

การศึกษาสภาวะของดินที่ใช้สลายพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง



สุพจน์ เดชผล
เสริมศักดิ์ โกวินธนาพัฒน์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43915
วัน, เดือน, ปี 18 ต.ค. 2545

b.....
i.....

โครงการพิเศษที่เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

Study of Soil condition for degradation of High density polyethylene



Supot Dechphon
Sermsak Kowintanapat

Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาสภาวะของดินที่ใช้สลายพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง
โดย นาย สุพจน์ เดชผล
นาย เสริมศักดิ์ โกวินธนาพัฒน์
ภาควิชา เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. มาลีณี ชัยศุภกิจสินธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต



(ผศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

หัวหน้าภาค

คณะกรรมการโครงการพิเศษ



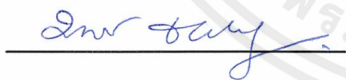
(อาจารย์ พรทิพย์ ศัพทอนันต์)

ประธานกรรมการ



(อาจารย์ กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์)

กรรมการ



(ผศ.ดร.มาลีณี ชัยศุภกิจสินธ์)

กรรมการ



(ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาสภาวะดินที่ใช้สลายพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง
นักศึกษา	นายสุพจน์ เดชผล นายเสริมศักดิ์ โกวินธนาพัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ. พิสมัย ชัยรัตนอุทัย
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการใช้พลาสติกกันมากทำให้เกิดปัญหาเนื่องจากขยะพลาสติกมีการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ช้าจึงก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม วิธีการหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้สารตัวเติมประเภทแป้งและเซลลูโลสใส่ในพอลิเมอร์เพื่อช่วยในการย่อยสลายของพอลิเมอร์เกิดขึ้นได้เร็วกว่าปกติ

งานวิจัยนี้เตรียมดินในสภาวะต่าง ๆ เพื่อศึกษาการย่อยสลายพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่ผสมและไม่ผสมสารตัวเติม แป้ง ชานอ้อย และกลีเซอรอลถูกผสมใน HDPE ตัวอย่างเหล่านี้นำไปฝังกลบดินที่เตรียมไว้ 9 สภาวะได้แก่ ดินชุดควบคุม ดินปรับพีเอช 8.5 ดินปรับความชื้น ดินผสมมูลวัว ดินผสมมูลไก่ ดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย ดินผสมชานอ้อย ดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM และดินธรรมชาติ เป็นเวลา 7 เดือน หลังจากนั้นนำฟิล์มมาทดสอบสมบัติเชิงกล ศึกษาลักษณะพื้นผิว และองค์การออกซิเดชัน

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า HDPE ที่ไม่ได้ผสมมีการสลายตัวน้อยมากภายใต้สภาวะการทดลองเหล่านี้ HDPE ที่ผสมแป้งสลายตัวได้ดีในทุกสภาวะยกเว้นสภาวะดินปรับความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ HDPE ที่ผสมชานอ้อยสลายตัวได้ดีในทุกสภาวะ ยกเว้นที่สภาวะดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย จาก IR สเปกตรพบว่ามีไม่เกิดการออกซิเดชัน พื้นผิวของฟิล์มไม่ได้ผสมไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อเทียบกับพื้นผิวของฟิล์มที่ผสมแป้งและชานอ้อย

ข้อมูลจากการวิเคราะห์ดินหลัง 7 เดือนแสดงให้เห็นว่า ค่าพีเอช ความชื้น ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินไม่แตกต่างกันจากตอนเริ่มต้นยกเว้นในดินผสมกากตะกอนน้ำเสียและชานอ้อยปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 20.34 และ 14.43 ตามลำดับ

Special Project Title	Study of Soil condition for degradation of High density Polyethylene
Name	Mr. Supot Dechphon Mr. Sermsak Kowintanapat
Special Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Malinee chaisupakitsin
Special Project Co-Advisor	Asst.Prof.Pitsamai Chairat-utai
Department	Chemistry
Academic Year	2001

ABSTRACT

Nowadays plastics are worldwide used materials. Many plastics waste was found due to its stability and slow degradation. One of the methods for accelerating the degradation process is mixing starch into polymer. In this project, several types of soil conditions used for degradation high density polyethylene (HDPE) with and without fillers were prepared. Different amounts of starch, bagasses fiber and glycerol were mixed with HDPE. These samples were buried in 7 types of soil conditions; controlled soil, soil pH 8.5, soil containing water 50%, soil mixed with bull dung, soil mixed with chicken dung, soil mixed with solid waste from waste water, soil mixed with bagasses fiber, soil mixed with EM microorganism, and natural soil. Physical properties, surface texture and degree of oxidation for all samples were examined after 7 months. The results showed that HDPE without filler has less degradation under these experimental conditions. Starch added HDPE film showed the degradation in all conditions except in soil containing water 50%. Bagasses fiber added HDPE film showed the degradation in almost conditions except in soil mixed with solid waste from waste water. From IR spectra, there are no oxidation reactions.

Surface of film without filler did not change when compared with film containing starch and bagasses fiber. Data from soil analysis after 7 months showed that pH value, moisture content, organic matters and CEC of soil were no different from initial status except in soil mixed with solid waste from waste water and bagasses fiber. The quantity of organic matters increased up to 20.34% and 14.46% respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปเป็นอย่างดีด้วยคำแนะนำ คำปรึกษาข้อเสนอแนะของ ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์ และ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมโครงการพิเศษฉบับนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์พรทิพย์ ศัพทอนันต์ และ อาจารย์กลิน์สุคนธ์ สุวรรณรัตน์ ที่เสียสละในการเป็นกรรมการคุมสอบ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ซึ่งทำให้โครงการพิเศษฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณสมเจตน์ เขียววานิช วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษา เสนอแนะรวมถึงการช่วยหาชิ้นงานพลาสติกของโครงการพิเศษฉบับนี้

ขอขอบคุณ คุณปรานี เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี และเจ้าหน้าที่อื่นๆ ในภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อำนวยความสะดวกเรื่องอุปกรณ์สารเคมีที่ใช้ และการดำเนินการอื่นๆ ในการทำโครงการพิเศษฉบับนี้

ขอขอบคุณ คุณพรสุดา ชุนห์ลีอนานนท์ ที่ให้ยืมเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องสแกนเนอร์ที่ทำให้โครงการพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ พ่อ แม่ พี่ น้อง เพื่อน ๆ ที่เป็นกำลังใจและช่วยสนับสนุนในการทำโครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างสมบูรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 พลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง	4
2.2 ชานอ้อย	4
2.3 เซลลูโลส	5
2.3.1 สมบัติทางกายภาพของเซลลูโลส	6
2.4 แป้ง	6
2.4.1 การนำแป้งไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ	9
2.5 สภาพแวดล้อมของดิน	10
2.5.1 สมบัติทางเคมีของดิน	14
2.5.2 สิ่งมีชีวิตในดิน	16
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 ขั้นตอนการวิจัย	19
3.1 วัสดุและสารที่ใช้ในการทดลอง	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	20
3.3 วิธีการทดลอง	21
3.4 วิธีการทดลอง	22
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	28
4.1 ศึกษาสมบัติเชิงกล	28
4.1.1 ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด	29
4.1.2 ค่าความทนแรงดึง	30
4.1.3 งานที่ทำให้ขึ้นงานขาด	31
4.2 การหาปริมาณออกซิเดชัน	32
4.3 ลักษณะพื้นผิวของพลาสติก	37
4.4 ร้อยละน้ำหนักที่หายไปของพลาสติก	41
4.5 ลักษณะดินก่อนฝังพลาสติก	42
4.6 ลักษณะดินหลังฝังพลาสติก	44
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผลการศึกษา	46
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์	50
ภาคผนวก ข ค่าร้อยละที่หายไปของพลาสติก	53
ภาคผนวก ค ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด, ค่าความทนแรงดึง และค่างานที่ทำให้ขึ้นงานขาด	73
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของดิน	75
ภาคผนวก จ รูปแสดง FTIR ของพลาสติก	83
เอกสารอ้างอิง	119

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของอะไมโลส	7
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน	8
รูปที่ 2.3 รูปสามเหลี่ยมมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ชื่อเนื้อดินและปริมาณกลุ่มอนุภาคต่างๆ	10
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของดินหรือเม็ดดินแบ่งตามรูปร่าง	11
รูปที่ 2.5 โปรไฟล์ของดิน	11
รูปที่ 3.1 แสดงรูปร่างแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลอง	21
รูปที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการผสม	23
รูปที่ 3.3 แผนผังขั้นตอนการทดลอง	26
รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบค่าร้อยละการยึด ผน จุดขาดและค่าความ ทนแรงดึงของพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ	28
รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบค่าร้อยละการยึด ผน จุดขาดของพอลิเมอร์ B และ C ในดินสภาวะต่างๆ	29
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ B และ C ในดินสภาวะต่างๆ	30
รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบค่างานที่ทำให้ขึ้นงานขาดของพอลิเมอร์ B และ C ในดินสภาวะต่างๆ	31
รูปที่ 4.5 กราฟ FTIR แสดงการเปรียบเทียบช่วง $1500 - 2000 \text{ cm}^{-1}$ ของพอลิเมอร์สูตรต่างๆ ก่อนฝังดิน	32
รูปที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงหมู่คาร์บอนิลของพอลิเมอร์ A ในดิน สภาวะต่างๆ หลังฝังกลบเป็นเวลา 7 เดือน	33
รูปที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงหมู่คาร์บอนิลของพอลิเมอร์ B ในดิน สภาวะต่างๆ หลังฝังกลบเป็นเวลา 7 เดือน	34
รูปที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงหมู่คาร์บอนิลของพอลิเมอร์ E ในดิน สภาวะต่างๆ หลังฝังกลบเป็นเวลา 7 เดือน	35

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงหมู่คาร์บอนิลของพอลิเมอร์ G ในดิน สภาวะต่างๆ หลังฝังกลบเป็นเวลา 7 เดือน	36
รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะพื้นผิวของพลาสติกสูตร A,B และE ก่อนฝังกลบ	37
รูปที่ 4.11 แสดงพื้นผิวของพลาสติกสูตร A หลังฝังกลบดินในสภาวะต่างๆ เป็นเวลา 7 เดือน	38
รูปที่ 4.12 แสดงพื้นผิวของพลาสติกสูตร B หลังฝังกลบดินในสภาวะต่างๆ เป็นเวลา 7 เดือน	39
รูปที่ 4.13 แสดงพื้นผิวของพลาสติกสูตร E หลังฝังกลบดินในสภาวะต่างๆ เป็นเวลา 7 เดือน	40



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงสูตรผสมพลาสติกสูตรต่างๆ	2
ตารางที่ 1.2 ตารางแสดงสูตรดินที่ผสมขึ้น	2
ตารางที่ 2.1 ตารางวิเคราะห์ทางเคมีของชานอ้อย	5
ตารางที่ 2.2 แสดงสัดส่วนที่แตกต่างกันขององค์ประกอบทางเคมีดิน	13
ตารางที่ 4.1 ค่าร้อยละที่หายไปของพลาสติก	41
ตารางที่ 4.2 แสดงสมบัติต่างๆของดินก่อนฝังพลาสติก	42
ตารางที่ 4.3 แสดงสมบัติต่างๆของดินหลังฝังพลาสติก	44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในปัจจุบันปริมาณการใช้พลาสติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากพลาสติกเป็นวัสดุที่มีสมบัติเด่นมากมาย จึงเป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย แต่เนื่องจากพลาสติกมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้เป็นระยะเวลาอันยาวนานนับร้อยๆ ปีจึงก่อให้เกิดปัญหาขยะพลาสติกขึ้น

สาเหตุที่พลาสติกที่สังเคราะห์จากสารพอลิเมอร์สังเคราะห์ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้มี 2 ประการ คือ

1. พลาสติกที่สังเคราะห์จากสารพอลิเมอร์สังเคราะห์มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก ทำให้มีความทนทานต่อการย่อยสลายโดยเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี

2. พลาสติกที่ผลิตจากสารพอลิเมอร์สังเคราะห์มีสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) มีลักษณะไม่เป็นรูพรุนและมีพื้นที่ผิวน้อย ส่งผลให้เอนไซม์ที่ปลดปล่อยออกมาจากจุลินทรีย์ซึมผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำไปสัมผัสกับผิวพลาสติกน้อยลง จึงเป็นการยากที่จะทำให้พลาสติกย่อยสลายได้

เนื่องจากพลาสติกที่ผลิตจากพอลิเมอร์สังเคราะห์ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ดังนั้นในหลายประเทศจึงพยายามให้มีการใช้พลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพแทนพลาสติกสังเคราะห์จากพอลิเมอร์

ในการกำจัดพลาสติกมีหลายวิธีด้วยกัน และวิธีที่น่าสนใจวิธีหนึ่งคือ การนำพลาสติกไปฝังดิน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุด แต่ปัญหาที่พบคือ พลาสติกจะใช้พื้นที่ในการฝังกลบมากเนื่องจากมีปริมาณมาก นอกจากนี้ปัจจุบันการฝังกลบขยะต้องใช้ต้นทุนสูงเพราะขาดแคลนพื้นที่และที่ดินมีราคาแพง ซึ่งปัญหานี้จึงได้มีการปรับปรุงคุณภาพของพลาสติกให้มีการย่อยสลายได้ดีขึ้น โดยการเติมสารเติมแต่งที่สามารถย่อยสลายได้โดยชีวภาพ (biodegradable additive) ในวัสดุพอลิเมอร์โดยใช้สารเติมแต่งประเภทพอลิแซคคาไรด์ 2 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง โดยผสมเข้ากับพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงซึ่งจะสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยวางไว้ในสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ จุลินทรีย์ในดินจะกินแป้งนำไปสู่การเพิ่มช่องว่างหรือรูพรุนในพอลิเมอร์ทำให้พอลิเมอร์สูญเสียสมบัติเชิงกลไปซึ่งจะทำให้พลาสติกถูกย่อยเป็นอนุภาคเล็กๆ และเกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก

อีกประเภทหนึ่งคือเซลลูโลสจากชานอ้อย ซึ่งเป็นเส้นใยจากธรรมชาติผสมเข้าไปในพอลิเมอร์เพื่อช่วยในการย่อยสลายทางชีวภาพซึ่งจะทำให้เป็นการกำจัดขยะพลาสติกได้ทางหนึ่งด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการสลายพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) ที่ผสมวัสดุธรรมชาติในสภาวะดินต่างๆ
2. เพื่อศึกษาสภาวะของดินที่เหมาะสมสำหรับการสลาย HDPE

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. เตรียม HDPE ที่ผสมแป้งและเส้นใย ตามสูตรต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงสูตรผสมพลาสติกสูตรต่าง

ชนิดที่	สูตรผสม
A	HDPE
B	HDPE + แป้ง 30% + glycerol 30 %
C	HDPE + เส้นใย (ชานอ้อย) 30% + glycerol 30 %
D	HDPE + เส้นใย (ชานอ้อย) 20% + glycerol 30 %
E	HDPE + เส้นใย (ชานอ้อย) 10% + glycerol 30 %
F	HDPE + เส้นใย (ชานอ้อย) 30%
G	HDPE + เส้นใย (ชานอ้อย) 15 % + แป้ง 15 % + glycerol 30%

ดิฉรรรรมชาติ บริเวณช่างอาคารฝึกงานพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ดินผสม ตามสูตรต่างดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ตารางแสดงสูตรดินที่ผสมขึ้น

ชนิดที่	สูตรผสม
ก	ดินควบคุม
ข	ดินปรับพีเอช 8.5
ค	ดินปรับความชื้น 50 %
ง	ดินผสมมูลวัว
จ	ดินผสมมูลไก่
ฉ	ดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย
ช	ดินผสมชานอ้อย
ซ	ดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ (EM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำพลาสติกสูตรต่างๆ จากตารางที่ 1.1 ไปฝังดินธรรมชาติ และในดินผสมตามสูตรในตารางที่ 1.2 ที่ความลึก 15 ซม. เป็นเวลา 7 เดือน ตั้ง แต่เดือน มิ.ย - ธ.ค.
3. วิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนนำพลาสติกไปฝังและหลังจากเก็บชิ้นงานพลาสติกแล้วโดยเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่ฝังชิ้นงานมาวิเคราะห์
4. พารามิเตอร์ที่ศึกษาคือ พีเอช ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (CEC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ความชื้นในดิน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นำวัสดุธรรมชาติที่เหลือจากการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์
2. ช่วยลดปัญหาขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นโดยวิธีการย่อยสลายทางธรรมชาติ

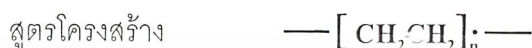


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High density polyethylene, HDPE) [5]



พอลิเมอร์นี้มีโครงสร้างแบบเชิงเส้นจะมีสาขาใช้บ้างแต่น้อยมาก อาจเรียกว่าพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงนี้ผลิตขึ้นในเชิงการค้าตั้งแต่ปี ค.ศ.1955

สมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์

เนื่องจากพอลิเมอร์ที่ได้มีโครงสร้างเชิงเส้น โข่พอลิเมอร์จึงมีความเป็นระเบียบมากเป็นเหตุให้พอลิเมอร์นี้มีความเป็นผลึกสูงมาก ความหนาแน่นและจุดหลอมเหลวตัวก็สูงกว่าพอลิเอทิลีนที่เตรียมโดยกระบวนการใช้ความดันสูงทั่วไป ความหนาแน่นจะอยู่ในช่วง 0.95-0.97 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีจุดหลอมตัวประมาณ 135 องศาเซลเซียส ความเหนียว ความทนแรงดึงสูงกว่าพอลิเอทิลีนชนิดมีความหนาแน่นต่ำ

ปริมาณมากกว่าร้อยละ 40 ของพอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูงใช้ในการผลิตขวดพลาสติกและภาชนะบรรจุอื่นๆ เช่นภาชนะบรรจุกรดและเบส เคมีภัณฑ์ สารชำระล้าง อีกประมาณร้อยละ 20 ใช้ทำของในครัวและของเด็กเล่น ส่วนที่เหลือใช้ทำฟิล์มเพื่อหุ้มของและอาหาร ถุงพลาสติก (ถุงร้อน) หุ้มสายไฟฟ้า ทำสายยาง และอื่นๆ

2.2 ชานอ้อย

ชานอ้อยเป็นเส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุอินทรีย์ที่สำคัญ เป็นส่วนที่เหลือจากการบีบน้ำอ้อยออก เป็นวัสดุเหลือใช้ หาได้ง่ายตามธรรมชาติ และราคาถูก สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารเสริมแรงในพลาสติกได้ องค์ประกอบของชานอ้อยส่วนใหญ่เป็นเส้นใยประมาณ 42-43 % ความชื้น 46-52 % และส่วนอื่นซึ่งมีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลส่วนใหญ่ 2-8 % องค์ประกอบทางเคมีของชานอ้อยประกอบด้วย เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลลูโลสเป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติประเภทโฮโมพอลิเมอร์ D-กลูโคส พอลิเมอร์ของเฮมิเซลลูโลสเป็นประเภท D-ไซเลน และลิกนินเป็นประเภทฟีนอลิกโดยธรรมชาติ

ตารางที่ 2.1 แสดงการวิเคราะห์ทางเคมีของชานอ้อย

ส่วนประกอบ	ชานอ้อยทั้งหมด		เส้นใย	แกนกลาง
	(a)	(b)		
เซลลูโลส	40.00	46.00	56.60	55.40
กัม (Gums:araban galactan xylan)	24.40	24.50	26.11	29.30
โปรตีน	1.80			
น้ำตาล				
ซูโครส	14.00			
กลูโคส	1.40			
กรด	0.40			
ไขมันและแว็กซ์	0.60	3.45	2.25	3.55
เถ้า	2.40	2.40	1.30	3.02
ลิกนิน	15.00	19.95	19.15	22.30
ซิลิกา		2.00	0.46	2.42

2.3 เซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) เชิงเส้น ที่ประกอบด้วยหน่วยซ้ำๆกัน มีสูตรโมเลกุลทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ เป็นโครงสร้างในเนื้อเยื่อพืชโดยจะพบร่วมกับลิกนิน เพนโตแซน กัม แทนนิน ไขมัน สารที่ทำให้เกิดสี เป็นต้น เซลลูโลสจะมีโมเลกุลยาวและแข็งโดยเซลลูโลสในชานอ้อยจะมีสายโซ่พอลิเมอร์ประมาณ 2,000-3,000 หน่วย เซลลูโลส

2.3.1 สมบัติทางกายภาพที่สำคัญของเซลลูโลส

1. การดูดซับความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลลูโลสจะมีการดูดหรือคายน้ำและของเหลวอื่นๆ ที่อยู่ในบรรยากาศรอบๆ จนกระทั่งถึงสมดุล ซึ่งสมดุลของปริมาณความชื้นของเซลลูโลสจะเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศรอบๆ นั้น ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อคุณสมบัติบางประการ เช่นความทนแรงดัน ของเส้นใย

2. การละลายและความหนืด

เซลลูโลสไม่ละลายในน้ำ แต่จะละลายในกรดแก่เข้มข้น เช่น กรดซัลฟูริกเข้มข้น ร้อยละ 72 ,กรดไฮโดรคลอริก ร้อยละ 40 และกรดฟอสฟอริก ร้อยละ 85 เป็นต้น เซลลูโลสจะเกิดไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง แต่จะหยุดที่อุณหภูมิต่ำ สารละลายของเกลือบางชนิดที่เข้มข้น เช่น สังกะสีคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 72 จะทำให้เซลลูโลสบวมตัวและบางที่จะทำให้เซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆ ละลายได้ ความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของเซลลูโลสและอนุพันธ์โดยความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความเข้มข้นของเซลลูโลสเพิ่มขึ้น

3. ความหนาแน่น

ความหนาแน่นของเซลลูโลสที่เป็นเส้นใยจะเป็นค่าไม่แน่นอน ค่าเฉลี่ยของเส้นใยเซลลูโลสจะไม่แปรตามแหล่งที่มา และอาจเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการปรับทางเคมี

2.4 แป้ง

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแป้ง

แป้ง (starch) มีอยู่ในพืชทุกชนิดเป็นสารประเภทพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ประกอบด้วยกลูโคส เป็นสารแขวนลอยที่รวมตัวกับน้ำได้ดี (hydrocolloids) แต่ไม่ละลายในน้ำเย็น สามารถพบอยู่ในพืชทุกชนิด โดยพืชจะสะสมแป้งไว้ในเซลล์ เช่น ในเมล็ด เนื้อไม้ และรากพืช เป็นต้น

รูปร่างและขนาดของแป้งจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่นำมาผลิต แป้งข้าวเจ้ามีรูปร่างหลายเหลี่ยม หรือ อาจสามารถพบในลักษณะที่เป็นรูปทรงวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5-25 ไมโครเมตร แป้งมันสำปะหลังมีรูปร่างทรงกลมทึบตัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-35 ไมโครเมตร แป้งมันฝรั่งเป็นแป้งที่ขนาดอนุภาคใหญ่ที่สุดในจำนวนเชิงการค้าทั้งหมด โดยรูปร่างของแป้งเป็นรูปไข่เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15-100 ไมโครเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการผลิตแป้งนั้นมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ หลักการโดยทั่วไปของการผลิต คือ การแยกเม็ดแป้งออกจากองค์ประกอบอื่นๆ เช่น เส้นใย โปรตีน และเกลือแร่ แล้วทำให้บริสุทธิ์โดยการล้างน้ำ ทำการปั่นแยกแล้วทำการอบแป้งต่อไป ในการกระบวนการผลิตเหล่านี้จะได้แป้งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เนื่องจากแป้งไม่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น

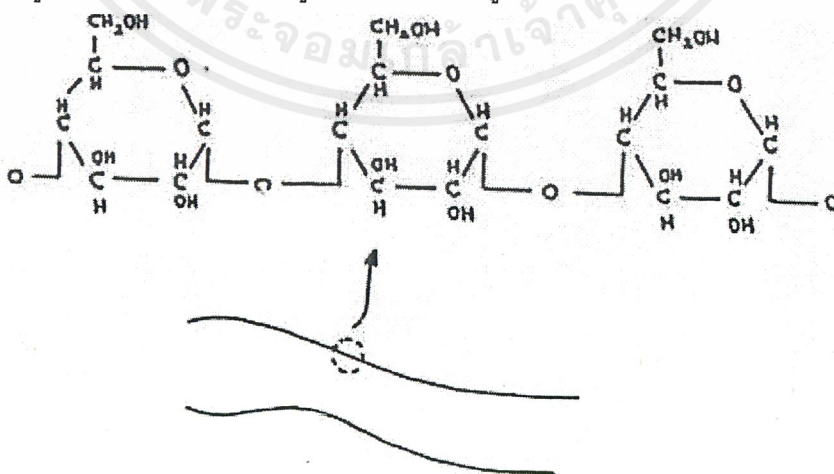
แป้งสามารถจะนำไปใช้เป็นส่วนผสม หรือใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย เช่น สารยัดติด สิ่งทอ กระดาษ อาหาร ยารักษาโรค และวัสดุก่อสร้าง เป็นต้น คุณสมบัติของแป้งเกิดจากคุณสมบัติของความชื้นเหนียว การเกิดเป็นเจล การยัดติดและการเกิดฟิล์ม คุณภาพสามารถควบคุมได้ง่าย อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบที่หาง่าย และมีราคาถูก

ส่วนประกอบและโครงสร้างทางเคมีของแป้ง

แป้งประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6:10:5 เป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรต แป้งเป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส (AGU) เชื่อมเข้ากันด้วยพันธะโควาเลนต์ระหว่างอะตอมออกซิเจนที่ติดกับอะตอมคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคสหนึ่งกับอะตอมคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของกลูโคสตัวถัดไป ซึ่งพันธะเชื่อมโยงระหว่างหน่วยกลูโคสเรียกว่า พันธะกลูโคไซด์ (glucoside bond) และทำให้โมเลกุลของน้ำถูกกำจัดออกไป ในระหว่างปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ขึ้นแบบควบแน่น

แป้งประกอบไปด้วยโพลิเมอร์ 2 ชนิด คือ อะไมโลส (amylose) และ อะไมโลเพกติน (amylopectin)

อะไมโลส เป็นโพลิเมอร์เชิงเส้น (linear polymer) ที่ประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคสต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-ดี (1,4) กลูโคซิดิก [α -D (1,4) glucosidic bond] ขนาดของโมเลกุลนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของหน่วยกลูโคส โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 200-2000 หน่วย

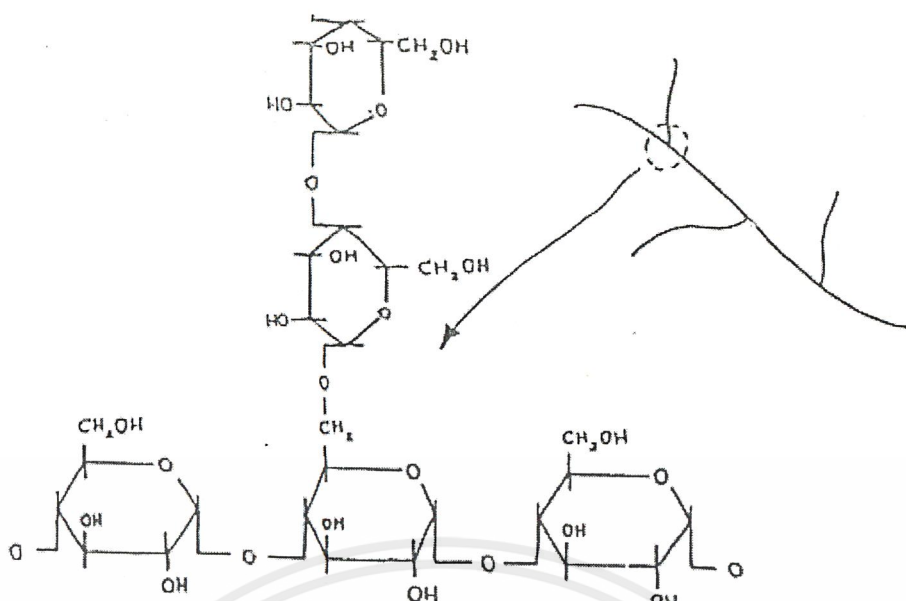


รูป 2.1 แสดงโครงสร้างของอะไมโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) จะแสดงถึงสมบัติการชอบน้ำ (hydrophilic) ของแป้ง เช่น การดูดความชื้น และการกระจายตัวในน้ำ อย่างไรก็ตามเนื่องจากอะไมโลส มีโครงสร้างแบบเชิงเส้นจึงมีความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลได้ และเนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลจำนวนมาก ทำให้สายโซ่ของอะไมโลสมีแนวโน้มที่จะจัดเรียงตัวในแนวขนาน และใกล้เพียงพอที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลได้ มีผลทำให้คุณสมบัติการชอบน้ำของแป้ง และการละลายของแป้งลดลง โมเลกุลอะไมโลสสามารถจะก่อสารประกอบเชิงซ้อนแบบเกลียวล้อมรอบโมเลกุลของไอโอดีน (iodine) โดยสารประกอบเชิงซ้อนนี้จะมีสีน้ำเงินจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณอะไมโลสในแป้งได้ และ เนื่องจากสารประกอบเชิงซ้อนสามารถตกตะกอนได้ด้วยบิวทานอล (butanol) หรือ สารอินทรีย์ชนิดอื่น ทำให้สามารถแยกอะไมโลสออกจากอะไมโลเพกติน (amylopectin) โดยการเลือกการตกตะกอน (selective precipitation)

อะไมโลเพกติน เป็นโพลิเมอร์โซ่สาขา (branch polymer) ประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส (AGU) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-ดี (1,4) กลูโคซิดิก (1,4) glucosidic bond และเกิดสาขาที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ในแต่ละโซ่สาขาประกอบด้วยหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส (AGU) ประมาณ 20-30 หน่วย จากการที่โมเลกุลอะไมโลเพกตินมีขนาดใหญ่กว่าโมเลกุลอะไมโลส และโมเลกุลอะไมโลเพกตินเป็นโพลิเมอร์สาขา ทำให้ความสามารถในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแป้งลดลง และขัดขวางการเกิดพันธะไฮโดรเจน สารละลายอะไมโลเพกตินในน้ำจะมีลักษณะใส และมีความเสถียรในการเป็นเจล และจะไม่ก่อสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีน ส่วนที่เป็นเชิงเส้นของโมเลกุลอะไมโลเพกตินและโมเลกุลอะไมโลสจะจัดเรียงตัวแบบขนานทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนขึ้น ส่งผลทำให้เกิดผลึกแบบไมเซล (micellar orystralline) ซึ่งมีผลทำให้เกิดคุณสมบัติไบรฟรินเจนท์ (birefringent)



รูป 2.2 แสดงโครงสร้างของอะไมโลเพกติน

การนำแบ่งไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ

การผลิตสารเคมีหรือพลาสติกซึ่งต้องเกี่ยวข้องกับการใช้ปิโตรเลียม พบว่าพลาสติกส่วนใหญ่ได้มาจากพอลิเมอร์สังเคราะห์ ซึ่งปริมาณการใช้ที่เพิ่มมากขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคตข้างหน้าทำให้ต้องหันมาสนใจว่าจะมีปิโตรเลียมในการใช้เป็นสารตั้งต้น อย่างพอเพียงต่อการเจริญเติบโตหรือไม่ จึงได้มีการนำเอาพอลิเมอร์ธรรมชาติมาใช้ เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อสำหรับพลาสติกหรือใช้แทนพลาสติกบางตัว และความสามารถของพอลิเมอร์ธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้ในทางชีวภาพ ทำให้ลดปัญหาเรื่องของการสะสมในสิ่งแวดล้อม

แบ่งสามารถใช้ผสมในพลาสติก เช่น ใช้เป็นสารตัวเติมในพอลิไวนิลคลอไรด์ ในโพลียูรีเทนชนิดแข็ง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ พอลิเมอร์ร่วมของเอทิลีนและกรดอะคริลิก และพอลิเอทิลีน ความหนาแน่นสูง เพื่อให้มีคุณสมบัติในการสลายตัวทางชีวภาพ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ได้มีการนำมาใช้ในทางการเกษตรเพื่อปรับปรุงผลผลิต และควบคุมคุณภาพของพืชผักผลไม้ โดยใช้ในการควบคุมความชื้น และอุณหภูมิของดิน ลดการชะล้างของสารอาหาร ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของเมล็ดและเพิ่มผลผลิตของพืชผล ไม่เพียงแต่แบ่งสามารถผสมกับพอลิเมอร์สังเคราะห์เท่านั้น แต่ยังมี

มีประโยชน์ในการใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ (extender) หรือเป็นสารเสริมแรง (reinforcing agent) โดยแป้งจะทำปฏิกิริยากับไอโซไซยาเนตได้ ทำให้ราคาต่ำ ปรับปรุงความต้านทานต่อตัวทำลายและความแข็งแรง

พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่ใช้เป็นสารยึดเกาะ (binding agent) ทั้งในการเคลือบกระดาษ การตกแต่งสิ่งทอและใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ (sizing agent) ในการผลิตกระดาษ

พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งที่ใช้ในการเป็นสารเพิ่มเนื้อ และใช้แทนพอลิเมอร์สังเคราะห์เพื่อลดการใช้มอนอเมอร์ที่ผลิตจากปิโตรเลียม และเพื่อให้พอลิเมอร์เกิดการสลายตัวโดยจุลินทรีย์

พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งกับเมทิลอะคริเลตเป็นตัวอย่างหนึ่ง ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะผลิตในทางการค้า เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีในด้านความเหนียวเป็นพลาสติกที่มีความยืดหยุ่น และเพื่อเพิ่มความสามารถในการสลายตัวทางชีวภาพ จะทำการกราฟท์ด้วยมอนอเมอร์ผสมของเมทิลอะคริเลตกับ ไวนิลอะซิเตต บนโมเลกุลของแป้ง

ในการทำปฏิกิริยากราฟท์โคพอลิเมอร์เชชัน ของมอนอเมอร์บนแป้งซึ่งจะมีทั้งลักษณะที่เป็นเม็ดและเป็นเจล การพัฒนาเพื่อการประยุกต์ใช้เป็นพอลิเมอร์ที่สมบัติดูดซึมน้ำ พบว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายหลายด้าน อาทิเช่น ใช้เป็นสารข้น (thickener) สารช่วยตกตะกอน (flocculant) สารเติมแต่งในอุตสาหกรรมกระดาษ

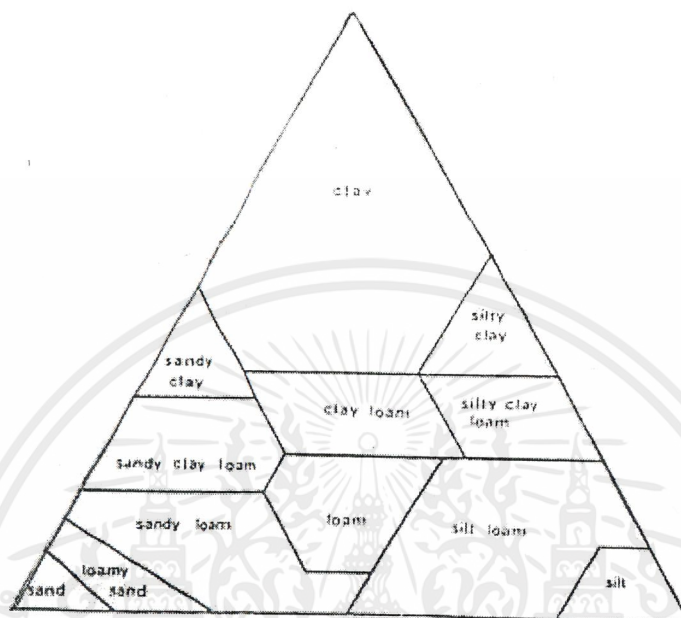
ในด้านอุตสาหกรรมเวชภัณฑ์ พอลิเมอร์ ร่วมแบบต่อของแป้งกับอะคริโลไนไลล์ที่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเบส จะได้พอลิเมอร์ที่คุณสมบัติดูดซึมน้ำได้มากและรวดเร็ว จึงได้ชื่อว่า super slurper สามารถนำไปใช้เป็นสารดูดน้ำในการทำผ้าอ้อม แผ่นรองเตียงในโรงพยาบาล ใช้ในเกษตร ซึ่งสามารถดูดซึมน้ำได้ดี และยังมีการนำไปใช้ในด้านอื่น ๆ

2.5 สภาพแวดล้อมของดิน [6]

ดินหมายถึง "เทหวัตถุธรรมชาติที่ปกคลุมผิวโลกอยู่บาง ๆ เกิดขึ้นจากผลของการแปรสภาพของหิน แร่และอินทรีย์วัตถุผสมคลุกเคล้ากัน" โดยที่ส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนด้วยกันคืออินทรีย์สาร น้ำ อากาศ และ อินทรีย์สารในทัศนะของนักจุลินชีววิทยาของดิน ในส่วนของอินทรีย์สารนั้น ยังแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ สิ่งที่ไม่มีชีวิต และสิ่งมีชีวิตซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ส่วนประกอบต่างๆเหล่านี้เป็นส่วนที่ควบคุมสมบัติของดิน มีดังนี้คือ

ก.เนื้อดิน [4] หมายถึง อัตราส่วนของกลุ่มอนุภาคดินส่วนละเอียด 3 ขนาดประกอบกันเป็นดินชนิดต่างๆ ดังรูปที่ 2.3 แสดงถึงความละเอียดและหยาบของดิน เช่น ดินร่วนมีสัดส่วนของ

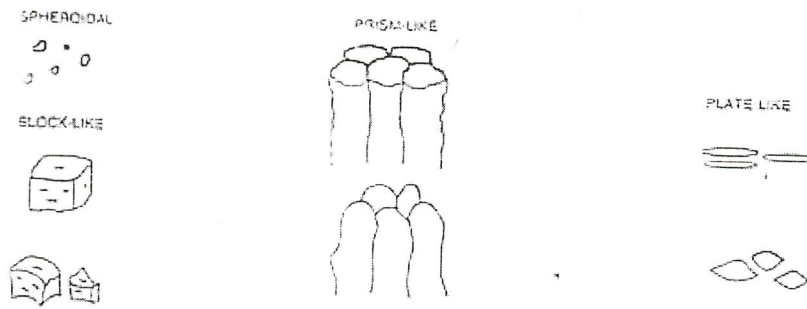
ดินเหนียว 20 ส่วน ซิลต์และทรายอย่างละ 40 ส่วน และเนื้อดินเป็นสมบัติทางกายภาพที่มีผล
กระทบต่างๆ ต่อสมบัติทางเคมี ซึ่งภาพของดิน



