

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1) กรรมวิธีทางเคมี

4.1.1) การศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนโดยโมล ระหว่างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์กับสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต

จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนโดยโมลสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1 โดยที่ในขณะที่ทำการทดลอง ตัวแปรที่ถูกรักษาไว้ได้แก่

- อุณหภูมิ เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส
- อัตราการพ่นอากาศ เท่ากับ 0.5 ลิตร ต่อนาที
- อัตราการรวน เท่ากับ 500 รอบ ต่อนาที

ตารางที่ 4.1 ผลของอัตราส่วนโดยโมลต่อชนิด, รูปร่าง และ ขนาด ของผลิตภัณฑ์

สารตั้งต้น				ผลิตภัณฑ์			
อัตราส่วนโดยโมล	ความเป็นกรด - ต่างเริ่มต้น	ความเป็นกรด - ต่างสุดท้าย	สีของตะกอน	เวลา ชม. : นาที	รูปร่างของอนุภาค (TEM)	ชนิดของอนุภาค (XRD)	ขนาดของอนุภาค (TEM)
2	10.03	6.73	ดำ	20 : 00	รูปทรงกลม + เข็ม	$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \alpha\text{-FeOOH}$	
3	12.02	10.92	เหลือง	25 : 25	รูปเข็ม	$\alpha\text{-FeOOH}$	L = 0.264 μm W = 0.036 μm L/W = 7.33
6	13.18	12.15	เหลือง	21 : 30	รูปเข็ม	$\alpha\text{-FeOOH}$	L = 0.200 μm W = 0.024 μm L/W = 8.33
8	13.63	12.87	เหลือง	18 : 30	รูปเข็ม	$\alpha\text{-FeOOH}$	L = 0.264 μm W = 0.018 μm L/W = 14.66

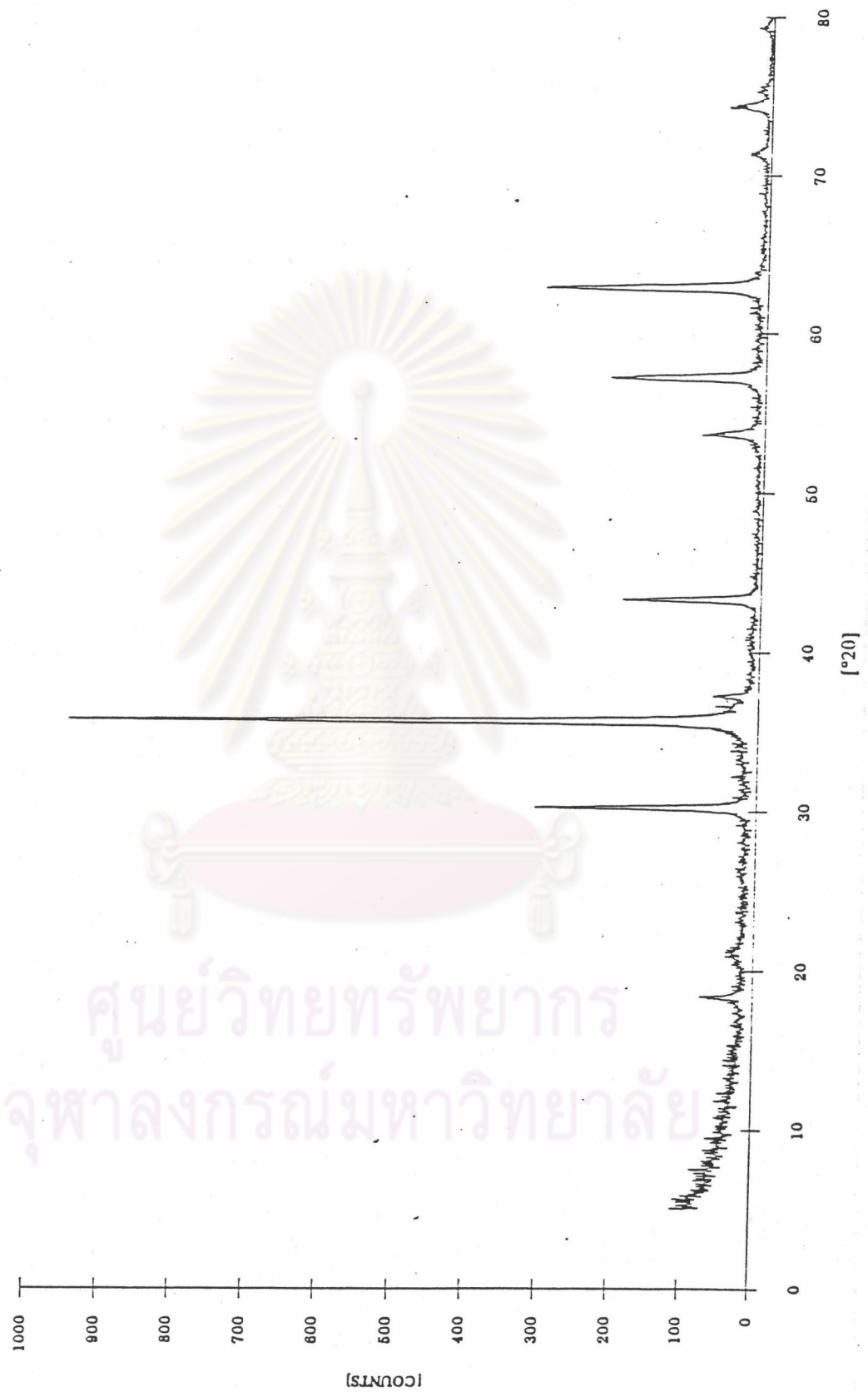
4.1.2 รายละเอียดของผลการศึกษากีฬาทิพลของอัตราส่วนโดยโมล

ก) กรณีค่า R เท่ากับ 2

รูปที่ 4.1 ภาพถ่าย TEM ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ($R = 2$)

แสดงอนุภาคแมกนีไทต์ (รูปร่างกลม) และ อนุภาคเกอไทต์ (รูปร่างเป็นเข็ม)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



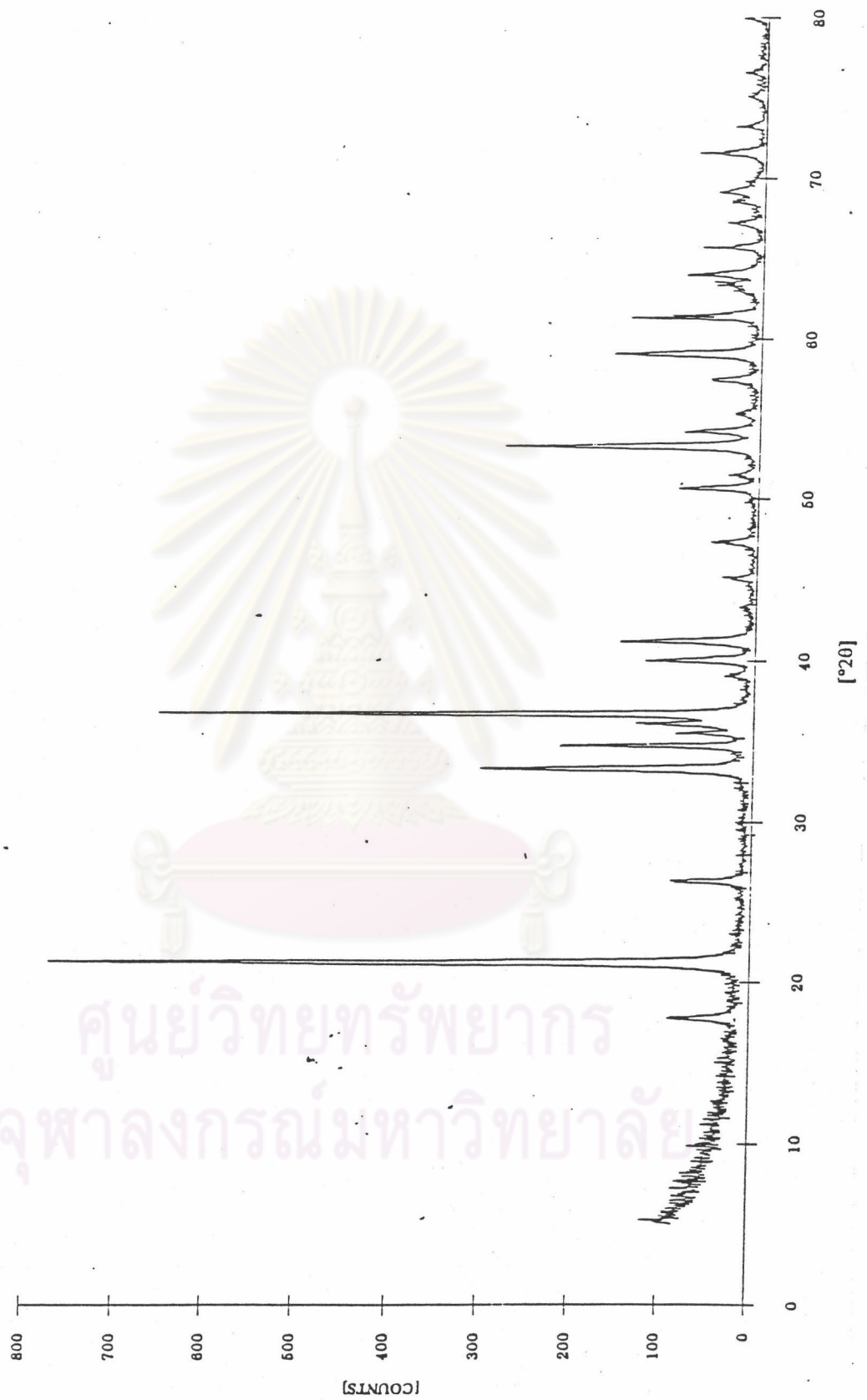
รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (R = 2)

ข) กรณีที่ค่า R เท่ากับ 3



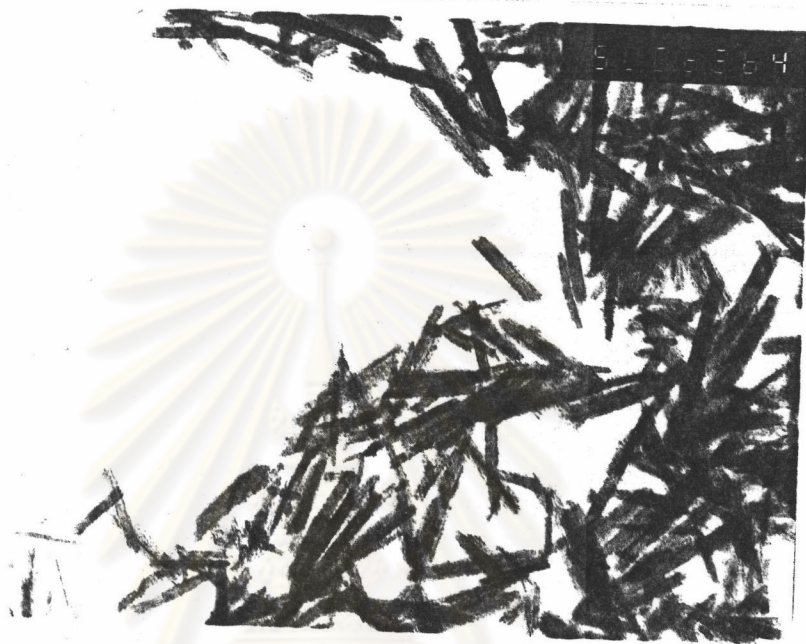
รูปที่ 4.3 ภาพถ่าย TEM ของผลึกที่ได้ (R = 3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



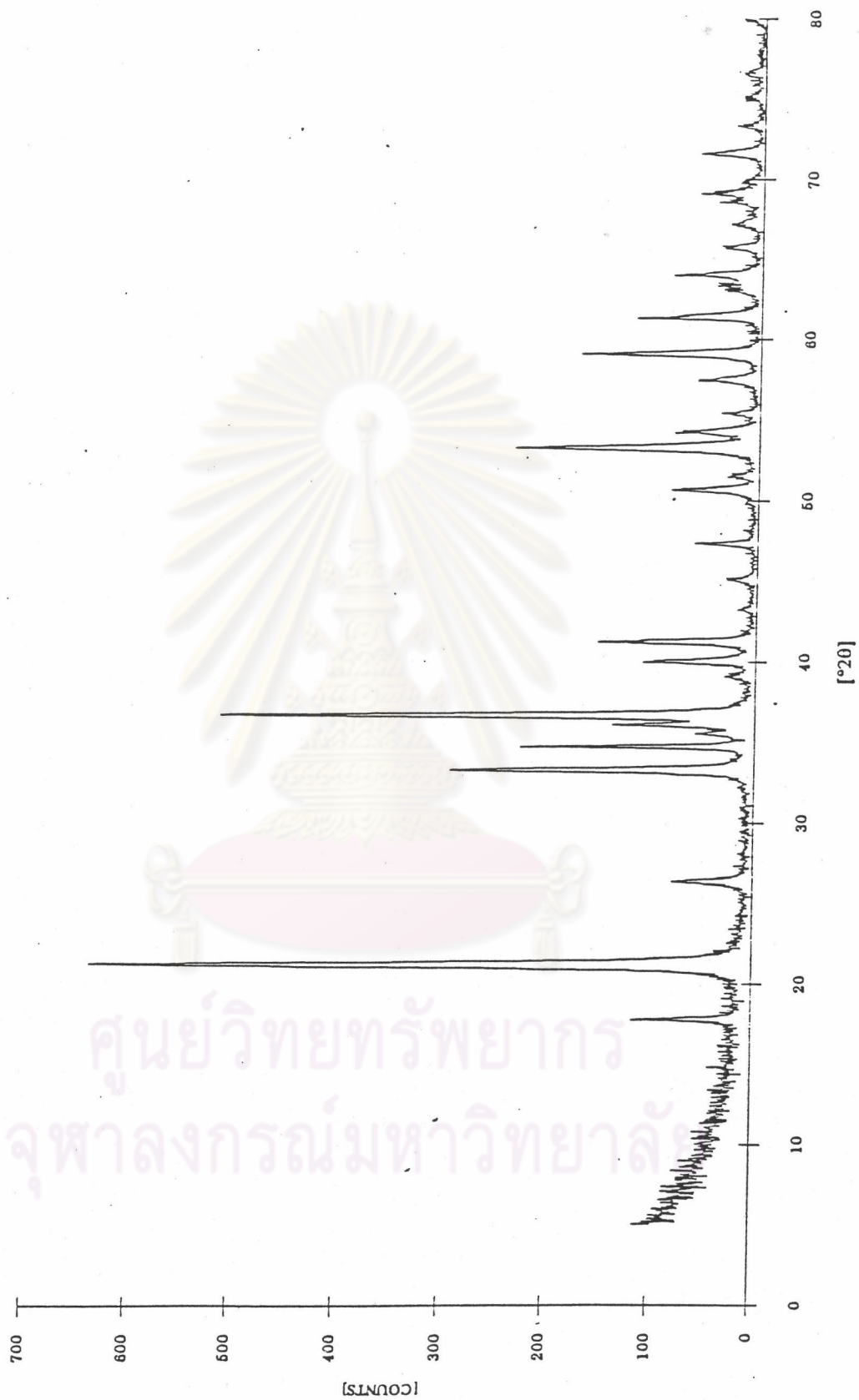
รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (R = 3)

ค) กรณีที่ค่า R เท่ากับ 6



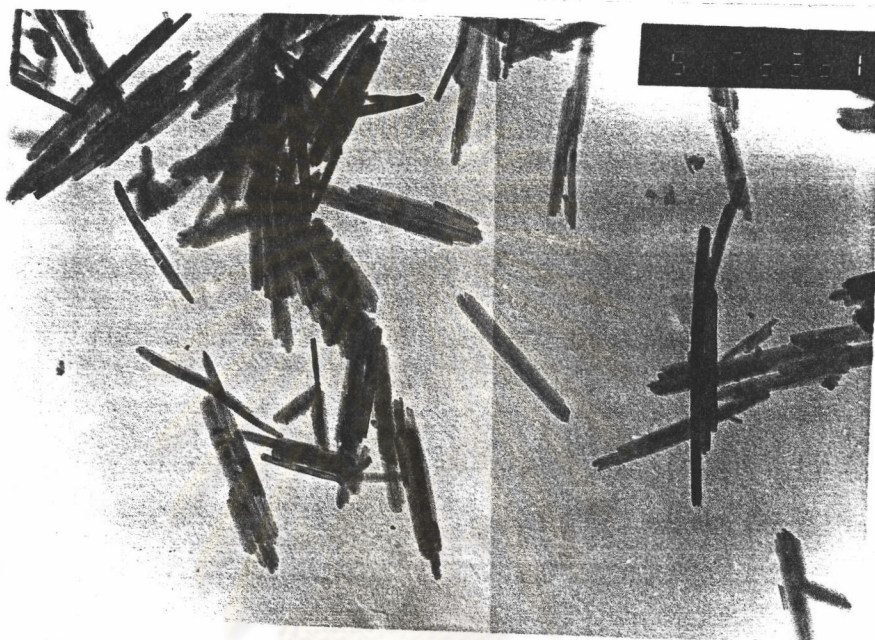
รูปที่ 4.5 ภาพถ่าย TEM ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ($R = 6$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (R = 6)

