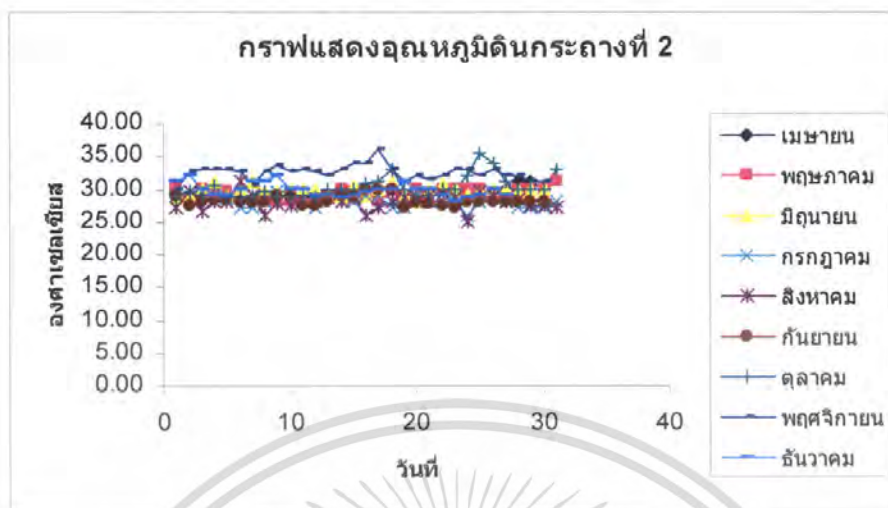


ผลวิเคราะห์อุณหภูมิในดิน โดยใช้เครื่องเทอร์โมมิเตอร์

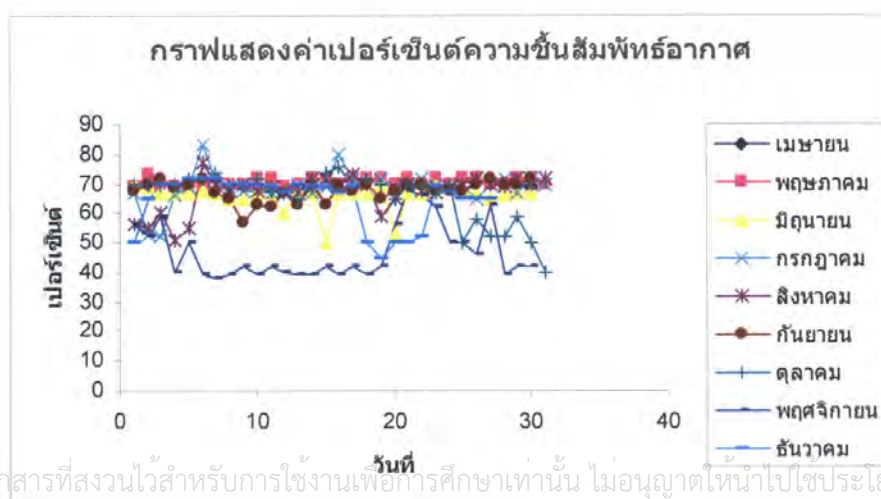
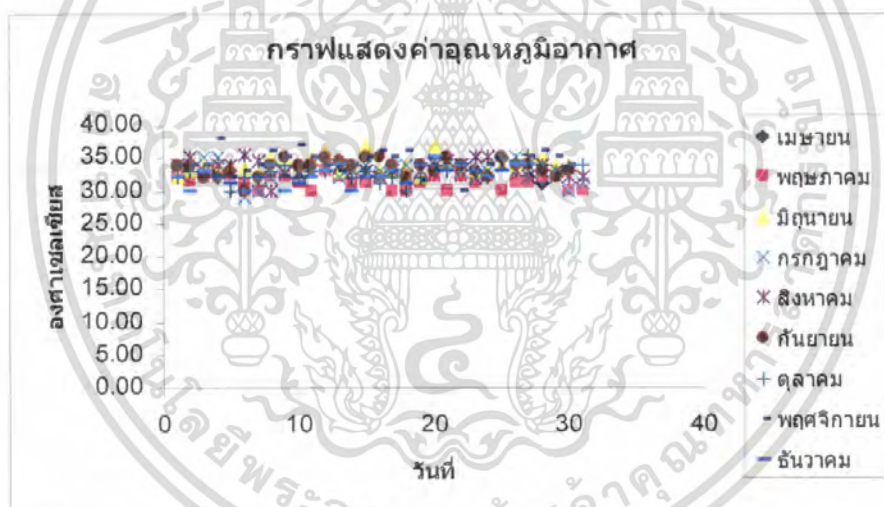


กราฟ ข-3 แสดงกราฟอุณหภูมิดินกระจ่างที่ 1 ระหว่างเดือนเมษายน-สิงหาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-4 แสดงกราฟอุณหภูมิดินกระถางที่ 2 ระหว่างเดือนเมษายน- ธันวาคม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคทราย ซิลต์ เคลย์ ก่อนฝังกลบ
การปรับเทียบไฮโดรมิเตอร์ (อุณหภูมิ 29.5°ซ)

กระถางที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	6	6	6	6
2	6	6	6	6

การอ่านค่าจากสารแขวนลอยก่อนฝังกลบ

กระถางที่	ที่ 40 วินาที			เฉลี่ย	อุณหภูมิ (°ซ)	ที่ 2 ชั่วโมง			อุณหภูมิ (°ซ)	เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	10	11	12	11	30.0	6	6	6	31.0	6
2	11	11	11	11	30.0	6	6	6	31.0	6

ตาราง ข-4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคทราย ซิลต์ เคลย์ หลังฝังกลบ
การปรับเทียบไฮโดรมิเตอร์(อุณหภูมิ 29.5°ซ)

กระถางที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	6	6	6	6
2	6	6	6	6

การอ่านค่าจากสารแขวนลอยหลังฝังกลบ

กระถางที่	ที่ 40 วินาที			เฉลี่ย	อุณหภูมิ (°ซ)	ที่ 2 ชั่วโมง			เฉลี่ย	อุณหภูมิ (°ซ)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	16	15	16	15.7	29.0	9	9	9	9	31.0
2	15	15	15	15.0	28.5	9	9	9	9	31.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-5 ผลการวิเคราะห์ความชื้นในดินก่อนฝังกลบในห้องปฏิบัติการ

กระถางที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	4.05	4.05	4.05	4.05
2	4.06	4.04	4.05	4.05

ตาราง ข-6 ผลการวิเคราะห์ความชื้นในดินหลังฝังกลบในห้องปฏิบัติการ

กระถางที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	4.40	4.37	4.35	4.37
2	4.35	4.30	4.32	4.32

ตาราง ข-7 ผลการวิเคราะห์ค่าความทนแรงดึง (N/mm^2)

เดือน สภาวะ	0	1	2	3	4	5	6	7	8
ดิน	192.5	135.4	123.7	165.9	134.4	133.7	136.6	110.6	122.6
	200.2	139.1	146.4	133.7	115.5	146.3	147.0	136.0	102.8
	205.7	144.6	120.1	132.7	143.4	149.0	137.4	118.5	133.0
	202.8	154.2	182.7	143.2	160.3	143.5	95.6	150.9	119.0
ค่าเฉลี่ย	200.3	143.3	143.2	143.8	138.4	143.1	129.1	129.0	119.4
ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พด.6	192.5	150.9	163.0	136.0	141.7	137.8	136.7	139.9	72.0
	200.2	167.7	151.0	157.3	150.7	139.7	141.5	144.4	87.4
	205.7	175.3	149.6	153.7	135.2	139.6	139.8	134.7	71.8
	202.8	178.4	163.2	150.9	134.4	137.4	127.8	132.1	69.3
ค่าเฉลี่ย	200.3	168.0	156.7	149.4	140.5	138.6	136.3	137.7	75.1
ฉายแสง อัลตราไวโอเลต	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข-8 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การดิ่งยัด ณ จุดขาด

เดือน สภาวะ	0	1	2	3	4	5	6	7	8
ดิน	52.2	44.9	64.7	41.9	42.4	39.7	33.4	36.9	34.7
	53.5	39.3	46.6	50.5	50.0	59.4	35.2	34.8	30.4
	60.1	66.8	68.5	51.4	46.7	37.2	35.5	24.0	33.5
	52.1	37.3	19.7	31.5	52.2	42.1	17.3	22.5	32.5
ค่าเฉลี่ย	54.4	47.0	49.8	43.8	47.8	44.6	30.3	29.5	32.7
ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พ.ด. 6	52.2	53.1	41.9	48.3	41.3	32.2	44.2	37.4	40.6
	53.5	55.3	43.2	33.6	42.2	41.8	45.3	41.6	41.9
	60.1	45.7	48.3	57.3	44.8	42.9	40.3	39.2	38.5
	52.1	43.6	28.1	55.4	44.2	33.7	40.2	43.2	42.4
ค่าเฉลี่ย	54.4	49.4	47.0	48.6	43.1	37.6	41.5	40.3	40.8
ฉายแสง อัลตราไวโอเล็ต	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

หมายเหตุ N.D คือ ไม่มีข้อมูลเนื่องจากตัวอย่างได้รับการฉายแสงUVแล้วประแตกหักง่าย
ไม่สามารถนำมาวัดสมบัติเชิงกลได้

ภาคผนวก ค

เครื่องมือ

1. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)



รุ่น 1455 vp:LEO

2. เครื่องฟูริเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR))



รุ่น Spectrum GX: Perkin Elmer บริษัท Bruker

3. เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC)



รุ่น PYRIS Diamond DSC บริษัท Perkin Elmer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile testing machine)



รุ่น LLOYD Instruments ขนาด LR5K

5. เครื่อง X-ray diffractometer (XRD)



รุ่น D8 Advance บริษัท Bruker AG

6. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)



รุ่น U-2000 บริษัท Hitachi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ตู้อบแสงอัลตราไวโอเลต



บริษัท Labtech Engineering Co.,Ltd

8. เครื่องวัดพีเอชและความชื้นดิน (Soil pH & moisture tester)



1. ปักเครื่องมือลงไปในดินให้ถึงเส้นสีดำ
2. อ่านค่าพีเอชจากหน้าปัดเครื่องให้อ่านค่าจากตัวเลขด้านล่าง
3. กดปุ่มที่ด้านข้างของตัวเครื่องหนึ่งครั้ง
4. อ่านค่าความชื้นจากหน้าปัดเครื่องให้อ่านจากตัวเลขด้านบน