รูปที่ 2.3 รูปสามเหลี่ยมมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชื่อเนื้อดินและปริมาณกลุ่มอนุภาค
ต่างๆ

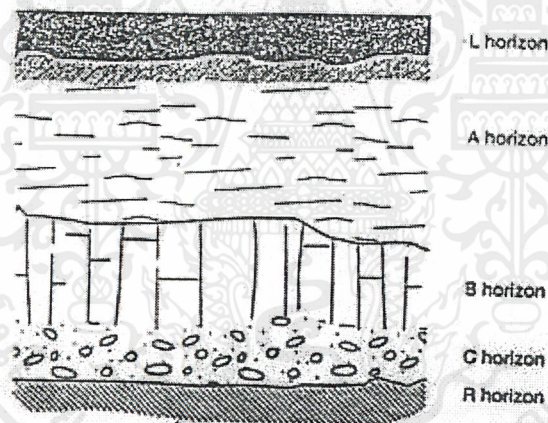
ข. โครงสร้างของดิน การจัดเรียงตัวยึดกันของอนุภาคส่วนละเอียดของดินเป็นรูปร่าง
ต่างๆ ทำให้เม็ดดินมีรูปร่างโครงสร้างต่างกันออกไป เช่น โครงสร้างทรงกลม (granular) เป็นแผ่น
(platy) คล้ายลูกเต๋า(blocky) ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งโครงสร้างของดินเป็นสมบัติทางกายภาพที่สำคัญต่อ
การระบายน้ำและอากาศในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของดินหรือเม็ดดิน (soil ped) แบ่งตามรูปร่าง

เมื่อนำดินมาตัดตามแนวตรงสามารถแบ่งได้เป็นชั้น ๆ (soil profile) 5 ชั้นคือ L A B C R ดังรูปที่ 2.3 L คือชั้นที่มีการสะสมสารอินทรีย์บริเวณผิวหน้า A- horizon (eluvial) คือชั้นเนื้อดินที่มีอนุภาคมีขนาดเล็กมักถูกชะออกได้ง่ายและไปสะสมในชั้น B- horizon (eluvial) ชั้น C คือชั้นที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินปะปนอยู่ R เป็นชั้นหินที่เป็นต้นกำเนิดของดินที่ยังไม่ผุกร่อน



รูปที่ 2.5 โปรไฟล์ของดิน

ค. ความหนาแน่นและความพรุนของดิน [2] ความหนาแน่นของดิน หมายถึง สัดส่วนระหว่างมวล (mass) ของดินกับปริมาตร (volume) ของดิน ความหนาแน่นของดินมี 2 ประเภท คือ ความหนาแน่นรวม (bulk density) ซึ่งหมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลดินขณะที่แห้งสนิทกับปริมาตรทั้งหมด และความหนาแน่นของอนุภาค (particle หรือ ture หรือ solid phase density) ซึ่งหมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลของดินขณะที่ดินแห้งสนิทกับปริมาตรของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุภาคของดิน ส่วนความพรุนของดินนั้นหมายถึงปริมาตรของสิ่งที่ไม่ใช่ของแข็งที่ปรากฏในดิน เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรทั้งหมดของดิน

โดยทั่วไปแล้ว ความหนาแน่นรวมนั้นมีความหมายมากกว่าเพราะยังไม่เคยปรากฏเลย ว่าดินชนิดไหนที่ไม่มีส่วนที่ไม่เป็นของแข็ง ความหนาแน่นรวมดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์ในทางลบกับความพรุนของดิน นั่นคือ ดินที่มีความหนาแน่นรวมสูงจะมีความพรุนต่ำและดินที่มีความหนาแน่นรวมต่ำจะมีความพรุนสูง 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

ความหนาแน่นรวมและความพรุนของดิน เป็นสิ่งบอกถึงความสามารถในการอุ้มน้ำและอากาศรวมทั้งการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศในดินด้วย บางครั้งสามารถใช้ประเมินปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดินได้อย่างคร่าวๆ ด้วย

ง. สีของดิน [4] สิ่งที่ทำให้สีของดินแตกต่างกันออกไปมี 2 อย่างคือ ซากพืชและซากสัตว์ที่ทับถมในดินหรือเรียกว่า ฮิวมัสและแร่เหล็ก เมื่อเห็นดินสีต่างๆ ทำให้คาดคะเนสมบัติของดินเกี่ยวกับการระบายน้ำและอากาศได้บ้างดังนี้

- ดินสีน้ำตาลเข้มถึงเกือบดำ เป็นดินที่มีฮิวมัสมากคาดว่ามีความอุดมสมบูรณ์ดี ดินบนส่วนใหญ่มีสีดำถือว่าฮิวมัสมาก

- ดินสีแดง หมายถึง มีการเจือปนของเหล็กออกไซด์ที่ไม่ชุ่มน้ำ ความชื้นต่ำ การระบายถ่ายเทอากาศและน้ำดี

- ดินสีเหลือง หมายถึง มีเหล็กออกไซด์ที่มีน้ำผสมอยู่ด้วยจึงมีความชื้นสูง การระบายน้ำและอากาศอยู่ในระดับปานกลาง

- ดินที่มีจุดประ อาจเป็นสีเหลือง สีแดง สีน้ำตาล แสดงว่าการระบายน้ำและอากาศไม่สม่ำเสมอ

- ดินสีเทา เป็นดินที่อยู่ในบริเวณน้ำท่วมขังหรืออยู่ใกล้ระดับน้ำใต้ดิน การระบายน้ำและอากาศไม่ดี

- ดินสีดำถึงดำมาก ส่วนมากเป็นดินก้นปลัก หนองน้ำขัง ซึ่งมีสารอินทรีย์ทับถมกันมาก

จ. น้ำในดิน การยึดหรืออุ้มน้ำของดิน การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน การดูดซับและส่งน้ำของพืช การสูญเสียเนื่องจากการระเหยไปในบรรยากาศทั้งหมดเป็นพฤติกรรมตามธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับพลังงานทั้งสิ้น ในที่นี้ของใช้คำว่าพลังงานอิสระ (free energy) เพื่อบอกลักษณะของสถาน

ภาพของพลังงานน้ำ ทั้งนี้เพราะเป็นการรวมรูปต่างๆ ของพลังงาน และเนื่องจากพลังงานในวัตถุใด ๆ เป็นตัวบ่งถึงความโน้มเอียงต่อการเปลี่ยนแปลงของวัตถุนั้น เมื่อพิจารณาเรื่องพลังงานจะใช้หลักที่ว่าวัตถุทุกชนิดรวมทั้งน้ำมีความโน้มเอียงที่จะเคลื่อนที่จากระดับที่มีพลังงานสูงไปสู่ระดับที่มีพลังงานต่ำกว่า เช่น น้ำจากผิวดินที่เปียกแฉะและมีพลังงานอิสระในระดับที่สูงกว่า มีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่ไปยังผิวดินที่แห้งกว่า ซึ่งดินนั้นมีระดับพลังงานอิสระน้อยกว่า

2.5.1 สมบัติทางเคมีของดิน [6]

ก . องค์ประกอบทางเคมีของดิน

ดินแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุต้นกำเนิดดินนั้น ทั้งนี้เพราะวัตถุต้นกำเนิดของดินนั้นอาจมีแร่ธาตุซึ่งเป็นส่วนประกอบของหินแตกต่างกัน แม้แต่ดินที่เกิดในแถบเดียวกัน เมื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ก็ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันในแง่ของสัดส่วนเป็นอย่างมากด้วย ตารางที่ 2.2 แสดงสัดส่วนที่แตกต่างกันในช่วงที่กว้างพอสมควร

ตารางที่ 2.2 แสดงสัดส่วนที่ต่างกันขององค์ประกอบทางเคมีของดิน

ธาตุ	ช่วงปริมาณ (%)
ไนโตรเจน (N)	0.02 - 0.50
ฟอสฟอรัส (P ₂ O ₅)	0.02 - 0.40
โพแทสเซียม (K ₂ O)	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้ก่อให้เกิดปฏิกิริยาในดินตลอดเวลา ทำให้สมบัติต่างๆ ของดินมีการเปลี่ยนแปลง ขณะที่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นหรือหลังการเกิดปฏิกิริยา องค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้จะมีการเปลี่ยนรูป สิ่งมีชีวิตไม่สามารถนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินในแง่ที่ว่า รูปขององค์ประกอบทางเคมีบางรูป สิ่งมีชีวิตไม่สามารถนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ บางรูปถูกนำไปใช้ได้ บางรูปเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในดินได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม

ข. สารคอลลอยด์ในดิน

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

ในดินส่วนประกอบที่มีอนุภาคเล็กๆ และมักอยู่ในสภาพแขวนลอย หรือที่เรียกว่า สารคอลลอยด์นั้น ได้แก่ พวกอนุภาคดินเหนียว หรือ แร่ดินเหนียว (clay minerals) แร่พวกออกไซด์ (oxide) ของเหล็กและอลูมิเนียม รวมทั้งอินทรีย์วัตถุพวกฮิวมัส (humus) ในดินด้วย ส่วน dispersion medium ในดินนั้นคือน้ำ

สารคอลลอยด์ โดยเฉพาะแร่ดินเหนียว และฮิวมัสนั้นมีคุณสมบัติเฉพาะที่สำคัญอยู่อย่างหนึ่งคือ มีประจุลบ (electronegative charge) ซึ่งสำหรับกรณีของแร่ดินเหนียวนั้นประจุลบมีกำเนิดมาได้หลายทางด้วยกัน เช่น จากบริเวณขอบของผลึก (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 การดูดซับไอออนบวกจะมีประสิทธิภาพแค่นั้นขึ้นอยู่กับนิดของสารคอลลอยด์ เพราะสารคอลลอยด์แต่ละชนิดนั้นจะมีประจุลบไม่เท่ากันจึงมีความสามารถในการดูดซับไม่เท่ากัน เนื่องจากไอออนบวกที่ถูกดูดซับอยู่สามารถแลกเปลี่ยนกับไอออนบวกที่อยู่ภายนอกสารคอลลอยด์ได้

ค. ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน [2]

สารที่เป็นกรดคือ สารที่ปลดปล่อยไฮโดรเจนอิออน (H^+) ออกมาเมื่ออยู่ในน้ำ และสารที่เป็นด่างคือสารที่ปลดปล่อยไฮดรอกไซด์อิออน (OH^-) ออกมาเมื่ออยู่ในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินโดยทั่วไปมักมีการเกิดขึ้นได้หลายทางด้วยกันคือ เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งมักเกิดขึ้นในดินโดยกระบวนการนำเปื่อยผุพังของอินทรีย์สาร เมื่อ CO_2 รวมกับน้ำกลายเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) และเมื่อก๊าซนี้แตกตัวจะทำให้ดินมี H^+ เพิ่มมากขึ้นทำให้ดินเป็นกรด ก๊าซ CO_2 นี้ยังอาจเพิ่มปริมาณขึ้นในดินโดยละลายมากับน้ำฝนด้วย หรือการเกิดกรดไนตริก (HNO_3) จากปุ๋ยแอมโมเนียไอออนที่มีอยู่ในดิน หรืออาจเกิดกรดกำมะถันจากกำมะถันหรือสารประกอบกำมะถันด้วย

ดินที่ที่มีความเป็นกรดสูงๆ นั้น มีผลกระทบกระเทือนต่อสมบัติทางเคมีและสมบัติอื่นๆ ของดินหลายประการด้วยกัน เป็นต้นว่า ทำให้ธาตุบางธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ละลายออกมาอยู่ในรูปไอออนในดินมากขึ้น ทั้งนี้ยกเว้น โมลิบดีนัม ซึ่งจะละลายออกมาเมื่อดินมีความเป็นด่างสูง ความเป็นกรดของดินทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีบางอย่างในดินเกิดขึ้นได้ดี เช่น การทำปฏิกิริยาระหว่างเหล็กกับฟอสเฟต และอลูมินัมกับฟอสเฟตเป็นเหล็กฟอสเฟตหรืออลูมินัมฟอสเฟต กลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยากหรือไม่ละลายน้ำ นอกจากผลกระทบกระเทือนดังกล่าวนี้แล้ว ความเป็นกรดของดินยังมีผลกระทบต่อกิจกรรมของดิน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นโดยต้องอาศัยจุลินทรีย์หรือเอนไซม์ในดิน สิ่งมีชีวิตบางชนิด หรือจะเรียกได้ว่าสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ไม่น่าชอบที่จะขึ้นหรือมีชีวิตรอดอยู่ในดินที่เป็นกรดสูงๆ ดังนั้น การที่ดินมีความเป็นกรดสูงจึงอาจกล่าวได้ว่าเป็นข้อเสียมากกว่าข้อดี

ความเป็นกรดของดินนั้น แก้ไขได้โดยการเติมปูนซึ่งเป็นสารประกอบพวกออกไซด์ ไฮดรอกไซด์ หรือคาร์บอเนตของแคลเซียมหรือแมกนีเซียม ปฏิกิริยาในดินอาจแสดงได้ง่ายๆ ดังนี้



จากปฏิกิริยาข้างบนนี้จะเห็นได้ว่า แคลเซียมหรือแมกนีเซียมจากปูนจะเข้าแทนที่ H^+ ที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของสารคอลลอยด์ดิน H^+ ที่หลุดออกมาจะทำปฏิกิริยากับ OH^- หรือ CO_3^{2-} ทันที และไม่แสดงความเป็นกรดอีกต่อไป ส่วน H^+ ที่มีอยู่ในสารละลายนั้นคงทำปฏิกิริยากับ OH^- หรือ CO_3^{2-} ได้ทันที ไม่ต้องมีการแลกเปลี่ยนที่จากสารคอลลอยด์

ง. อินทรีย์วัตถุในดิน

อินทรีย์วัตถุในดิน หมายถึงสารอินทรีย์ทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน ปกติจะมีอยู่ในดินชั้นบางๆ ของหน้าตัดดิน เช่น อยู่ในชั้นบนสุด (01 เดิมเรียก AOO) ซึ่งเป็นชั้นของดินที่มีอินทรีย์วัตถุที่ยังอยู่ในรูปของเศษกิ่งไม้ใบไม้ ที่ยังไม่สลายตัวหรือสลายตัวไม่เต็มที่ และยังสามารถจำได้ว่าเป็น

ขึ้นส่วนไหนของพืชและสัตว์ ชั้นรองลงไป (O2 เดิมเรียก AO) เป็นชั้นดินที่อยู่ต่ำถัดลงไป ประกอบด้วยอินทรีย์วัตถุที่สลายตัวผุพังไปแล้ว เกิดเป็นฮิวมัสและสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ และไม่สามารถจำได้ว่าเป็นขึ้นส่วนไหนของพืชหรือสัตว์

รูปของอินทรีย์วัตถุในดินมีอยู่จำนวนมากมาย ตั้งแต่ที่มีขนาดของอนุ (molecule) ใหญ่ๆ เช่น humus , lignin , cellulose จนถึงขนาดของอนุเล็กๆ เช่น น้ำตาลบางชนิด กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์บางชนิด ปกติในการวิเคราะห์หาสารอินทรีย์จะรวมไปถึงส่วนที่สลายตัวและที่ยังไม่สลายตัว ส่วนที่สลายตัวมาจากสิ่งมีชีวิตที่สมบูรณ์แล้วเท่านั้น ดังนั้น ในการวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน จำเป็นจะต้องแยกเอาส่วนที่เป็นขึ้นส่วน เช่น กิ่ง ใบ ราก ที่ยังไม่สลายตัวออกเสียก่อนที่จะวิเคราะห์

อินทรีย์วัตถุเป็นสิ่งที่มีความสำคัญหลายแง่ด้วยกัน เกี่ยวข้องกับสมบัติของดิน ทั้งทางเคมี ฟิสิกส์และชีวภาพ ทางเคมีนั้นเป็นอินทรีย์วัตถุสามารถดูดซับไอออนบวกได้เช่นเดียวกับแร่ดินเหนียว นอกจากนี้ยังทำปฏิกิริยาอื่น ๆ กับแร่ธาตุในดินด้วย ในทางฟิสิกส์นั้นอินทรีย์วัตถุก่อให้เกิดก้อนหรือเม็ดดินขึ้นโดยทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมตังได้กล่าวมาแล้วส่วนทางด้านชีวภาพ อินทรีย์วัตถุเป็นอาหารของจุลินทรีย์ดิน อินทรีย์วัตถุบางชนิดเป็นเอนไซม์ ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆในดิน

2.5.2 สิ่งมีชีวิตในดิน [4]

คุณภาพเนื้อดินจะร่วนซุยหรือไม่ ขึ้นกับปริมาณสารอาหารหรือแร่ธาตุในดิน บางส่วนได้จากการปฏิสัมพันธ์การสลายสารอินทรีย์กับจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในดิน โดยเฉพาะบริเวณผิวน้ำดินโดยแทรกตัวตามช่องว่างต่างๆของดิน

สิ่งมีชีวิตในดินแบ่งตามขนาดได้ 3 กลุ่มคือ

- สิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ คือสิ่งมีชีวิตที่สามารถพบเห็นด้วยตาเปล่าซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 2 - 20 มม. ได้แก่ แมลงต่างๆ ไส้เดือนดิน
- สิ่งมีชีวิตขนาดกลาง คือสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดประมาณ 0.1 - 2.0 มม. ได้แก่ ไส้เดือนแดง
- สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก คือสิ่งมีชีวิตขนาด 10 - 100 ไมครอน ได้แก่ โปรโตซัว เนมาโตส รวมทั้ง แบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซีท ทั้ง 3 กลุ่มนี้รวมเรียกว่า กลุ่มจุลินทรีย์ในดินซึ่งมีบทบาทมากที่สุดในการเป็นผู้ย่อยสลายกลุ่มแรก โดยจะปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยผนังเซลล์พืชและสิ่งต่างๆ ในดิน เพื่อให้สัตว์ในดินเข้ามาทำลายหรือย่อยสลายต่อไปได้ง่ายขึ้น ปัจจัยที่ควบคุมปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ดิน มีดังนี้

ก. ความชื้นของดิน ความชื้นในดินมีความสำคัญต่อปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ดินเป็นอย่างมาก เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบของจุลินทรีย์เองและยังเป็นตัวทำละลายแร่ธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในดิน ความชื้นที่พอเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดินโดยเฉพาะพวก aerobes คือประมาณ 60 – 70 % ของความจุของน้ำที่เป็นประโยชน์ ถ้าดินมีความชื้นต่ำหรือสูงกว่านี้ก็จะไม่มีปริมาณพวก aerobes ลดน้อยลง สำหรับจุลินทรีย์พวก anaerobes นั้นจะมีปริมาณมากในดินที่มีน้ำขัง

ข. การถ่ายเทอากาศในดิน การถ่ายเทอากาศในดินมีผลต่อปริมาณออกซิเจนที่จำเป็นในกระบวนการให้พลังงานของจุลินทรีย์พวก aerobes ดังนั้นดินที่มีการถ่ายเทอากาศดีก็จะทำให้เหมาะสมแก่การดำรงชีพของจุลินทรีย์พวก aerobes ทุกชนิด สำหรับดินที่มีน้ำขังนั้นไม่เหมาะสำหรับพวก aerobes เพราะว่าขาดออกซิเจน

ค. อุณหภูมิในดิน จุลินทรีย์ดินแต่ละชนิดเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังนั้นอุณหภูมิที่แตกต่างกันก็จะมีผลต่อปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ดินต่างๆ

ง. ปริมาณแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ในดิน ถ้าดินมีปริมาณธาตุอาหารต่างๆที่จำเป็นสำหรับจุลินทรีย์ดินอย่างเพียงพอ และอยู่ในรูปที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย ก็จะมีผลให้ดินนั้นมีจุลินทรีย์ดินอยู่มากมายหลายชนิดในปริมาณที่มาก และการใส่ปุ๋ยลงไปในดิน จะเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าปัจจัยอื่นเหมาะสม

จ. ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เนื่องจากอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งที่ให้พลังงานและคาร์บอนแก่จุลินทรีย์พวก heterotroph ดังนั้นถ้ามีอินทรีย์วัตถุอยู่สูงก็จะเป็นผลดีต่อจุลินทรีย์พวกนี้อย่างมาก สำหรับจุลินทรีย์พวก autotroph จะได้รับผลดีในทางอ้อมคือ อินทรีย์วัตถุช่วยทำให้สมบัติทางกายภาพและทางเคมีดีขึ้น

ฉ. ค่าพีเอช ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดินเป็นอย่างมาก ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับพีเอชแตกต่างกัน เช่น แบคทีเรียและแอกติโนมัยซีทเจริญเติบโตได้ดีในดินที่เป็นกลาง ส่วนเชื้อราสามารถทนทานต่อดินที่เป็นกรดต่ำจึงมีปริมาณมากในดินที่พีเอชต่ำ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 2000 นิภาพร และ คณะ [3] ได้มีการผสม HDPE และ LDPE ด้วยเครื่องอัดเกลียวหนอนและมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้ในการผสมและเมื่อผสมเสร็จแล้วจะได้เป็นพอลอโอเลฟินส์ และผสมพลาสติกที่ได้ กับสารร้าย *G. fisheri* โดยใช้สูตร พลาสติก : สารร้าย : Epolobene wax เป็น 100 : 40 : 10 แล้วนำไปฝังตามที่ต่าง ๆ ภายในสถาบันเทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และนำไปแช่ในน้ำเพื่อตรวจสอบการย่อยสลายของพลาสติก โดยดูจากสมบัติเชิงกลที่เปลี่ยนไป

ในปี ค.ศ. 2000 สมเจตน์ เขียววานิช [5] ได้ทำการศึกษาการย่อยสลายด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตและย่อยสลายตามธรรมชาติของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ใส่สารตัวเติมประเภทพอลิแซคคาไรด์ 2 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลังและเซลลูโลสจากขานอ้อย โดยมีกลีเซอรอลเป็นสารช่วยกระจายตัว ภาวะที่ทำการศึกษา ได้แก่ ปริมาณกรีเซอรอล แป้ง เซลลูโลส กระบวนการผสมสารตัวเติมและระยะเวลาในการได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ตนอกจากนี้ศึกษาสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์คอมพอสิตที่สลายตัวด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ทำการฝังกลบตามธรรมชาติ

ในปี ค.ศ. 1999 D. Zuchowaka [7] ได้ทำการทดลองผสมพอลิโอลิฟิน 30 – 40 % กับแป้งที่ผสมพลาสติกไซเบอร์ใช้การทดลองในดินเวลา 4 เดือนและทำการกัดผิวหน้าของตัวอย่างด้วยสารละลาย 10% โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิห้อง การสลายตัวทางชีวภาพในดินและการสลายตัวทางเคมีโดยสารละลาย NaOH ของ PE หรือ PP ผสมแป้งมีต่อโครงสร้างในโมเลกุลของพอลิเมอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของ PP การเปลี่ยนแปลงที่สามารถสังเกตเห็นได้เกิดขึ้น ที่ส่วน amorphous ระหว่างผิวแป้งกับ พอลิโอลิฟิน จากกระบวนการสลายตัวทางเคมีและกายภาพเป็นสาเหตุนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมที่มองเห็นได้

ในปี ค.ศ. 1996 Jendrssek , D., A [8] ได้ทดสอบการย่อยสลาย PHB ในสิ่งแวดล้อม การย่อยสลายของ PHB เกิดขึ้นอย่างหลากหลายในสิ่งแวดล้อม โดยพบว่าประมาณ 55 % ของเชื้อเห็ดราที่แยกได้ มีความสามารถในการย่อยสลาย PHB จำนวนเชื้อแบคทีเรียที่นับได้จากตัวอย่างดินในสิ่งแวดล้อม เช่น ดินป่า ดินฟาร์ม ทรายข้างถนน และบ่อตกตะกอน เมื่อเปรียบเทียบการสร้างโคโลนีที่ทำให้เกิดเคลียร์โซนบนอาหารแข็ง ที่มี PHB เป็นแหล่งคาร์บอนพบว่าจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศและสามารถย่อยสลาย PHB ได้เท่ากับ 0.2 – 11.4 เปอร์เซ็นต์ของเชื้อที่แยกได้

บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินงาน

3.1 วัสดุและสารที่ใช้ในการทดลอง [4]

1. เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) รหัส POLENE GG3245
บริษัท Thai Petrochemical Industry Co.,Ltd

คุณสมบัติของเม็ดพลาสติกที่ใช้

ความหนาแน่น	0.946 g/cm ³
อัตราการไหล (MFI 2.16Kg/190°C)	0.10 g/10 min
ความทนแรงดึงยืด	37 N/mm ²
ความทนแรงดึง ณ จุดขาด	1600 (%)
อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต	200-220

2. ชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล
3. กลีเซอรอล บริษัท Carlo Erba Co.,Ltd.

คุณสมบัติของกลีเซอรอล

ความหนาแน่น	1.26 g/cm ²
จุดเดือด	290°C
จุดหลอมเหลว	18°C
ความหนืดที่ (20°C)	1400 mpss

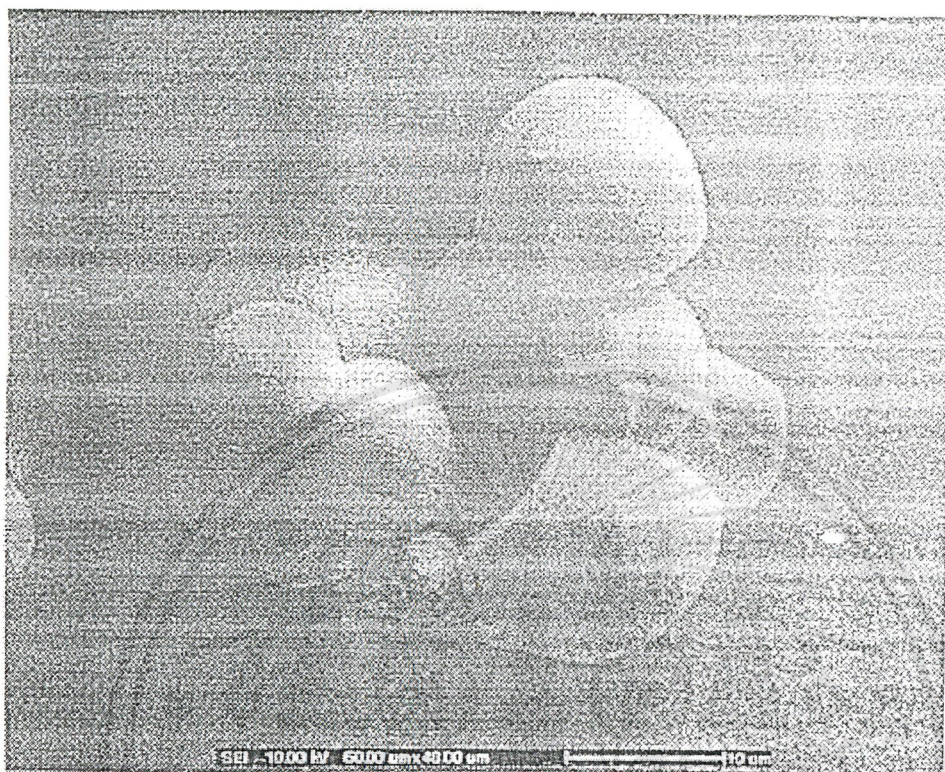
4. แป้งมันตราปลามังกร บริษัทห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคลตั้งจัน

คุณสมบัติของแป้ง

ความชื้น	11.2%
พีเอช	5.48
ขนาดของเม็ดแป้ง	5-35 ไมโครเมตร

เป็นแป้งคุณภาพชั้น 1 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังตาม มอก.247-2521 รูปร่างเม็ดแป้งแสดงได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงรูปร่างแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลอง

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องผสม (Internal high speed mixer) บริษัท Labtech Engineering Co.,Ltd.
2. เครื่องทดสอบแรงดึงคูดรู้น LR 30K บริษัท LLOYD Instrument.
3. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) บริษัท Bruker
4. เครื่องบดเม็ดพลาสติก (Grinder) บริษัท Bosco Engineering
5. เครื่องผสม Two-roll mill
6. เครื่องอัดแบบขึ้นรูปพลาสติก (Compression molding machine) บริษัท Lab Tech Engineering company LTD.
7. กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์
8. ตู้อบ
9. เครื่องชั่งแบบดิจิตอล :รุ่น HR-200 บริษัท Diethelm
10. พีเอชมิเตอร์ รุ่น 215 บริษัท Denver Instrument

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท (NH_4OAc) 1 N
2. สารละลายแอมโมเนียมออกซาลาเลท [$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$], 10%
3. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH), 50 %
4. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl), 1 N
5. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl), 0.25 N
6. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO_3), 0.1 N
7. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Acidified, NaCl 10 %)
8. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH), 40 %
9. สารละลายกรดบอริก (H_3BO_3), 3 %
10. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.1 N
11. อินดิเคเตอร์ผสม (mixed indicator)

วิธีการทดลอง

วิธีการเตรียมชิ้นงานพลาสติก [7]

1. เตรียมวัสดุบดตั้งต้นและผสม

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมแป้ง

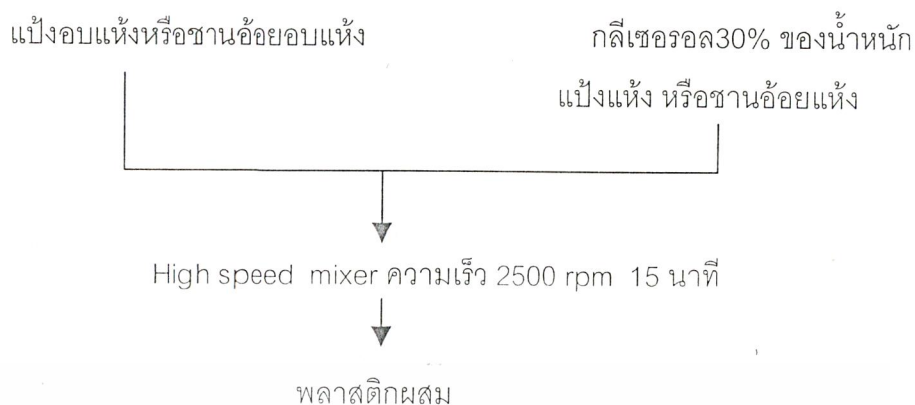
นำแป้งมาทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมชานอ้อย

นำชานอ้อยที่ได้มาบดล้างคัดแยกขนาดโดยใช้ตะแกรงขนาด 100 เมช นำชานอ้อยล้างด้วยน้ำเพื่อกำจัดฝุ่นและสิ่งสกปรกจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C

ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมพอลิเมอร์คอมพอสิต

นำกลีเซอรอลอุณหภูมิ 100°C ผสมแป้งหรือชานอ้อยใน high speed mixer ความเร็วรอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที โดยใช้กลีเซอรอล 30% ของน้ำหนักแป้งแห้งหรือชานอ้อย ซึ่งแสดงแผนผังการทดลองได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการผสม

2. การเตรียมชิ้นงาน

นำของผสมจากขั้นตอนที่ 3 มาผสมในอัตราส่วนต่างๆ ในตาราง 3.1 โดยใช้เครื่อง two-roll mill ที่อุณหภูมิ 150-160^o ซ แล้วนำพลาสติกที่ได้จาก two-roll mill ไปบดด้วยเครื่องตัดบด นำเม็ดพลาสติกที่ได้จากขั้นตอนนี้ขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างเป็น 2 แบบ คือ แบบฟิล์มบางเพื่อใช้วิเคราะห์ FTIR และขึ้นรูปชิ้นงานเป็นรูป tensile bar เพื่อใช้ทดสอบความทนแรงดึง

ขึ้นรูปแผ่นบาง ชั่งเม็ดพลาสติกหนัก 40 กรัม ใช้แผ่นเหล็กประกบสองด้านโดยไม่ใช้แม่แบบทำการอัดร้อนด้วยเครื่องอัดความร้อนที่อุณหภูมิ 150^o ซ 3 นาที จากนั้นนำไปอัดเย็น 3 นาที นำออกจากแบบ และตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม

ขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อทดสอบความทนแรงดึง นำเม็ดพลาสติกมาใส่แม่แบบสี่เหลี่ยมหนา 1 มิลลิเมตร โดยมีแผ่นเหล็กประกบทั้งสองด้าน ทำการอัดความร้อนด้วยเครื่องอัดความร้อนที่อุณหภูมิ 150^o ซ 4 นาที นำไปอัดเย็นเป็นเวลา 4 นาที นำออกจากแบบ และตัดเป็นรูปดรัมเบลล์

3. เตรียม HDPE ที่ผสมแป้งและเส้นใย (ชานอ้อย) ตามสูตรต่างๆ ดังแสดงในตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงสูตรผสมพลาสติกสูตรต่างๆ

ชนิดที่	สูตรผสม
A	HDPE
B	HDPE + แป้ง 30% + glycerol 30 %
C	HDPE + เส้นใย (ชานอ้อย) 10% + glycerol 30 %
D	HDPE + เส้นใย (ชานอ้อย) 20% + glycerol 30 %
E	HDPE + เส้นใย (ชานอ้อย) 10% + glycerol 30 %
F	HDPE + เส้นใย (ชานอ้อย) 30%
G	HDPE + เส้นใย (ชานอ้อย) 15 % + แป้ง 15 % + glycerol 30%

2. เตรียมดินที่ใช้ในการย่อยสลาย

4.1 ดินธรรมชาติ สถานที่ฝังพลาสติกคือ บริเวณข้างอาคารฝึกงานพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.2 ดินผสม

วิธีการเตรียมดิน

- ดินที่ใช้ในการทดลองนำมาจากบริเวณโรงสูบน้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการถ่ายเทน้ำในดิน เพื่อป้องกันการเกิดน้ำท่วมขัง และจากการทดลองจะใช้อัตราส่วนดิน : ทราย ประมาณ 5 : 3
- ทำการปรับค่าพีเอช ในดินโดยใช้ NH_4OH ในอัตราส่วน NH_4OH : น้ำ ประมาณ 1 : 8
- ดินที่ใช้ในการทดลองประมาณ 300 กิโลกรัม แล้วเอาน้ำ + NH_4OH ลาดให้ทั่วคลุกเค้าให้เข้ากัน (ใช้ NH_4OH : น้ำเป็น 1 ; 20 เพื่อควบคุมความชื้น)
- ผสมดินตามสูตรต่างดังแสดงในตาราง 3.2

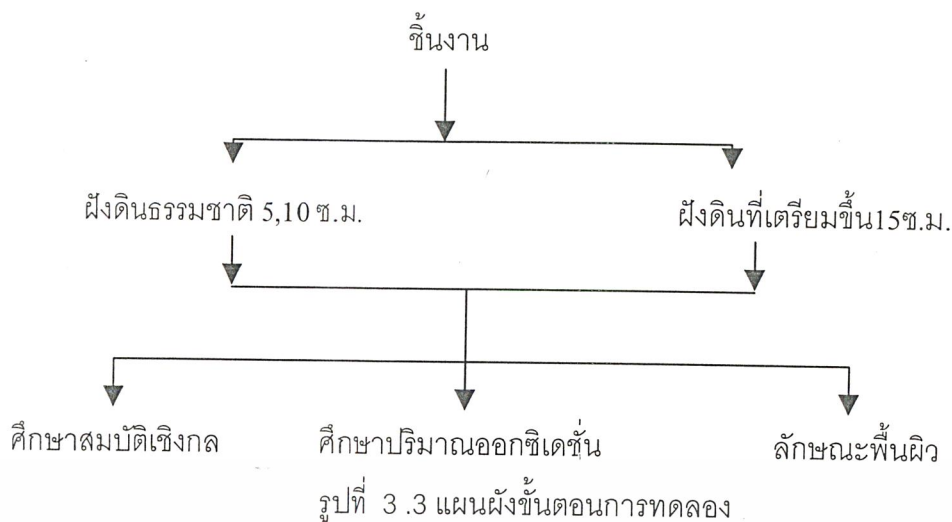
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงสูตรดินที่ผสมขึ้น

ชนิดที่	สูตรผสม
ก	ดินควบคุม
ข	ดินปรับพีเอช 8.5
ค	ดินปรับความชื้น 50 %
ง	ดินผสมมูลวัว
จ	ดินผสมมูลไก่
ฉ	ดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย
ช	ดินผสมขาน้อย
ซ	ดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ (EM)

3. นำขึ้นพลาสติกที่เตรียมขึ้นไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนด้วยเทคนิค 4 ตำแหน่ง
4. นำพลาสติกสูตรต่าง ๆ ตามตารางที่ 3.1 ไปฝังกลบในดินธรรมชาติและดินผสมสูตรต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.2 ตั้งแต่เดือน มิถุนายน - ธันวาคม โดยที่
 - 4.1 ดินธรรมชาติ - นำขึ้นพลาสติกไปฝังไว้ที่ความลึก 5 ซม. และ 10 ซม. โดยแบ่งเป็น 2 สถานที่
 - 4.1.1 บริเวณที่โล่งแจ้งได้รับรับแสงแดดตลอด
 - 4.1.2 บริเวณใต้ต้นไม้
 - 4.2 ดินผสม นำขึ้นพลาสติกไปฝังไว้ในช่องพลาสติกเส้นผ่าศูนย์กลาง 26 นิ้ว ที่ความลึก 15 ซม.
 - 4.3 จากนั้นฝังกลบดินให้ทั่วขึ้นงานทำเช่นเดียวกันทุกสภาวะแสดงขั้นตอนได้ดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3. การทดสอบสมบัติพลาสติก [7]

3.1 .การทดสอบเชิงกล

ทดสอบการใช้เครื่องทดสอบแรงดึงใช้ชิ้นงานทดสอบตัวอย่างละ 3 ชิ้น ที่สภาวะดัง

Load cell 30 KN

Test speed 50 mm/min

Gauge length 2.5 min

3.2 การหาปริมาณการเกิดออกซิเดชัน (oxidation)