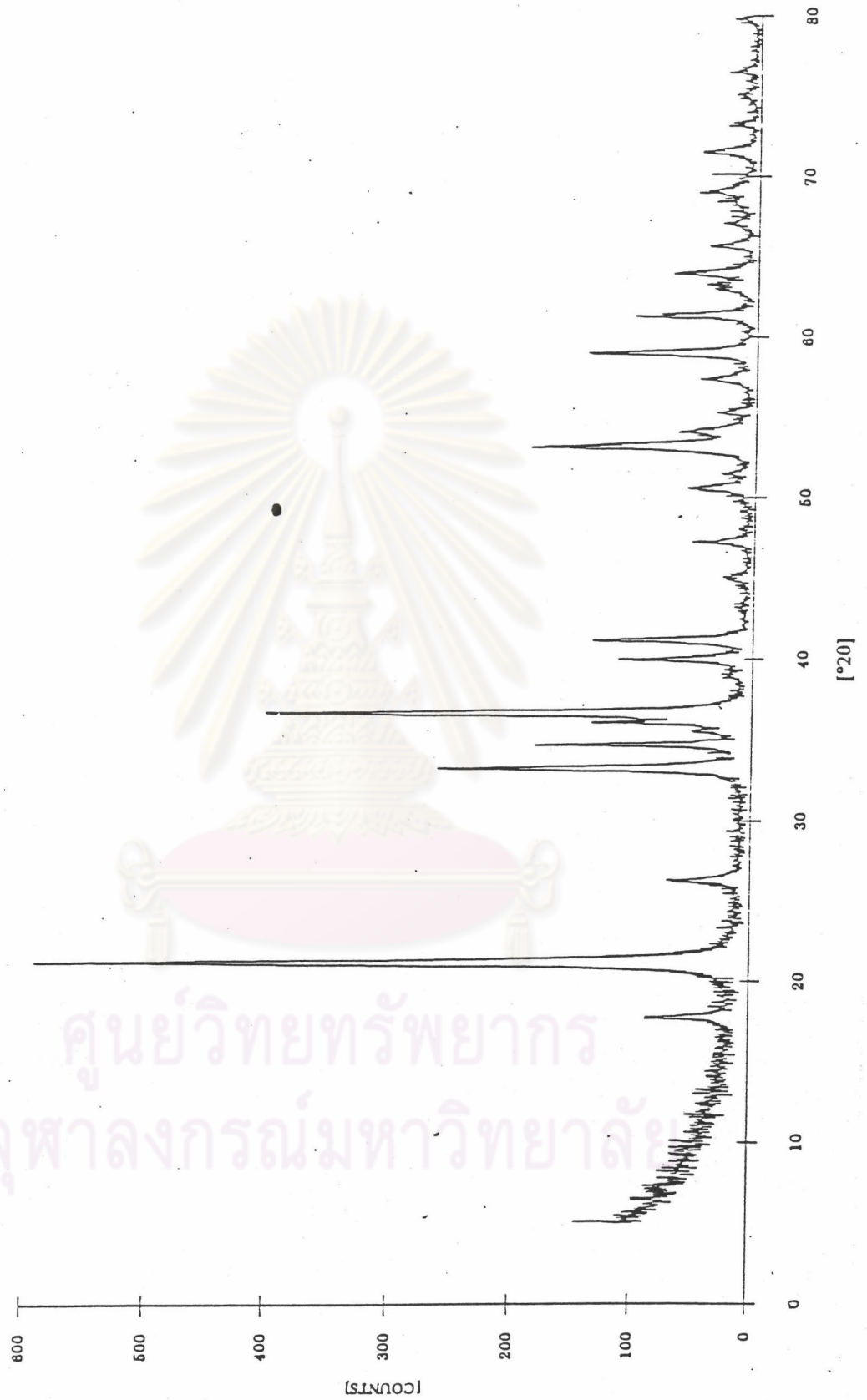
ง) กรณีที่ค่า R เท่ากับ 8



x 50,000
0.14 μm

รูปที่ 4.7 ภาพถ่าย TEM ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (R = 8)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์นี้โดยใช้เครื่อง XRD (R = 8)

4.1.3) การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ

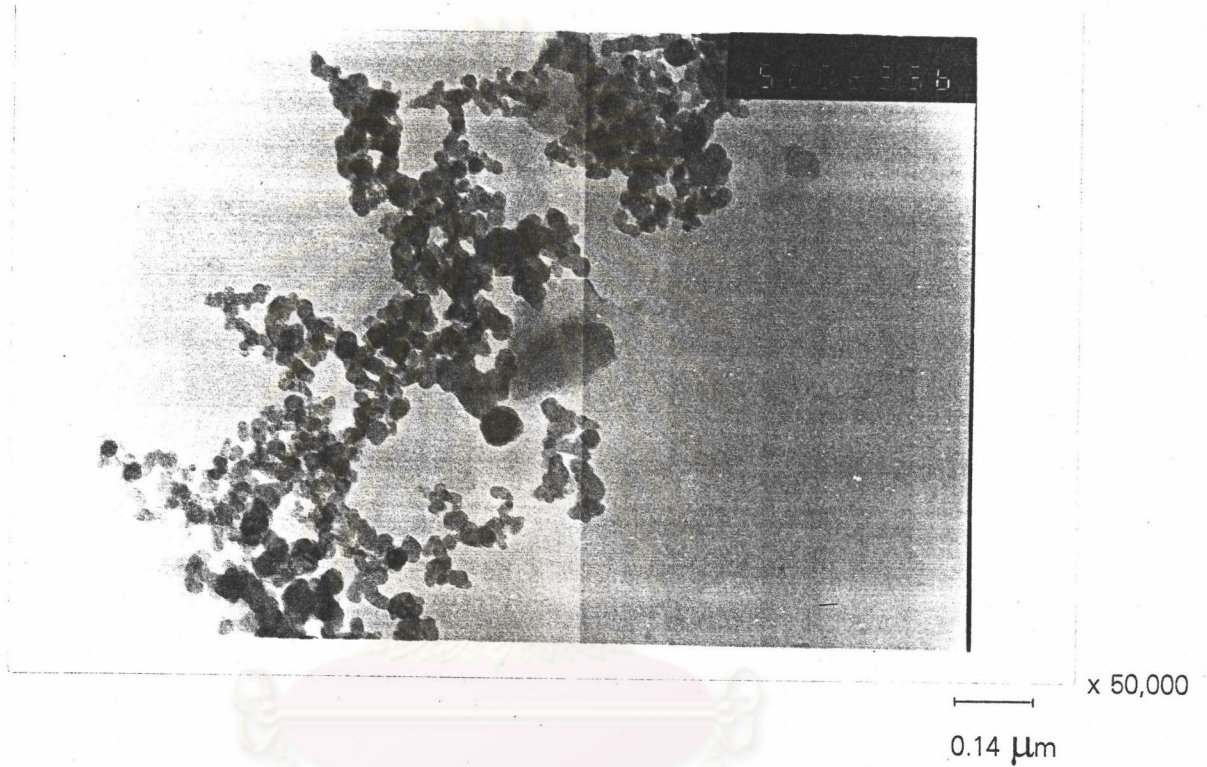
จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2 โดยที่ในขณะที่ทำการทดลอง ตัวแปรที่ถูกควบคุมได้แก่ อัตราส่วนโดยโมล เท่ากับ 3 อัตราการพ่นอากาศ เท่ากับ 0.5 ลิตร ต่อ นาที อัตราการกววน เท่ากับ 500 รอบ ต่อ นาที

ตารางที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิต่อชนิด, รูปร่าง และ ขนาดของผลิตภัณฑ์

สารตั้งต้น				ผลิตภัณฑ์			
อุณหภูมิ (C)	ความเป็นกรด - ค่าเริ่มต้น	ความเป็นกรด - ค่าสุดท้าย	สีของตะกอน	เวลา ชม. : นาที	รูปร่างของอนุภาค (TEM)	ชนิดของอนุภาค (XRD)	ขนาดของอนุภาค (TEM)
60	12.07	11.53	ดำ	06 : 30	รูปทรงกลม	Fe_3O_4	
45	11.88	10.80	เหลือง	18 : 20	รูปเข็ม + ทรงกลม	$\alpha-FeOOH$	L = 0.32 μm W = 0.048 μm L/W = 6.67
30	12.02	10.92	เหลือง	25 : 25	รูปเข็ม	$\alpha-FeOOH$	L = 0.264 μm W = 0.036 μm L/W = 7.33
10	12.15	10.55	เหลือง	31 : 10	รูปเข็ม	$\alpha-FeOOH$	L = 0.096 μm W = 0.019 μm L/W = 5.05

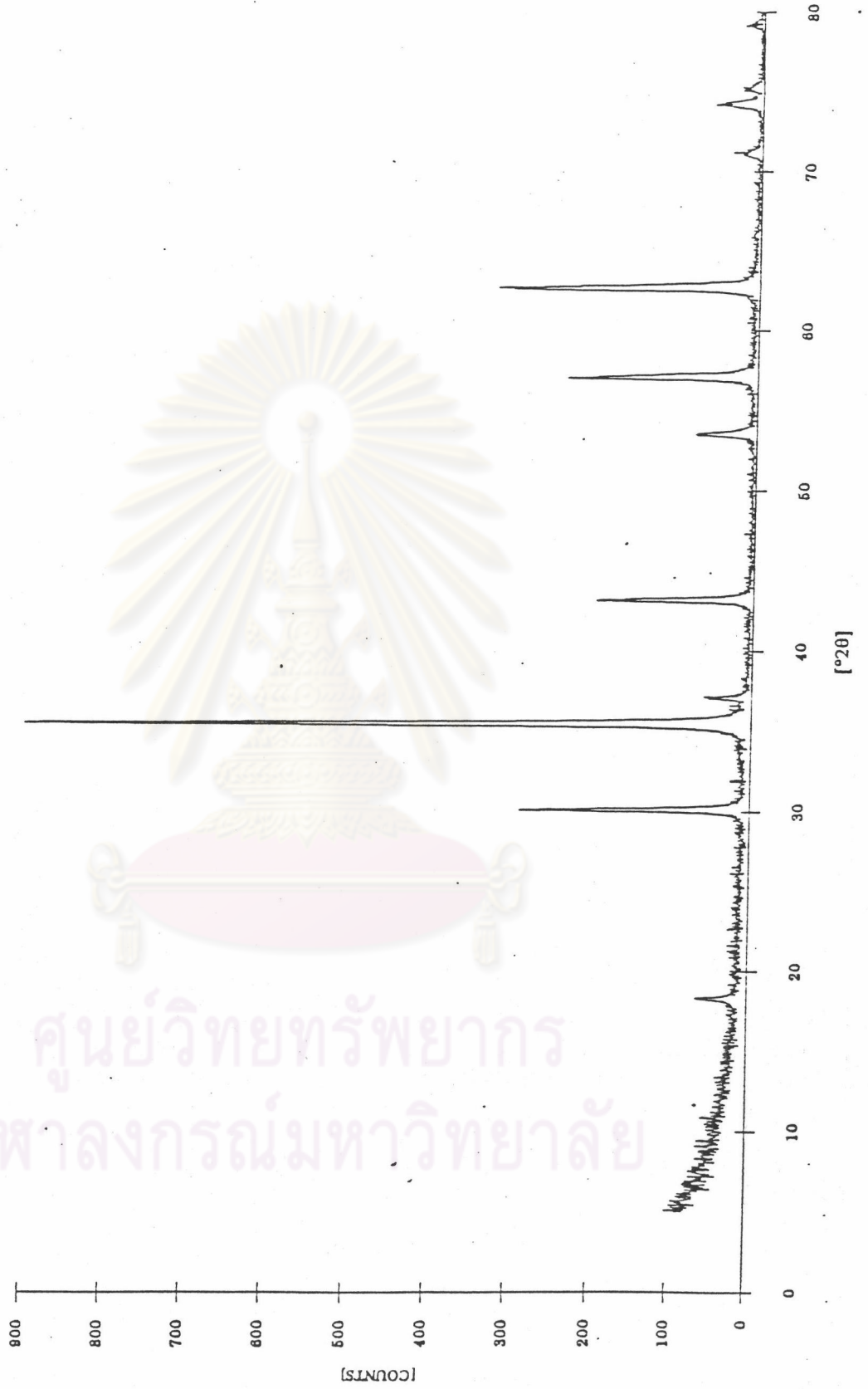
4.1.4) รายละเอียดของผลการศึกษากิจกรรมของอนุภาคนิวทริล

ก) กรณีนิวทริลที่อนุภาคนิวทริล เท่ากับ 60 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.9 ภาพถ่าย TEM ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (อนุภาคนิวทริล เท่ากับ 60 องศาเซลเซียส)

ศูนย์วิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



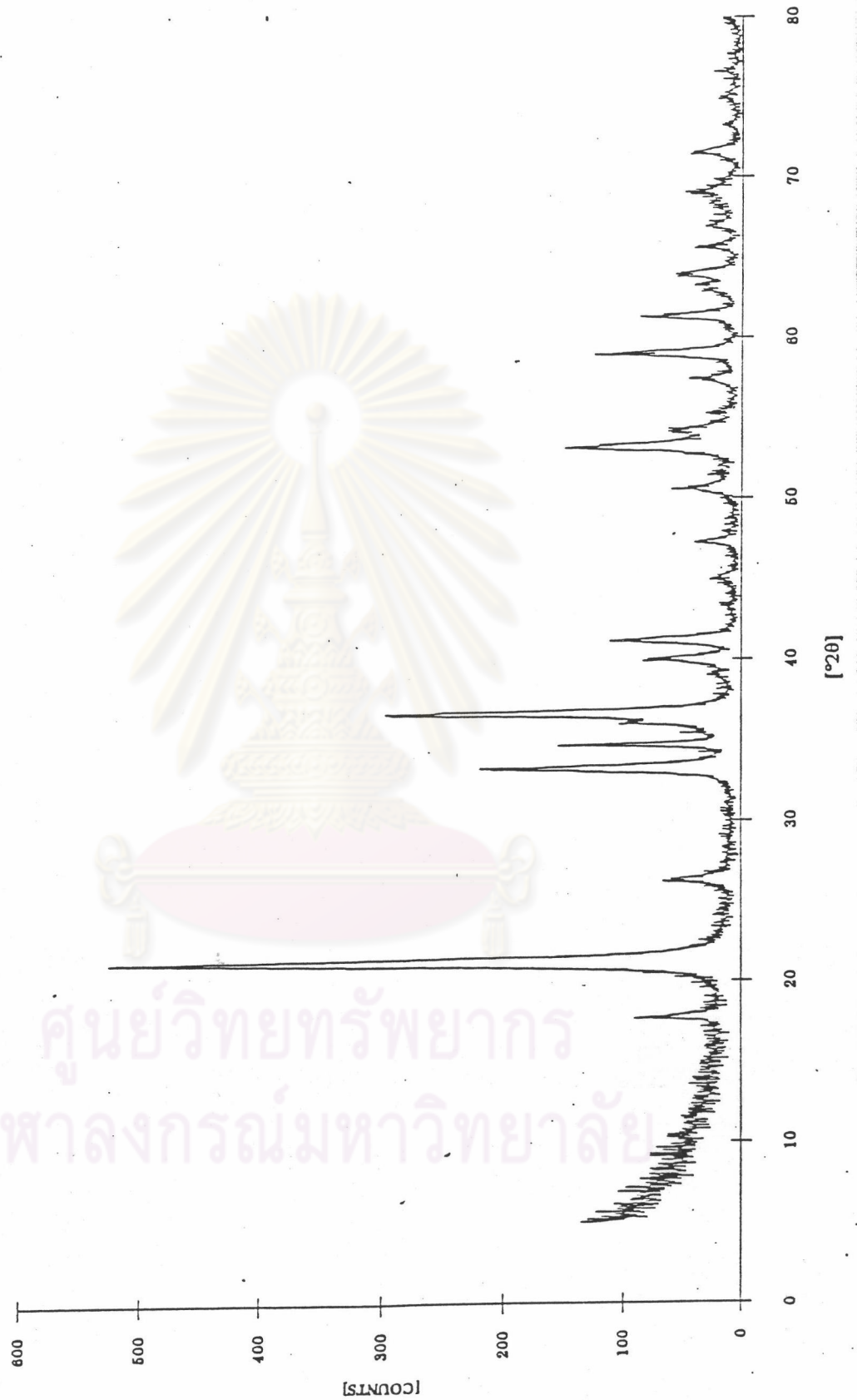
รูปที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิ เท่ากับ 60 องศาเซลเซียส)

ข) กรณีที่อุณหภูมิ เท่ากับ 45 องศาเซลเซียส



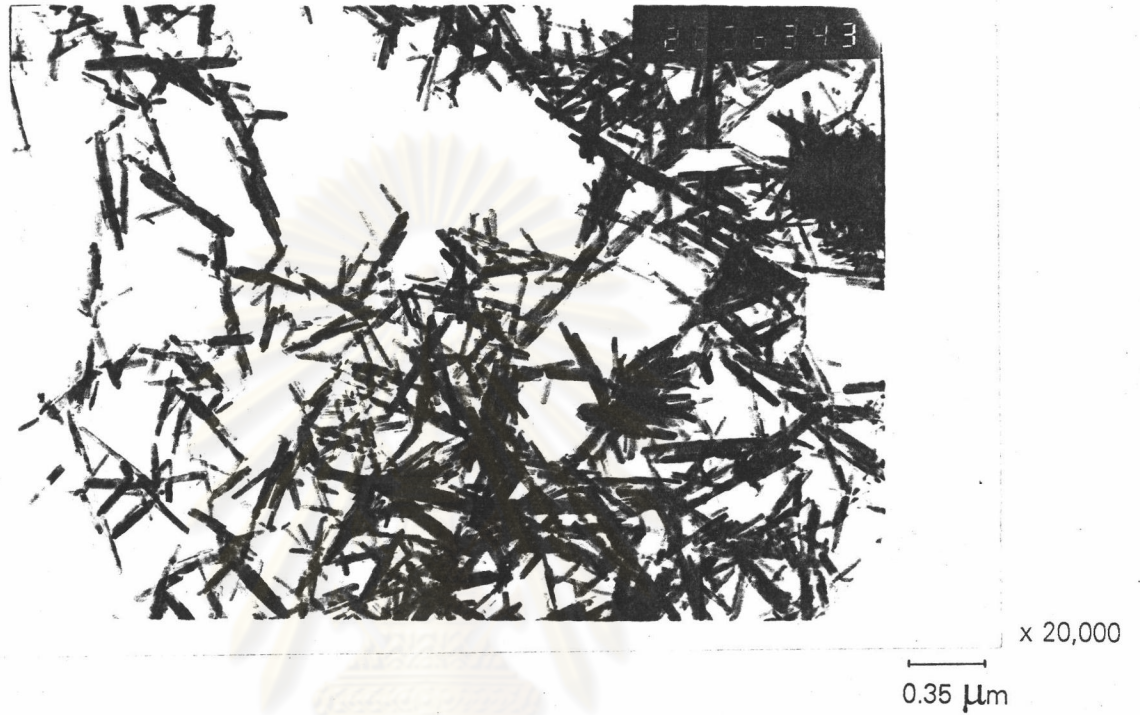
รูปที่ 4.11 ภาพถ่าย TEM ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (อุณหภูมิ เท่ากับ 45 องศาเซลเซียส)
เป็นอนุภาคเกอไทต์ และ ปรางคอนุภาคแมกนีไทต์ปนอยู่เล็กน้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



