ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การคำนวณน้ำหนักขององค์ประกอบที่ใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ พอลิเมอร์ร่วมพอลิเอทิลีนไกลคอล เมทิล อีเทอร์ กับ พอลิอะไคลิก แอซิด (mPEG-*b*-PAA

การคำนวณน้ำหนักขององค์ประกอบที่ใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ พอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-PAA (แนวทางที่ 3)

1. การคำนวณน้ำหนักขององค์ประกอบที่ใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ พอลิเอทิลีน ไกลคอล เมทิล อีเทอร์สารตั้งต้นมาโคร (mPEG macroinitiator)

ตาราง 17 ข้อมูลของสารเคมีที่ใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ mPEG macroinitiator

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล (กรัม/โมล)	ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)	จำนวนโมลสมมูล
mPEG	5,000	-	1
โบรโม เมทิลโพรพาโนอิล โบรไมด์ (BIBB)	229.9	1.86	3
ไตรเอทิลเอมีน (TEA)	104.3	0.726	2

ใช้ mPEG เริ่มต้นเท่ากับ 20.0 กรัม

$$\text{จำนวนโมลของ mPEG} = \frac{20.0\ (\text{กรัม})}{5{,}000\ (\text{กรัม/โมล})}$$

$$= 0.004\ \text{โมล}$$

ดังนั้น

จำนวนโมลของ BIBB เป็น 0.004 x 3 = 0.012 โมล

$$\text{ปริมาตรของ BIBB ที่ใช้} = \frac{0.012\ (\text{โมล}) \times 229.9\ (\text{กรัม/โมล})}{1.86\ (\text{กรัม/มิลลิลิตร})}$$

= **1.48** มิลลิลิตร

ดังนั้น

จำนวนโมลของ TEA เป็น 0.004 x 2 = 0.008 โมล

$$\text{ปริมาตรของ TEA ที่ใช้} = \frac{0.008\ (\text{โมล}) \times 104.3\ (\text{กรัม/โมล})}{0.726\ (\text{กรัม/มิลลิลิตร})}$$

= **1.15** มิลลิลิตร

2. การคำนวณน้ำหนักขององค์ประกอบที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-P(*t*-BA)

ตาราง 18 ข้อมูลของสารเคมีที่ใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ mPEG-*b*-P(*t*-BA)

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล (กรัม/โมล)	ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)	จำนวนโมลสมมูล
mPEG-BIBB	5,000	-	1
เทอเชียรี่ บิวทิล อะไคเลต (t-BA)	128.17	0.87	1
คอปเปอร์โบรไมด์ (Cubr)	143.45	-	3 %
เพนตะเมทิลไดเอทิลลีนไตรเอมีน (PMDETA)	173.3	0.829	3 %

ใช้ mPEG-BIBB macroinitiator 3.5 กรัม

$$\text{จำนวนโมลของ mPEG-BIBB} = \frac{3.5\ (\text{กรัม})}{5{,}000\ (\text{กรัม/โมล})}$$

= 0.0007 โมล

ดังนั้น

จำนวนโมลของ *t*-BA = 0.0007 โมล

ต้องการน้ำหนักโมเลกุลของ P(*t*-BA) 10,000 กรัม/โมล

$$\text{ปริมาตรของ } t\text{-BA ที่ใช้} = \frac{10{,}000\ (\text{กรัม}) \times 0.0007\ (\text{โมล})}{0.87\ (\text{กรัม/มิลลิลิตร})}$$

= **8.04** มิลลิลิตร

ใช้ CuBr และ PMDEA 3 % ของจำนวนโมล = $\frac{(3 \times 0.0007 \text{ โมล})}{100}$

= 0.000021 โมล

น้ำหนักของ CuBr ที่ใช้ = 0.000021 (โมล) x 143.45 (กรัม/โมล)

= **0.0030** กรัม

ปริมาตรของ PMDETA ที่ใช้ = $\frac{0.000021 \text{ (โมล)} \times 173.3 \text{ (กรัม/โมล)}}{0.829 \text{ (กรัม/มิลลิลิตร)}}$

= **0.044** มิลลิลิตร

3. การคำนวณจำนวนโมลที่เหมาะสมของกรดไตรฟลูออโร อะซิติก (TFA)

ตาราง 19 ข้อมูลของสารเคมีที่ใช้ในปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล (กรัม/โมล)	% ความบริสุทธิ์	ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)
กรดไตรฟลูออโร อะซิติก (TFA)	114.03	98.0	1.489

จำนวนโมล (โมล) = $\frac{\text{น้ำหนักสาร (กรัม)}}{\text{น้ำหนักโมเลกุล จาก } ^1\text{H-NMR (กรัม/โมล)} \times \text{จำนวนหน่วยซ้ำ}}$

กำหนด

- น้ำหนักพอลิเมอร์ mPEG-*b*-P(*t*-BA) ก่อนนำไปทำปฏิกิริยาเป็น 0.003 กรัม
- น้ำหนักโมเลกุลของ mPEG-*b*-P(*t*-BA) ที่คำนวณจากเทคนิค ^{1}H-NMR เป็น 15,000 กรัม/โมล (คิดน้ำหนักโมเลกุลของ mPEG เป็น 5,000 กรัม/โมล)
- น้ำหนักโมเลกุลของหน่วยย่อย 1 หน่วย *t*-BA เป็น 128 กรัม/โมล

ดังนั้น

น้ำหนักโมเลกุลของ P(*t*-BA) =10,000 กรัม/โมล

$$\text{จำนวนหน่วยซ้ำของ P(}t\text{-BA)} = \frac{10{,}000\ (\text{กรัม/โมล})}{128\ (\text{กรัม/โมล})}$$

= 78 หน่วย

แทนค่าในสมการ

$$\text{จำนวนโมลของ TFA} = \frac{0.003\ (\text{กรัม})}{10{,}000\ (\text{กรัม/โมล}) \times 78}$$

$= 2.34 \times 10^{-5}$ โมล

จากงานวิจัยของ [139] กำหนดให้ใช้จำนวนโมลของ TFA เป็น 5 เท่าของจำนวนโมล จะได้

จำนวนโมลของ TFA = 2.34×10^{-5} โมล x 5

= $\mathbf{1.17 \times 10^{-4}}$ โมล

ภาคผนวก ข ผลการทดสอบความเป็นพิษ (Cytotoxicity) ของอนุภาคนาโนแมกนีไทท์

ผลการทดสอบความเป็นพิษ (Cytotoxicity) ของอนุภาคนาโนแมกนีไทท์

การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์เจือจางด้วยน้ำให้มีความเข้มข้นตาม log scale โดยให้มีความเข้มข้นสูงสุดเป็น 50 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

เซลล์ทดสอบ

เซลล์ที่ใช้ในการทดสอบคือ L929 ซึ่งเป็นเซลล์เนื้อเยื่อของหนู (ECACC Cat. No. 85011425) เซลล์ทดสอบนี้ถูกเลี้ยงในตัวกลาง Dulbecco's Modified Eagle's (DMEM) ซึ่งผสมอยู่กับ 10 % ของฟีทัล โบไวน์ ซีรั่ม (fetal bovine serum, FBS) และ 2 มิลลิโมลาร์ ของกลูตามีน (L-glutamine) อบเซลล์ที่อุณหภูมิ 37 ^{o}C ในสภาวะบรรยากาศที่มี 5 % ของ CO_2

การทดสอบด้วยวิธี MTT

MTT คือ สีย้อม tetrazolium ที่มีคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงสีได้ กระบวนการนี้เป็นวิธีทดสอบโดยอ้อม โดยกระบวนการเผาผลาญพลังงานภายในเซลล์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของสีย้อม tetrazolium (สีเหลือง) เกิดเป็น formazan (สีน้ำเงิน) ซึ่งถ้าเซลล์ไม่เกิดการเผาผลาญ สีย้อมก็จะไม่เปลี่ยนสี ซึ่งแสดงได้ว่าเซลล์นั้นไม่มีการรอดชีวิตอยู่

ในขั้นตอนการทดสอบได้ทำการเจือจางสารตัวอย่างในน้ำให้มีความเข้มข้นสูงสุดเป็น 50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยการพิจารณาความเป็นพิษของสารเป็น 4 ช่วงดังนี้

เซลล์มีการรอดชีวิต > 90 % แสดงว่า สารตัวอย่างไม่มีความเป็นพิษ

1) เซลล์มีการรอดชีวิตอยู่ในช่วงระหว่าง 50-90% แสดงว่า สารตัวอย่างมีความเป็นพิษต่ำ
2) เซลล์มีการรอดชีวิต < 50 % แสดงว่า สารตัวอย่างมีความเป็นพิษทำให้เซลล์รอดชีวิตน้อยกว่ากึ่งหนึ่ง
3) เซลล์มีการรอดชีวิต < 10 % แสดงว่า สารตัวอย่างมีความเป็นพิษสูง

สรุปผลการทดสอบ

พบว่าอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ที่เตรียมใน mPEG acid Jeffamine M 2070 และ PVA (แนวทางที่ 1) และอนุภาคนาโน 350 และอนุภาคนาโน 750 (แนวทางที่ 2) ไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ที่ใช้ทดสอบ

