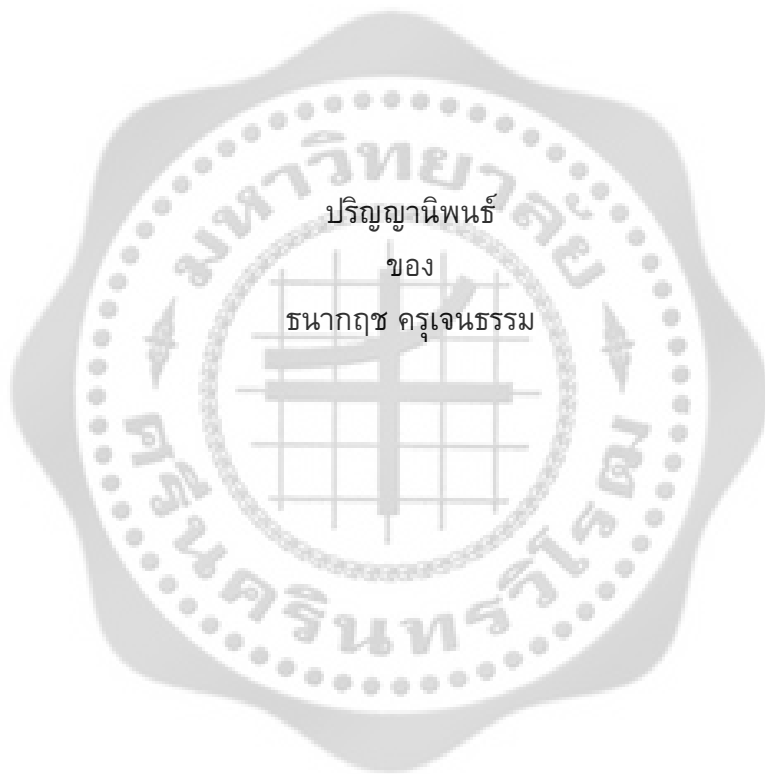


การสังเคราะห์และการทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบเชิงซ้อน
ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI)



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
เมษายน 2556

การสังเคราะห์และการทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบเชิงซ้อน
ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI)



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
เมษายน 2556
ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การสังเคราะห์และการทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบเชิงซ้อน
ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI)



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
เมษายน 2556

ชนากฤช คุรุเจนธรรม. (2553). การสังเคราะห์และการทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ สารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI). ปริญญาโท วท.ม.(เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรยุทธ ลีพรเจริญวงศ์

สารประกอบเชิงซ้อนของ $\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOBr})_2$ (1), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOCl})_2]$ (2), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2)_2]$ (3), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOS})_2]$ (4), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOOCH}_3)_2]$ (5) และ $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2\text{Cl})_2]$ (6) สามารถสังเคราะห์ได้จากการเติมลิแกนด์ 2-bromopyridine, 2-chloropyridine, 2-hydroxypyridine, 2-mercaptopyridine, 2-methoxypyridine และ 6-chloro-2-hydroxypyridine ตามลำดับ ลงในสารละลายสีเหลืองใสของ MoO_3 ในสารละลาย 30% ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หลังสิ้นสุดปฏิกิริยาจะได้ตะกอนสีเหลืองของสาร นำไปทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอิน พบว่าจากการติดตามการเร่งปฏิกิริยา ของ (1), (3), (4), (5), (6) ด้วย ^1H NMR สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอิน เป็นเบนซิลได้ที่อุณหภูมิห้องใน 24 ชั่วโมง โดยมี DMSO เป็นตัวออกซิไดซ์ ยกเว้น (2) ที่ต้องนำไปความร้อนในอ่างน้ำมันที่ 100°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมงก่อนจึงสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอิน ได้ และการทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนซิลแอลกอฮอล์ของสารประกอบ (1), (2), (4), (5) เร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่า (3) และ (6) แต่ก็ยังไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาให้เป็นเบนซาลดีไฮด์ได้อย่างสมบูรณ์

SYNTHESIS AND OXIDATIVE CATALYTIC ACTIVITIES OF OXO-PEROXO
MOLYBDENUM (VI) COMPLEXES



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Science Degree in Chemistry
at Srinakharinwirot University

April 2013

Thanakrich Karujantham. (2013). *Synthesis and oxidative catalytic activity of oxo-peroxo molybdenum(VI) complexes*. Master thesis. M.Sc. (Chemistry). Bangkok
:Graduate School. Srinakharinwirot University. Advisor Committee
:Assistant Professor Dr. Teerayuth Liwporcharoenvong

Complexes of $\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOBr})_2$ (1), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOCl})_2]$ (2), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2)_2]$ (3), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOS})_2]$ (4), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOOCH}_3)_2]$ (5) and $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2\text{Cl})_2]$ (6) were synthesized using MoO_3 dissolved in 30% H_2O_2 solution then reacted with 2-bromopyridine, 2-chloropyridine, 2-hydroxypyridine, 2-mercaptopyridine, 2-methoxypyridine and 6-chloro-2-hydroxypyridine respectively. All complexes were yellowish solids. Catalytic activities of these compounds were investigated by ^1H NMR spectroscopy. Complex (1), (3), (4), (5) and (6) showed catalytic activity toward oxidation reaction of benzoin to benzyl with DMSO as oxygen donor at room temperature within 24 hrs. Compound (2) required heat in oil bath at 100°C for 6 hrs. to show its catalytic activity. All Complex showed uncomplete catalytic activity toward oxidation reaction of benzyl alcohol to benzaldehyde with DMSO as oxygen donor at oil bath 100°C in 48 hrs. Although (1), (2), (4) and (5) are catalytic activity better than complexes (3) and (6).

การสังเคราะห์และการทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบเชิงซ้อน
ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI)



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
เมษายน 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญาบัตร

เรื่อง

การสังเคราะห์และการทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบเชิงซ้อน

ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI)

ของ

ธนาภช คุรุเจนธรรม

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2556

คณะกรรมการควบคุมปริญญาบัตร

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรยุทธ ลีพรเจริญวงศ์)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริธร สโมสร)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรยุทธ ลีพรเจริญวงศ์)

.....กรรมการ

(ดร.อาทิตย์ยา สามัญหา)

ประกาศคุณประการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับคำแนะนำ ความช่วยเหลือ ความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากคณาจารย์ในภาควิชาเคมีหลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบ
ขอบพระคุณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรยุทธ ลีพรเจริญวงศ์ ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่กรุณา
ให้คำปรึกษาและคำชี้แนะ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในกา รแก้ปัญหาทุกขั้นตอนอันเกิดจาก
การวิจัยและการเขียนปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริธร สโมสร ที่ให้ความกรุณาในการเป็น
ประธานกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ และ ดร. อาทิตยา สุขมณฑา ที่ให้ความ
กรุณาในการเป็นกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำและชี้แนะ
ข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณ รอง
ศาสตราจารย์ ดร. พรพิมล ม่วงไทย ประธานกรรมการบริหารหลักสูตร และคณาจารย์ภาควิชาเคมี
ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และให้ความเมตตาเอาใจใส่แก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา
รวมทั้งโครงการส่งเสริมผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ที่ให้
ทุนการศึกษาและทุนวิจัยในครั้งนี้

ขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมี รวมถึงคุณสมพร ดิยะศรี ที่ให้
คำแนะนำ และช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกแก่ผู้วิจัยตลอดการศึกษา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความ
กรุณาของทุกๆท่านเป็นอย่างยิ่ง

ผู้วิจัยขอโน้มรำลึกถึงผู้พระคุณบิดา มารดา และญาติสนิททุกท่านที่ได้อบรมเลี้ยงดู ให้
กำลังใจและให้การสนับสนุนในด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัย ขอขอบคุณอาจารย์ รวมถึงผู้มีพระคุณทุก
ท่านที่มีได้กล่าวรายนามไว้ ณ ที่นี้ด้วย ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ขั้นตอนของการวิจัย.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
สมบัติทั่วไปของโพลีบดีนัมและโพลีบดีนัมไตรออกไซด์.....	6
ชนิดของลิแกนด์ในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน.....	6
การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของโพลีบดีนัม(VI).....	8
ปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอินทรีย์ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นสารเนื้อเดียว.....	9
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
3 วิธีดำเนินการวิจัย	19
อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย.....	19
วิธีดำเนินการวิจัย.....	20
การสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโพลีบดีนัม(VI) โดยใช้ ลิแกนด์ไบเดนเทตชนิดต่างๆ.....	20
ทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินโดยใช้สารประกอบเชิงซ้อน ออกโซ- เปอร์ออกโซโพลีบดีนัม(VI) ที่สังเคราะห์ได้.....	21
ทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนซิลแอลกอฮอล์โดยใช้สารประกอบ เชิงซ้อนออกโซ- เปอร์ออกโซโพลีบดีนัม(VI) ที่สังเคราะห์ได้.....	21

สารบัญ

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย.....	
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาการสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซ โมลิบดีนัม(VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทตชนิดต่างๆ.....	22
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินโดยใช้ สารประกอบเชิงซ้อนออกโซ- เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม(VI) ที่สังเคราะห์ได้.....	25
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนซิลแอลกอฮอล์โดยใช้ สารประกอบเชิงซ้อนออกโซ- เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม(VI) ที่สังเคราะห์ได้...	29
5 สรุปผล อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	35
บรรณานุกรม.....	38
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	41



บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงสมบัติทั่วไปของโมลิบดีนัม.....	5
2 แสดงสมบัติทั่วไปของโมลิบดีนัมไตรออกไซด์.....	6



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงโมเลกุลของ ethylenediamine (en).....	6
2 แสดงโมเลกุลของ diethylenetriamine (dien) , triethylenetetramine (trien) และ tetraethylenepentaamine (tetraen).....	7
3 แสดงโมเลกุลของ $\{(Fe(III)(OH_2)_4)_2(\mu-OH)_2\}^{4+}$	7
4 แสดงโมเลกุลลิแกนด์ไบเดนเทตที่ใช้ในงานวิจัย.....	8
5 แสดงโมเลกุลของ $MoO(O_2)_3$	8
6 แสดงการแทนที่ของไบเดนเทตลิแกนด์ในสารเชิงซ้อน $MoO(O_2)_3$	9
7 แสดงปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินและเบนซิลแอลกอฮอล์.....	10
8 โครงสร้าง ORTEP ของ $[MoO(O_2)(QO)_2]$	11
9 แสดงกลไกการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนซิลแอลกอฮอล์ด้วย $[MoO(O_2)(QO)_2]$	11
10 โครงสร้าง ORTEP ไอออนลบของ $PPh_4[MoO(O_2)(HPEOH)]$	12
11 โครงสร้าง ORTEP ไอออนลบของ $PPh_4[WO(O_2)(HPEOH)]$	13
12 แสดงการเกิด oxo-peroxo Mo(VI) complex ของ $[CpMo(CO)_3(C \equiv h)]$	14
13 กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเบนซิลแอลกอฮอล์ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา $[CpMoO(O_2)(C \equiv CPh)]$	14
14 แสดงกลไกการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของซัลไฟด์ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ขึ้น.....	15
15 โครงสร้าง ORTEP ของ $[MoO(O_2)(phox)_2]$	16
16 แสดงกลไกการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลเคนด้วย $[MoO(O_2)(phox)_2]$	16
17 โครงสร้าง ORTEP ของ $[MoO(O_2)L(CH_3OH)]$	17
18 แสดงกลไกการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของซัลไฟด์ ด้วย $[MoO(O_2)L(CH_3OH)]$	18
19 แสดง ORTEP3 ของ $[MoO(O_2)(PyO_2)_2]$	23
20 แสดงสูตรโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ 6 ชนิด.....	24
21 1H NMR (300 MHz, DMSO- d_6) ของเบนโซอิน.....	26
22 1H NMR (300 MHz, DMSO- d_6) ของเบนซิล.....	26

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
23 ^1H NMR ก่อน (a) และหลัง (b) เร่งปฏิกิริยาของสารประกอบ (1).....	27
24 ^1H NMR ก่อน (a) และหลัง (b) เร่งปฏิกิริยาของสารประกอบ (3).....	27
25 ^1H NMR ก่อน (a) และหลัง (b) เร่งปฏิกิริยาของสารประกอบ (4)	28
26 ^1H NMR ก่อน (a) และหลัง (b) เร่งปฏิกิริยาของสารประกอบ (5)	28
27 ^1H NMR ก่อน (a) และหลัง (b) เร่งปฏิกิริยาของสารประกอบ (6)	29
28 ^1H NMR ของตัวเร่งปฏิกิริยา (2) และเบนโซอิน ที่ช่วงเวลาต่างๆ.....	29
29 ^1H NMR (300 MHz, DMSO- d_6) ของเบนซาลดีไฮด์.....	30
30 ^1H NMR (300 MHz, DMSO- d_6) ของเบนซาลดีไฮด์.....	31
31 เปรียบเทียบ ^1H NMR ของเบนซิลแอลกอฮอล์และตัวเร่งปฏิกิริยา (1) ที่เวลาต่างๆ.....	32
32 เปรียบเทียบ ^1H NMR ของเบนซิลแอลกอฮอล์และตัวเร่งปฏิกิริยา (2) ที่เวลาต่างๆ.....	32
33 เปรียบเทียบ ^1H NMR ของเบนซิลแอลกอฮอล์และตัวเร่งปฏิกิริยา (3) ที่เวลาต่างๆ.....	33
34 เปรียบเทียบ ^1H NMR ของเบนซิลแอลกอฮอล์และตัวเร่งปฏิกิริยา (4) ที่เวลาต่างๆ.....	33
35 เปรียบเทียบ ^1H NMR ของเบนซิลแอลกอฮอล์และตัวเร่งปฏิกิริยา (5) ที่เวลาต่างๆ.....	34
36 เปรียบเทียบ ^1H NMR ของเบนซิลแอลกอฮอล์และตัวเร่งปฏิกิริยา (6) ที่เวลาต่างๆ.....	34

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การใช้สารประกอบเชิงซ้อน ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ต่างๆ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอินทรีย์และนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลายในอดีตที่ผ่านมาการเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัมกับลิแกนด์มอนอเดนเทต แต่ก็มีปัญหาในการนำไปใช้ เนื่องจากมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ได้น้อย และยังเกิดตะกอนของตัวเร่งปฏิกิริยาเนื่องจากลิแกนด์มอนอเดนเทตจะหลุดออกจากโคออร์ดิเนชันสเฟียร์ หลังจากการเร่งปฏิกิริยา เช่นในตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีคลอไรด์ไอออนเป็นลิแกนด์มอนอเดนเทต เป็นต้น

ปัจจุบันได้มีงานวิจัยพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาของสารประกอบเชิงซ้อน ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทตที่หลากหลายและนำไปใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบประเภทแอลเคน (Majtaba; et al. 2012:52-55) สารประกอบโอเลฟิน แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ ซัลไฟด์ เอมีนโดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์ (Narottam; et al. 2009:1089-1100) นอกจากนี้ยังใช้ในการเร่งปฏิกิริยาอ็อกซิเดชันของแอลคีน (Ge; et al. 2004: 3223-3229) สามารถทำได้ในสถานะที่ไม่รุนแรงไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังได้ผลผลิตที่ดี และ TON สูงและยังพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ขึ้นจะมีอัตราส่วนระหว่างโมลิบดีนัมต่อลิแกนด์ไบเดนเทต เป็น 1:1 หรือ 1:2 ตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เนื่องจากลิแกนด์ไบเดนเทต จะเป็นกลุ่มของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งช่วยทำให้ละลายได้ดีขึ้นในตัวทำละลายอินทรีย์ อีกทั้งยังสามารถช่วยป้องกันการตกตะกอนของตัวเร่งปฏิกิริยาได้อีกด้วย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้สังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อน ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทต 6 ชนิด ได้แก่ 2-bromopyridine, 2-chloropyridine, 2-hydroxypyridine, 2-mercaptopyridine, 2-methoxypyridine และ 6-chloro-2-hydroxypyridine ในอัตราส่วนระหว่าง โมลิบดีนัมต่อลิแกนด์ไบเดนเทต เป็น 1:2 หลังจากสังเคราะห์สารแล้วทำการตกผลึกซ้ำและนำไปวัด จุดหลอมเหลว หาโครงสร้างของสารที่สังเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรด สเปกโตรสโกปี และโปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์ ทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ขึ้นกับเบนโซอินและเบนซิลแอลกอฮอล์ โดยมีไดเมทิลซัลโฟไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์ โดยทิ้งให้ทำปฏิกิริยา ในอ่างน้ำมันที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ



ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสังเคราะห์และศึกษาสมบัติทางกายภาพของสารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทต 6 ชนิด ได้แก่ 2-bromopyridine, 2-chloropyridine, 2-hydroxypyridine, 2-mercaptopyridine, 2-methoxypyridine และ 6-chloro-2-hydroxypyridine
2. เพื่อศึกษาการเร่งปฏิกิริยาสารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทต 6 ชนิด ได้แก่ 2-bromopyridine, 2-chloropyridine, 2-hydroxypyridine, 2-mercaptopyridine, 2-methoxypyridine และ 6-chloro-2-hydroxypyridine ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินและเบนซิลแอลกอฮอล์ โดยใช้ไดเมทิลซัลโฟไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์

ความสำคัญของการวิจัย

1. ทำให้ทราบสมบัติทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ เช่น จุดหลอมเหลว ลักษณะของผลึก สมบัติการละลาย โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ขึ้นโดยใช้ เทคนิค อินฟราเรด สเปกโตรสโกปี และ โปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์
2. ทำให้ทราบถึงความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาสารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทต 6 ชนิด ได้แก่ 2-bromopyridine, 2-chloropyridine, 2-hydroxypyridine, 2-mercaptopyridine, 2-methoxypyridine และ 6-chloro-2-hydroxypyridine ในอัตราส่วนระหว่างโมลิบดีนัมต่อลิแกนด์ไบเดนเทต เป็น 1:2 ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินและเบนซิลแอลกอฮอล์โดยใช้ไดเมทิลซัลโฟไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์
3. ทำให้ทราบว่าเวลาที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินและเบนซิลแอลกอฮอล์ ในแต่ละตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทต 6 ชนิด ได้แก่ 2-bromopyridine, 2-chloropyridine, 2-hydroxypyridine, 2-mercaptopyridine, 2-methoxypyridine และ 6-chloro-2-hydroxypyridine ในอัตราส่วนระหว่างโมลิบดีนัมต่อไบเดนเทตลิแกนด์ เป็น 1:2 เท่านั้น

2. ศึกษาความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาของสารทั้ง 6 ชนิด ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินและเบนซิลแอลกอฮอล์โดยใช้ไดเมทิลซัลโฟกไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์ ติดตามผลการเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับด้วยโปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์

ขั้นตอนของการวิจัย

1. ศึกษาและสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ $\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOBr})_2$, $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOCl})_2]$, $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2)_2]$, $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOOCCH}_3)_2]$, $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOS})_2]$, $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2\text{Cl})_2]$ ในอัตราส่วนระหว่างโมลิบดีนัม ต่อลิแกนด์ไบเดนเทต เป็น 1:2 สี่ ลักษณะของผลึกที่ได้

2. ศึกษาความสามารถในการละลายของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 6 ชนิดในตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำ เอทานอล แอซีโตน คลอโรฟอร์ม ไดคลอโรมีเทน เตตระไฮโดรฟิวเรนและ เฮกเซน

3. ศึกษาการตกผลึกซ้ำของของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 6 ชนิดในตัวทำละลายที่เหมาะสม

4. ศึกษาจุดหลอมเหลวของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 6 ชนิด

5. ศึกษาโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาทั้ง 6 ชนิด ด้วยเทคนิคอินฟราเรด สเปกโตรสโกปี

6. ศึกษาความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาของสารทั้ง 6 ชนิด ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินโดยใช้ไดเมทิลซัลโฟกไซด์เป็นตัวออกซิไดซ์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ ใช้โปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์ติดตามผลการเปลี่ยนแปลง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยครั้งนี้เกี่ยวข้องกับการศึกษา การสังเคราะห์ออกโซ -เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทต 6 ชนิด ได้แก่ 2-bromopyridine, 2-chloropyridine, 2-hydroxypyridine, 2-mercaptopyridine, 2-methoxypyridine และ 6-chloro-2-hydroxypyridine ในอัตราส่วนระหว่าง โมลิบดีนัมกับลิแกนด์ไบเดนเทต เป็น 1:2 เพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินและเบนซิลแอลกอฮอล์ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำเสนอตามหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1. ชนิดของลิแกนด์ในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน
2. การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของโมลิบดีนัม(VI)
3. ปฏิกิริยาออกซิเดชันในสารอินทรีย์ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นสารเนื้อเดียว
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สมบัติทั่วไปของโมลิบดีนัมและโมลิบดีนัมไตรออกไซด์

1.1 สมบัติทั่วไปของโมลิบดีนัม

ตาราง 1 แสดงสมบัติทั่วไปของโมลิบดีนัม

ชื่อธาตุ : Molybdenum	จุดเดือด : 4610°C
สัญลักษณ์ : Mo	ความหนาแน่น (300K) g/cm ³ : 10.2
เลขอะตอม : 42	สี : เทาแวววาว
มวลอะตอม : 95.94	สถานะปกติ : ของแข็ง
หมู่ที่ : 6B	Electronegativity : 2.16
คาบ : 5	การจัดเรียงอะตอม : [Kr]4d ⁵ 5s ¹
จุดหลอมเหลว : 2615°C	

ที่มา: ดัดแปลงจาก ASM international (1999). physical properties of Molybdenum.

1.2 สมบัติทั่วไปของโมลิบดีนัมไตรออกไซด์

ตาราง 2 แสดงสมบัติทั่วไปของโมลิบดีนัมไตรออกไซด์

ชื่อสารประกอบ : Molybdenum trioxide	จุดเดือด : 1155°C
สูตรเคมี : MoO ₃	สี : เทา
มวลโมเลกุล : 143.94 g mol ⁻¹	สถานะปกติ : ของแข็ง
กลิ่น : ไม่มีกลิ่น	การละลายน้ำ : 0.49 g/100 ml (28 °C)
ความหนาแน่น : 4.69 g/cm ³	โครงสร้างผลึก : orthorhombic
จุดหลอมเหลว : 795°C	CAS number : 1313-27-5

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Molybdenum_trioxide. (online)

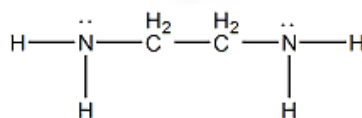
2. ชนิดของลิแกนด์

2.1 ลิแกนด์มอนอเดนเตต (Monodentate ligand)

ลิแกนด์ อาจเป็นไอออนลบหรือโมเลกุล แต่ทุกๆ ลิแกนด์จะต้องมีคู่อิเล็กตรอนอย่างน้อยที่สุด 1 อะตอม เรียกลิแกนด์ที่มีอะตอมผู้ให้อิเล็กตรอนเพียง 1 อะตอมว่า ลิแกนด์มอนอเดนเตต ตัวอย่างเช่น Cl⁻, I⁻, CN⁻, NH₃, OH⁻ และ H₂O

2.2 ลิแกนด์โพลีเดนเตต (Polydentate ligands)

เป็นลิแกนด์ที่ใน 1 โมเลกุลมีอะตอมผู้ให้อิเล็กตรอนมากกว่าหรือเท่ากับ 2 อะตอม เรียกว่า ลิแกนด์ไบเดนเตต เช่น ethylenediamine (en) โครงสร้างดังภาพประกอบ 1

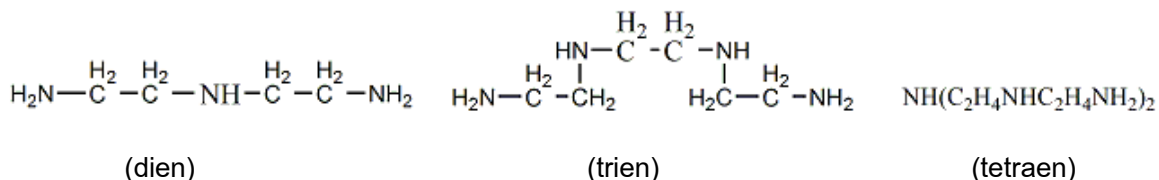


ภาพประกอบ 1 แสดงโมเลกุลของ ethylenediamine (en)

ที่มา : สุชาติพิศ ศิริไพศาลพิพัฒน์. (2551). เคมีโคออร์ดิเนชัน. หน้า 5

ถ้าลิแกนด์มีหมู่ที่ให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวอยู่ 3 อะตอม ใน 1 โมเลกุลเรียกว่าลิแกนด์ไตรเดนเตต เช่น diethylenetriamine (dien) ส่วนลิแกนด์มีหมู่ที่ให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวอยู่ 4 อะตอม

ใน 1 โมเลกุลเรียกว่าลิแกนด์เตตระเดนเทต เช่น triethylenetetramine (trien) ส่วนลิแกนด์มีหมู่ที่ให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวอยู่ 5 อะตอม ใน 1 โมเลกุลเรียกว่าลิแกนด์เพนตะเดนเทต เช่น tetraethylenepentaamine (tetraen) ดังภาพประกอบที่ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงโมเลกุลของ(dien), triethylenetetramine(trien) และ(tetraen) ตามลำดับ

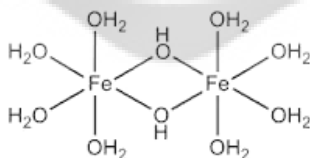
ที่มา: สุรชาติพิศ ศิริไพศาลพิพัฒน์. (2551). เคมีโคออร์ดิเนชัน. หน้า 5

2.3 ลิแกนด์แอมบิเดนเทต (Ambidentate ligands)

เป็นลิแกนด์ไบเดนเทต แต่ไม่สามารถเกิดพันธะได้พร้อมกันกับ อะตอมของโลหะได้ ไม่เกิดวงคีเลต เช่น ไทโอไซยาเนต ไอออน อาจจะใช้คู่อิเล็กตรอนในซัลเฟอร์ ของ SCN^- หรืออาจใช้คู่อิเล็กตรอนในไนโตรเจน ของ NCS^- ในการสร้างพันธะ

2.4 ลิแกนด์สะพานเชื่อม (Bridging ligand)

เป็นลิแกนด์ที่ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อม ซึ่งสามารถสร้างพันธะกับโลหะที่เป็นอะตอมกลางสองอะตอม เกิดสารเชิงซ้อนประเภทพอลินิวเคลียร์ เช่น OH^- ใน $\{(\text{Fe}(\text{III})(\text{OH}_2)_4)_2(\mu\text{-OH})_2\}^{4+}$ ดังภาพประกอบ 3

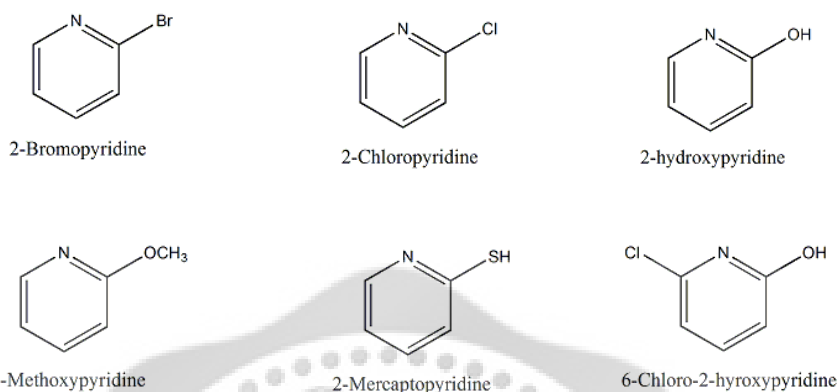


ภาพประกอบ 3 แสดงโมเลกุลของ $\{(\text{Fe}(\text{III})(\text{OH}_2)_4)_2(\mu\text{-OH})_2\}^{4+}$

ที่มา : en.wikipedia.org/wiki/Bridging_ligand. (online)

ในงานวิจัยนี้จะใช้สารตั้งต้นที่เป็นลิแกนด์ไบเดนเทต ได้แก่ 2-bromopyridine ($\text{C}_5\text{H}_4\text{BrN}$), 2-methoxypyridine ($\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}$), 2-hydroxypyridine ($\text{C}_5\text{H}_5\text{NO}$), 2-chloropyridine ($\text{C}_5\text{H}_4\text{ClN}$), 6-chloro-2-hydroxypyridine ($\text{C}_5\text{H}_4\text{ClNO}$) และ 2-mercaptopyridine ($\text{C}_5\text{H}_5\text{NS}$) ดังภาพประกอบ 4

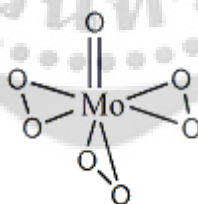
เป็นโมเลกุลที่ให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว 2 อะตอมแก่อะตอมโลหะโมลิบดีนัม โดยใช้อัตราส่วนในการทำปฏิกิริยาระหว่างโมลิบดีนัมต่อลิแกนด์ไบเดนเทต เป็น 1:2



ภาพประกอบ 4 แสดงโมเลกุลของลิแกนด์ไบเดนเทตที่ใช้ในงานวิจัย

3. การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของโมลิบดีนัม

โมลิบดีนัมไตรออกไซด์มีลักษณะเป็นของแข็งสีเทา เมื่อให้ทำปฏิกิริยากับ 30% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของออกซิเจน เมื่อปล่อยทิ้งไว้จะพบว่าได้สารละลายสีเหลืองใส ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างโมลิบดีนัมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ดังภาพประกอบ 5

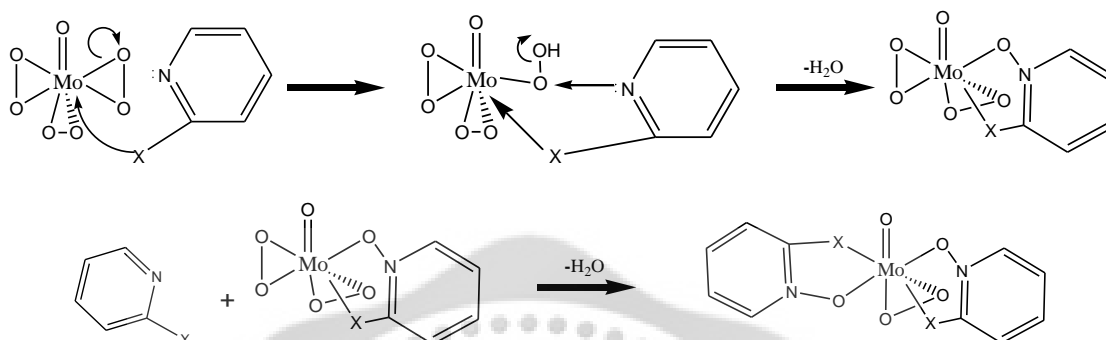


ภาพประกอบ 5 แสดงโมเลกุลของ $\text{MoO}(\text{O}_2)_3$

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Anthony, J. (2008). p. 172

เมื่อนำออกซิ-เปอร์ออกไซด์ของโมลิบดีนัมไปทำปฏิกิริยากับลิแกนด์ไบเดนเทตในงานวิจัยนี้จะเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ของลิแกนด์ในสารประกอบเชิงซ้อนโมลิบดีนัมระหว่างออกซิเจนอะตอมกับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของไนโตรเจนอะตอมในวงไพริดีน และอะตอมที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวอีกอะตอม (X) ในโมเลกุลของไพริดีนจะดังภาพประกอบ 6 หลังจากนั้นลิแกนด์ไบเดนเทตอีก