นำตัวอย่างที่ได้จากการฝั่งดินที่เป็นแผ่นมาทำการตรวจวิเคราะห์โดยเครื่อง FTIR spectrophotometer ในช่วงความยาวคลื่น $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ โดยเปรียบเทียบความเข้มของหมู่คาร์บอนิลที่เลขคลื่น $1780 - 1640 \text{ cm}^{-1}$ และหมู่ไฮดรอกซิลที่เลขคลื่น $3400 - 3300 \text{ cm}^{-1}$ ทั้งก่อนและหลังทำการทดลองและทำการคำนวณ carbony index (C.I.) จากสูตร

$$C. I. = [\log [100 / \% T]/d]$$

เมื่อ % T = % Transimission

d = ความหนาของชิ้นงาน (μm)

3.3 การตรวจสอบลักษณะพื้นผิว

ใช้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ส่องดูลักษณะพื้นผิวของพลาสติก

4. พารามิเตอร์ที่ศึกษาคือ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ค่า พีเอช	Glass Electrode
ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก	Ammonium saturation
ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน	Walkley and Black
ความชื้นของดิน	Evaporation 105 ⁰ C



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

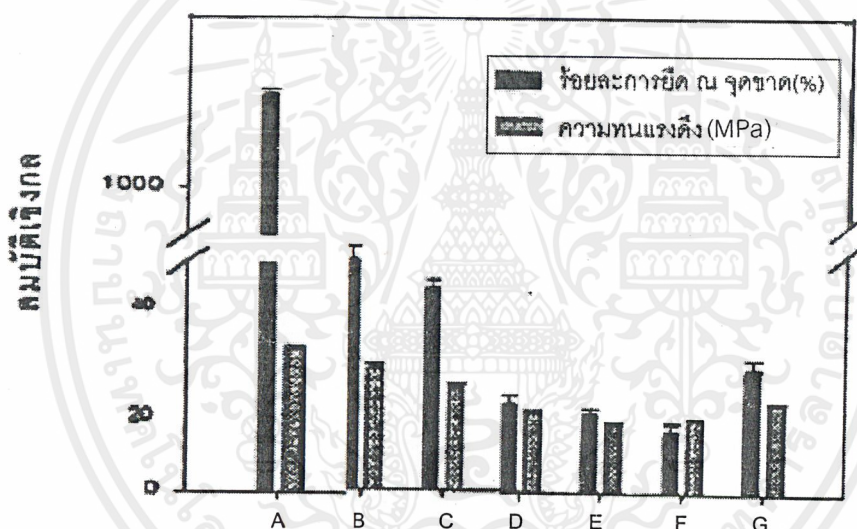
บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ทำการทดลองเปรียบเทียบสมบัติของพอลิเมอร์ผสมที่ได้จาก HDPE เส้นใยอ้อย แป้ง กลีเซอรอล โดยสมบัติที่ทดสอบได้แก่ สมบัติเชิงกล ปริมาณการออกซิเดชัน ลักษณะพื้นผิวของพลาสติก และ ร้อยละที่หายไปของพลาสติก

4.1 ศึกษาสมบัติเชิงกล

นำชิ้นงานของพอลิเมอร์ผสมสูตรต่างๆ ก่อนการทดลองในสภาวะต่างๆ มาตรวจค่าวัดร้อยละการยืด ณ จุดขาด ผลการทดลองแสดงดังรูป



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดและค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ

- (A) HDPE (B) HDPE + แป้ง30% + กลีเซอรอล30%
 (C) HDPE + ชานอ้อย30%+กลีเซอรอล30% (D) HDPE+ชานอ้อย20%+กลีเซอรอล30%
 (E) HDPE + ชานอ้อย10%+กลีเซอรอล30% (F) HDPE +ชานอ้อย30%
 (G) HDPE + แป้ง15% +ชานอ้อย15% +กลีเซอรอล30%

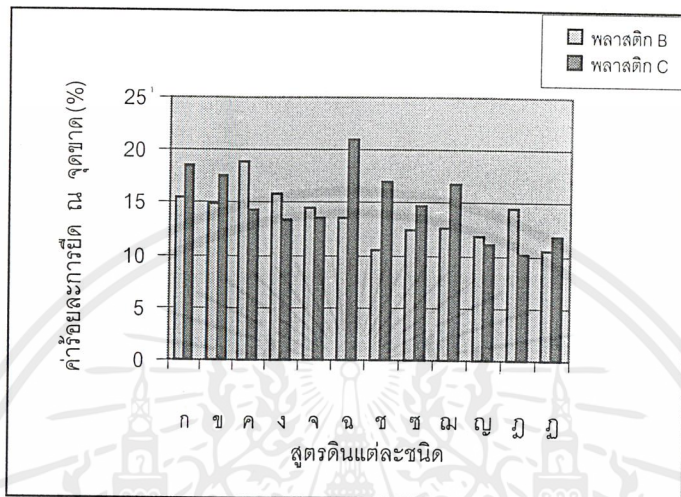
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดพบว่า HDPE กับ HDPE ที่ผสมแป้งและเส้นใยอ้อยได้ผลการทดลองดังนี้ $A > B > C > G > D > E > F$ เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยอ้อยค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาดมีค่าลดลง ส่วน HDPE ที่ผสมทั้งแป้งและเส้นใยอ้อย (G) ให้ค่าร้อยละ ณ จุดขาดเพิ่มขึ้นมากกว่า HDPE ที่ผสมเส้นใยอ้อยเพียงอย่างเดียว (D),(E) และ(F)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ค่าร้อยละการยึด ผน จุดขาด

ค่าร้อยละการยึด ผน จุดขาด หมายถึงความสามารถยึดตัวของพอลิเมอร์ถ้าค่านี้ต่ำแสดงว่ายึดได้น้อยลง

นำชิ้นงานพอลิเมอร์ผสมสูตรที่ B และ C ผึ่งในดินสภาวะต่าง ๆ เป็นเวลา 7 เดือนจากนั้นนำขึ้นมาทดสอบค่าร้อยละการยึด ผน จุดขาดพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบค่าร้อยละการยึด ผน จุดขาดของพอลิเมอร์ B และ C ในดินสภาวะต่างๆ

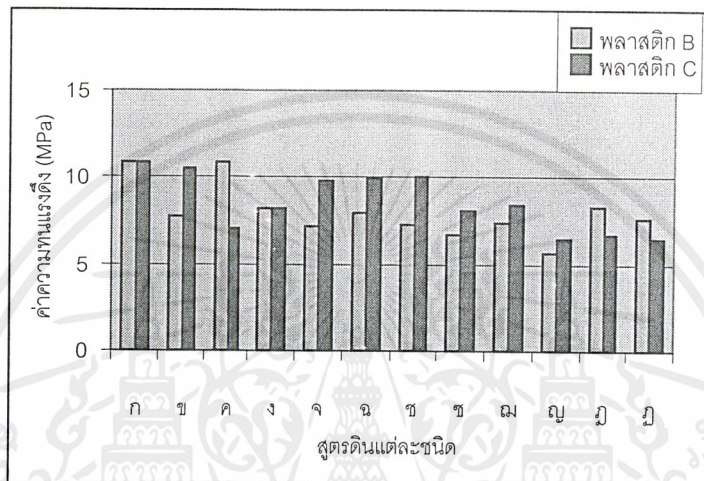
- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| ก. ดินควมคุม | ข. ดินปรับพีเอช 8.5 |
| ค. ดินปรับความชื้น 50 % | ง. ดินผสมมูลวัว |
| จ. ดินผสมมูลไก่ | ฉ. ดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย |
| ช. ดินผสมขานอ้อย | ซ. ดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM |
| ฅ. ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 5 ซม. | ญ. ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 10 ซม. |
| ฉ. ดินธรรมชาติใต้ต้นไม้ลึก 5 ซม. | ฎ. ดินธรรมชาติใต้ต้นไม้ลึก 10 ซม. |

จากรูปที่ 4.2 พอลิเมอร์สูตร B ซึ่งผสมแป้งมีการเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละการยึด ผน จุดขาดลดลงในทุกสภาวะของดินแสดงว่ามีการเสียดสภาพของพลาสติกมาก ยกเว้นสูตรดินปรับความชื้น 50%(ค)และสูตรดินผสมมูลวัว(ง) ส่วนพอลิเมอร์สูตร C ซึ่งผสมขานอ้อย มีค่าร้อยละการยึด ผน จุดขาดลดลงในทุกสภาวะดินยกเว้นสูตรดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย(ฉ)ที่ค่าสูงขึ้น

4.1.2 ค่าความทนแรงดึง

ค่าความทนแรงดึงที่สูงจะสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ แต่ค่าความทนแรงดึงต่ำจะแสดงให้เห็นว่าน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ลดลง

ผลการทดลองความทนแรงดึงพอลิเมอร์สูตร B และ C ในทุกสภาวะมีการเปลี่ยนแปลงความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ดังรูป 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์สูตร B และ C ในดินสภาวะต่างๆ

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| ก. ดินควบคุม | ข. ดินปรับพีเอช 8.5 |
| ค. ดินปรับความชื้น 50 % | ง. ดินผสมมูลวัว |
| จ. ดินผสมมูลไก่ | ฉ. ดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย |
| ช. ดินผสมขานอ้อย | ซ. ดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM |
| ฅ. ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 5 ซม. | ญ. ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 10 ซม. |
| ฉ. ดินธรรมชาติได้ต้นไม้ลึก 5 ซม. | ฎ. ดินธรรมชาติได้ต้นไม้ลึก 10 ซม. |

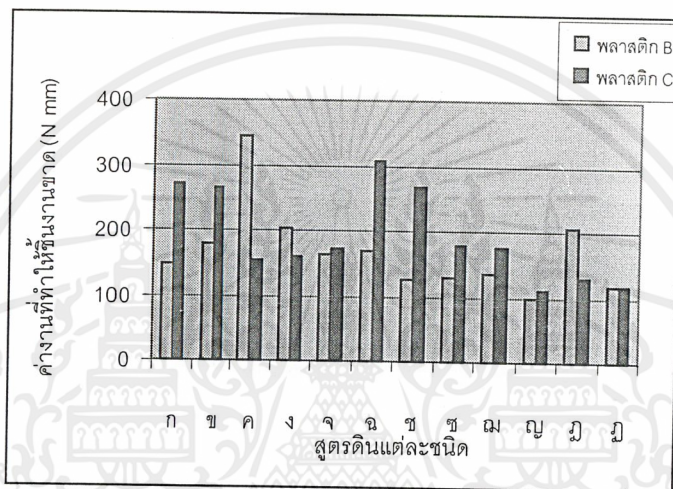
จากรูป 4.3 พอลิเมอร์สูตร B มีค่าความทนแรงดึงลดลงและลดลงมากที่สุดที่สุดในสภาวะดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 10 ซม. (ญ) ยกเว้นสภาวะดินปรับความชื้น 50%(ค) มีค่าใกล้เคียงกับสภาวะดินควบคุม(ก) ส่วนพอลิเมอร์สูตร C ในสภาวะดินปรับพีเอช 8.5(ข), ดินผสมมูลไก่(จ), ดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย(ฉ) และดินผสมขานอ้อย(ซ) ให้ค่าความทนแรงดึงใกล้เคียงกับดินควบคุม(ก) แต่ในสภาวะดินปรับความชื้น 50 %(ค), ดินผสมมูลวัว(ง) , ดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM(ซ) , ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 5 ซม.(ฅ) , ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 10 ซม.(ญ), ดินธรรมชาติได้ต้นไม้ลึก 5 ซม.(ฉ) และ ดินธรรมชาติได้ต้นไม้ลึก 10 ซม.(ฎ) ให้ค่าความทนแรงดึงลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 งานที่ทำให้ขึ้นงานขาด

งานที่ทำให้พอลิเมอร์ขาดคิดจากพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดบอกให้รู้ว่าพอลิเมอร์มีความเหนียวถ้าพื้นที่ใต้กราฟมาก ถ้างานที่ทำให้ขึ้นงานขาดน้อยแสดงว่าพอลิเมอร์มีสมบัติแตกหักง่าย ขาดเร็ว

ผลการทดลอง ค่างานที่ทำให้ขึ้นงานขาดของพอลิเมอร์สูตร B และ C ในสภาวะต่างๆมีการเปลี่ยนแปลงค่าดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบค่างานที่ทำให้ขึ้นงานขาดของพอลิเมอร์สูตร B และ C ในดินสภาวะต่างๆ

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| ก. ดินควบคุม | ข. ดินปรับพีเอช 8.5 |
| ค. ดินปรับความชื้น 50 % | ง. ดินผสมมูลวัว |
| จ. ดินผสมมูลไก่ | ฉ. ดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย |
| ช. ดินผสมชานอ้อย | ซ. ดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM |
| ณ. ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 5 ซม. | ญ. ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 10 ซม. |
| ฎ. ดินธรรมชาติใต้ต้นไม้ลึก 5 ซม. | ฏ. ดินธรรมชาติใต้ต้นไม้ลึก 10 ซม. |

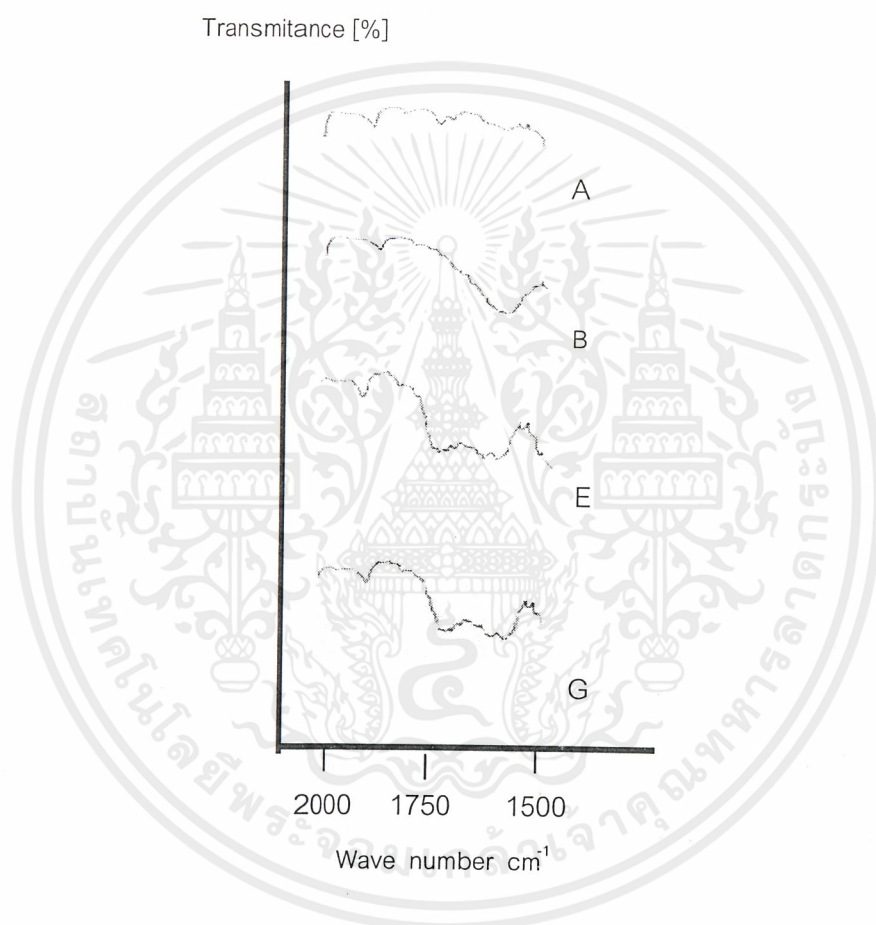
จากรูปที่ 4.4 พอลิเมอร์สูตร B มีค่างานที่ทำให้พอลิเมอร์ขาดสูงที่สุดเมื่อฝังอยู่ในดินปรับความชื้น 50%(ข)แสดงว่าความชื้น 50 % มีผลต่อพอลิเมอร์สูตรนี้ โดยทำให้มีสมบัติเหนียวขึ้นเมื่อเทียบกับสภาวะอื่นๆ ส่วนพอลิเมอร์สูตร C มีค่างานที่ทำให้พอลิเมอร์ขาดสูงเมื่อฝังอยู่ในดินผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคตะกอนน้ำเสีย(จ) ดินปรับพีเอช 8.5 (ข) และ ดินผสมขานอ้อย(ช) ส่วนชุดดินอื่นให้ค่าใกล้เคียงกันและต่ำกว่าดินชุดควบคุม(ก)

4.2 การหาปริมาณออกซิเดชัน

เมื่อผสม HDPE แปะ เส้นใย และกลีเซอรอลตามสูตรต่าง ๆ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วย FTIR แล้วนำผลของสูตรต่างๆมาเปรียบเทียบกันโดยพิจารณาช่วง $1500 - 2000 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดหมู่คาร์บอนิล ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟ FTIR แสดงการเปรียบเทียบช่วง $1500 - 2000 \text{ cm}^{-1}$ ของพอลิเมอร์ผสมสูตรต่าง ๆ ก่อนฝังดิน

(A) HDPE

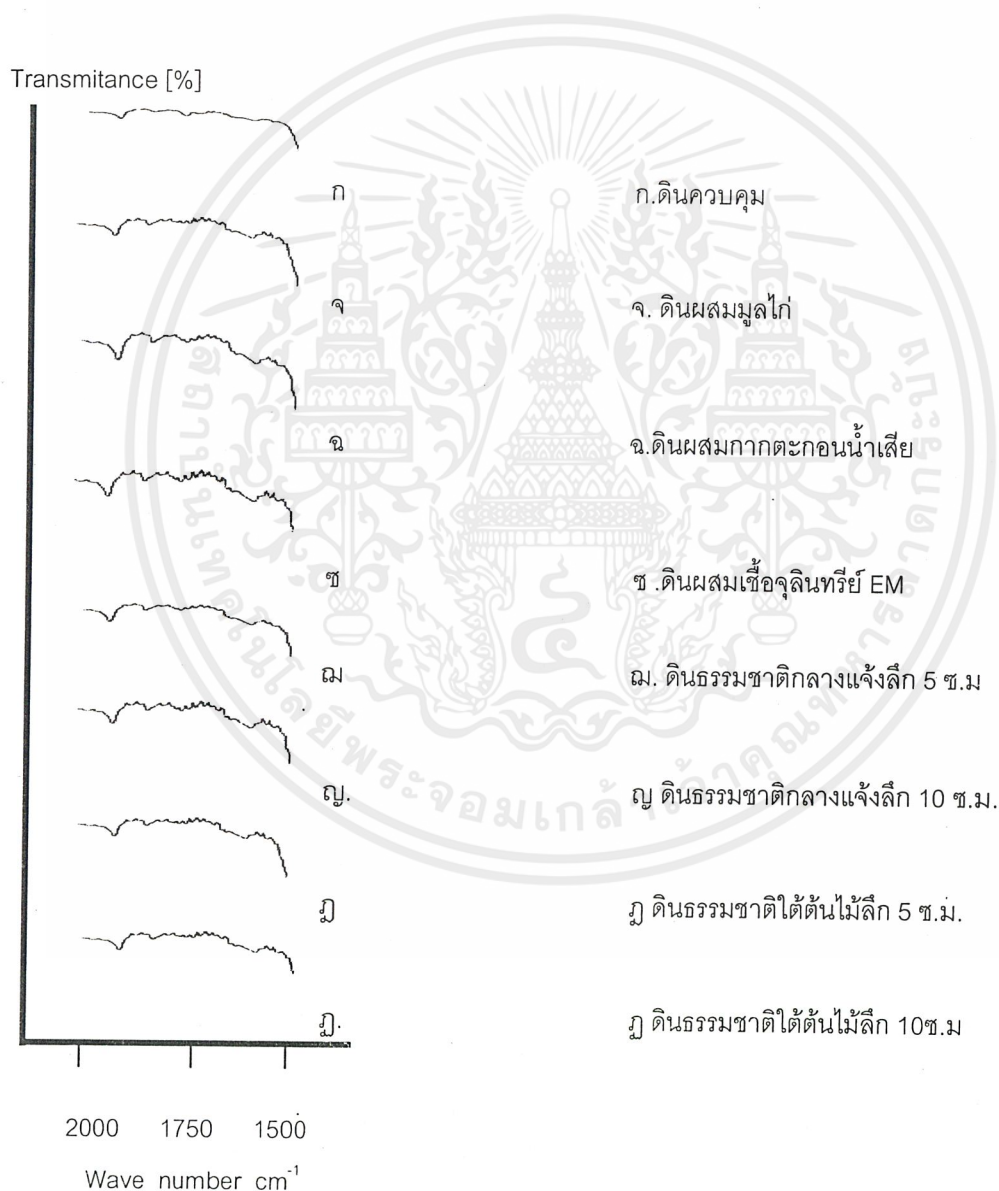
(B) HDPE+แปะ30% +กลีเซอรอล30%

(E)HDPE+ขานอ้อย10%+กลีเซอรอล30% (G) HDPE+แปะ15%+ขานอ้อย15%+กลีเซอรอล30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR พบว่าเมื่อเปรียบเทียบ HDPE กับ HDPE ผสมแป้ง พบว่ามีพีคเกิดขึ้นที่ 1640 cm^{-1} ขณะที่ HDPE ผสมเส้นใยพบว่ามีพีคเกิดขึ้น 2 ช่วงคือที่ $1640 - 1642\text{ cm}^{-1}$ และพีคที่ $1720 - 1735\text{ cm}^{-1}$ โดยบริเวณนี้เป็นพีคคาร์บอนิล

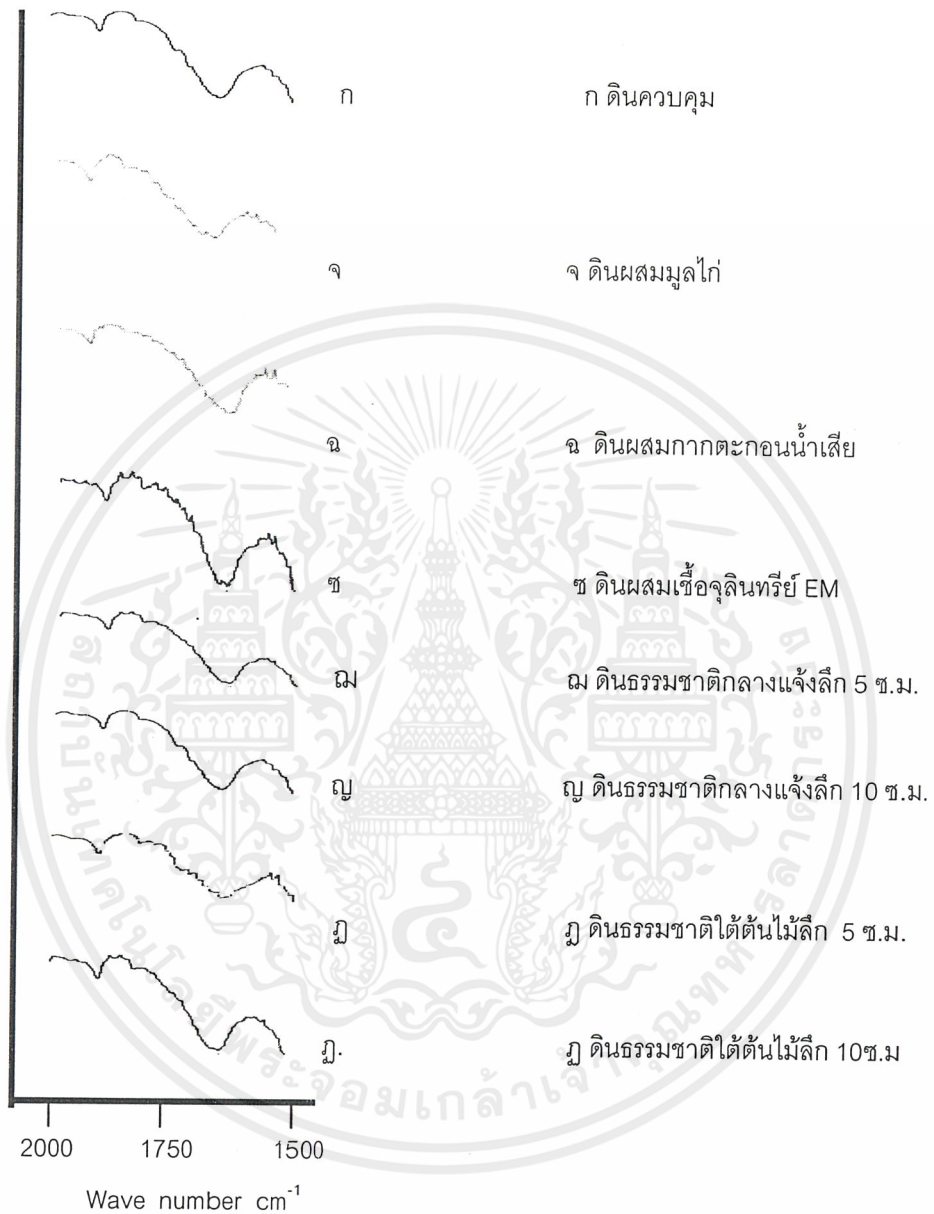
หลังจากการฝังกลบพอลิเมอร์ตัวอย่าง A,B,E และ G ในสภาวะดินควบคุม(ก) ,ดินผสมมูลไก่(จ),ดินผสมตะกอนน้ำเสีย(ฉ),ดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM (ช),ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 5 ซ.ม.(ฅ),ดินธรรมชาติกลางแจ้งความลึก 10 ซ.ม.(ญ),ดินธรรมชาติใต้ต้นไม้ความลึก 5 ซ.ม.(ฎ).และ ดินธรรมชาติใต้ต้นไม้ความลึก 10 ซ.ม.(ฏ)เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วย FTIR ให้ผลดังรูปที่ 4.6 – 4.9



รูปที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงหมู่คาร์บอนิลของพอลิเมอร์ A ในดินสภาวะต่าง ๆ หลังฝังกลบเป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

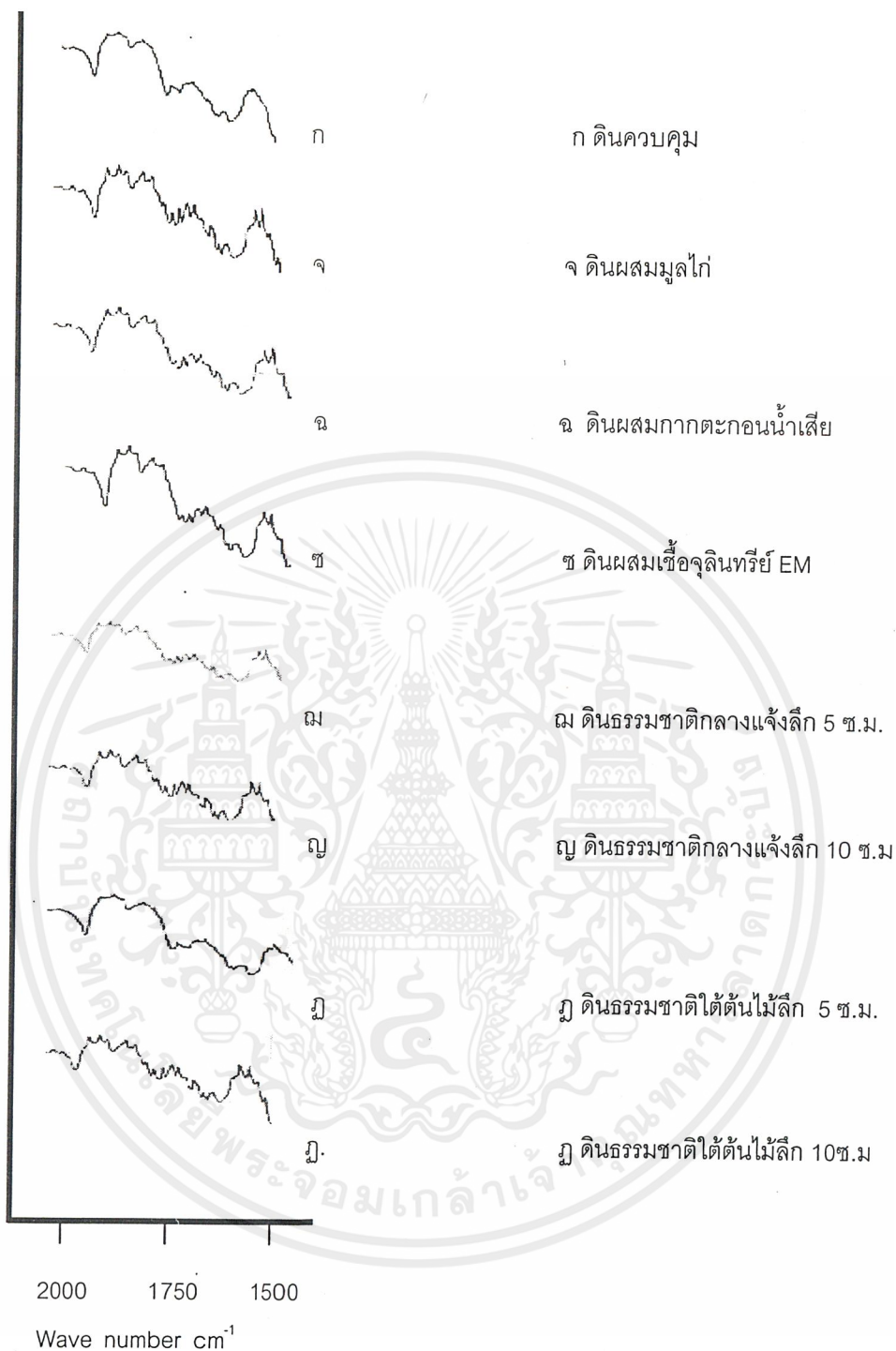
Transmittance [%]



รูปที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงหมู่คาร์บอนิลของพอลิเมอร์ B ในดินสภาวะต่าง ๆ หลังฝังกลบเป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

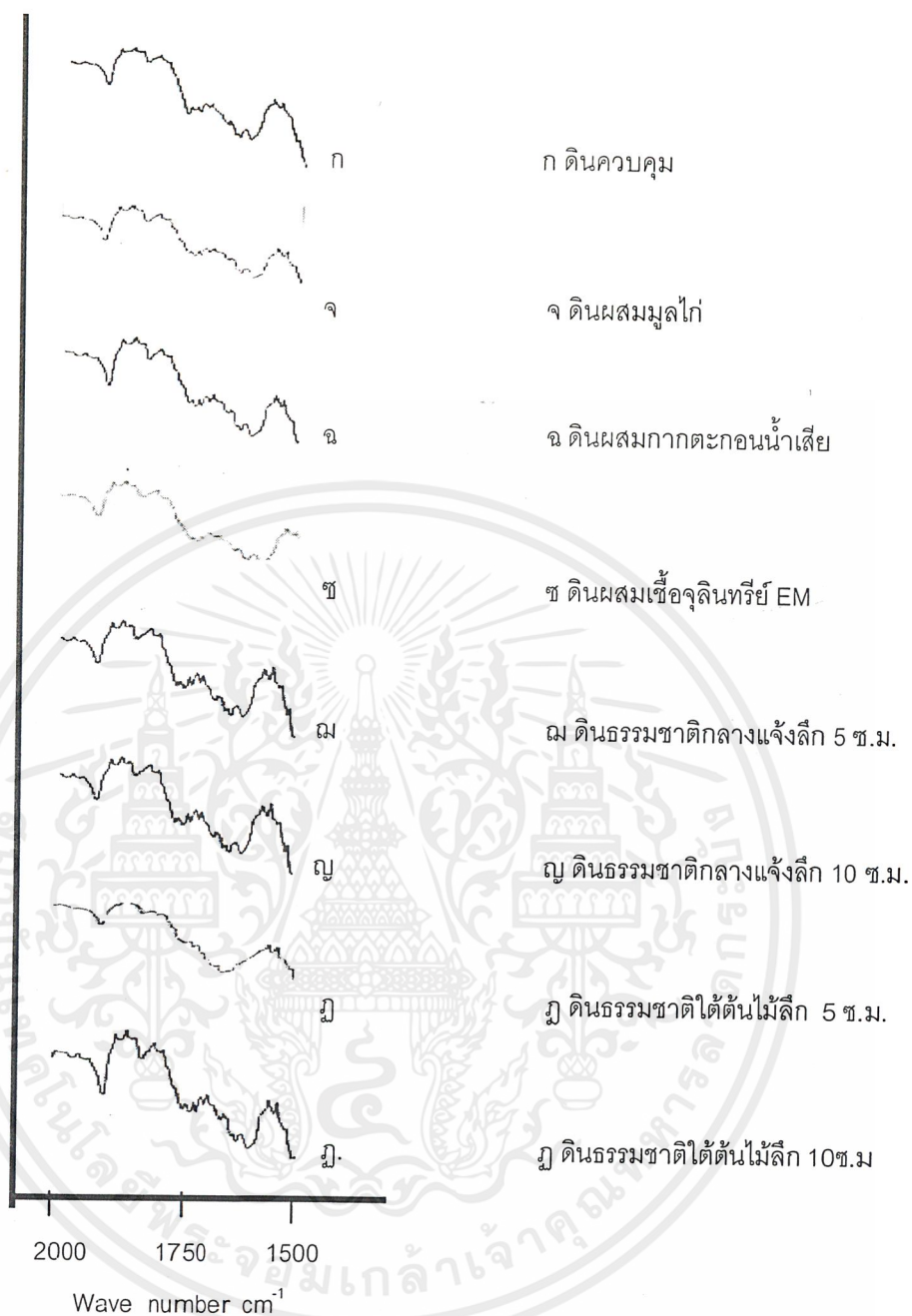
Transmittance [%]



รูปที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงหมู่คาร์บอนิลของพอลิเมอร์ E ในดินสภาวะต่าง ๆ หลังฝัง กลบเป็นระยะเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transmittance [%]



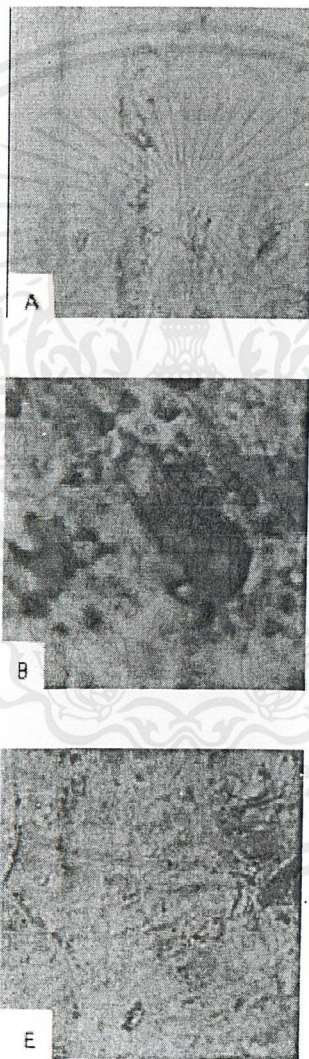
รูปที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงหมู่คาร์บอนิลของพอลิเมอร์ G ในดินสภาวะต่างๆหลังฝังกลบเป็นระยะเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจาก IR พบว่าไม่พบพีกที่แสดงหมู่คาร์บอนิลฟิล์มพอลิเมอร์ตัวอย่างทุกชนิดในทุกสภาวะการทดลอง

4.3 ลักษณะพื้นผิวของพลาสติก

นำพลาสติกสูตร A,B และ E มาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โพลาริซเพื่อดูลักษณะพื้นผิวของพลาสติกก่อนและหลังฝังกลบในดินทุกสภาวะเป็นเวลา 7 เดือนโดยใช้กำลังขยาย 100 เท่าได้ผลการทดลองดังรูป 4.10



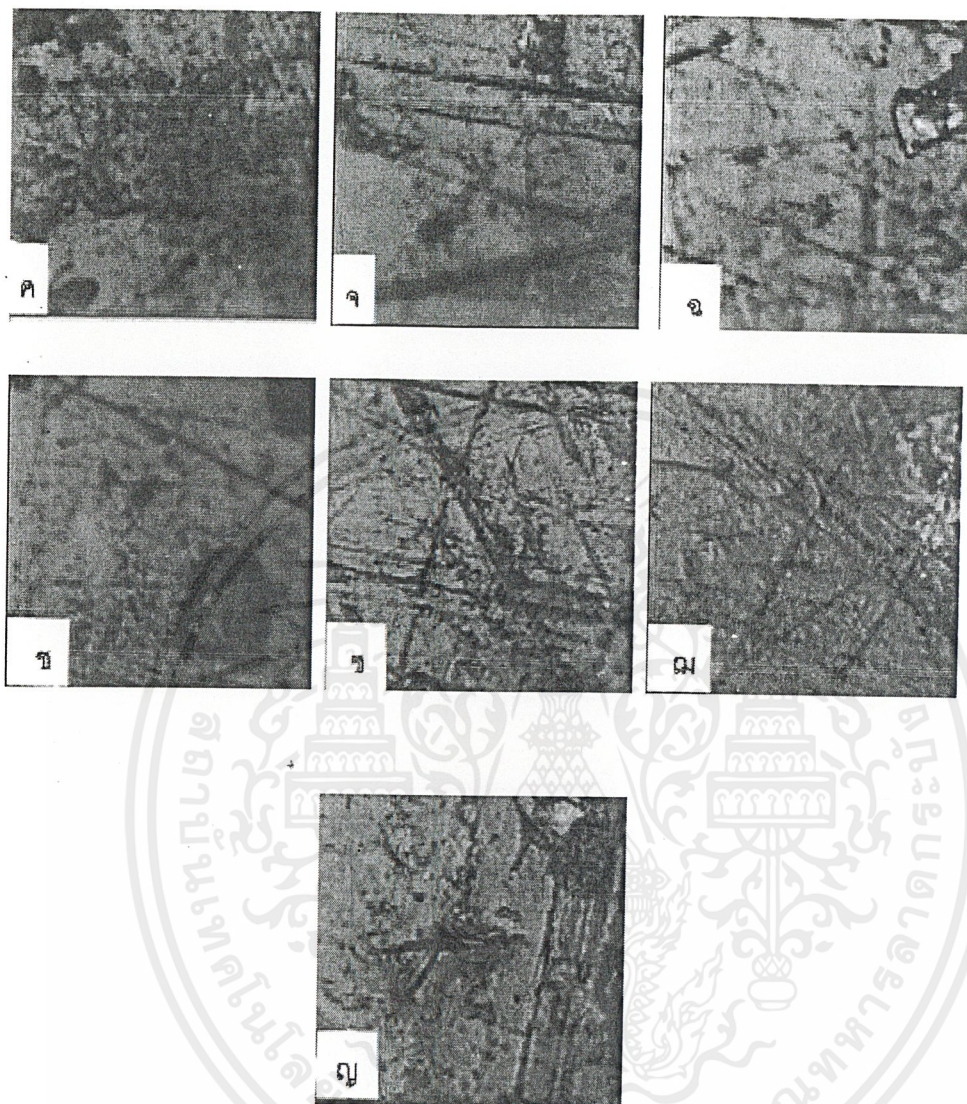
รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะพื้นผิวของพลาสติกสูตร A,B และ E ก่อนฝังกลบดิน

A HDPE

B HDPE+Bağ30%+กัลิเซอรอล30%

E HDPE+ชานอ้อย10%+กัลิเซอรอล30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงพื้นผิวของพลาสติกสูตร A หลังฝังกลบดินในสภาวะต่างๆเป็นเวลา 7 เดือน

ค ดินปรับความชื้น 50%

จ ดินผสมมูลไก่

ฉ ดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย

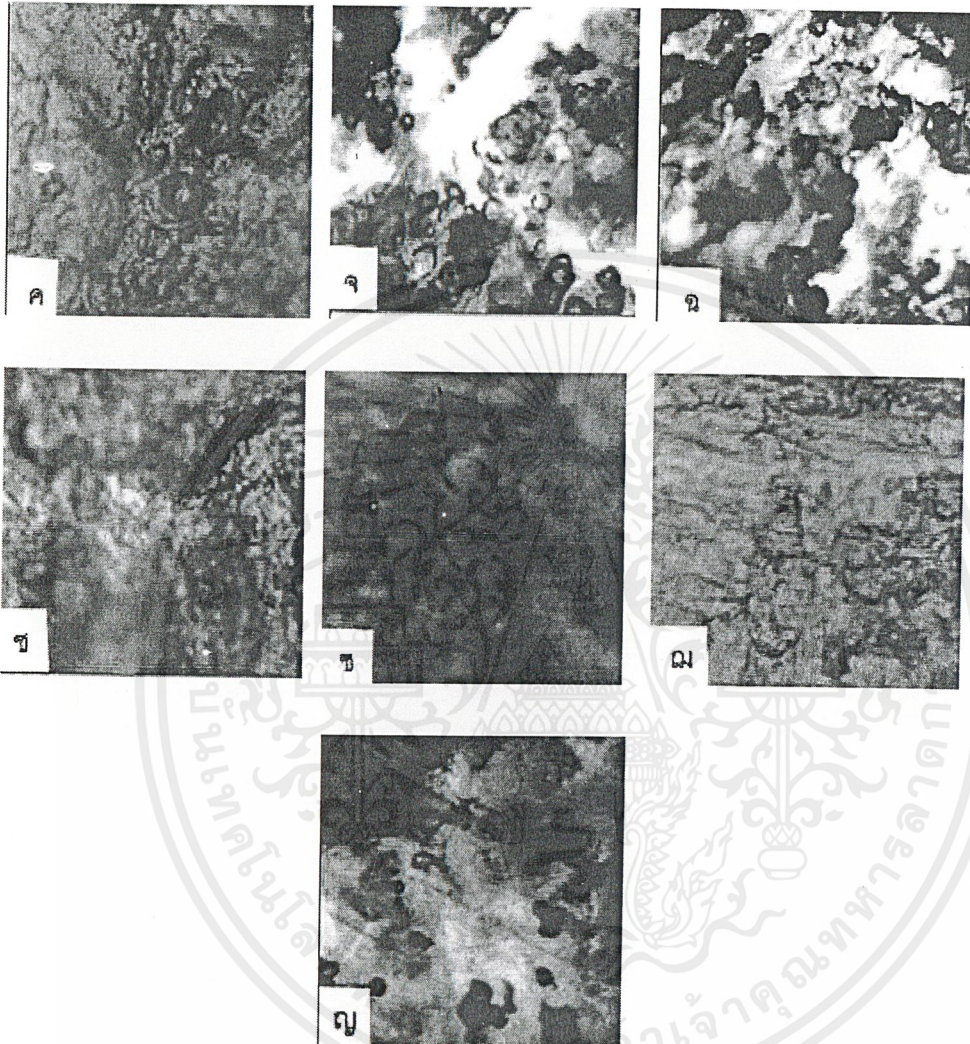
ช ดินผสมขานอ้อย

ช ดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM

ฅ ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 5 ซม.