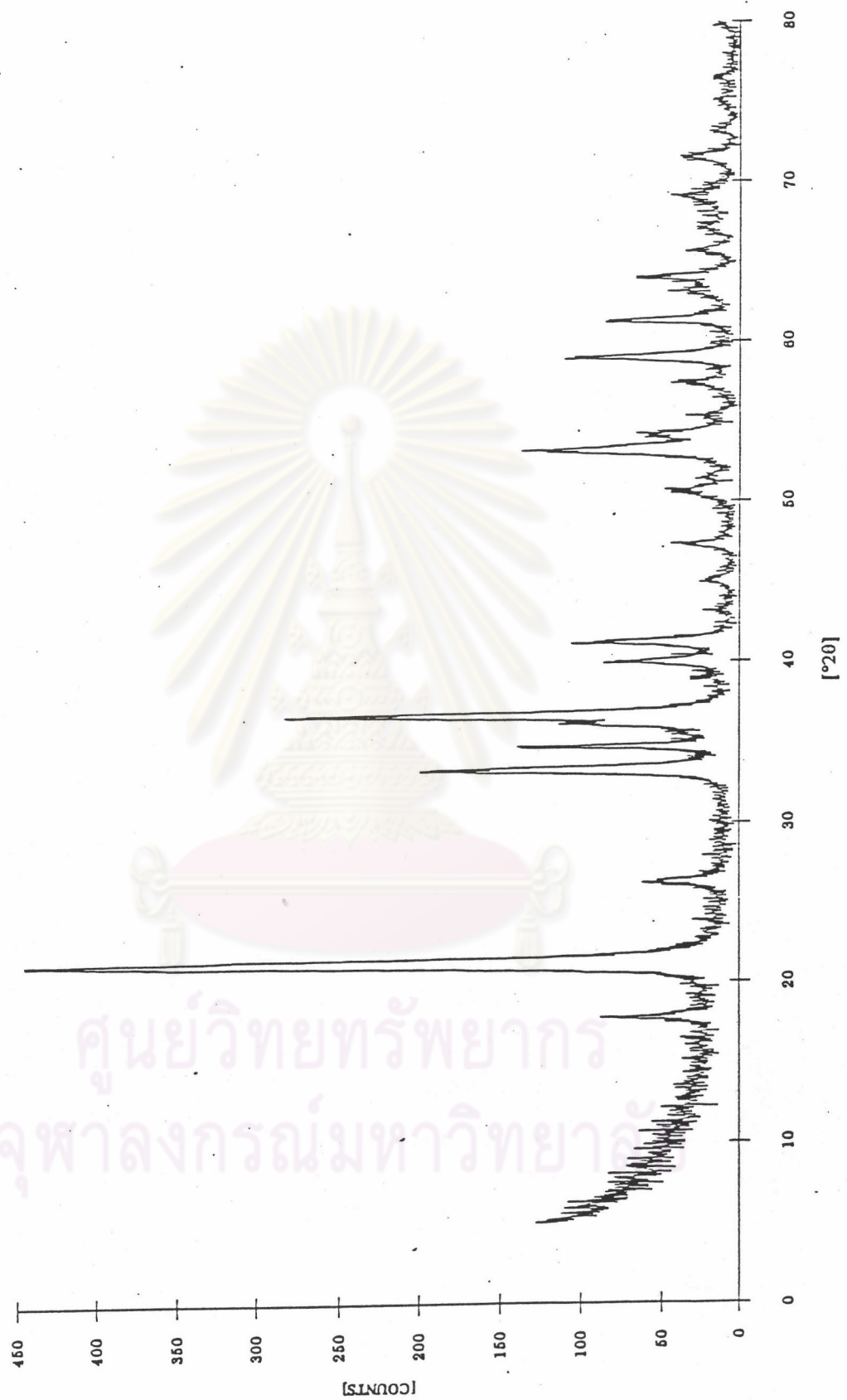
รูปที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิ เท่ากับ 45 องศาเซลเซียส)

ค) กรณีที่อุณหภูมิ เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส



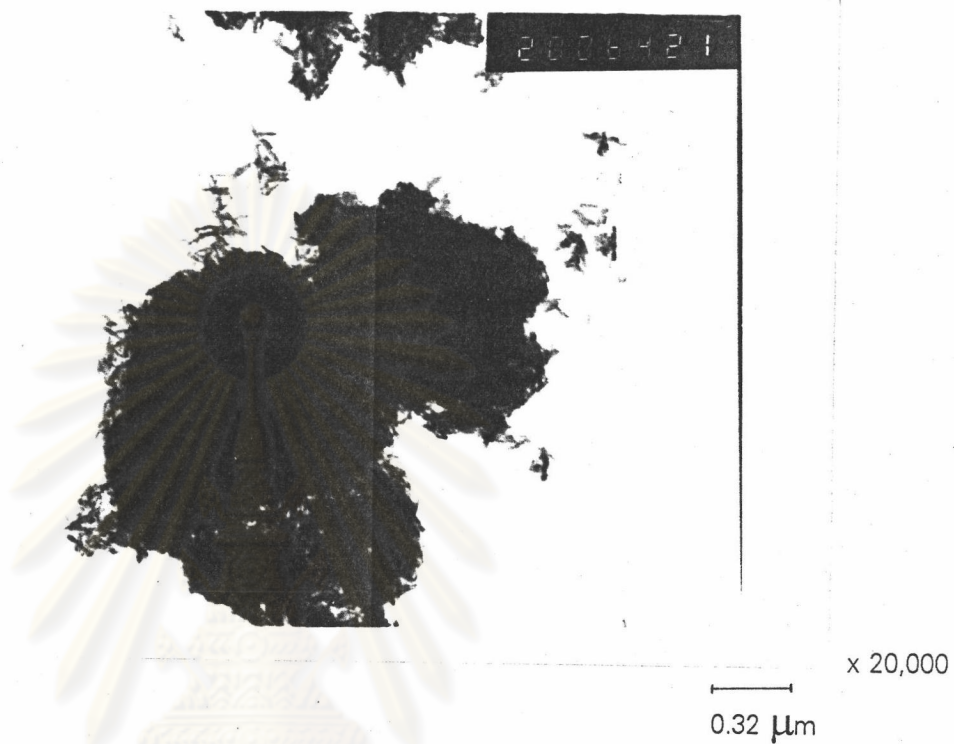
รูปที่ 4.13 ภาพถ่าย TEM ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (อุณหภูมิ เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



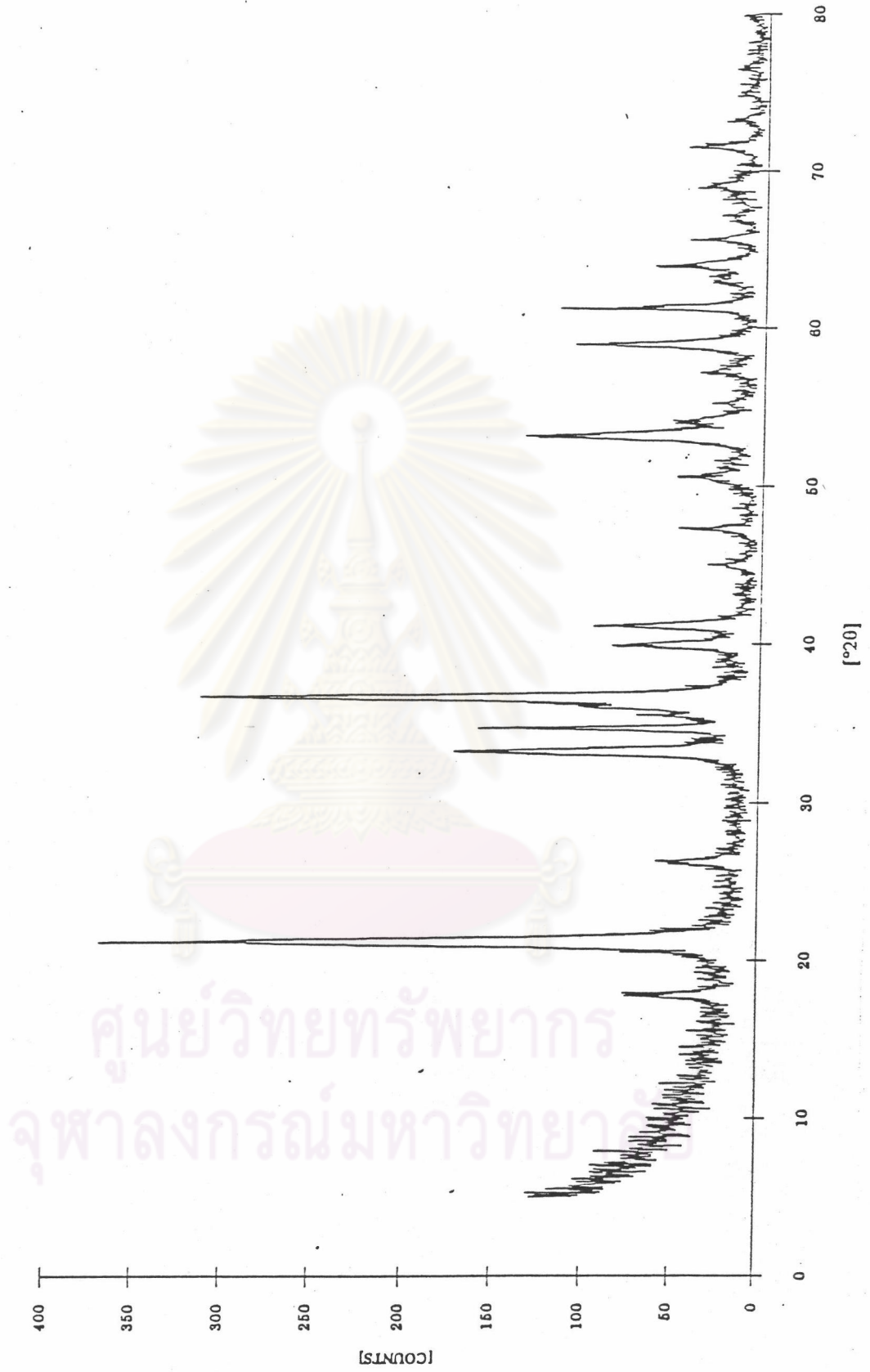
รูปที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิ เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส)

ง) กรณีที่อุณหภูมิ เท่ากับ 10 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.15 ภาพถ่าย TEM ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (อุณหภูมิ เท่ากับ 10 องศาเซลเซียส)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิ เท่ากับ 10 องศาเซลเซียส)

4.1.5) การศึกษาอิทธิพลของอัตราการพ่นอากาศ

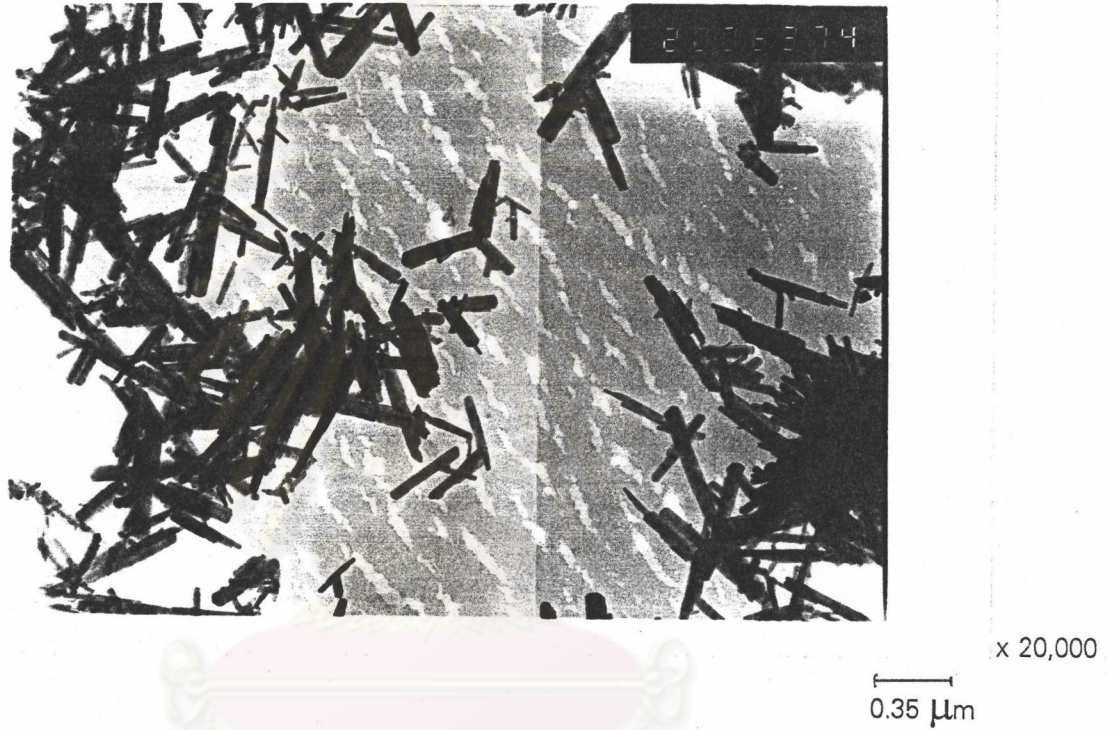
การศึกษาอิทธิพลของอัตราการพ่นอากาศ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.3 ในขณะที่ทำการทดลอง ตัวแปรที่ถูกควบคุม ได้แก่ อัตราส่วนโดยโมล เท่ากับ 3
 อุณหภูมิ เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส
 อัตราการกวน เท่ากับ 500 รอบ ต่อนาที

ตารางที่ 4.3 ผลของอัตราการพ่นอากาศต่อ ชนิด,รูปร่าง และ ขนาดของผลิตภัณฑ์

สารตั้งต้น				ผลิตภัณฑ์			
อัตราการพ่นอากาศ (ลิตร : นาที)	ความเป็นกรด - ต่าง เริ่มต้น	ความเป็นกรด - ต่าง สุดท้าย	สีของตะกอน	เวลา ชม. : นาที	รูปร่างของอนุภาค (TEM)	ชนิดของอนุภาค (XRD)	ขนาดของอนุภาค (TEM)
0.1	11.88	10.76	เหลือง	32 : 05	รูปเข็ม	α -FeOOH	L = 0.208 μm W = 0.032 μm L/W = 6.50
0.5	12.02	10.92	เหลือง	25 : 25	รูปเข็ม	α -FeOOH	L = 0.264 μm W = 0.036 μm L/W = 7.33
1.0	11.93	10.85	เหลือง	21 : 10	รูปเข็ม	α -FeOOH	L = 0.224 μm W = 0.032 μm L/W = 7

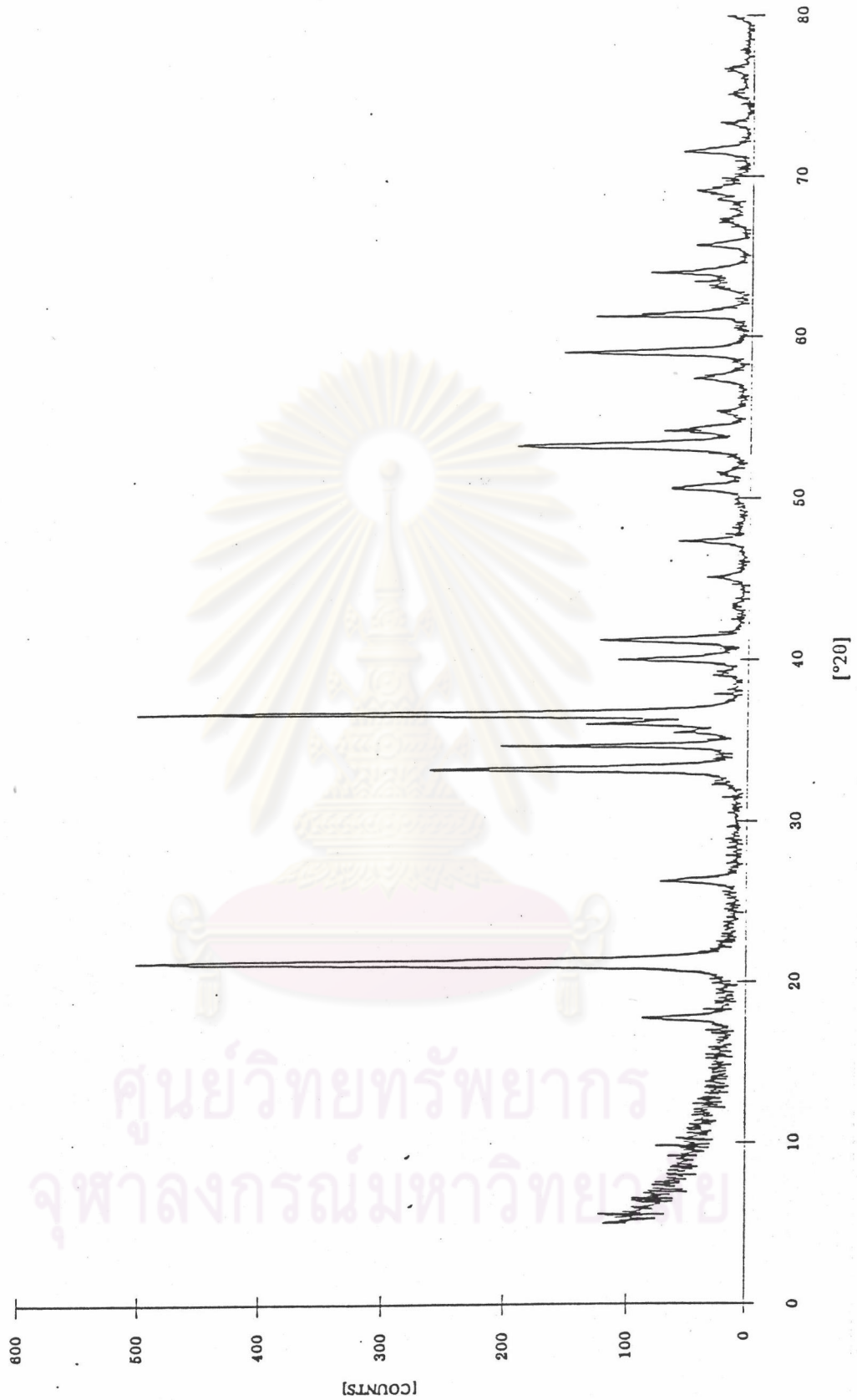
4.1.6) รายละเอียดของผลการศึกษ้อัตราการพ่นอากาศ

ก) กรณีอัตราการพ่นอากาศ เท่ากับ 0.1 ลิตร ต่อ นาที



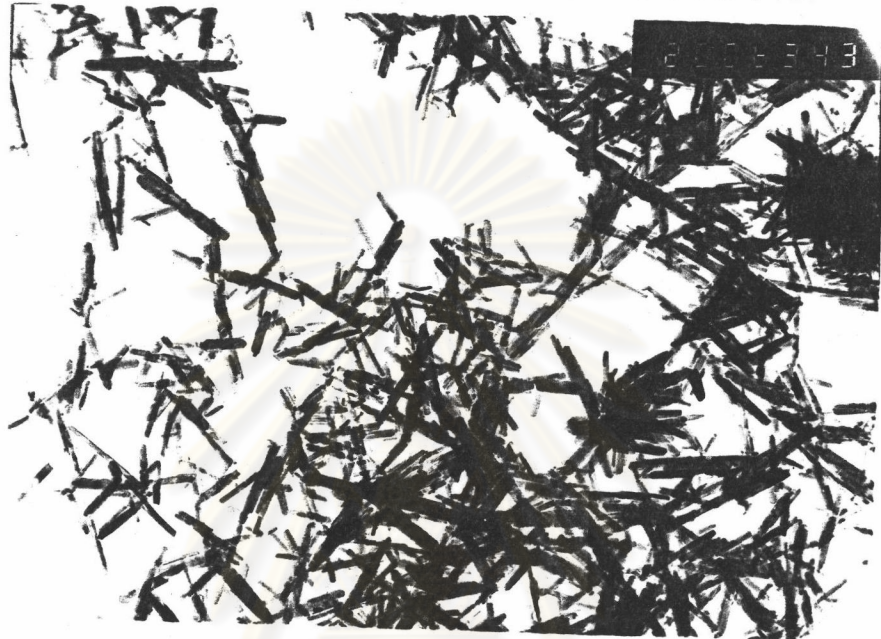
รูปที่ 4.17 ภาพถ่าย TEM ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (อัตราการพ่นอากาศ เท่ากับ 0.1 ลิตร ต่อ นาที)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD
(อัตราการพ่นอากาศ เท่ากับ 0.1 ลิตร ต่อ นาที)