ภาคผนวก ค การคำนวณขนาดอนุภาคจากสมการของ Debye-Scherrer

ตัวอย่างการคำนวณขนาดอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ใน mPEG acid Jeffamine M 2070 และ PVA (แนวทางที่ 1)

สมการของ Debye-Scherrer $D = \frac{0.9\lambda}{\beta(\cos\theta)}$

โดยที่

D คือ ขนาดของอนุภาค (อังสะตรอม)

λ คือ ความยาวคลื่นของเครื่อง XRD (CuK_α : λ = 1.540598 อังสะตรอม)

β คือ ค่าความกว้างของพีคที่จุดกึ่งกลาง (full width at half maximum, FWHM) (เรเดียน)

θ คือ ค่ามุมสะท้อนของแบรก (องศา)

วัดค่า β จากแพทเทิร์น XRD (ระนาบ 311) ของสารตัวอย่างได้ 0.54°

จาก [139] 1° มีค่าเป็น $\frac{2\pi}{360}$ เรเดียน

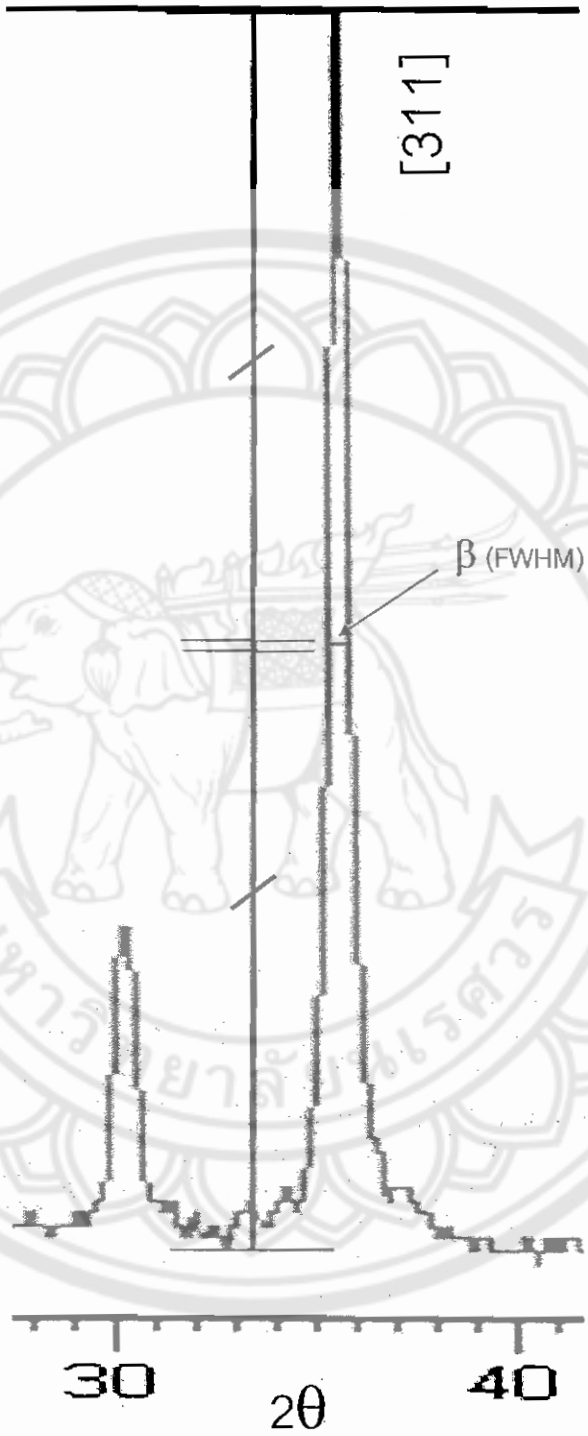
และ θ คือมุมสะท้อนของระนาบผลึก [311] มีค่าเป็น 35.452°

แทนค่าในสมการ

$$D = \frac{0.9 \times 1.540598 \text{ (อังสะตรอม)}}{0.54^\circ \times \frac{(2\pi)}{(360)} \times (\cos(35.452^\circ))}$$

= **15.3** นาโนเมตร

สำหรับการคำนวณขนาดอนุภาคนาโน 350 และ 750 (แนวทางที่ 2) ใช้วิธีการคำนวณเช่นเดียวกัน



ภาพ 53 การวัดค่า β จากแพทเทิร์น XRD

ภาคผนวก ง การคำนวณ % Fe_3O_4ในสารประกอบอนุภาคนาโน 350 และ 750 วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS

ตัวอย่างการคำนวณ % Fe_3O_4ในสารประกอบอนุภาคนาโน 750

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง 0.0012 กรัม เจือจางตัวอย่างในน้ำ 50 มิลลิลิตร

วัดความเข้มข้นของเหล็กรวมในสารตัวอย่างด้วยเทคนิค AAS ได้ 7.77 ppm

ดังนั้น

สารตัวอย่าง 1000 มิลลิลิตร มีปริมาณเหล็ก = 7.77 มิลลิกรัม

$$\text{สารตัวอย่างเจือจางเป็น 50 มิลลิลิตรมีปริมาณเหล็ก} = \frac{7.77\ (\text{มิลลิกรัม}) \times 50\ (\text{มิลลิลิตร})}{1000\ (\text{มิลลิลิตร})}$$

$$= 0.39\ \text{มิลลิกรัม}$$

เนื่องจากใน AAS ทำการวัดเฉพาะปริมาณของเหล็กรวม ดังนั้นจะต้องทำการแปลงค่าให้เป็นค่าของปริมาณของอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ (Fe_3O_4) โดยการสมมติฐานว่าเหล็กทั้งหมดในสารประกอบอยู่ในรูปของแมกนีไทท์ (Fe_3O_4)

กำหนด

Fe 3 อะตอม มีน้ำหนักโมเลกุล = 3 x 55.8 (กรัม/โมล)

= 167.4 (กรัม/โมล)

และ Fe_3O_4 มีน้ำหนักโมเลกุล = 167.4 (กรัม/โมล) + (4 x 16) (กรัม/โมล)

= 231.4 (กรัม/โมล)

ดังนั้น

3Fe น้ำหนัก 167.4 กรัมมาจาก Fe_3O_4 น้ำหนัก = 231.4 กรัม

$$\text{ถ้า 3Fe น้ำหนัก 0.39 มิลลิกรัมจะมาจาก } Fe_3O_4 = \frac{0.39 \times 10^{-3}(\text{กรัม}) \times 231.4\ (\text{กรัม})}{167.4\ (\text{กรัม})}$$

$$= 0.000537\ \text{กรัม}$$

ดังนั้น

$$\% \ Fe_3O_4 \text{ในสารประกอบอนุภาคนาโน } 750 = \frac{0.000537 \text{ (กรัม)} \times 100}{0.0012 \text{ (กรัม)}}$$

$$= \mathbf{44} \ \% \ Fe_3O_4$$

ส่วนการหา % Fe_3O_4ในสารประกอบอนุภาคนาโน 350 ใช้วิธีการคำนวณเช่นเดียวกัน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก จ การคำนวณน้ำหนักโมเลกุลของบล็อค P(*t*-BA) ในพอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-P(*t*-BA) (แนวทางที่ 3)

ตัวอย่างการคำนวณน้ำหนักโมเลกุลของ P(*t*-BA) ที่ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ด้วยเทคนิค ^{1}H-NMR

คำนวณน้ำหนักโมเลกุลของ P(*t*-BA) จากจำนวน H ของหมู่เมทิลของ *t*-BA (พีค *f*) เทียบกับจำนวน H ใน mPEG (พีค *a*) (น้ำหนักโมเลกุลคงที่ 5,000 กรัม/โมล)

โดย 1 หน่วยย่อย (repeating unit) ของ mPEG มีน้ำหนักโมเลกุลเป็น 44 กรัม/โมล

ดังนั้น mPEG จะมีหน่วยย่อยทั้งหมด $= \frac{5{,}000 \text{ (กรัม/โมล)}}{44 \text{ (กรัม/โมล)}}$

= 113 หน่วย

ใน 1 หน่วยย่อยของ mPEG มี H 4 อะตอม ดังนั้นจะมีจำนวน H ทั้งหมด

= 4 (H อะตอม) x 113

= 454 อะตอม

จาก ^{1}H-NMR พบว่า

mPEG จำนวน H 454 อะตอม มีค่าพื้นที่ใต้พีคเป็น 165.91 และ H ของหมู่เมทิลของ *t*-BA มีค่าพื้นที่ใต้พีคเป็น 29.56

จะได้ว่าพื้นที่ใต้พีค 165.91 คิดเป็น 454 อะตอม H

ดังนั้นที่พื้นที่ใต้พีคเป็น 29.56 คิดเป็น $= \frac{29.56 \times 454 \text{ (อะตอม H)}}{165.91}$

= 80.9 อะตอม H

โดย 1 หน่วยของย่อยของหมู่เทอเชียรี่ของ *t*-BA มี 9 อะตอม H

ดังนั้นคิดเป็นหน่วยย่อยทั้งหมด = $\frac{80.9 \text{ (อะตอม H)}}{9 \text{ (อะตอม H)}}$