ญ ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 10 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงพื้นผิวของพลาสติกสูตร B หลังฝังกลบดินในสภาวะต่างๆเป็นเวลา 7 เดือน

ค ดินปรับความชื้น 50%

จ ดินผสมมูลไก่

ฉ ดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย

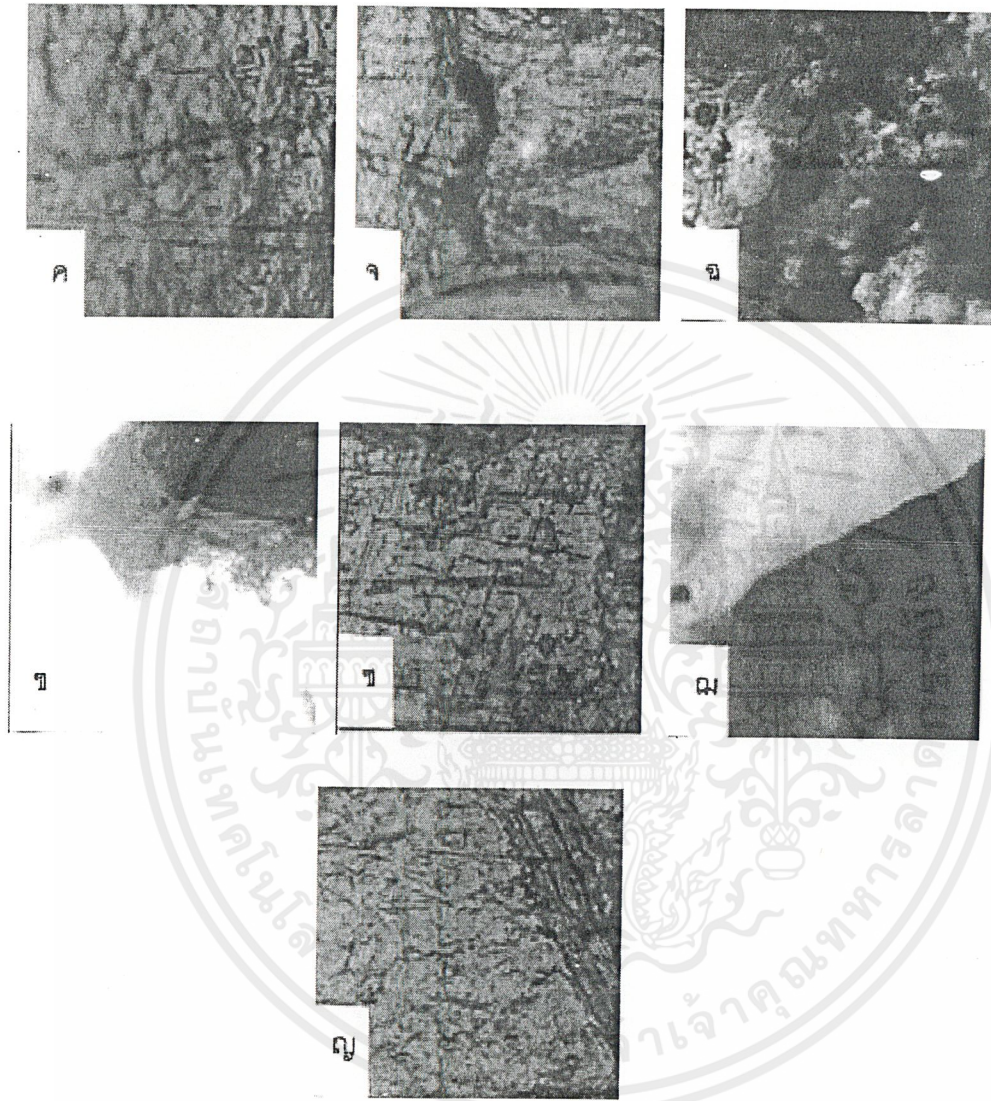
ช ดินผสมขานอ้อย

ฌ ดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM

ฎ ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 5 ซม.

ญ ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 10 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงพื้นผิวของพลาสติกคลุม E หลังฝังกลบดินในสภาวะต่างๆเป็นเวลา 7 เดือน

ค ดินปรับความชื้น 50%

จ ดินผสมมูลไก่

ข ดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย

ช ดินผสมขานอ้อย

ซ ดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM

ฉ ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 5 ซม.

ญ ดินธรรมชาติกลางแจ้งลึก 10 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.11 แสดงพื้นผิวของพลาสติกสูตร A เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังฝังจะเห็นว่าผิวพลาสติกไม่เปลี่ยนแปลงมากนักรอยที่เห็นเกิดจากแบบพิมพ์หรือรอยขีดข่วน

จากรูปที่ 4.12 แสดงพื้นผิวของพลาสติกสูตร B เมื่อเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนและหลังฝังจะเห็นว่าที่ผิวหน้าของชิ้นงานเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเจน คือชุดดินความชื้น 50%(ค) จะเห็นเม็ดแป้งเกิดการบวมขึ้นเนื่องจากเม็ดแป้งมีการดูดน้ำไว้ และชุดดินผสมขานอ้อย (ช) จะเห็นพื้นผิวเกิดการย่อยสลายจนไม่เห็นเป็นเม็ดแป้ง

จากรูปที่ 4.13 แสดงพื้นผิวของพลาสติกสูตร E เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังฝังจะเห็นว่าที่ผิวหน้าของชิ้นงานเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนคือชุดดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM (ซ) ผิวหน้าของพลาสติกเกิดการเปลี่ยนสภาพไป

4.4 ร้อยละน้ำหนักที่หายไปของพลาสติก

ในการทดลองใช้ชิ้นตัวอย่างสูตรละ 3 ชิ้นนำไปฝังดินทุกสภาวะเป็นเวลา 7 เดือน นำมาล้างและอบแห้ง น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงคิดจาก $\frac{\text{น้ำหนักก่อนฝัง} - \text{น้ำหนักหลังฝัง}}{\text{น้ำหนักก่อนฝัง}} \times 100$ ดังตาราง 4.1

น้ำหนักก่อนฝัง

ตารางที่ 4.1 ค่าร้อยละที่หายไปของพลาสติก

ชนิดดิน	ร้อยละน้ำหนักที่หายไปของพลาสติก						
	A	B	C	D	E	F	G
ก	0.27	9.89	13.27	14.78	9.41	6.02	5.38
ข	0.28	9.32	12.85	7.23	9.70	9.10	8.90
ค	0.66	9.15	7.26	9.97	—	4.17	15.24
ง	0.42	11.83	10.11	—	5.68	8.66	9.08
จ	0.33	10.02	8.38	13.58	12.63	4.83	10.62
ฉ	0.54	8.36	10.67	14.86	8.37	7.30	14.15
ช	0.20	7.90	5.82	11.90	8.71	3.25	9.77
ซ	—	—	9.92	—	8.13	5.48	9.06
ฌ	—	7.78	2.63	5.12	12.25	5.24	9.15
ญ	0.11	10.41	5.40	10.00	4.43	3.04	8.42
ฎ	0.22	10.78	6.23	5.07	6.33	6.93	7.84
ฏ	0.43	5.68	5.54	7.40	10.42	6.76	9.22

* หมายเหตุ เนื่องจากชิ้นงานขาดหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรพลาสติก A มีน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยมากในทุกสภาวะดินที่ใช้ในการฝังกลบ สำหรับสูตร E, F และ G เป็นสูตรที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อเทียบกับสูตร B, C และ D และมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดดินผสมซีไ้โก้(จ) ดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย (ฉ)

4.5 ลักษณะของดินก่อนฝังพลาสติก

ดินผสม หมายถึงดินที่ขุดมาจากบริเวณโรงสูบน้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นดินผสมที่นำมา ผสมกับทรายในอัตราส่วน 5:3

ดินธรรมชาติ สถานที่ฝังคือ ข้างอาคารฝึกงานพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีสมบัติดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงสมบัติของดินก่อนฝังพลาสติก

ชนิดของดิน	ลักษณะทางกายภาพ	พีเอช	ความชื้น	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (%)	ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (meq/100g)
ก. ดินควบคุม	สีน้ำตาล เมื่อเปียกน้ำ เกาะติดกันแน่น	7.73	4.71	4.99	5.13
ข. ดินปรับพีเอช 8.5	สีน้ำตาล เมื่อเปียกน้ำ เกาะติดกันแน่น	8.48	4.73	4.99	5.16
ค. ดินปรับความชื้น 50%	สีน้ำตาล เมื่อเปียกน้ำ เกาะติดกันแน่น	7.85	4.73	5.14	6.03
ง. ดินผสมมูลวัว	ร่วนซุย	7.75	4.81	31.23	6.02
จ. ดินผสมมูลไก่	ร่วนซุย	7.13	5.36	29.77	6.08
ฉ. ดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย	ลักษณะเป็นชั้นของตะกอนน้ำเสีย	6.90	4.83	24.91	7.13
ช. ดินผสมชานอ้อย	ร่วนซุยและอุ้มน้ำได้ดี	7.57	4.35	9.51	6.31

ชนิดของดิน	ลักษณะทางกายภาพ	พีเอช	ความชื้น	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (%)	ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (me/100g)
ข. ดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM	เมื่อเปียกน้ำเกาะตัวกันแน่น	7.84	4.73	7.75	7.14
ฉ. ดินได้ต้นไม้ลึก 5 ซม.	พบเศษใบไม้กิ่งไม้	7.85	16.01	4.48	5.65
ญ. ดินได้ต้นไม้ 10 ซม.	เนื้อดินเหนียวเกาะติดแน่น	7.67	19.35	4.21	5.63
ฎ. ดินกลางแจ้งลึก 5 ซม.	ต้นหญ้าปกคลุมผิวหน้า มีเศษใบไม้แห้งปะปน	7.60	16.42	4.53	5.62
ฏ. ดินกลางแจ้งลึก 10 ซม.	เนื้อดินเหนียวเกาะตัวแน่น	7.67	20.24	4.25	5.63

จากตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของชุดดินจะแตกต่างกันขึ้นกับ ของที่ผสมลงไป ในดิน ถ้าเป็นชุดดินที่ผสมอินทรีย์วัตถุต่างๆ เช่น กากตะกอนน้ำเสีย มูลวัว และมูลไก่ ฯลฯ จะมีความร่วนซุยมากกว่าชุดดินที่ไม่ได้ผสมอินทรีย์วัตถุ ส่วนค่าพีเอชจะอยู่ในช่วง 6.90-8.48 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินจะขึ้นอยู่กับอินทรีย์วัตถุที่ผสมลงไป โดยดินผสมมูลวัวมีค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุด เท่ากับ 31.23% ตามด้วยดินผสมมูลไก่ มีปริมาณ อินทรีย์วัตถุในดิน เท่ากับ 29.77% และดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM (ข) มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมากที่สุด คือ 7.41 meq / 100 g ส่วนดินธรรมชาติ ลักษณะทางกายภาพของดินโดยทั่วไปจะมี ต้นหญ้า เศษกิ่งไม้ ใบไม้ปกคลุม เนื้อดินเกาะตัวกันแน่น และมีการผสมของเศษหินทรายต่างๆ ค่าพีเอชในดินอยู่ระหว่าง 7.60-7.85 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37% ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.63 meq/100g ดินได้ต้นไม้ และ ดินกลางแจ้ง ที่ความลึก 5 ซม. มีค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พีเอช และค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่สภาพโดยทั่วไปนั้น ดินกลางแจ้งจะมีต้นหญ้าเจริญเติบโตมาก ส่วนบริเวณใต้ต้นไม้มักพบเศษใบไม้กิ่งไม้ลงมาทับถมมากกว่าในดินใต้ต้นไม้และดินกลางแจ้งที่ความลึก 10 ซม. ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก พีเอช ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และลักษณะทางกายภาพ มีค่าใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ลักษณะของดินหลังฝังพลาสติก

ตารางที่ 4.3 แสดงสมบัติต่างๆ ของดินหลังฝังพลาสติก

ชนิดของดิน	ลักษณะทางกายภาพ	พีเอช	ความชื้น	ปริมาณอินทรีย์ วัตถุในดิน (%)	ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (meq/100g)
ก. ดินควบคุม	เนื้อดินเกาะตัวแน่น	7.63	4.54	4.87	5.09
ข. ดินปรับ พีเอช 8.5	เนื้อดินเกาะตัวแน่น	8.50	4.97	4.52	5.02
ค. ดินปรับความชื้น 50%	เหนียวและชุ่มมาก	7.77	50.42	5.71	6.13
ง. ดินผสม มูลวัว	ปริมาณดินลดลงมาก ดิน ยังคงมีความร่วนซุยอยู่	7.33	6.93	14.74	8.09
จ. ดินผสม มูลไก่	ปริมาณดินลดลงมากดิน ยังคงมีความร่วนซุยอยู่	6.94	5.85	13.00	7.98
ฉ. ดินผสมกาก ตะกอนน้ำเสีย	เหลือกากตะกอนน้ำเสียบ้าง มีความชุ่มชื้นพอควร	6.79	9.56	20.34	9.14
ช. ดินผสม ขานอ้อย	ขานอ้อยบางส่วนยังไม่ย่อย มีความชุ่มชื้นพอควร	8.29	8.07	14.46	7.97
ซ. ดินผสมเชื้อ จุลินทรีย์ EM	เนื้อดินแข็งเกาะตัวแน่น	8.09	4.86	6.88	6.53
ด. ดินได้ต้นไม้ ลึก 5 ซม.	ผิวหน้าของดินแห้งและ มีหญ้าขึ้น	7.58	14.14	4.43	5.73
ด. ดินได้ต้นไม้ ลึก 10 ซม.	สิ่งมีชีวิตในดินอาศัยอยู่ มีรากไม้	7.59	17.28	4.30	5.68
ง. ดินกลางแจ้ง ลึก 5 ซม.	ผิวหน้าดินแห้งแต่ มีหญ้าขึ้น	7.66	15.95	4.44	5.70
ง. ดินกลางแจ้ง ลึก 10 ซม.	มีสิ่งมีชีวิตในดินอาศัย อยู่ เหนียวเกาะตัวแน่น	7.77	19.85	4.31	5.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของดินมีการอัดแน่นขึ้น ยกเว้นชุดที่ผสมอินทรีย์วัตถุลงไปจะไม่ทำให้ดินเกาะตัวกันแน่นมาก และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินผสมขี้วัว ขี้ไก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินจะลดลงจากเดิม แต่ดินผสมขาน้อยปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเพิ่มขึ้น โดยขาน้อยบางส่วนกลายเป็นเนื้อเดียวกับดิน ในดินผสมอื่นๆ ปริมาณอินทรีย์วัตถุก่อนฝังและหลังฝังชั้นพลาสติก มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ลักษณะทางกายภาพของดินธรรมชาติ ผิวดินจะมีหญ้าขึ้นและมีการทับถมของเศษใบไม้และกิ่งไม้ ผิวดินแห้ง ส่วนที่ความลึก 10 ซม. จะมีรากไม้และสิ่งมีชีวิตในดินอาศัยอยู่ ในช่วงที่เก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ มีฝนตกชุกตลอดสัปดาห์ทำให้ดินที่ความลึก 10 ซม. ทั้งบริเวณใต้ต้นไม้และกลางแจ้ง มีความชื้นสูงกว่าดินที่ความลึก 5 ซม. ขณะที่พีเอช อินทรีย์วัตถุในดิน และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ไม่แตกต่างกัน

จากลักษณะแต่ละชนิดของดินจะมีองค์ประกอบที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งดินทุกสภาวะส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ไปในทำนองเดียวกัน



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการย่อยสลายพอลิเมอร์ผสมที่ใช้ HDPE แบ่ง เส้นใยชานอ้อยและกลีเซอรอล อัตราส่วนดังตารางที่ 3.1 นำชิ้นงานพอลิเมอร์ผสมชนิดต่างๆ ทดสอบสมบัติเชิงกล ตรวจสอบปริมาณหมู่คาร์บอนิล ลักษณะพื้นผิวและค่าร้อยละของน้ำหนักที่หายไปของพลาสติก โดยเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนและหลังฝังกลบในสถานะต่างๆตามตารางที่ 3.2 เป็นเวลา 7 เดือน ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. สมบัติเชิงกล พอลิเมอร์ที่ผสมแบ่งจะมีสมบัติลดลงในดินทุกสภาวะยกเว้น ดินปรับความชื้น ซึ่งทำให้สมบัติเชิงกลเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อเทียบกับชุดดินควบคุม ส่วนพอลิเมอร์ผสมชานอ้อยมีสมบัติลดลงในดินทุกสภาวะยกเว้นสภาวะดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย
2. การฝังกลบในทุกสภาวะจะไม่พบหมู่คาร์บอนิลแสดงว่าไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สมบัติเชิงกลที่ลดลงเนื่องจากพอลิเมอร์เกิดการแตกหัก
3. ลักษณะพื้นผิวของพลาสติก พอลิเมอร์ที่ไม่ได้ผสมสารตัวเติมจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนพอลิเมอร์ที่ผสมสารตัวเติมเช่น แบ่งและชานอ้อยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของพอลิเมอร์อย่างเห็นได้ชัด
4. สมบัติของดินหลังฝังพอลิเมอร์ทุกชนิด ค่าพีเอช, ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและความชื้น ในดินผสมต่างๆจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ยกเว้นดินผสมกากตะกอนน้ำเสีย ดินผสมชานอ้อย จะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงขึ้น แสดงว่าในดินผสมกากตะกอนน้ำเสียและดินผสมชานอ้อยยังมีการย่อยสลายของสารอินทรีย์อยู่ ซึ่งจะมีผลช่วยในการเร่งการสลายพลาสติก โดยเฉพาะ พลาสติกที่ผสมแบ่งและชานอ้อยค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินโดยเฉลี่ยจึงสูงขึ้นกว่าดินผสมสูตรอื่นๆ
5. สมบัติของดินหลังฝังพลาสติกที่สังเคราะห์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ค่าพีเอชและ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกก็ไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าการย่อยสลายของพลาสติกไม่ทำให้เกิดมลภาวะในดิน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเปลี่ยนชนิดของสารตัวเติมเพื่อคุณสมบัติในการย่อยสลายที่เกิดขึ้น เช่นเลือกใช้สารตัวเติมธรรมชาติชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการวิเคราะห์ดินอาจมองไม่เห็นความเปลี่ยนแปลงชัดเจนนัก เพราะการเปลี่ยนแปลง
ในดินต้องใช้เวลานาน มากกว่า 7 เดือน ดังนั้นจึงควรเพิ่มระยะเวลาที่จะทำการศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์หาค่า pH ของดินด้วย Glass Electrode [1]

วิธีวิเคราะห์

1. ดินต่อน้ำ อัตราส่วน 1:1

ซึ่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ ขนาด 50 มล. เติมน้ำกลั่นลงไป 10 มล. คนให้เข้ากันหลายๆครั้ง โดยใช้แท่งแก้ว แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารละลายดินไปวัดหาค่า pH โดยใช้เครื่องวัด pH ก่อนวัด pH ใช้น้ำยาบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 7 และ pH 4 ปรับเครื่องวัด pH เสียก่อน

2. ดินต่อสารละลาย โพแทสเซียมคลอไรด์ อัตราส่วน 1:1

วิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 1 ใช้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 10 มล. แทนน้ำกลั่นดินต่อสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ อัตราส่วน 1:2

3. วิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 1 แต่ใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ใส่ลงไปในตัวอย่างดิน 20 มล. แทนน้ำกลั่น

2. การวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินโดยวิธี Walkley and Black

วิธีวิเคราะห์

1. ซึ่งตัวอย่างดิน 1 กรัม ใส่ในขวดแก้วกันแบน ขนาด 250 มล.
2. เติมน้ำยาโพแทสเซียมไดโครเมท 1 N ลงไป 10 มล. โดยใช้ปิเปต
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ลงไป 15 มล. เขย่าขวดแก้วเบาๆ เป็นเวลา 1-2 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ดินและน้ำยาทำปฏิกิริยากันเป็นเวลา 30 นาที
4. เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 50 มล. ทิ้งไว้ให้เย็น
5. หยดออร์โทไฟแนนโทรลีน อินดิเคเตอร์ ลงไป 5 หยด
6. ไตเตรท สารละลายด้วยน้ำยาเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 N เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมท ที่เหลือจากปฏิกิริยาจนกระทั่งสีของสารละลายดิน เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง ที่จุดยุติ
7. จดปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมท และเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้
8. ทำแบลนด์เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ดิน
9. คำนวณหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และอินทรีย์วัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\% \text{ organic carbon} = \frac{(B-T) N}{B} \times 100 \times \frac{3}{77} \times \frac{100}{10} \times 10$$

N = ความเข้มข้นของ โพแทสเซียมไดโครเมท

B = จำนวน มล. ของสารละลาย เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟส ที่ติเตรท
กับแบลงค์

T = จำนวน มล. ของสารละลาย เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟส ที่ติเตรท
กับ ตัวอย่างดิน

X = น้ำหนักดิน (กรัม)

$$\% \text{ Organic matter} = \% \text{ Organic carbon} \times 1.724$$

$$\text{หรือ } \% \text{ Organic Matter} = \frac{(B-T) N}{B} \times \frac{100}{77} \times \frac{100}{58} \times \frac{3}{10^3} \times \frac{100}{10} \times 10$$

3. การวิเคราะห์หาปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) โดยวิธี Ammonium saturation

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างดิน 5-10 กรัม ใส่ในขวดแก้วกันแบนขนาด 125 มล. เติมสารละลายไฮเดียมอะซิเตท 1 N ลงไป ประมาณ 60 มล. ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งข้างคืน
2. เขย่าสารละลายดิน 30 นาที กรองด้วยระบบสุญญากาศ ล้างตัวอย่างดินด้วยแอมโมเนียมอะซิเตท 1 N จนกระทั่งไม่มีแคลเซียม (Ca) เหลืออยู่ (ทดสอบได้โดยนำสารละลายส่วนที่ล้างดินแล้วมา 10 มล. ใส่ในหลอดทดลอง หยดแอมโมเนียมคลอไรด์ 1 N 2-3 หยด แอมโมเนียมออกซาลเลท 10 % และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 50 % นำไปทำให้เดือด ถ้ามีแคลเซียมเหลืออยู่จะเกิดตะกอน หรือสารละลายจะขุ่น)
3. สารละลายดินที่ได้จากการสกัดด้วยแอมโมเนียมอะซิเตท 1 N นำไปใส่ในขวดวัดปริมาตร 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายที่ได้ไปวัดหาปริมาณของแคลเซียม แมกนีเซียม ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer วัดที่ความยาวคลื่น 422 และ 285 นาโนเมตร ตามลำดับ
4. ส่วนตัวอย่างดิน ล้างต่อด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 1 N อีก 4 ครั้ง และล้างด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.25 N อีก 1 ครั้ง จากนั้นล้างด้วยเอทิลแอลกอฮอล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

95 % ประมาณ 150-200 มล. จนไม่มีคลอไรด์เหลืออยู่(ทดสอบโดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO₃) 0.1 N

5. ส่วนของสารละลายดินที่ได้จากข้อ 4 ทิ้งไป นำตัวอย่างดินมาล้างต่อด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (acidified NaCl) 10 % เพื่อไล่ที่ NH₄⁺ ในดิน จนได้สารละลายดินประมาณ 225 มล.

6. เทส่วนของสารละลายดินที่กรองได้จากข้อ 5 ลงในขวดกลั่น (Kjeldahl flask) ล้างขวดกลั่นด้วยน้ำกลั่น เติม Pumice stone ลงไปเล็กน้อย

7. นำสารละลายที่ได้ไปกลั่น เพื่อไล่แอมโมเนียออกมา โดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 % ลงไป 25 มล. เพื่อให้สารละลายเป็นด่างแอมโมเนียที่กลั่นได้ถูกจับไว้ด้วยสารละลายกรดบอริก 3 % 50 มล. ซึ่งใส่อินดิเคเตอร์ไว้ด้วย 5 หยด ทำให้เห็นสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเขียว

8. นำสารละลายที่ได้จากการกลั่น ไปติเตรท กับกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน 0.1 N จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง

9. กลั่นแบลนด์ และ ติเตรทเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน
การคำนวณ

$$CEC = \frac{(A-B) N \times 100}{X} \text{ มิลลิกรัมสมมูลต่อดิน 100 กรัม}$$

A = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้ ติเตรทกับตัวอย่างดิน (มล.)

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้ ติเตรทกับแบลนด์

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (นอร์มอล)

X = น้ำหนักเป็นกรัมของตัวอย่างดิน

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ค - 1 แสดงน้ำหนักก่อนและหลังฝังพลาสติกในดินสภาวะต่างๆ

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	A		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ก	0.1414	0.1408	0.42
	0.2016	0.2011	0.25
	0.4737	0.4730	0.15
		เฉลี่ย	0.27

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	A		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ข	0.2814	0.2808	0.21
	0.2744	0.2741	0.11
	0.1490	0.1482	0.53
		เฉลี่ย	0.28

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	A		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ค	0.1449	0.1431	1.24
	0.2043	0.2038	0.24
	0.4826	0.4801	0.52
		เฉลี่ย	0.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก	A			
	ชนิดดิน	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ง		0.1569	0.1564	0.32
		0.2432	0.2421	0.45
		0.2586	0.2573	0.50
			เฉลี่ย	0.42

ชนิดพลาสติก	A			
	ชนิดดิน	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
จ		0.2313	0.2301	0.52
		0.1896	0.1892	0.21
		0.4158	0.4147	0.26
			เฉลี่ย	0.33

ชนิดพลาสติก	A			
	ชนิดดิน	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ฉ		0.4748	0.4735	0.27
		0.3033	0.3024	0.30
		0.2467	0.2441	1.05
			เฉลี่ย	0.54

ชนิดพลาสติก	A			
	ชนิดดิน	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ซ		0.3168	0.3162	0.20
		0.5898	0.5880	0.30
		0.4446	0.4442	0.10
			เฉลี่ย	0.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* พลาสติกสูตร A ในสภาวะดิน ช เนื่องจากชิ้นงานขาดหายไป

* พลาสติกสูตร A ในสภาวะดิน ฉ เนื่องจากชิ้นงานขาดหายไป

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	A		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ญ	0.1975	0.1975	0.00
	0.2257	0.2252	0.22
		เฉลี่ย	0.11

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	A		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ฎ	0.3431	0.3424	0.20
	0.3151	0.3143	0.25
		เฉลี่ย	0.22

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	A		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ฏ	0.2668	0.2656	0.45
	0.2362	0.2352	0.42
		เฉลี่ย	0.43

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	B		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ก	0.1288	0.1115	13.43
	0.3534	0.3211	9.14
	0.4173	0.3877	7.10
		เฉลี่ย	9.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	B		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ข	0.4444	0.4057	8.70
	0.2519	0.2264	10.12
	0.1949	0.1771	9.13
		เฉลี่ย	9.32

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	B		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ค	0.1684	0.1483	11.93
	0.4328	0.3967	8.34
	0.4990	0.4632	7.17
		เฉลี่ย	9.15

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	B		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ง	0.3632	0.3288	9.47
	0.2332	0.2031	12.90
	0.1736	0.1508	13.13
		เฉลี่ย	11.83

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	B		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
จ	0.1796	0.1575	12.30
	0.7896	0.7485	5.20
	0.1439	0.1258	12.58
		เฉลี่ย	10.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	B		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
จ	0.5393	0.4957	8.08
	0.6670	0.6282	5.82
	0.2900	0.2575	11.20
		เฉลี่ย	8.36

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	B		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ช	0.1882	0.1677	10.90
	0.4320	0.4049	6.27
	0.3454	0.3228	6.54
		เฉลี่ย	7.90

* พลาสติก B ในสภาวะดิน ช เนื่องจากชิ้นงานขาดหายไป

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	B		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ฉ	0.2128	0.1937	8.97
	0.3633	0.3393	6.60
		เฉลี่ย	7.78

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	B		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ญ	0.2447	0.2178	11.00
	0.2515	0.2268	9.82
		เฉลี่ย	10.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	B		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ฎ	0.2556	0.2275	11.00
	0.2818	0.2520	10.57
		เฉลี่ย	10.78

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	B		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ฎ	0.4583	0.4398	4.04
	0.4761	0.4412	7.33
		เฉลี่ย	5.68

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	C		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ก	0.2218	0.1902	14.25
	0.2652	0.2140	19.30
	1.9553	1.8333	6.26
		เฉลี่ย	13.27

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	C		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ข	0.1385	0.1093	21.08
	0.1899	0.1580	16.80
	2.0070	1.9932	0.68
		เฉลี่ย	12.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	C		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ค	0.1808	0.1631	9.80
	0.2232	0.2007	10.08
	1.9255	1.8884	1.92
		เฉลี่ย	7.26

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	C		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ง	0.2324	0.2013	13.38
	1.8399	1.6771	8.85
	2.2411	2.0591	8.12
		เฉลี่ย	10.11

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	C		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
จ	0.2121	0.1837	13.40
	1.8480	1.7865	3.32
	2.0420	1.8698	8.43
		เฉลี่ย	8.38

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	C		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ฉ	0.2510	0.2231	11.11
	1.7773	1.5813	11.02
	2.1601	1.9462	9.90
		เฉลี่ย	10.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	C		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ข	0.3581	0.3308	9.90
	2.0525	2.0013	2.50
	2.0782	1.9726	5.08
		เฉลี่ย	5.82

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	C		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ข	0.1279	0.1028	19.62
	1.9267	1.7931	6.93
	1.9440	1.8698	3.82
		เฉลี่ย	9.92

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	C		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ฅ	1.8989	1.8731	1.36
	2.2769	2.1879	3.91
		เฉลี่ย	2.63

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	C		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ญ	0.2533	0.2353	7.10
	1.7924	1.7262	3.70
		เฉลี่ย	5.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดดิน \ ชนิดพลาสติก	C		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ฎ	1.6946	1.5835	6.55
	1.8212	1.7135	5.91
		เฉลี่ย	6.23

ชนิดดิน \ ชนิดพลาสติก	C		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ฎ	1.6946	1.5834	6.56
	2.0242	1.9325	4.53
		เฉลี่ย	5.54

ชนิดดิน \ ชนิดพลาสติก	D		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ก	0.1565	0.1233	21.21
	0.4146	0.3454	16.70
	0.4138	0.3871	6.45
		เฉลี่ย	14.78

ชนิดดิน \ ชนิดพลาสติก	D		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ข	0.1814	0.1502	17.20
	0.2657	0.2607	1.88
	0.1994	0.1942	2.60
		เฉลี่ย	7.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก	D			
	ชนิดดิน	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ค		0.3565	0.2832	20.56
		0.2011	0.1763	12.33
		0.1748	0.1369	21.68
			เฉลี่ย	9.97

* พลาสติก D ในสภาวะดิน ง เนื่องจากชิ้นงานขาดหายไป

ชนิดพลาสติก	D			
	ชนิดดิน	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
จ		0.2730	0.2173	20.40
		0.1717	0.1394	18.81
		0.3156	0.3107	1.55
			เฉลี่ย	13.58

ชนิดพลาสติก	D			
	ชนิดดิน	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ฉ		0.3596	0.3239	9.92
		0.1918	0.1536	19.91
		1.9616	1.6719	14.77
			เฉลี่ย	14.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	D		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ซ	0.4480	0.3308	26.16
	1.9982	1.8146	9.18
	2.0066	1.9995	0.35
		เฉลี่ย	11.90

* พลาสติก D ในสภาวะดิน ซ เนื่องจากชิ้นงานขาดหายไป

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	D		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ณ	2.2784	2.1852	4.09
	1.9480	1.8281	6.15
		เฉลี่ย	5.12

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	D		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ญ	0.5941	0.5001	15.82
	1.9144	1.8344	4.18
		เฉลี่ย	10.00

ชนิดพลาสติก / ชนิดดิน	D		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ฎ	2.0192	1.8344	9.15
	2.0102	1.9899	1.00
		เฉลี่ย	5.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดดิน	ชนิดพลาสติก D		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ฎ	2.0192	1.9936	1.26
	0.2185	0.1889	13.54
		เฉลี่ย	7.40

ชนิดดิน	ชนิดพลาสติก E		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ก	0.3040	0.2640	13.15
	0.1115	0.0966	13.36
	1.9082	1.8753	1.72
		เฉลี่ย	9.41

ชนิดดิน	ชนิดพลาสติก E		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ข	0.2094	0.1866	10.88
	0.2984	0.2615	12.36
	1.8958	1.7846	5.86
		เฉลี่ย	9.70

* พลาสติก E ในสภาวะดิน ค เนื่องจากชิ้นงานขาดหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดดิน	ชนิดพลาสติก E		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ง	0.3304	0.2997	9.30
	0.3225	0.3001	6.94
	1.8008	1.7865	0.80
		เฉลี่ย	5.68

ชนิดดิน	ชนิดพลาสติก E		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
จ	0.2427	0.2173	10.46
	0.1720	0.1394	18.95
	1.7680	1.6177	8.50
		เฉลี่ย	12.63

ชนิดดิน	ชนิดพลาสติก E		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ฉ	0.2737	0.2423	11.47
	1.8477	1.7268	6.54
	1.7144	1.5923	7.12
		เฉลี่ย	8.37

ชนิดดิน	ชนิดพลาสติก E		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ช	0.3168	0.2940	7.20
	1.8782	1.7936	9.63
	1.8378	1.7599	9.30
		เฉลี่ย	8.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	E		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ซ	0.3307	0.3104	6.13
	0.2275	0.2028	10.85
	2.0036	1.8549	7.42
		เฉลี่ย	8.13

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	E		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ฅ	1.9790	1.7535	11.40
	1.9318	1.6787	13.10
		เฉลี่ย	12.25

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	E		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ญ	0.1642	0.1539	6.27
	2.0362	1.9832	2.60
		เฉลี่ย	4.43

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	E		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ฎ	1.8308	1.7829	5.76
	1.6522	1.5383	6.90
		เฉลี่ย	6.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดดิน	ชนิดพลาสติก E		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ฎ	1.8308	1.7028	15.40
	1.8996	1.7962	5.44
		เฉลี่ย	10.42