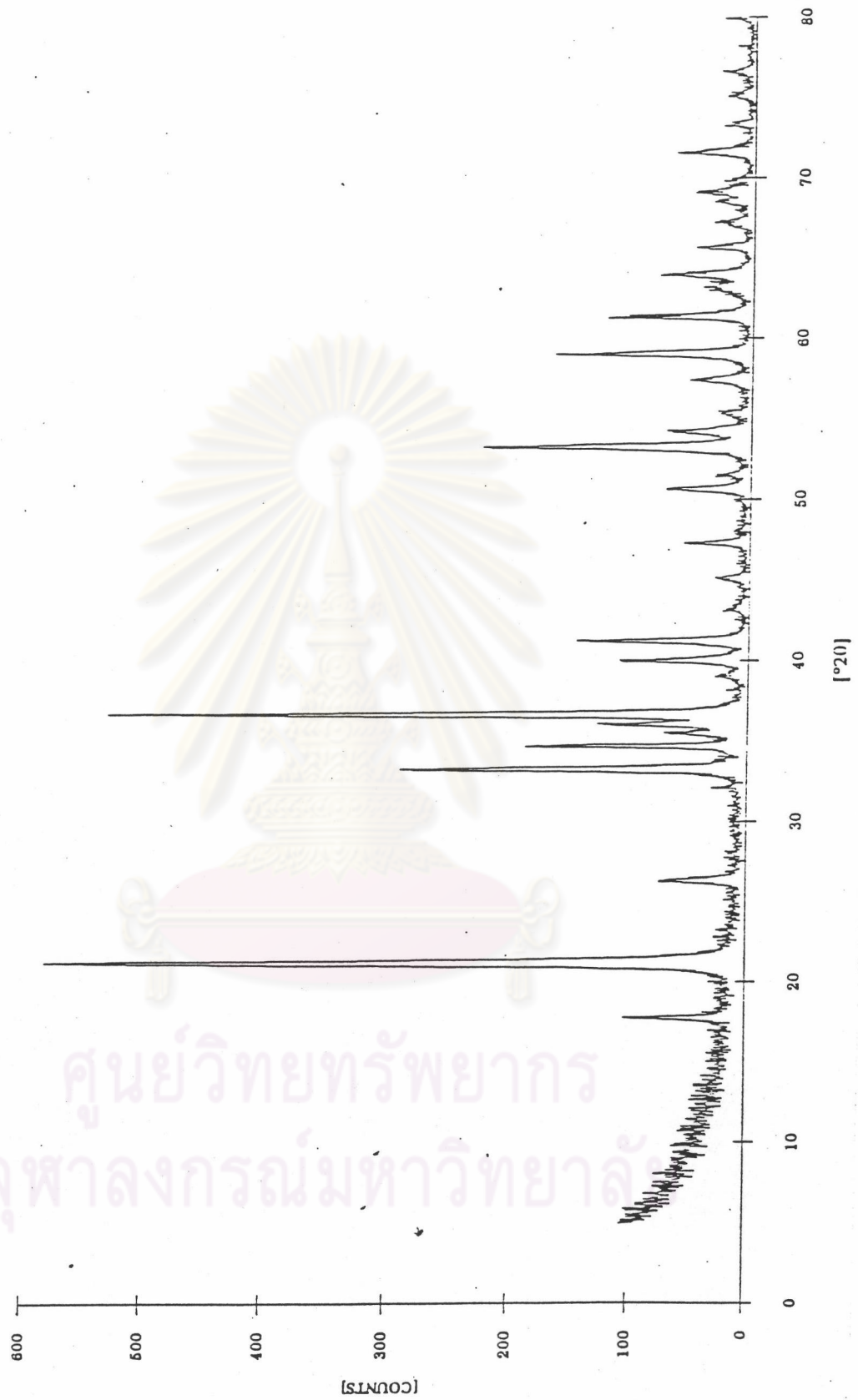
ข) กรณีที่อัตราการพ่นอากาศ (Oxidation rate) เท่ากับ 0.5 ลิตร ต่อ นาที



x 20,000
0.35 μm

รูปที่ 4.19 ภาพถ่าย TEM ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (อัตราการพ่นอากาศ เท่ากับ 0.5 ลิตร ต่อ นาที)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



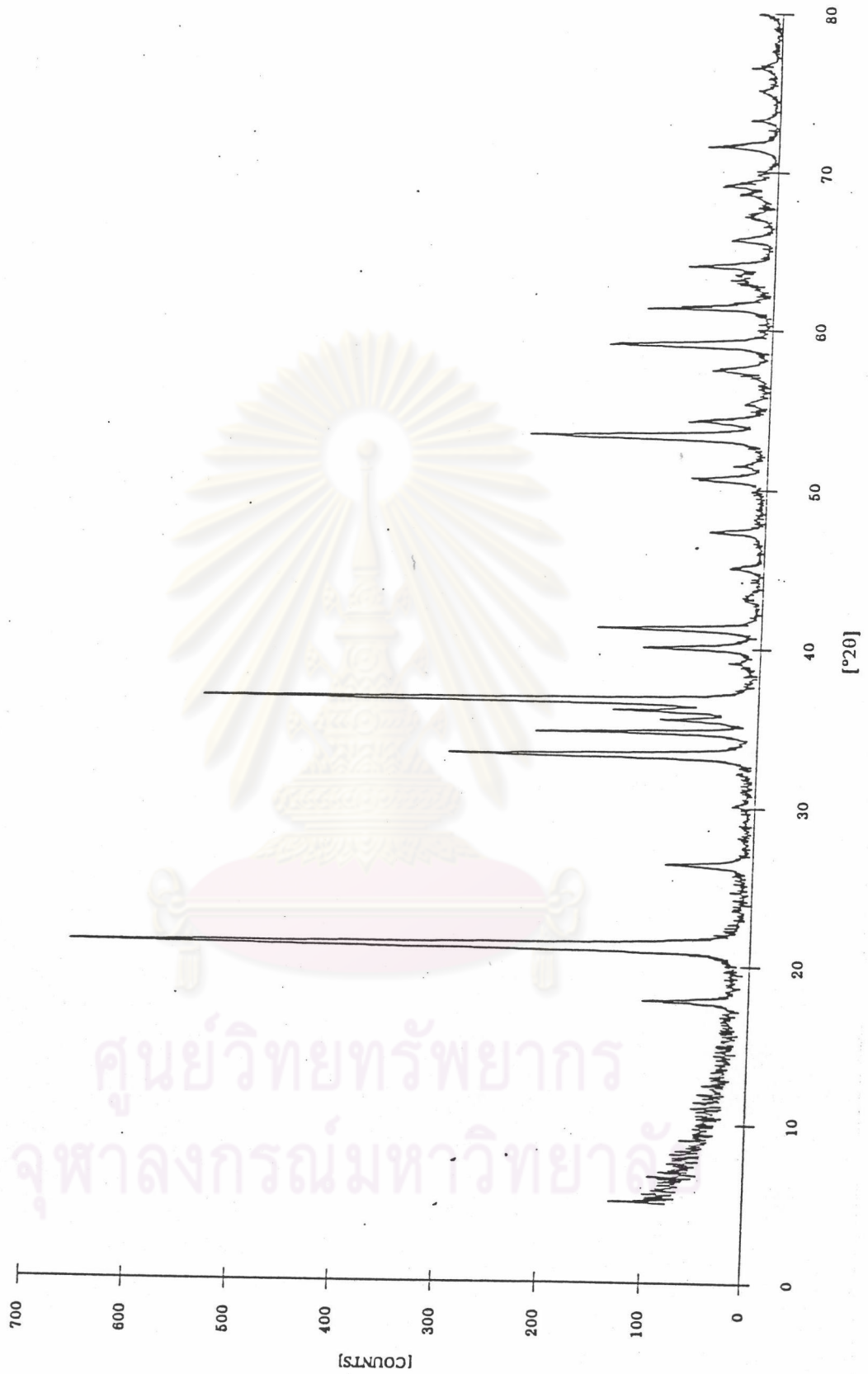
รูปที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD
(อัตราการพ่นอากาศ เท่ากับ 0.5 ลิตร ต่อ นาที)

ค) กรณีที่อัตราการพ่นอากาศ (Oxidation rate) เท่ากับ 1.0 ลิตร ต่อ นาที



รูปที่ 4.21 ภาพถ่าย TEM ของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (อัตราการพ่นอากาศ เท่ากับ 1.0 ลิตร ต่อ นาที)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD
(อัตราการพ่นอากาศ เท่ากับ 1.0 ลิตร ต่อ นาที)

4.2 กรรมวิธีทางความร้อน

4.2.1) การกำจัดน้ำ

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อชนิดของอนุภาค ในขั้นตอนกำจัดน้ำ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4 โดยที่ในขณะที่ทำการทดลอง ตัวแปรที่ถูควบคุม ได้แก่ อัตราการพ่นก๊าซไนโตรเจน เท่ากับ 1.0 ลิตร ต่อ นาที เวลา เท่ากับ 30 นาที

ตารางที่ 4.4 ผลของอุณหภูมิต่อชนิดของอนุภาคที่ได้ในขั้นตอนกำจัดน้ำ

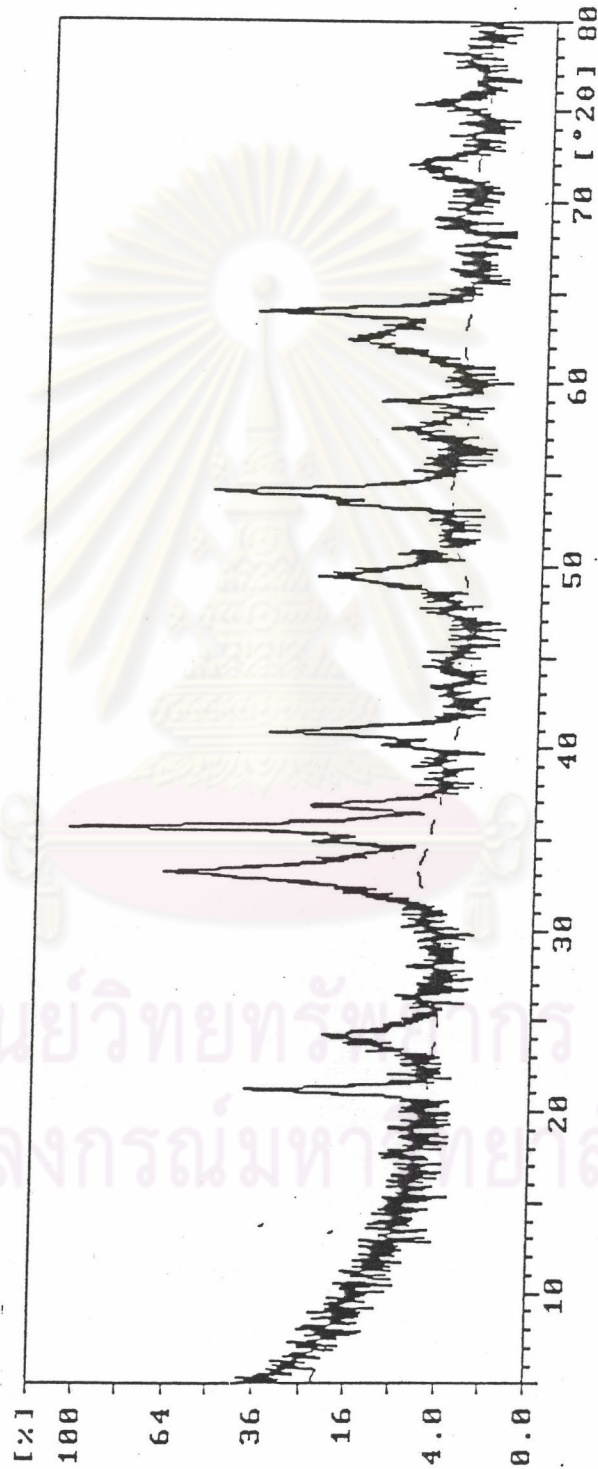
อุณหภูมิในการกำจัดน้ำ (°C)	ชนิดของอนุภาค (XRD)
200	α - Fe ₂ O ₃ + α - FeOOH
250	α - Fe ₂ O ₃ + α - FeOOH
300	α - Fe ₂ O ₃ + α - FeOOH
350	α - Fe ₂ O ₃
400	α - Fe ₂ O ₃
450	α - Fe ₂ O ₃

หมายเหตุ สารตั้งต้นในขั้นตอนการกำจัดน้ำคือ α - FeOOH ซึ่งได้จากขั้นตอนของกรรมวิธีทางเคมีที่มีสภาวะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ค่าอัตราส่วนโดยโมลระหว่าง NaOH กับ FeSO₄ เท่ากับ 3.0
- อุณหภูมิของการทำออกซิเดชัน เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส
- อัตราการพ่นอากาศ เท่ากับ 0.5 ลิตร ต่อ นาที
- อัตราการรวน เท่ากับ 500 รอบ ต่อ นาที

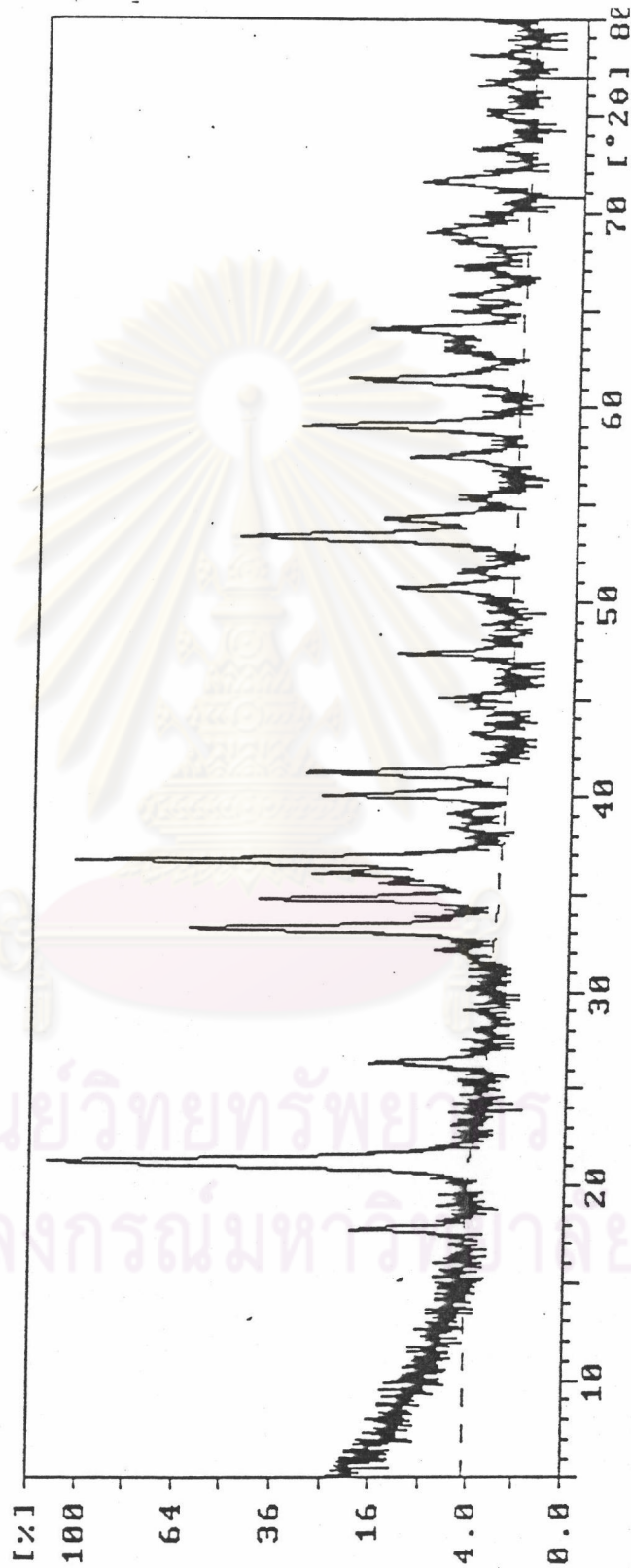
4.2.2) รายละเอียดของผลการศึกษาอิทธิพลของ อุณหภูมิ

ก) กรณีอุณหภูมิ เท่ากับ 200 องศาเซลเซียส



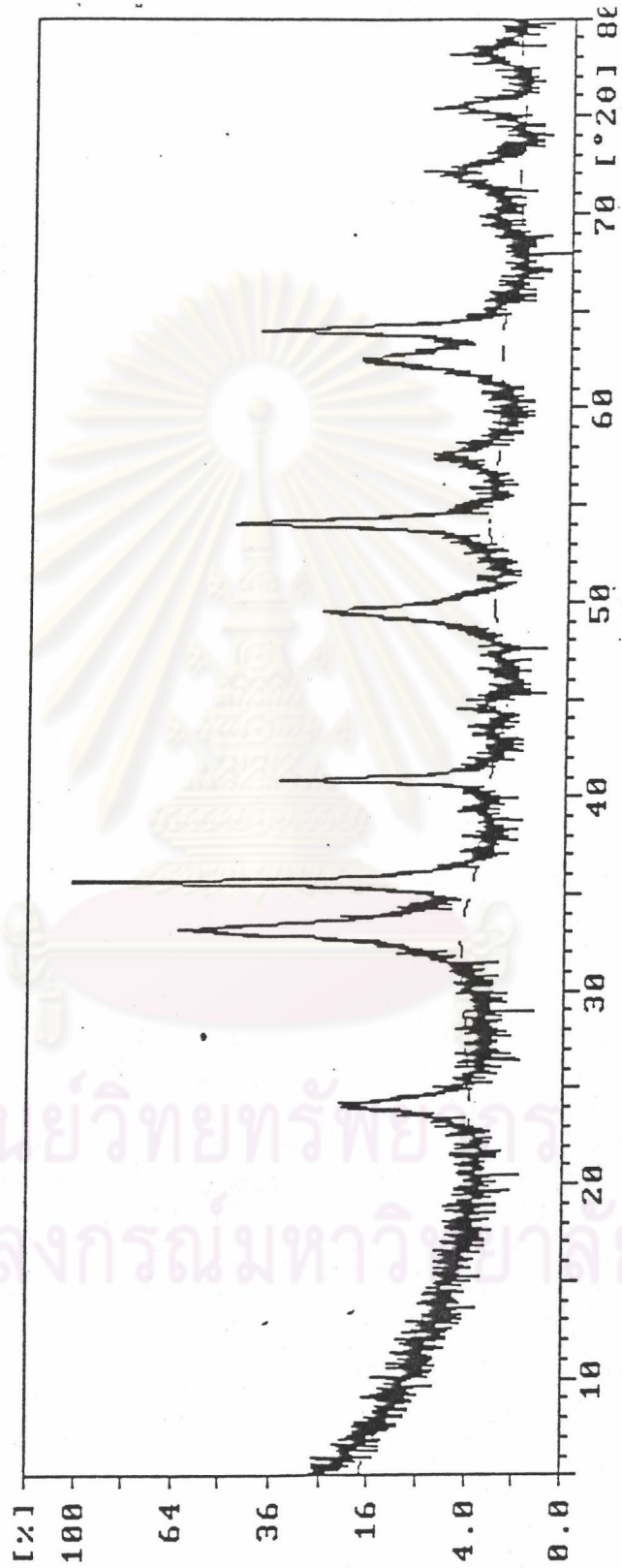
รูปที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิเท่ากับ 200 องศาเซลเซียส)