9. เครื่องวัดความชื้นอากาศสัมพัทธ์

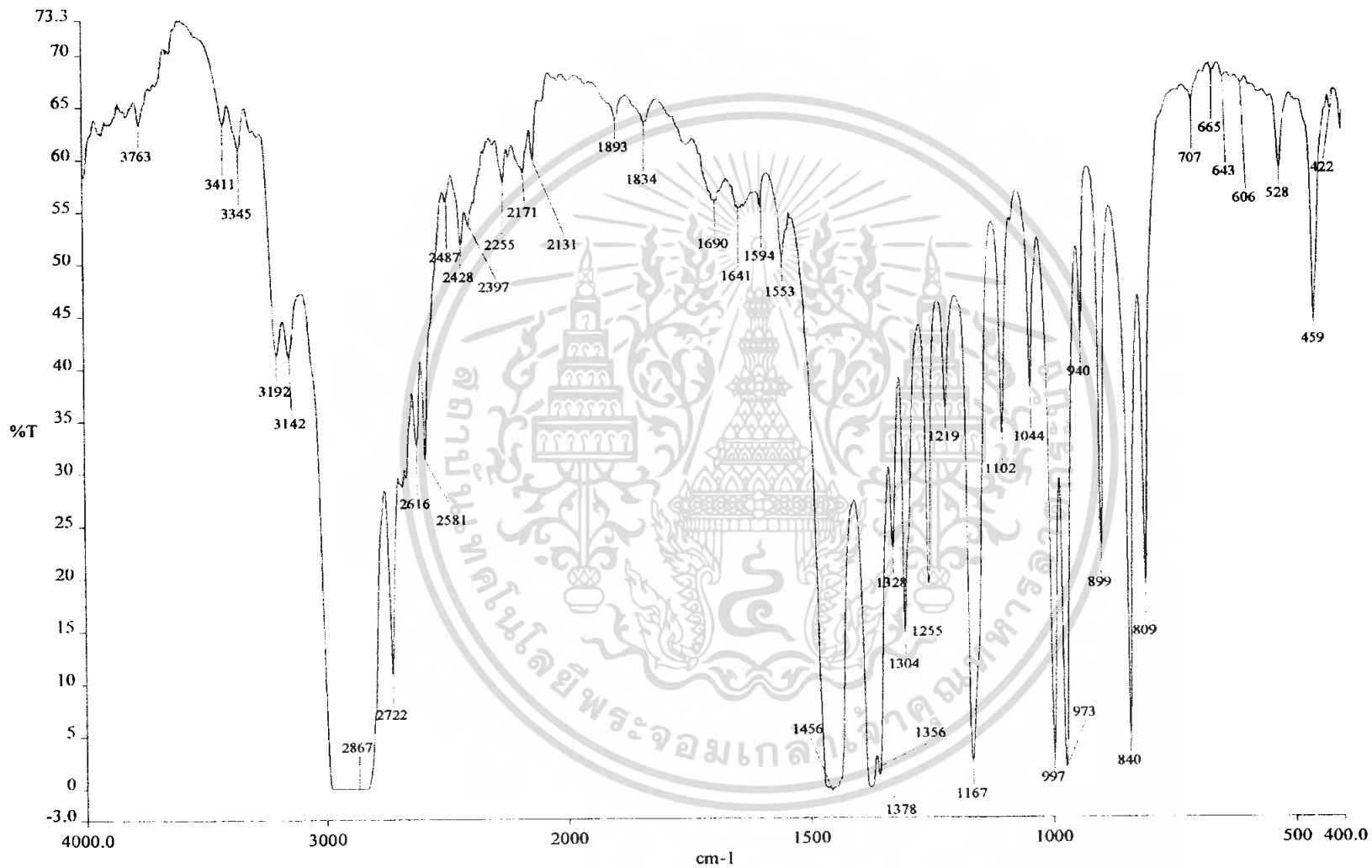


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

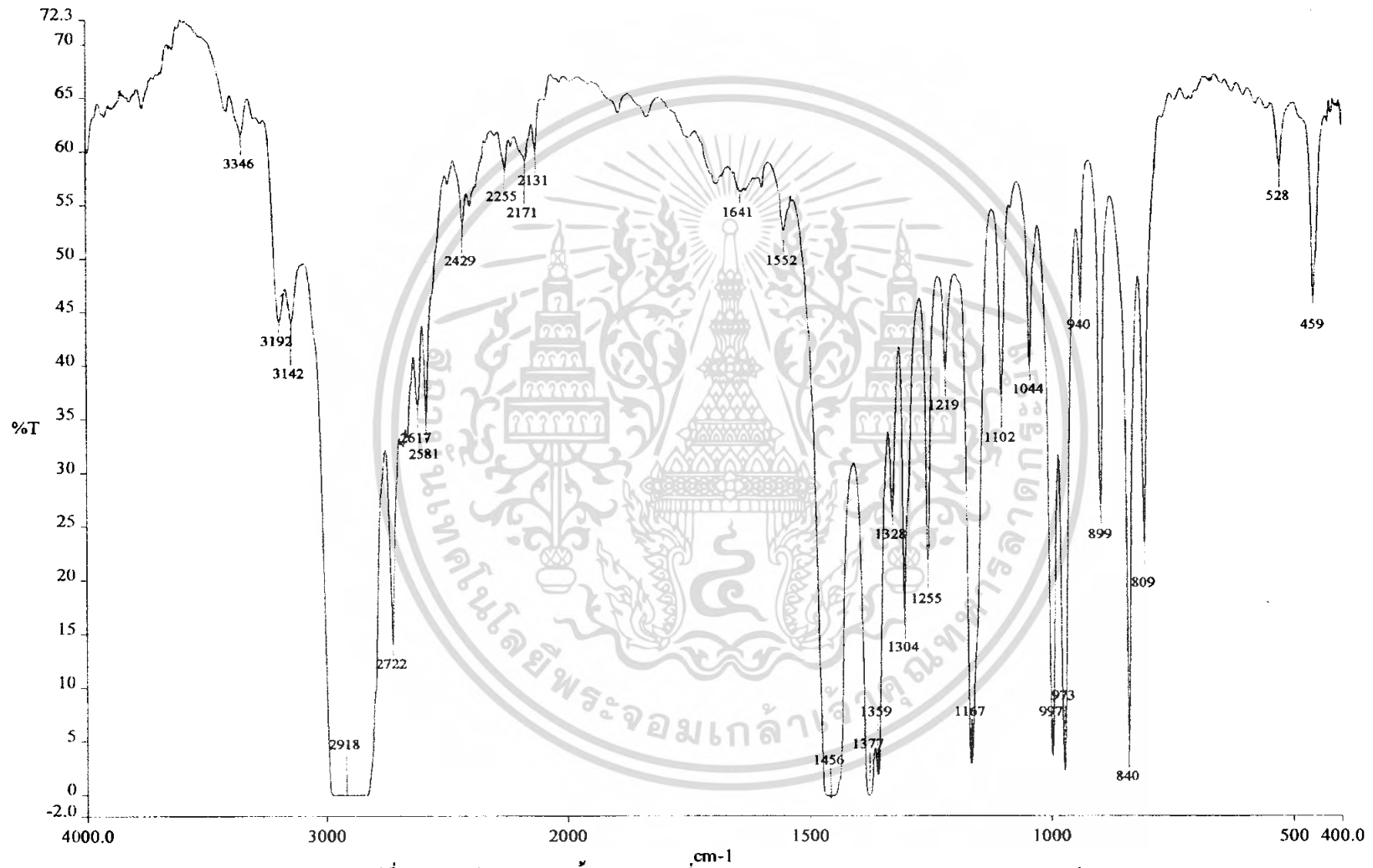
ภาคผนวก ง



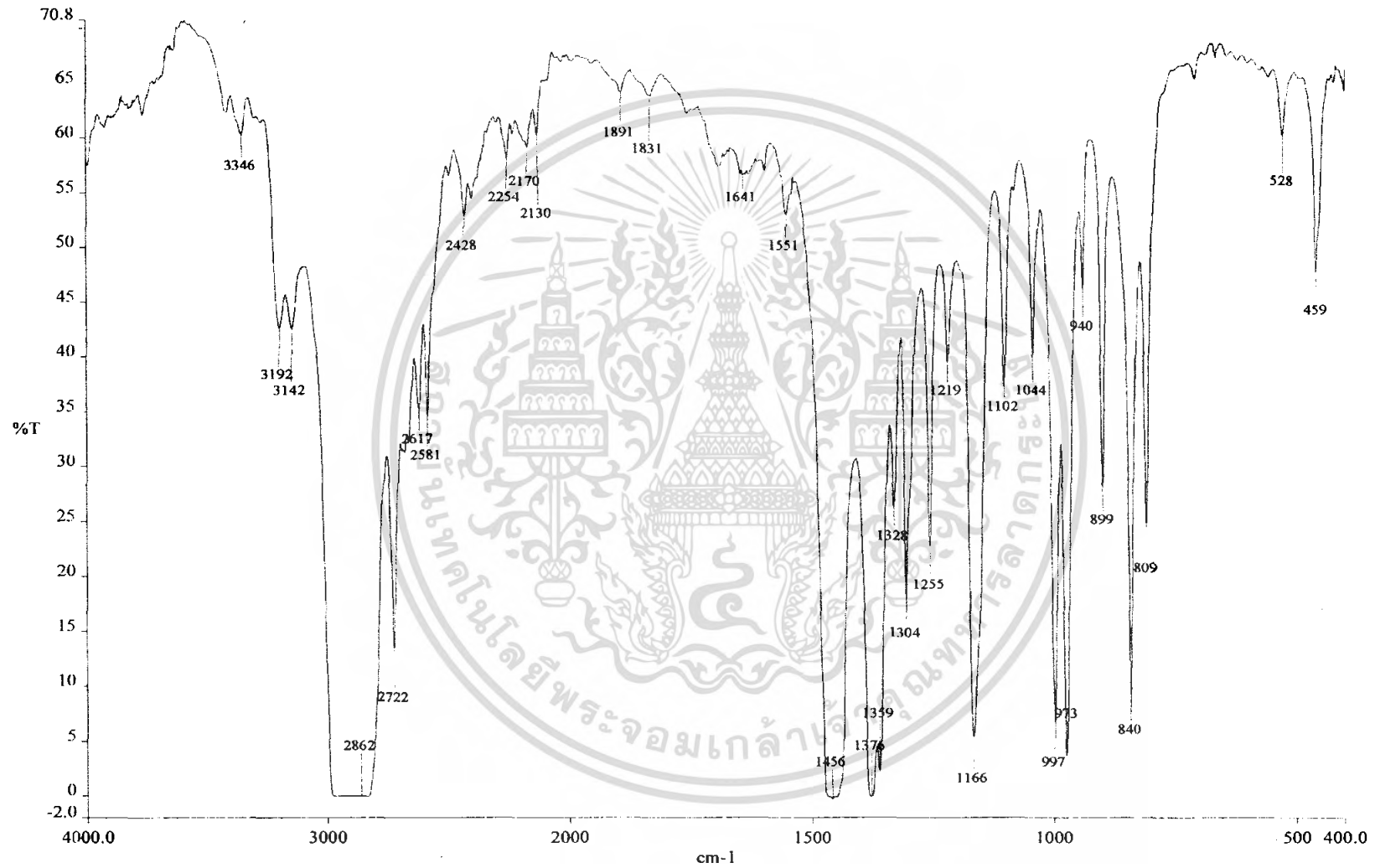
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



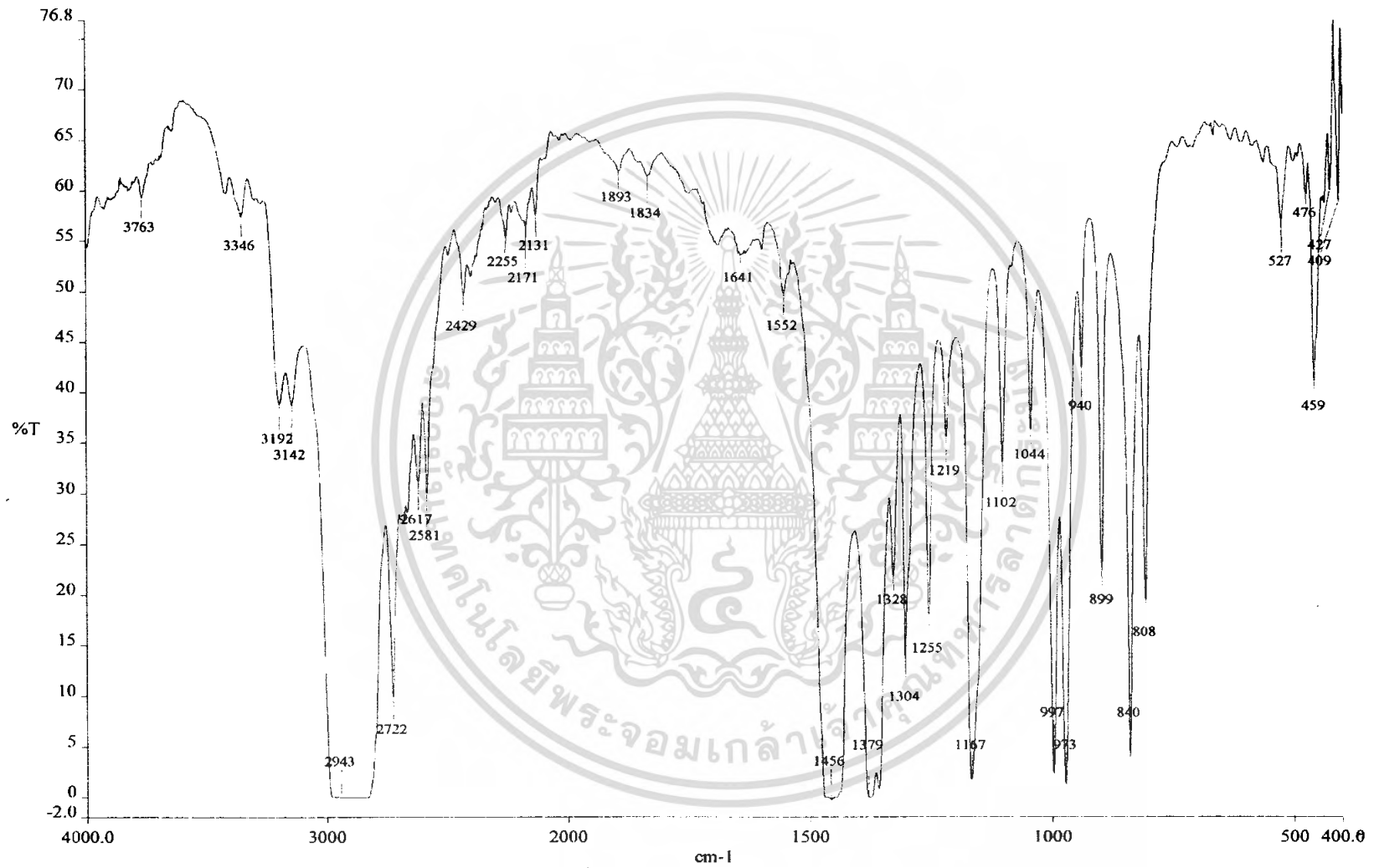
รูปที่ 3-1 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนที่ยังไม่ทำการสังกลบไนซิน



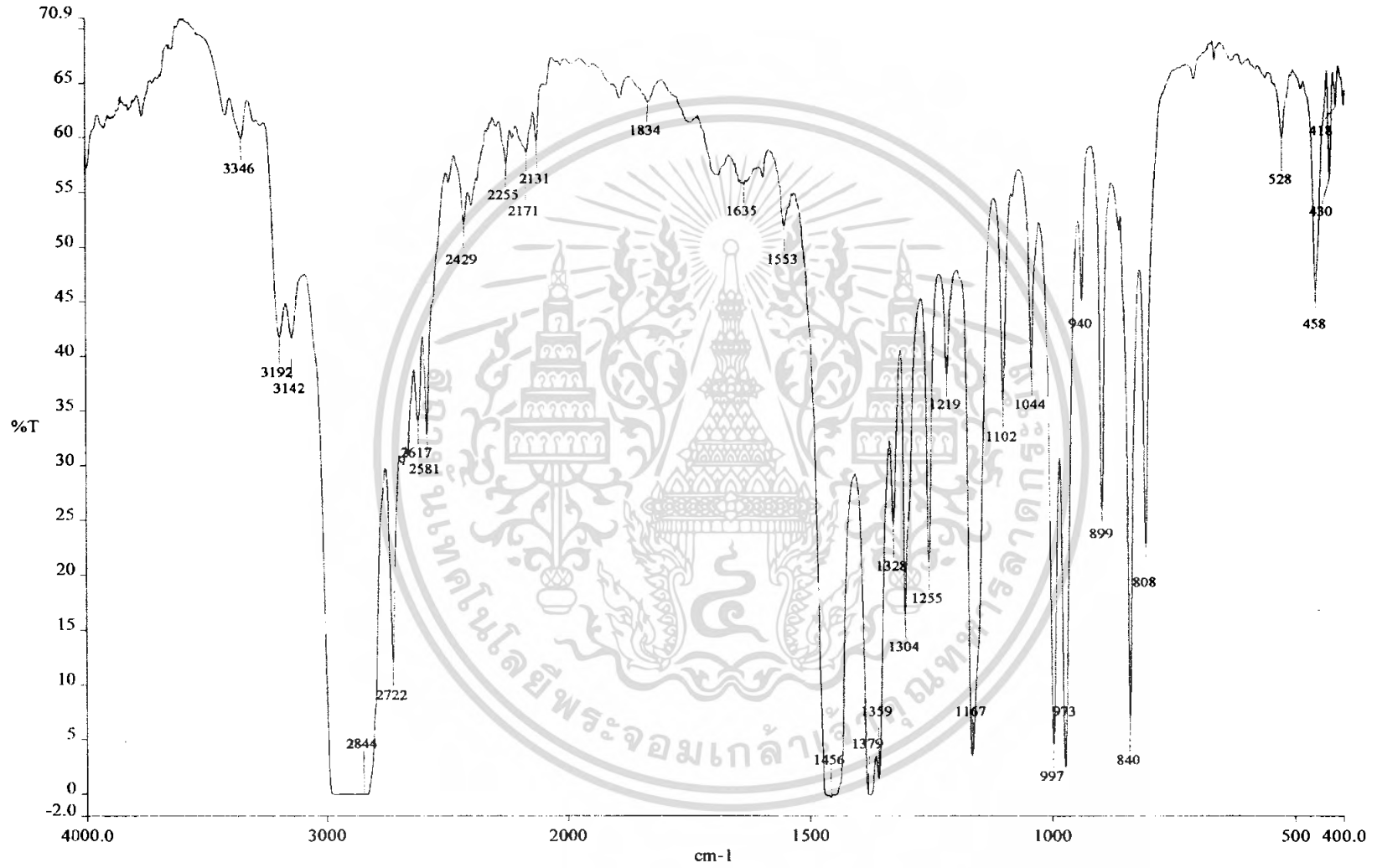
รูปที่ ง-2 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะฝักกลบในดินเป็นเวลา 1 เดือน



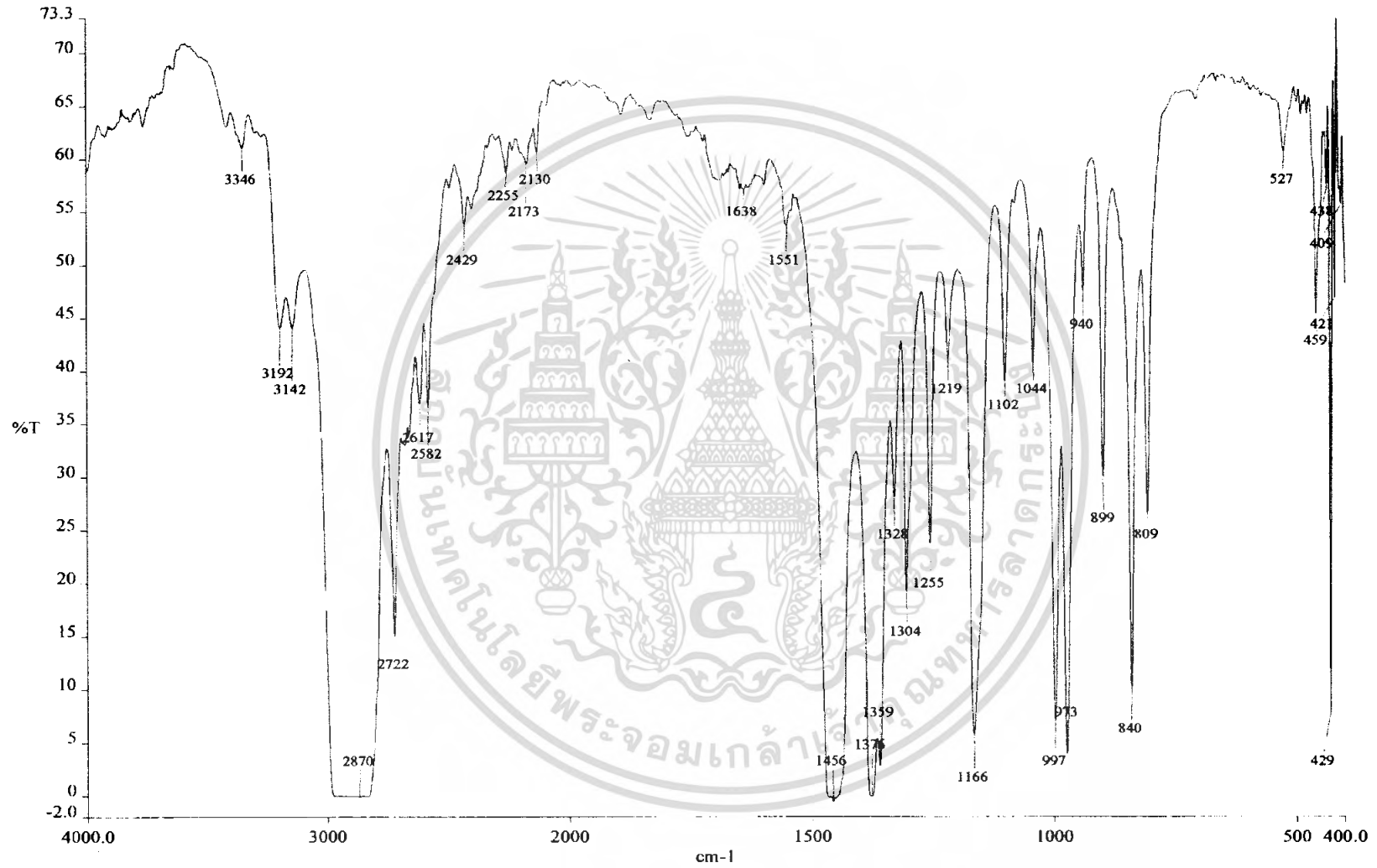
รูปที่ 3-3 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิเอทิลีนในสภาวะสุญญากาศในดินเป็นเวลา 2 เดือน