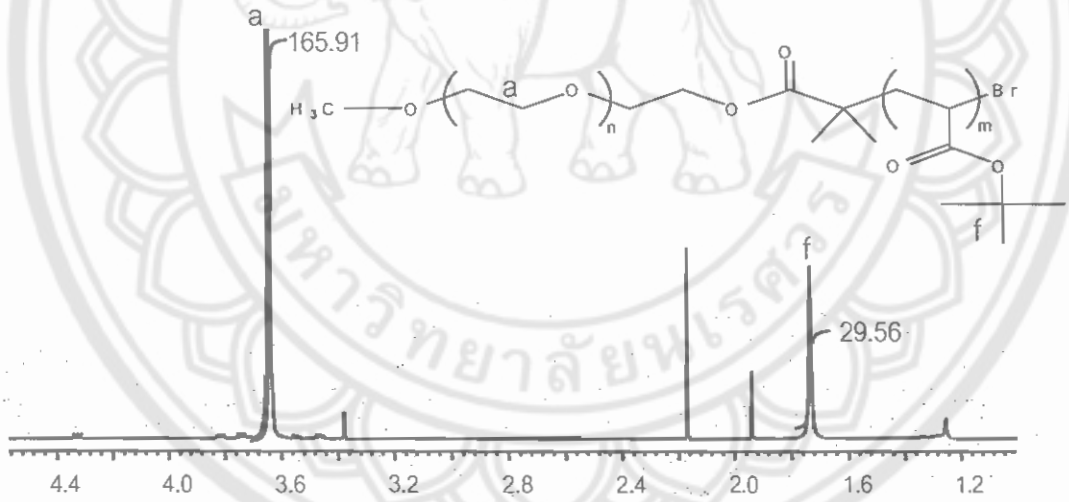
= 9 หน่วย

1 หน่วยย่อยของของ *t*-BA มีน้ำหนักโมเลกุลเป็น 128 กรัม/โมล

ดังนั้น P(*t*-BA) จะมีน้ำหนักโมเลกุล = 9 x 128 (กรัม/โมล)

= **1,152** กรัม/โมล

สำหรับพอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-P(*t*-BA) ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา ATRP เป็น 3, 6 และ 12 ชั่วโมงใช้วิธีการคำนวณเช่นเดียวกัน



ภาพ 54 สเปคตรัม ^{1}H-NMR ของ mPEG-*b*-P(*t*-BA) ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา ATRP เป็น 1 ชั่วโมง

ภาคผนวก ฉ การคำนวณประสิทธิภาพการเสถียรอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ด้วยพอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-PAA ในชั้นน้ำ (แนวทางที่ 3)

ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพการเสถียรอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ในชั้นน้ำด้วยสารละลายพอลิเมอร์ร่วม mPEG-b-PAA-24h ความเข้มข้น 1 % น้ำหนัก/ปริมาตร

ประสิทธิภาพการเสถียรอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ด้วยพอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-PAA ในชั้นน้ำ (%)

หาได้จาก

$$\% = \frac{\text{ปริมาณเหล็กในชั้นน้ำของสารละลายพอลิเมอร์ร่วม} \times 100}{\text{ปริมาณเหล็กในสารละลายแมกนีไทท์}}$$

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

- นำชั้นน้ำของสารละลายพอลิเมอร์ 1 มิลลิลิตร (จากปริมาตรทั้งหมด 10 มิลลิลิตร) เจือจางเป็น 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปหาปริมาณเหล็กด้วยเครื่อง AAS
- นำสารละลายแมกนีไทท์ มา 0.1 มิลลิลิตร (จากปริมาตรทั้งหมด 2 มิลลิลิตร) เจือจางเป็น 1000 มิลลิลิตร แล้วนำไปหาปริมาณเหล็กด้วยเครื่อง AAS

- คำนวณปริมาณเหล็กที่อยู่ในชั้นน้ำของสารละลายพอลิเมอร์ร่วม

จากเครื่อง AAS อ่านค่าปริมาณเหล็กในชั้นน้ำของสารละลายพอลิเมอร์ร่วมได้ 4.192 ppm

ดังนั้น

สารละลาย 1000 มิลลิลิตร มีปริมาณเหล็ก = 4.192 มิลลิกรัม

สารละลายเจือจางเป็น 50 มิลลิลิตร จะมีปริมาณเหล็ก $= \frac{4.192 \text{ (มิลลิกรัม)} \times 50 \text{ (มิลลิลิตร)}}{1000 \text{ (มิลลิลิตร)}}$

= 0.2096 มิลลิกรัม

ดังนั้น

ในชั้นน้ำของสารละลายพอลิเมอร์ร่วมปริมาตร 1 มิลลิลิตร มีปริมาณเหล็ก 0.2096 มิลลิกรัม

สารละลายพอลิเมอร์ร่วมปริมาตรรวมทั้งหมด 10 มิลลิลิตร จะมีปริมาณเหล็ก

$$= \frac{0.2096 \text{ (มิลลิกรัม)} \times 10 \text{ (มิลลิลิตร)}}{1 \text{ (มิลลิลิตร)}}$$

ปริมาณเหล็กในชั้นน้ำของสารละลายพอลิเมอร์ร่วม = 2.096 มิลลิกรัม

- คำนวณหาปริมาณเหล็กในสารละลายแมกนีไทท์

จากเครื่อง AAS อ่านค่าปริมาณเหล็กในสารละลายแมกนีไทท์ ได้ 2.071 ppm

ดังนั้น

สารละลาย 1000 มิลลิลิตร มีปริมาณเหล็ก = 2.071 มิลลิกรัม

สารละลายเจือจางเป็น1000 มิลลิลิตร จะมีปริมาณเหล็ก = $\frac{2.071 \text{ (มิลลิกรัม)} \times 1000 \text{ (มิลลิลิตร)}}{1000 \text{ (มิลลิลิตร)}}$

= 2.071 มิลลิกรัม

ดังนั้น

สารละลายแมกนีไทท์ที่นำมา 0.1 มิลลิลิตร มีปริมาณเหล็ก 2.071 มิลลิกรัม

ถ้าสารละลายแมกนีไทท์มีปริมาตรทั้งหมด 2 มิลลิลิตร จะมีปริมาณเหล็ก

$= \frac{2.071 \text{ (มิลลิกรัม)} \times 2 \text{ (มิลลิลิตร)}}{0.1 \text{ (มิลลิลิตร)}}$

ปริมาณเหล็กในสารละลายแมกนีไทท์ = **41.42** มิลลิกรัม

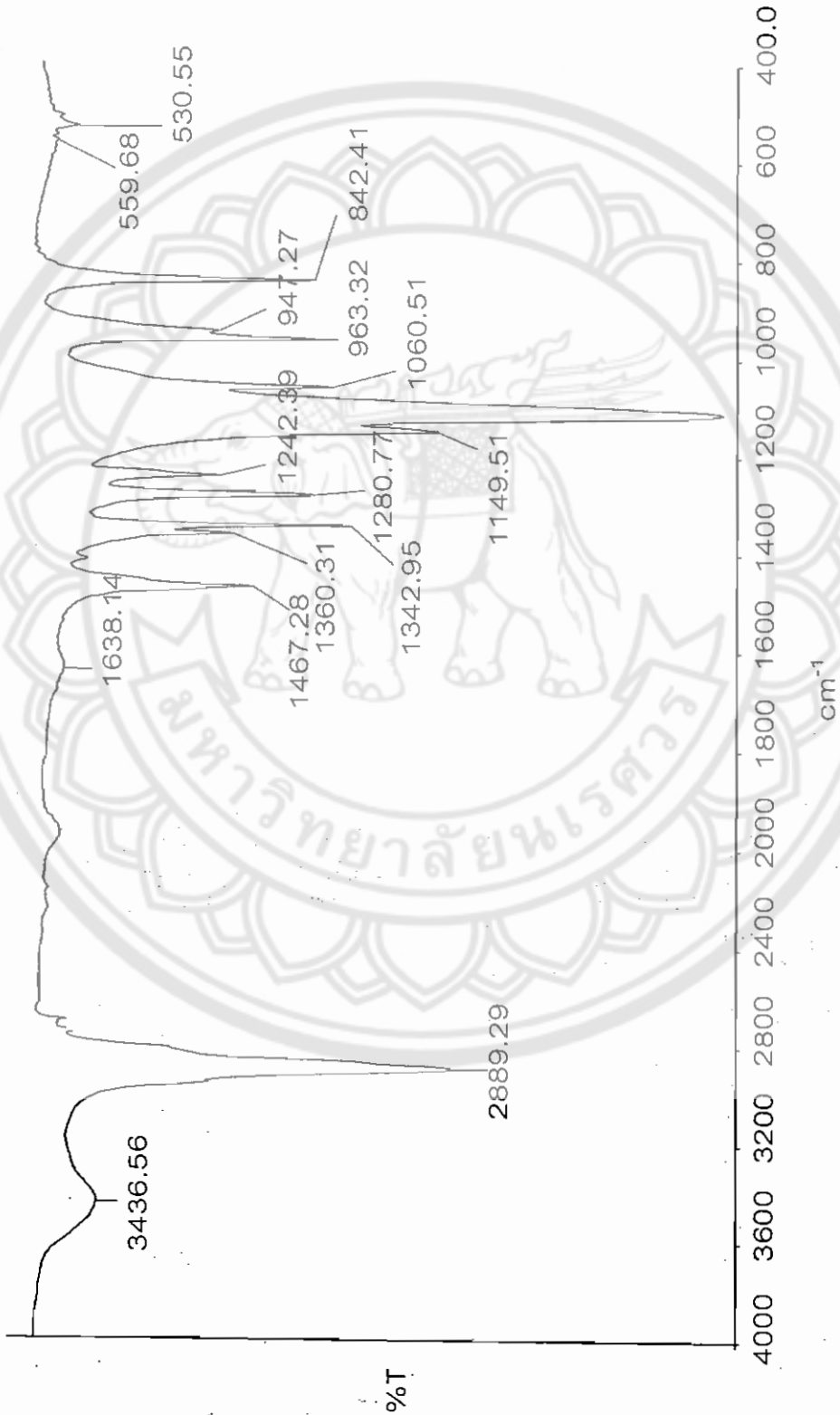
- การคำนวณประสิทธิภาพการเสถียรอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ด้วยพอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-PAA ในชั้นน้ำ (%)

ประสิทธิภาพการเสถียรอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ (%) = $\frac{(2.096 \text{ (มิลลิกรัม)} \times 100}{41.42 \text{ (มิลลิกรัม)}}$

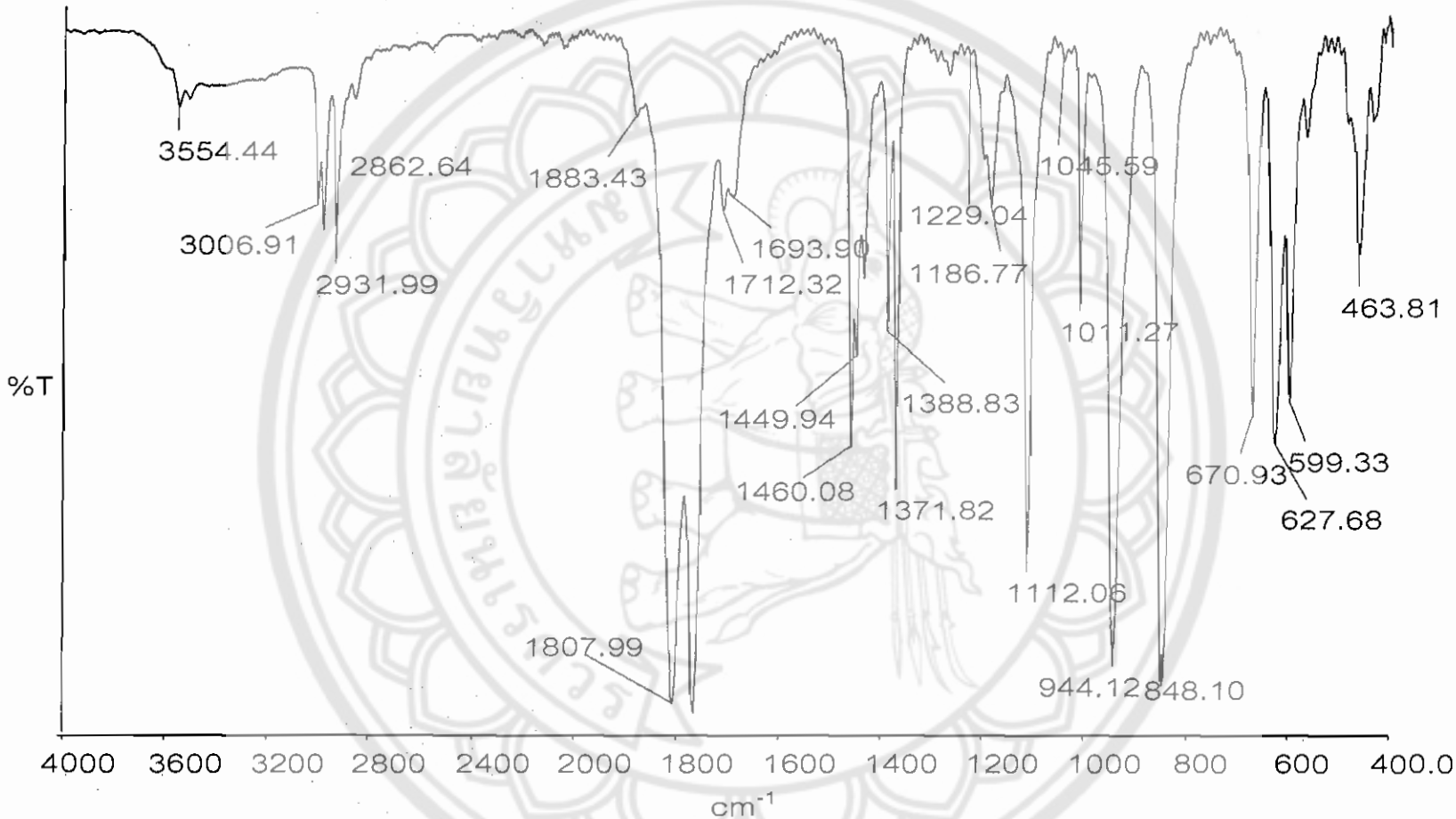
= **5.06** %

สำหรับการคำนวณประสิทธิภาพการเสถียรอนุภาคนาโนแมกนีไทท์ด้วยพอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-PAA ตัวอย่างอื่นๆ ใช้วิธีการคำนวณเช่นเดียวกัน

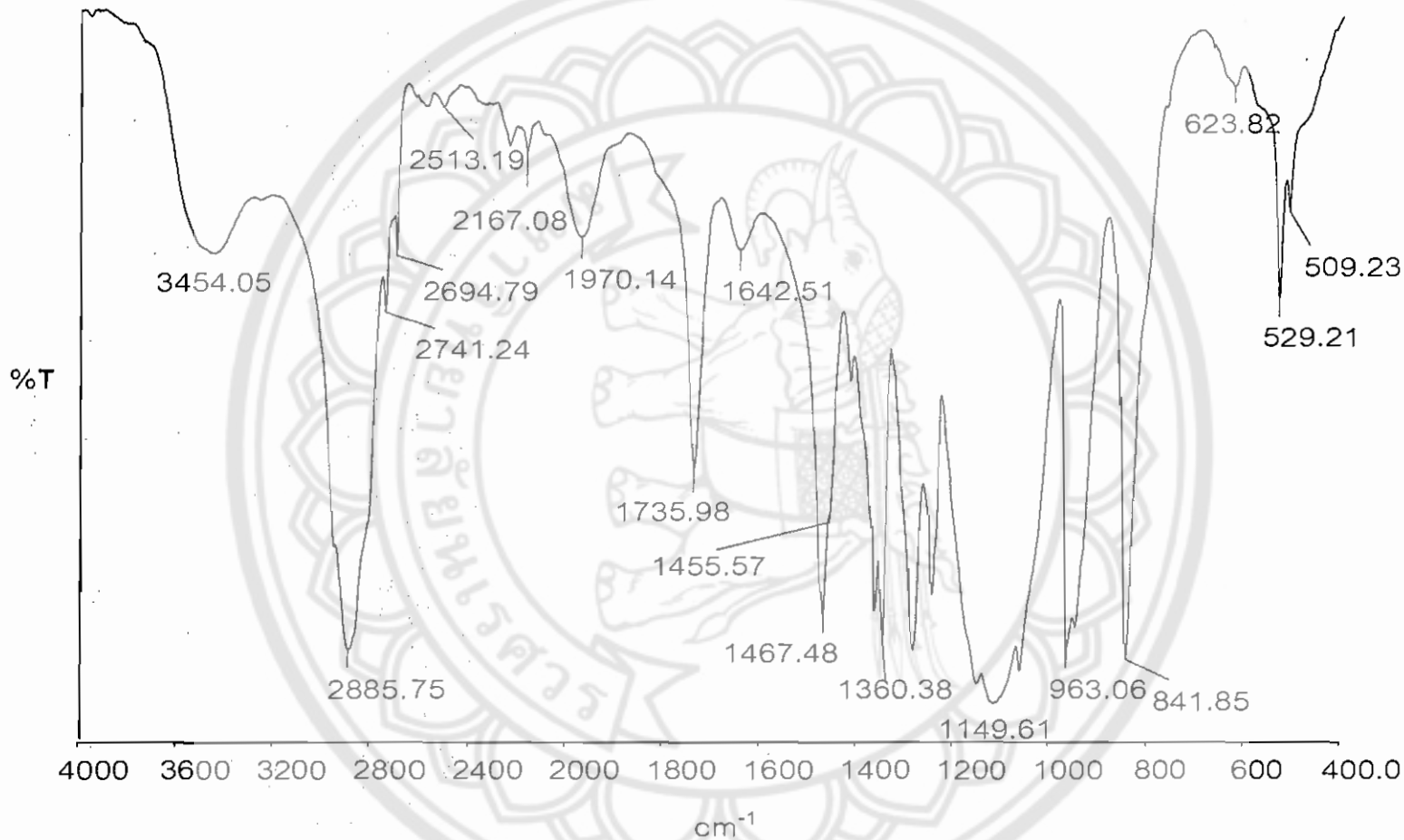
ภาคผนวก ช สเปคตรัม FTIR และ สเปคตรัม ^{1}H-NMR ของสารที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-PAA (แนวทางที่ 3)