ข) กรณีนุ้ฉฉฉฉฉฉ ฉฉฉฉฉฉ



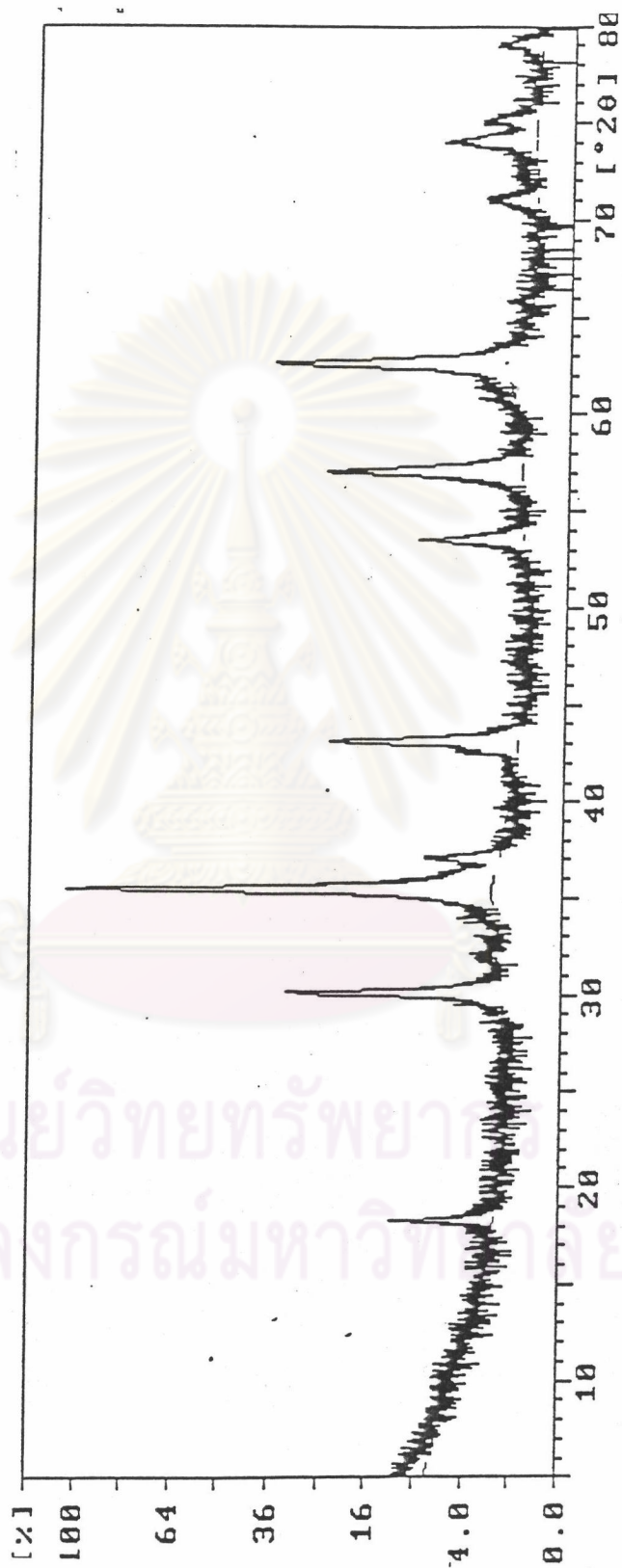
รูปที่ 4.24 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (ฉฉฉฉฉฉ 250 ฉฉฉฉฉฉ)

ค) กรณีนีออนหภูมิ เท่ากับ 300 องศาเซลเซียส



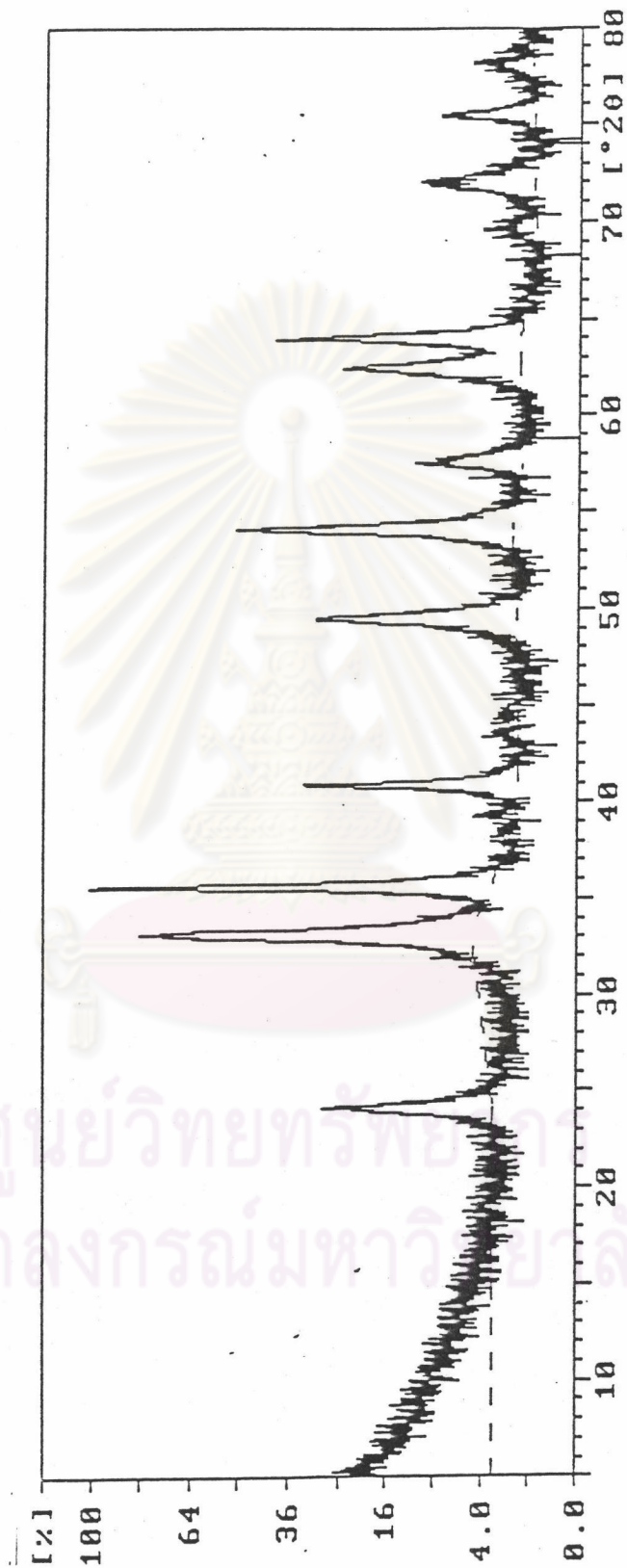
รูปที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิเท่ากับ 300 องศาเซลเซียส)

ง) กรณีอุณหภูมิ เท่ากับ 350 องศาเซลเซียส



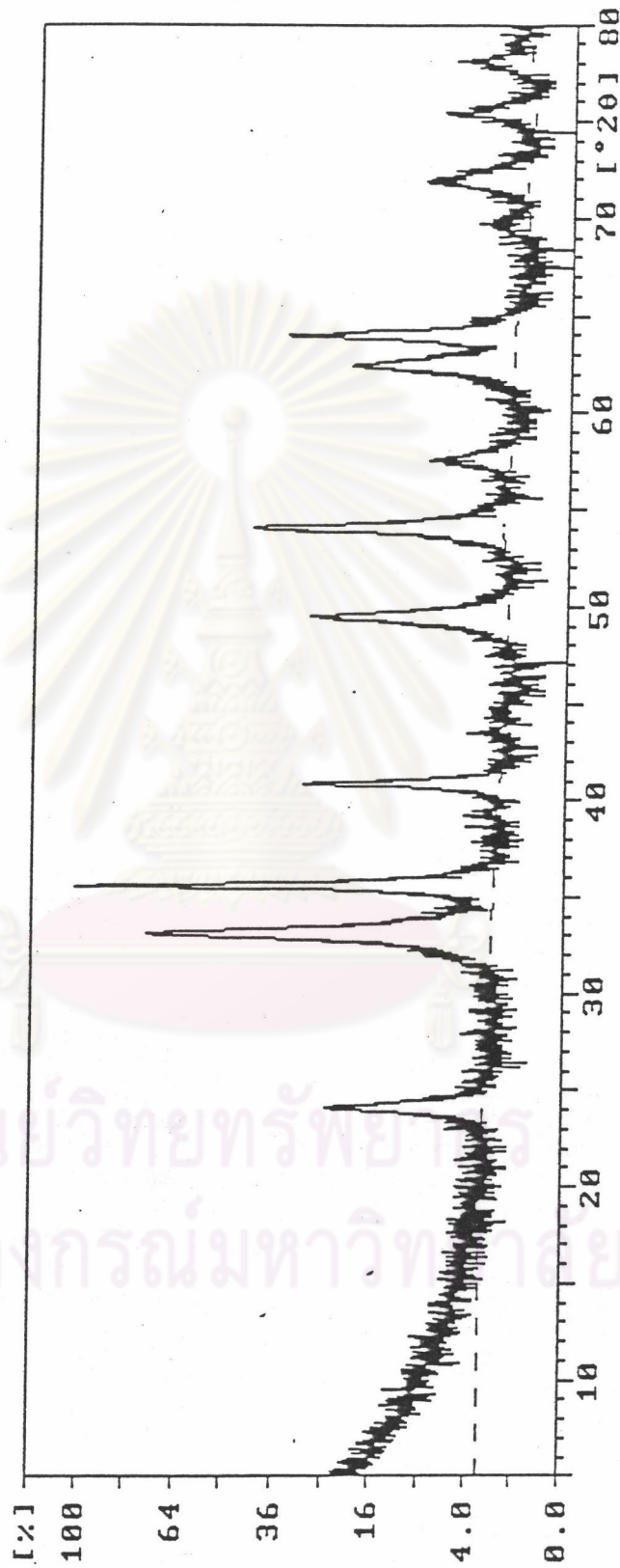
รูปที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิเท่ากับ 350 องศาเซลเซียส)

๑) กรณีนีออนหภูมิ เท่ากับ 400 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิเท่ากับ 400 องศาเซลเซียส)

ข) กรณีสอดส่องเทอกับ 450 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.28 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิเท่ากับ 450 องศาเซลเซียส)

4.2.3) การทำรีดักชัน

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อชนิดของอนุภาคในขั้นตอนการทำรีดักชัน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.5 โดยในขณะที่ทำการทดลอง ตัวแปรที่ถูกควบคุม ได้แก่

อัตราการพ่นก๊าซไฮโดรเจน เท่ากับ 0.5 ลิตร ต่อ นาที
เวลา เท่ากับ 5 นาที

ตารางที่ 4.5 ผลของอุณหภูมิต่อชนิดของอนุภาคที่ได้ในขั้นตอนการทำรีดักชัน

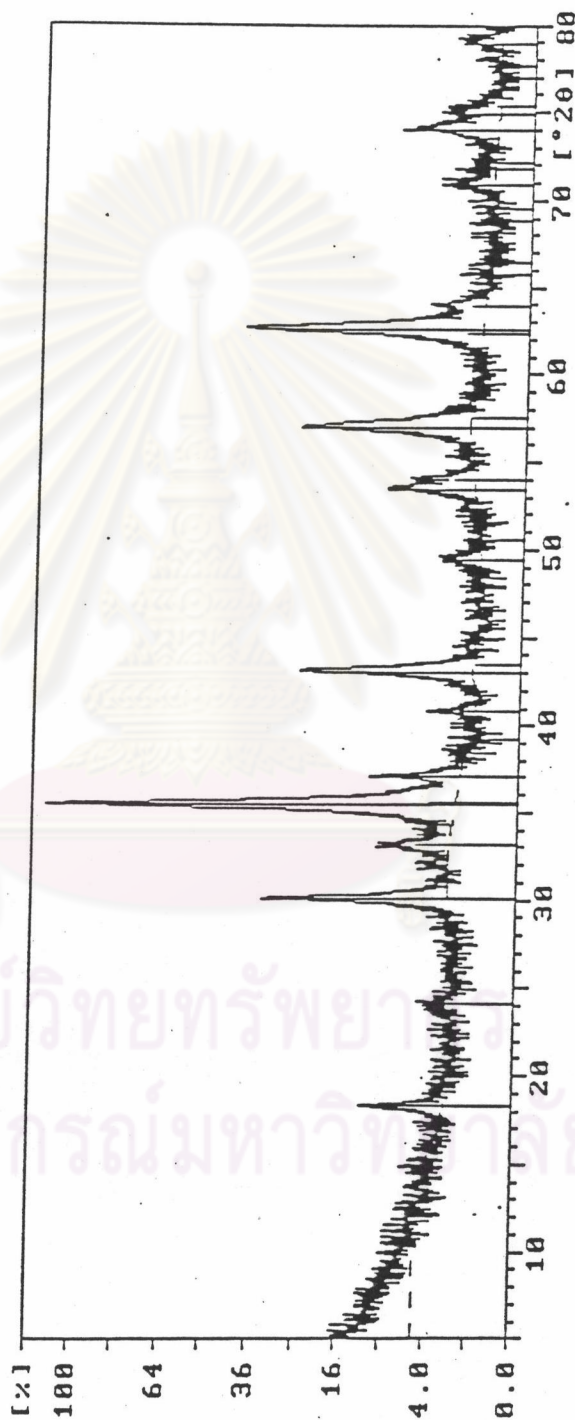
อุณหภูมิในการทำรีดักชัน (°C)	ชนิดของอนุภาค (XRD)
325	α - Fe_2O_3 + Fe_3O_4
350	Fe_3O_4
375	FeO + Fe_3O_4
400	Fe + FeO + Fe_3O_4

หมายเหตุ สารตั้งต้นที่นำมาศึกษาในขั้นตอนการทำรีดักชัน คือ สารเฮมาไทต์ (α - Fe_2O_3) ซึ่งได้จากขั้นตอนการกำจัดน้ำที่มีสภาวะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- อุณหภูมิในการกำจัดน้ำ เท่ากับ 350 องศาเซลเซียส
- อัตราการไหลของก๊าซไฮโดรเจน เท่ากับ 1.0 ลิตร ต่อ นาที
- เวลาที่ใช้ในการกำจัดน้ำ เท่ากับ 30 นาที

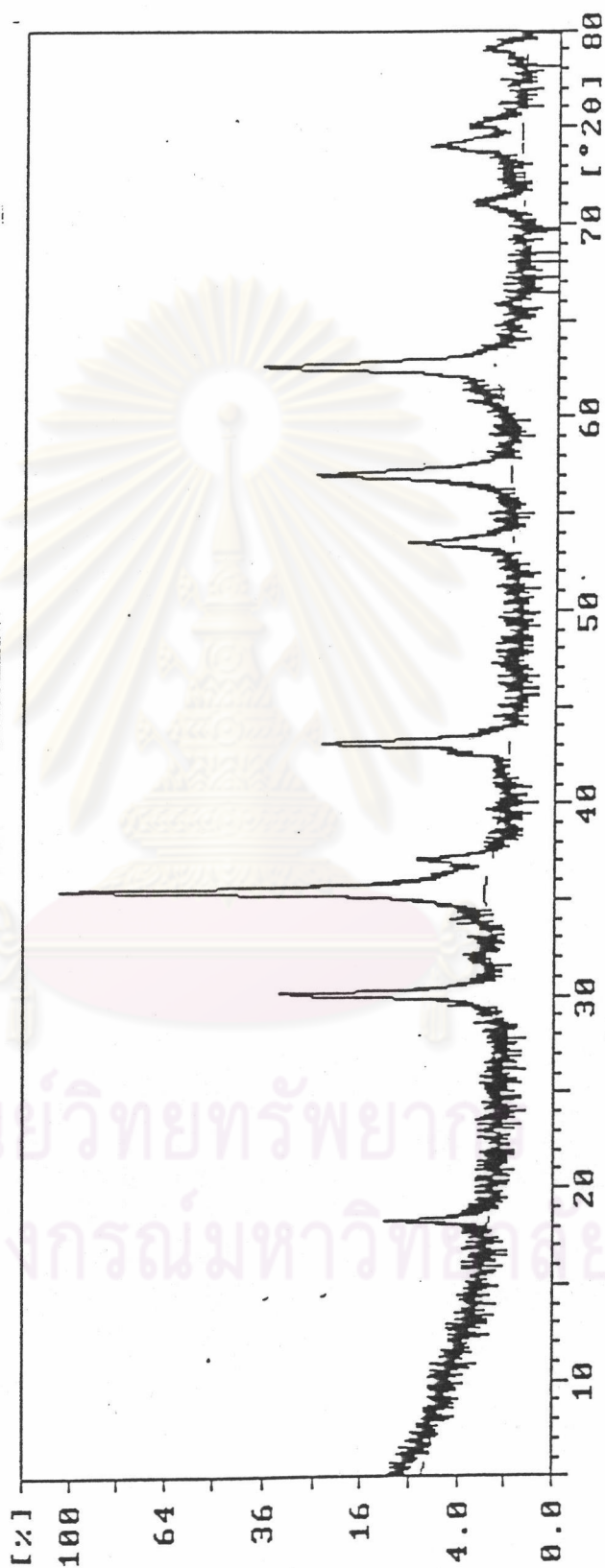
4.2.4) รายละเอียดของผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ

ก) กรณีที่อุณหภูมิ เท่ากับ 325 องศาเซลเซียส



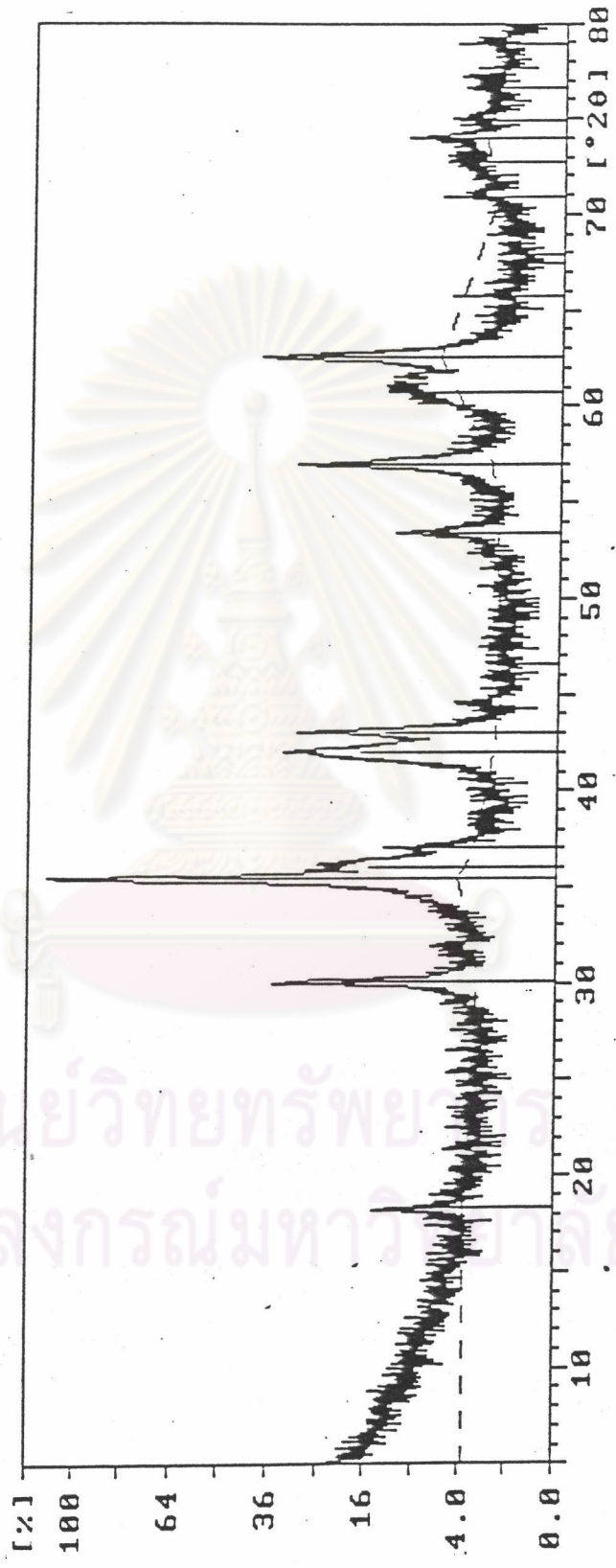
รูปที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิ เท่ากับ 325 องศาเซลเซียส)

ข) กรณีสที่อุณหภูมิ เท่ากับ 350 องศาเซลเซียส



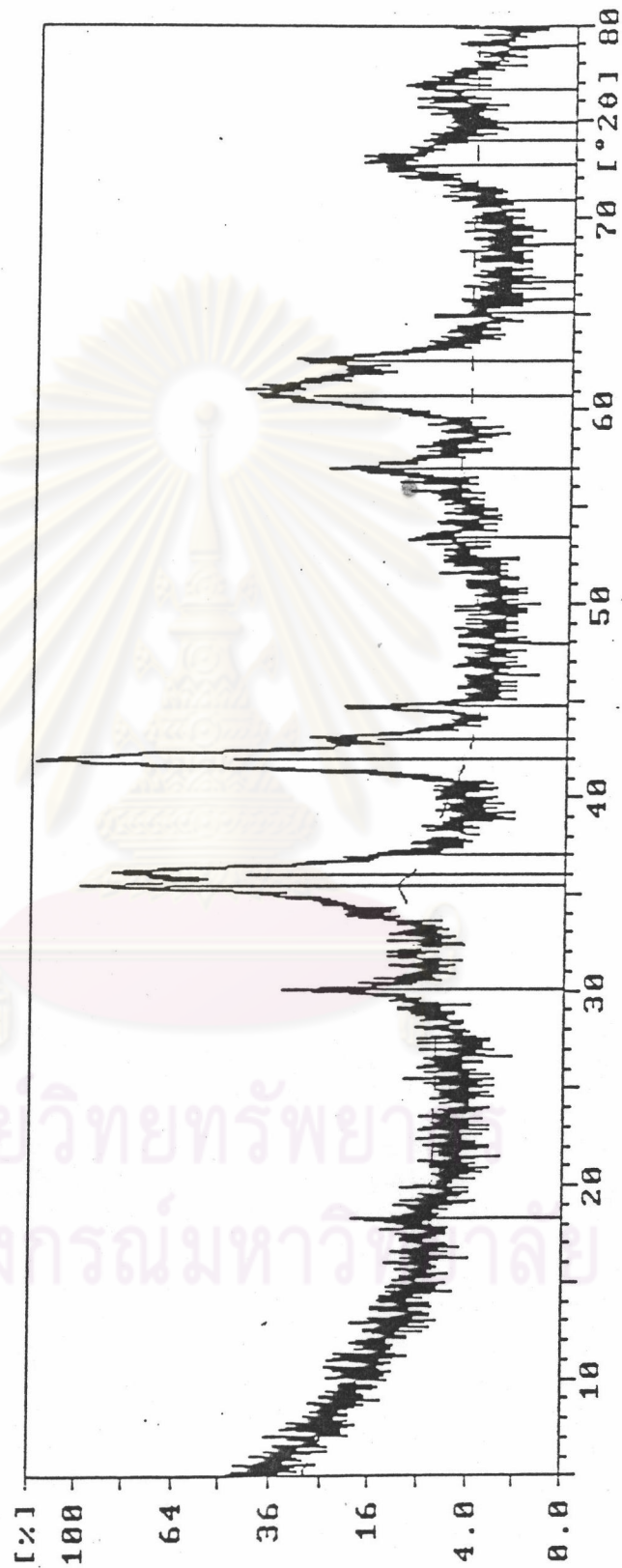
รูปที่ 4.30 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิ เท่ากับ 350 องศาเซลเซียส)

ค) กรณีสี่อุณหภูมิ เท่ากับ 375 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิ เท่ากับ 375 องศาเซลเซียส)

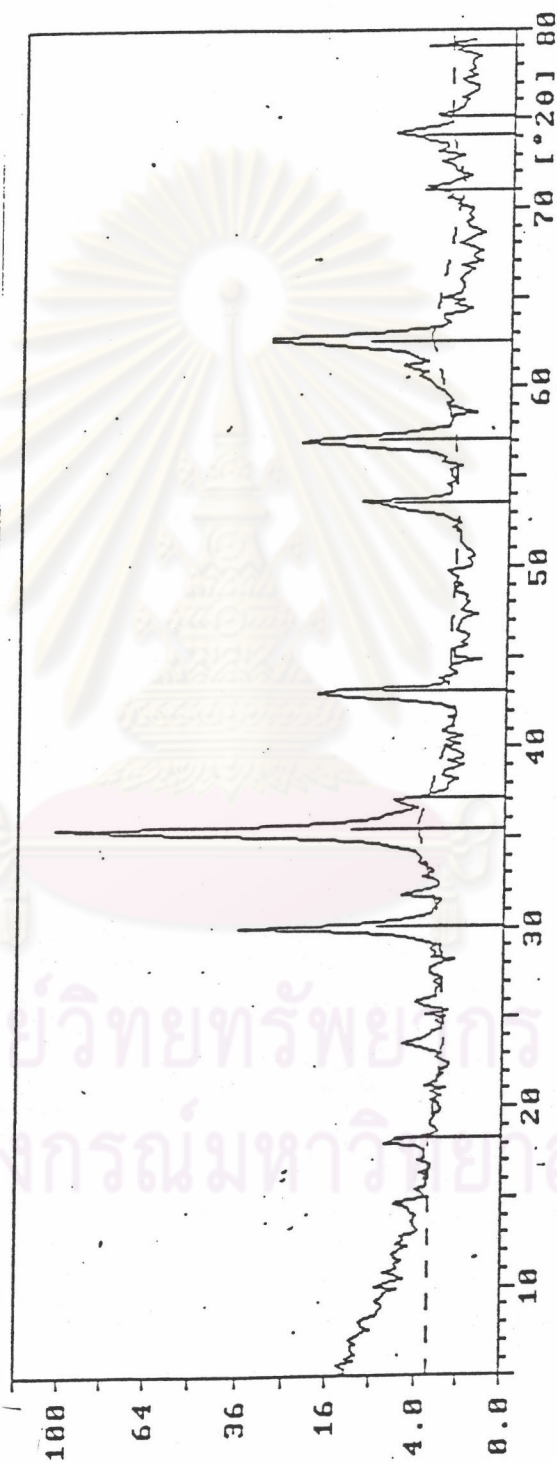
ง) กรรณิที่อุณหภูมิ เท่ากับ 400 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิ เท่ากับ 400 องศาเซลเซียส)

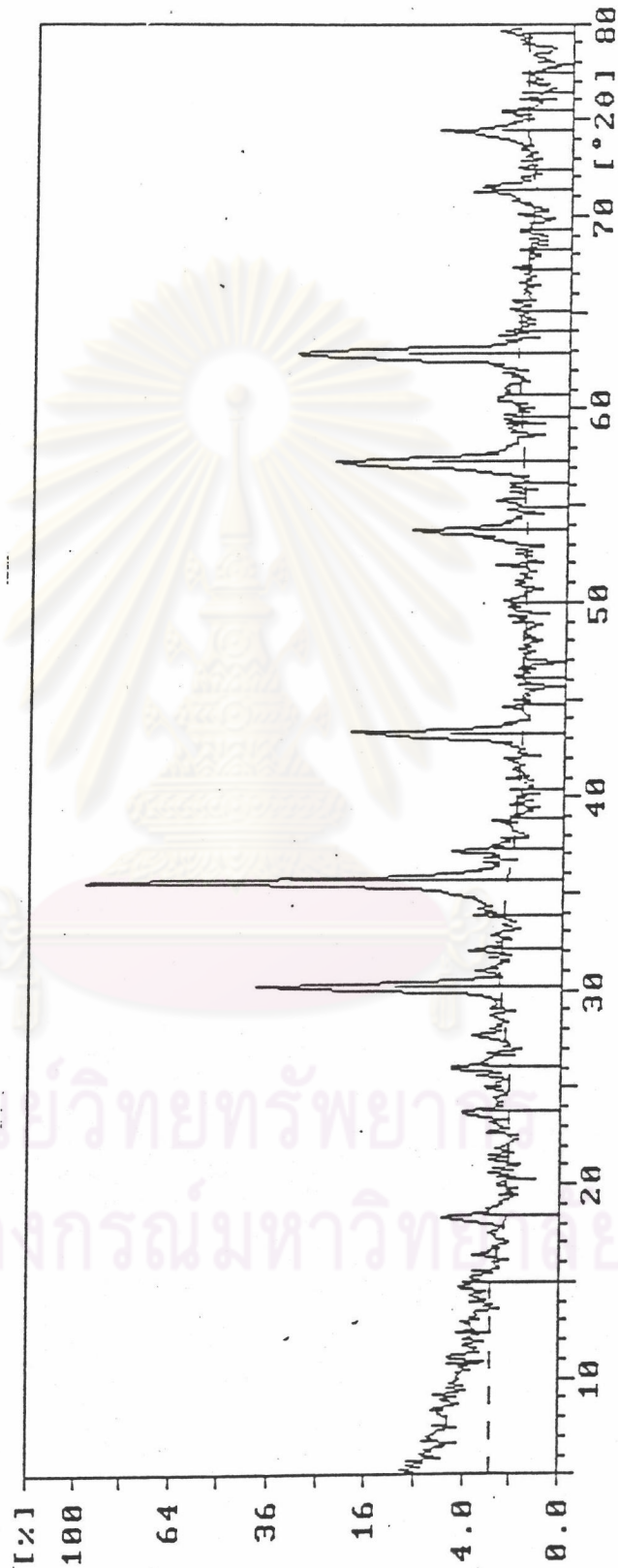
4.2.6) รายละเอียดของผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ

ก) กรณีอุณหภูมิ เท่ากับ 200 องศาเซลเซียส



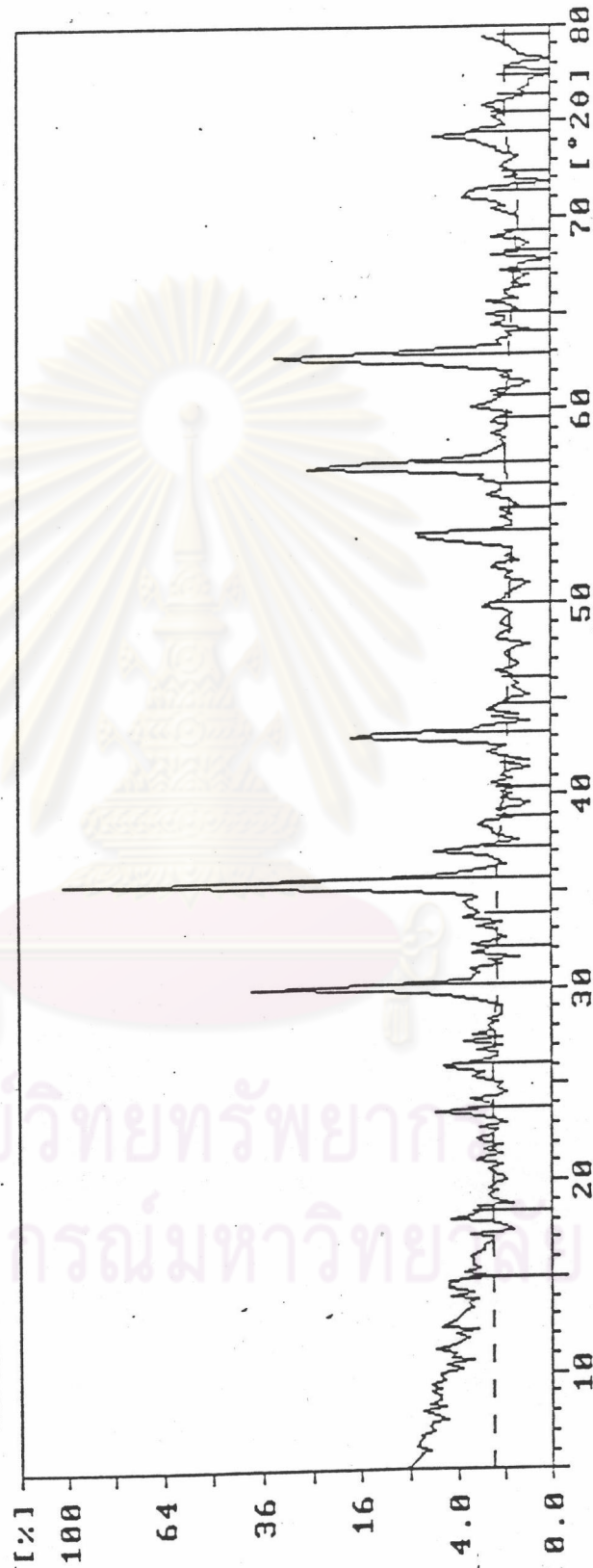
รูปที่ 4.33 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิ เท่ากับ 200 องศาเซลเซียส)

ข) กรณีนีออนหุ้ม เท่ากับ 250 องศาเซลเซียส



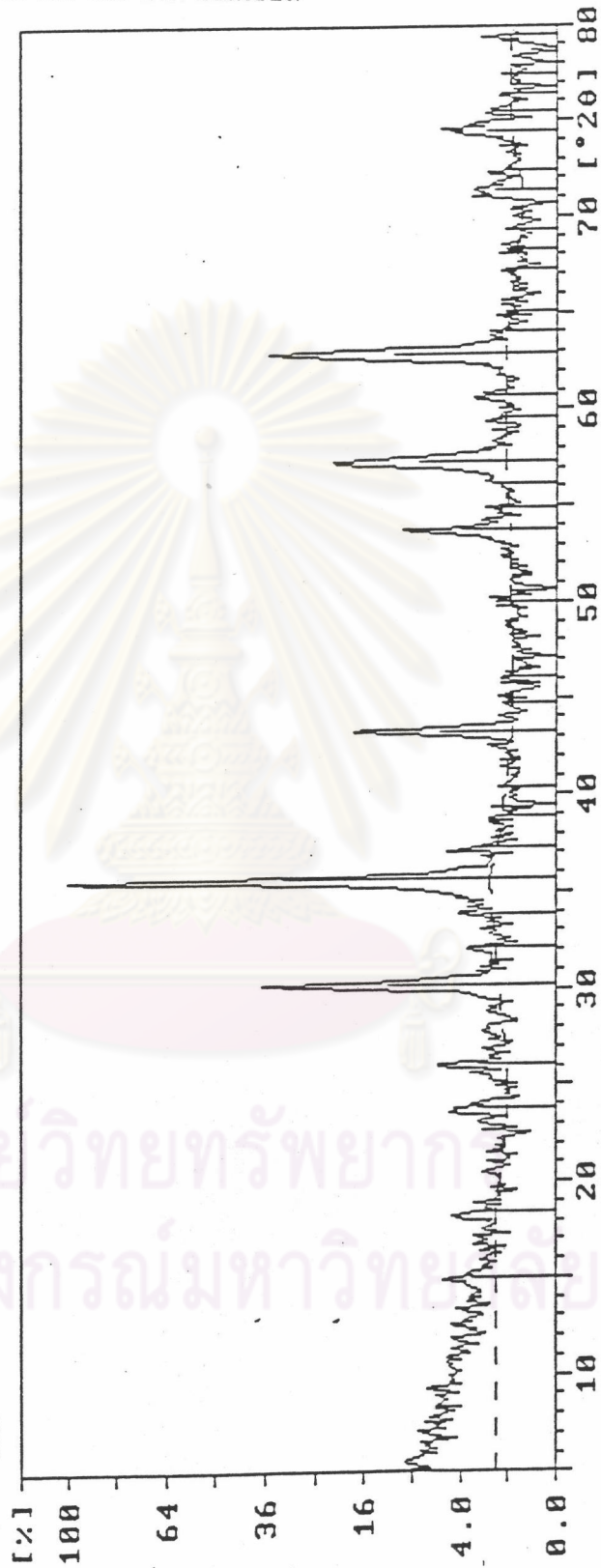
รูปที่ 4.34 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิ เท่ากับ 250 องศาเซลเซียส)

ค) กรณีอุณหภูมิ เท่ากับ 300 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิ เท่ากับ 300 องศาเซลเซียส)

ง) กรณีนีออนหภูมิ เท่ากับ 350 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.36 ผลการวิเคราะห์ผลึกภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่อง XRD (อุณหภูมิ เท่ากับ 350 องศาเซลเซียส)

4.3) ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ระหว่าง อนุภาคแม่เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรม กับ สารแม่เหล็กที่สังเคราะห์ขึ้นในการศึกษาค้างนี้

จากการศึกษาในค้างนี้ สามารถสังเคราะห์อนุภาคแม่เหล็กชนิด แมกนีไมต์ ($\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$) ที่มีผลึกเป็นรูปเข็ม ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติที่สำคัญของอนุภาคแม่เหล็กที่นำเข้ามาจากต่างประเทศเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเทปบันทึกเสียง กับอนุภาคแม่เหล็กที่สังเคราะห์ขึ้นเองในการศึกษาค้างนี้