ชนิดดิน	ชนิดพลาสติก F		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ก	0.2230	0.2198	1.43
	0.2060	0.2040	0.97
	0.3131	0.2640	15.68
		เฉลี่ย	6.02

ชนิดดิน	ชนิดพลาสติก F		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ข	0.2632	0.2370	9.95
	0.2985	0.2580	13.56
	0.2467	0.2373	3.81
		เฉลี่ย	9.10

ชนิดดิน	ชนิดพลาสติก F		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป (%)
ค	0.3580	0.3440	3.91
	0.1790	0.1712	4.35
	0.3026	0.2905	4.00
		เฉลี่ย	4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก	F		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ง	0.3112	0.2783	10.57
	0.1988	0.1760	11.46
	0.2401	0.2306	3.95
		เฉลี่ย	8.66

ชนิดพลาสติก	F		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
จ	0.1507	0.1428	5.24
	0.2421	0.2303	4.87
	0.3250	0.3107	4.40
		เฉลี่ย	4.83

ชนิดพลาสติก	F		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ฉ	0.3344	0.2873	14.08
	0.2830	0.2727	3.63
	0.2918	0.2795	4.21
		เฉลี่ย	7.30

ชนิดพลาสติก	F		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ช	0.3344	0.2873	14.08
	0.2830	0.2727	3.63
	0.2918	0.2795	4.21
		เฉลี่ย	7.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	F		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ซ	0.2524	0.2446	3.09
	0.2997	0.2900	3.23
	0.2126	0.2053	3.43
		เฉลี่ย	3.25

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	F		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ฅ	0.3120	0.2878	7.75
	0.2710	0.2636	2.73
		เฉลี่ย	5.24

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	F		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ญ	0.2442	0.2359	3.40
	0.3422	0.3330	2.68
		เฉลี่ย	3.04

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	F		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ฎ	0.2461	0.2413	1.95
	0.2484	0.2188	11.91
		เฉลี่ย	6.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	G		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ก	0.3084	0.2883	6.52
	0.2347	0.2207	5.96
	0.2045	0.1970	3.66
		เฉลี่ย	5.38

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	G		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ข	0.1931	0.1674	13.31
	0.2904	0.2731	5.95
	0.3706	0.3431	7.42
		เฉลี่ย	8.90

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	G		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ค	0.2571	0.2227	13.38
	0.2766	0.2231	19.34
	0.2805	0.2440	13.01
		เฉลี่ย	15.24

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	G		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ง	0.3185	0.3185	7.03
	0.5452	0.5452	8.45
	0.4708	0.4708	11.76
		เฉลี่ย	9.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก	G			
	ชนิดดิน	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
จ		0.2529	0.2209	12.65
		0.4114	0.3726	9.43
		0.3623	0.3268	9.80
			เฉลี่ย	10.62

ชนิดพลาสติก	G			
	ชนิดดิน	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ฉ		0.3053	0.2625	14.02
		0.4425	0.3920	11.41
		0.1931	0.1602	17.03
			เฉลี่ย	14.15

ชนิดพลาสติก	G			
	ชนิดดิน	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ซ		0.1928	0.1723	10.63
		0.2546	0.2250	11.62
		0.3358	0.3120	7.08
			เฉลี่ย	9.77

ชนิดพลาสติก	G			
	ชนิดดิน	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ด		0.2975	0.2895	2.70
		0.2295	0.1980	13.72
		0.2208	0.1970	10.77
			เฉลี่ย	9.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	G		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ฅ	0.2280	0.1993	12.58
	0.4214	0.3973	5.72
		เฉลี่ย	9.15

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	G		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ฅ	0.2357	0.2039	13.50
	0.6517	0.6299	3.34
		เฉลี่ย	8.42

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	G		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ฅ	0.2928	0.2739	6.45
	0.3975	0.3608	9.23
		เฉลี่ย	7.84

ชนิดพลาสติก ชนิดดิน	G		
	ก่อนฝัง (g)	หลังฝัง (g)	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ หายไป (%)
ฅ	0.2928	0.2733	6.66
	0.3143	0.2773	11.77
		เฉลี่ย	9.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตาราง ค- 1 ค่างานที่ทำให้ขึ้นงานขาด, ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด, ค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ สูตร B

ชุดดิน	ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด (%)	ค่างานที่ทำให้ขึ้นงานขาด (N.mm)	ค่าความทนแรงดึง (MPa)
ก	15.40	148.30	10.84
ข	14.98	179.70	7.68
ค	18.90	345.90	10.86
ง	15.91	203.90	8.14
จ	14.51	164.25	7.10
ฉ	13.61	168.0	7.91
ช	10.57	126.0	7.28
ซ	12.38	129.10	6.69
ฌ	12.65	136.17	7.33
ญ	11.83	99.78	5.63
ฎ	14.45	207.0	8.32
ฏ	10.50	116.80	7.56

* ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค-2 ค่างานที่ทำให้ขึ้นงานขาด, ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด, ค่าความทนแรงดึงของ
พอลิเมอร์สูตร H

ชุดดิน	ค่าร้อยละการยืด ณ จุดขาด (%)	ค่างานที่ทำให้ขึ้นงานขาด (N.mm)	ค่าความทนแรงดึง (MPa)
ก	18.53	272.30	10.83
ข	17.55	264.50	10.47
ค	14.35	153.90	7.08
ง	13.31	159.20	8.22
จ	13.48	172.20	9.79
ฉ	21.0*	308.0*	9.94*
ช	16.95*	268.15*	10.05*
ซ	14.71	178.40	8.12
ฌ	16.72	173.90	8.39
ณ	10.98	110.30	6.46
ด	10.17	127.70	6.65
ด	11.78	117.60	6.49

* ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
ผลวิเคราะห์พารามิเตอร์ของดิน

ตาราง ง-1 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินก่อนฝังกลบ

ชนิดดิน	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
ก	7.64	7.71	7.85	7.73
ข	8.45	8.49	8.51	8.48
ค	7.81	7.88	7.85	7.85
ง	7.68	7.78	7.78	7.75
จ	7.18	7.19	7.03	7.13
ฉ	6.80	7.04	6.87	6.90
ช	7.66	7.54	7.55	7.58
ซ	7.86	7.83	7.84	7.84
ฅ	7.83	7.87	—	7.85
ฉ	7.53	7.80	—	7.67
ง	7.63	7.57	—	7.60
จ	7.83	7.51	—	7.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง - 2 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในดินหลังฝังกลบ

ชนิดดิน	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
ก	7.50	7.64	7.75	7.63
ข	8.51	8.50	8.50	8.50
ค	7.75	7.83	7.74	7.77
ง	7.44	7.23	7.31	7.33
จ	6.88	6.92	7.03	6.94
ฉ	6.74	6.78	6.84	6.79
ช	8.48	8.16	8.25	8.29
ซ	8.16	8.08	8.04	8.09
ฅ	7.54	7.66	—	7.58
ญ	7.66	7.68	—	7.59
ฎ	7.63	7.52	—	7.66
ฏ	7.6	7.59	—	7.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 – ผลการวิเคราะห์ความชื้นในดินก่อนฝังกลบ

ชนิดดิน	ครั้งที่1(%)	ครั้งที่2(%)	ครั้งที่3(%)	เฉลี่ย(%)
ก	4.51	4.63	4.99	4.71
ข	4.70	4.57	4.92	4.73
ค	4.65	4.74	4.80	4.73
ง	4.76	4.85	4.82	4.81
จ	5.49	5.31	5.28	5.36
ฉ	5.04	4.91	4.54	4.83
ช	4.43	4.76	3.86	4.35
ซ	4.56	4.70	4.93	4.73
ฌ	15.79	16.07	—	16.01
ญ	20.22	19.83	—	19.35
ฎ	15.75	16.54	—	16.42
ฏ	19.87	20.61	—	20.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๔ - 4 ผลการวิเคราะห์ความชื้นในดินหลังฝังกลบ

ชนิดดิน	ครั้งที่1(%)	ครั้งที่2(%)	ครั้งที่3(%)	เฉลี่ย(%)
ก	4.76	4.76	4.11	4.54
ข	4.90	5.34	4.68	4.97
ค	48.5	52.1	51.5	50.07
ง	8.07	7.34	5.15	6.93
จ	8.07	7.34	5.39	5.85
ฉ	8.99	10.08	9.62	9.56
ช	7.41	8.59	8.20	8.07
ซ	3.21	5.21	3.17	4.86
ฌ	18.10	17.01	—	14.14
ญ	20.31	19.0	—	17.28
ฎ	15.40	16.50	—	15.95
ฏ	19.35	20.35	—	19.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง - 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก่อนฝังกลบ

ชนิดดิน	ครั้งที่1(%)	ครั้งที่2(%)	ครั้งที่3(%)	เฉลี่ย(%)
ก	5.03	5.06	4.88	4.99
ข	4.93	5.08	4.96	4.99
ค	5.61	4.89	4.92	5.14
ง	32.45	31.81	29.43	31.23
จ	30.26	28.13	30.92	29.77
ฉ	25.25	25.02	24.46	24.91
ช	10.01	9.44	9.08	9.51
ซ	7.78	7.93	12.82	7.75
ฅ	4.46	4.50	—	4.48
ญ	4.26	4.16	—	4.21
ฎ	4.56	4.50	—	4.53
ฏ	4.47	4.03	—	4.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง - 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังฝังกลบ

ชนิดดิน	ครั้งที่1(%)	ครั้งที่2(%)	ครั้งที่3(%)	เฉลี่ย(%)
ก	4.14	4.96	5.51	4.87
ข	4.61	4.56	3.43	4.52
ค	5.83	5.68	5.62	5.71
ง	15.05	14.36	15.81	14.74
จ	13.35	12.83	12.84	13.00
ฉ	20.27	21.03	19.72	20.34
ช	14.61	14.38	14.39	14.46
ซ	6.61	7.09	7.14	6.88
ฌ	4.51	4.35	—	4.43
ญ	4.16	4.44	—	4.30
ฎ	4.41	4.47	—	4.44
ฏ	4.34	4.28	—	4.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 - ผลการวิเคราะห์ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินก่อนฝัง

ชนิดดิน	ครั้งที่1 (meq/100g)	ครั้งที่2 (meq/100g)	ครั้งที่3 (meq/100g)	เฉลี่ย (meq/100g)
ก	5.26	4.95	5.18	5.13
ข	5.20	4.97	5.38	5.16
ค	6.21	6.25	5.60	6.03
ง	6.09	5.98	5.99	6.02
จ	6.12	6.03	6.09	6.08
ฉ	7.11	7.12	7.16	7.13
ช	7.04	6.23	5.66	6.31
ซ	7.24	7.09	7.09	7.14
ฅ	5.63	5.67	—	5.65
ญ	5.72	5.54	—	5.63
ฎ	5.61	5.63	—	5.62
ฏ	5.55	5.71	—	5.63

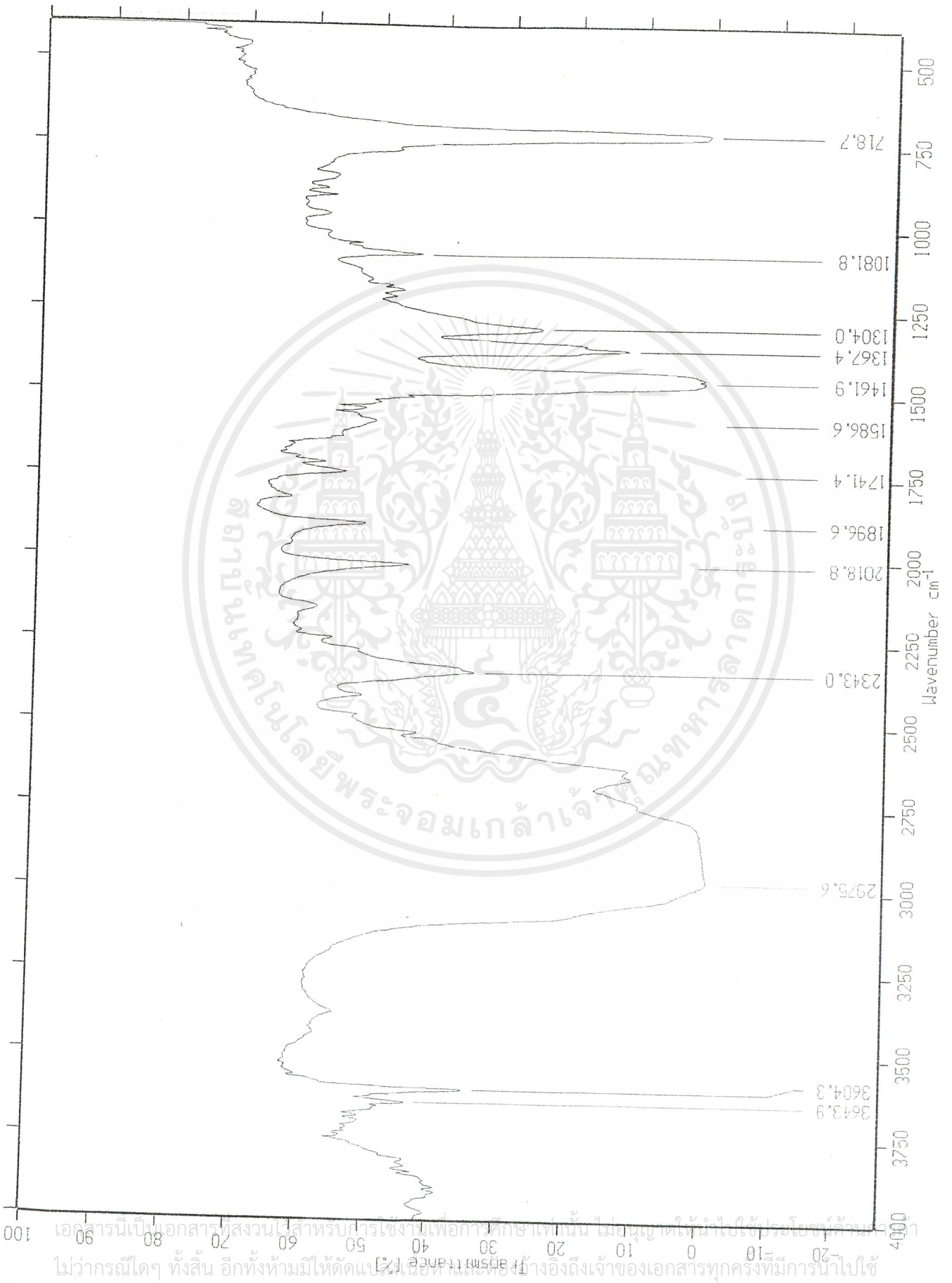
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๘-8 ผลการวิเคราะห์ค่าความ มจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินหลังฝัง

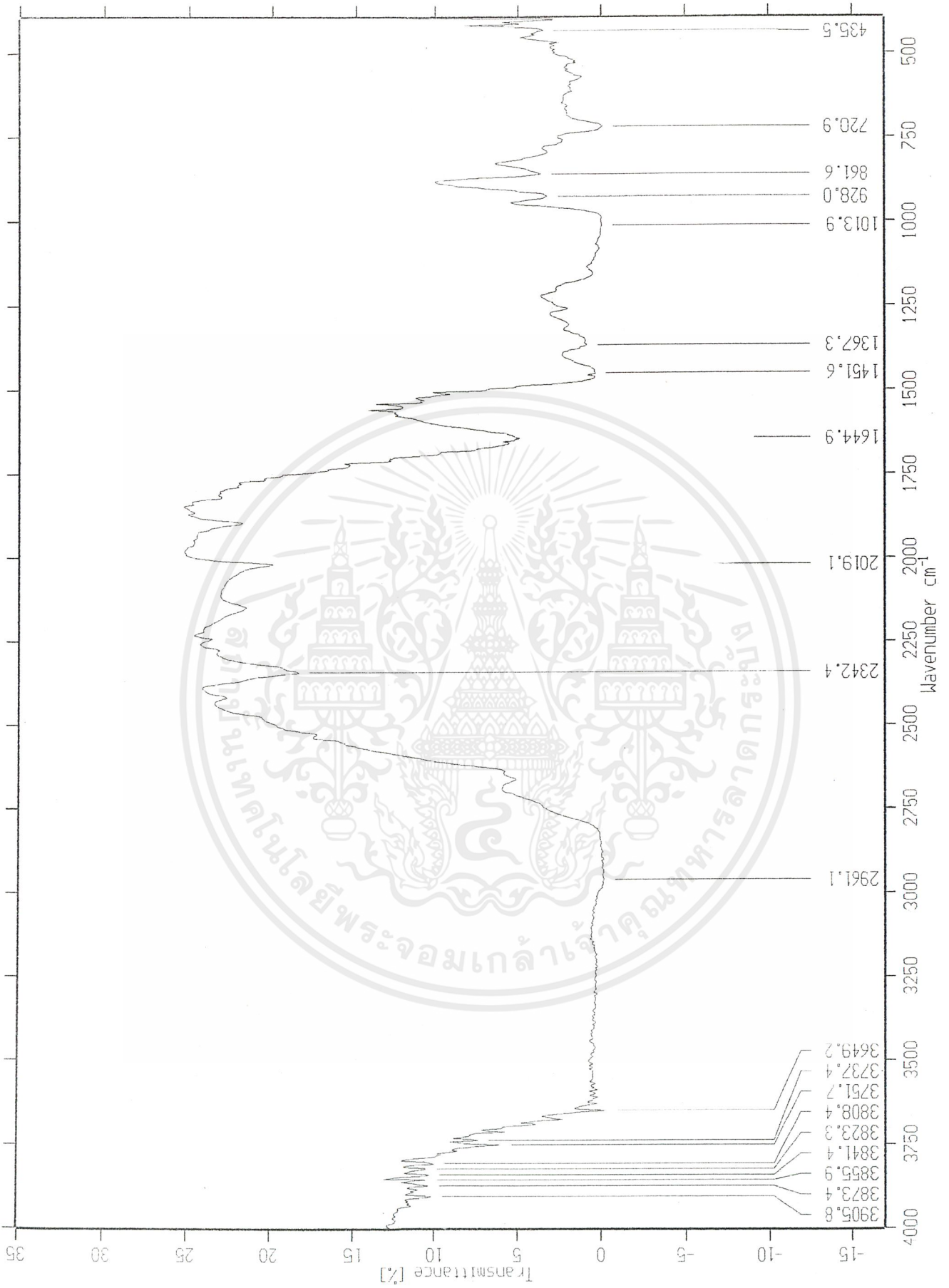
ชนิดดิน	ครั้งที่1 (meq/100g)	ครั้งที่2 (meq/100g)	ครั้งที่3 (meq/100g)	เฉลี่ย (meq/100g)
ก	5.11	5.06	5.10	5.13
ข	5.08	4.93	5.05	5.02
ค	6.12	6.10	6.08	6.13
ง	8.12	8.08	8.08	8.09
จ	8.02	7.96	7.46	7.98
ฉ	9.21	9.09	9.12	9.14
ช	8.05	7.99	7.87	7.97
ซ	6.55	6.49	6.32	6.53
ฅ	5.80	5.66	—	5.73
ฉ	5.70	5.66	—	5.68
ง	5.68	5.72	—	5.70
จ	5.56	5.80	—	5.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
รูปแสดง FTIR ของพลาสติก

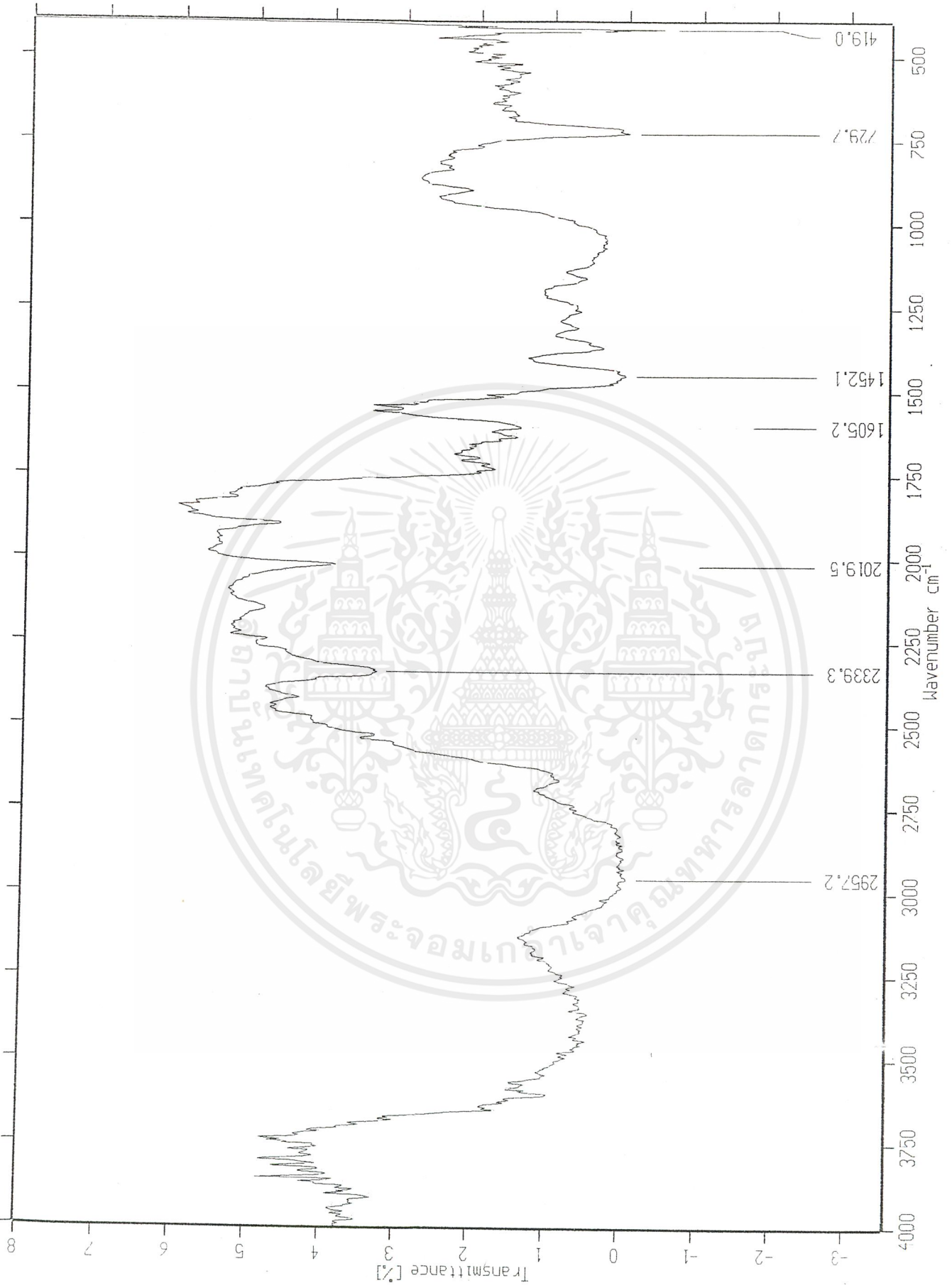


รูปที่ จ - 1 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์ชนิด A ภาคผนวก ก



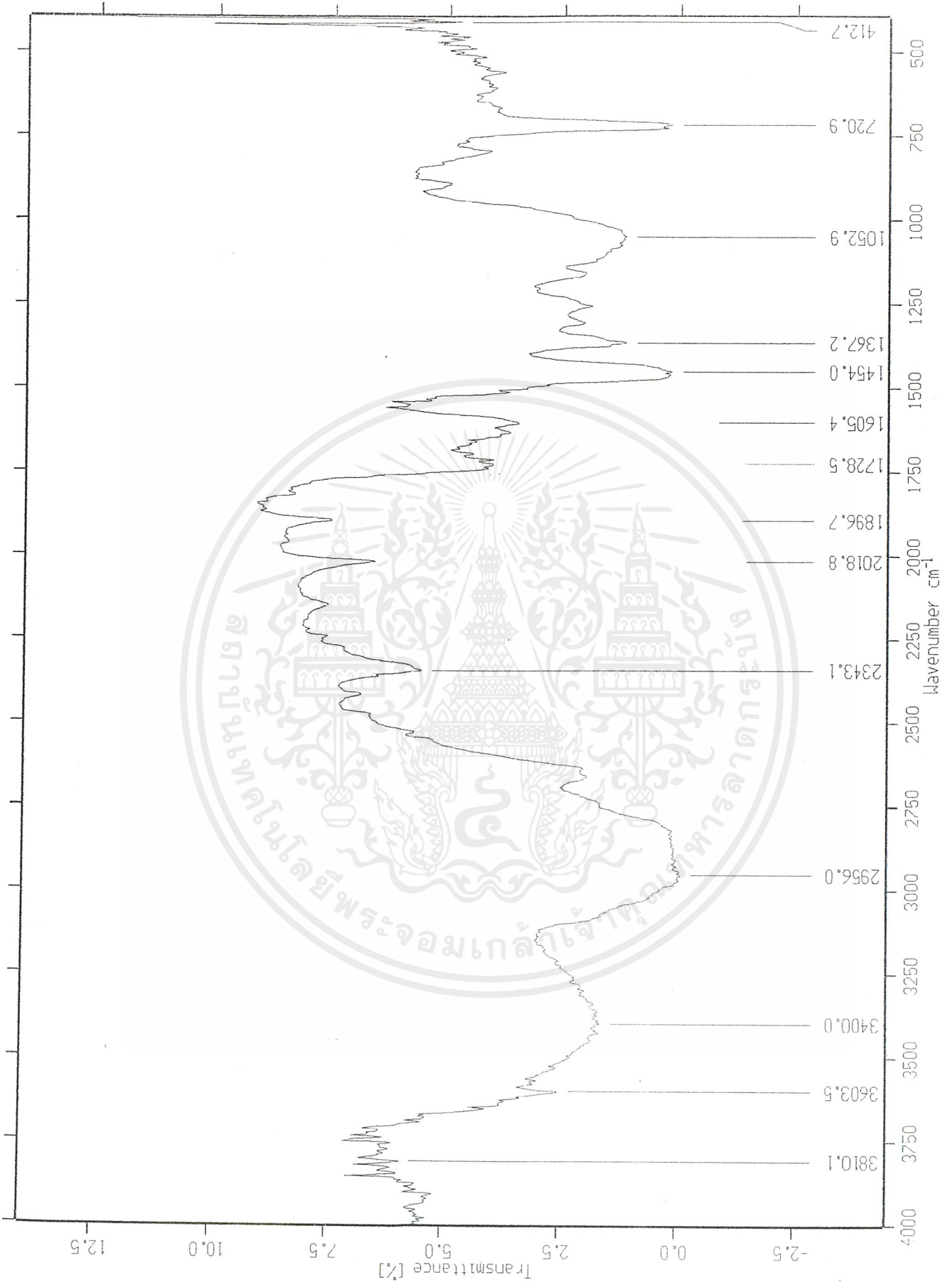
รูปที่ ๑-2 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร B ก่อนการฝังกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



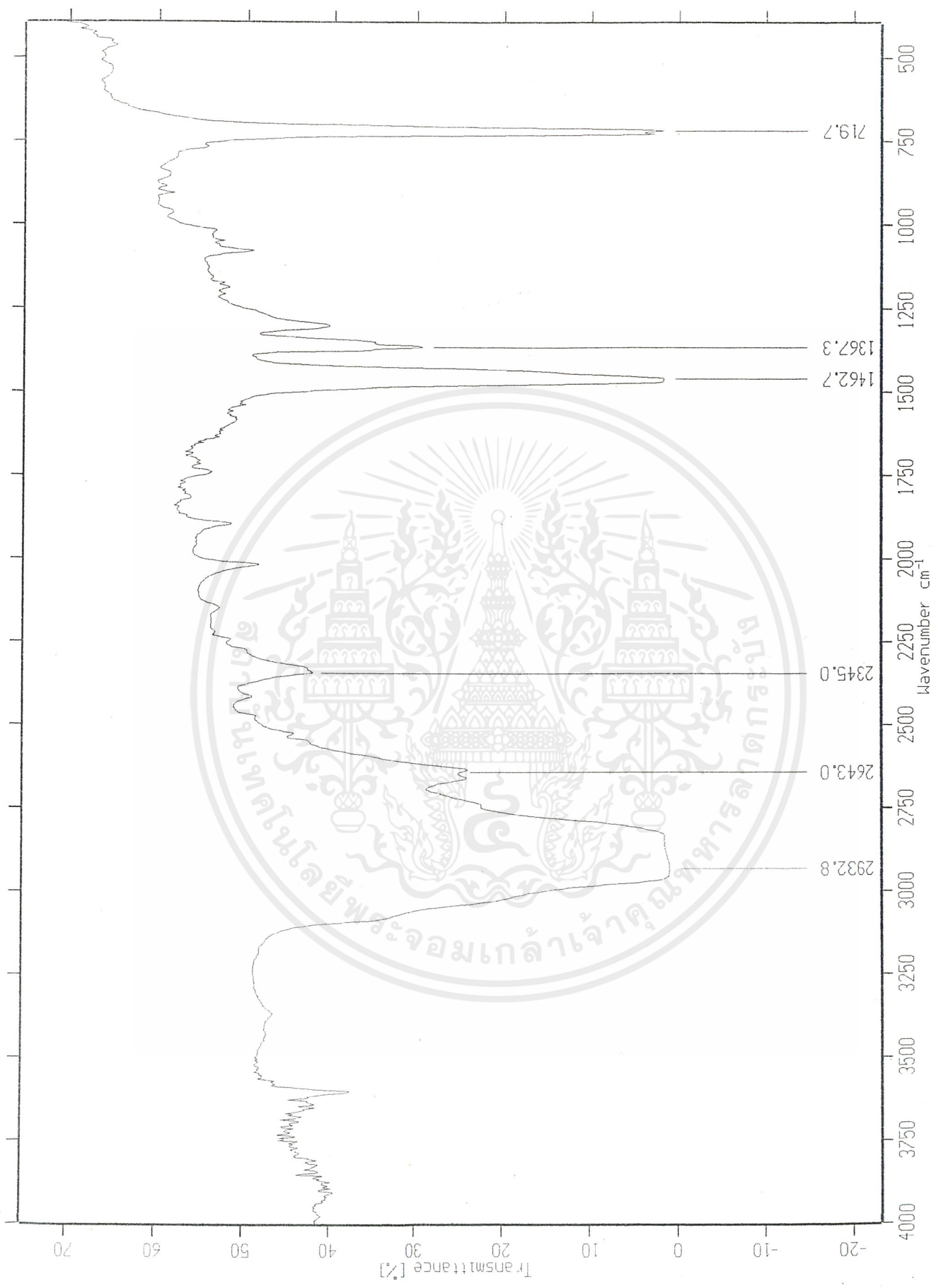
รูปที่ ๑ - 3 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร E ก่อนการฝังกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



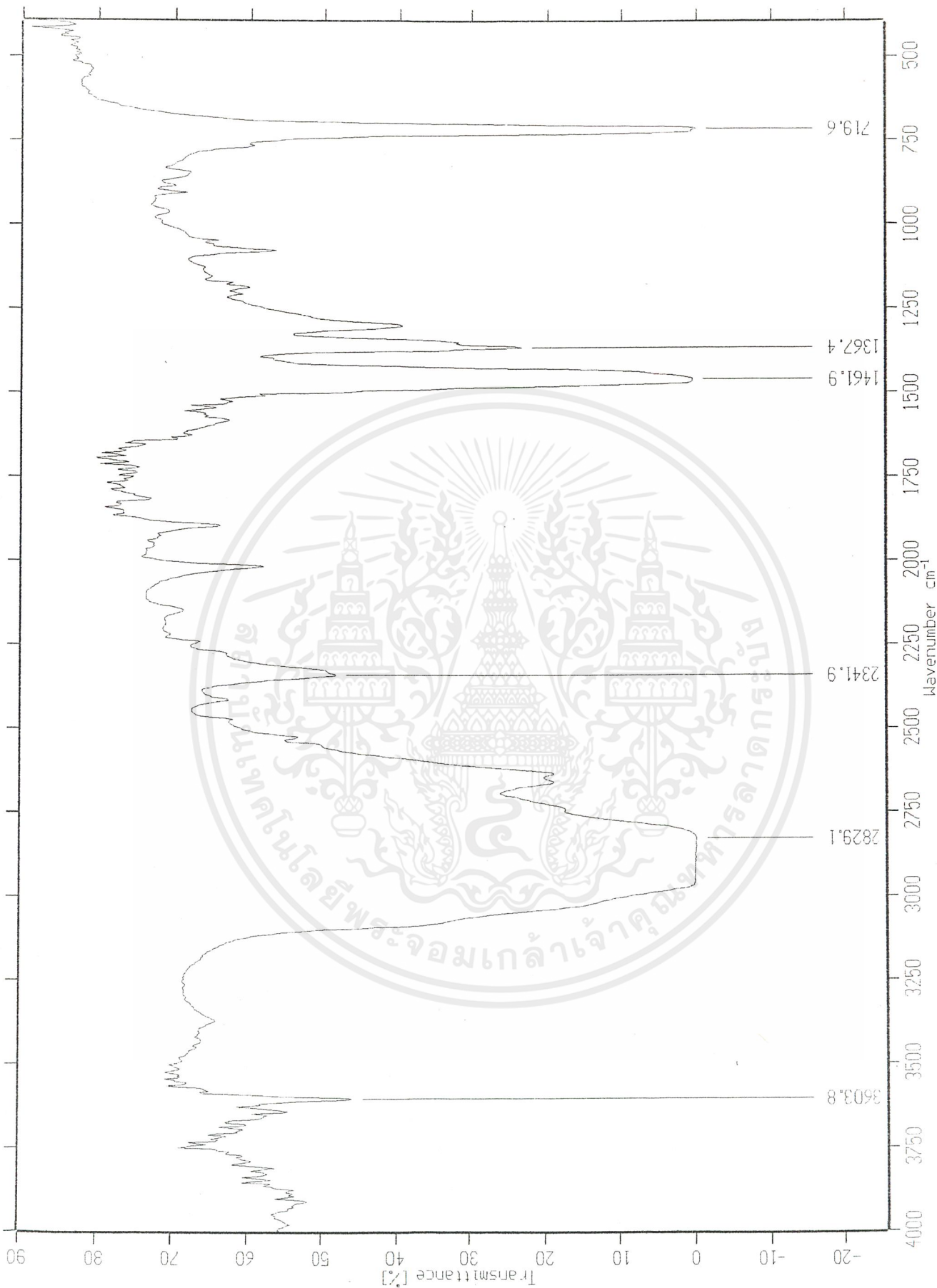
รูปที่ ๔ - 4 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร G ก่อนการฝังกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



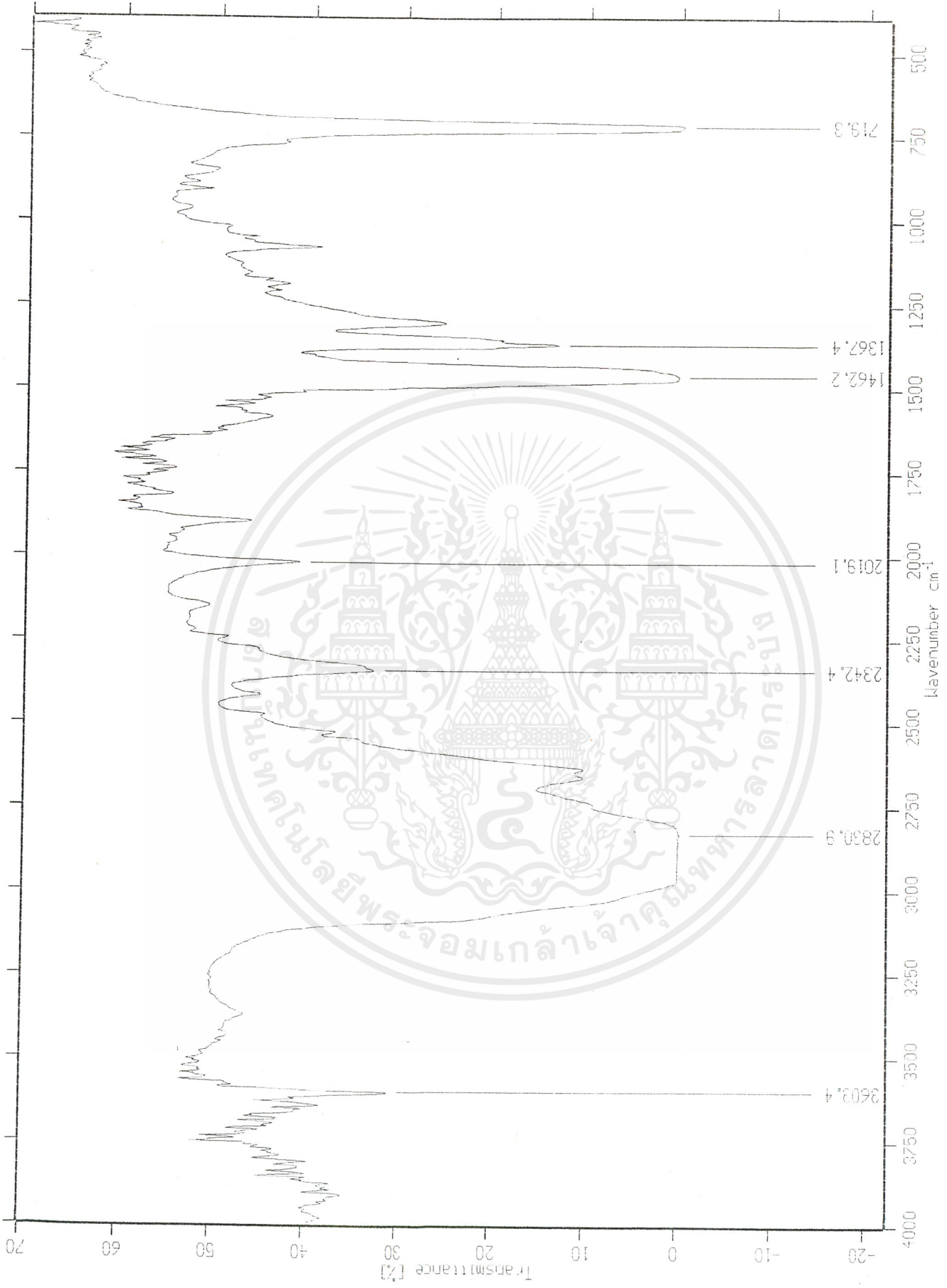
รูปที่ ๕ - 5 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สตาร์ท A ในสภาวะดินดอมเดมเป็นภาค 7 ได้จบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