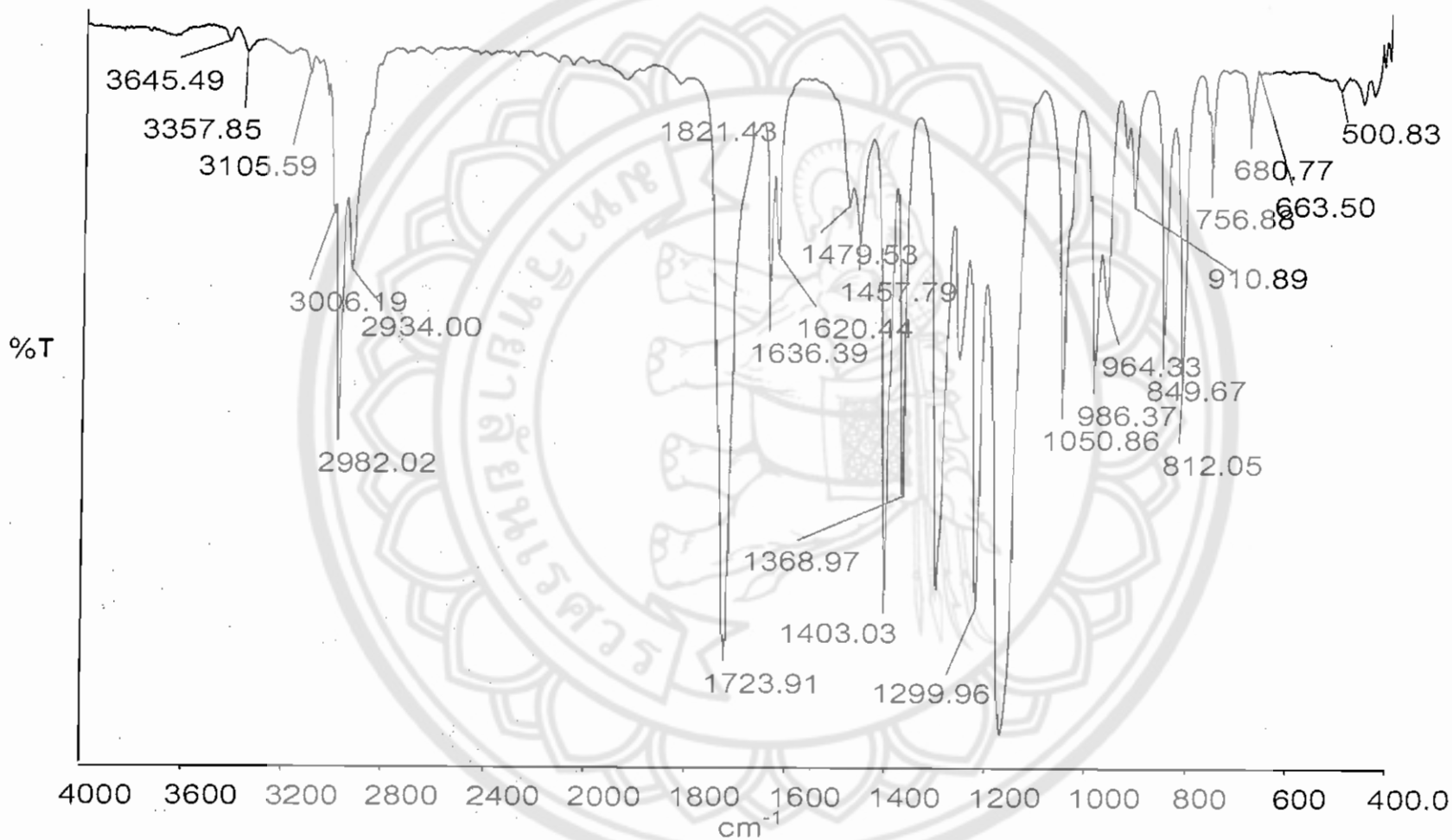
ภาพ 55 สเปคตรัม FTIR ของ mPEG



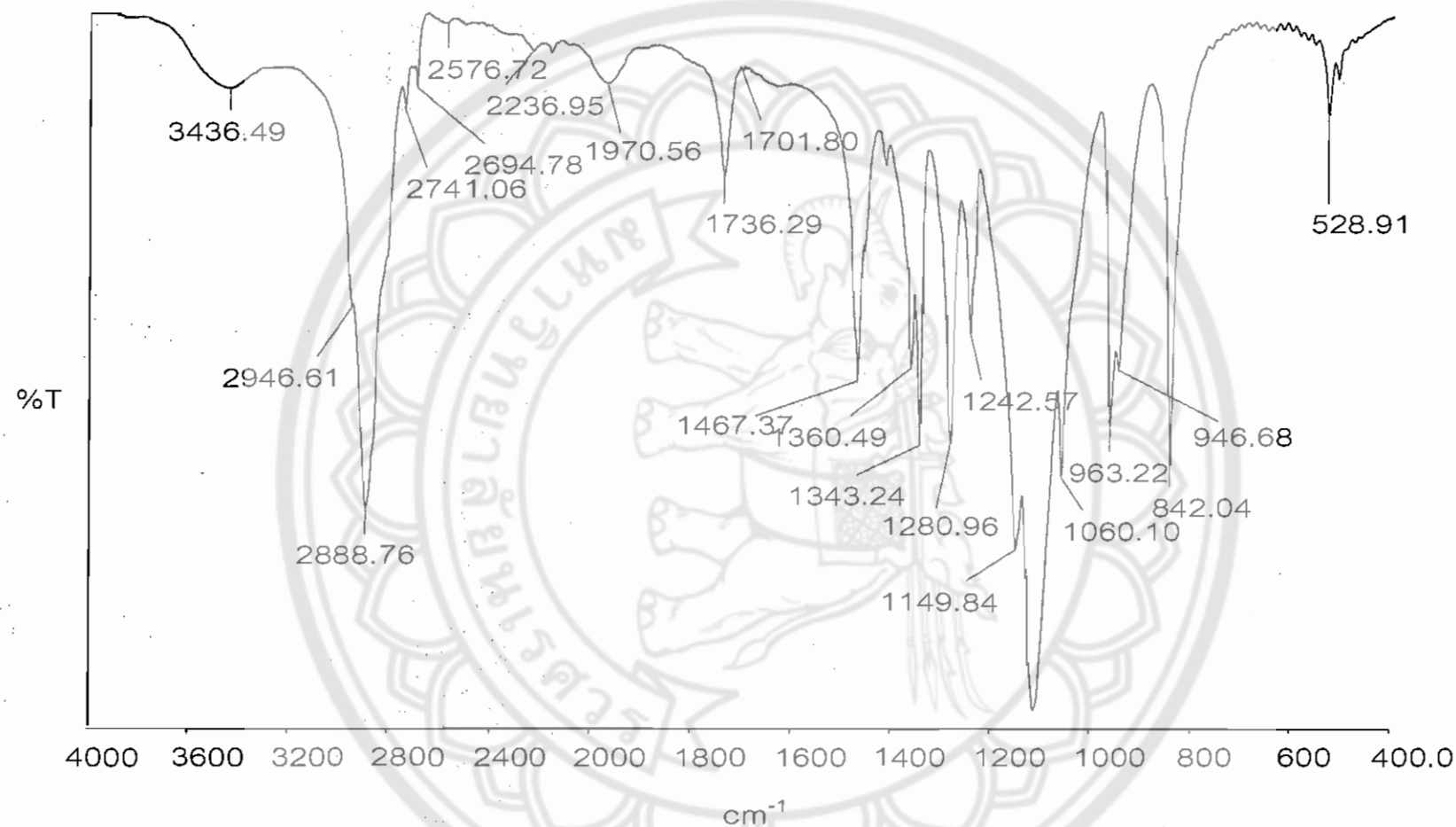
ภาพ 56 สเปคตรัม FTIR ของ BIBB



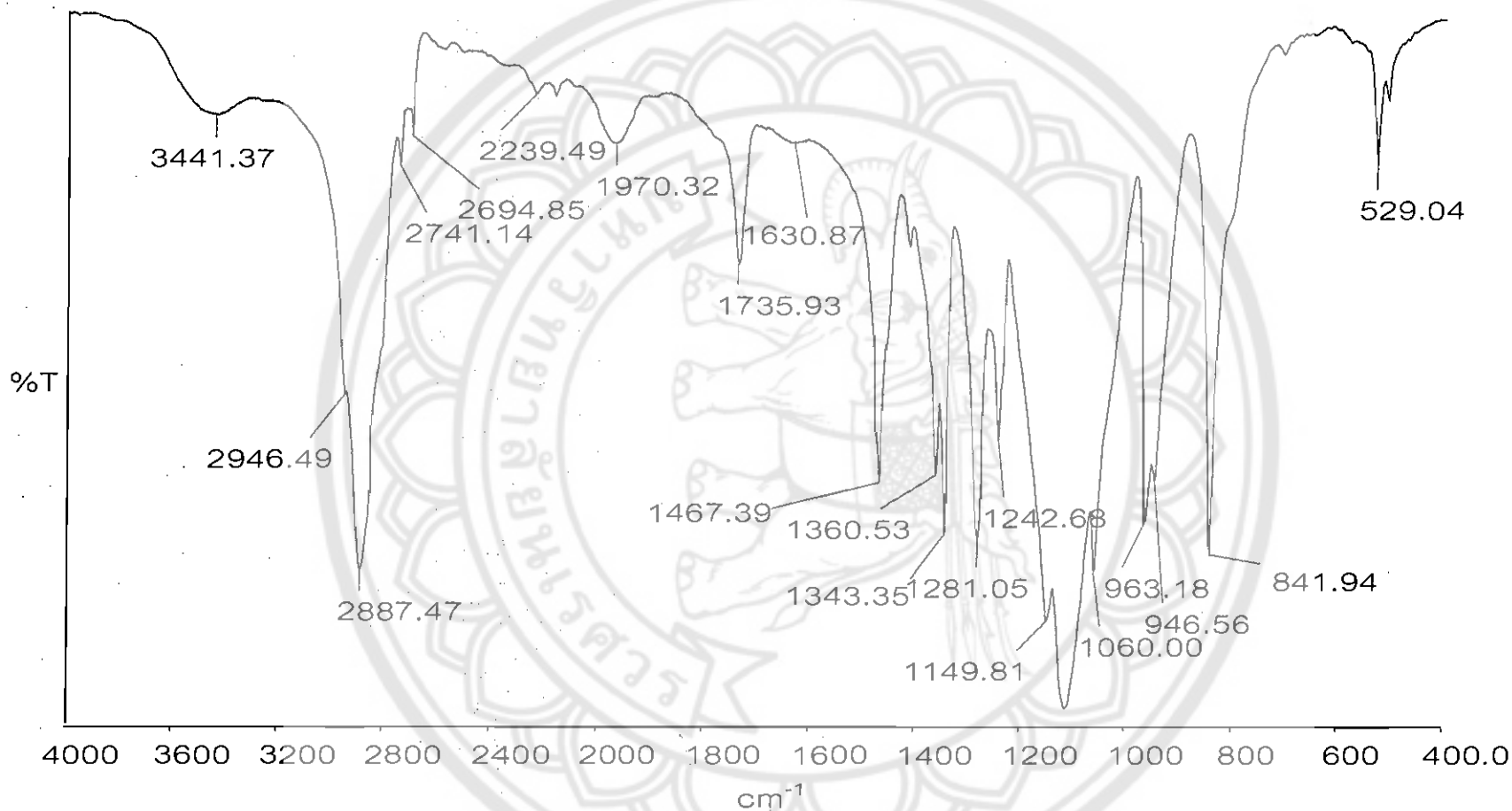
ภาพ 57 สเปคตรัม FTIR ของ mPEG macroinitiator



ภาพ 58 สเปคตรัม FTIR ของมอนอเมอร์ *t*-BA

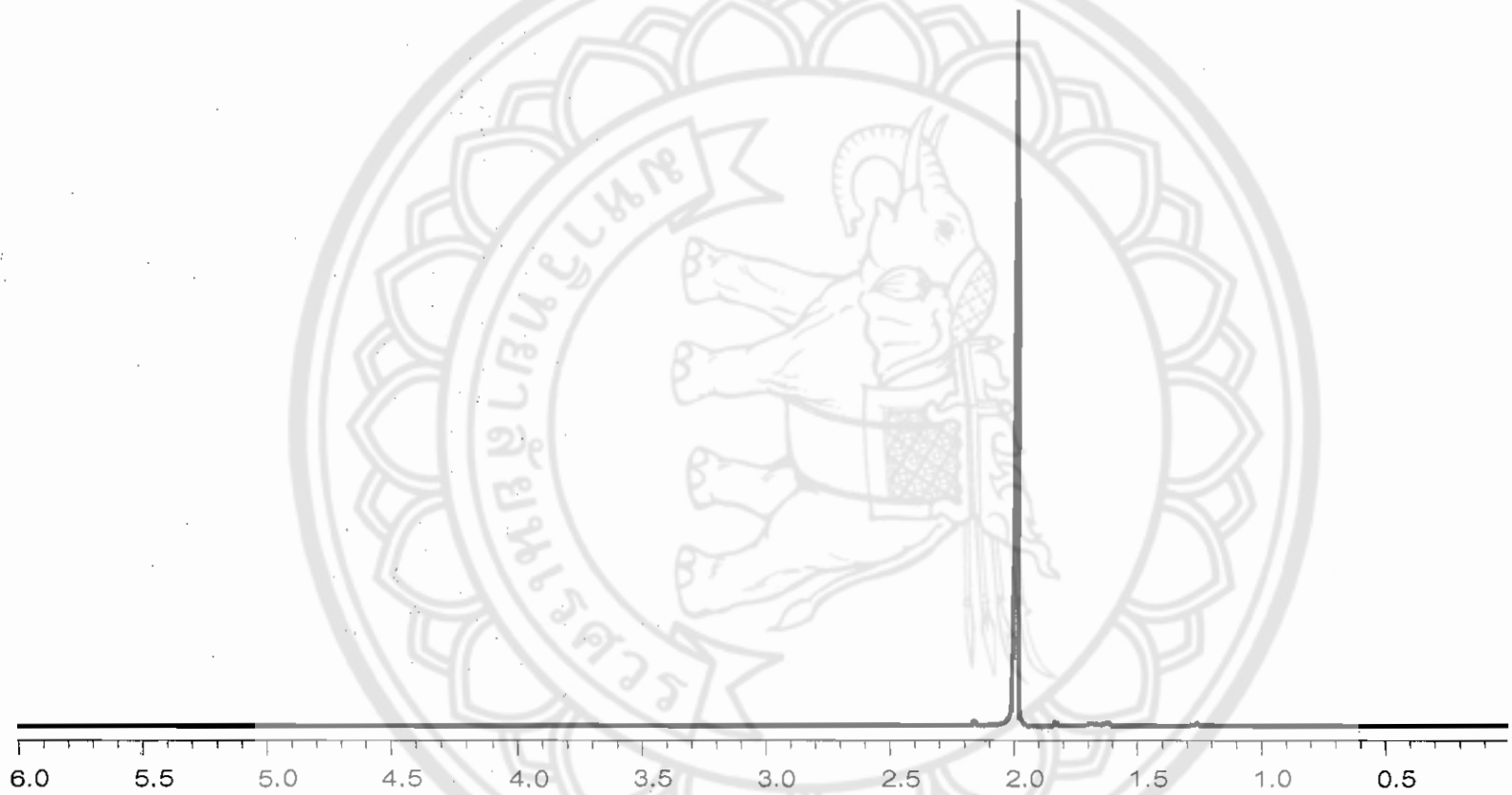


ภาพ 59 สเปคตรัม FTIR ของพอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-P(*t*-BA) (เวลาในการทำปฏิกิริยา ATRP เป็น 6 ชั่วโมง)



ภาพ 60 สเปคตรัม FTIR ของพอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-PAA (เวลาในการทำปฏิกิริยา ATRP เป็น 6 ชั่วโมง)