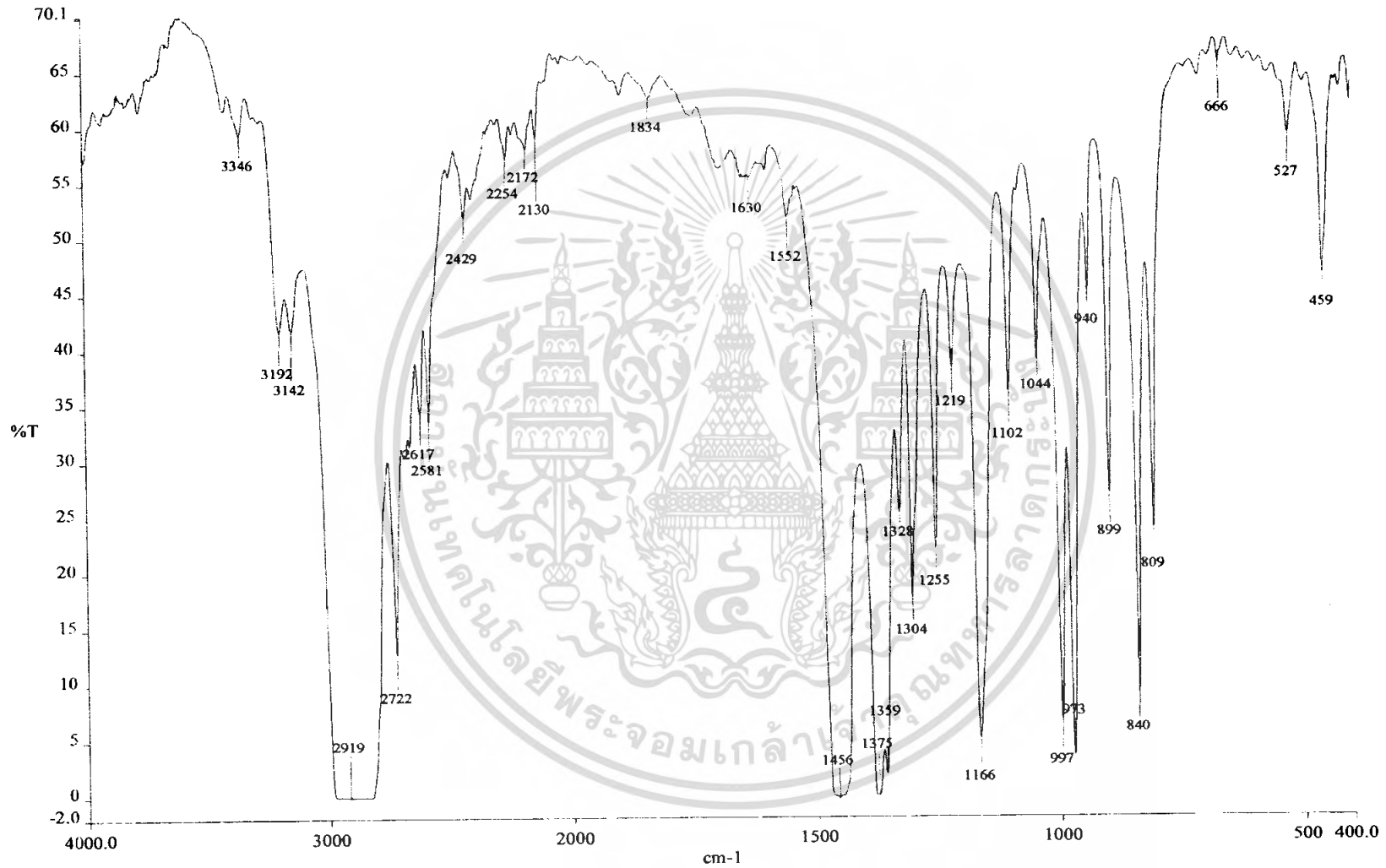
รูปที่ ง-4 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะฝังกลบในดินเป็นเวลา 3 เดือน



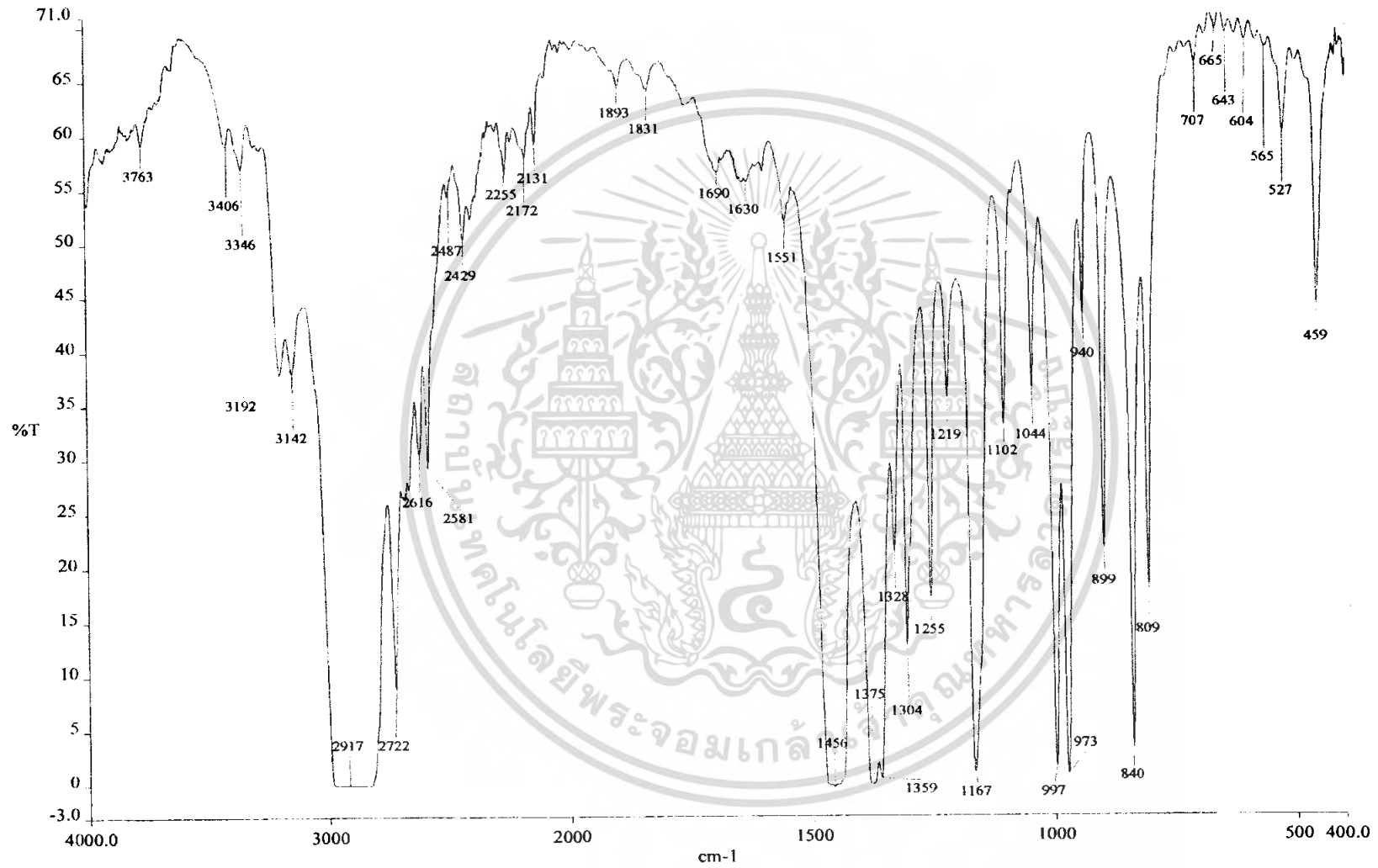
รูปที่ ง-5 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะฝังกลบในดินเป็นเวลา 4 เดือน



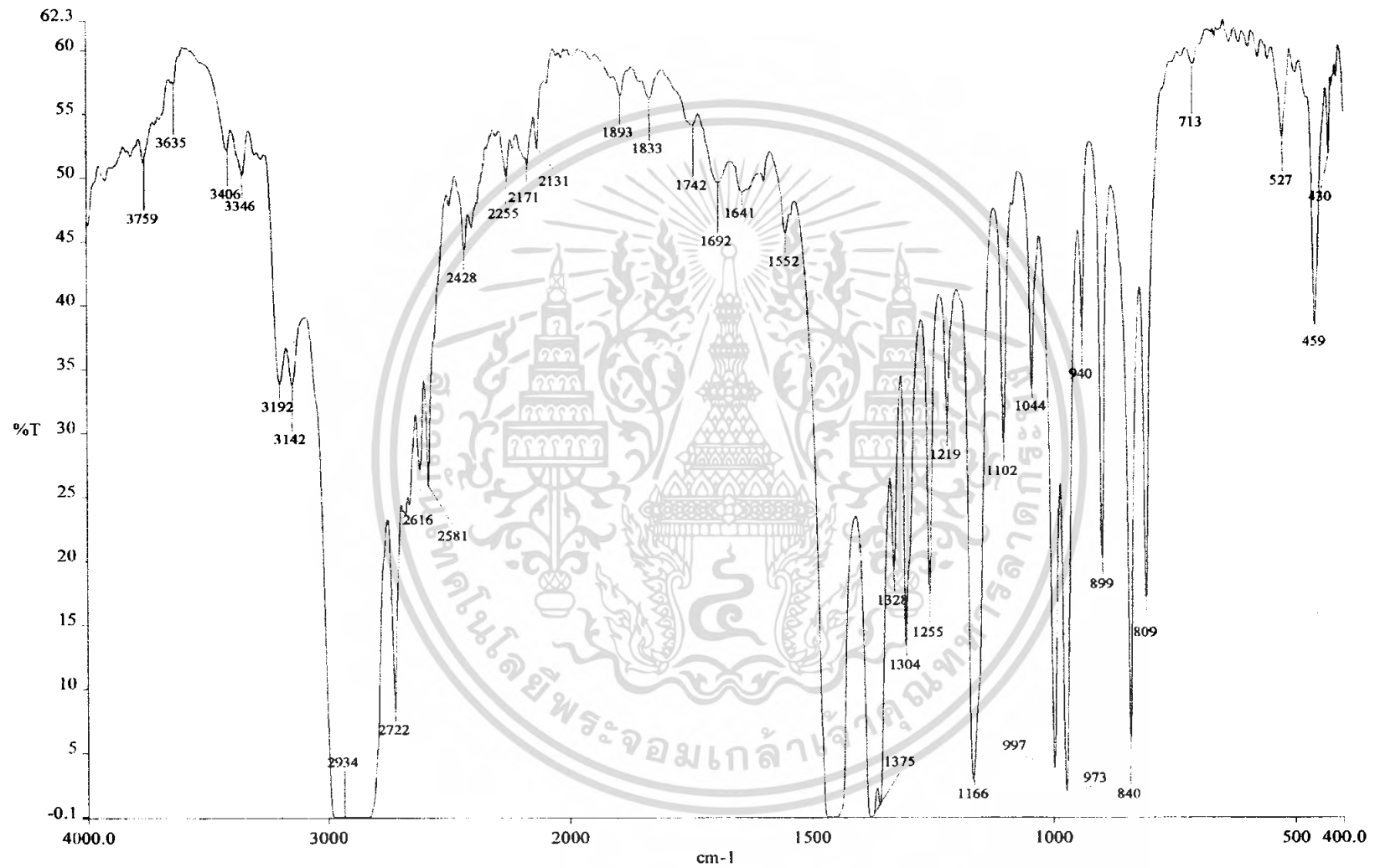
รูปที่ ง-6 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะฝังกลบในดินเป็นเวลา 5 เดือน



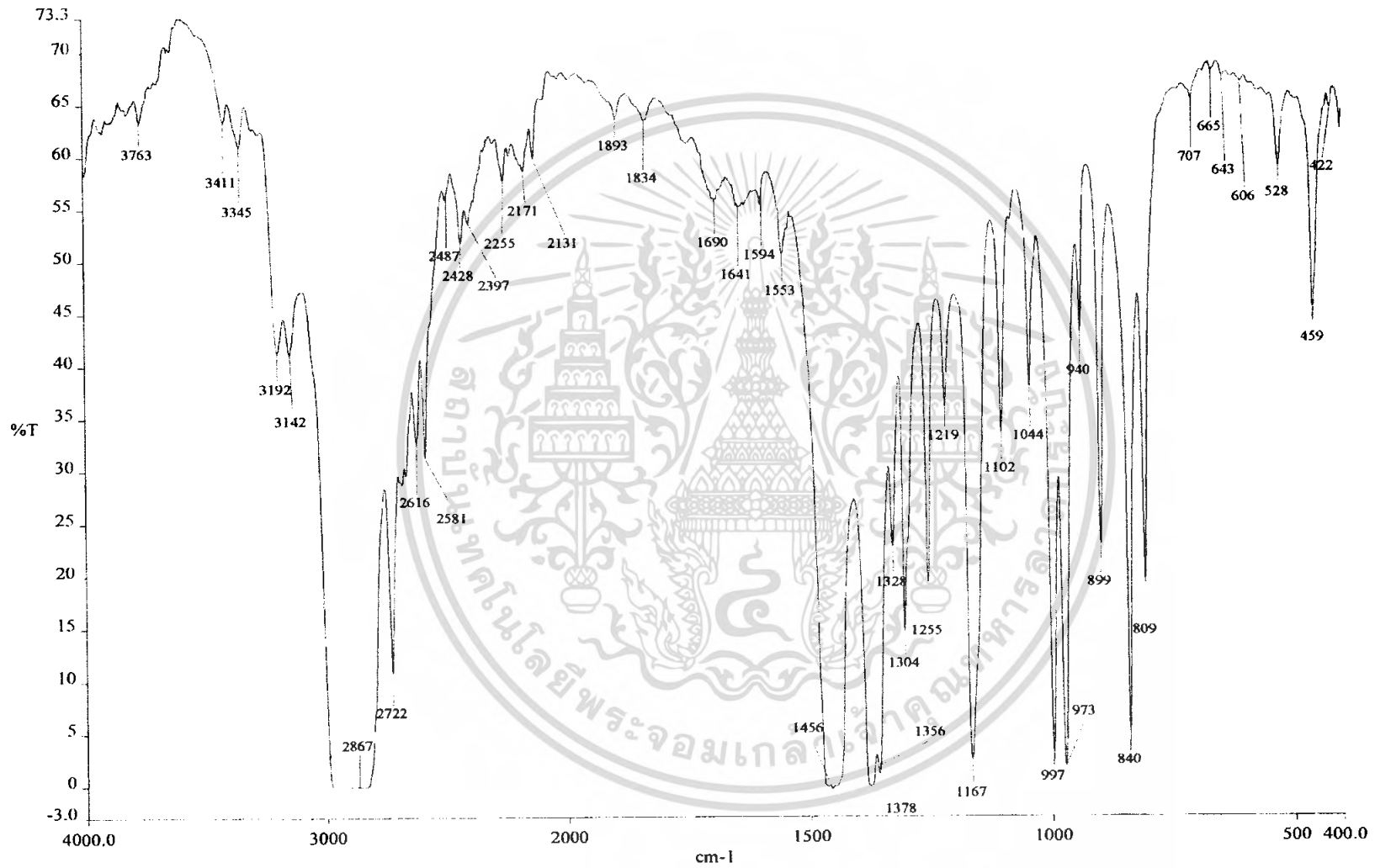
รูปที่ 3-7 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะฝังกลบในดินเป็นเวลา 6 เดือน



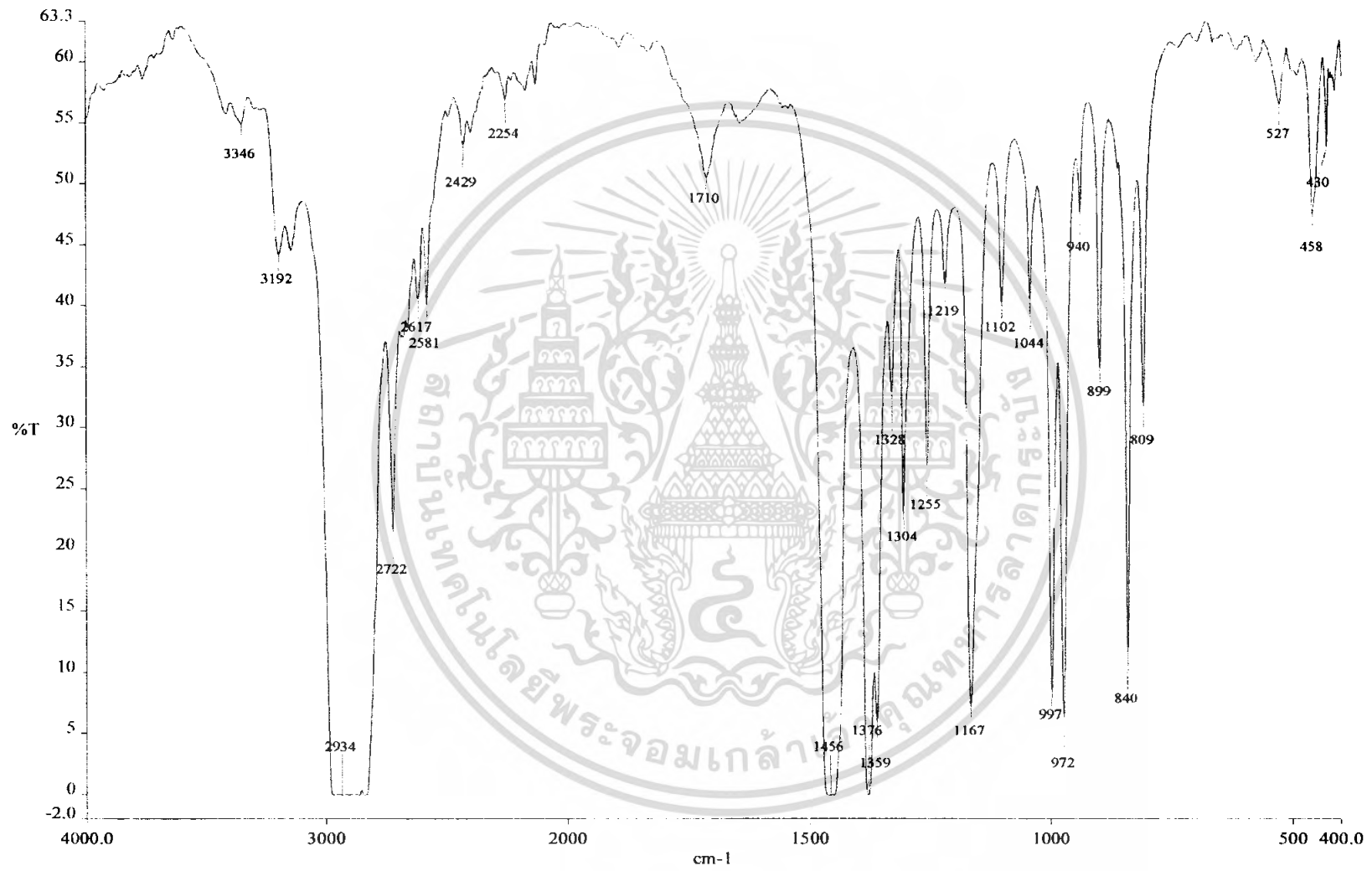
รูปที่ ง-8 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะฝังกลบในดินเป็นเวลา 7 เดือน