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบคุณสมบัติที่สำคัญระหว่างอนุภาคแม่เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรม กับอนุภาคแม่เหล็กที่สังเคราะห์ขึ้นเองในการศึกษาค้างนี้

คุณสมบัติ	ข้อกำหนดของโรงงาน	สารจากต่างประเทศ	จากการศึกษา
1) ชนิดของอนุภาค	$\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$
2) รูปร่างของอนุภาค	รูปเข็ม	รูปเข็ม	รูปเข็ม
3) ขนาดของอนุภาค	$L < 1 \mu\text{m}$ $LW = 5 - 10$	$L = 0.279 \mu\text{m}$ $W = 0.044 \mu\text{m}$ $LW = 6.34$	$L = 0.248 \mu\text{m}$ $W = 0.045 \mu\text{m}$ $LW = 5.51$
4) คุณสมบัติทางแม่เหล็ก			
- H_c	> 350	392.5, 448.4*	363, 422.5*
- M_r / M_s	0.5 - 1.0	0.43, 0.42*	0.43 0.42*

หมายเหตุ (1) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแม่เหล็กกระทำโดยห้องทดสอบที่ประเทศญี่ปุ่น และได้หวั่น โดยสาร $\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$ ที่ได้จากการศึกษานี้ได้จากขั้นตอนการทำออกซิเดชันซึ่งมีสภาวะต่างๆ ดังต่อไปนี้

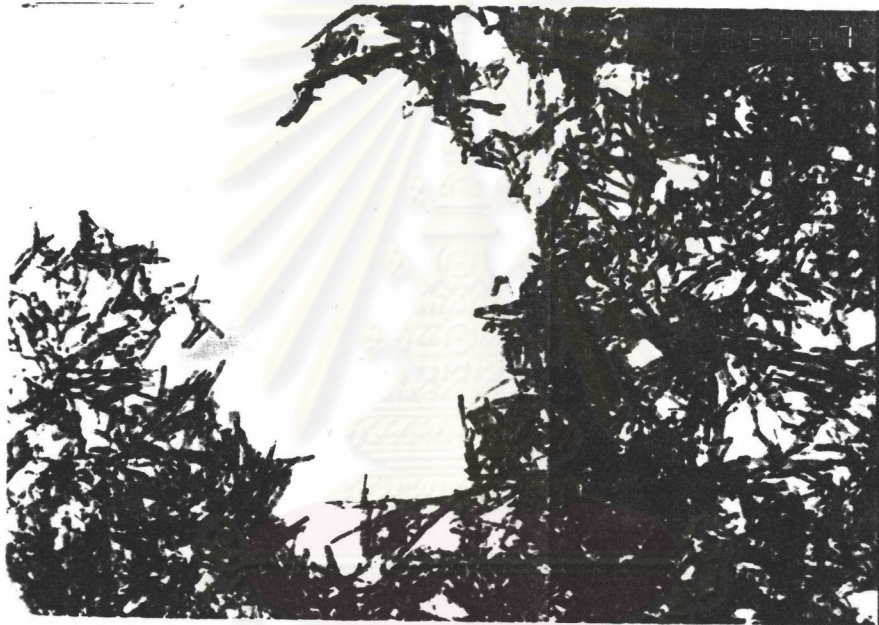
อุณหภูมิการทำออกซิเดชัน เท่ากับ 250 องศาเซลเซียส
อัตราการไหลของอากาศ เท่ากับ 1.0 ลิตร ต่อ นาที
เวลาที่ใช้ในขั้นตอนการทำออกซิเดชัน เท่ากับ 60 นาที

(2) เครื่องหมาย * หมายถึงผลการทดสอบที่ได้จากประเทศญี่ปุ่น

4.4) รายละเอียดของผลการวิเคราะห์โดยใช้กล้อง TEM

4.4.1) ผลการวิเคราะห์โดยใช้กล้อง TEM

ก) อนุภาคแม่เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรม



0.7 μm x 10,000

รูปที่ 4.37 ภาพถ่าย TEM ของอนุภาคแม่เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรม

ศูนย์วิทยพัชร์พวยจร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



x 30,000
0.23 μm

รูปที่ 4.38 ภาพถ่าย TEM ของอนุภาคแม่เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรม

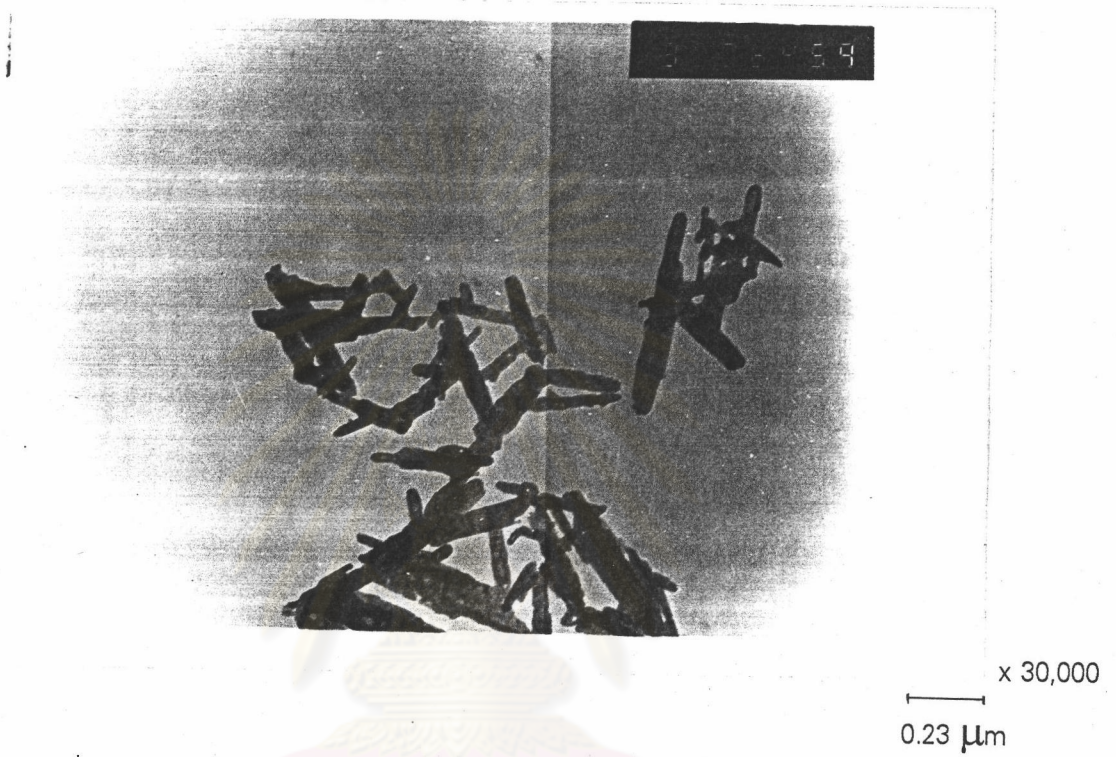
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข) อนุภาคแม่เหล็กที่สังเคราะห์ขึ้นจากการศึกษา



รูปที่ 4.39 ภาพถ่าย TEM ของอนุภาคแม่เหล็กที่สังเคราะห์ขึ้นจากการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

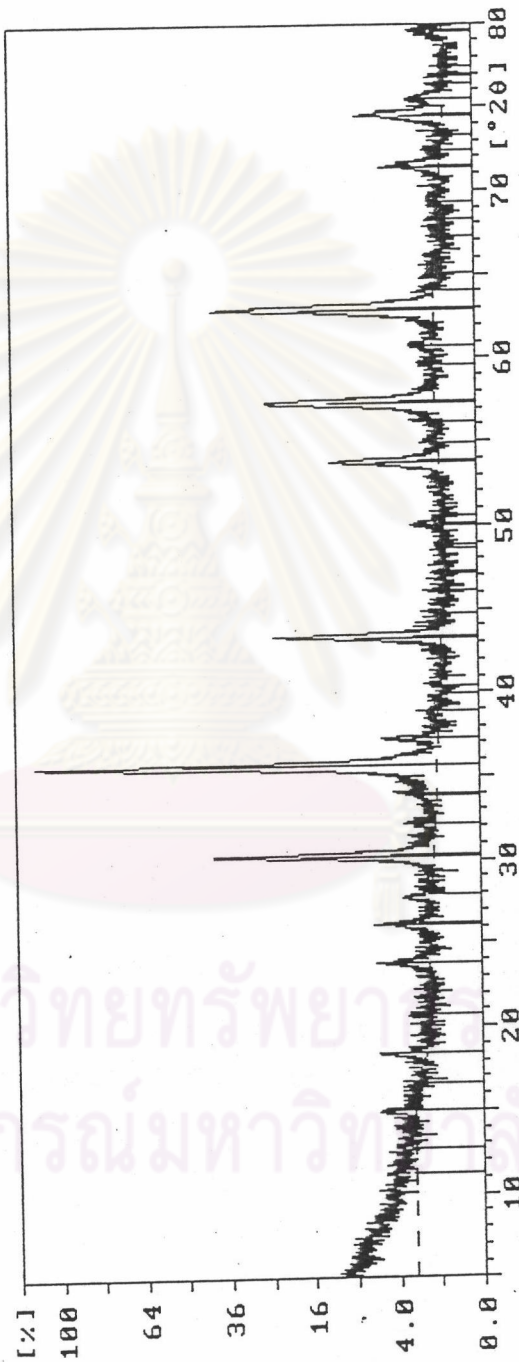


รูปที่ 4.40 ภาพถ่าย TEM ของอนุภาคแม่เหล็กที่สังเคราะห์ขึ้นจากการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

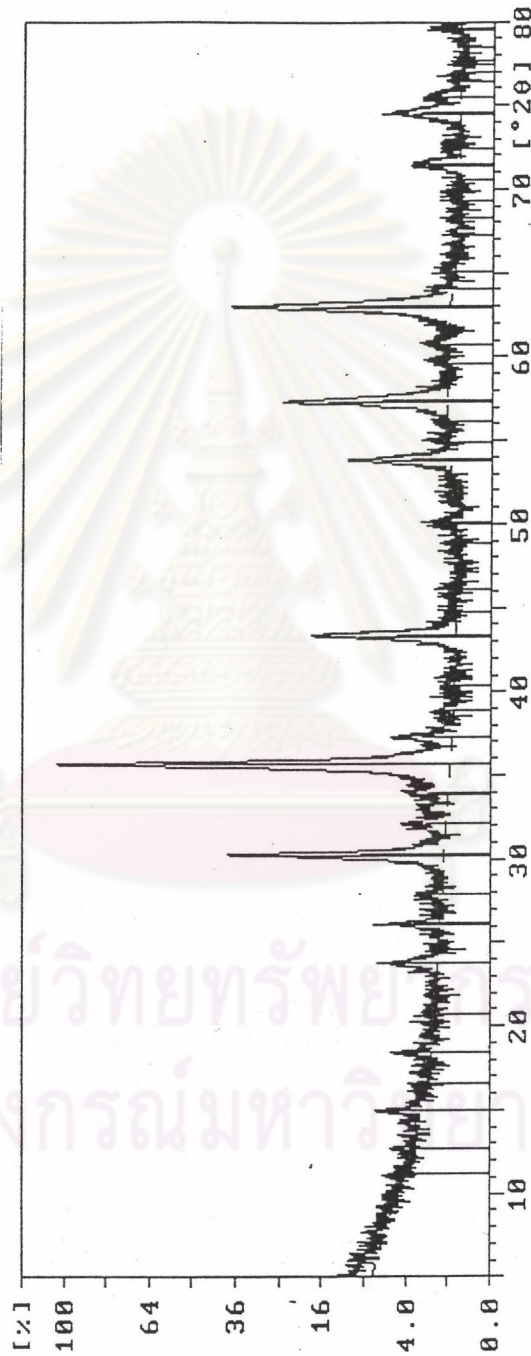
4.4.2) ผลการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง XRD

ก) อนุภาคแม่เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรม



รูปที่ 4.41 ผลการวิเคราะห์คุณภาพแม่เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมโดยใช้เครื่อง XRD

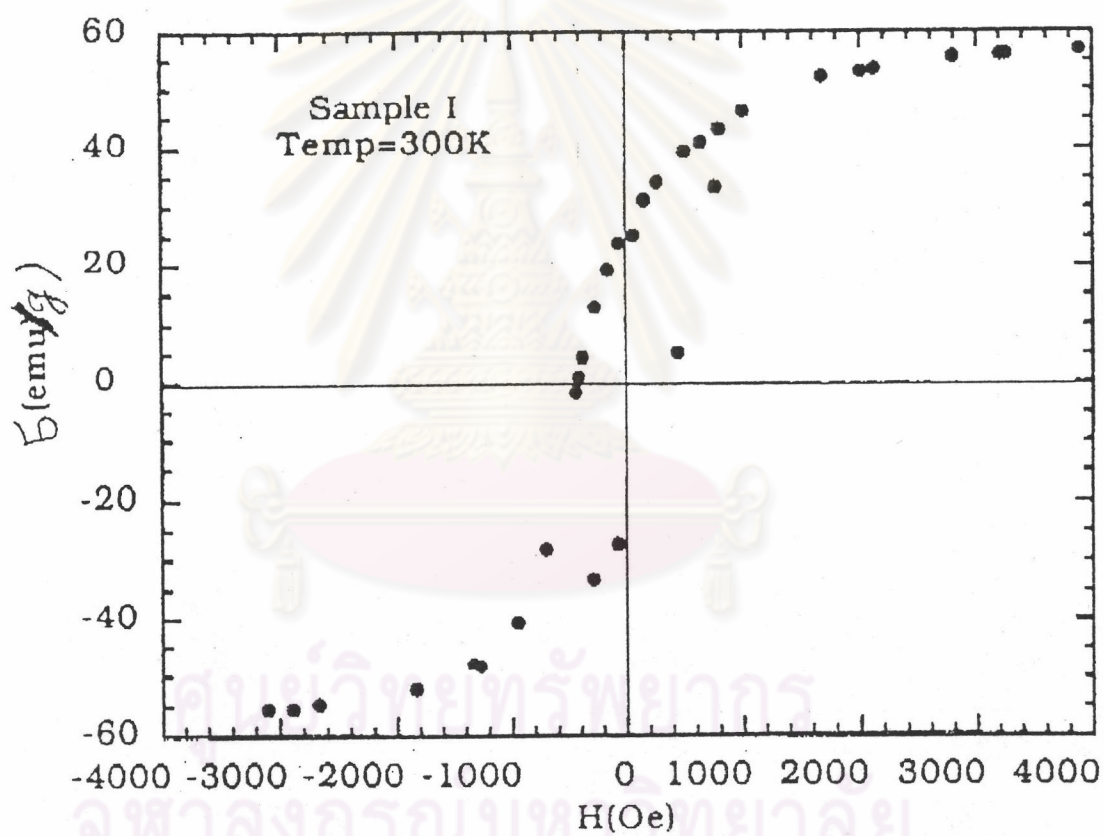
ข) อนุภาคแม่เหล็กที่สังเคราะห์ขึ้นจากการศึกษา



รูปที่ 4.42 ผลการวิเคราะห์คุณภาพแม่เหล็กที่สังเคราะห์ขึ้นโดยใช้เครื่อง XRD

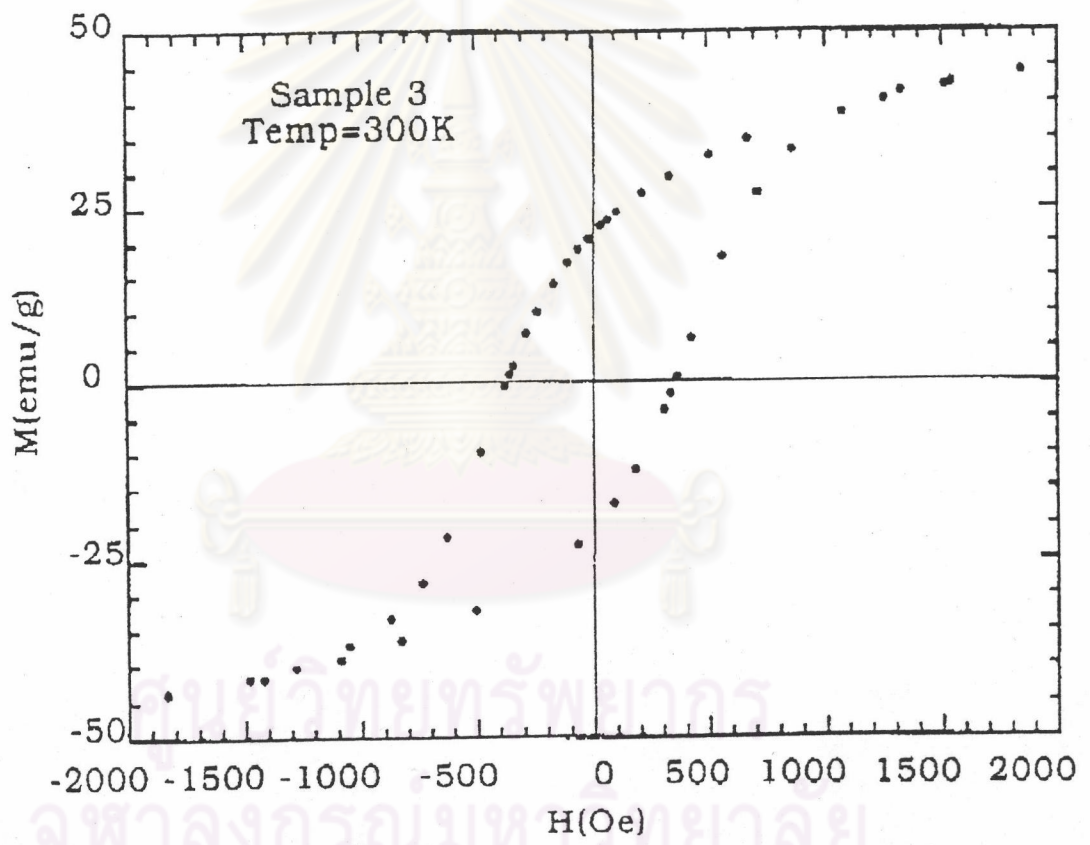
4.4.3) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแม่เหล็ก

ก) อนุภาคแม่เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรม



รูปที่ 4.43 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแม่เหล็กจากประเทศไต้หวัน (ครั้งที่ 1)

 H_c เท่ากับ 415 Oe . σ_s เท่ากับ 58.57 emu/g . σ_r เท่ากับ 58.57 emu/g .

