

การสังเคราะห์อนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท



นางสาว ชฎาพร ถาวรพานิชกิจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชา เคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2533

ISBN 974-578-276-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017926 11998590

SYNTHESIS OF ORGANOTINBORATE DERIVATIVES



Miss Chadaporn Thavornpanichkij

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science

Department of Chemistry

Graduate school

Chulalongkorn University


1990

ISBN 974-578-276-9



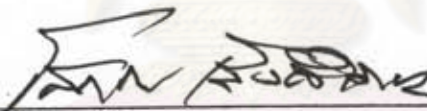
หัวข้อวิทยานิพนธ์      การสังเคราะห์อนุพันธ์ตึบอินทรีย์บอแรก  
โดย                              นางสาวชฎาพร ถาวรพานิชกิจ  
สาขาวิชา                      อินทรีย์เคมี  
อาจารย์ที่ปรึกษา              ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพ็ชรสม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

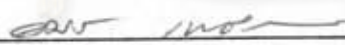
  
\_\_\_\_\_  
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรนัย)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย


กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
\_\_\_\_\_  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไสภณ เริงสำราญ)

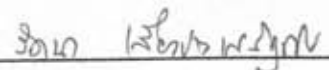
ประธานกรรมการ

  
\_\_\_\_\_  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพ็ชรสม)

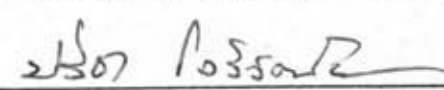
อาจารย์ที่ปรึกษา

  
\_\_\_\_\_  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชำนาญ ภัทรพานิช)

กรรมการ

  
\_\_\_\_\_  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัตนา เสียงประเสริฐกิจ)

กรรมการ

  
\_\_\_\_\_  
(อาจารย์ ดร. ปรัชชา โงวิวัฒน์ชัย)

กรรมการ



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
รายการตารางประกอบ.....	ง
รายการรูปประกอบ.....	จ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำและทฤษฎี	
1.1 บทนำ.....	1
1.2 ทฤษฎี.....	8
2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	32
2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	32
2.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	32
2.3 วิธีการทดลอง.....	33
2.3.1 การสังเคราะห์อนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรทจาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B(OH)}_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 .....	33
2.3.2 การสังเคราะห์อนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรทจาก TBTO กับ $\text{B(OH)}_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 .....	34
2.3.3 การสังเคราะห์อนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรทจาก $\text{Bu}_2\text{SnO}$ กับ $\text{B(OH)}_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 .....	35
2.3.4 การสังเคราะห์อนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรทจาก $\text{Oc}_2\text{SnO}$ กับ $\text{B(OH)}_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 .....	36
2.3.5 การสังเคราะห์อนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรทจาก $(\text{Bu}_2\text{SnHexSnBu}_2-)_2\text{-O}$ กับ $\text{B(OH)}_3$ ในอัตราส่วน จำนวนโมล 1:1 .....	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.6 การสังเคราะห์อนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวทจาก (Bu <sub>2</sub> SnBuSnBu <sub>2</sub> -) <sub>2</sub> -O กับ B(OH) <sub>3</sub> ในอัตราส่วน จำนวนโมล 1:1 .....	38
3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล.....	39
3.1 คุณสมบัติทางกายภาพ.....	39
3.2 การพิสูจน์โดยการหาปริมาณธาตุ.....	39
3.3 การพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยอินฟราเรดสเปกตรัม.....	50
3.4 การพิสูจน์เอกลักษณ์โดยใช้ <sup>1</sup> H, <sup>13</sup> C, <sup>119</sup> Sn และ <sup>11</sup> B NMR.....	64
3.5 การพิสูจน์เอกลักษณ์โดยใช้แมสสเปกโตรสโคปี.....	75
3.6 การวิเคราะห์ผล.....	77
4. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	89
4.1 สรุปผลการทดลอง.....	89
4.2 ข้อเสนอแนะ.....	91
เอกสารอ้างอิง.....	92
ภาคผนวก.....	95
ก. อินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท.....	96
ข. <sup>1</sup> H NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท.....	130
ค. <sup>13</sup> C NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท.....	130
ง. <sup>119</sup> Sn NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท.....	158
จ. <sup>11</sup> B NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท.....	158
ฉ. แมสสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท.....	175
ช. เอ็กซ์เรย์ ดิฟแฟรกชัน สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ ดีบุกอินทรีย์บอเวท.....	178
ประวัติผู้เขียน.....	180



ชฎาพร ถาวรพานิชกิจ : การสังเคราะห์อนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเรท (SYNTHESIS OF ORGANOTINBORATE DERIVATIVES). อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.อมร เพ็ชรสม, 180 หน้า.