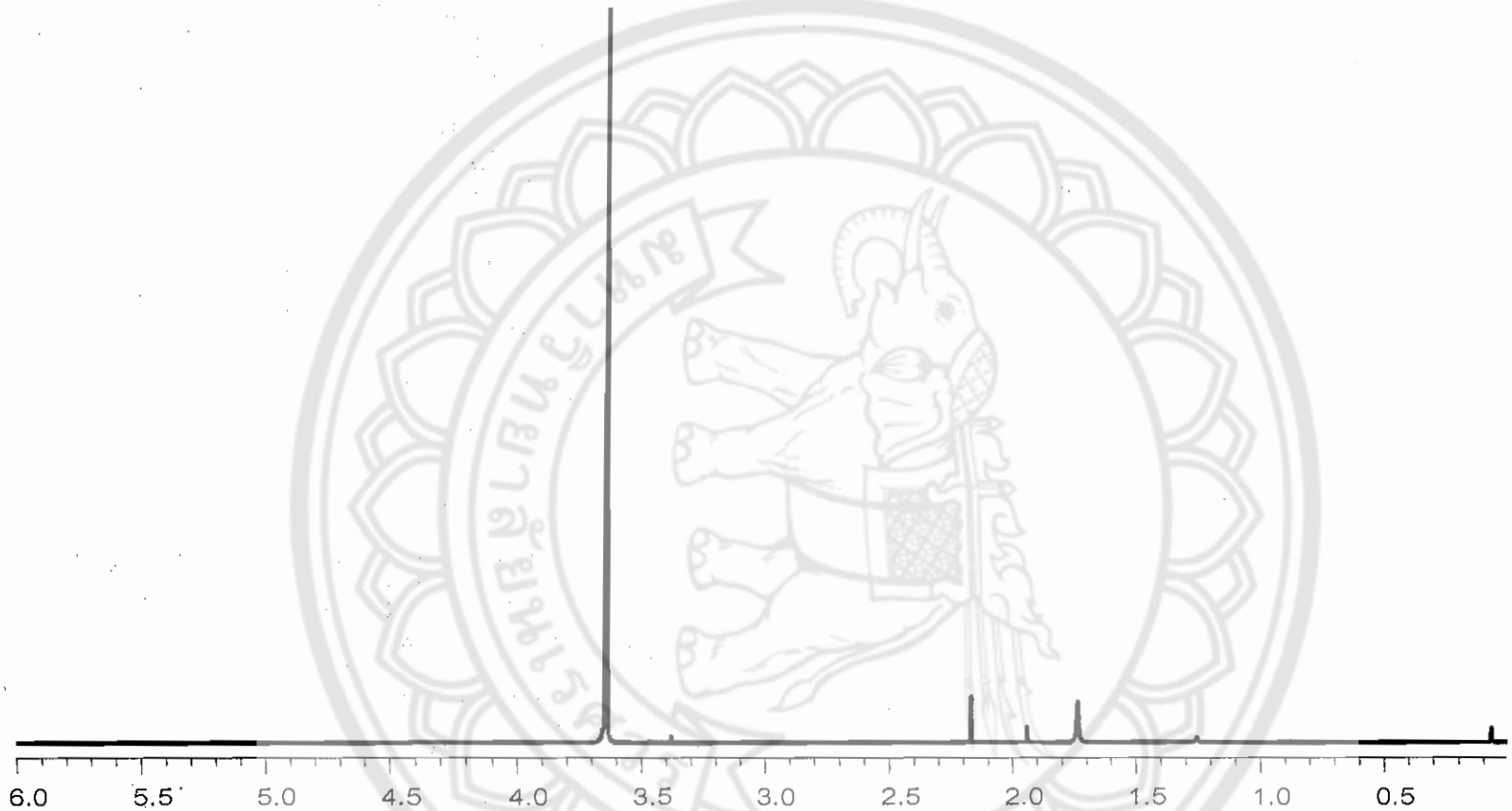
ภาพ 61 สเปคตรัม ^{1}H-NMR ของ mPEG



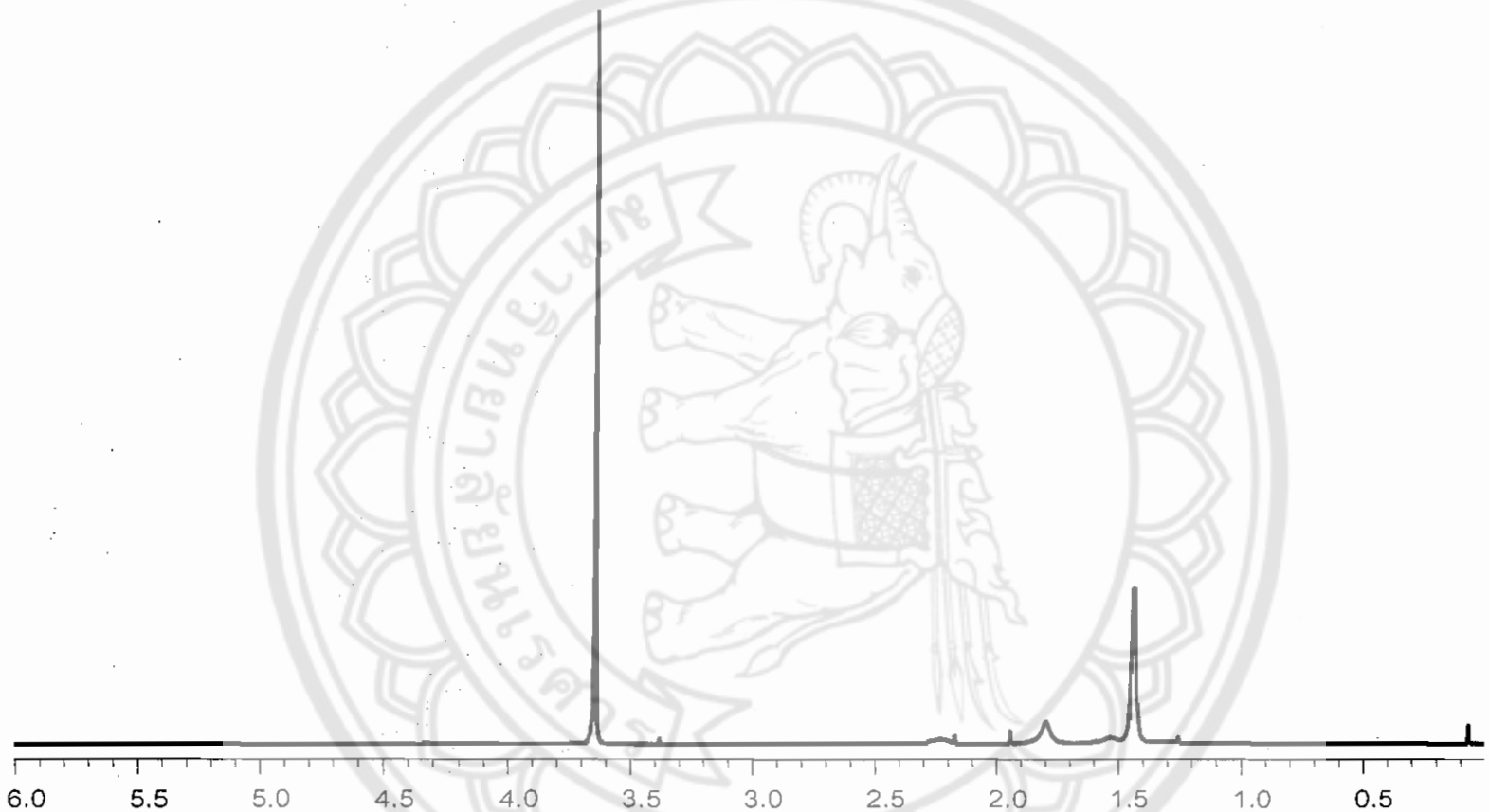
ภาพ 62 สเปคตรัม ^{1}H-NMR ของ BIBB

ภาพ 63 สเปคตรัม ^{1}H-NMR ของ mPEG macroinitiator

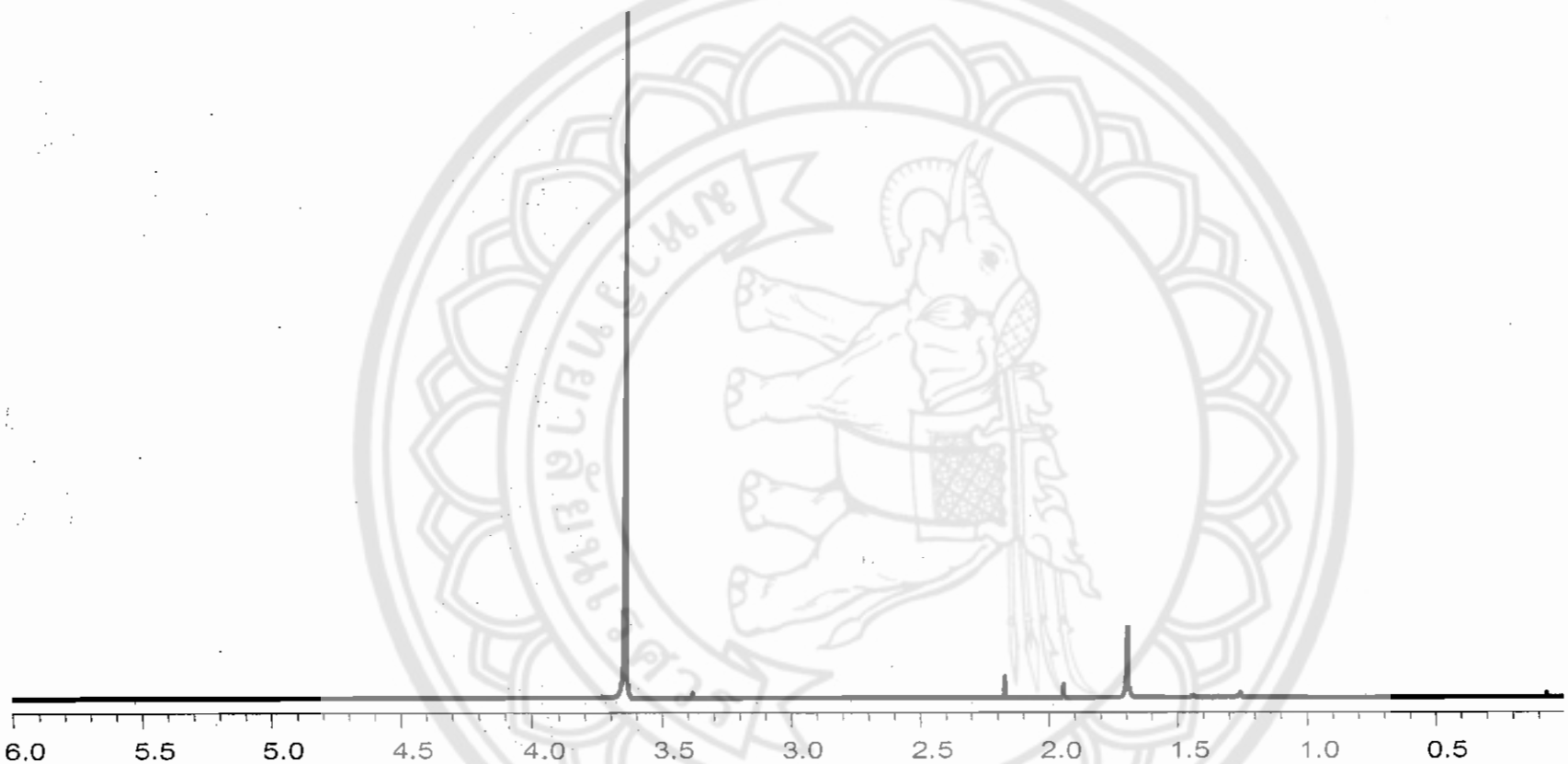
ภาพ 64 สเปคตรัม ^{1}H-NMR ของมอนอเมอร์ *t*-BA