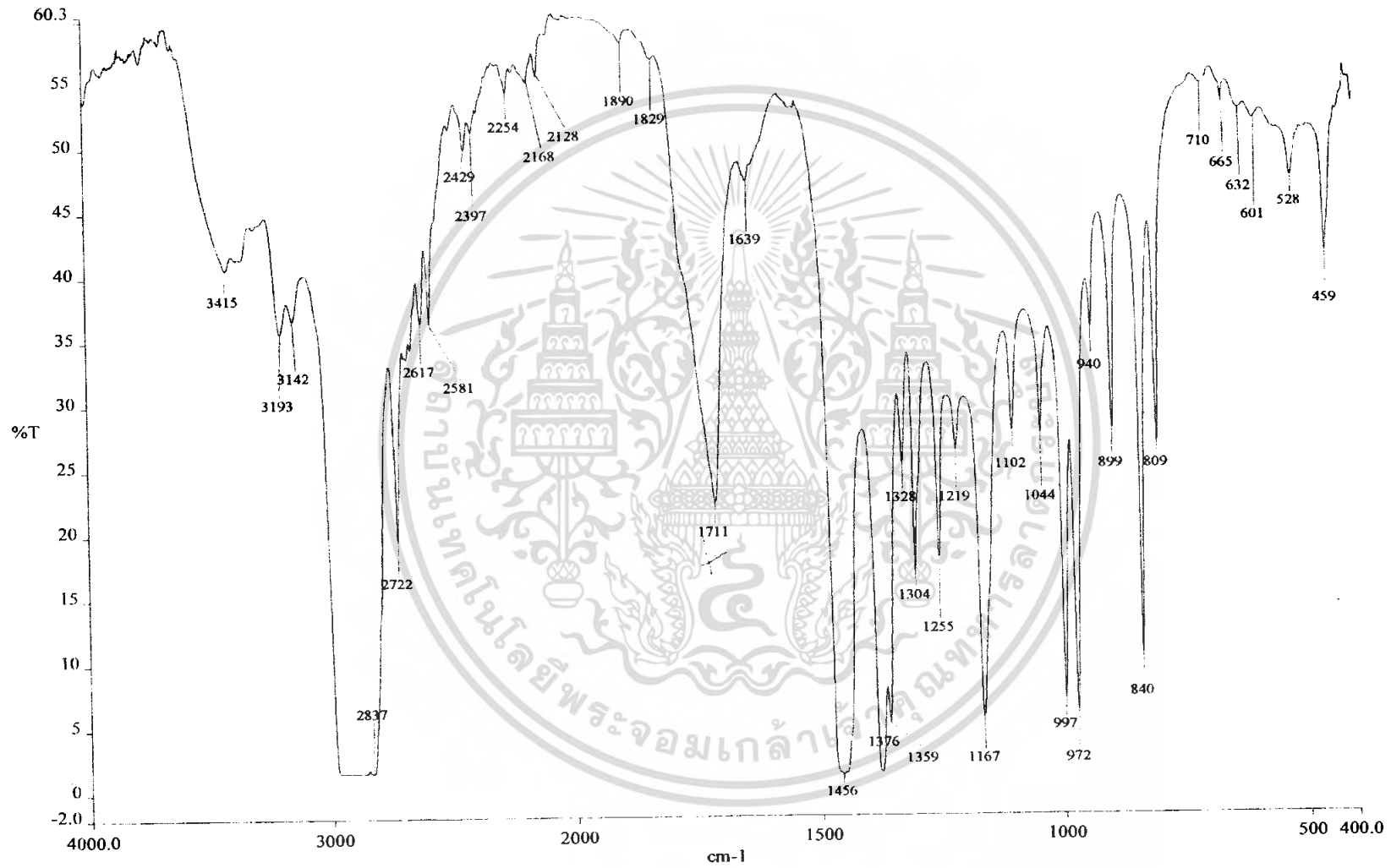
รูปที่ ง-9 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะฝังกลบในดินเป็นเวลา 8 เดือน



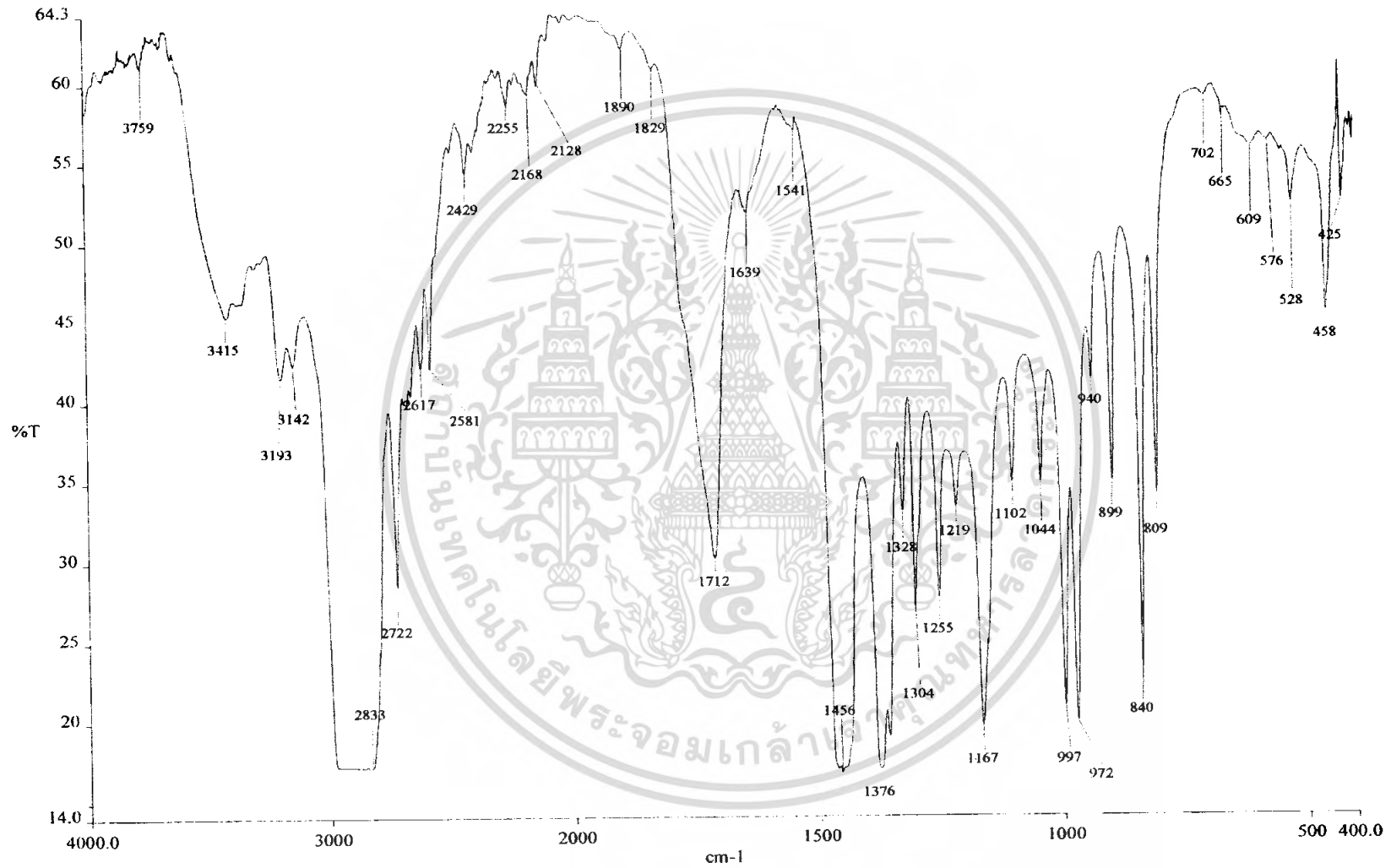
รูปที่ ง-10 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนที่ยังไม่ทำการฉายแสง UV



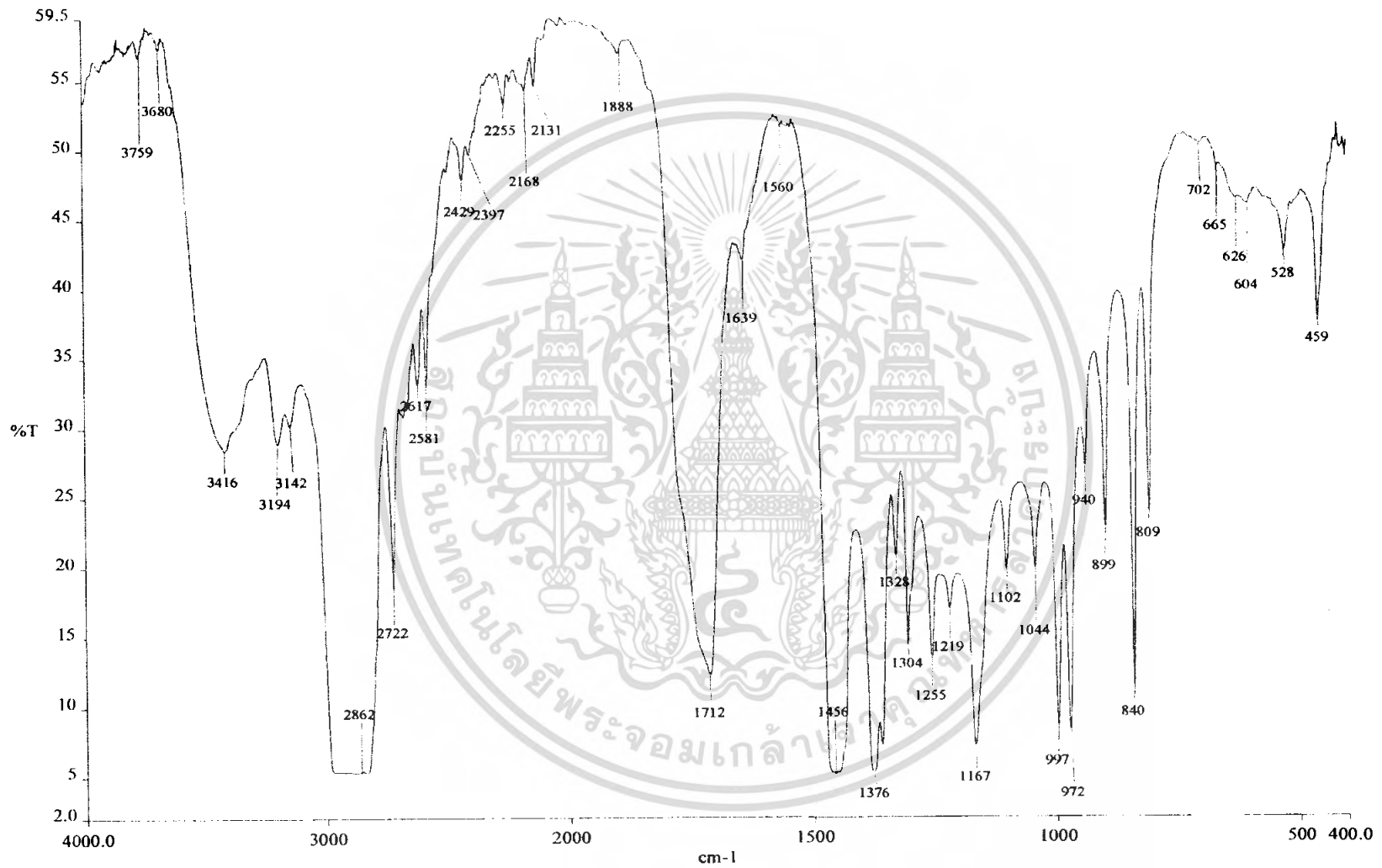
รูปที่ ๙-11 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะฉายแสง UV เป็นเวลา 1 เดือน



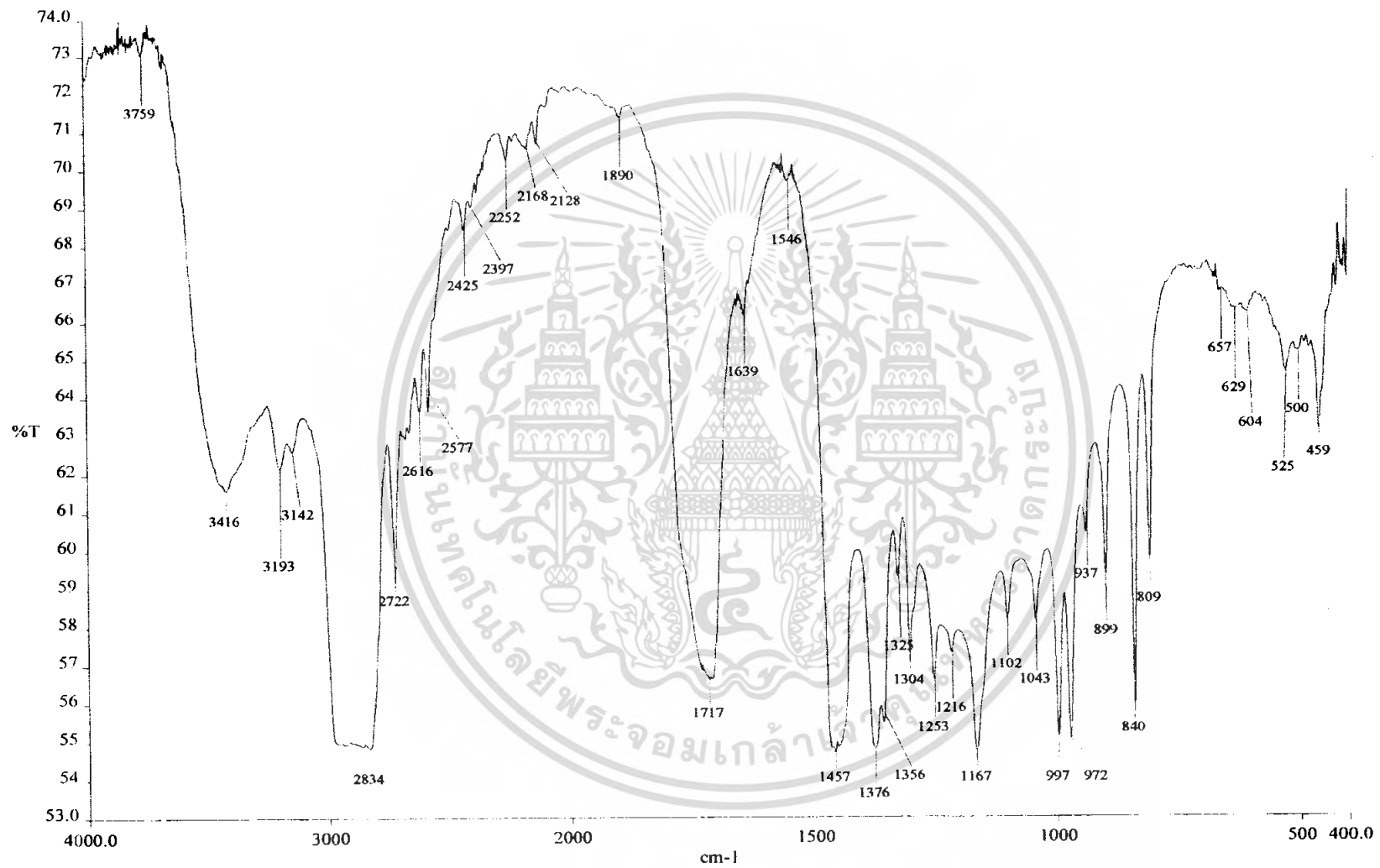
รูปที่ ๓-12 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะฉายแสง UV เป็นเวลา 2 เดือน