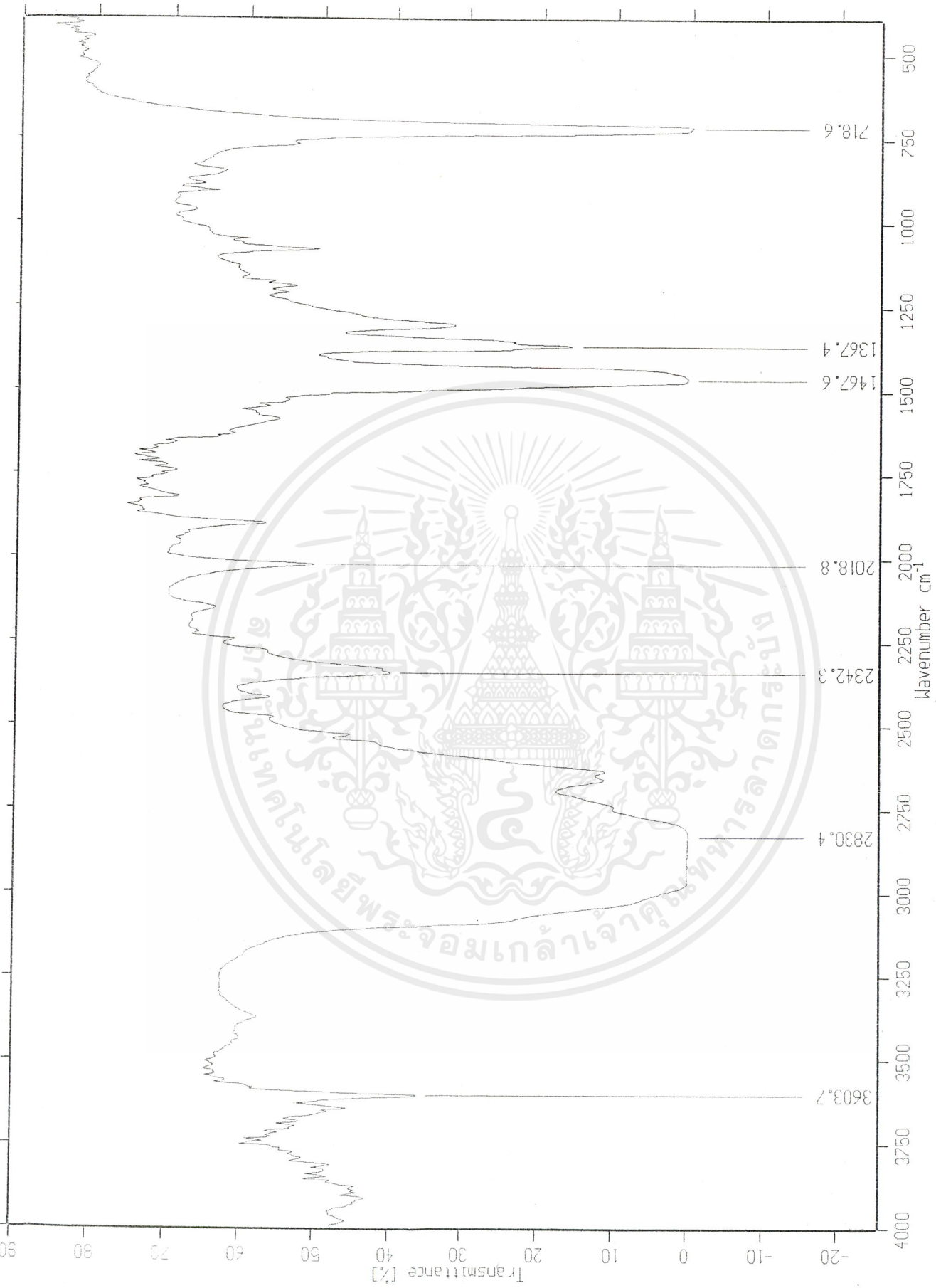
รูปที่ ๑ - 6 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร A ในสภาวะดินผสมมูลไก่เป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



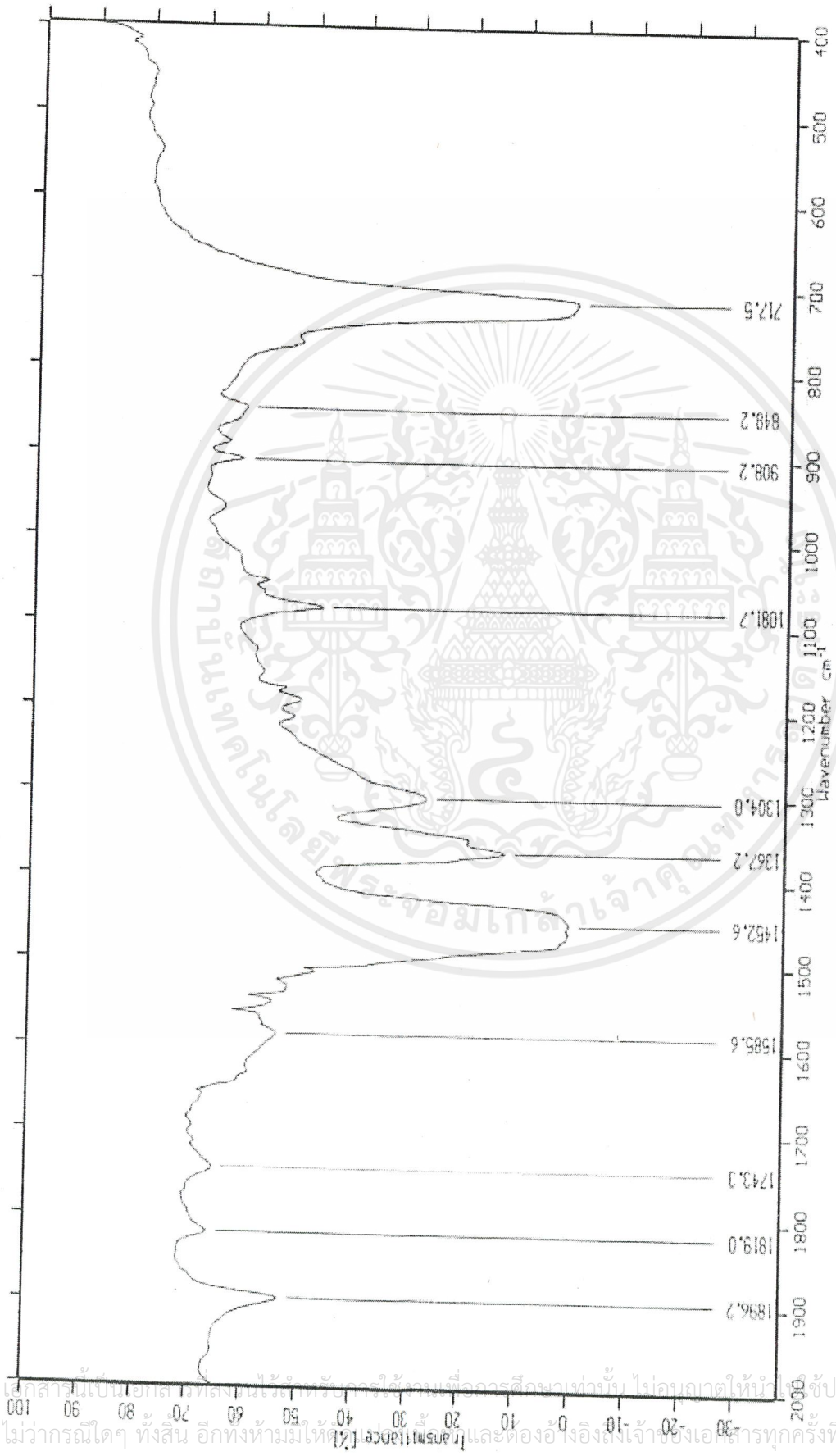
รูปที่ ๖ - 7 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร A ในสถานะดินผสมกบตบกดหน้าเสียเป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



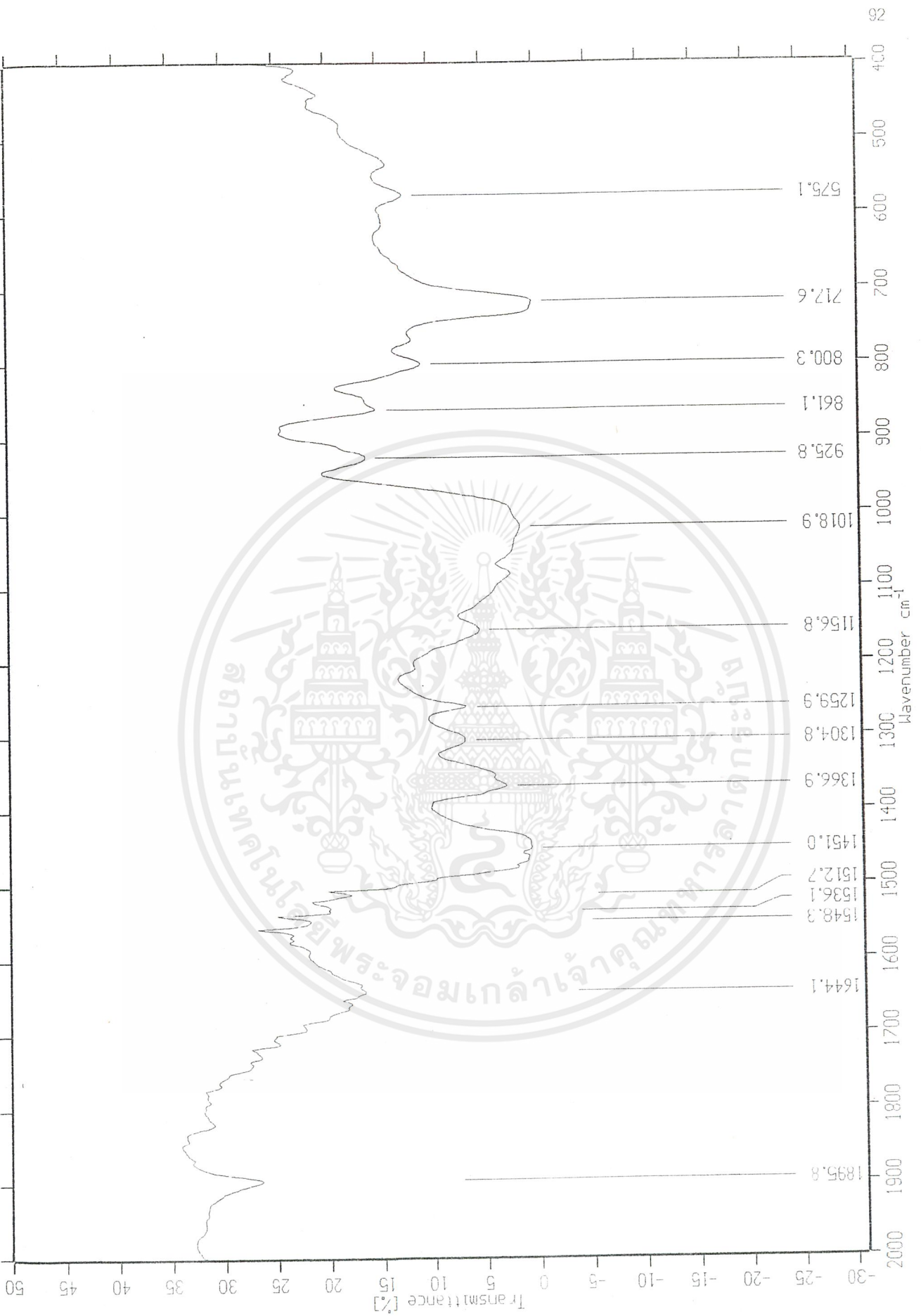
รูปที่ ๑-8 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร A ในสภาวะดินผสมเรโซลูชันที่รีไซเคิล EM เป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



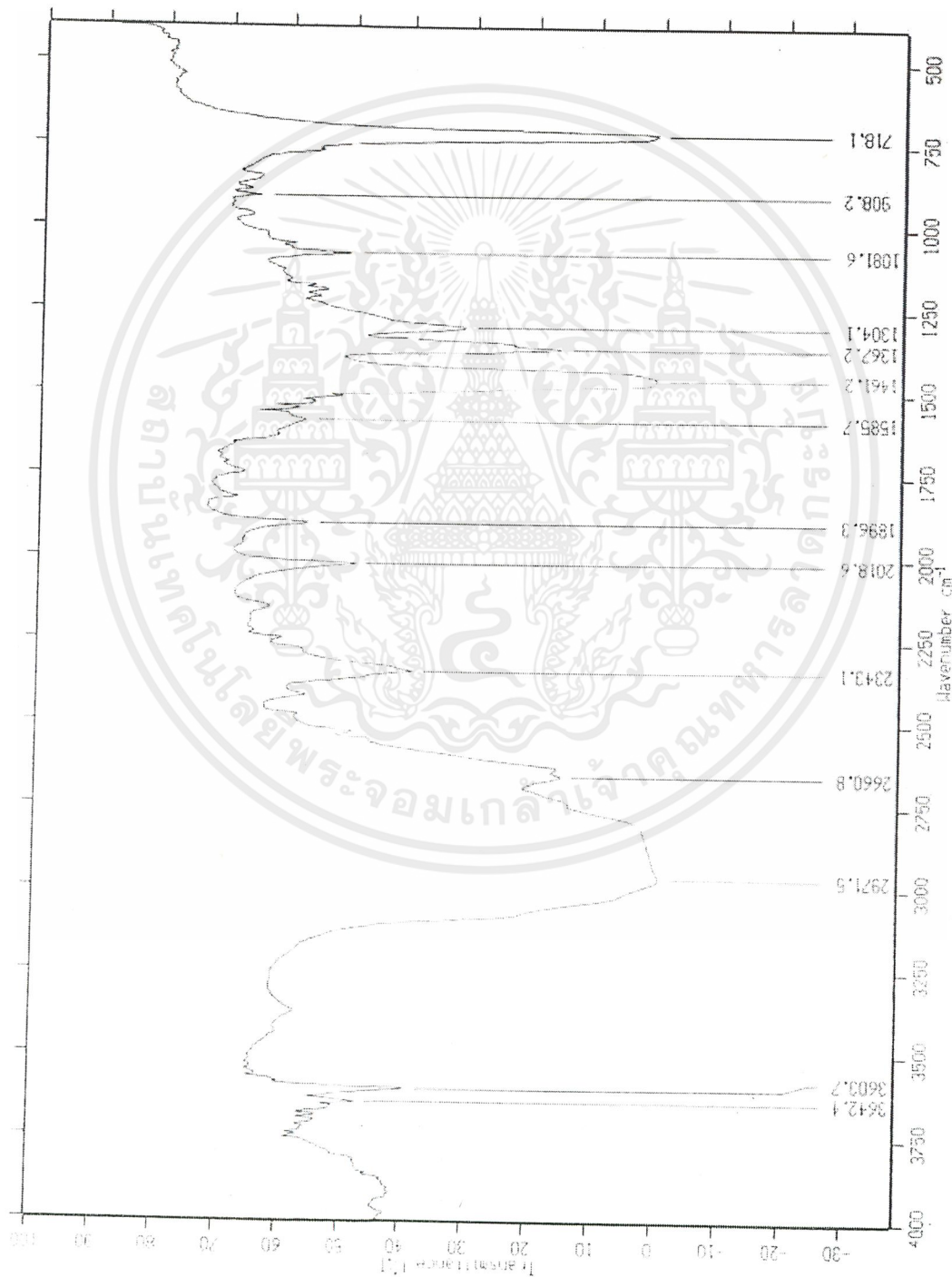
รูปที่ ๑ - ๑ กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร A ในสภาวะดินรรมชาติกลางแจ้งลึก 5 ซม.
เป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งให้ทางโครงการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้ผู้อื่นใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ผู้อื่นนำข้อมูลไปทำซ้ำหรือดัดแปลงในทางอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต



รูปที่ ๑ - 10 กราฟ FTIR ของพอลิเมอริสตูร์ A ในสภาวะดินธรรมชาติดอกแสงลึก 10 ซม.

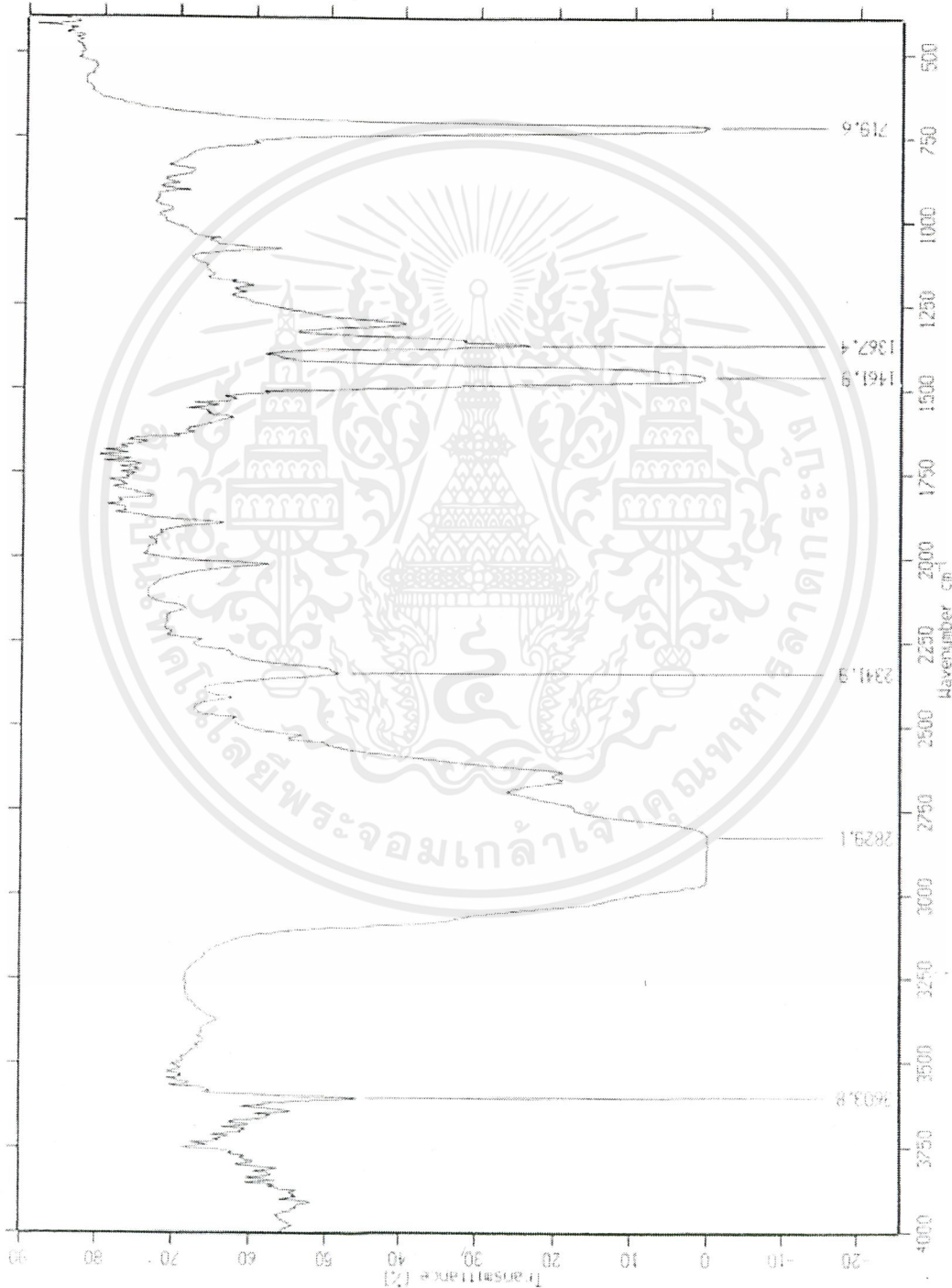
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑ - 11 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร A ในสภาวะคิโรรวมชาติได้ไม่ลึก 5 ซ.ม.

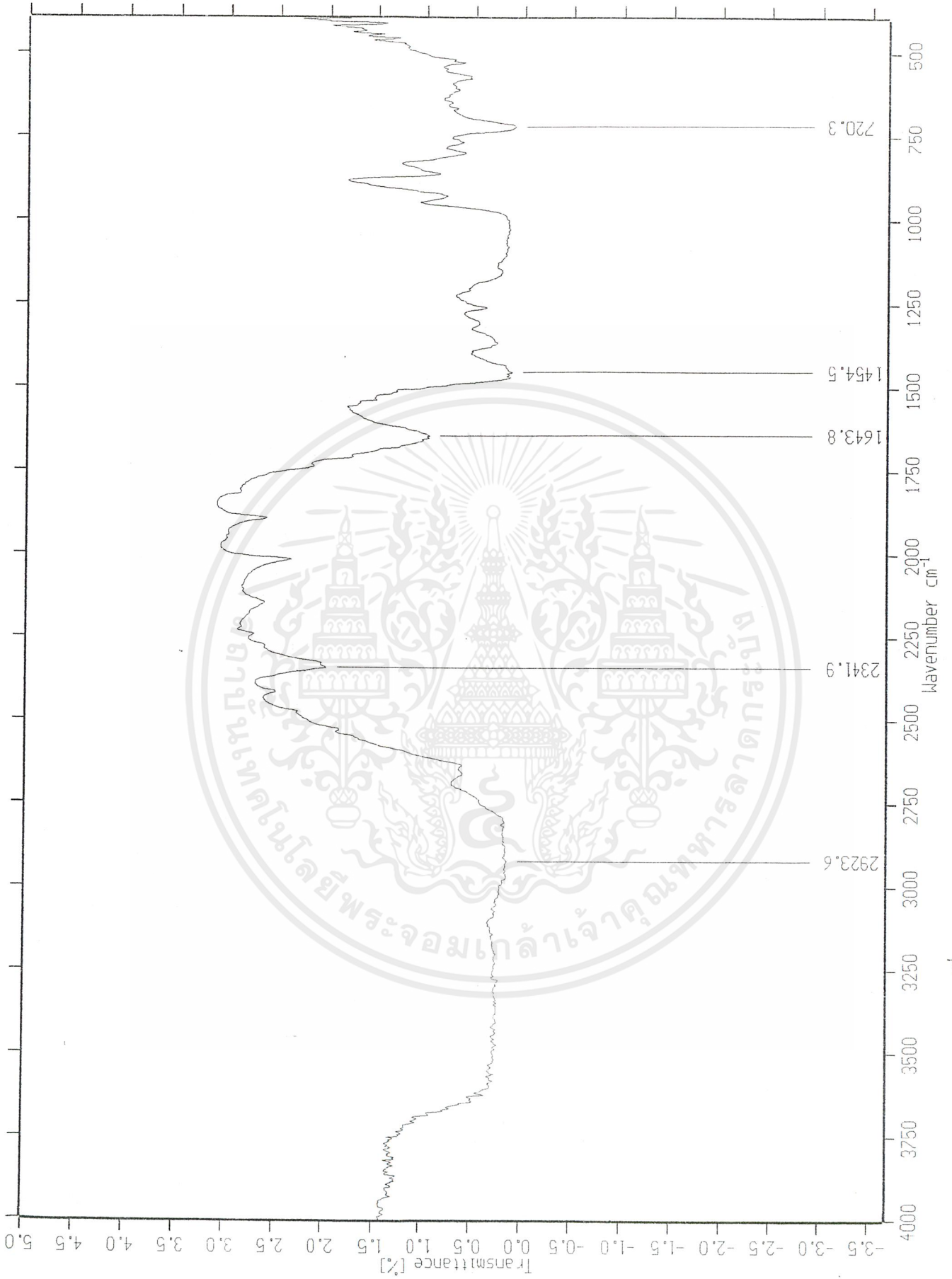
เป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



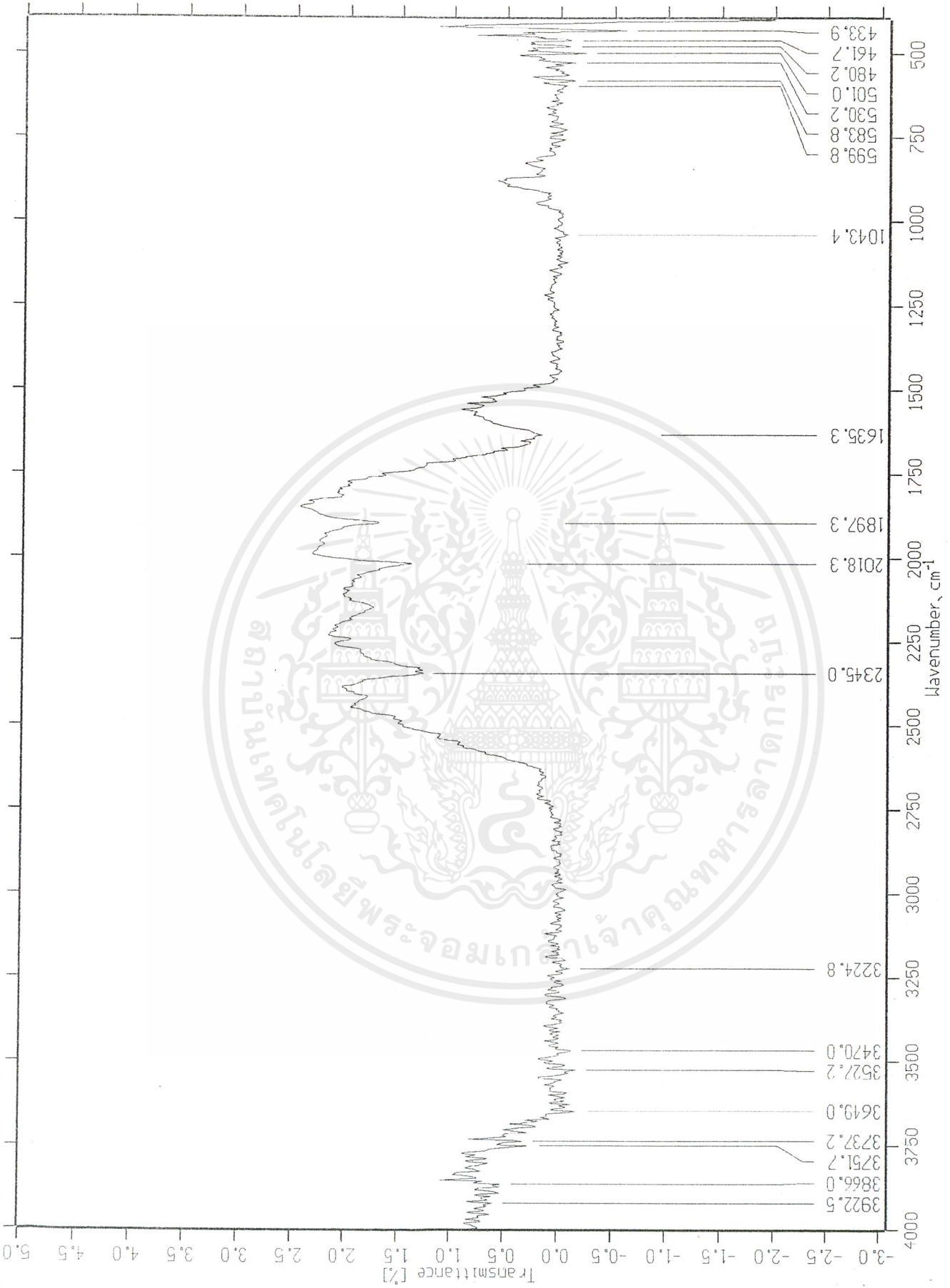
รูปที่ ๑ - 12 กราฟ FTIR ของพอลิเมอริสเตร A ในสภาวะดินธรรมชาติดัดในไม้สัก 10 ซ.ม.
เป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



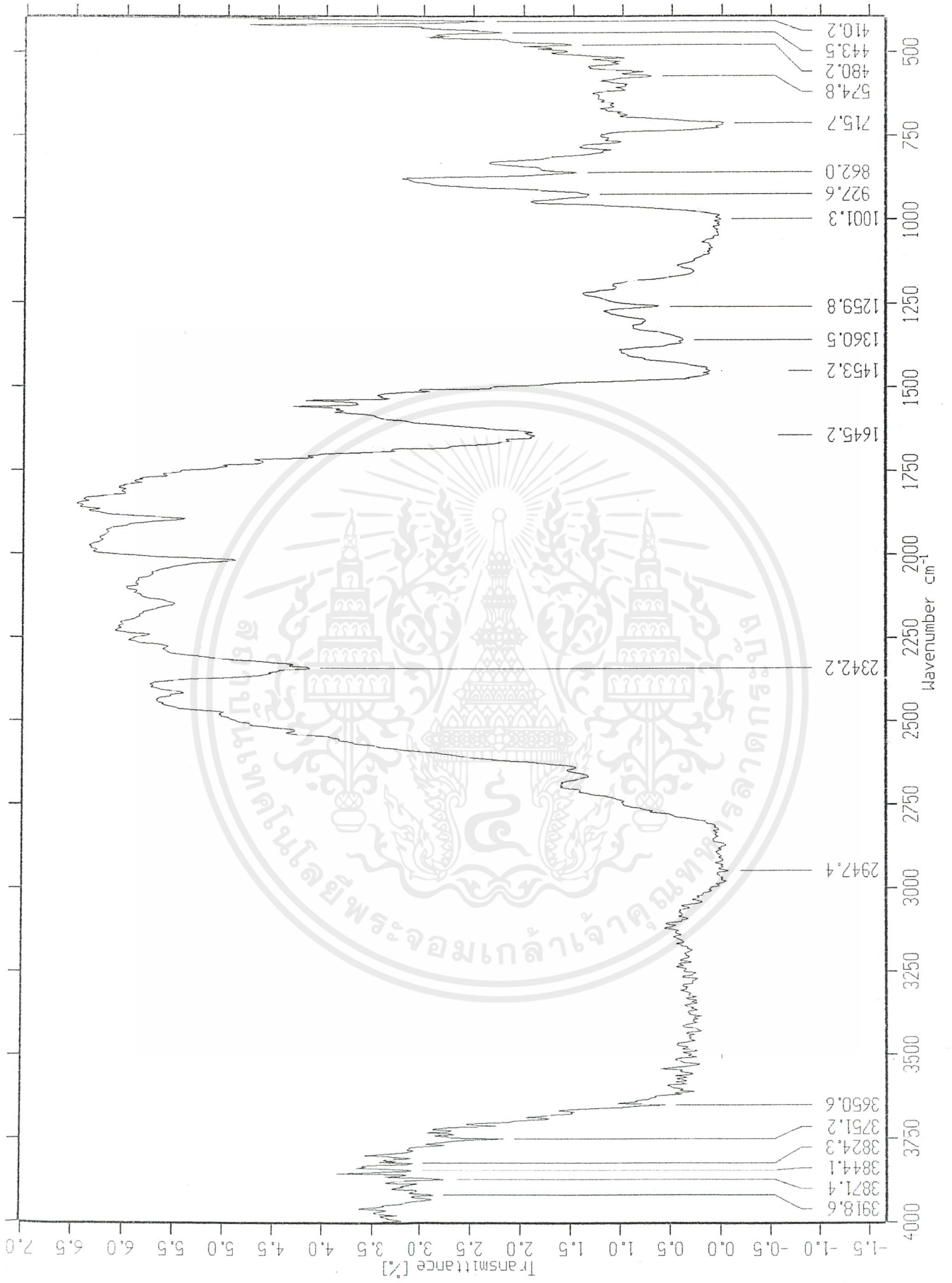
รูปที่ ๑ - 13 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร B ในสภาวะดินควบคุมเป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



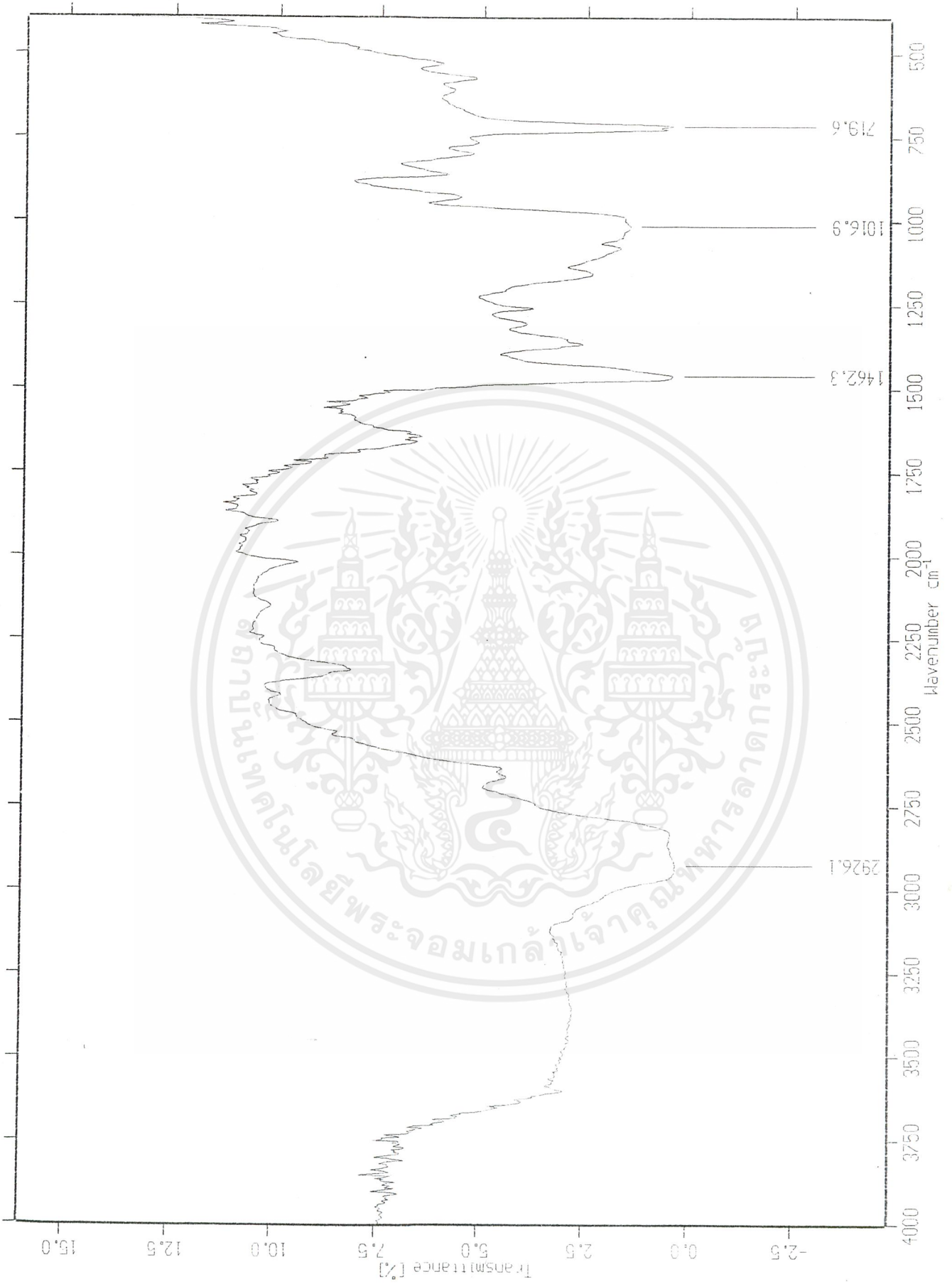
รูปที่ ๑ - 14 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร B ในสภาวะดินผสมมูลไก่เป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



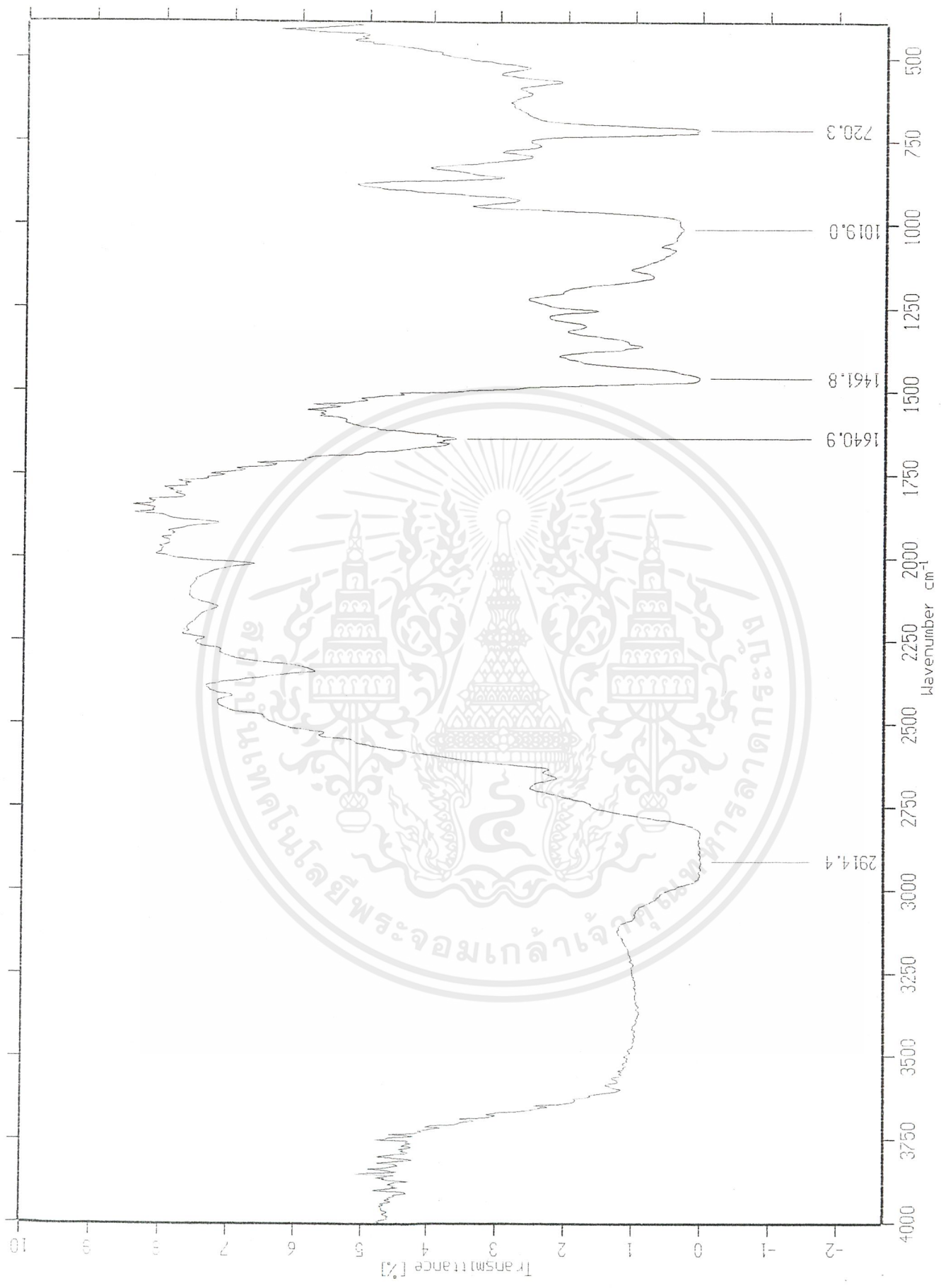
รูปที่ ๑-15 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร B ในสภาวะดินผสมภาคหน้าเสียเป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑-16 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร B ในสภาวะดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM เป็นเวลา 7 เดือน

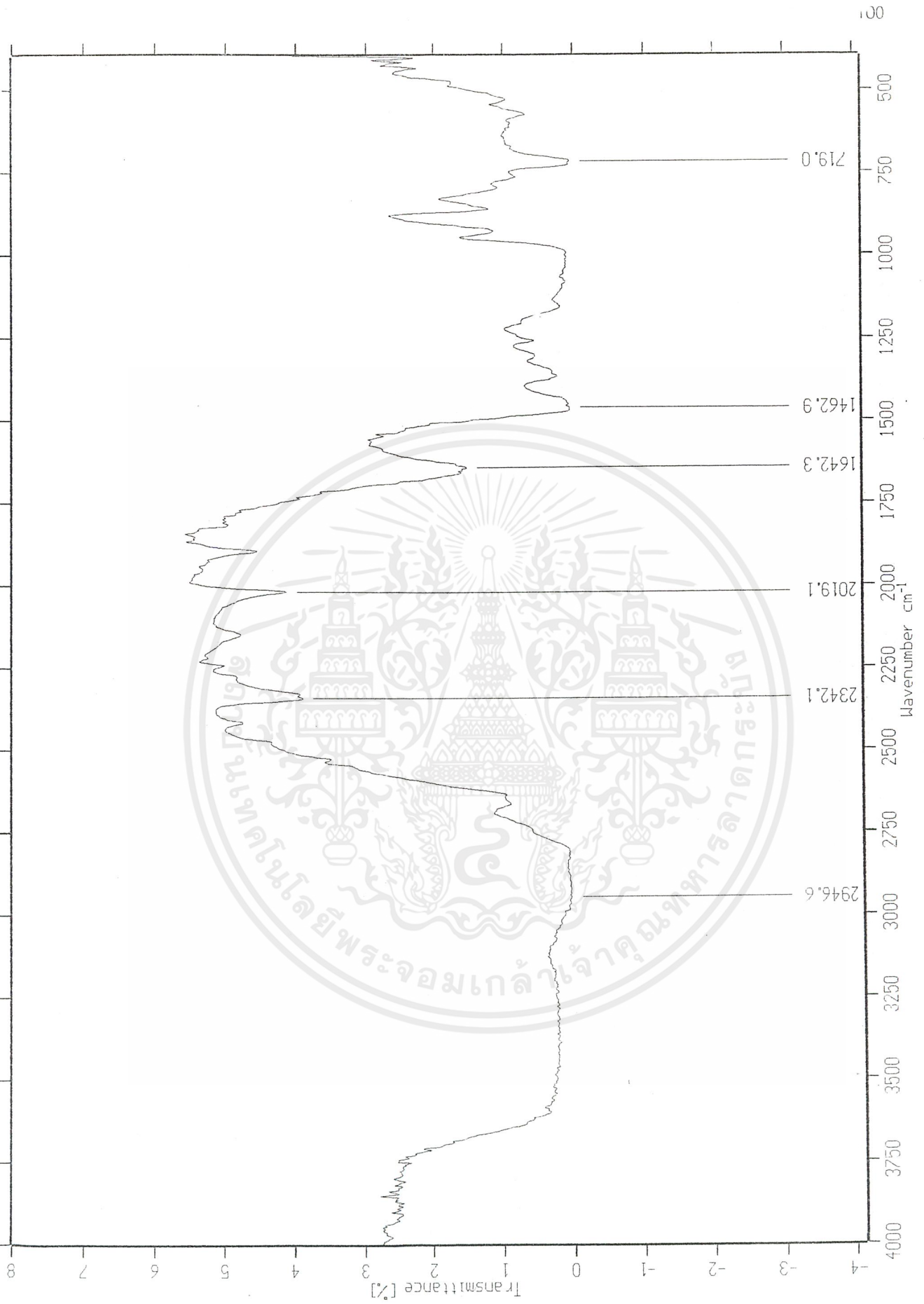
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๖ - 17 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร B ในภาวะดินธรรมชาติดกลางแจ้งลึก 5 ซม.

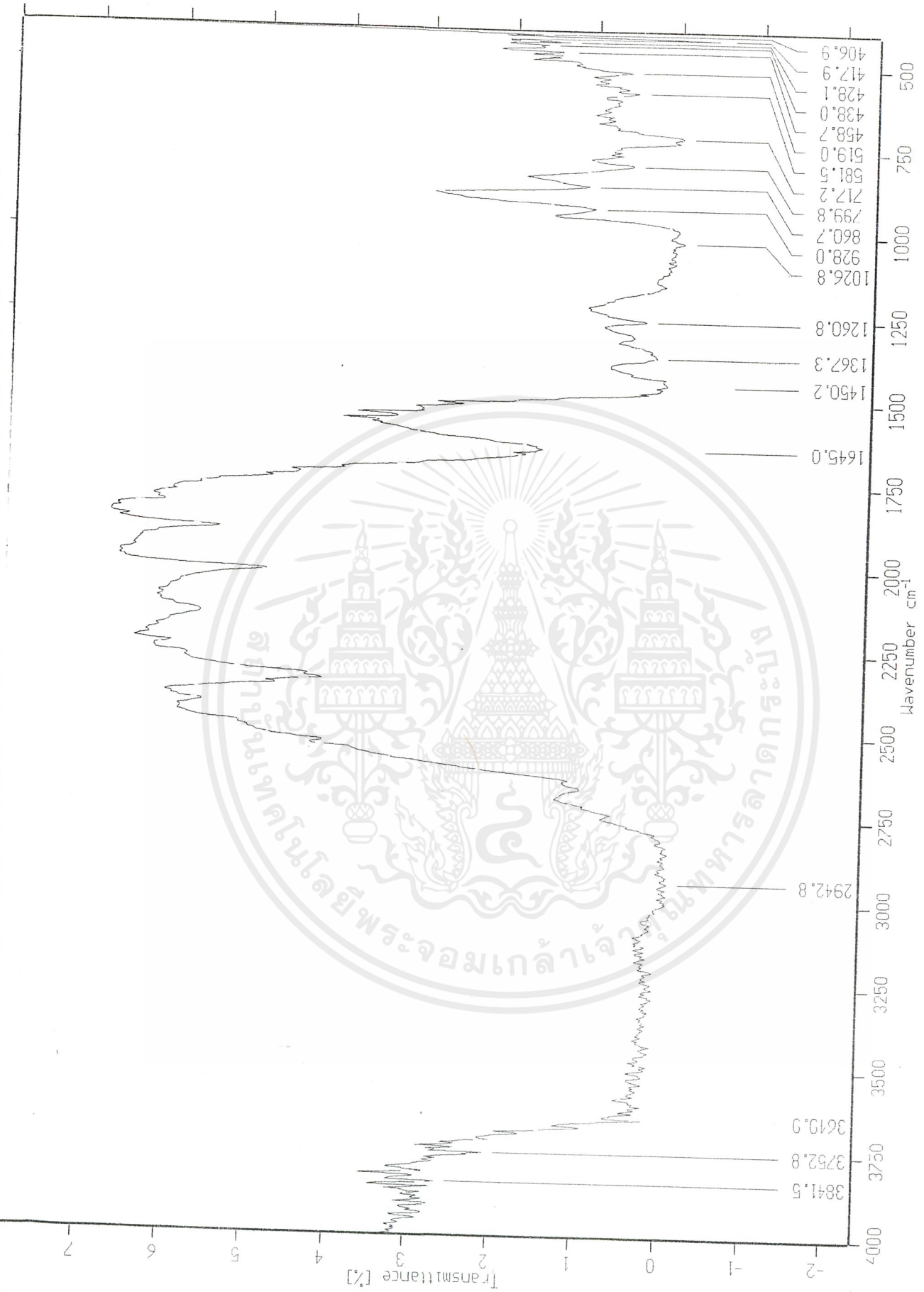
เก็บภาค 7 | ๑๕๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



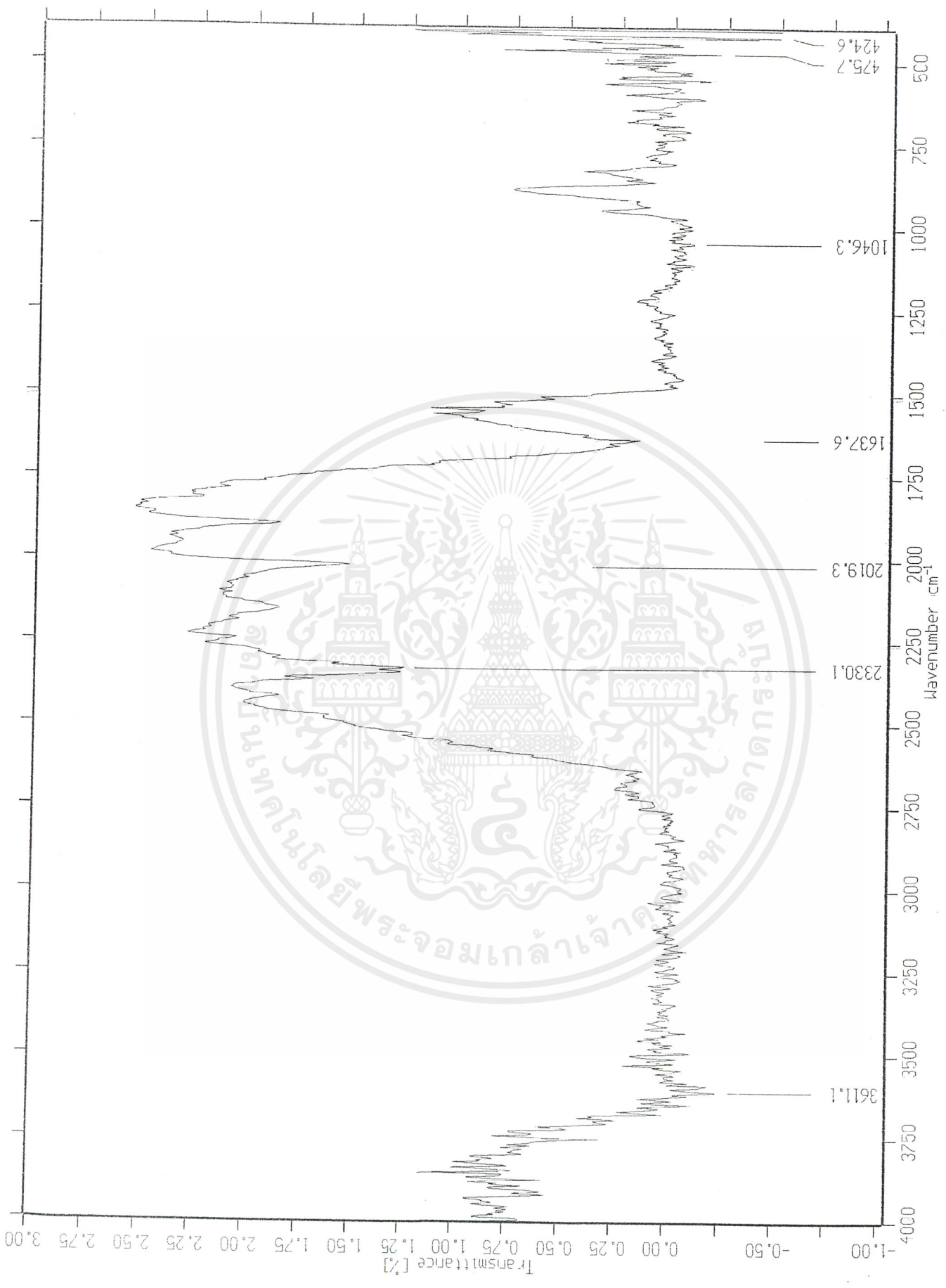
รูปที่ ๑ - 18 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร B ในสถานะดินธรรมชาติดกลางแจ้งลึก 10 ซม.
เป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑ - 19 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร B ในสถานะดินรรมชาติได้ต้นไม้มัก 5 ซ.ม.
เป็นเวลา 7 เดือน

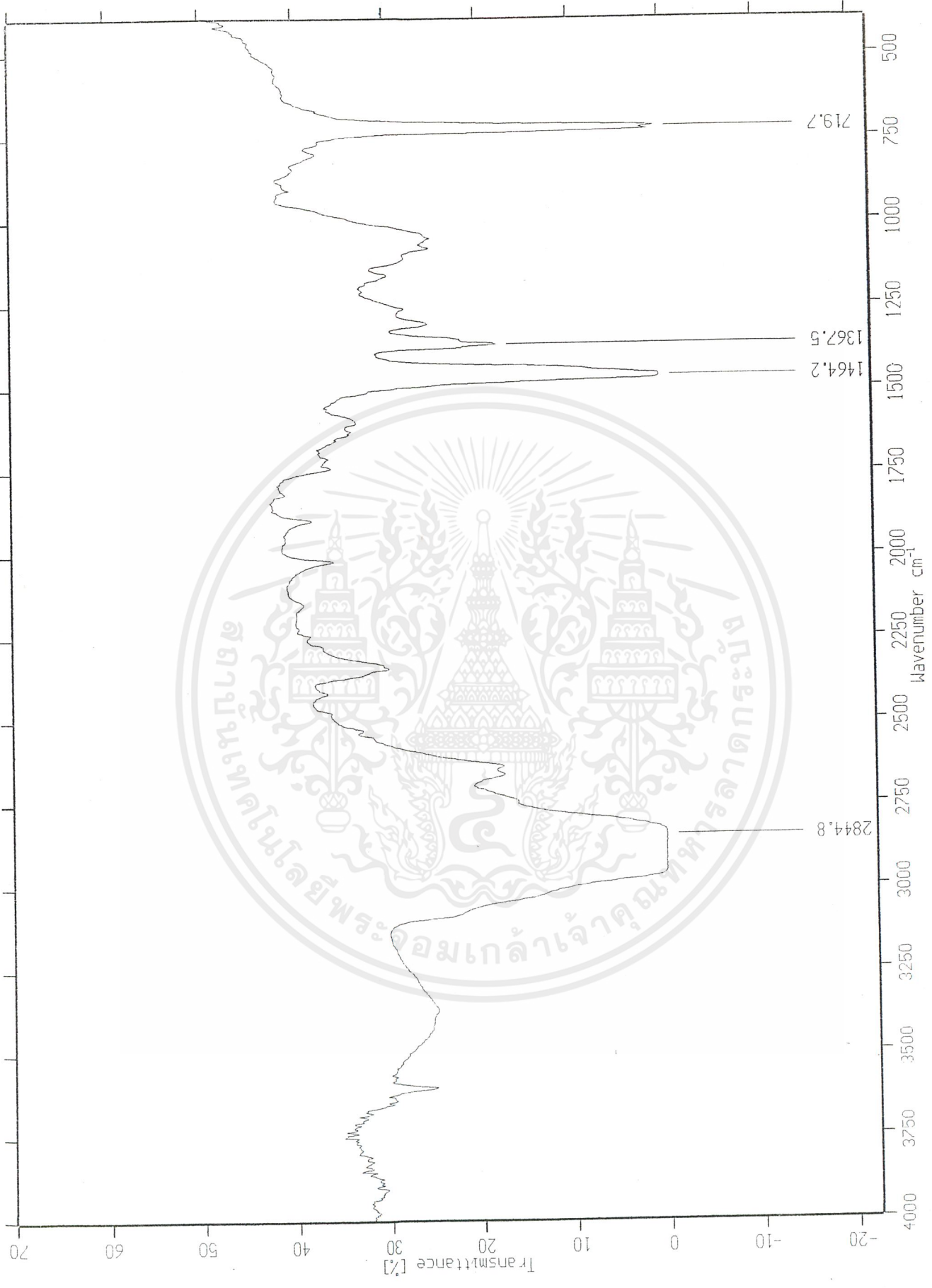
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑ - 20 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร B ในสถานะดินร่วนซุยได้ต้นไม้เล็ก 10 ซม.

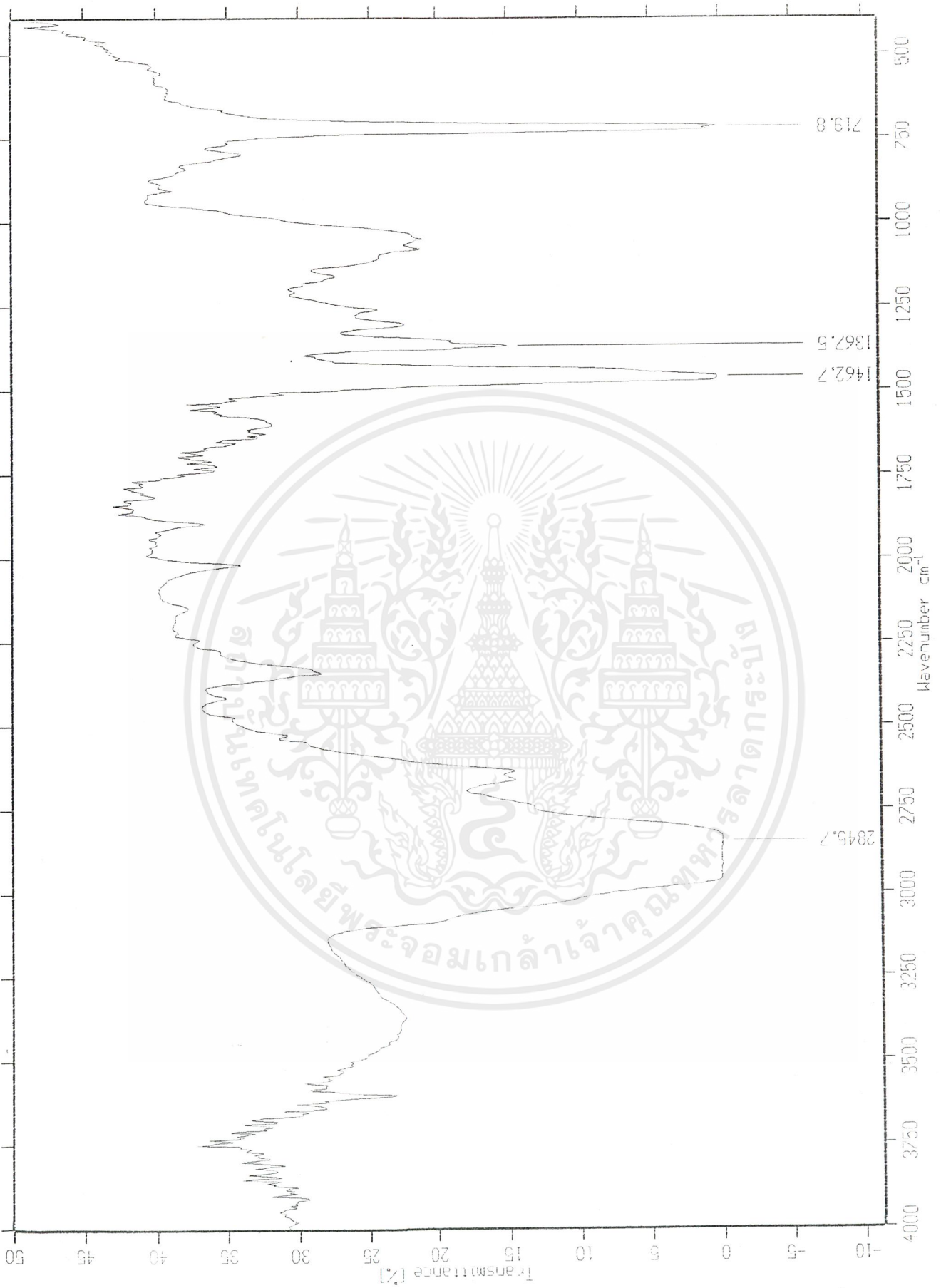
เป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



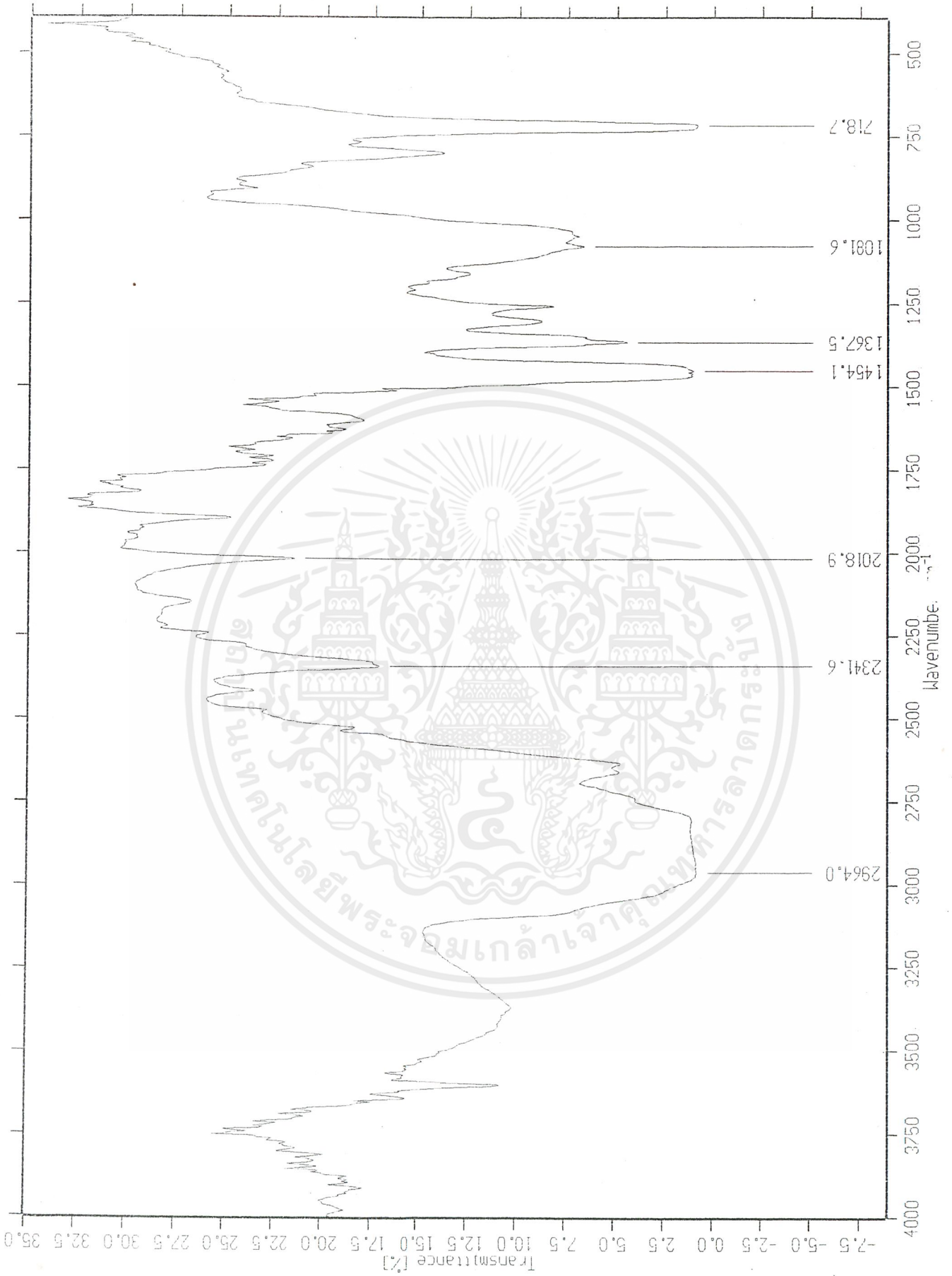
รูปที่ ๑ - 21 กราฟ FTIR ของพอลิเมอริสไตร E ในสภาวะดินควมคุมเป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



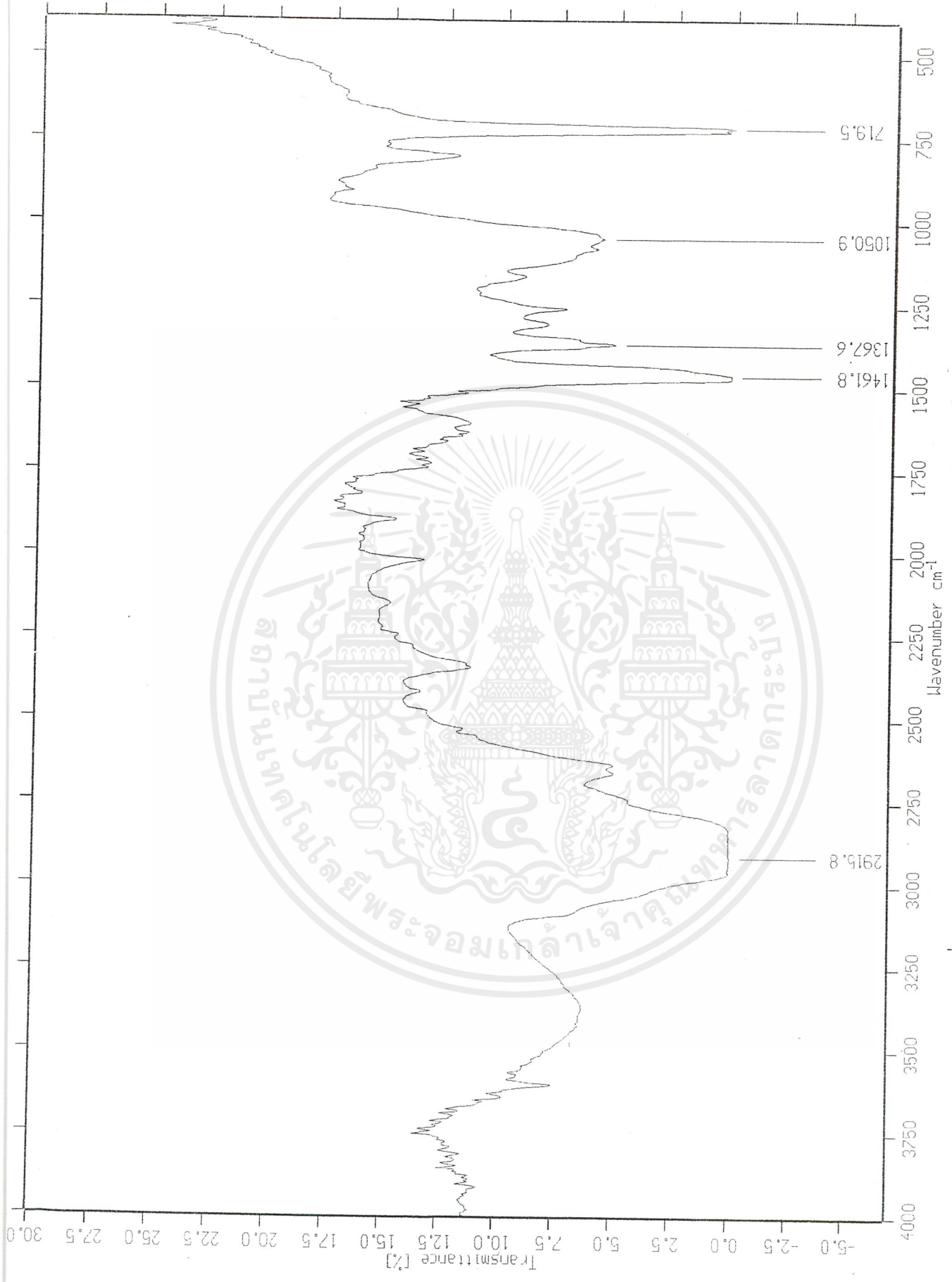
รูปที่ ๑ - 22 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร E ในสภาวะดินผสมมูลไก่เป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



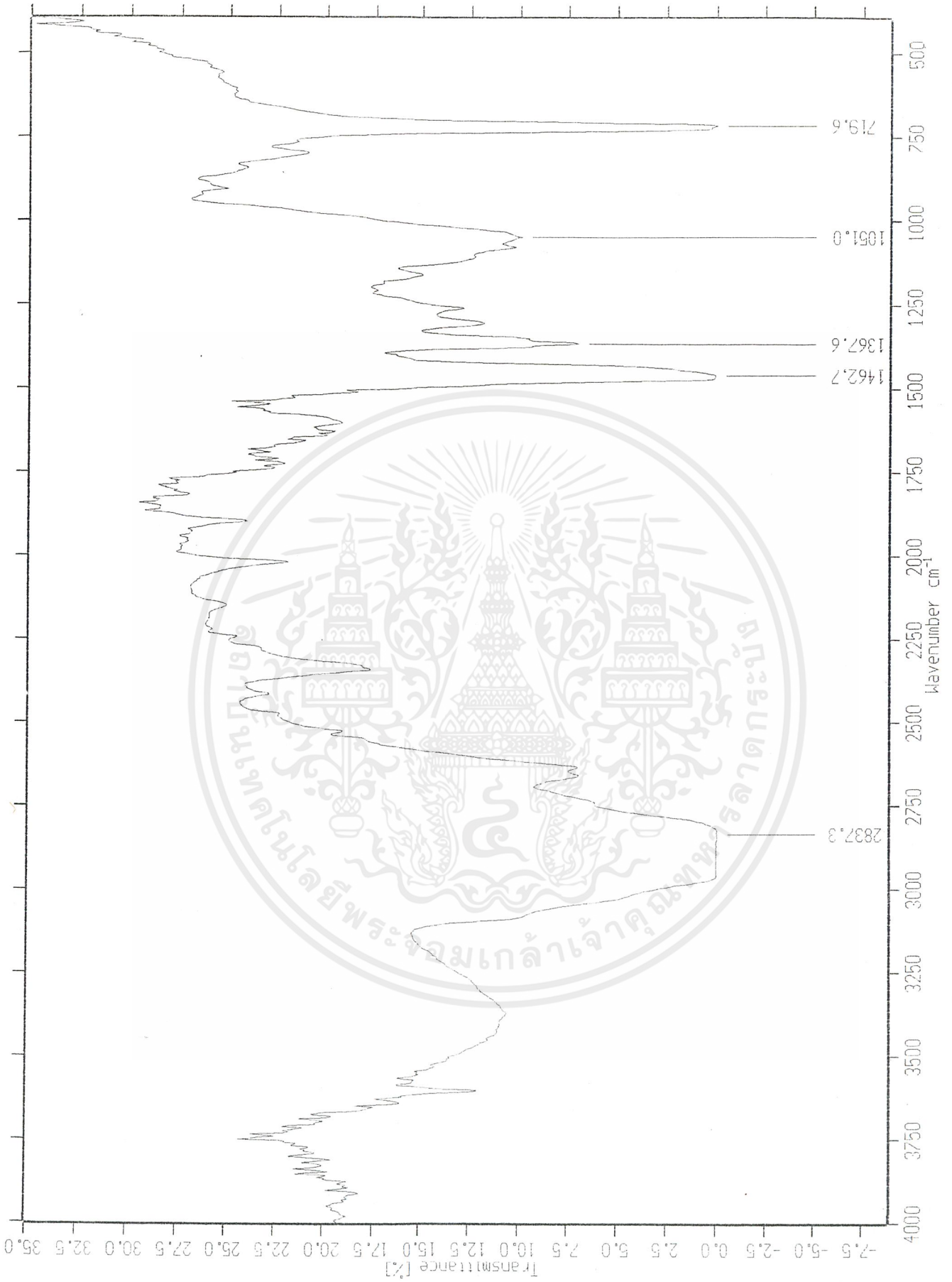
รูปที่ จ-23 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร E ในสถานะดินเหนียวที่เก็บเป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑-24 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร E ในสภาวะดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM เป็นเวลา 7 เดือน

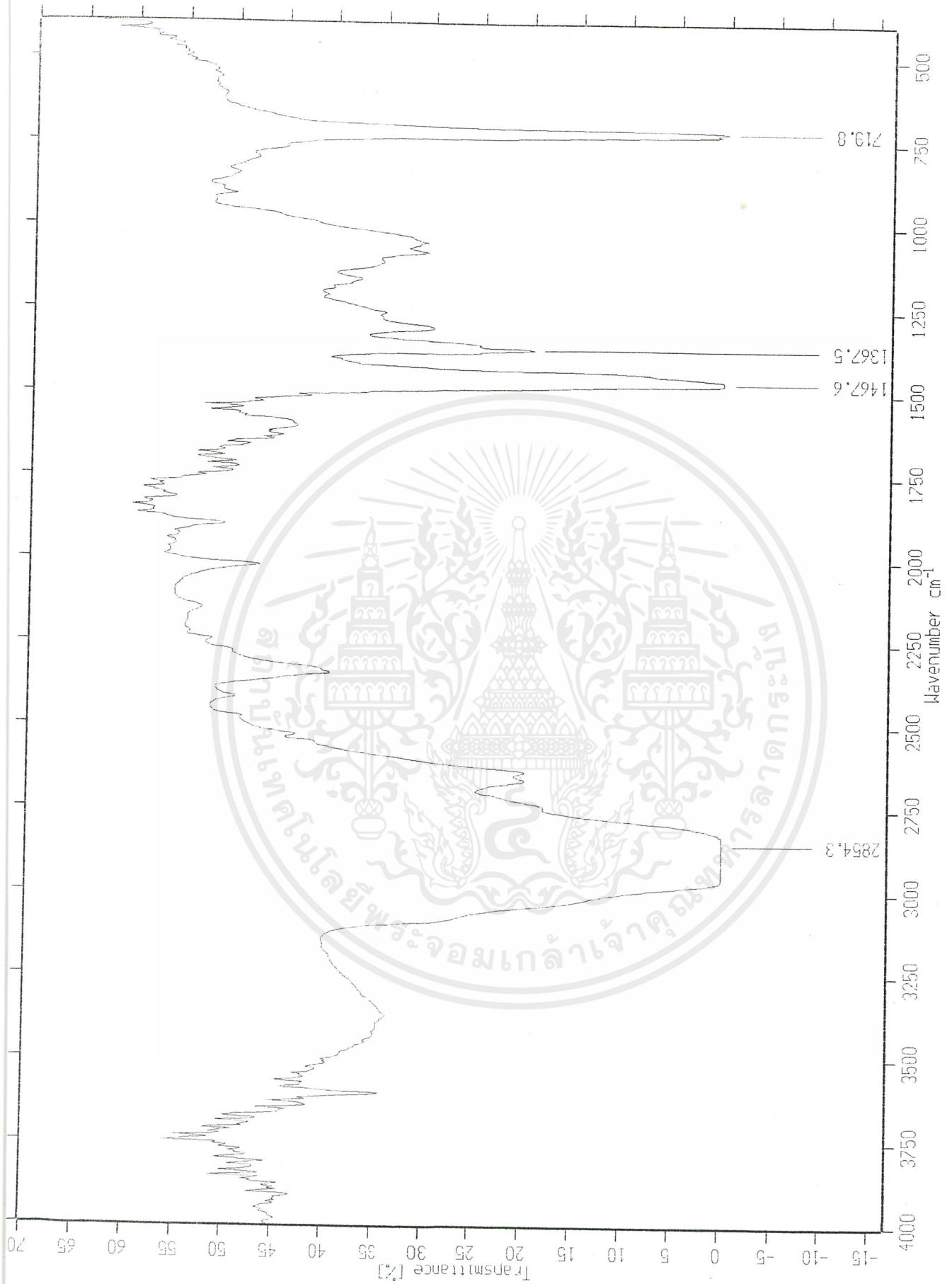
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑ - 25 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร E ในสถานะดินธรรมชาติดกลางแจ้งลึก 5 ซม.

ปี ๒๕๖๓ ๗ เดือน

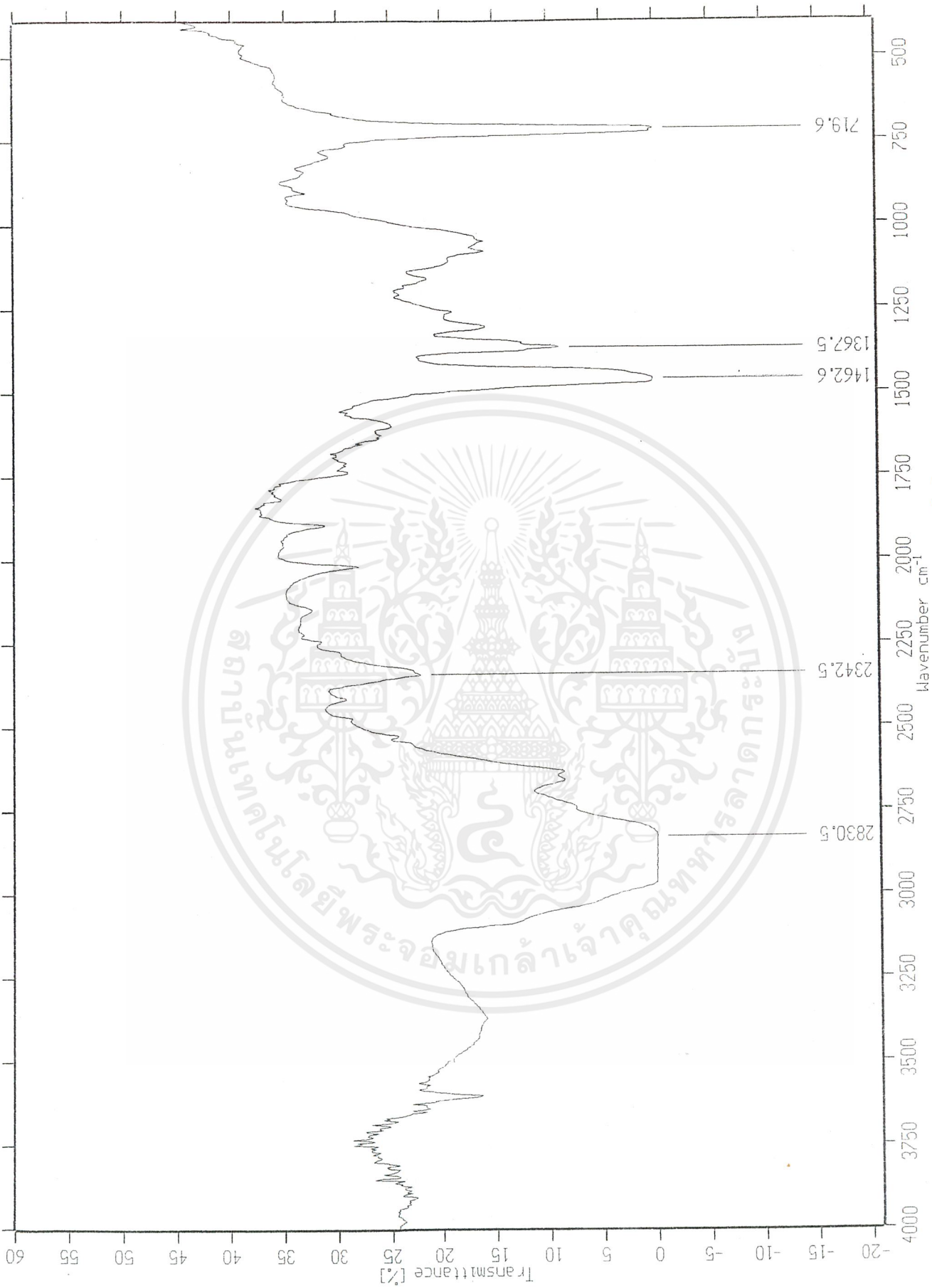
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑ - 26 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร E ในสภาวะดินธรรมชาติดกลางแจ้งลึก 10 ซม.