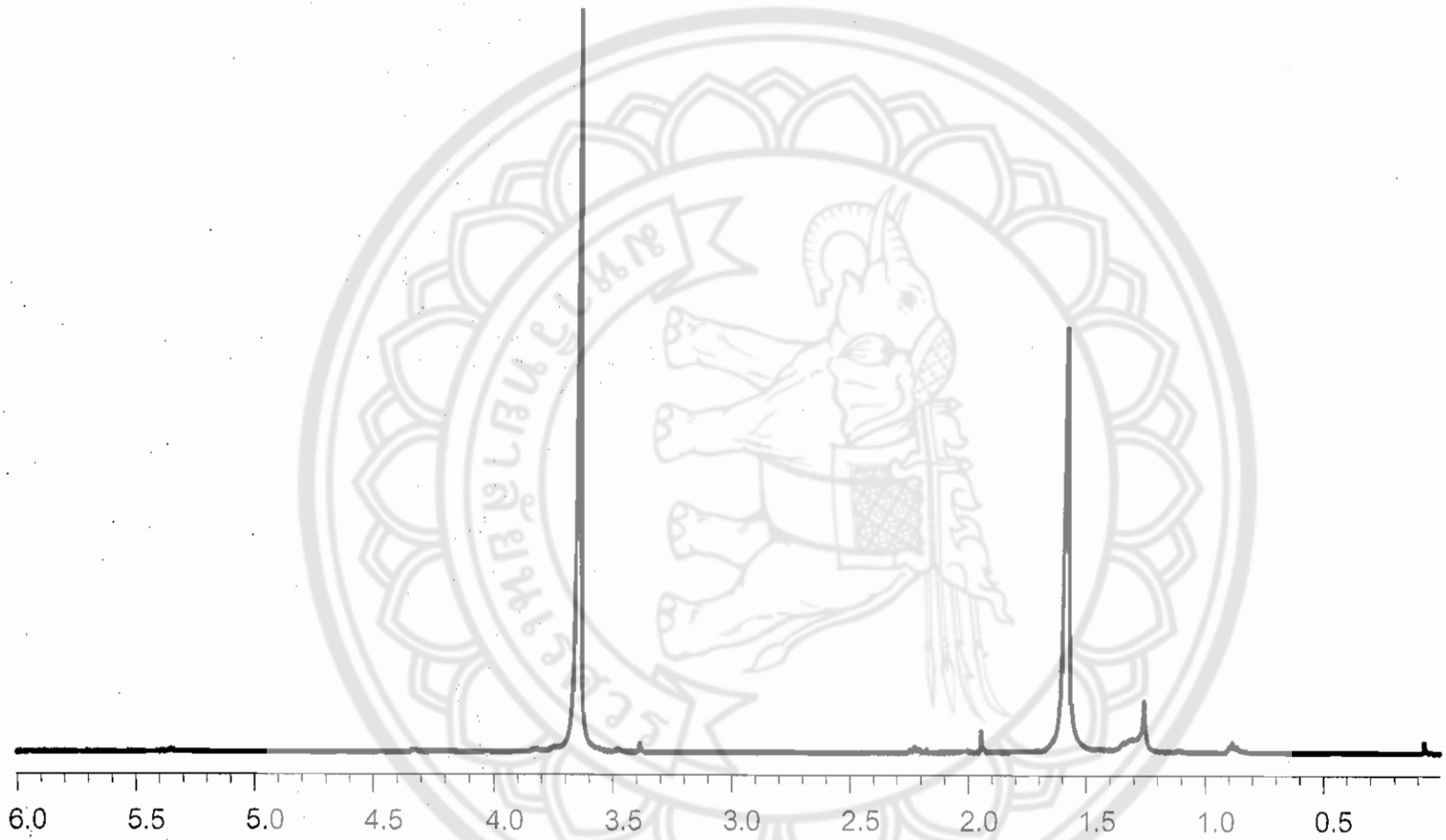
ภาพ 65 สเปคตรัม ^{1}H-NMR ของพอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-P(*t*-BA) (เวลาในการทำปฏิกิริยา ATRP เป็น 1 ชั่วโมง)



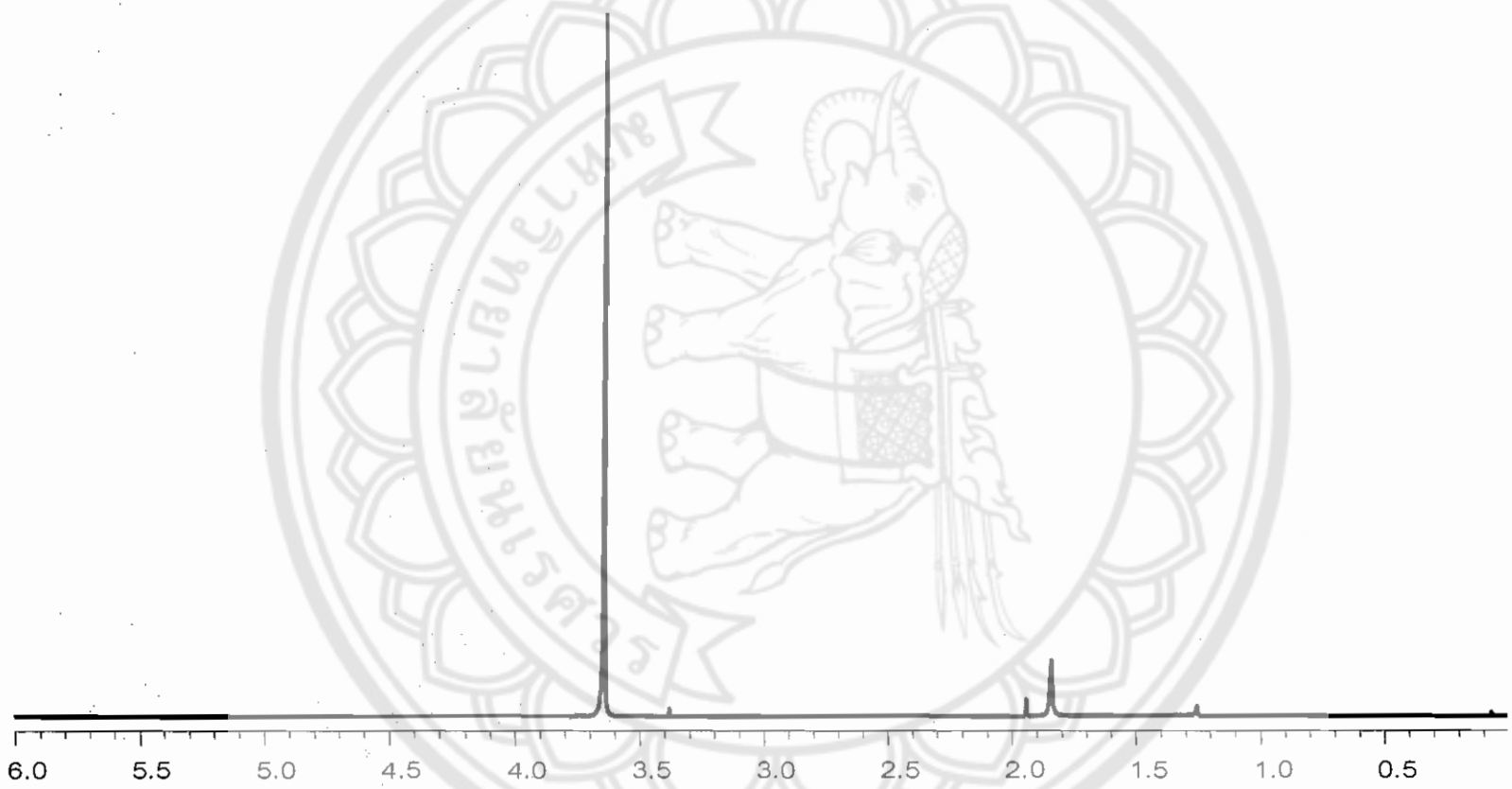
ภาพ 66 สเปคตรัม ^{1}H-NMR ของพอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-P(*t*-BA) (เวลาในการทำปฏิกิริยา ATRP เป็น 3 ชั่วโมง)



ภาพ 67 สเปคตรัม ^{1}H-NMR ของพอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-P(*t*-BA) (เวลาในการทำปฏิกิริยา ATRP เป็น 6 ชั่วโมง)



ภาพ 68 สเปคตรัม ^{1}H-NMR **ของพอลิเมอร์ร่วม** mPEG-*b*-P(*t*-BA) **(เวลาในการทำปฏิกิริยา** ATRP **เป็น** 24 **ชั่วโมง)**



ภาพ 69 สเปคตรัม ^{1}H-NMR ของพอลิเมอร์ร่วม mPEG-*b*-PAA (เวลาในการทำปฏิกิริยา ATRP เป็น 6 **ชั่วโมง)**