โมเลกุลจะเข้าแทนที่อีกในลิแกนด์ในด้านซ้ายของสารประกอบเชิงซ้อนโมลิบดินัมระหว่างออกซิเจนอะตอมกับอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในไนโตรเจนอะตอมของวงไพริดีนด้วยอัตราส่วนการทำปฏิกิริยาของโมลิบดินัมต่อลิแกนด์ไบเดนเทตเป็น 1:2



ภาพประกอบ 6 แสดงการแทนที่ของลิแกนด์ไบเดนเทตในสารเชิงซ้อน $\text{MoO}(\text{O}_2)_3$

ที่มา: ดัดแปลงข้อมูลมาจาก Mannar R(1999). *Transition Met. Chem.*24. p.392

4. ปฏิกิริยาออกซิเดชันในสารอินทรีย์ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นสารเนื้อเดียว

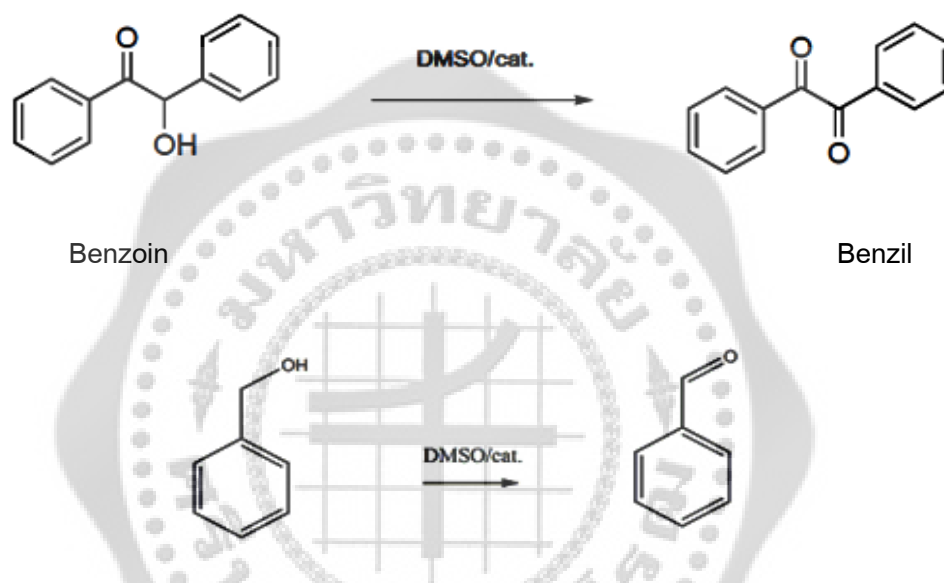
ในการศึกษา การเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยใช้โมลิบดินัมที่เป็นสารเนื้อเดียว เป็นที่รู้จักกันมานานแล้วและมีใช้ทั่วไปในการเร่งปฏิกิริยาในสารอินทรีย์ในห้องปฏิบัติการและในระดับอุตสาหกรรม ทั้งนี้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของโมเลกุลของสาร ขึ้นอยู่กับความแรงของตัวออกซิไดซ์ ซึ่งสมัยก่อนนั้นการใช้ตัวออกซิไดซ์ที่แรง ส่งผลให้เกิดมลพิษในสิ่งแวดล้อมมากมาย ปัจจุบันจึงมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อช่วยทำให้ปฏิกิริยาเกิดง่ายขึ้นโดยใช้ตัวออกซิไดซ์ที่ไม่เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้การเกิดปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเพิ่มมากขึ้น และใช้เวลาจนวน้อยลงในการปรับหุ่ฟังก์ชันของโมเลกุลที่ต้องการ หลักการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะมีการเพิ่มขึ้นของออกซิเจนอะตอมในโมเลกุลหรือการลดลงของไฮโดรเจนอะตอมของโมเลกุล โดยทั่วไปปฏิกิริยาออกซิเดชันจะมีลักษณะดังนี้



ตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณเล็กน้อยที่ใส่เข้าไปในระบบนั้นจะละลายเป็นเนื้อเดียวกับสารตั้งต้น เมื่อหลังจากเสร็จสิ้นปฏิกิริยาแล้วตัวเร่งบางชนิดก็สามารถนำกลับมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้อีกครั้ง

เช่น การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา $[CpMo(CO)_3(C \equiv CPh)]$; $Cp = \eta^5 C_5H_5$ ในการเร่งปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์ไปเป็นแอลดีไฮด์ โดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์นั้น ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก โดยที่ประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยายังได้ผลดีเช่นเดิม

ในงานวิจัยนี้จะสังเคราะห์เบนซิล จากเบนโซอินและเบนซิลแอลกอฮอล์ จากเบนซิลแอลกอฮอล์ ซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา $[MoO(O_2)L_2]$ ที่สังเคราะห์ได้โดยใช้ ไดมethylซัลฟอกไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์ ดังภาพประกอบ 7



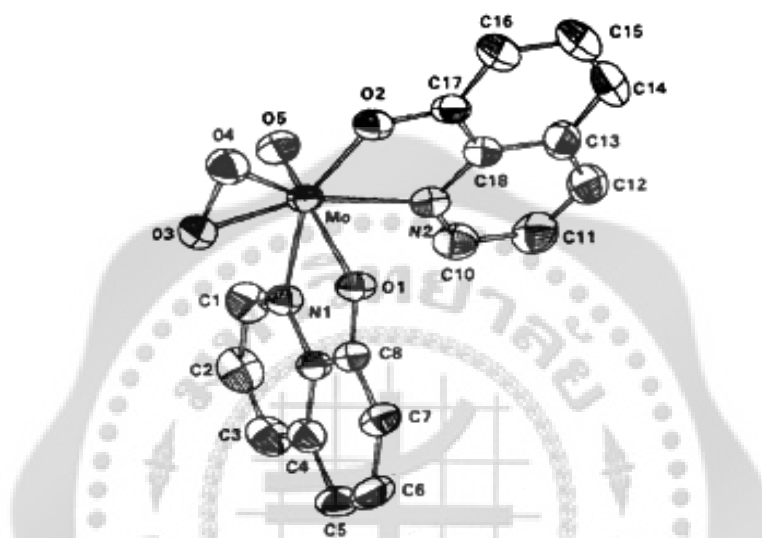
ภาพประกอบ 7 แสดงสมการปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินและเบนซิลแอลกอฮอล์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อน ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ต่างๆ ได้ มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาค้นคว้า ทั้งที่มีอัตราส่วนระหว่างโมลิบดีนัมต่อไบเดนเทตลิแกนด์เป็น 1:1 และ 1:2 หรือไตรเดนเทตลิแกนด์ และนำไปใช้ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งมีดังนี้

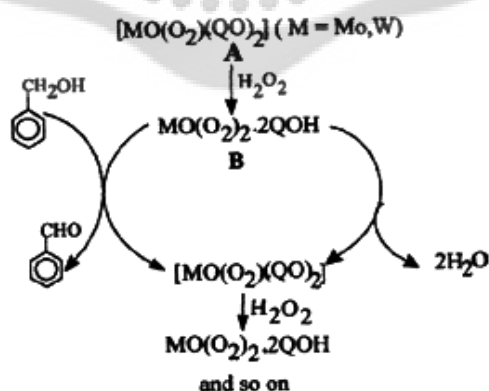
สวารูป เค และคณะ (Swarub K; et al. 2004: 823-828) ได้ทำการสารประกอบเชิงซ้อน ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) โดยใช้ 8-quinolinol เป็นลิแกนด์ไบเดนเทต ดังภาพประกอบ 8 โดยเป็น Precursor ในอัตราส่วนของโมลิบดีนัมกับลิแกนด์เป็น 1:2 และศึกษาโครงสร้างและการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลกอฮอล์เป็นแอลดีไฮด์และคีโตน โดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และ

ก๊าซออกซิเจน เป็นตัวออกซิไดซ์พบว่าสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างแอลกอฮอล์ 13 ชนิด หากใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์จะสามารถทำให้เกิดผลผลิตที่มากกว่าใช้ O_2 รวมถึง TON ที่มากกว่าด้วย นอกจากนี้ยังสังเคราะห์ diperoxo tungsten (VI) โดยใช้ 8-quinolinol เป็นลิแกนด์ไบเดนเทต พบว่าสามารถเร่ง ปฏิกิริยาได้ผลผลิตที่มากกว่าที่ใช้โมลิบดีนัมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้ได้เสนอกลไกการเร่งปฏิกิริยาดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 8 โครงสร้าง ORTEP ของ $[MoO(O_2)(QO)_2]$

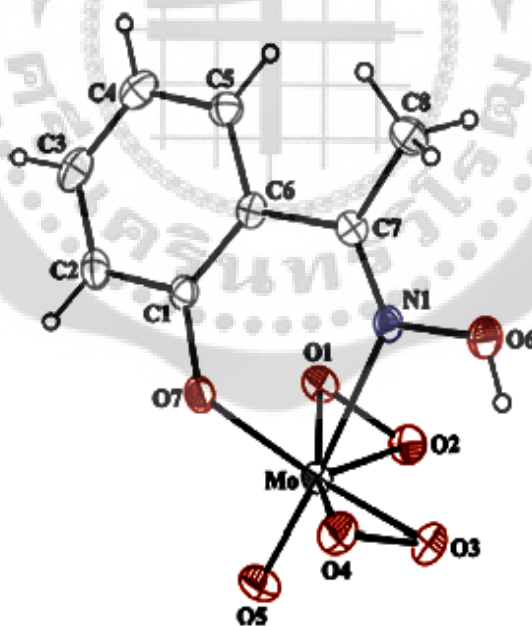
ที่มา: Swarup, K(2004). *J. Inorganic Chemistry Communications* 7. p.827



ภาพประกอบ 9 แสดงกลไกการเร่งปฏิกิริยาของเบนซิลแอลกอฮอล์ด้วย $[MoO(O_2)(QO)_2]$

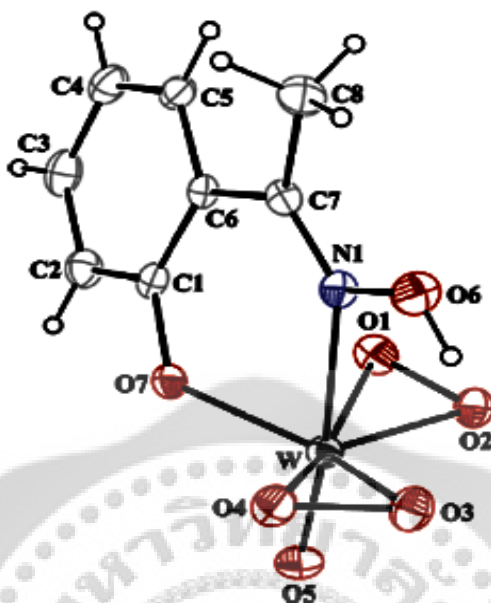
ที่มา: Swarup, K(2004). *J. Inorganic Chemistry Communications* 7. p.824

นาร็อททัม และคณะ (Narottam Gharah; 2009. 1089-1100) ได้ทำการสังเคราะห์ oxo-diperoxo molybdenum(VI) โดยใช้ 1-(2'-hydroxylphenyl) ethanone oxime เป็นลิแกนด์ไบเดนเทต ในอัตราส่วนของโมลิบดีนัมกับลิแกนด์เป็น 1:1 ดังภาพประกอบ 10 และศึกษาโครงสร้างและการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลคีนเป็นอีพอกไซด์ โดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์ และมี NaHCO_3 เป็น co-catalyst พบว่าสามารถเร่งปฏิกิริยาอีพอกไซด์ของตัวอย่างแอลคีน 18 ชนิด โดยได้ผลผลิตมากกว่า 90% และค่า TON ที่สูงมาก ตั้งแต่ 900- 9800 แต่หากมีสายไฮโดรคาร์บอนในสารตัวอย่างจะทำให้มีประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาลดน้อยลง ทำให้ค่า TON ลดน้อยลง แต่ผลผลิตที่ได้มากกว่า 90% เช่นเดิม นอกจากนี้ยังสังเคราะห์ออกโซ-ไดเปอร์ออกโซทังสแตน (VI) ไปเปรียบเทียบกับปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลกอฮอล์ ซัลไฟด์ และเอมีน โดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์ และมีแอสिटโรไนไตร์ เป็นตัวทำละลาย พบว่าสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่าง 16 ชนิด โดยได้ผลผลิตที่ดีตั้งแต่ 46-98% และค่า TON ที่สูง 600-980 นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบกับตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นทังสแตน ดังภาพประกอบ 11 กับที่เป็นโมลิบดีนัมพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นทังสแตนสามารถเร่งปฏิกิริยาได้ผลผลิตที่มากกว่าที่ใช้โมลิบดีนัมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย



ภาพประกอบ 10 โครงสร้าง ORTEP ไอออนลบของ $\text{PPh}_4[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{HPEOH})]$

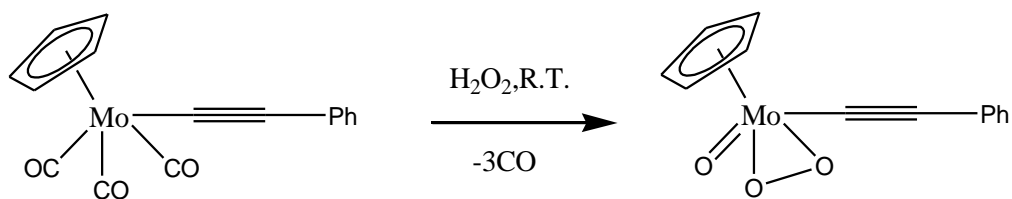
ที่มา: Narottam Gharah(2009). *J. Inorganica Chemica Acta*.363. p.1095



ภาพประกอบ 11 โครงสร้าง ORTEP ไอออนลบของ $\text{PPh}_4[\text{W}(\text{O}_2)(\text{HPEOH})]$

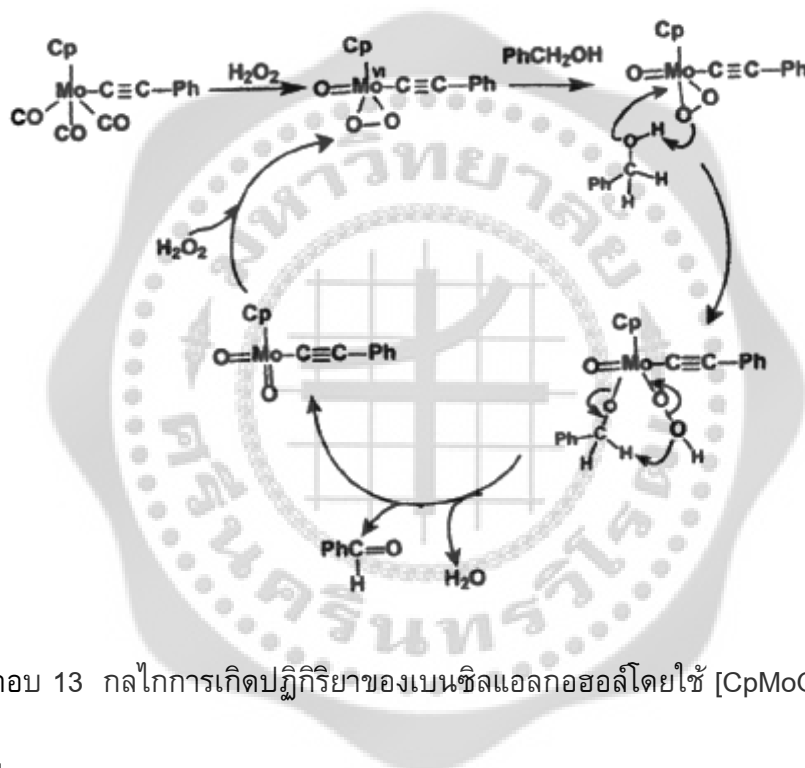
ที่มา: Narottam Gharah(2009). *J. Inorganica Chemica Acta*.363. p.1095