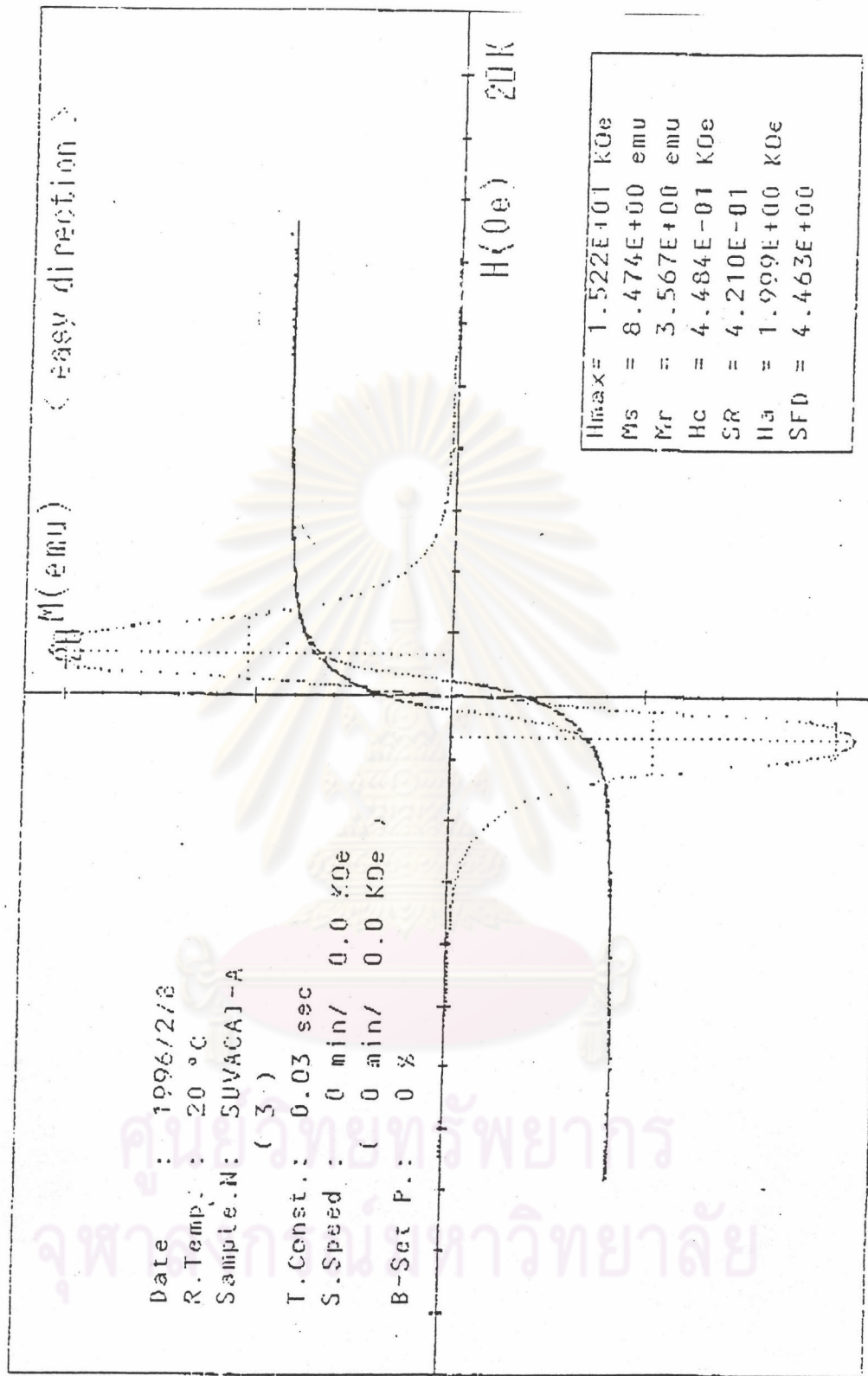


รูปที่ 4.44 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแม่เหล็กจากประเทศไต้หวัน (ครั้งที่ 2)

H_c เท่ากับ 370 Oe.

σ_s เท่ากับ 49.22 emu / g.

σ_r เท่ากับ 21.32 emu / g.



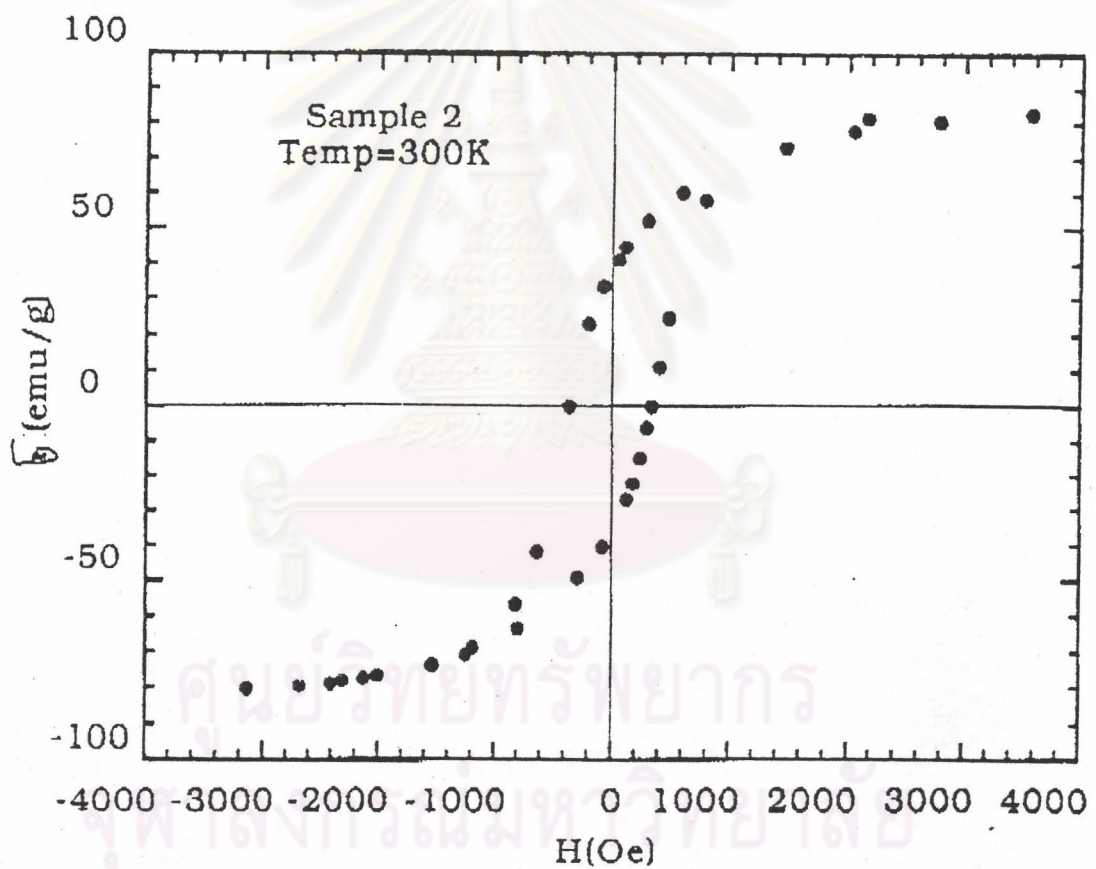
รูปที่ 4.45 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแม่เหล็กจากประเทศญี่ปุ่น

H_c เท่ากับ 448 Oe.

σ_s เท่ากับ 72.06 emu / g.

σ_r เท่ากับ 30.33 emu / g.

ข) อนุภาคแม่เหล็กที่สังเคราะห์ขึ้นจากการศึกษา

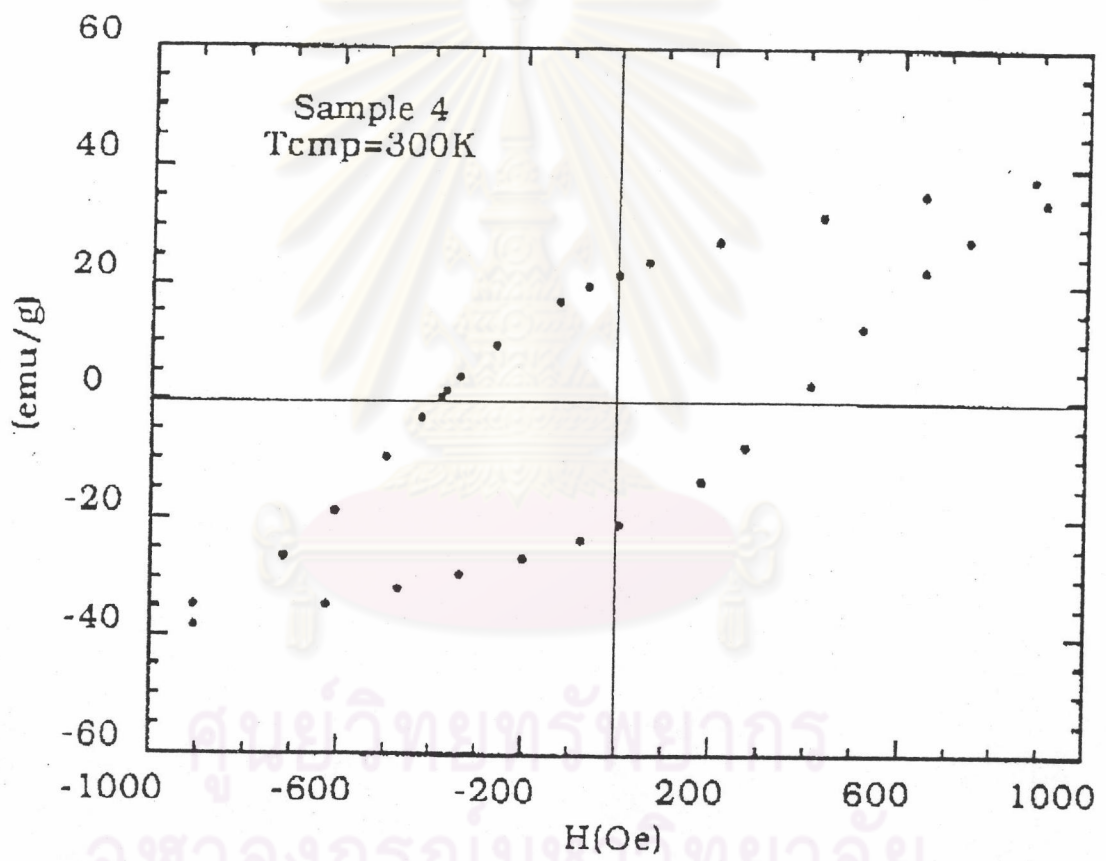


รูปที่ 4.46 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแม่เหล็กจากประเทศไต้หวัน (ครั้งที่ 1)

H_c เท่ากับ 350 Oe.

σ_s เท่ากับ 85.82 emu / g.

σ_r เท่ากับ 37.00 emu / g.

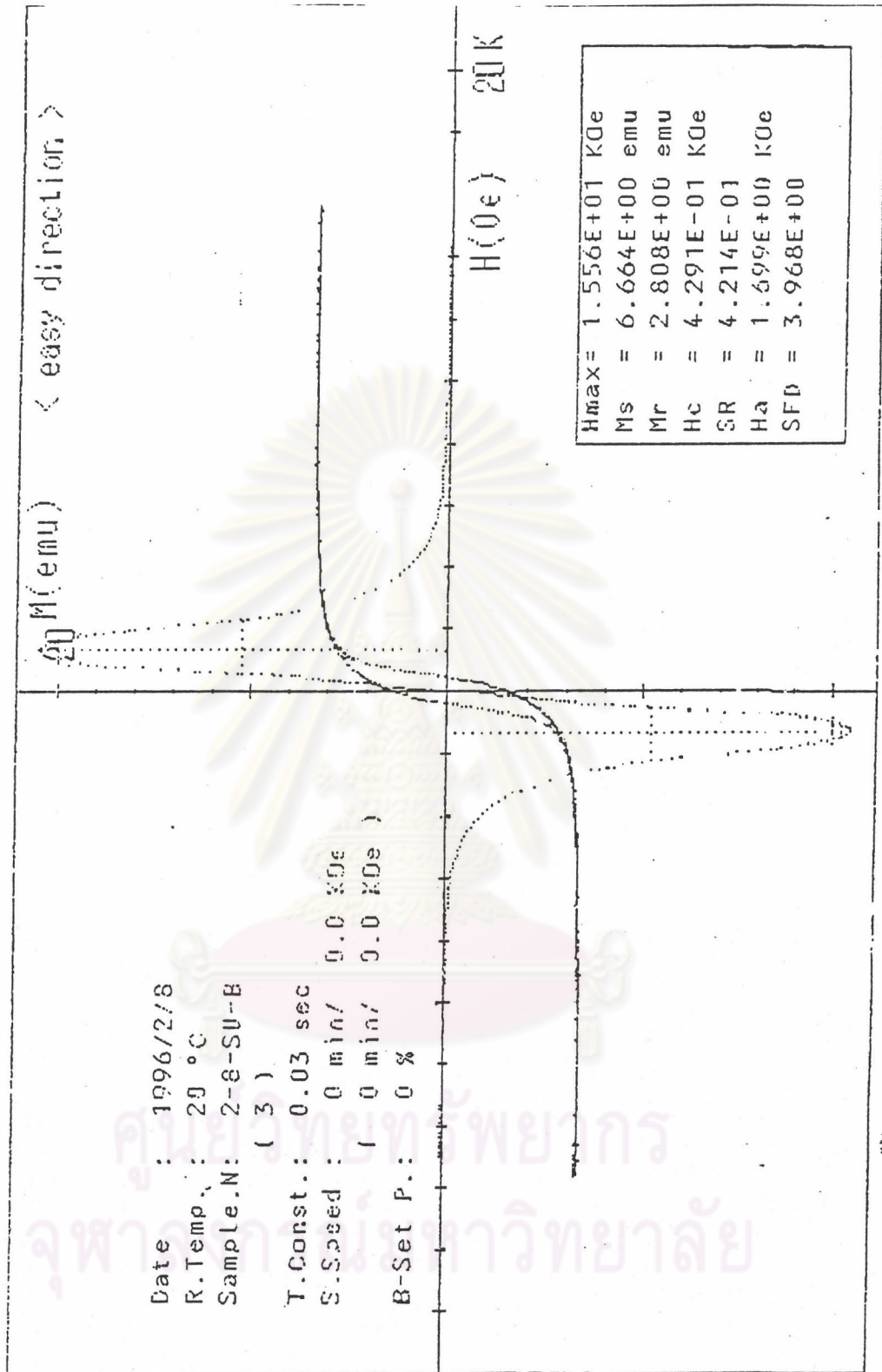


รูปที่ 4.47 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแม่เหล็กจากประเทศไต้หวัน (ครั้งที่ 2)

H_c เท่ากับ 376 Oe.

σ_s เท่ากับ 51.60 emu / g.

σ_r เท่ากับ 21.65 emu / g.

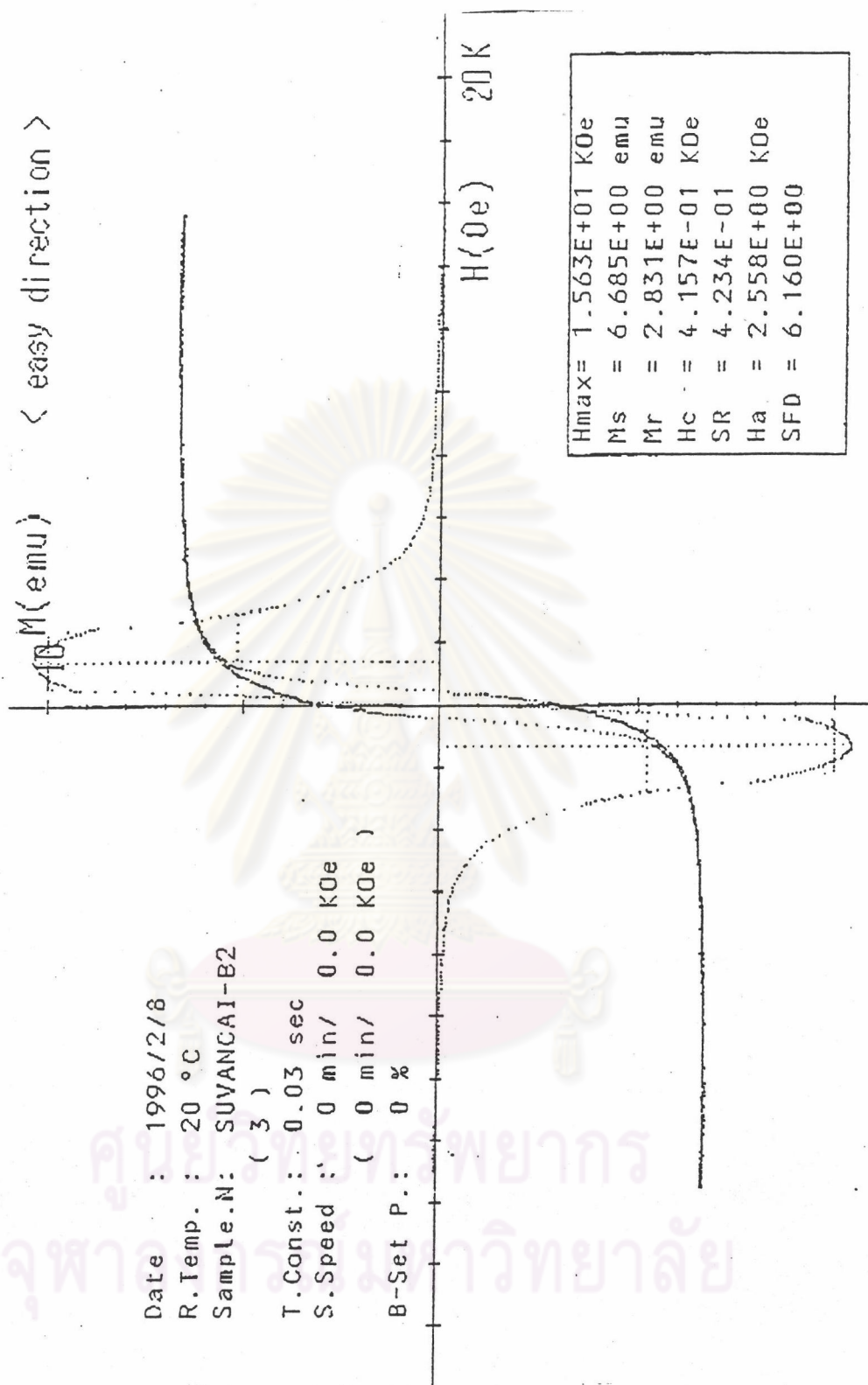


รูปที่ 4.48 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแม่เหล็กจากประเทศญี่ปุ่น (ครั้งที่ 1)

H_c เท่ากับ 429 Oe.

σ_s เท่ากับ 72.20 emu / g.

σ_r เท่ากับ 30.42 emu / g.



รูปที่ 4.49 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแม่เหล็กจากประเทศญี่ปุ่น (ครั้งที่2)

H_c เท่ากับ 416 Oe.

σ_s เท่ากับ 72.42 emu / g.

σ_r เท่ากับ 30.67 emu / g.