สังเคราะห์สารประกอบดีบุกอินทรีย์บอเรท คือ ทริส-(ไตรแอลคิลทิน) บอเรท, บิส-(ไตรแอลคิลทิน) บอเรท และ ไตรแอลคิลทิน บอเรท จากปฏิกิริยาเอสเทอร์วิเคชั่นระหว่างสารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่เป็น ไตรเฟนิลทิน ไฮดรอกไซด์ ( $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ ) และ/หรือ บิส-(ไตรบิวทิลทิน) ออกไซด์ (TBTO) กับ กรดบอริก  $\text{B}(\text{OH})_3$  ในอัตราส่วนจำนวนโมลต่าง ๆ กัน และ สังเคราะห์สารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเรท คือ ทริส-(ไดแอลคิลทิน) ไดบอเรท, ไดแอลคิลทิน ไดบอเรท และ ไดแอลคิลทิน บอเรท จากปฏิกิริยาเอสเทอร์วิเคชั่นระหว่างสารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่เป็น ไดแอลคิลทิน ออกไซด์ ( $\text{R}_2\text{SnO}$ ) โดยที่หมู่  $\text{R} =$  หมู่บิวทิล- และ/หรือ หมู่ออกทิล- กับ กรดบอริก ในอัตราส่วนจำนวนโมลต่าง ๆ กัน และสังเคราะห์ บิส-(แอลคาเททระบิวทิลไดทิน) ไดบอเรท, ไดไฮดรอกไซด์ ของ บิส-(แอลคาเททระบิวทิลไดทิน) ไดบอเรท และ แอลคาเททระบิวทิลไดทิน บอเรท จากปฏิกิริยาเอสเทอร์วิเคชั่น ระหว่างสารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่เป็น บิส-(แอลคิลลีน-เททระบิวทิลไดทิน) ออกไซด์ กับกรดบอริกในอัตราส่วนจำนวนโมลต่าง ๆ กัน โดยมีทอลูอีนเป็นตัวทำละลาย การวิเคราะห์โครงสร้างของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเรท อาศัยเทคนิค ไอ อาร์ (IR), โปรตอน เอ็น เอ็ม อาร์ ( $^1\text{H}$  NMR), คาร์บอน 13 เอ็น เอ็ม อาร์ ( $^{13}\text{C}$  NMR), ดีบุก 119 เอ็น เอ็ม อาร์ และ โบรอน 11 เอ็น เอ็ม อาร์ ( $^{11}\text{B}$  NMR) สเปกโทรสโคปี และการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ธาตุผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ จะขึ้นกับอัตราส่วนจำนวนโมลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ กับ กรดบอริก หมู่แอลคิล และ จำนวนของหมู่แอลคิล นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนจำนวนโมลที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาจะให้เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์สูงสุด

CHADAPORN THAVORNPANICHKIJ : SYNTHESIS OF ORGANOTINBORATE  
DERIVATIVES. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. AMORN PETCHSOM  
Ph.D. 180 pp.

Organotinborate compounds, tris-(trialkyltin) borate, bis-(trialkyltin) borate and trialkyltin borate were synthesized by the esterification of organotin compounds such as triphenyltin hydroxide ( $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ ) and/or bis-(tributyltin) oxide (TBTO) with boric acid  $\text{B}(\text{OH})_3$  in various molar ratio. Tris-(dialkyltin) diborate, dialkyltin diborate and dialkyltin borate were synthesized by the esterification of organotin compound such as dialkyltin oxide ( $\text{R}_2\text{SnO}$ ) where R = butyl- and/or octyl-group with boric acid in various molar ratio. Bis-(alkatetrabutyliditin) diborate and alkatetrabutyliditin diborate were synthesized by the esterification of organoditin compounds such as 1,6-hexylene-bis-(dibutyltin) oxide and/or 1,4-butylene-bis-(dibutyltin) oxide with boric acid in various molar ratio, in refluxing toluene. The structure of organotinborate compounds were characterized by IR,  $^1\text{H-NMR}$ ,  $^{13}\text{C-NMR}$ ,  $^{119}\text{Sn-NMR}$  and  $^{11}\text{B-NMR}$  spectroscopic technics and elemental analysis. The products will depend on molar ratio of organotin compounds, alkyl group nature and amount of alkyl groups. Besides these, the appropriate molar ratio gave maximum yield of products.