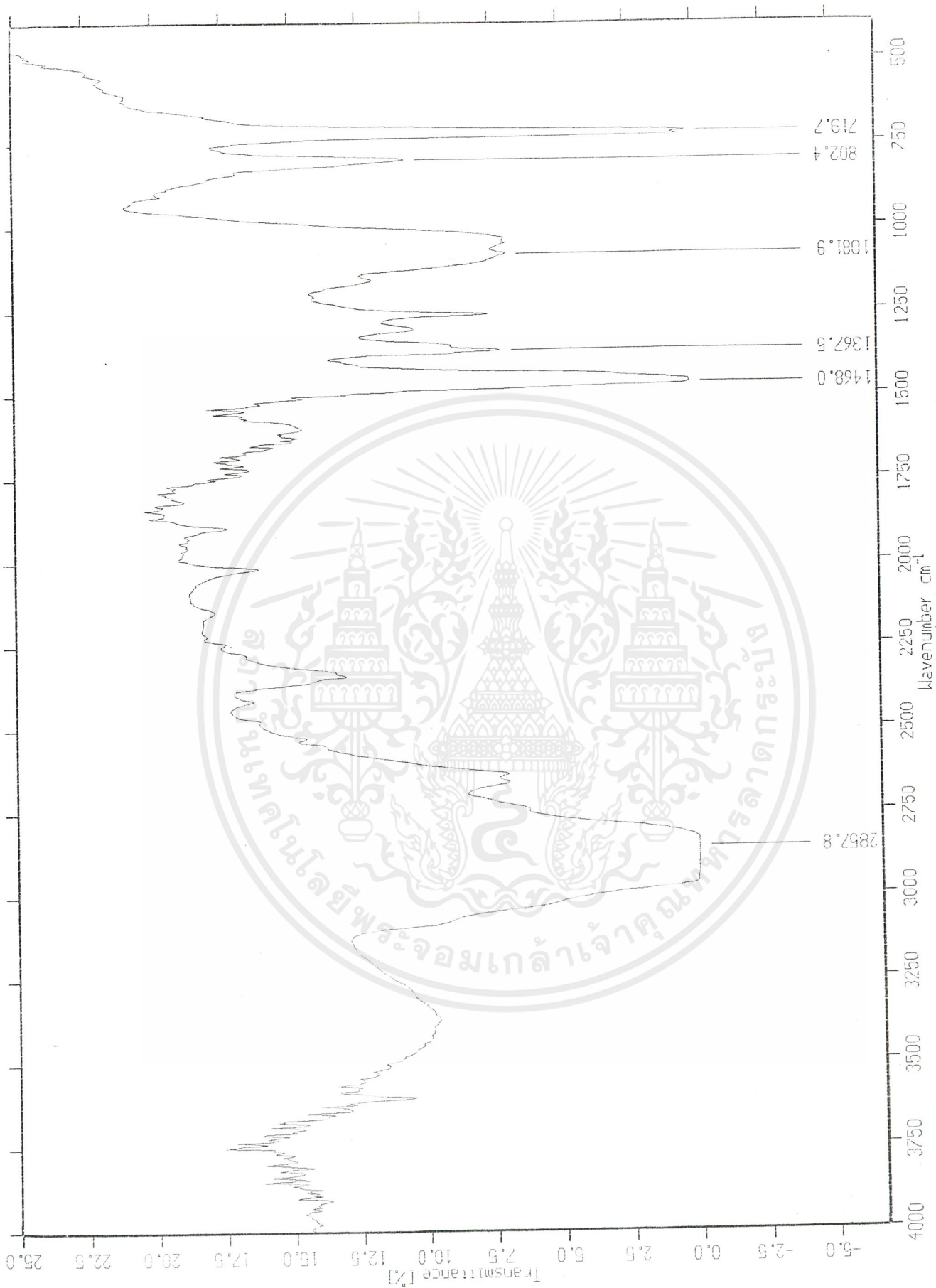
เป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑ - 27 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร E ในสภาวะดินธรรมชาติดัดในไม้สัก 5 ช.ม.
 ที่ขนาด 7 เดกม

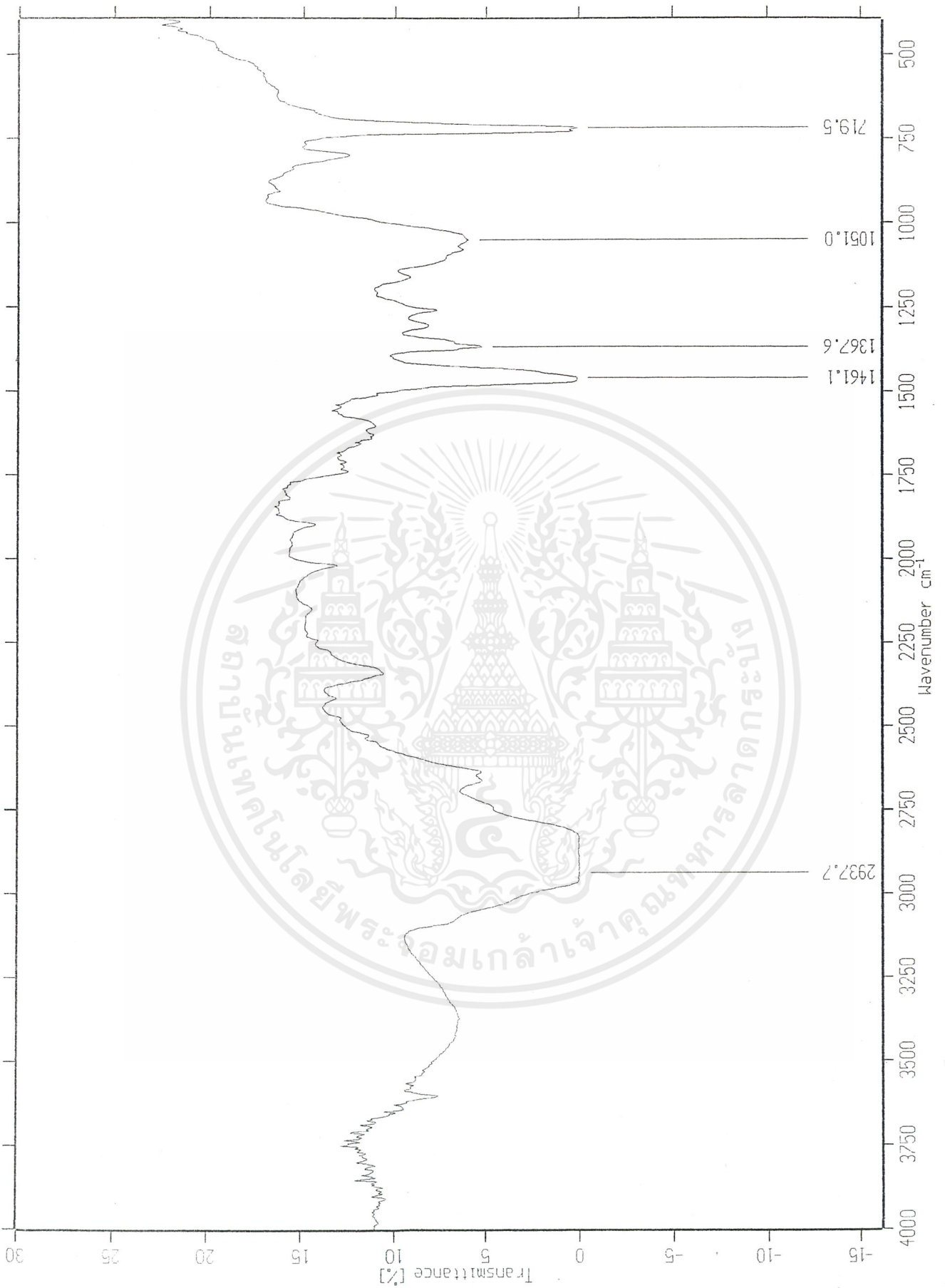
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑ - 28 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร E ในสถานะดินบรรจุขนาด 10 ไมครอน

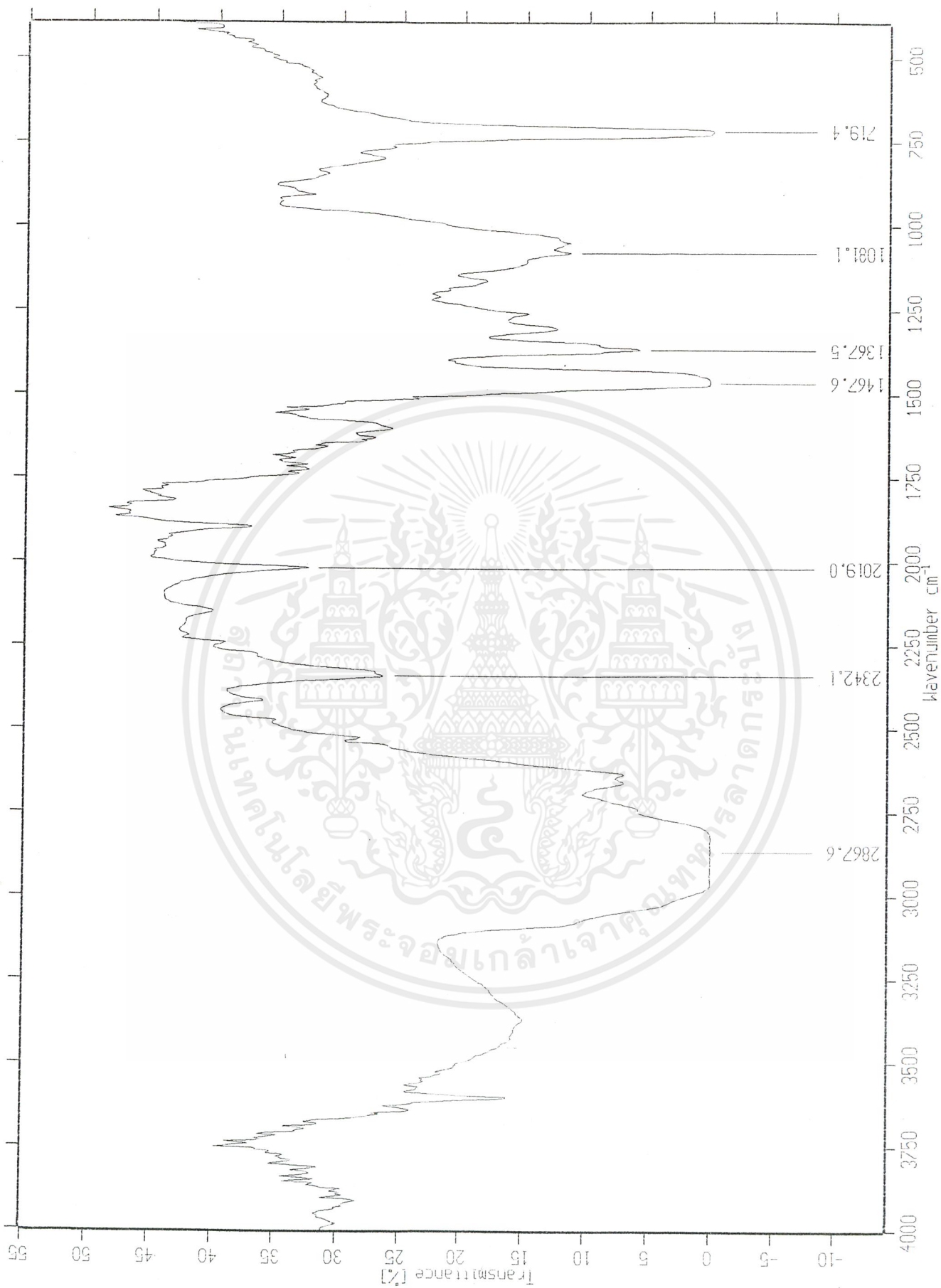
เป็นวงกลม 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



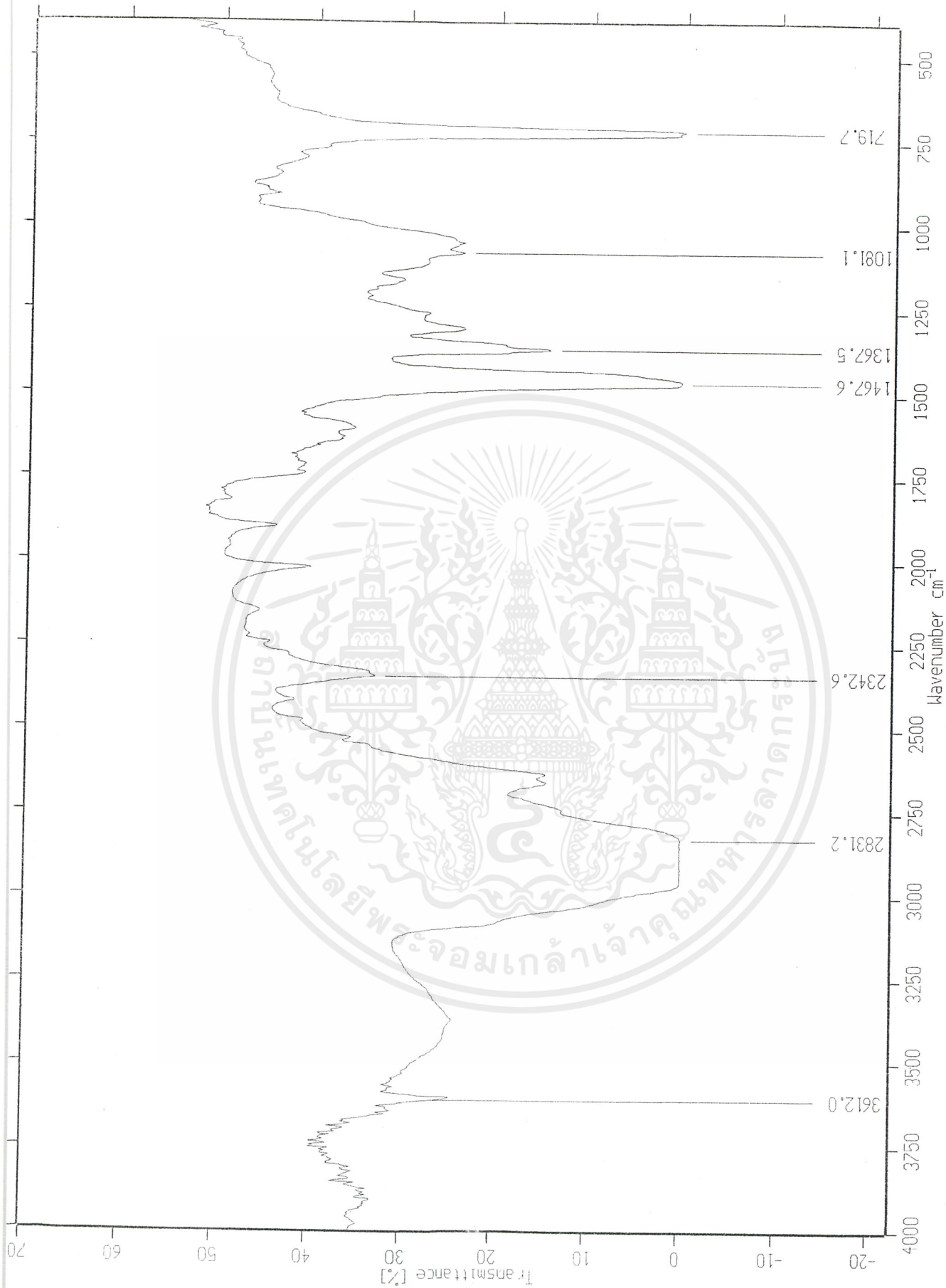
รูปที่ จ - 29 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร G ในสภาวะดินควมคุมเป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



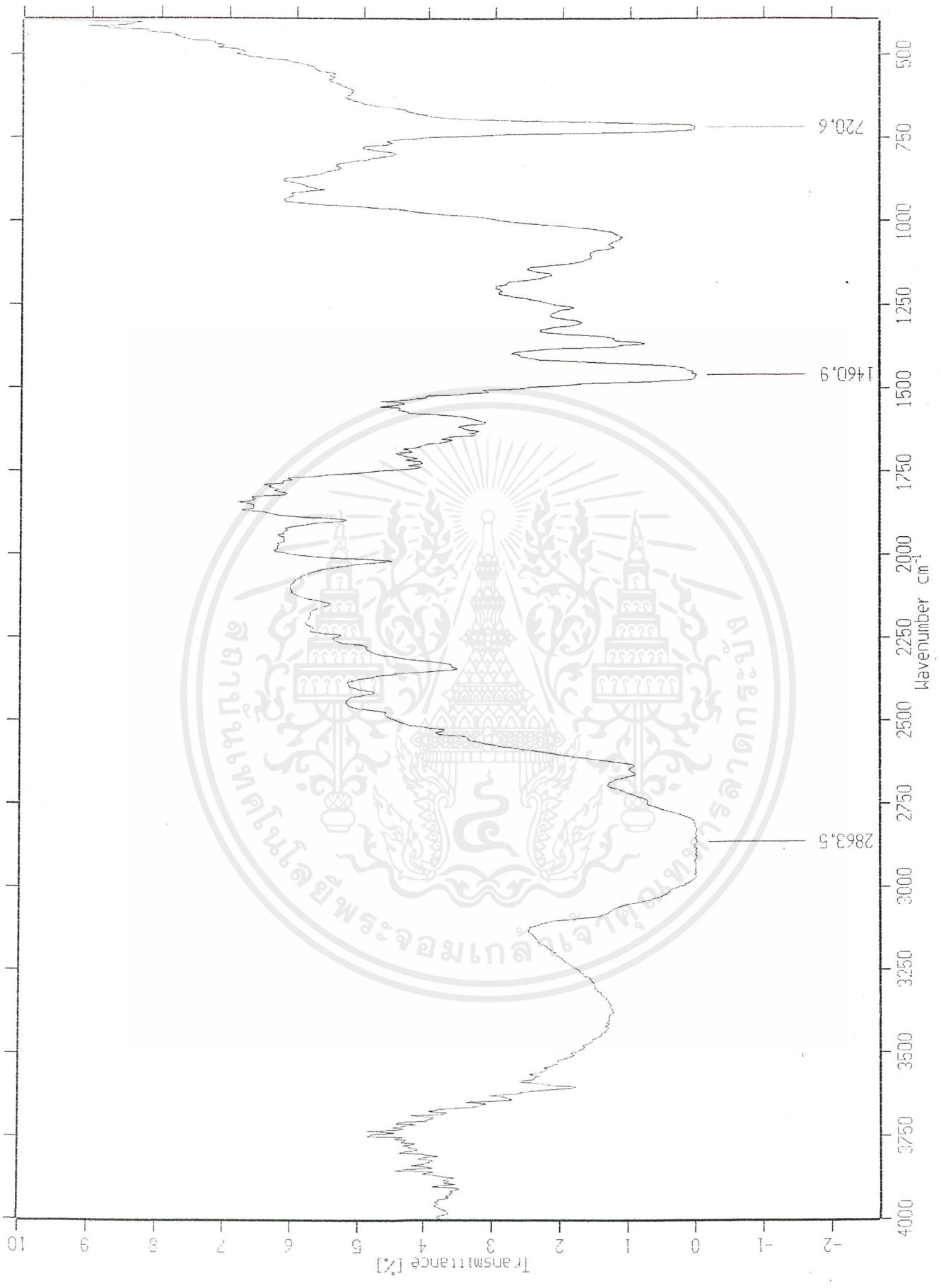
รูปที่ ๓ - 30 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร G ในภาวะดินผสมมูลไก่เป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๖-31 กราฟ FTIR ของพอลิเมอริสไตร G ในสภาวะดินผสมภาคบนนำเสียเป็นเวลา 7 เดือน

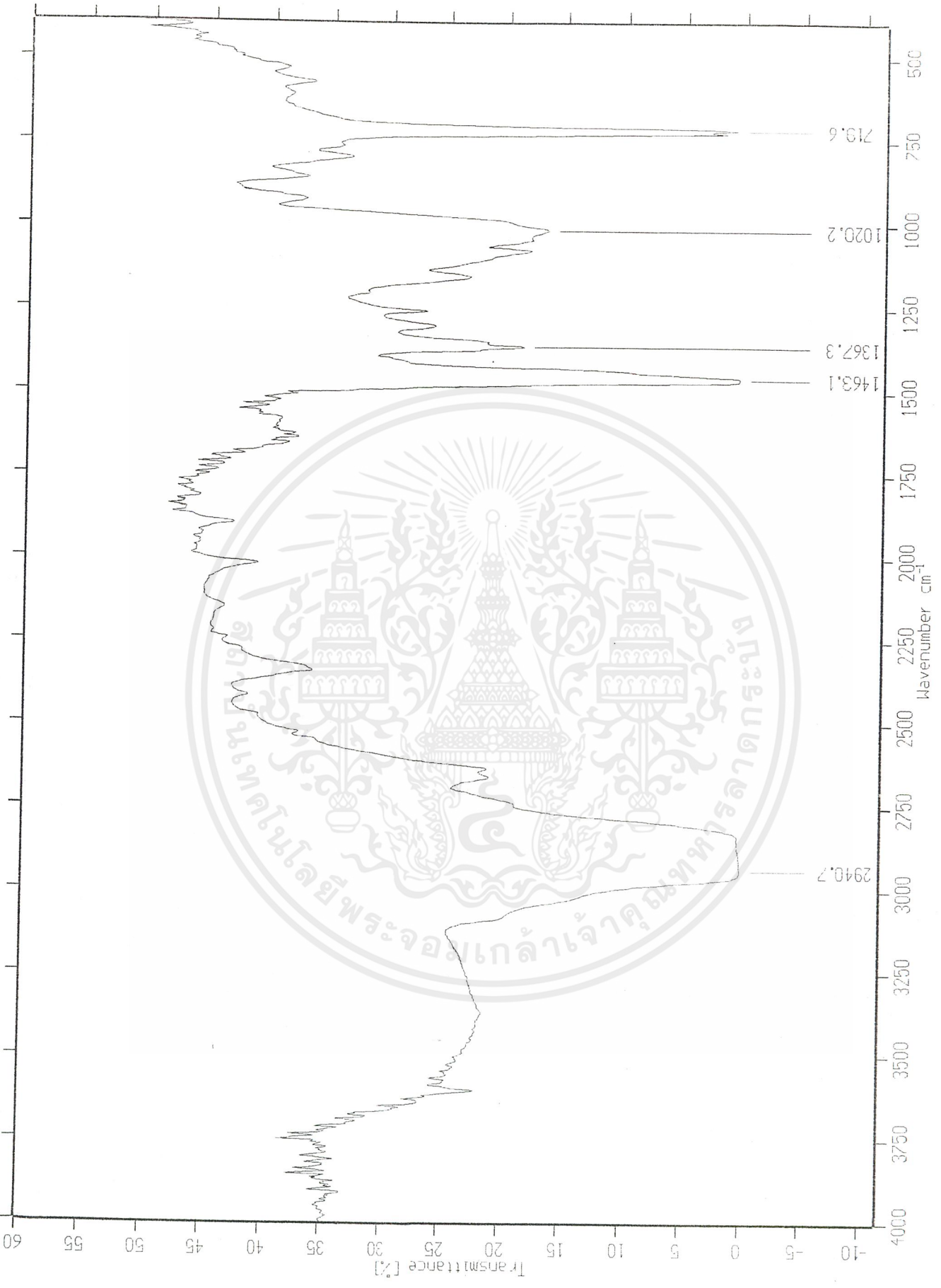
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑ -32 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร G ในสภาวะดินผสมเชื้อจุลินทรีย์ EM เป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

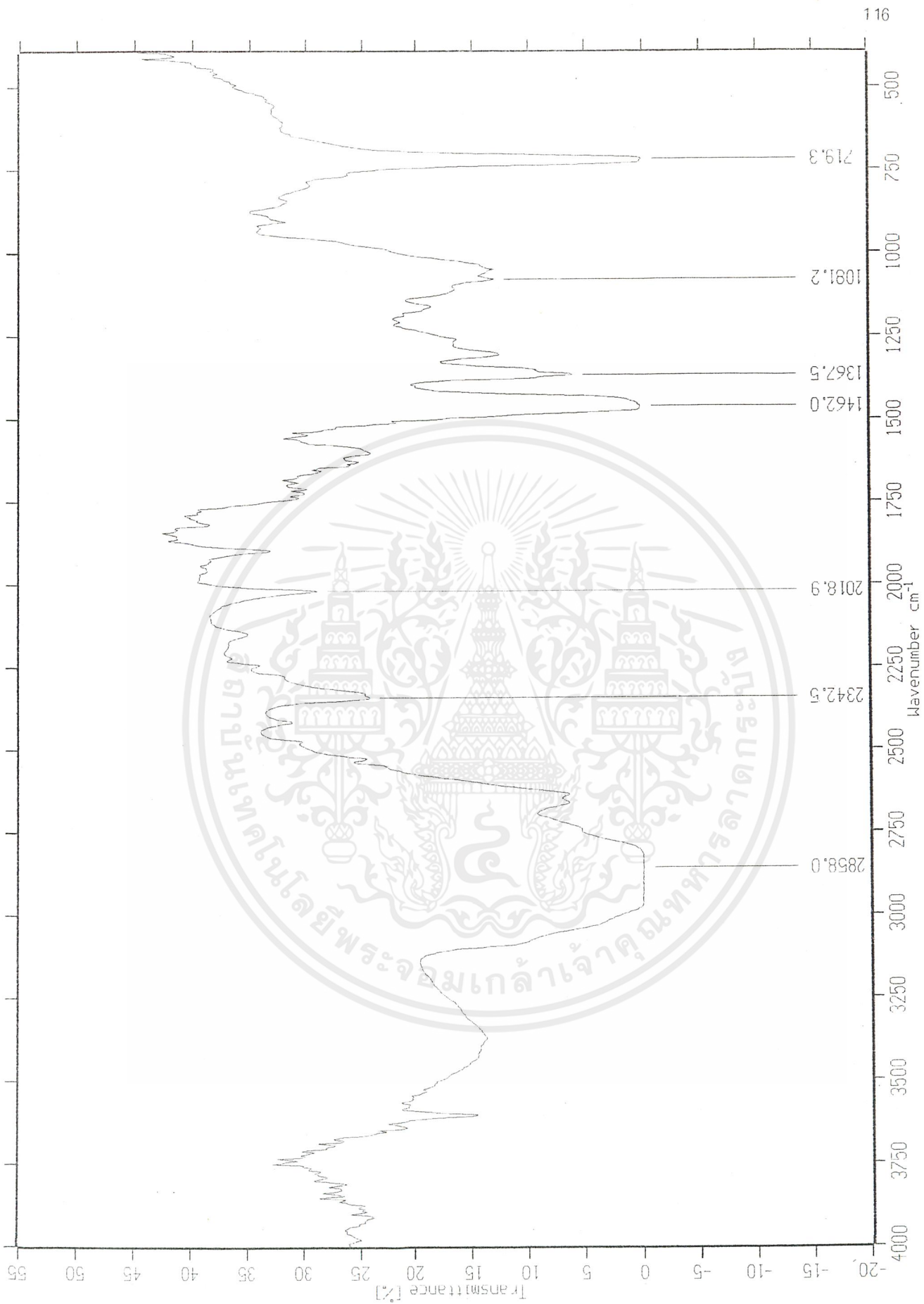




รูปที่ ๖-33 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร G ในสถานะดินธรรมชาติดอกแดงลึก 5 ช.ม.

ปีพ.ศ. ๖๖ ๗ ๖๕๕

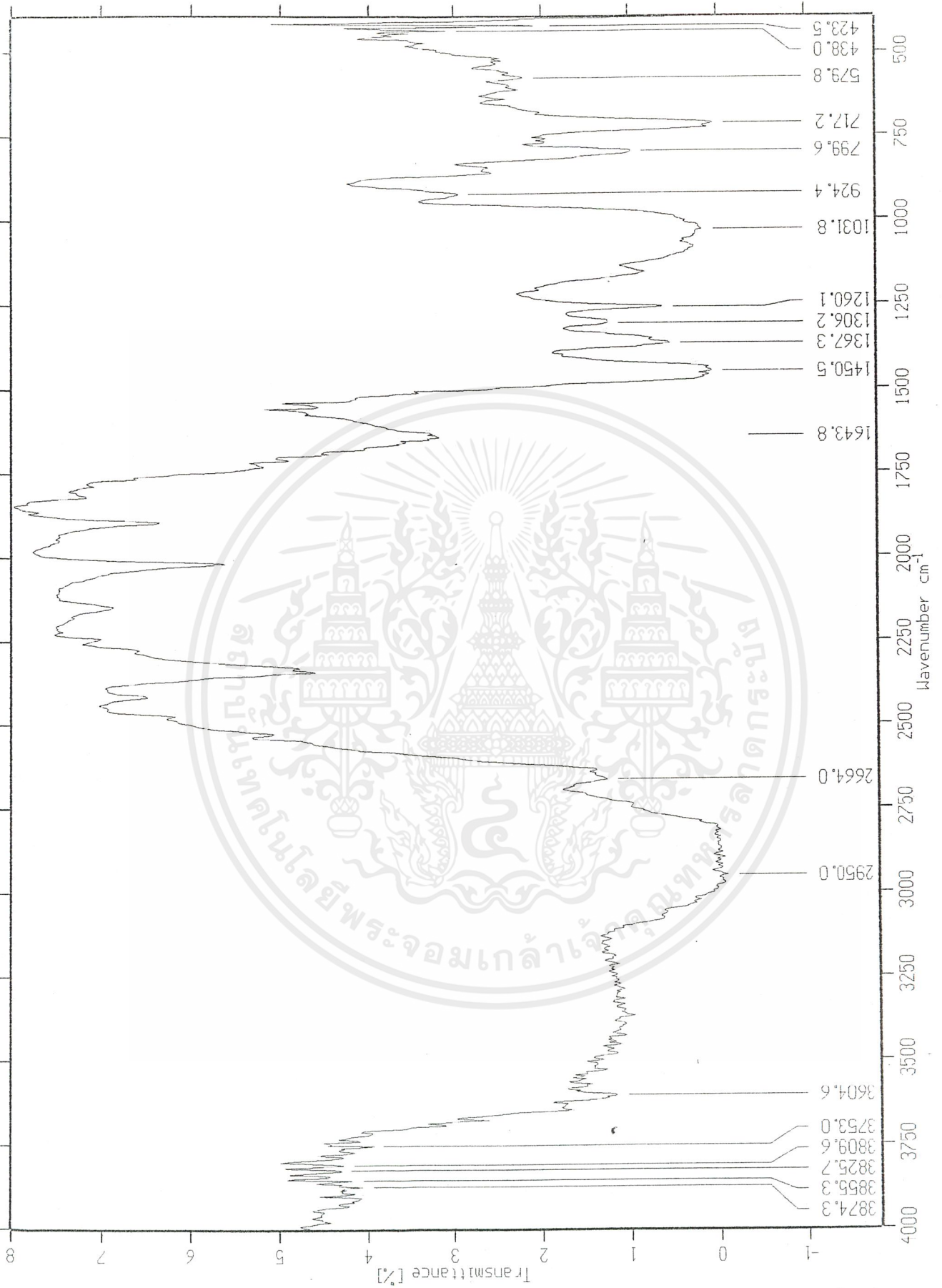
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๓ - 34 กราฟ FTIR ของพอลิเอทิลีนไกลคอล G ในสภาวะดินธรรมชาติดอกแดงลึก 10 ส.ม.

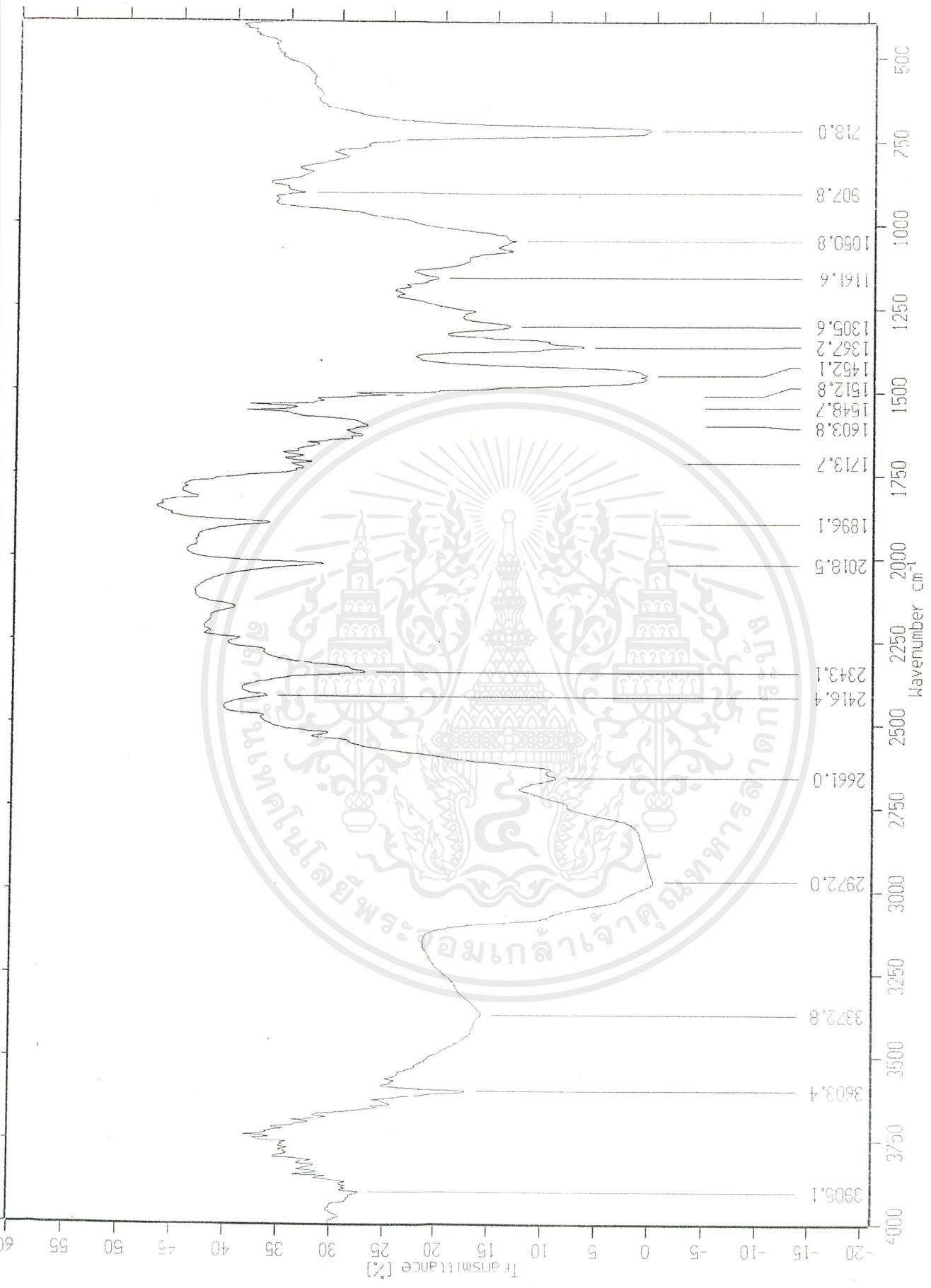
ปีงบประมาณ 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑ - 35 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร G ในสถานะดินร่วนซุยที่ได้น้ำหนัก 5 ช.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑ - 36 กราฟ FTIR ของพอลิเมอร์สูตร G ในสภาวะดินธรรมชาติดูได้ต้นไม้มัก 10 ซ.ม.

เป็นเวลา 7 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. กองวิเคราะห์ดิน ., คู่มือการวิเคราะห์ดิน ., กรมพัฒนาที่ดิน . 2535
2. ดุสิต มานะจติ ., ปฐพีวิทยาทั่วไป ., งานส่งเสริมการวิจัยและตำราของบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .2535
3. นิภาพร เจตน์เจริญ และคณะ., " การย่อยสลายทางชีวภาพของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโอลิฟินส์ และ Gracilaric fisheri " โครงการพิเศษ ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์. คณะวิทยาศาสตร์ . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .2543.
4. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย ., นิเวศวิทยา ., โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . 2543.
5. สมเจตน์ เขียววานิช ., " พอลิเมอร์ย่อยสลายได้จากพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงผสมกับพอลิแซคคาไรด์ " ., วิทยานิพนธ์ ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์ . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .2543
6. สมศักดิ์ วัจโน ., จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน ., พิมพ์ครั้งที่ 1 . ไทยวัฒนาพานิช . กรุงเทพมหานคร .2528
7. D .Zuchorska ., "Physical structre of polyolefin – starch blends after ageing" ., Polymer Degradation and Stability . vol 64 . 1999 .
8. Jendrssek , D., A .Schirmer , and H.G.Schlegel ., "biodegradation of polyhydroxyalkanoic acid" ., Appl .Microbial . Biotechnol . vol 46 . 1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้