อังกษ์ วี และคณะ (Ankush V; et al. 2009: 2285-2888) ได้ทำการสังเคราะห์ cyclopentadienyl molybdenum acetylide complex เป็นสารตั้งต้น ทำปฏิกิริยากับ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะได้ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) โดยใช้ cyclopentadienyl (cp) และ CO เป็นมอนอเดนเทติแกนด์ ดังภาพประกอบ 12 ศึกษาการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลกอฮอล์ไปเป็นแอลดีไฮด์ โดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์ พบว่าสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างแอลกอฮอล์ 11 ชนิด โดยได้ผลผลิตที่เป็นแอลดีไฮด์ 75-92% และได้กรดอินทรีย์เล็กน้อย และค่า TON ตั้งแต่ 262-396 และศึกษาผลของตัวทำละลายในการเร่งปฏิกิริยาของเบนซิล แอลกอฮอล์พบว่าหากไม่ใช้ตัวทำละลายเลยในการเร่งปฏิกิริยา คือมีเฉพาะ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะได้ผลผลิตที่สูงและ TON สูงกว่าที่ใช้ตัวทำละลายในการเร่งปฏิกิริยา และที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจะให้ %conversion มากที่สุด และตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้สามารถนำไปใช้ซ้ำได้ 5 ครั้ง โดยที่ประสิทธิภาพการเร่งปฏิกิริยายังเหมือนเดิม ทั้งนี้ได้นำเสนอกลไกที่เป็นไปได้ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลกอฮอล์โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 12 แสดงการเกิด oxo-peroxo Mo(VI) complex ของ $[\text{CpMo}(\text{CO})_3(\text{C}\equiv\text{CPh})]$

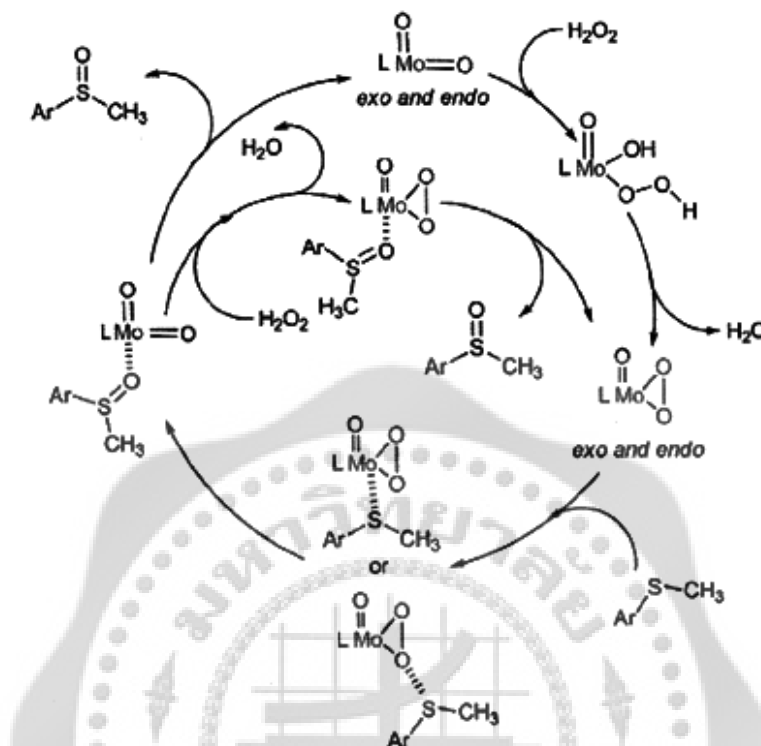
ที่มา: Ankush, V(2009). *J. Tetrahedral Letter*.50. p.2887.



ภาพประกอบ 13 กลไกการเกิดปฏิกิริยาของเบนซิลแอลกอฮอล์โดยใช้ $[\text{CpMoO}(\text{O}_2)(\text{C}\equiv\text{CPh})]$

ที่มา: Ankush, V(2009). *J. Tetrahedral Letter*.50. p.2887.

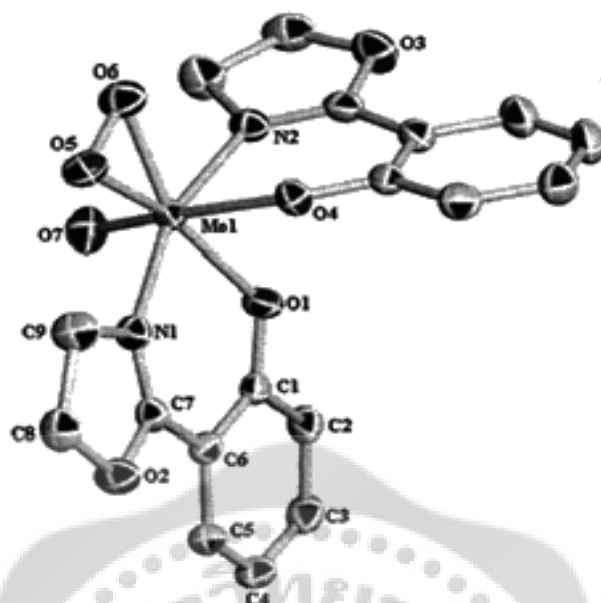
ราจันดี ดีพานและคณะ (Rajan Deepan; et al. 2011: 57-63) ได้ทำการออกซิไดซ์-ไดเปอร์ออกซิโมลิบดีนัม(VI) โดยใช้ a chiral Schiff-base ligand เป็นโคอร์ดิเนตลิแกนด์ ในอัตราส่วนของโมลิบดีนัมกับลิแกนด์เป็น 1:1 และศึกษาโครงสร้างและการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของซัลไฟด์ โดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์ ในตัวทำละลาย CHCl_3 ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของซัลไฟด์ 6 ชนิด โดยได้ผลผลิตที่เป็นซัลฟอกไซด์ 55-90% โดยใช้เวลาประมาณ 10 ชั่วโมงถึง 2 วัน แล้วแต่ตัวอย่าง ทั้งนี้ได้นำเสนอกฎที่เป็นไปได้ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของซัลไฟด์โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 แสดงกลไกการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของซัลไฟต์โดยใช้ตัวเร่งที่สังเคราะห์ขึ้น

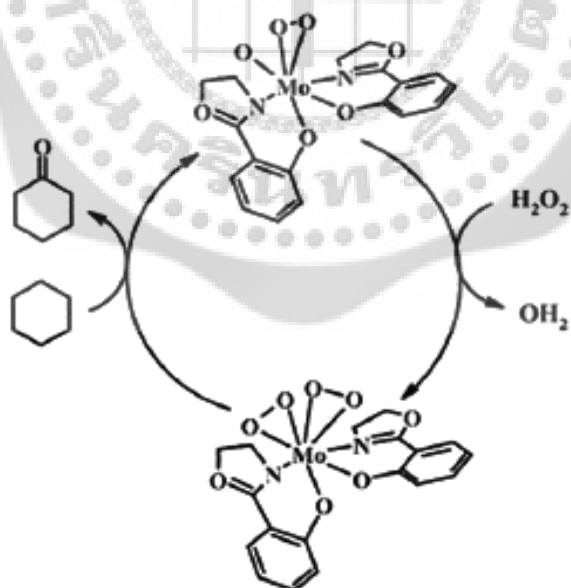
ที่มา: Rajan Deepan C(2011). *J. Inorganica Chemica Acta*.376. p.62.

มอจตาบา แบกเฮอซาเดห์ และคณะ (Mojtaba Bagherzadeh; et al. 2012: 52–55) ได้ทำการสังเคราะห์ ออกโซ-ไดเปอร์ออกโซโมลิบดินัม (VI) โดยใช้ 2-(2'-hydroxyphenyl)oxazoline) = phox เป็นลิแกนด์ไบเดนเทต ในอัตรา ส่วนของโมลิบดินัมกับลิแกนด์เป็น 1:2 ดังภาพประกอบ 15 และศึกษาโครงสร้างและการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลเคนเป็น แอลดีไฮด์หรือคีโตน โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์ ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างแอลเคน 3 ชนิด โดยได้ผลผลิตที่เป็นแอลดีไฮด์ /คีโตนมากกว่า 92% และค่า TON ตั้งแต่ 290-370 โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 1.0 mol% แต่หากใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 2.0 mol% จะทำให้ผลผลิตที่เป็นแอลดีไฮด์/คีโตนลดลงเล็กน้อย และ ค่า TON จะลดลงด้วย ในการเร่งปฏิกิริยาดังกล่าว จะเกิดแอลกอฮอล์ด้วย แต่เป็นปริมาณที่เล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้ได้นำเสนอกลไกที่เป็นไปได้ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลเคนโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 15 โครงสร้าง ORTEP ของ $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{phox})_2]$

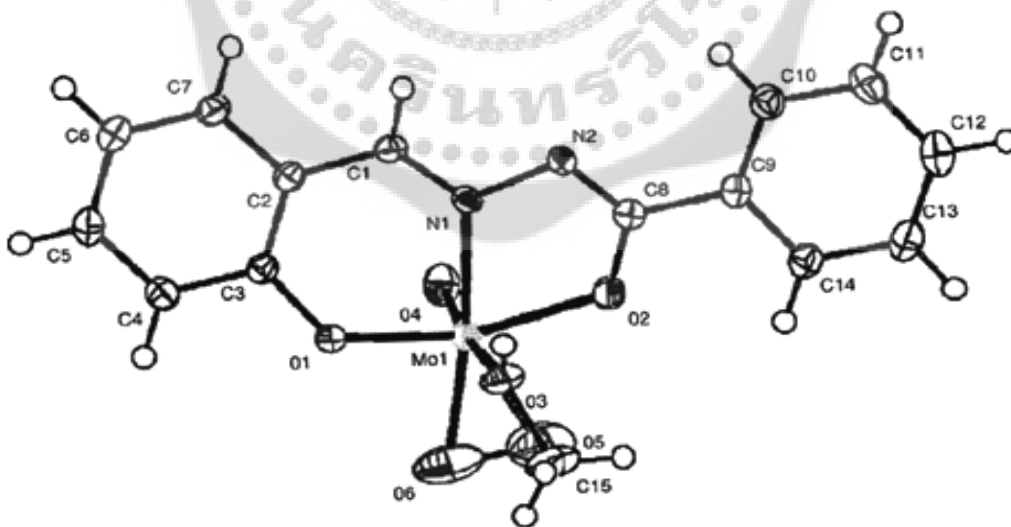
ที่มา: Mojtaba, B(2012). *J. Inorganic Chemistry Communications*.15. p.53.



ภาพประกอบ 16 แสดงกลไกการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลเคนด้วย $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{phox})_2]$

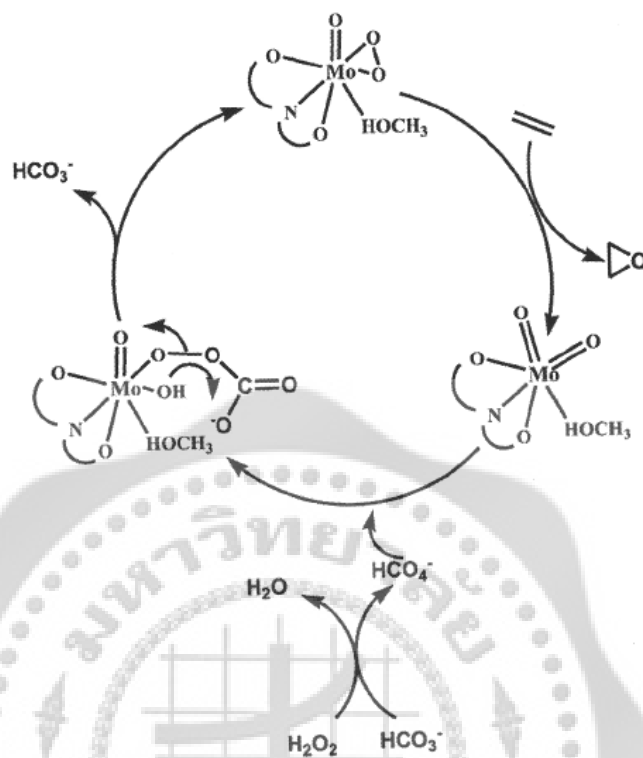
ที่มา: Mojtaba, B(2012). *J. Inorganic Chemistry Communications*.15. p.54.

มอจตาบา แบกเฮอซาเดห์ และคณะ (Mojtaba Bagherzadeh; et al. 2012: 86–89) ได้ทำการสังเคราะห์ออกโซ-ไดเปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) โดยใช้ salicylidene benzoyl hydrazine (L) เป็นไตรเดนเทตลิแกนด์ ในอัตราส่วนของโมลิบดีนัมกับลิแกนด์เป็น 1:1 ดังภาพประกอบ 17 และศึกษาโครงสร้างและการเร่งปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันของแอลคีนเป็น อีพอกไซด์ โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวออกซิไดซ์ และมี NaHCO_3 เป็น co-catalyst ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าสามารถเร่งปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันของตัวอย่างแอลคีน 8 ชนิด โดยได้ผลผลิตที่เป็นอีพอกไซด์มากกว่า 92% และค่า TON ตั้งแต่ 265-298 โดยให้ selectivity ในการเกิดอีพอกไซด์ทุกตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 100% โดยจะไม่เกิดแอลดีไฮด์ ทั้งนี้ถึงแม้ในสารตั้งต้น /ตัวอย่างจะมีสายไฮโดรคาร์บอนที่ยาวก็ไม่ส่งผลที่ทำให้ประสิทธิภาพการเร่งปฏิกิริยาลดลงหากใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าว นอกจากนี้ ยังนำตัวเร่งไปศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชันของซัลไฟด์เป็นซัลฟอกไซด์และซัลโฟน โดยใช้ยูเรียไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์ใน $\text{CH}_3\text{OH}/\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างซัลไฟด์ 8 ชนิด ทั้งนี้หากมีแอมโรเมติกในสารตัวอย่าง จะให้ผลผลิตที่เป็นซัลฟอกไซด์และซัลโฟน มากกว่า 98% และค่า TON ตั้งแต่ 91-93 โดยให้ selectivity ในการเกิดเป็นซัลฟอกไซด์และซัลโฟน ตั้งแต่ 91-98% และหากเป็นสายไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่าง จะให้ผลผลิตที่เป็นซัลฟอกไซด์และซัลโฟน 79-84% และค่า TON ตั้งแต่ 74-78 โดยให้ selectivity ในการเกิดเป็นซัลฟอกไซด์และซัลโฟน ทุกตัวเท่ากับ 100% ทั้งนี้ได้นำเสนอกลไกที่เป็นไปได้ในปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันของแอลคีนโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 17 โครงสร้าง ORTEP ของ $[\text{MoO}(\text{O}_2)\text{L}(\text{CH}_3\text{OH})]$

ที่มา: Mojtaba, B(2012). *J. Inorganic Chemistry Communications*.20.p.87.



ภาพประกอบ 18 แสดงกลไกการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของซัลไฟต์ด้วย $[MoO(O_2)L(CH_3OH)]$

ที่มา: Mojtaba, B(2012). *J. Inorganic Chemistry Communications*.20.p.88.

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- Perkin Elmer FT-IR Spectrum BX Spectrometer
- ^1H NMR (300MHz) Spectrum on a Bruker Avance 300 FT-NMR Spectrophotometer
- เครื่องวัดจุดหลอมเหลว
- เครื่อง Stirrer รุ่น D12-160 ของบริษัท Whiteman
- เครื่อง Stirrer รุ่น MS 115 ของ หจก.ทริกุล
- เครื่อง hotplate จากบริษัท Scientific Co.,Ltd
- Autopipette ขนาด 1000 ไมโครลิตร ของบริษัท GILSON

2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

- 2-bromopyridine ($\text{C}_5\text{H}_4\text{BrN}$) จากบริษัท Acros Organics
- 2-methoxypyridine ($\text{C}_6\text{H}_7\text{NO}$) จากบริษัท Acros Organics
- 2-hydroxypyridine ($\text{C}_5\text{H}_5\text{NO}$) จากบริษัท Acros Organics
- 2-chloropyridine ($\text{C}_5\text{H}_4\text{ClN}$) จากบริษัท Sigma
- 6-chloro-2-hydroxypyridine ($\text{C}_5\text{H}_4\text{ClNO}$) จากบริษัท Sigma
- 2-mercaptopyridine ($\text{C}_5\text{H}_5\text{NS}$) จากบริษัท Fluka
- dichloromethane (CH_2Cl_2) จากบริษัท Carlo Erbra
- Acetone ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) จากบริษัท Carlo Erbra
- n-hexane (C_6H_{12}) จากบริษัท Carlo Erbra
- Tetrahydrofuran ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$) จากบริษัท Carlo Erbra
- Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) จากบริษัท Carlo Erbra
- Acetone ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) จากบริษัท Carlo Erbra
- Molybdenum trioxide (MoO_3) จากบริษัท Asia Pacific Specialty Chemicals

- Hydrogenperoxide (H_2O_2)
- Chloroform (CH_3Cl)

วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 การสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดินัม (VI)

กับลิแกนด์ไบเดนเทตต่าง ๆ

- 1.1 ชั่ง Molybdenum trioxide (MoO_3) 1.25 กรัม
- 1.2 เติม Hydrogen peroxide (H_2O_2) 30% w/w ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
- 1.3 นำไปคนด้วย stirrer เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จนได้สารละลายสีเหลืองใส
- 1.4 เติมลิแกนด์ไบเดนเทต 2-bromopyridine ในอัตราส่วนโดยโมลระหว่าง

โมลิบดินัม ต่อ ลิแกนด์ 1:2

- 1.5 นำไปคนต่ออีก 3 ถึง 5 นาที
- 1.6 ทิ้งไว้ 1 คืนจนได้ตะกอนสีเหลืองจนเกิดผลึกของสารประกอบเชิงซ้อน
- 1.7 กรองผลึกที่ได้ด้วยกระดาษกรอง ล้างตะกอนด้วย เอทานอลเย็น
- 1.8 ทิ้งตะกอนที่กรองได้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง
- 1.9 นำไปไว้ใน desiccators และจัดเก็บไว้ในขวดที่มีฝาปิดมิดชิด
- 1.10 ทำซ้ำ ข้อ 1.1-1.9 แต่เปลี่ยนลิแกนด์ไบเดนเทตเป็น 2-chloropyridine,

2-hydroxypyridine, 2-mercaptopyridine, 2-methoxypyridine และ 6-chloro-2-hydroxypyridine ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินโดยใช้สารประกอบ เชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) ที่สังเคราะห์ได้

การทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซ
โมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทตต่างๆ 6 ชนิด โดยมีวิธีการดังนี้

2.1 วัดโปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์ ของไดเมทิลซัลฟอกไซด์

2.2 นำสารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทตที่
สังเคราะห์ขึ้น วัด โปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์ โดยใช้ไดเมทิลซัลฟอกไซด์เป็น
ตัวทำละลาย

2.3 เติมเบนโซอินเพิ่มเติม 3 มิลลิกรัมแล้ว วัด โปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์

2.4 นำมาต้มในอ่างน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง แล้ว วัด
โปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์ ทุกช่วงเวลาตามลำดับ

2.5 ทำซ้ำข้อ 2.2-2.4 ในสารประกอบเชิงซ้อน ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับ
ลิแกนด์ไบเดนเทตอื่นๆ รวมทั้งตัวแปรควบคุมด้วย

ตอนที่ 3 ทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบน ซิลแอลกอฮอล์ โดยใช้ สารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) ที่สังเคราะห์ได้

การทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซ
โมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทตต่างๆ 6 ชนิด โดยมีวิธีการดังนี้

3.1 นำสารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทตที่
สังเคราะห์ขึ้น วัดโปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์ โดยใช้ไดเมทิลซัลฟอกไซด์เป็นตัวทำ
ละลาย

3.2 เติมเบนซิลแอลกอฮอล์ 2 มิลลิกรัมแล้ว วัดโปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์

3.3 นำมาต้มในอ่างน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง แล้ว วัด
โปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์ ทุกช่วงเวลาตามลำดับ

3.4 ทำซ้ำข้อ 3.1-3.3 ในสารประกอบเชิงซ้อน ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับ
ลิแกนด์ไบเดนเทตอื่นๆ รวมทั้งตัวแปรควบคุมด้วย

บทที่ 4

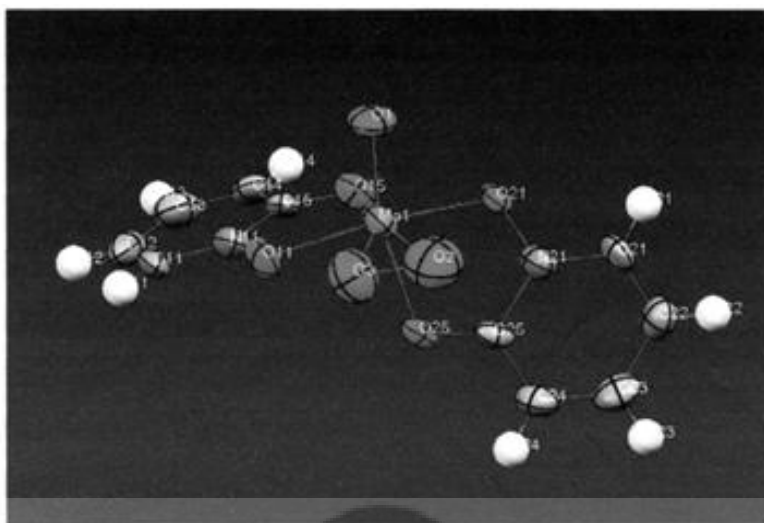
ผลการทดลอง

สำหรับการศึกษารวบรวมครั้งนี้ ผู้วิจัยเสนอผลการวิจัยตามลำดับดังนี้

1. ผลการศึกษาการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาการสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทตที่สังเคราะห์ ด้วยเทคนิคอินฟราเรด สเปกโตรสโกปี และโปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์
2. ผลการศึกษาการเร่งปฏิกิริยาของสารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทต 6 ตัว ของเบนโซอิน ติดตามด้วยโปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์
3. ผลการศึกษาการเร่งปฏิกิริยาของสารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทต 6 ตัว ของเบนซิลแอลกอฮอล์ ติดตามด้วยโปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาการสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทตชนิดต่าง ๆ

จากการสังเคราะห์จะเกิดผลิตภัณฑ์เป็นของแข็งสีเหลืองอ่อน ถึงสีเหลืองเข้ม ซึ่งโมลิบดีนัม จะเกิดพันธะโคออดิเนตโคเวเลนต์ กับออกซิเจน 5 อะตอม และอีก 2 อะตอมมาจากอะตอมที่มีอิเล็กตรอนคู่อิสระจากลิแกนด์ไบเดนเทต เกิดในรูปของ distorted pentagonolbipyramidal geometry ทั้งนี้ในโตรเจนในวงไพริดีนจะถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนและเรียงตัวใหม่เป็นวงหกเหลี่ยมซึ่งมีความเสถียร ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพประกอบ 19 แสดง ORTEP3 ของ $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2)_2]$

ที่มา: สมพร ตียะศรี(2005). 31st Congress on Science and Technology of Thailand at Suranaree University of Technology, 18-20 October 2005

$[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOBr})_2]$ (1) เป็นตะกอนสีเหลือง มีจุดหลอมเหลว $100-135^\circ\text{C}(\text{dec.})$; IR (cm^{-1}): 1,674.85, 1,550, 917.79, 917.79, 718.82 ; $^1\text{H NMR}$ (300 MHz, DMSO-d_6): 7.22-7.27 (m, 2H, H_{ar}), 7.42-7.46 (m, 2H, H_{ar}), 7.90-7.92 (d, 2H, H_{ar}), 8.44-8.46 (d, 2H, H_{ar})

$[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOCl})_2]$ (2) เป็นตะกอนสีเหลืองเข้ม มีจุดหลอมเหลว $100-250^\circ\text{C}(\text{dec.})$; IR (cm^{-1}): 1,679.70, 1,550, 980.88, 908.08, 718.82 ; $^1\text{H NMR}$ (300 MHz, DMSO-d_6): 6.79-6.97 (m, 4H, H_{ar}), 7.32-7.44 (m, 4H, H_{ar}), 7.60-7.65 (m, 2H, H_{ar}), 7.79-7.81 (d, 2H, H_{ar}), 8.29-8.31 (d, 2H, H_{ar}), 8.43-8.46 (d, 2H, H_{ar})

$[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2)_2]$ (3) เป็นตะกอนสีเหลือง มีจุดหลอมเหลว $100-103^\circ\text{C}(\text{dec.})$; IR (cm^{-1}): 1,679.70, 1,550, 980.88, 908.08, 718.82 ; $^1\text{H NMR}$ (300 MHz, DMSO-d_6): 7.07-7.1 (d, 2H, H_{ar}), 7.60-7.65 (m, 1H, H_{ar}), 7.77-7.83 (m, 2H, H_{ar}), 8.29-8.31 (d, 1H, H_{ar}), 8.52-8.54 (d, 2H, H_{ar})

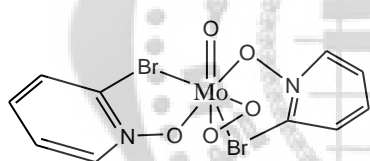
$[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOS})_2]$ (4) เป็นตะกอนสีเหลือง มีจุดหลอมเหลว $100-160^\circ\text{C}(\text{dec.})$; IR (cm^{-1}): 1,611.76, 1,550, 956.61, 893.52, 713.97 ; $^1\text{H NMR}$ (300 MHz, DMSO-d_6): 7.90-7.94 (m, 2H, H_{ar}), 8.12-8.17 (d, 2H, H_{ar}), 8.12-8.51 (m, 2H, H_{ar}), 8.69-8.71 (d, 2H, H_{ar})

$[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOOCH}_3)_2]$ (5) เป็นตะกอนสีเหลืองอ่อน มีจุดหลอมเหลว $100-105^\circ\text{C}(\text{dec.})$;
 IR (cm^{-1}): 1,636.02, 1,550, 956.61, 893.52, 718.82 ; $^1\text{H NMR}$ (300 MHz, DMSO-d_6): 3.83 (s, 3H, CH_3), 3.96-3.97 (d, 2H, CH_3), 4.25 (s, 1H, CH_3), 6.79-6.95 (m, 2H, H_{ar}), 6.97-6.99 (m, 2H, H_{ar}), 7.60-7.64 (m, 2H, H_{ar}), 8.16-8.17 (d, 1H, H_{ar}), 8.28-8.37 (m, dd, 1H, H_{ar}),

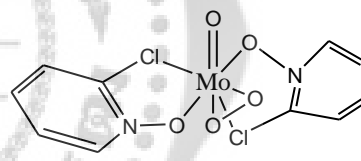
$[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2\text{Cl})_2]$

$[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2\text{Cl})_2]$ (6) เป็นตะกอนสีเหลืองเข้ม มีจุดหลอมเหลว $100-180^\circ\text{C}(\text{dec.})$;
 IR (cm^{-1}): 1,616.61, 1,543.82, 961.47, 908.08, 718.82 ; $^1\text{H NMR}$ (300 MHz, DMSO-d_6): 7.09-7.12 (d, 2H, H_{ar}), 7.29-7.31 (d, 2H, H_{ar}), 7.78-7.84 (m, 2H, H_{ar})

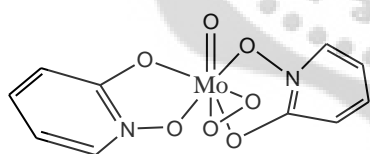
จากข้อมูลเทคนิคอินฟราเรด สเปกโทรสโกปี และโปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์ สามารถยืนยันโครงสร้างของสารที่สังเคราะห์ได้เบื้องต้นดังแสดงในภาพที่ 20



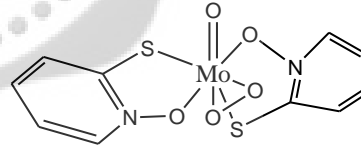
$[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOBr})_2]$ (1)



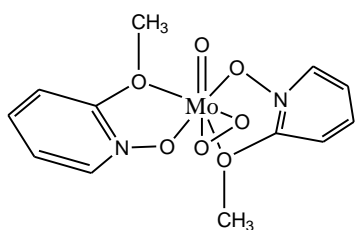
$[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOCl})_2]$ (2)



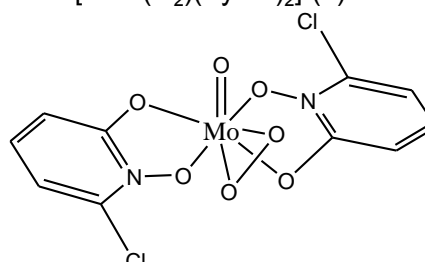
$[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2)_2]$ (3)



$[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOS})_2]$ (4)



$[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOOCH}_3)_2]$ (5)

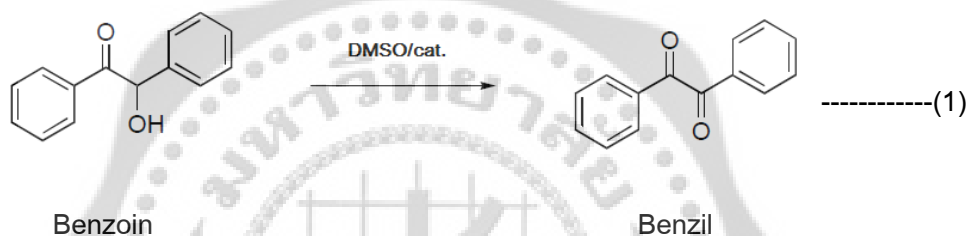


$[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2\text{Cl})_2]$ (6)

ภาพประกอบ 20 แสดงสูตรโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ 6 ชนิด

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินโดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม(VI) ที่สังเคราะห์ได้

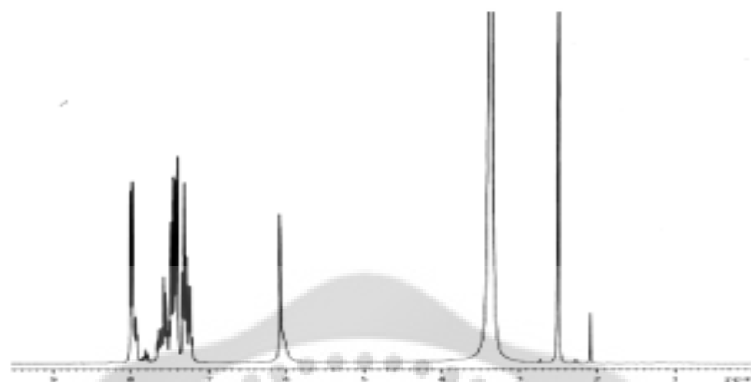
ผลการทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินด้วยสารประกอบเชิงซ้อน ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทตต่างๆ ด้วยโปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์ เขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงดังสมการที่ 1