ค

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์ และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.โสภณ เริงสำราญ ตลอดจนคณาจารย์  
ผู้ร่วมโครงการวิจัย สารประกอบดีบุกอินทรีย์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และความช่วยเหลือ  
เป็นอย่างดีทั้งวิชาการและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ตลอดจนวิธีและขั้นตอนการทดลอง

ขอขอบพระคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และทุน  
วิจัยบางส่วนจากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ร่วมกันสนับสนุนด้าน  
เงินทุนเพื่อการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ คุณวัฒนา นพคุณ และ คุณพิศมัย เสถียรขานนท์ จากสำนักงาน  
พลังงานแห่งชาติ ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัย  
เป็นอย่างดี

และขอขอบคุณเพื่อน พี่ และ น้อง นิสิตปริญญาโทเคมี และผู้ช่วยวิจัยโครงการวิจัยโลหะ  
ดีบุกอินทรีย์ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือตลอดการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร ชฎาพร ถาวรพานิชกิจ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
1. การละลายของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่มีหมู่อินทรีย์สามหมู่.....	15
2. การนำสารประกอบดีบุกอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม.....	18
3. สารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่เป็นพิษ.....	20
3.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเปอร่เป็นต้นผลผลิตของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์ บอแรกที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วน จำนวนโมลต่าง ๆ กัน.....	40
3.2 ปริมาณธาตุในสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรกที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมลต่าง ๆ กัน.....	41
3.3 คุณสมบัติทางกายภาพและเปอร่เป็นต้นผลผลิตของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์ บอแรกที่สังเคราะห์จาก TBTO กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วน จำนวนโมลต่าง ๆ กัน.....	42
3.4 ปริมาณธาตุในสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรกที่สังเคราะห์จาก TBTO กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมลต่าง ๆ กัน.....	43
3.5 คุณสมบัติทางกายภาพและเปอร่เป็นต้นผลผลิตของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์ บอแรกที่สังเคราะห์จาก $\text{Bu}_2\text{SnO}$ ในอัตราส่วนจำนวนโมลต่าง ๆ กัน.....	44
3.6 ปริมาณธาตุในสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรกที่สังเคราะห์จาก $\text{Bu}_2\text{SnO}$ ในอัตราส่วนจำนวนโมลต่าง ๆ กัน.....	45
3.7 คุณสมบัติทางกายภาพและเปอร่เป็นต้นผลผลิตของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์ บอแรกที่สังเคราะห์จาก $\text{Oc}_2\text{SnO}$ ในอัตราส่วนจำนวนโมลต่าง ๆ กัน.....	46
3.8 ปริมาณธาตุในสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรกที่สังเคราะห์จาก $\text{Oc}_2\text{SnO}$ ในอัตราส่วนจำนวนโมลต่าง ๆ กัน.....	47
3.9 คุณสมบัติทางกายภาพและเปอร่เป็นต้นผลผลิตของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์ บอแรกที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnHexSnBu}_2)_2\text{-O}$ ในอัตราส่วน จำนวนโมลต่าง ๆ กัน.....	48
3.10 ปริมาณธาตุในสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรกที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnHexSnBu}_2)_2\text{-O}$ ในอัตราส่วนจำนวนโมลต่าง ๆ กัน.....	48