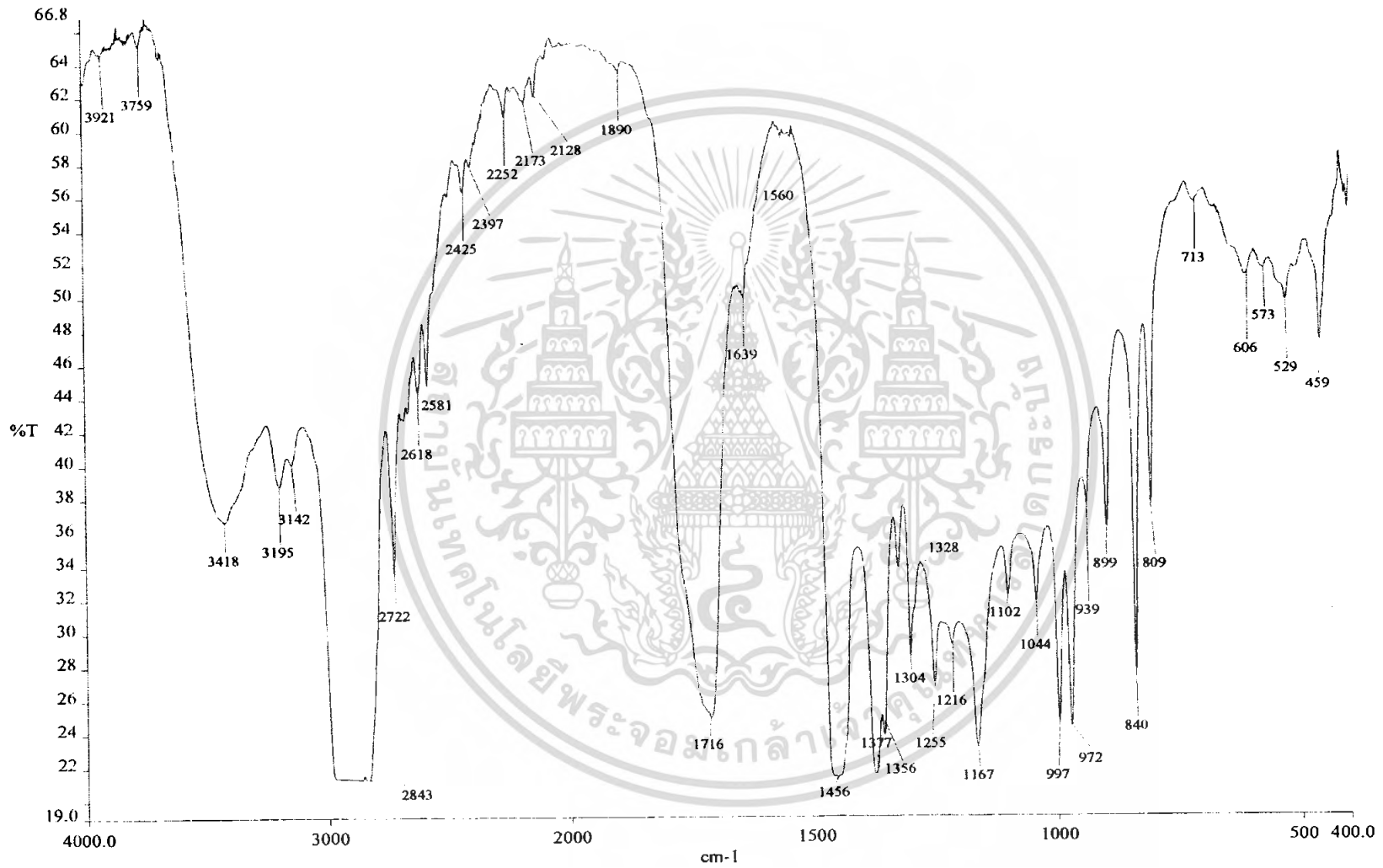
รูปที่ ง-13 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากโพลีโพรพิลีนในสภาวะฉายแสง UV เป็นเวลา 3 เดือน



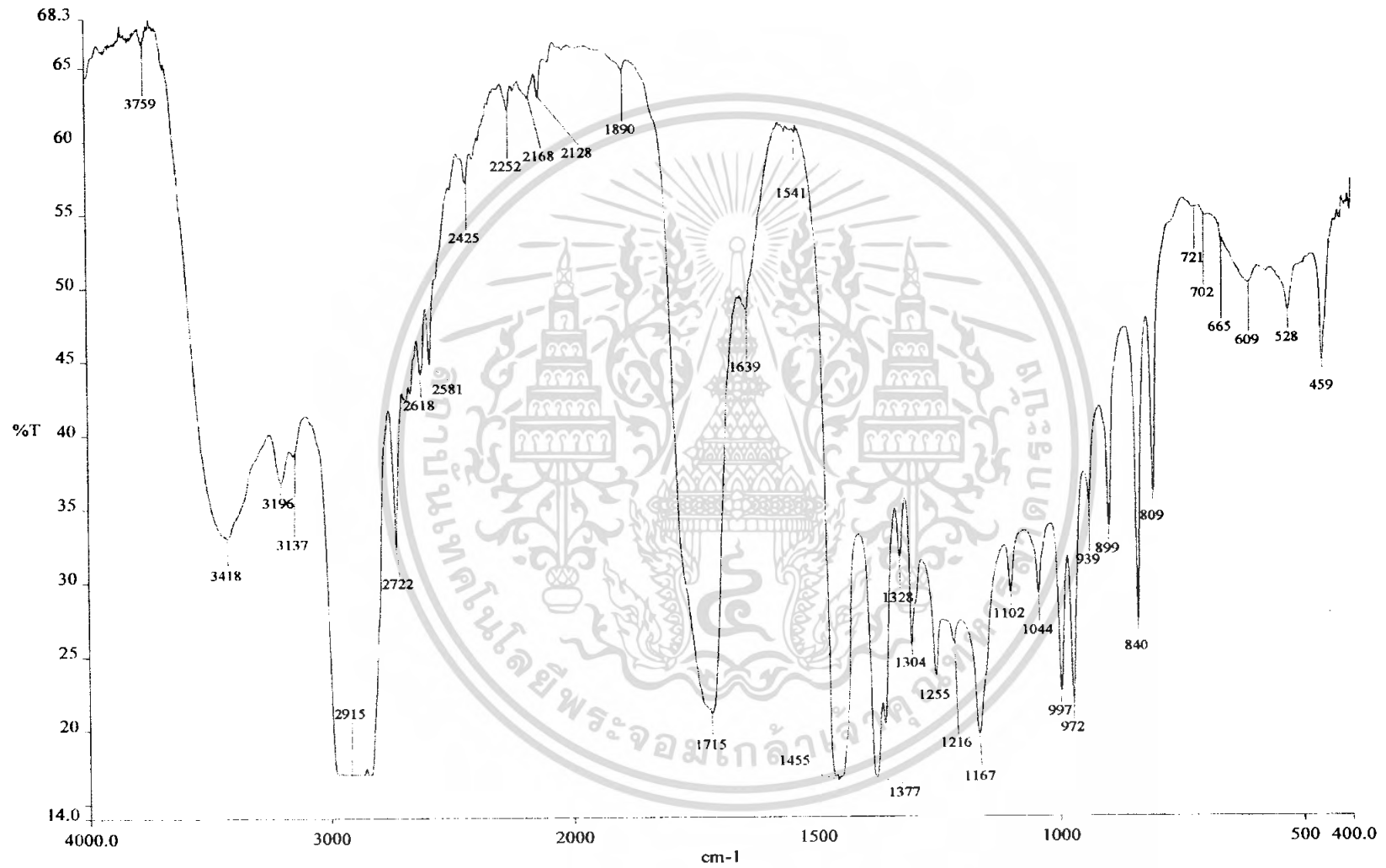
รูปที่ ง-14 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะฉายแสง UV เป็นเวลา 4 เดือน



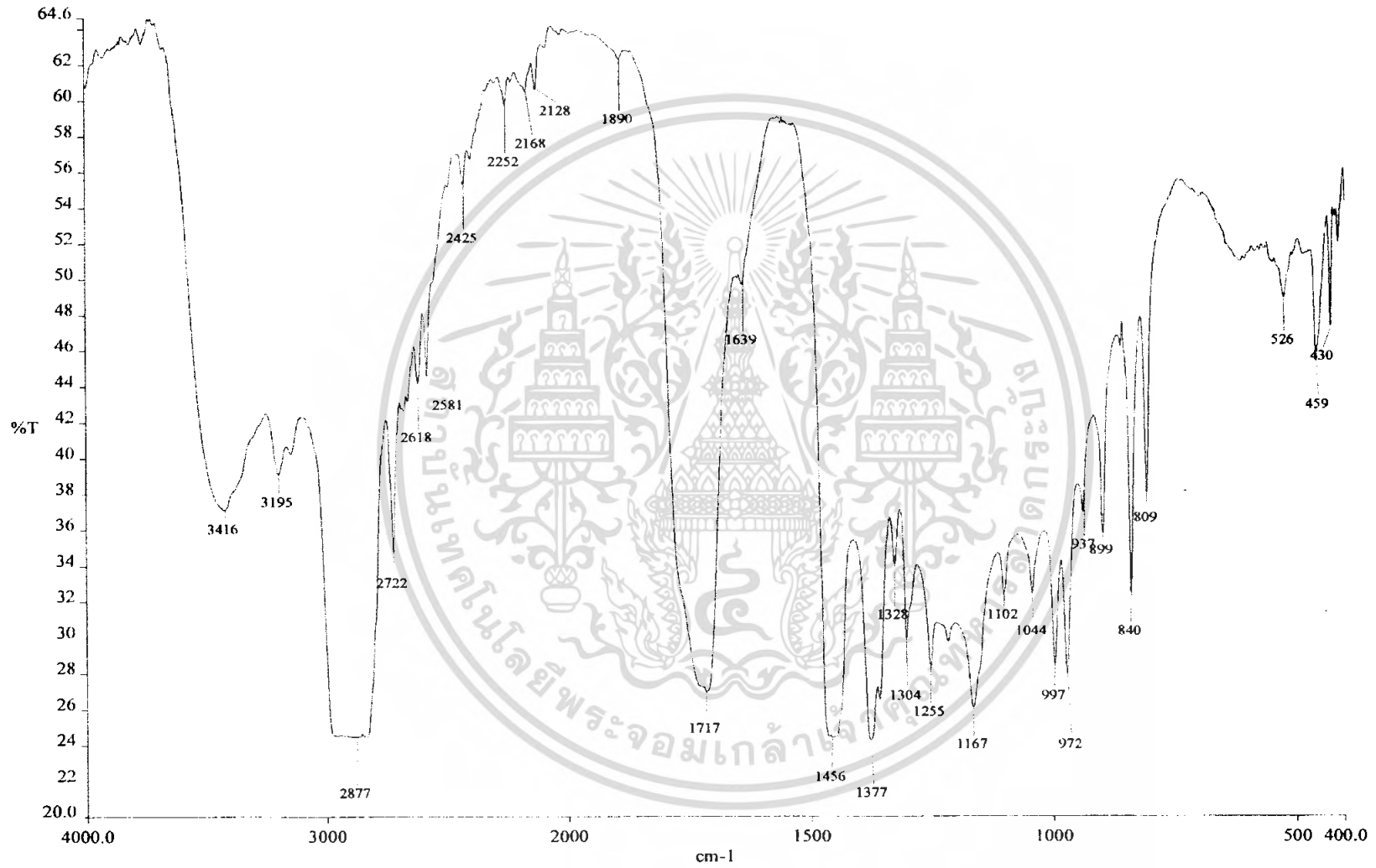
รูปที่ ง-15 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากโพลีพรอพิลีนในสภาวะฉายแสง UV เป็นเวลา 5 เดือน



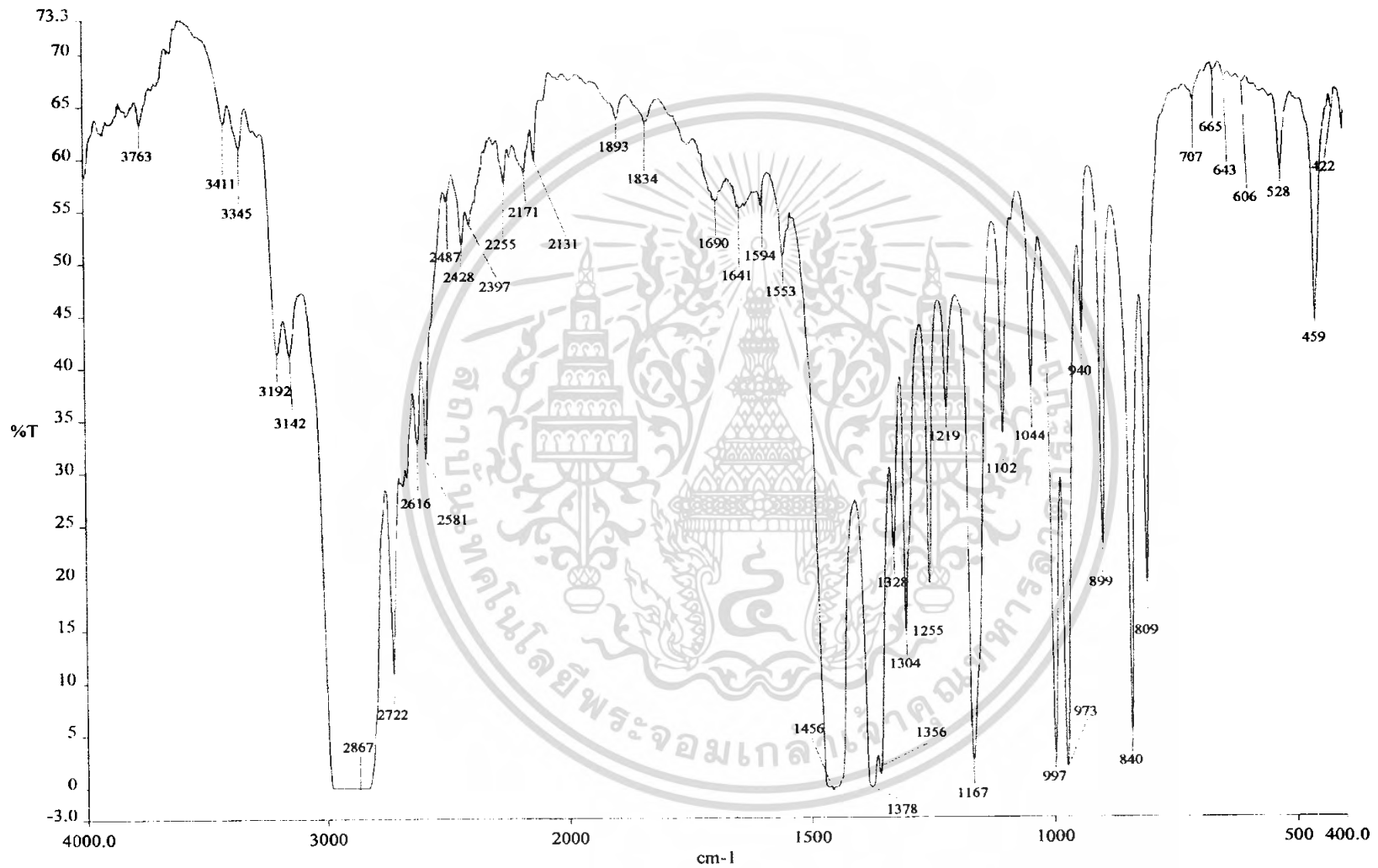
รูปที่ ง-16 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะฉายแสง UV เป็นเวลา 6 เดือน



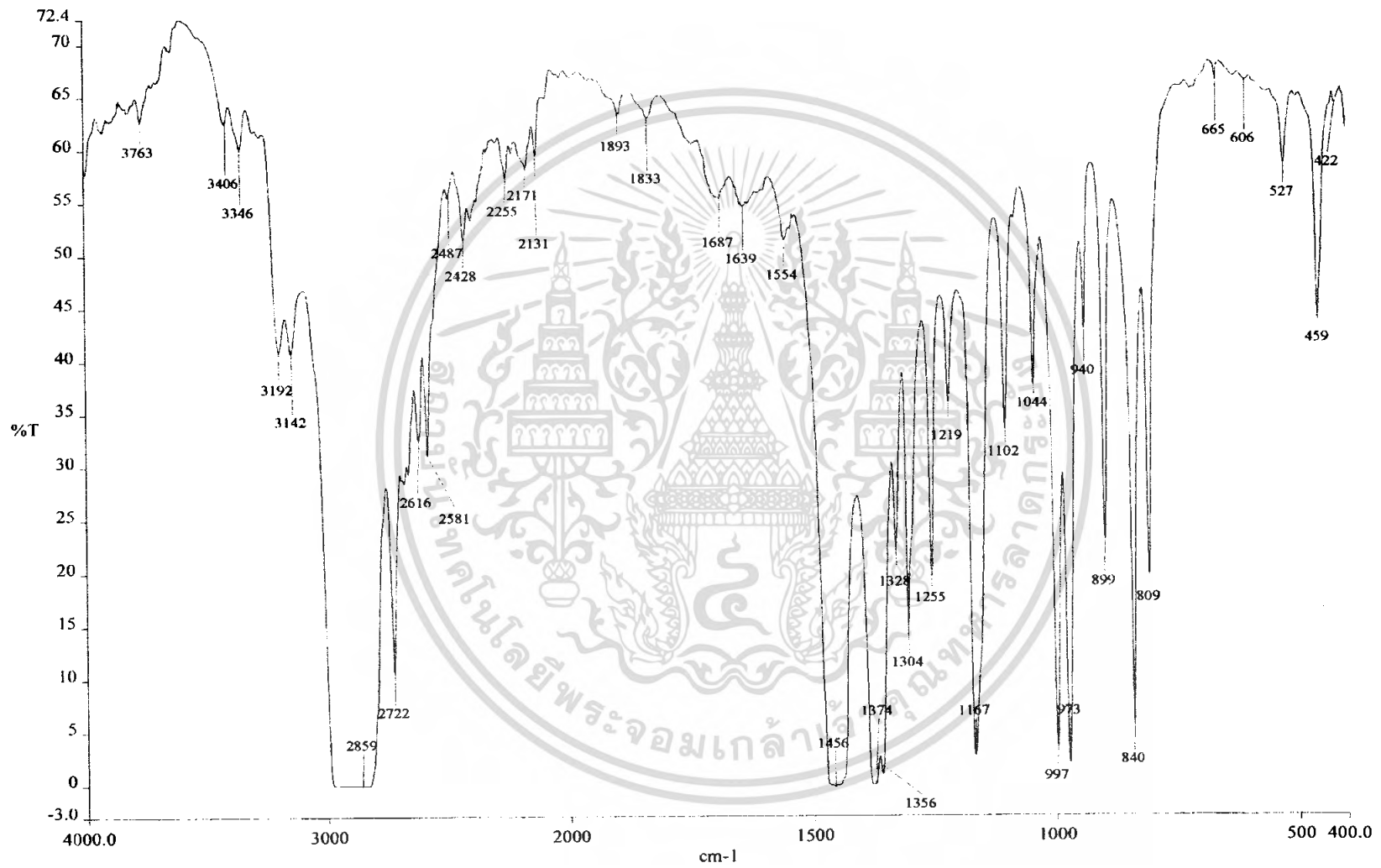
รูปที่ 3-17 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะฉายแสง UV เป็นเวลา 7 เดือน



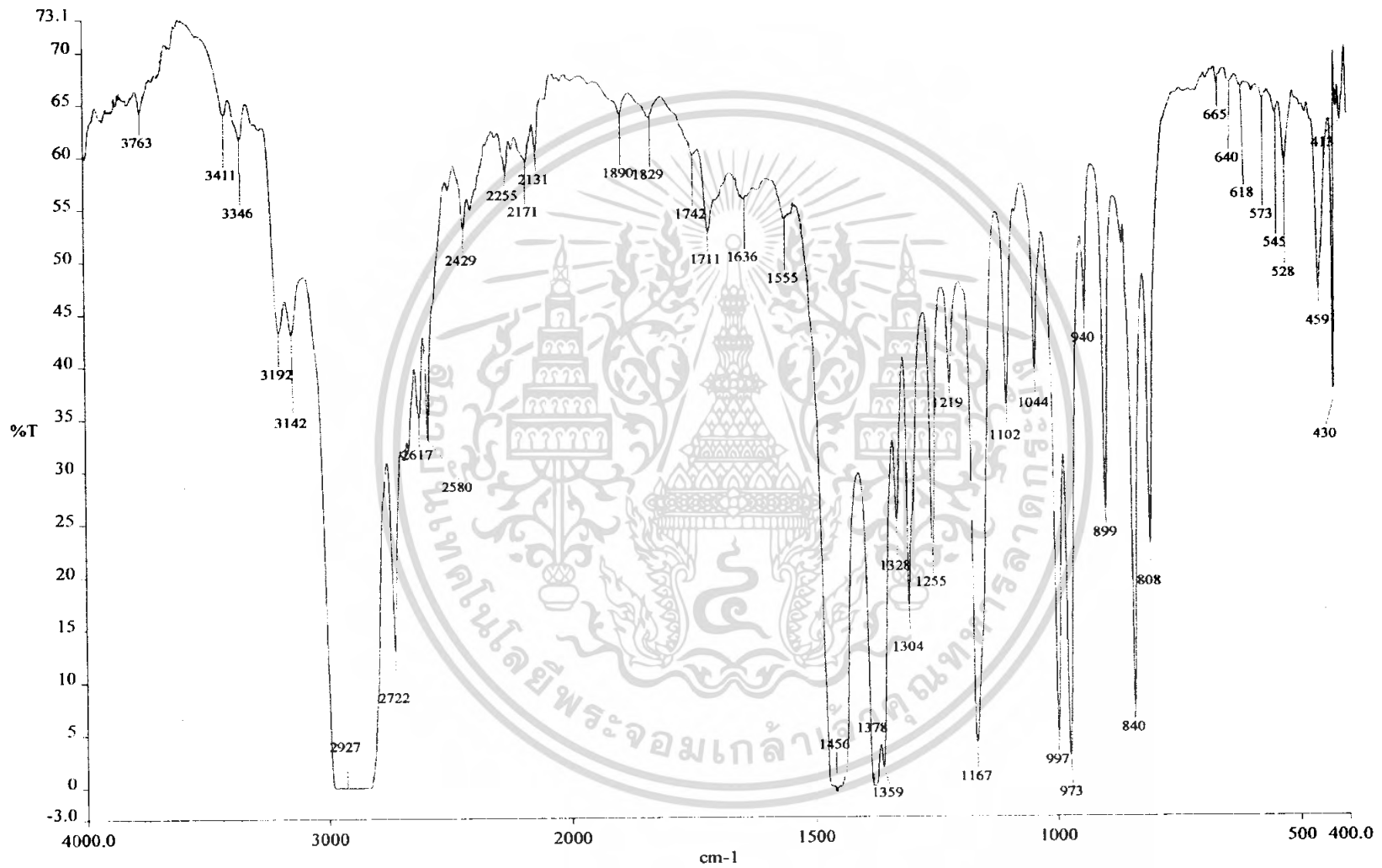
รูปที่ ง-18 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะฉายแสง UV เป็นเวลา 8 เดือน



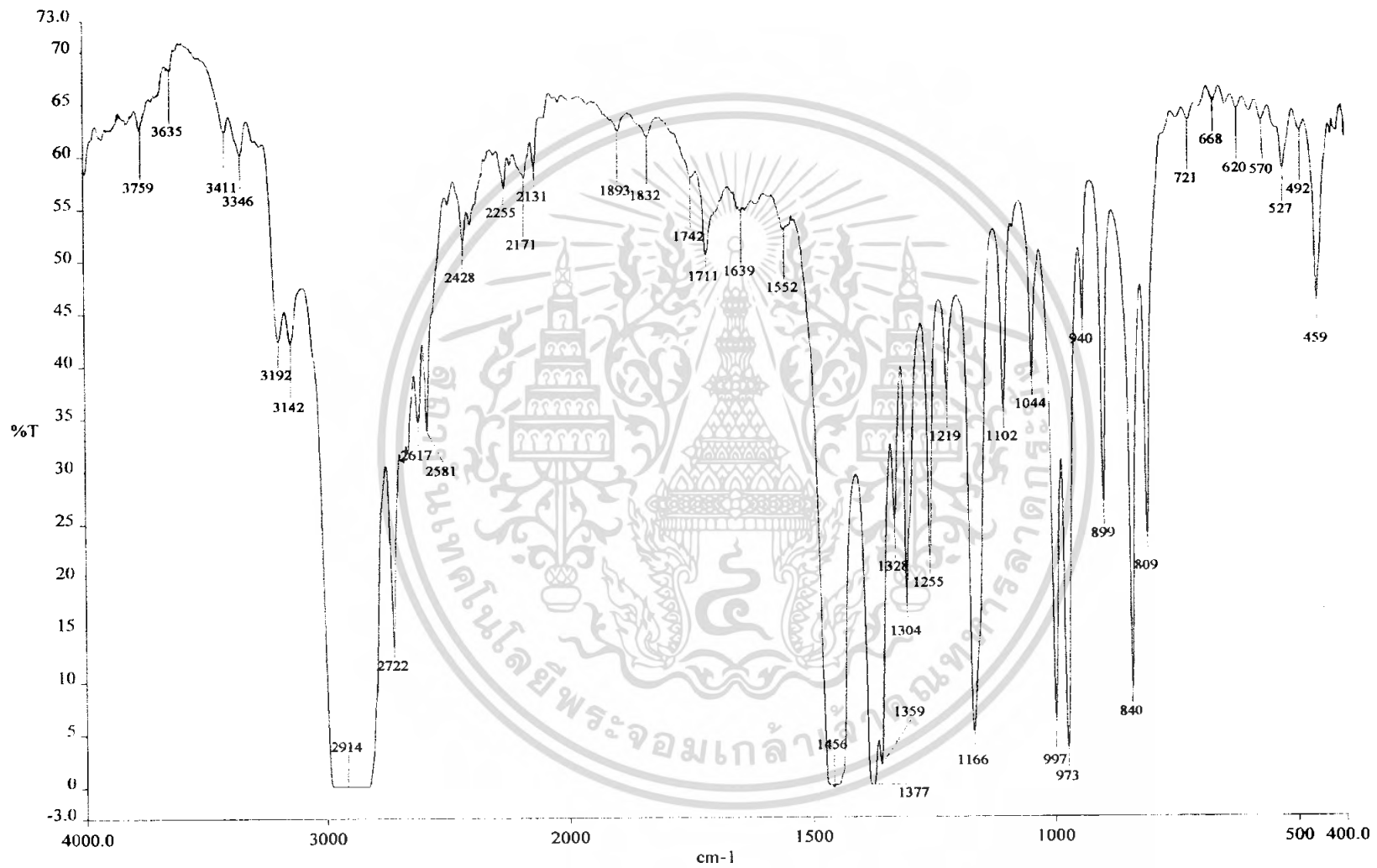
รูปที่ ง-19 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนที่ยังไม่แช่บูยอินทรีย์น้ำ พ.ศ. 6



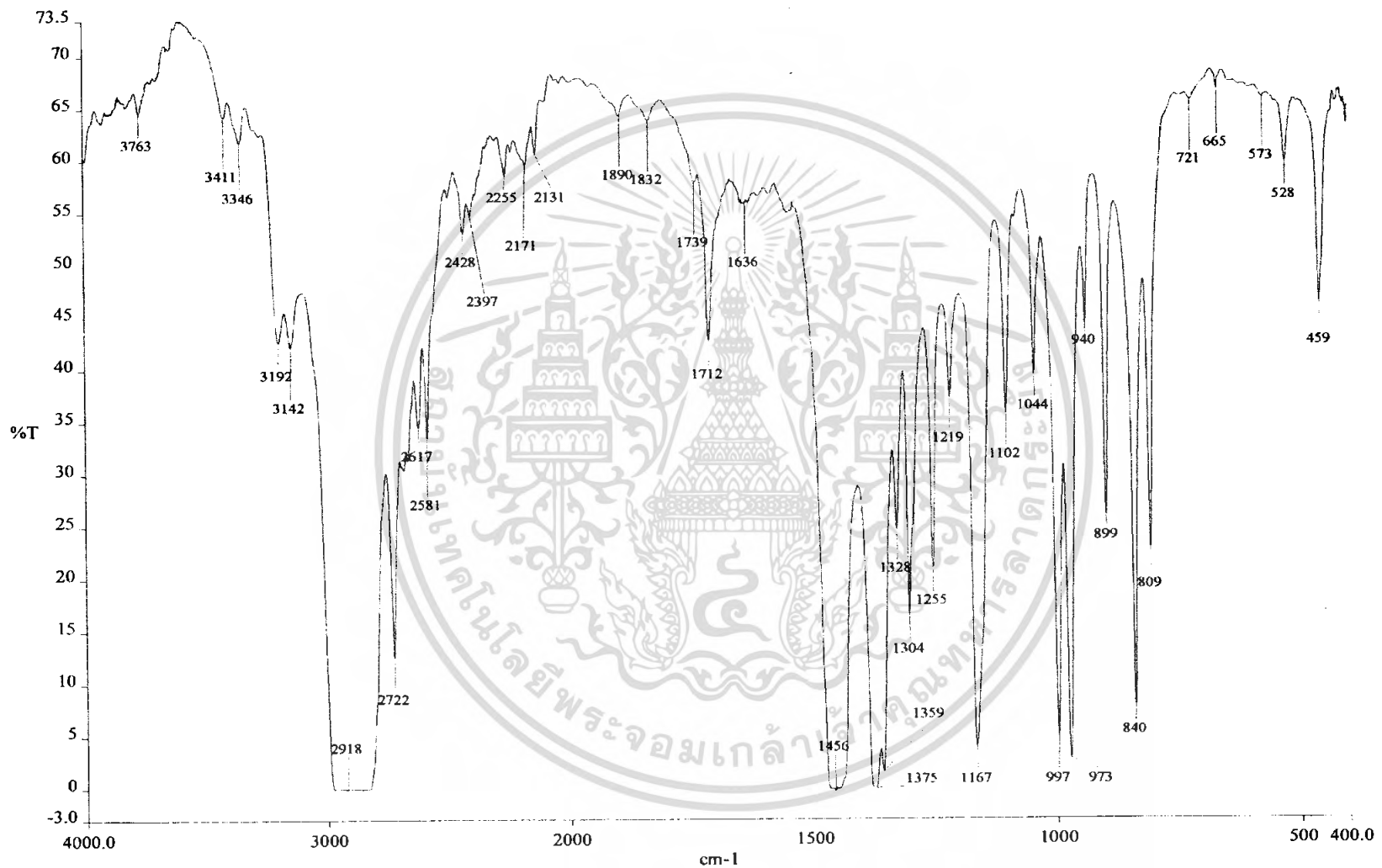
รูปที่ 4-20 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสถานะแข็งอินทรีย์น้ำ พ.ศ. 6 เป็นเวลา 1 เดือน



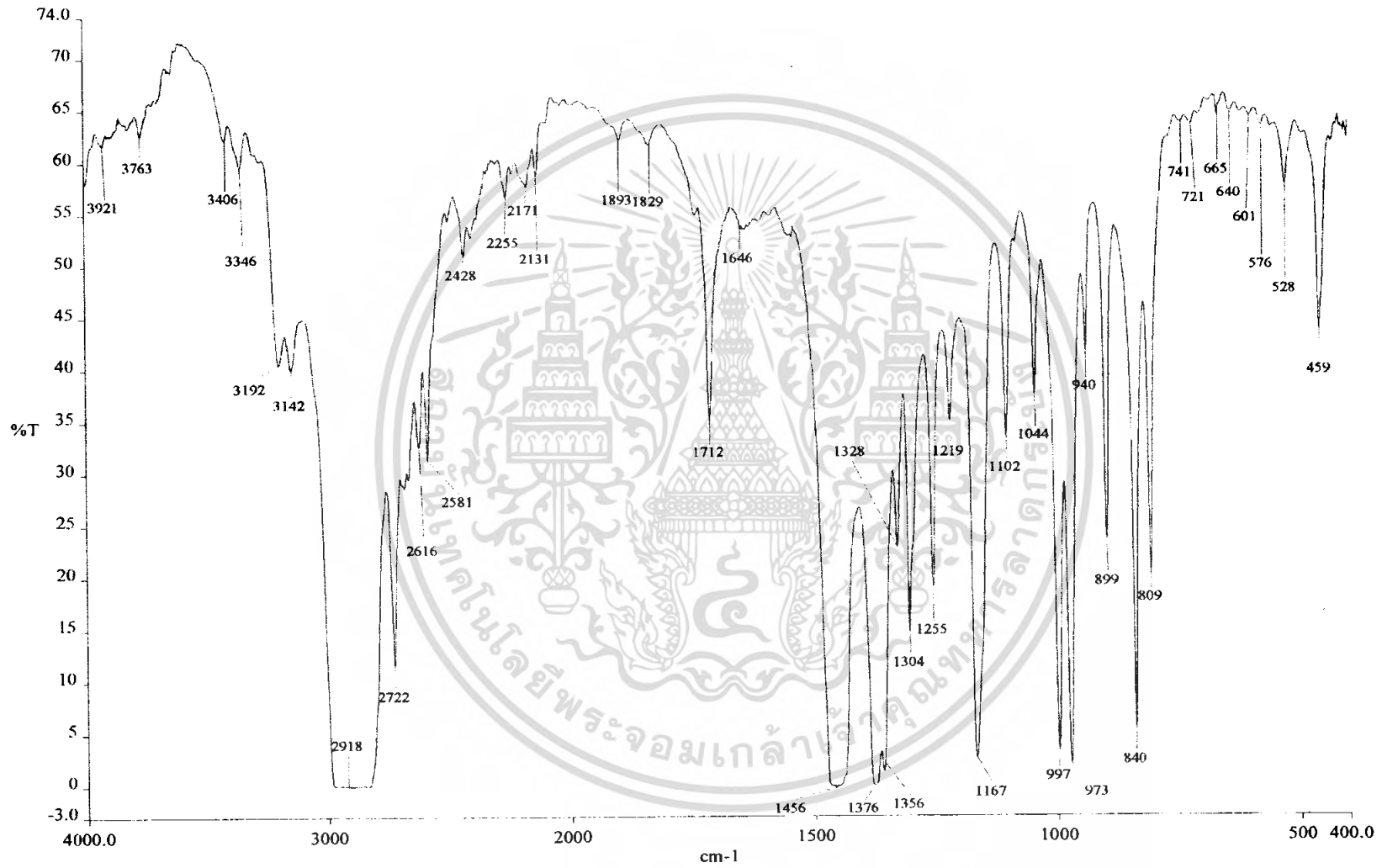
รูปที่ ง-21 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พ.ค. 6 เป็นเวลา 2 เดือน



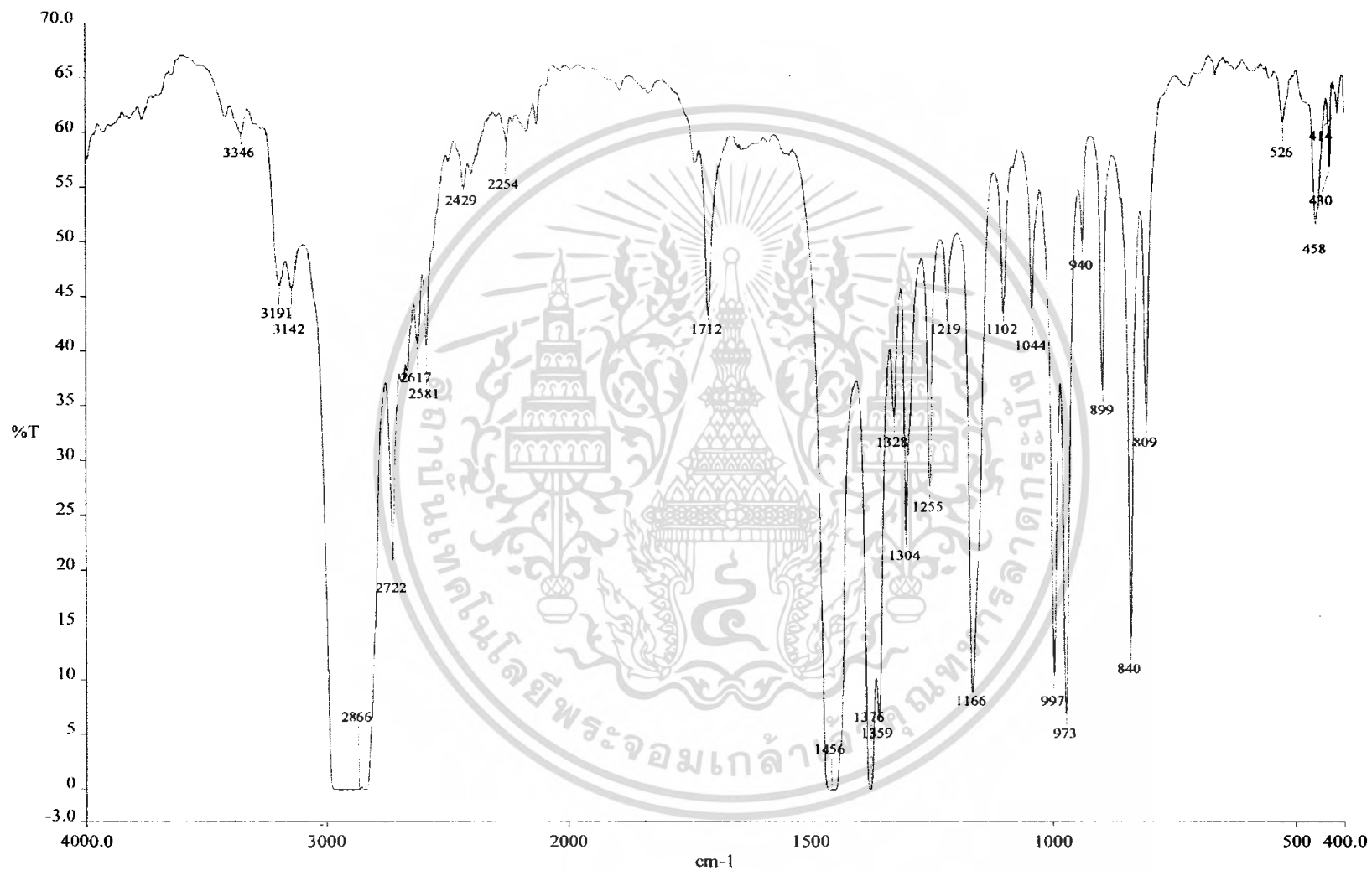
รูปที่ ง-22 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะแซบู่อินทรีย์น้ำ พ.ศ. 6 เป็นเวลา 3 เดือน



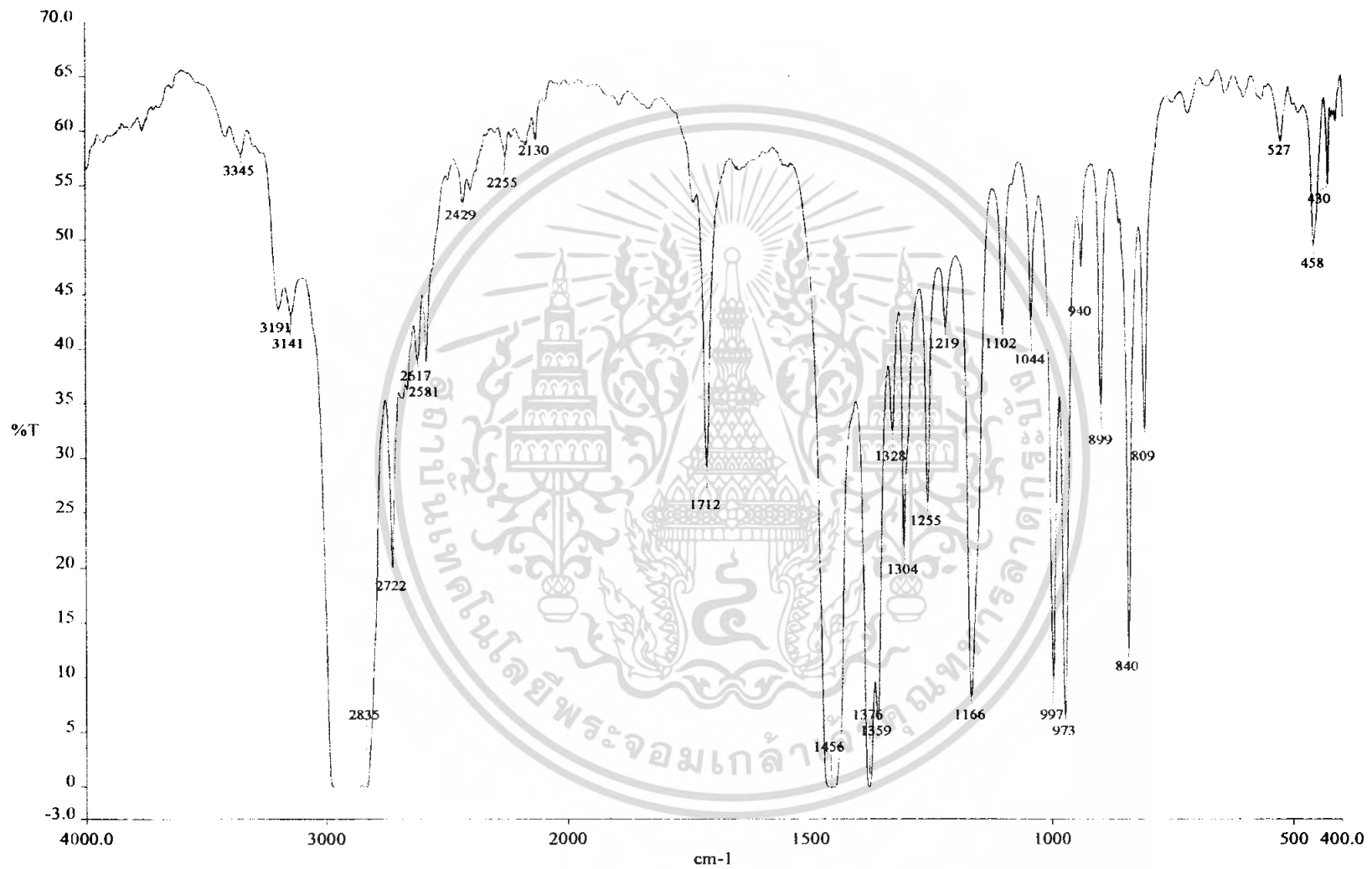
รูปที่ ง-23 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะแช่ขุ่ยอินทรีย์น้ำ พ.ศ. 6 เป็นเวลา 4 เดือน



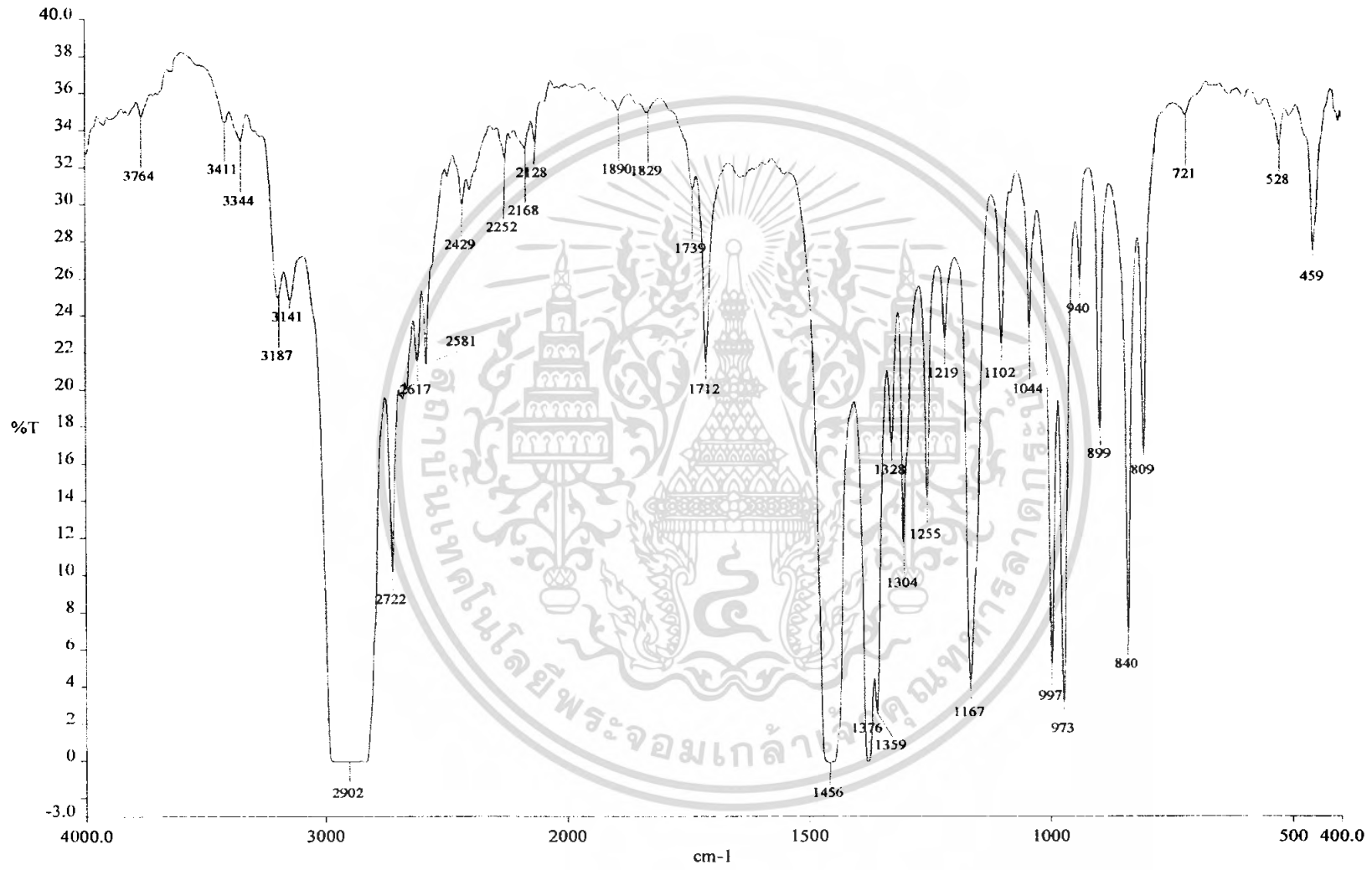
รูปที่ ง-24 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะแช่ขุ่ยอินทรีย์น้ำ พ.ค. 6 เป็นเวลา 5 เดือน



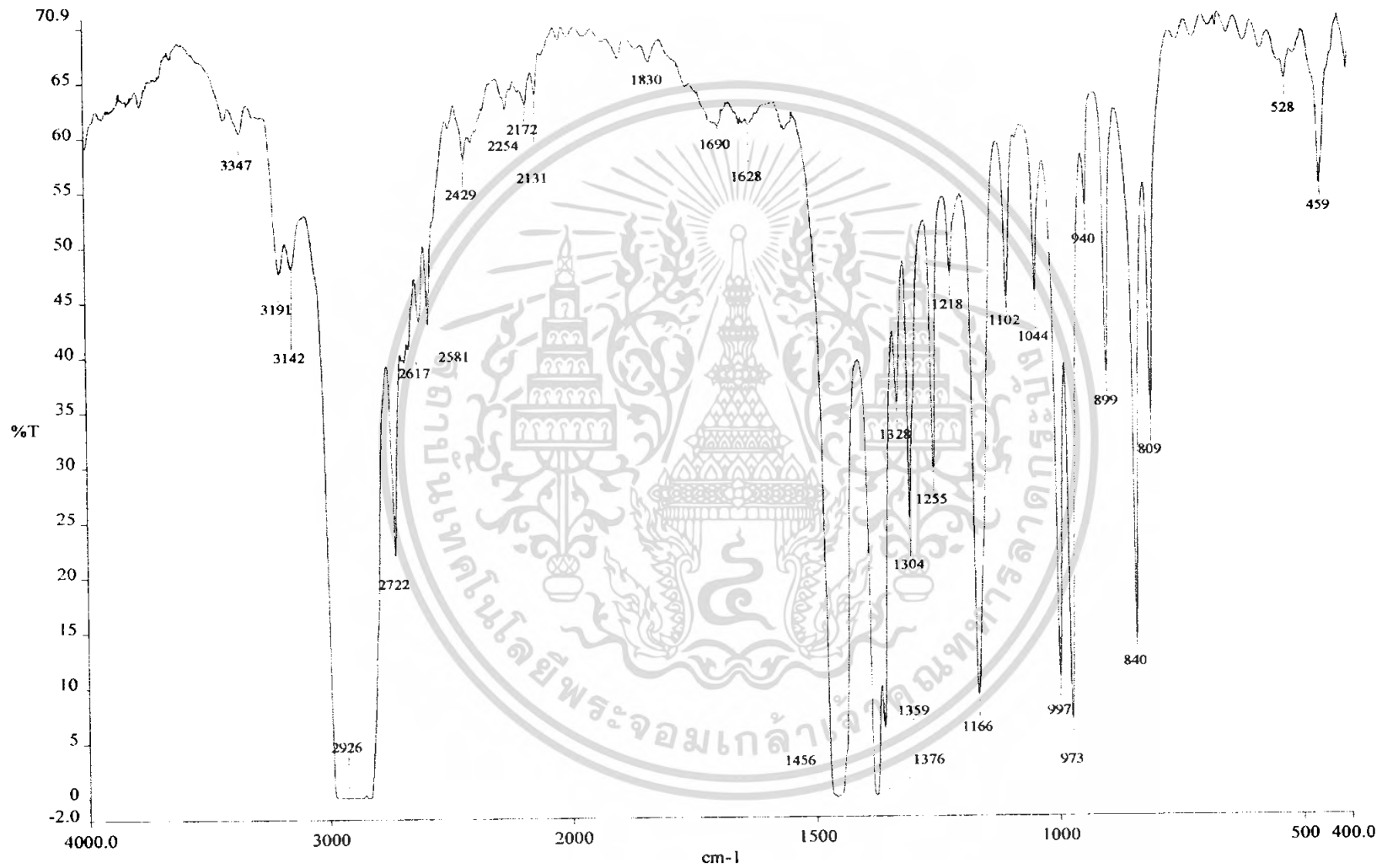
รูปที่ ง-25 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะแช่ขุ่ยอินทรีย์น้ำ พ.ศ. 6 เป็นเวลา 6 เดือน



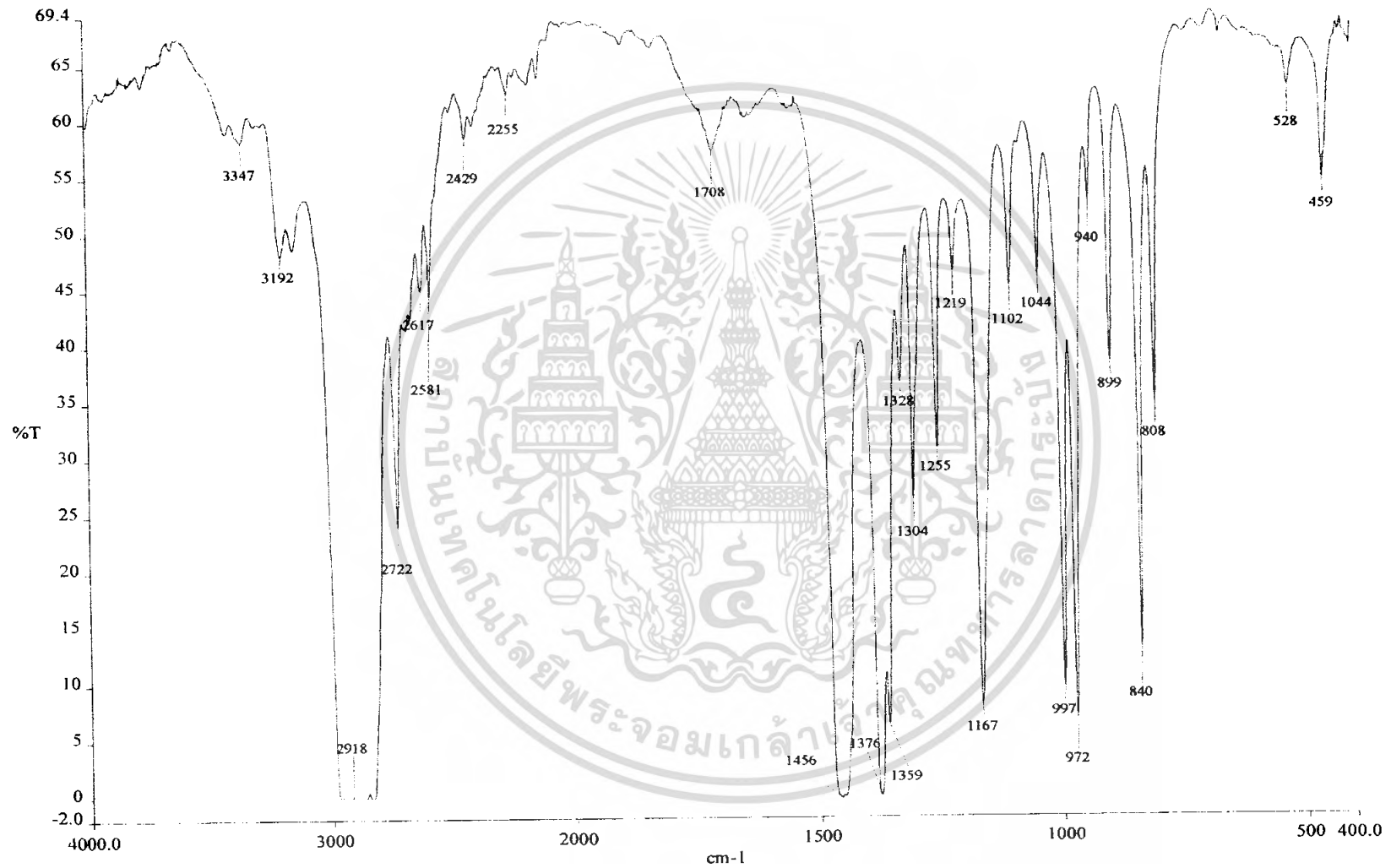
รูปที่ ง-26 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะแช่ขุยมะพร้าว 6 เป็นเวลา 7 เดือน



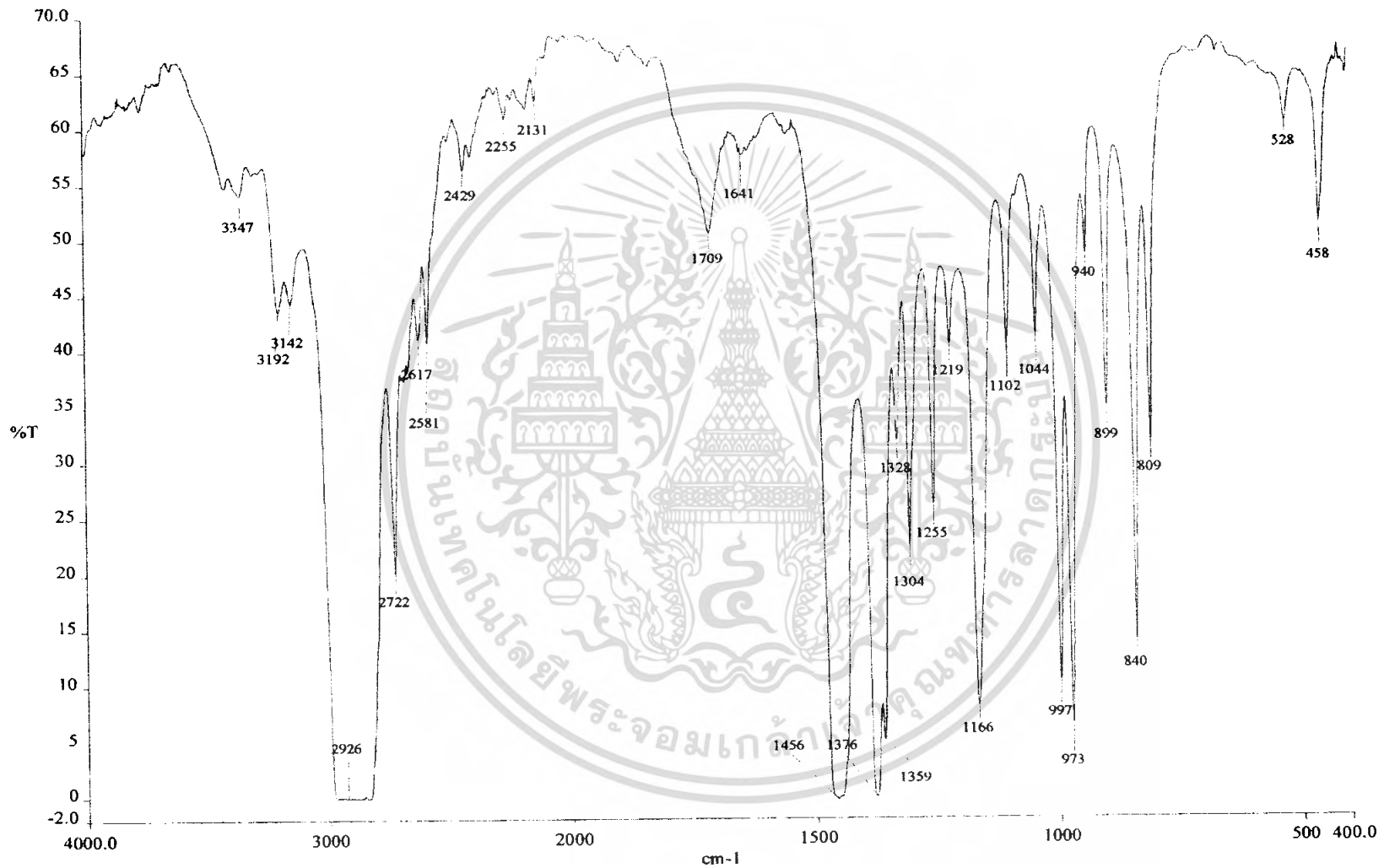
รูปที่ ง-27 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะแช่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ พ.ค. 6 เป็นเวลา 8 เดือน



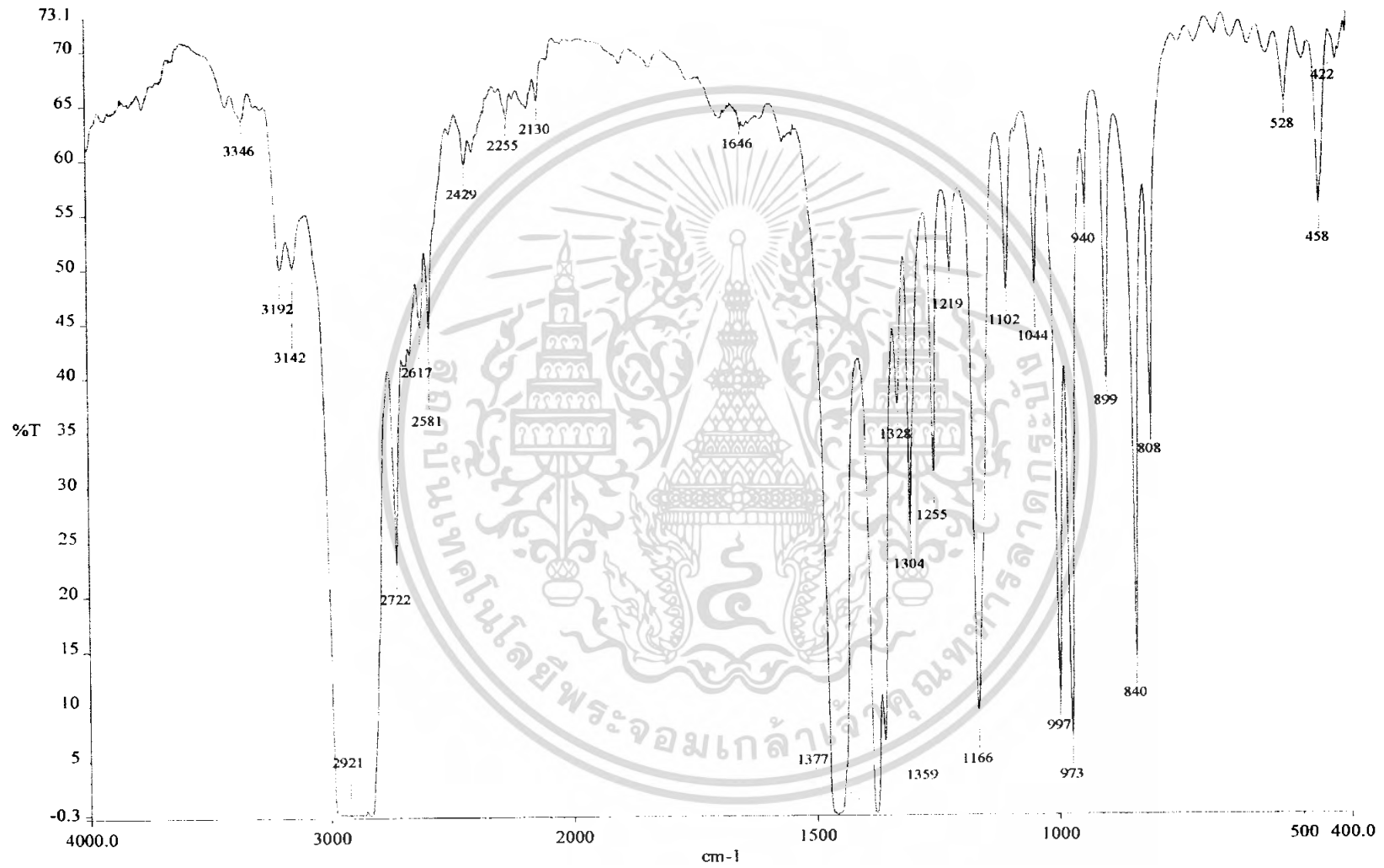
รูปที่ ง-28 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะแสงแดดจริงเป็นเวลา 1 เดือน



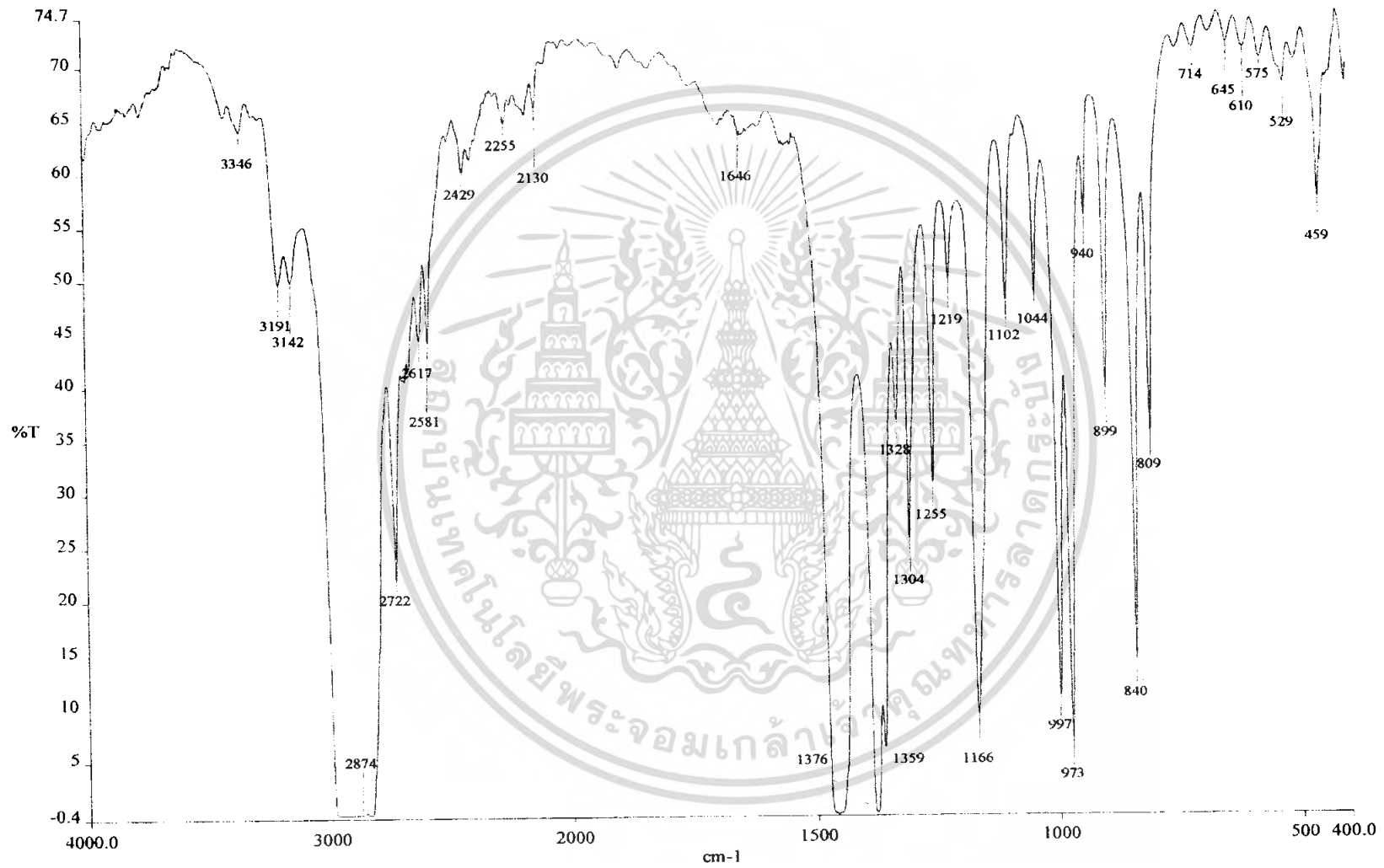
รูปที่ ง-29 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะแสงแดดจริงเป็นเวลา 2 เดือน



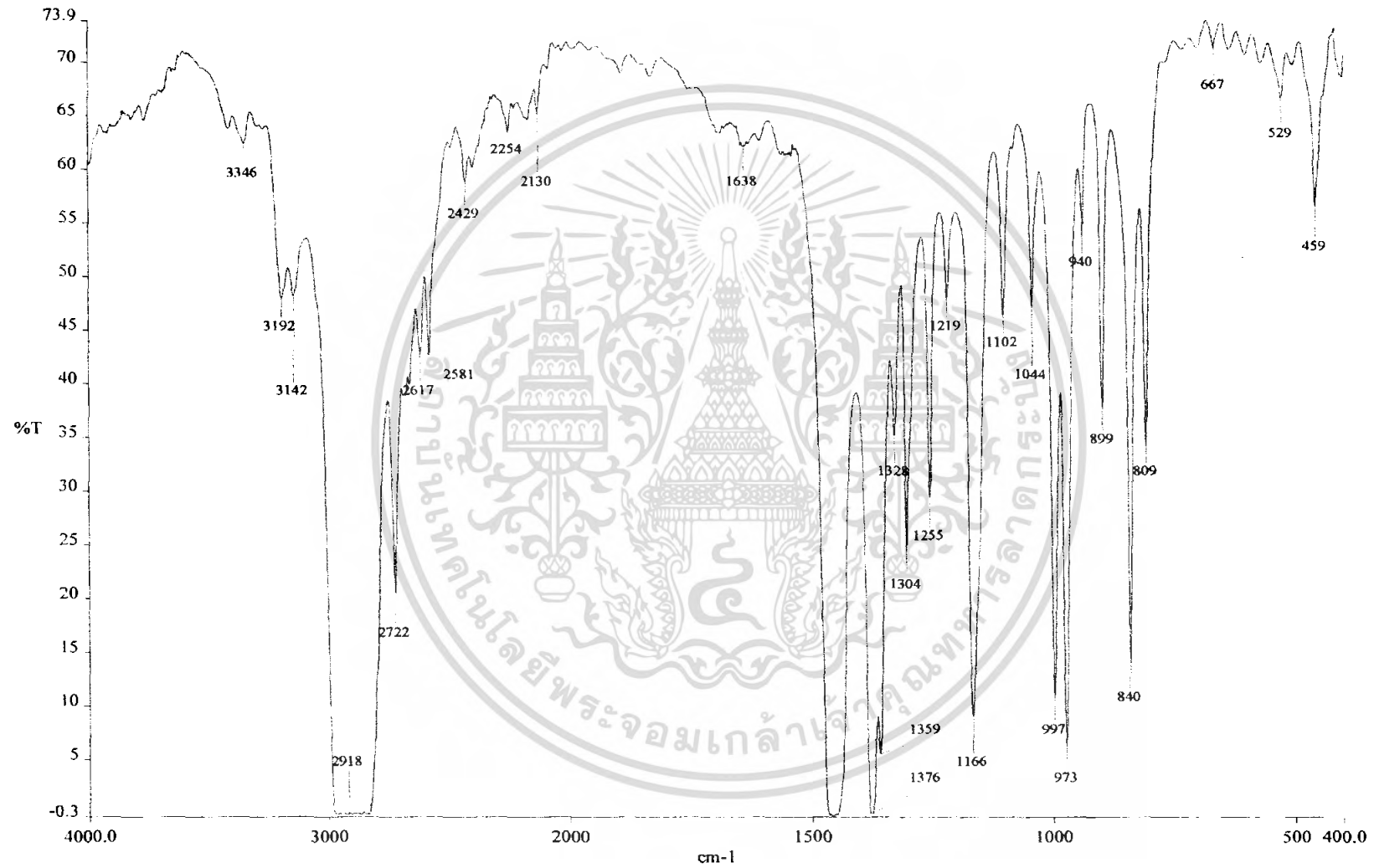
รูปที่ 30 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะแสงแดดจริงเป็นเวลา 3 เดือน



รูปที่ ง-31 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากโพลิโพรพิลีนในสภาวะแช่กรดอะซิติกเป็นเวลา 1 เดือน



รูปที่ 3-32 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะแช่กรดอะซิติกเป็นเวลา 2 เดือน



รูปที่ ง-33 กราฟ FTIR ของถ้วยพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนในสภาวะแช่กรดอะซิติกเป็นเวลา 3 เดือน