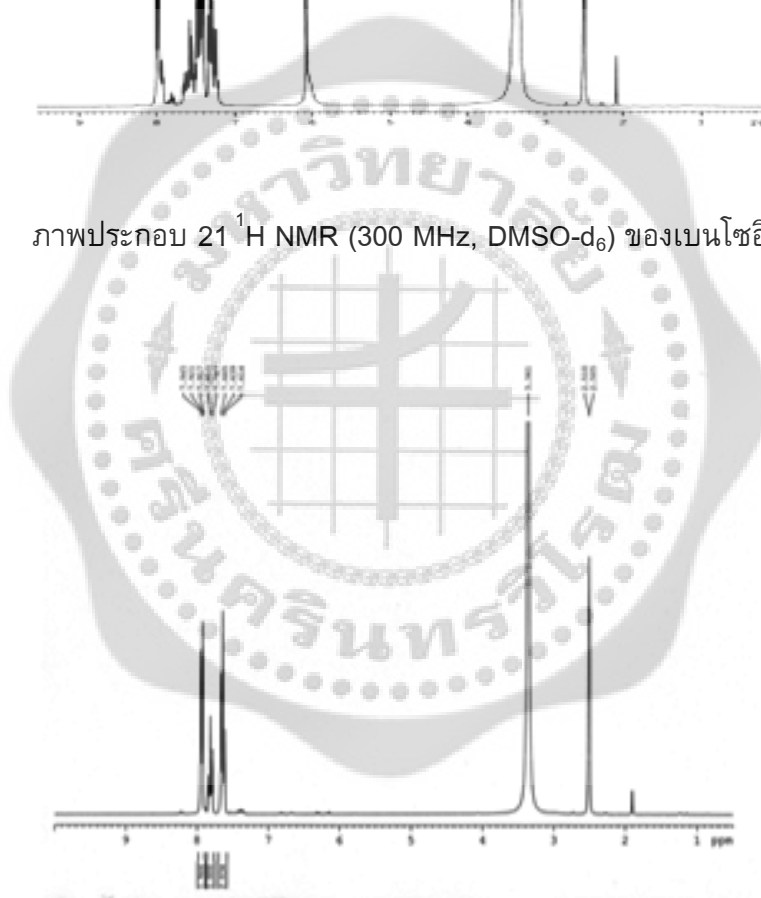
เบนโซอินมีโปรตอน 12 ตัว ปรากฏ chemical shift ของเบนโซอินในช่วง 2.08 (s, 1H, COH), 6.08 (s, 1H, CH), 7.2-7.33 (m, 5H, H_{ar}), 7.42-7.59 (m, 3H, H_{ar}), 7.98-8.00 (d, 2H, H_{ar}) ดังแสดงในภาพที่ 21

เบนซิลมีโปรตอน 10 ตัวโดยโปรตอนทั้งหมดอยู่ในวงแหวนแอโรมาติก ปรากฏ chemical shift ของเบนซิลในช่วง 7.61-7.63 (m, 4H, H_{ar}), 7.78-7.81 (m, 2H, H_{ar}), 7.92-7.94 (m, 4H, H_{ar}) ดังแสดงในภาพที่ 22

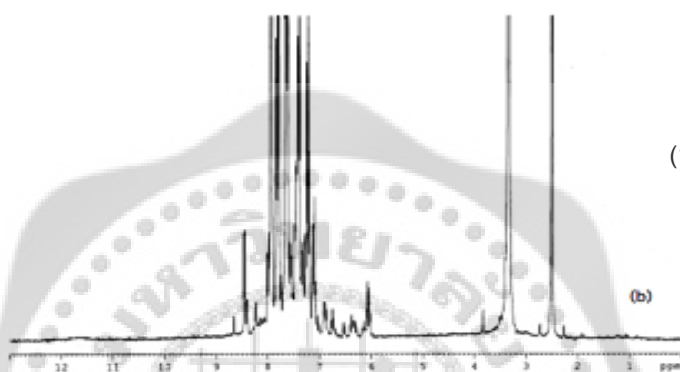
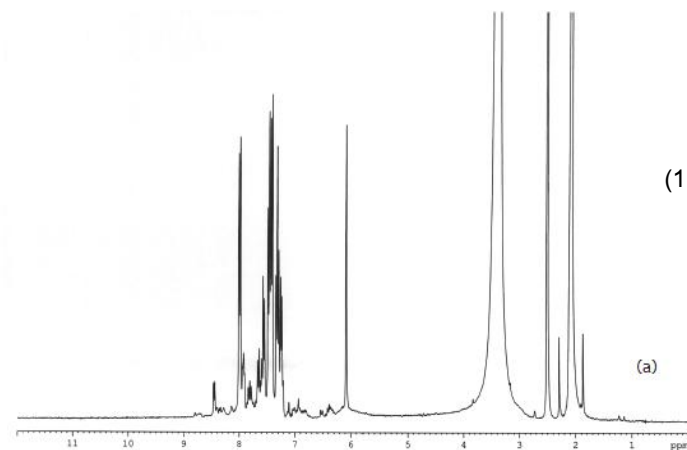
เมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยา (1), (3), (4), (5), (6) แต่ละหลอดใส่ตัวทำละลาย DMSO และใส่เบนโซอิน ทั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมงแล้วนำไป วัด ¹H NMR พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาทำงานได้เป็นอย่างดีโดยไม่ต้องให้ความร้อน ปรากฏ chemical shift ของเบนโซอินที่ 2.08 (s, 1H, COH), 6.08 (s, 1H, CH), 7.2-7.33 (m, 5H, H_{ar}), 7.42-7.59 (m, 3H, H_{ar}), 7.98-8.00 (d, 2H, H_{ar}) ได้หายไป และปรากฏ chemical shift ของเบนซิลที่ 7.61-7.63 (m, 4H, H_{ar}), 7.78-7.81 (m, 2H, H_{ar}), 7.92-7.94 (m, 4H, H_{ar}) ขึ้นแทน ดังแสดงในภาพที่ 23 ถึง 27 เปรียบเทียบข้อมูล ¹H NMR ก่อน (a) และหลัง (b) เร่งปฏิกิริยาหลังทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมงของตัวเร่งปฏิกิริยา (1), (3), (4), (5) และ (6) ตามลำดับ



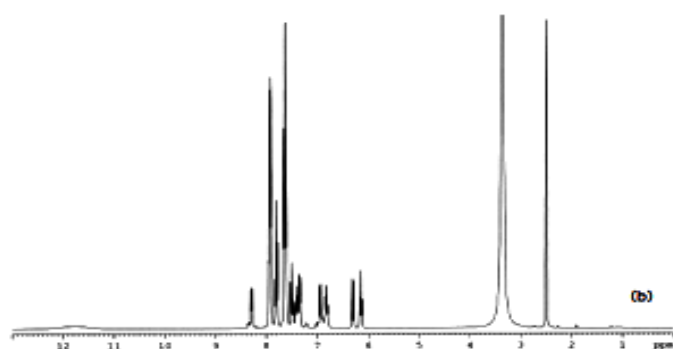
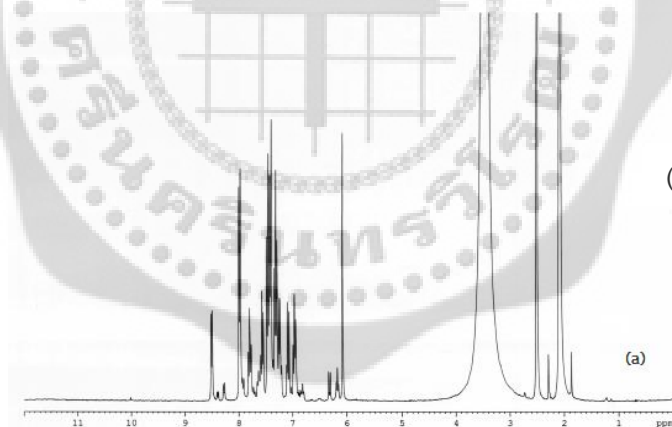
ภาพประกอบ 21 ^1H NMR (300 MHz, DMSO- d_6) ของเบนโซอิน



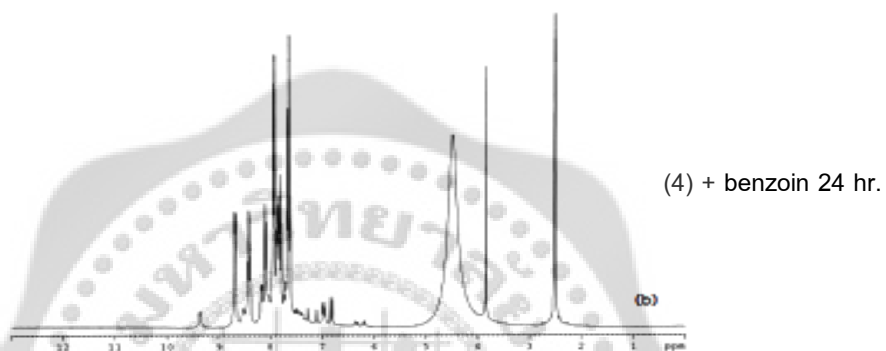
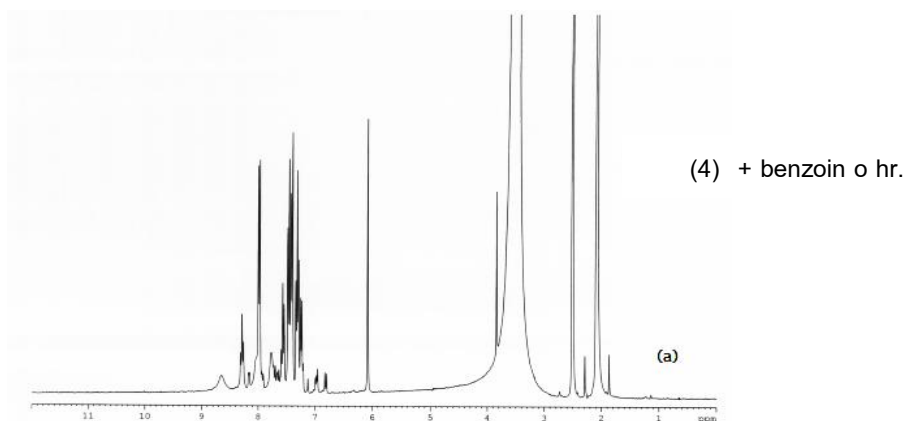
ภาพประกอบ 22 ^1H NMR (300 MHz, DMSO- d_6) ของเบนโซอิน



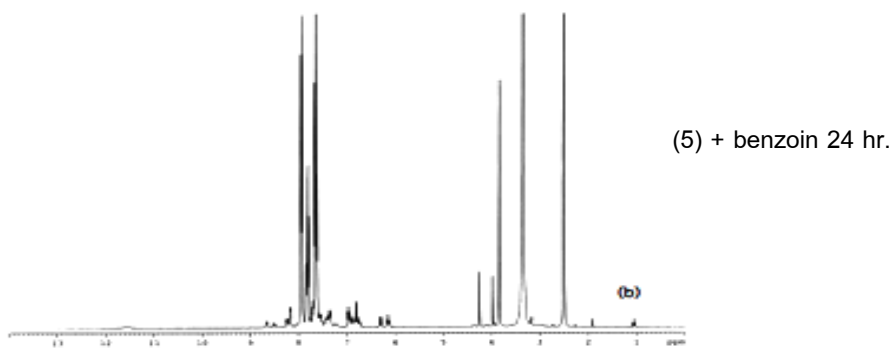
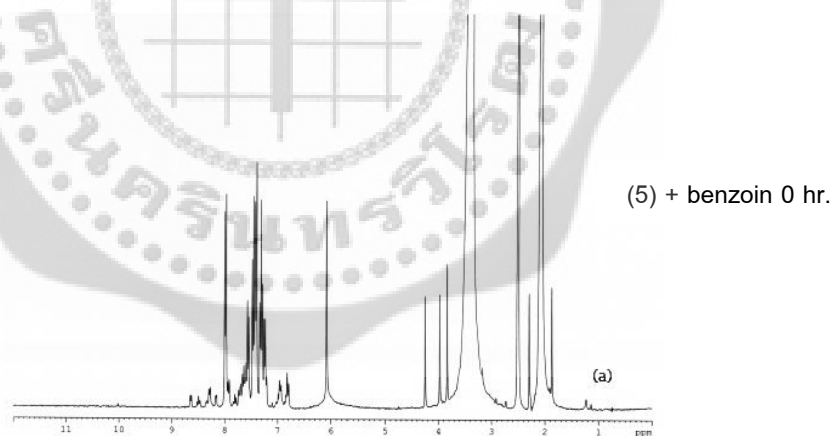
ภาพประกอบ 23 ^1H NMR ก่อน (a) และหลัง (b) เြงปฏิกิริยาของสารประกอบ (1)



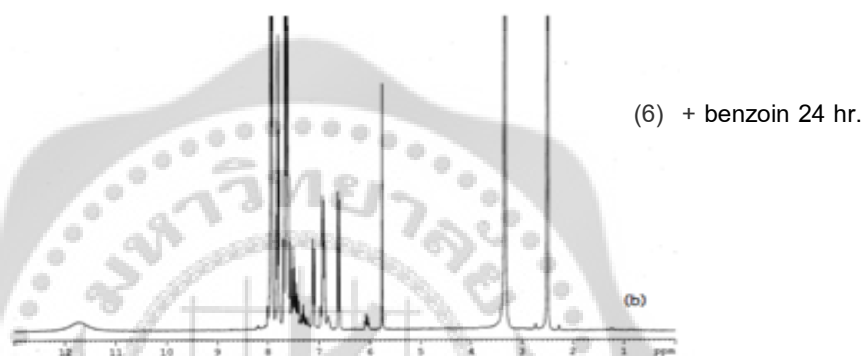
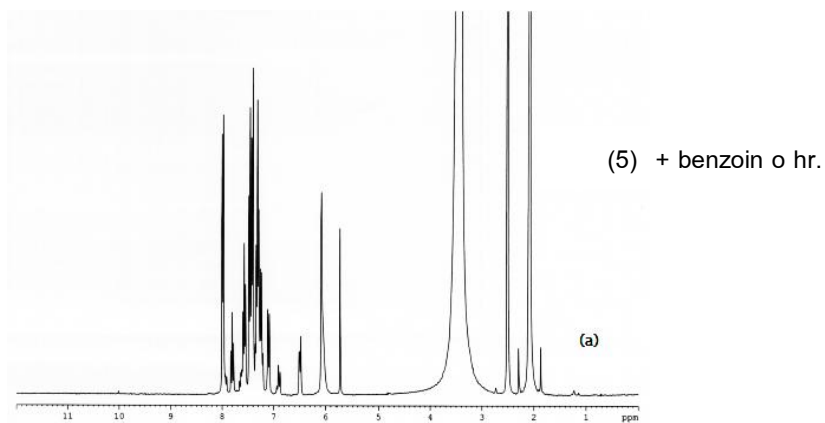
ภาพประกอบ 24 ^1H NMR ก่อน (a) และหลัง (b) เြงปฏิกิริยาของสารประกอบ (3)



ภาพประกอบ 25 ^1H NMR ก่อน (a) และหลัง (b) เြงปฏิกิริยาของสารประกอบ (4)



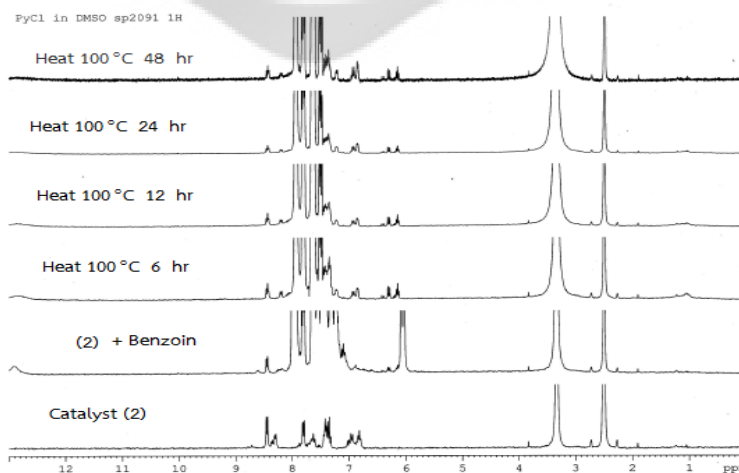
ภาพประกอบ 26 ^1H NMR ก่อน (a) และหลัง (b) เြงปฏิกิริยาของสารประกอบ (5)



ภาพประกอบ 27 ^1H NMR ก่อน (a) และหลัง (b) เြงปฏิกิริยาของสารประกอบ (6)

ยกเว้นสารประกอบ (2) ที่ต้องนำหลอด NMR ไปทิ้งไว้ในอ่างน้ำมันที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมงแล้วนำไป วัด ^1H NMR ปรากฏ chemical shift ของเบนซิลเกิดขึ้น ดังแสดงในภาพที่

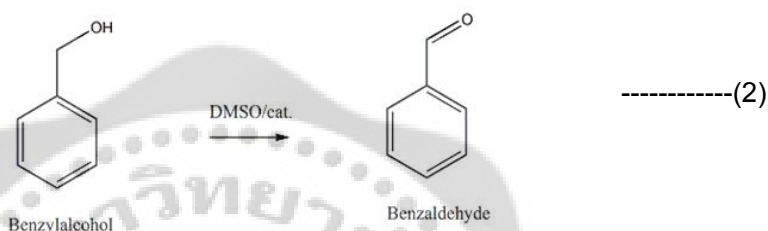
28



ภาพประกอบ 28 ^1H NMR ของตัวเร่งปฏิกิริยา (2) และเบนโซอินที่ช่วงเวลาต่างๆ

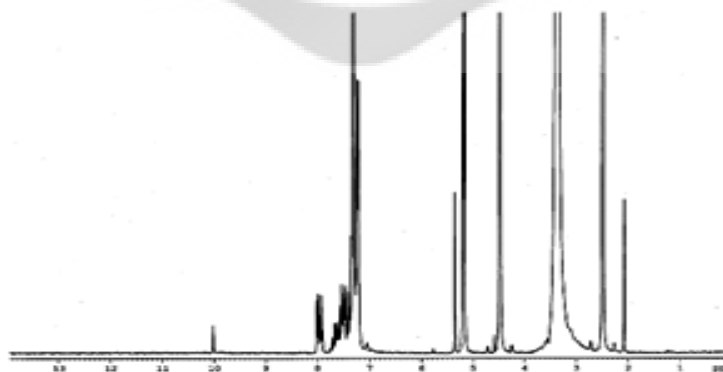
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนซิลแอลกอฮอล์โดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม(VI) ที่สังเคราะห์ได้

ผลการทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนซิลแอลกอฮอล์ด้วยสารประกอบเชิงซ้อนออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดีนัม (VI) กับลิแกนด์ไบเดนเทตต่างๆ ด้วยโปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์ เขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงดังสมการที่ 2

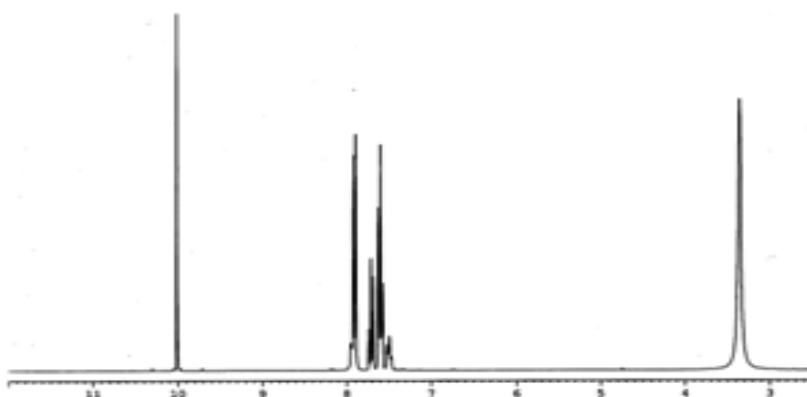


เบนซิลแอลกอฮอล์ มีโปรตอน 8 ตัว มีค่า chemical shift ของเบนซิลแอลกอฮอล์ในช่วง 2.08 (s, 1H, OH), 4.48-4.51 (d, 1H, CH), 5.17-5.20 (d, 1H, CH), 7.19-7.26 (d, 2H, H_{ar}), 7.30-7.35 (m, 3H, H_{ar}) ดังแสดงในภาพที่ 29

เบนซาลดีไฮด์มีโปรตอน 6 ตัว มีค่า chemical shift ของเบนซาลดีไฮด์ในช่วง 7.57-7.60 (m, 2H, H_{ar}), 7.86-7.74 (m, 1H, H_{ar}), 7.89-7.95 (m, 2H, H_{ar}), 10.08 (s, 1H, COH) ดังแสดงในภาพที่ 30

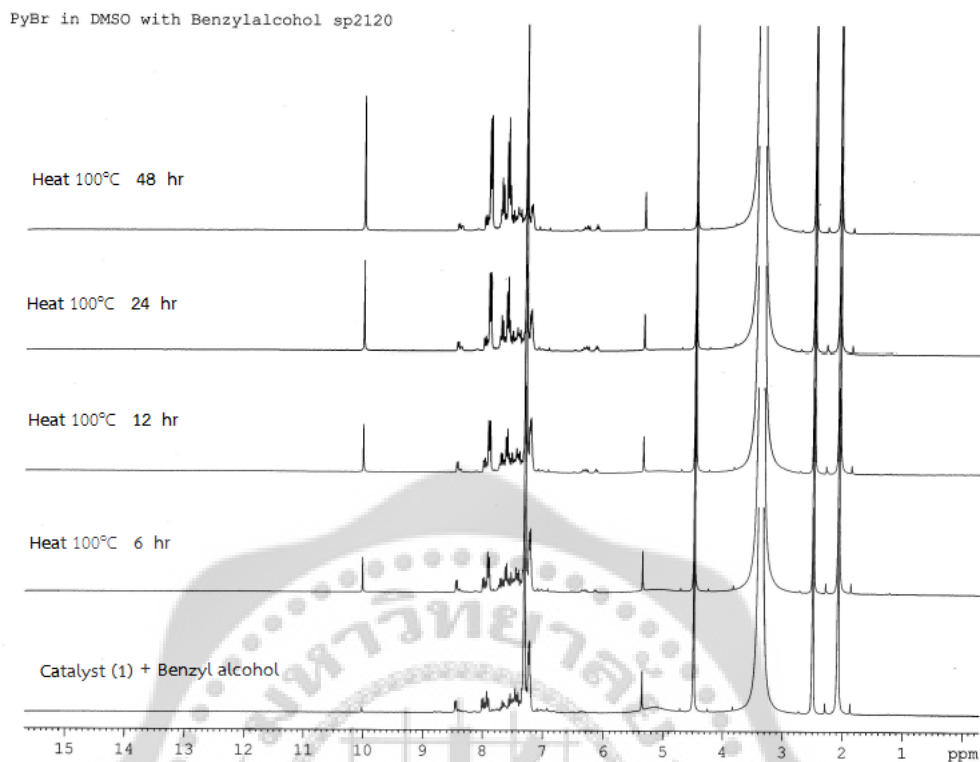


ภาพประกอบ 29 ^1H NMR (300 MHz, DMSO- d_6) ของเบนซิลแอลกอฮอล์

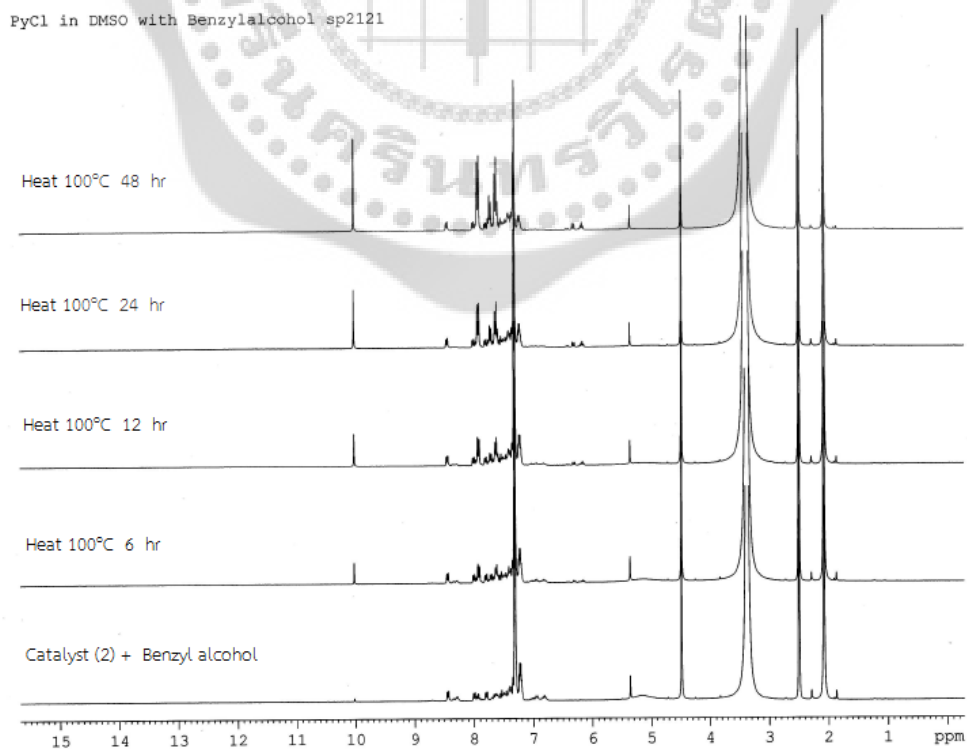


ภาพประกอบ 30 ^1H NMR (300 MHz, DMSO-d_6) ของเบนซาลดีไฮด์

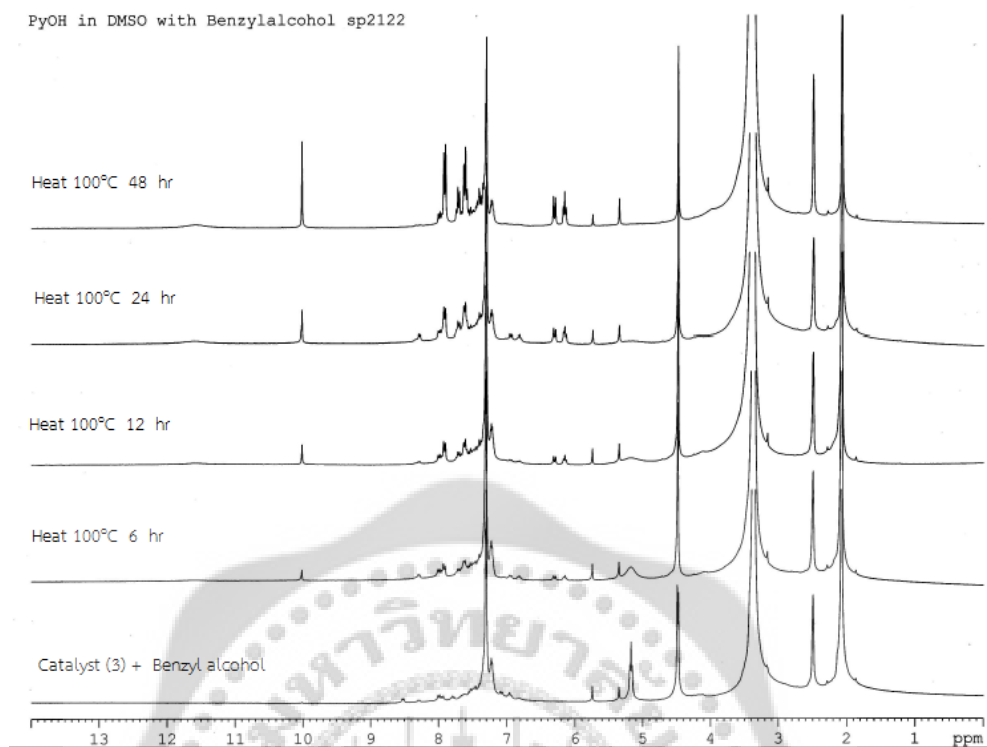
เมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยา (1), (2), (3), (4), (5) และ (6) แต่ละหลอด NMR ใส่ตัวทำละลาย DMSO และใส่เบนซิลแอลกอฮอล์ 2 ml แล้วนำไปวัด ^1H NMR พบว่ายังไม่มีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณของเบนซิลแอลกอฮอล์ จึงนำหลอดไปทิ้งไว้ในอ่างน้ำมันที่ อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 6 แล้วนำไปวัด ^1H NMR ปรากฏ chemical shift ของเบนซาลดีไฮด์ที่ชัดเจนเกิดขึ้นที่ 10.08 (s, 1H, COH) แต่ยังไม่ชัดเจนและเมื่อนำหลอดไปทิ้งไว้ในอ่างน้ำมันที่ อุณหภูมิ 100°C ต่อเป็นเวลา 12, 24, 48 ชั่วโมงตามลำดับ แล้วนำไปวัด ^1H NMR พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยา (1), (2), (4) และ (5) พบสัญญาณ ^1H NMR ของเบนซาลดีไฮด์ ได้อย่างชัดเจนเมื่อทิ้งไว้ให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาในอ่างน้ำมันที่ 100°C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยา (3) และ (6) พบสัญญาณ ^1H NMR ของเบนซาลดีไฮด์ ได้อย่างชัดเจนเมื่อทิ้งไว้ให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาในอ่างน้ำมันที่ อุณหภูมิ 100°C เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าค่า chemical shift ของเบนซิลแอลกอฮอล์ที่ 2.08 (s, 1H, OH), 4.48-4.51 (d, 1H, CH), 5.17-5.20 (d, 1H, CH), 7.19-7.26 (d, 2H, H_{ar}), 7.30-7.35 (m, 3H, H_{ar}) ไม่ได้หายไปทั้งหมดแต่ปรากฏ chemical shift ของเบนซาลดีไฮด์ที่ ในช่วง 7.57-7.60 (m, 2H, H_{ar}), 7.86-7.74 (m, 1H, H_{ar}), 7.89-7.95 (m, 2H, H_{ar}), 10.08 (s, 1H, COH) ขึ้นผสมกัน ซึ่งจะเกิดสัญญาณชัดเจนที่สุดเมื่อทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 31 ถึง 36 เปรียบเทียบข้อมูล ^1H NMR ก่อนและหลังเร่งปฏิกิริยาเมื่อทิ้งให้ทำปฏิกิริยาในอ่างน้ำมันที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 100°C ระยะเวลา 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ของตัวเร่งปฏิกิริยา (1), (2), (3), (4), (5) และ (6) ตามลำดับ



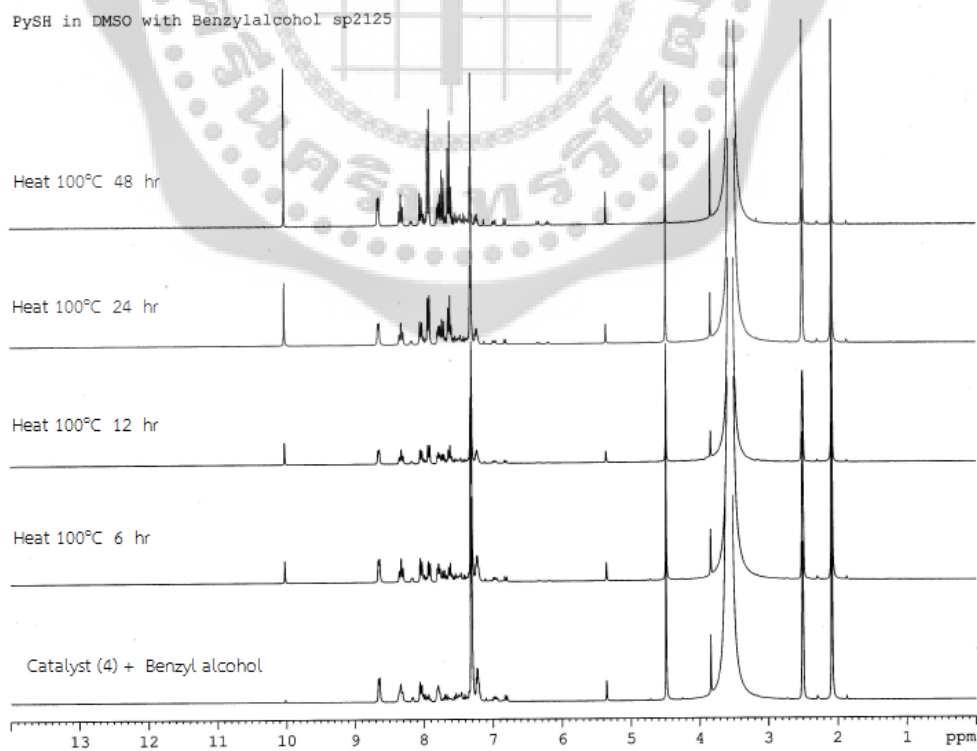
ภาพประกอบ 31 เปรียบเทียบ ^1H NMR ของเบนซิลแอลกอฮอล์และสารประกอบ (1) ที่เวลาต่างๆ



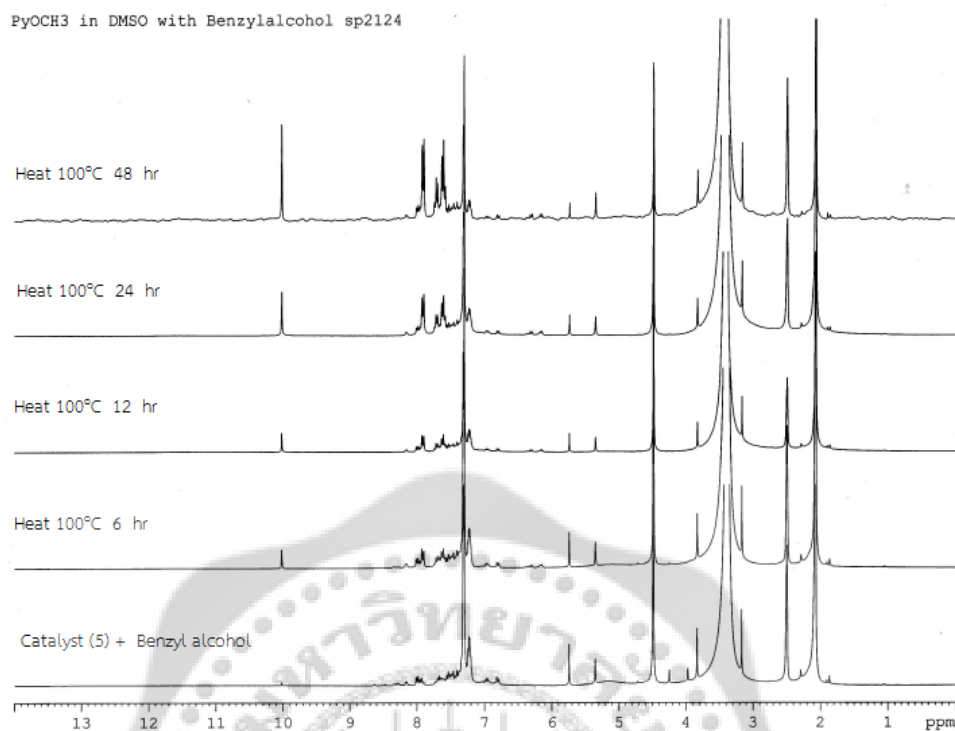
ภาพประกอบ 32 เปรียบเทียบ ^1H NMR ของเบนซิลแอลกอฮอล์และสารประกอบ (2) ที่เวลาต่างๆ



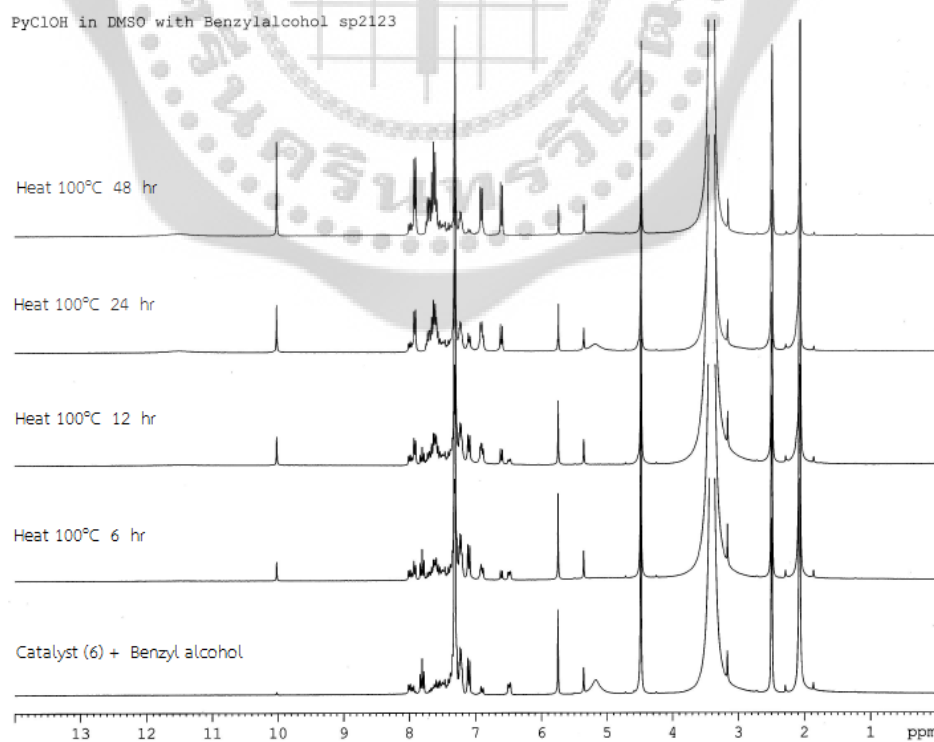
ภาพประกอบ 33 เปรียบเทียบ ¹H NMR ของเบนซิลแอลกอฮอล์และสารประกอบ (3) ที่เวลาต่างๆ



ภาพประกอบ 34 เปรียบเทียบ ¹H NMR ของเบนซิลแอลกอฮอล์และสารประกอบ (4) ที่เวลาต่างๆ



ภาพประกอบ 35 เปรียบเทียบ ¹H NMR ของเบนซิลแอลกอฮอล์และสารประกอบ (5) ที่เวลาต่างๆ



ภาพประกอบ 36 เปรียบเทียบ ¹H NMR ของเบนซิลแอลกอฮอล์และสารประกอบ (6) ที่เวลาต่างๆ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาศักยภาพการสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อน ออกโซ-เปอร์ออกโซโมลิบดินัม (VI) กับลิแกนด์ทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ 2-bromopyridine, 2-chloropyridine, 2-hydroxypyridine, 2-mercaptopyridine, 2-methoxypyridine และ 6-chloro-2-hydroxypyridine โดยจะศึกษาสมบัติและโครงสร้างของสารด้วย เทคนิคอินฟราเรด สเปกโตรสโกปี และโปรตอน นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์ ตลอดจนศึกษา การเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอินและเบนซิลแอลกอฮอล์ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจากสารประกอบที่สังเคราะห์ขึ้น ได้แก่ $\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOBr})_2$ (1), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOCl})_2]$ (2), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2)_2]$ (3), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOS})_2]$ (4), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOOCH}_3)_2]$ (5) และ $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2\text{Cl})_2]$ (6) โดยมีไดเมทิล ซัลฟอกไซด์ เป็นตัวออกซิไดซ์ และ ทิ้งให้ทำปฏิกิริยาในอ่างน้ำมันที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 100°C ระยะเวลา 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ

สรุปผล อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาศักยภาพการวิจัย สรุปผลได้ดังนี้

1. การสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อน $\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOBr})_2$ (1), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOCl})_2]$ (2), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2)_2]$ (3), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOS})_2]$ (4), $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOOCH}_3)_2]$ (5) และ $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyO}_2\text{Cl})_2]$ (6) ได้เป็นตะกอนสีเหลือง มีจุดหลอมเหลว $100-250^\circ\text{C}$ ส่วนใหญ่จะสลายตัว มี IR (cm^{-1}): $\nu(\text{C}=\text{N})$ 1,612-1,680, $\nu(\text{N}-\text{O})$ 1,550, $\nu(\text{O}-\text{O})$ 893-917, $\nu_{\text{asym}}(\text{MoO}_2)$ 718, $\nu(\text{Mo}=\text{O})$ 918-980 และผล $^1\text{H NMR}$ (300 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) ของขึ้นอยู่กับตำแหน่งของ H ของตัวเร่งปฏิกิริยา

2. ผลการทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนโซอิน พบว่าสารประกอบเชิงซ้อน (1), (3), (4), (5), (6) สามารถเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนเบนโซอินเป็นเบนซิลได้หลังทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง ยกเว้นสารประกอบเชิงซ้อน (2) ที่ต้องนำไปทิ้งไว้ในอ่างน้ำมันที่ 100°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จึงสามารถเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนเบนโซอินเป็นเบนซิลได้ เมื่อพิจารณาโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยา $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOCl})_2]$ (2) พบว่าพันธะระหว่างลิแกนด์กับโมลิบดินัม Mo-Cl มี Cl อะตอมที่สามารถดึงอิเล็กตรอนจากโมลิบดินัม จึงทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ช้า ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยา $[\text{MoO}(\text{O}_2)(\text{PyOBr})_2]$ (1) ที่เป็นหมู่ดึงอิเล็กตรอนในโครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยาเช่นกันแต่สามารถเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องได้นั้นเพราะ Br มีขนาดอะตอมที่ใหญ่กว่า Cl ทำให้ระนาบของวงแหวน

เหลี่ยมที่เกิดขึ้น มีการบิดเบี้ยวไปมากกว่า ส่งผลให้ตั้งอิเล็กตรอนจากอะตอมของ Mo ได้น้อยกว่า ในกรณีของสารประกอบเชิงซ้อน (2)

3. การทดสอบการเร่งปฏิกิริยา ออกซิเดชันของเบนซิลแอลกอฮอล์ ไปเป็นเบนซาลดีไฮด์ ของสารประกอบเชิงซ้อน (1), (2), (4) และ (5) สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่า (3) และ (6) แต่ก็ยังไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาให้กลายเป็นเบนซาลดีไฮด์อย่างสมบูรณ์ได้ ซึ่งพบว่าการเร่งปฏิกิริยา ออกซิเดชันของเบนซิลแอลกอฮอล์ของสารประกอบ (1), (2), (4) และ (5) เร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่า (3) และ (6) แต่ก็ยังไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาให้กลายเป็นเบนซาลดีไฮด์อย่างสมบูรณ์ได้ ซึ่งอาจจะต้องทิ้ง ให้ทำปฏิกิริยาในอ่างน้ำมันที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 100°C ระยะเวลามากขึ้น หรือที่อุณหภูมิสูงกว่านี้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มชนิดของลิแกนด์ หรือความยาวของสายไฮโดรคาร์บอนบนวงแอโรมาติก ว่ามีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาหรือไม่ เช่น สาย R ตำแหน่งที่ 4, 5, 6 ของวงไพรีดีน
2. ควรเก็บตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ได้ไว้อย่างมิดชิด ให้พ้นแสง เพื่อป้องกันการสลายตัวของตัวเร่งปฏิกิริยา
3. ควรเพิ่มอุณหภูมิในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบนซิลแอลกอฮอล์ไปเป็นเบนซาลดีไฮด์ ของสารประกอบเชิงซ้อนสังเคราะห์ได้ ที่ 120°C และ ที่ 150°C
4. ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับลิแกนด์ประเภทอื่นๆ เช่น ลิแกนด์ไตรเดนเทต เป็นต้น

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- วารุณี ยงสกุลโรจน์. (2544). *ปฏิบัติการเคมีเคมีอินทรีย์ 1*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สเปกโตรสโกปีและการพิสูจน์โครงสร้างของสาร (2012). Retrieved April 30, 2012, from http://www.chemistry.sc.chula.ac.th/course_info/2302265/Spectro.pdf
- สุชาติพิศ ศิริไพศาลพัฒน์. (2551). *เคมีโคออร์ดิเนชัน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ โอ. เอส. พรินติ้ง เฮาส์.
- Ankush, V.; et al. (2009). Selective oxidation of aromatic primary alcohols to aldehydes using molybdenum acetylide oxo-peroxo complex as catalyst. *Journal Tetrahedral Letter*. 50 : 2885-2888.
- Anthony, J. (2008). Chiral oxoperoxomolybdenum(VI) complexes for enantioselective olefin epoxidation: Some mechanistic and stereochemical reflection. *Journal Coordination Chemistry Reviews*. 252 : 170-175
- ASM International. (1999). *Pure metals properties A scientific-technical handbook*. Freund Publishing House Ltd. London.
- Mojtaba, B.; et al. (2012). Catalytic efficiency of novel complex of oxoperoxo molybdenum(VI): Synthesis, X-ray structure and alkane oxidation. *Journal Inorganic Chemistry Communications*. 15 : 52-55.
- Mojtaba, B.; et al. (2012). Synthesis, X-ray structure and oxidation catalysis of a oxido-peroxido molybdenum(VI) complex with a tridentate Schiff base ligand. *Journal Inorganic Chemistry Communications*. 20 : 86-89.
- Narottam Gharah.; et al. (2009). Oxoperoxo molybdenum and tungsten (VI) complexes with 1-(2'-hydroxyphenyl) ethanone oxime: Synthesis, structure and catalytic use in the oxidation of olefins, alcohols, sulfides and amines using H₂O₂ as a terminal oxidant. *Journal Inorganica Chemica Acta*. 363 : 1090-1100.

Rajan Deepan Chakravarthy.;et al. (2011). New chiral molybdenum complex catalyzed sulfide oxidation with hydrogen peroxide. *Journal Inorganica Chemica Acta*. 376 : 57-63.

Swarup, K.; et al. (2004). Oxoperoxo-molybdenum and tungsten (VI) complexes:their synthesis, structure and catalytic uses in the peroxidic oxidation of alcohols to aldehyde and ketones. *Journal Inorganic Chemistry Communications*. 7 : 823-828.



ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ สกุล	นายธนาภฤช ครุเจนธรรม
วัน เดือน ปี เกิด	30 เมษายน 2521
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	120/36 ซอยอนามัยงามเจริญ 31 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2540	มัธยมปลาย โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์
พ.ศ. 2544	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร
พ.ศ. 2545	ประกาศนียบัตร วิชาชีพครูชั้นสูง จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร
พ.ศ. 2550	ประกาศนียบัตร วิชาชีพบริหาร จากมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
พ.ศ. 2556	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมี จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จังหวัด กรุงเทพมหานคร