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
3.11 คุณสมบัติทางกายภาพและเปอร่ี่ขึ้นด้ผลผลิตของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเรทที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnBuSnBu}_2)_2\text{-O}$ ในอัตราส่วนจำนวนโมลต่าง ๆ กัน.....	49
3.12 ปริมาณธาตุในสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเรทที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnBuSnBu}_2)_2\text{-O}$ ในอัตราส่วนจำนวนโมลต่าง ๆ กัน.....	49
3.13 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเรทที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B(OH)}_3$ .....	52
3.14 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเรทที่สังเคราะห์จาก TBTO กับ $\text{B(OH)}_3$ .....	54
3.15 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเรทที่สังเคราะห์จาก $\text{Bu}_2\text{SnO}$ กับ $\text{B(OH)}_3$ .....	57
3.16 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเรทที่สังเคราะห์จาก $\text{Oc}_2\text{SnO}$ กับ $\text{B(OH)}_3$ .....	60
3.17 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเรทที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnHexSnBu}_2)_2\text{-O}$ กับ $\text{B(OH)}_3$ .....	62
3.18 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเรทที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnBuSnBu}_2)_2\text{-O}$ กับ $\text{B(OH)}_3$ .....	63
3.19 $^1\text{H}$ , $^{13}\text{C}$ , $^{119}\text{Sn}$ และ $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบดีบุกอินทรีย์บอเรทที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B(OH)}_3$ .....	67
3.20 $^1\text{H}$ , $^{13}\text{C}$ , $^{119}\text{Sn}$ และ $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบดีบุกอินทรีย์บอเรทที่สังเคราะห์จาก TBTO กับ $\text{B(OH)}_3$ .....	69
3.21 $^1\text{H}$ , $^{13}\text{C}$ , $^{119}\text{Sn}$ และ $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบดีบุกอินทรีย์บอเรทที่สังเคราะห์จาก $\text{Bu}_2\text{SnO}$ กับ $\text{B(OH)}_3$ .....	71
3.22 $^1\text{H}$ , $^{13}\text{C}$ , $^{119}\text{Sn}$ และ $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบดีบุกอินทรีย์บอเรทที่สังเคราะห์จาก $\text{Oc}_2\text{SnO}$ กับ $\text{B(OH)}_3$ .....	72

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
3.23 $^1\text{H}$ , $^{13}\text{C}$ , $^{119}\text{Sn}$ และ $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnHexSnBu}_2)_2\text{-O}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ .....	74
3.24 $^1\text{H}$ , $^{13}\text{C}$ , $^{119}\text{Sn}$ และ $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnBuSnBu}_2)_2\text{-O}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ .....	74



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก. 27 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $Oc_2SnO$ กับ $B(OH)_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 3:1 ....	122
ก. 28 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $Oc_2SnO$ กับ $B(OH)_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 3:2 ....	123
ก. 29 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $(Bu_2SnHexSnBu_2-)_2-O$ กับ $B(OH)_3$ ในอัตราส่วน จำนวนโมล 1:1 .....	124
ก. 30 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $(Bu_2SnHexSnBu_2-)_2-O$ กับ $B(OH)_3$ ในอัตราส่วน จำนวนโมล 1:2 .....	125
ก. 31 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $(Bu_2SnHexSnBu_2-)_2-O$ กับ $B(OH)_3$ ในอัตราส่วน จำนวนโมล 3:2 .....	126
ก. 32 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $(Bu_2SnBuSnBu_2-)_2-O$ กับ $B(OH)_3$ ในอัตราส่วน จำนวนโมล 1:1 .....	127
ก. 33 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $(Bu_2SnBuSnBu_2-)_2-O$ กับ $B(OH)_3$ ในอัตราส่วน จำนวนโมล 1:2 .....	128
ก. 34 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $(Bu_2SnBuSnBu_2-)_2-O$ กับ $B(OH)_3$ ในอัตราส่วน จำนวนโมล 3:2 .....	129
ข. 1 แสดง $^1H$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $Ph_3SnOH$ กับ $B(OH)_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 ...	130
ข. 2 แสดง $^1H$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $Ph_3SnOH$ กับ $B(OH)_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:2 ...	131







รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.29 แสดง $^1\text{H}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnHexSnBu}_2-)_2-\text{O}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 .....	156
ข.30 แสดง $^1\text{H}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnBuSnBu}_2-)_2-\text{O}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:2 .....	157
ข.31 แสดง $^1\text{H}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnBuSnBu}_2-)_2-\text{O}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 3:2 .....	157
ค.1 แสดง $^{13}\text{C}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 ...	130
ค.2 แสดง $^{13}\text{C}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:2 ...	131
ค.3 แสดง $^{13}\text{C}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:3 ...	132
ค.4 แสดง $^{13}\text{C}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 2:1 ...	133
ค.5 แสดง $^{13}\text{C}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 2:3 ...	134
ค.6 แสดง $^{13}\text{C}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 3:1 ...	135
ค.7 แสดง $^{13}\text{C}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 3:2 ...	136
ค.8 แสดง $^{13}\text{C}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเวท ที่สังเคราะห์จาก TBTO กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 .....	137



รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ค.22 แสดง $^{13}\text{C}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรก ที่สังเคราะห์จาก $\text{Oc}_2\text{SnO}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 2:1 ....	152
ค.23 แสดง $^{13}\text{C}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรก ที่สังเคราะห์จาก $\text{Oc}_2\text{SnO}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 2:3 ....	153
ค.24 แสดง $^{13}\text{C}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรก ที่สังเคราะห์จาก $\text{Oc}_2\text{SnO}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 3:2 ....	155
ค.25 แสดง $^{13}\text{C}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรก ที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnHexSnBu}_2)_2\text{-O}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 .....	156
ง.1 แสดง $^{119}\text{Sn}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรก ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 ...	158
ง.2 แสดง $^{119}\text{Sn}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรก ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:2 ...	159
ง.3 แสดง $^{119}\text{Sn}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรก ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:3 ...	160
ง.4 แสดง $^{119}\text{Sn}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรก ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 2:1 ...	161
ง.5 แสดง $^{119}\text{Sn}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรก ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 2:3 ...	162
ง.6 แสดง $^{119}\text{Sn}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรก ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 3:1 ...	163
ง.7 แสดง $^{119}\text{Sn}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรก ที่สังเคราะห์จาก $\text{Ph}_3\text{SnOH}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 3:2 ...	164
ง.8 แสดง $^{119}\text{Sn}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอแรก ที่สังเคราะห์จาก TBTO กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 .....	165



รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
จ.8 แสดง $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเท ที่สังเคราะห์จาก TBTO กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 .....	165
จ.9 แสดง $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเท ที่สังเคราะห์จาก TBTO กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:2 .....	166
จ.10 แสดง $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเท ที่สังเคราะห์จาก TBTO กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:3 .....	167
จ.11 แสดง $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเท ที่สังเคราะห์จาก TBTO กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 2:1 .....	168
จ.12 แสดง $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเท ที่สังเคราะห์จาก TBTO กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 2:3 .....	169
จ.13 แสดง $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเท ที่สังเคราะห์จาก TBTO กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 3:1 .....	170
จ.14 แสดง $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเท ที่สังเคราะห์จาก TBTO กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 3:2 .....	171
จ.15 แสดง $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเท ที่สังเคราะห์จาก $\text{Oc}_2\text{SnO}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 2:1 ....	172
จ.16 แสดง $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเท ที่สังเคราะห์จาก $\text{Oc}_2\text{SnO}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 2:3 ....	172
จ.17 แสดง $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเท ที่สังเคราะห์จาก $\text{Oc}_2\text{SnO}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 3:1 ....	173
จ.18 แสดง $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเท ที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnHexSnBu}_2)_2\text{-O}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 .....	174
จ.19 แสดง $^{11}\text{B}$ NMR สเปกตรัมของสารประกอบอนุพันธ์ดีบุกอินทรีย์บอเท ที่สังเคราะห์จาก $(\text{Bu}_2\text{SnBuSnBu}_2)_2\text{-O}$ กับ $\text{B}(\text{OH})_3$ ในอัตราส่วนจำนวนโมล 1:1 .....	174

คำอธิบายสัญลักษณ์ และ คำย่อ

- R = หมู่แอลคิล หรือ แอวิล
- Et = หมู่เอทิล
- Bu = หมู่บิวทิล
- Oc = หมู่ออกทิล
- Ph = หมู่เฟนิล
- TBTO = บิส-(ไตรบิวทิลทิน) ออกไซด์
- Bu<sub>2</sub>SnO = ไดบิวทิลทิน ออกไซด์
- Oc<sub>2</sub>SnO = ไดออกทิลทิน ออกไซด์
- Ph<sub>3</sub>SnOH = ไตรเฟนิลทิน ไฮดรอกไซด์
- (Bu<sub>2</sub>SnBuSnBu<sub>2</sub>-)<sub>2</sub>-O = 1,6-เฮกซาลีน-บิส-ไดบิวทิลทิน ออกไซด์
- (Bu<sub>2</sub>SnHexSnBu<sub>2</sub>-)<sub>2</sub>-O = 1,4-บิวทิลีน-บิส-ไดบิวทิลทิน ออกไซด์

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย