สารบาญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบาญ	ซ
สารบาญตาราง	ฎ
สารบาญภาพ	ฒ
รายการอักษรย่อ	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แหล่งที่มาและองค์ประกอบของไคติน และไคโตซาน	1
1.2 โครงสร้างทางเคมีของไคติน และไคโตซาน	8
1.3 สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของไคติน และไคโตซาน	9
1.3.1 การละลาย	9
1.3.2 การหมุนจำเพาะ	9
1.3.3 ความร้อนในการกระตุ้นให้เกิดการสลายพันธะแบบไฮโดรไลซิส	10
1.3.4 น้ำหนักโมเลกุล	10
1.3.5 องศาของการกำจัดหมู่เอซิทิล	13
1.3.6 ความหนืด	18
1.3.7 ความสามารถในการตกตะกอน	18
1.3.8 โครงรูปโมเลกุล	19
1.3.9 การสลายตัว	22
1.4 การเตรียมไคติน และไคโตซาน	24
1.5 การเตรียมไคโตซาน	26
1.6 ปูนา	27

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

เรื่อง	หน้า
1.7 จักจั่น	27
1.8 การสังเคราะห์ซัลเฟตไคโตซาน	29
1.9 การประยุกต์ใช้ซัลเฟตไคโตซาน	33
1.10 วัตถุประสงค์การวิจัย	36
บทที่ 2 การทดลอง และผลการทดลอง	37
2.1 เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี	37
2.1.1 เครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์	37
2.1.2 สารเคมี	37
2.2 แหล่งที่มา และการเตรียมวัตถุดิบ	39
2.3 การเตรียมตัวทำละลายที่ใช้ในการทดลอง	39
2.4 การเตรียมไคตินจากกระดองปูนา และคราบจักจั่น	41
2.5 การเตรียมไคโตซาน	43
2.6 การสังเคราะห์ซัลเฟตไคโตซานจากไคโตซานพาณิชย์ ไคโตซานจากกระดองปูนา และคราบจักจั่น	44
2.6.1. การสังเคราะห์ซัลเฟตไคโตซานแบบสุ่ม จากไคโตซานพาณิชย์	44
2.6.2. การสังเคราะห์ซัลเฟตพอลิแอลกอฮอล์	46
2.7 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของไคโตซาน และซัลเฟตไคโตซาน	47
2.7.1 การวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานพาณิชย์ ไคโตซานจากกระดองปูนา และคราบจักจั่น	47
2.7.2. การแยกขนาดโมเลกุลของซัลเฟตไคโตซาน จากไคโตซานพาณิชย์	50

เรื่อง หน้า

2.7.3 การวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลของซัลเฟตไคโตซาน จากไคโตซานพาณิชย์ ไคโตซานจากกระดองปูนาและคราบจักจั่น โดยใช้เทคนิคการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง 54
2.8 การศึกษาสมบัติทางเคมีของไคโตซานและซัลเฟตไคโตซาน 68
2.8.1 การหาค่าการหมุนจำเพาะ 68
2.8.2 การหาค่าองศาของการกำจัดหมู่แอซิทิล โดยวิธีนินไฮดริน 69
2.8.3 การหาค่าองศาของหมู่ซัลเฟตโดยวิธีนินไฮดริน 71
2.8.4 การพิสูจน์เอกลักษณ์ 73
1. อินฟราเรดสเปคโทรสโคปี 73
2. เครื่องวิเคราะห์ธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตเจน และซัลเฟอร์ 83
3. การวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมในตัวอย่าง ซัลเฟตไคโตซาน 85
4. ศึกษาการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ 86
5. โปรตอน และคาร์บอนสิบสามนิวเคลียร์ แมกเนติกเรโซแนนท์สเปคโทรสโคปี 89
2.9 การสังเคราะห์ซัลเฟตไคโตซานแบบเลือกเข้าในตำแหน่งที่จำเพาะเจาะจง 101
.9.1 การสังเคราะห์ 2-Deoxy-2-phthalimido-(1⟶4)-β-D-glucopyranan (2) 102
2.9.2 การสังเคราะห์ 2-Deoxy-2-phthalimido-6-O-(triphenylmethyl)-(1⟶4)-β-D-glucopyranan (3) 102
2.9.3 การสังเคราะห์ 2-Amino-2-deoxy-6-O-(triphenylmethyl)-(1⟶4)-β-D-glucopyranan (4) 103

เรื่อง หน้า

2.9.4 การสังเคราะห์ 2-Deoxy-2-sulfoamino-3-sulfo-6-O-(triphenylmethyl)-(1⟶4)-β-D-glucopyranan (5) 103

2.9.5 การสังเคราะห์ 2-Deoxy-2-sulfoamino-3-sulfo-(1⟶4)-β-D-glucopyranan (6) 104

บทที่ 3 วิจารณ์ และสรุปผลการทดลอง 116

เอกสารอ้างอิง 134

ประวัติผู้เขียน 137

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

สารบาญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 แหล่ง และองค์ประกอบของไคตินในสิ่งมีชีวิต	2
2.1 ผลการเปรียบเทียบน้ำหนักไคติน และไคโตซานที่เตรียม จากกระดองปูนา และคราบจักจั่น	42
2.2 ผลการเปรียบเทียบน้ำหนักซัลเฟเตดไคโตซาน ที่เตรียมจากไคโตซานจากแหล่งวัตถุดิบต่างๆ ซัลเฟเตดพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และซัลเฟเตดพอลิเอธีลีนกลัยโคล	63 46
2.3 ผลการวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานโดย วิธีเจลเพอร์มิเอชันโครมาโทกราฟี และน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย(M_v) ของซัลเฟเตดไคโตซานโดยวิธีการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง	49
2.4 ผลการคำนวณหาค่าความหนืดแบบต่างๆของซัลเฟเตดไคโตซาน จากไคโตซานพาณิชย์ โดยวิธีการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง	55
2.5 ผลการคำนวณหาค่าความหนืดแบบต่างๆของซัลเฟเตดไคโตซาน จากไคโตซานพาณิชย์ พีค 1 โดยวิธีการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง	57
2.6 ผลการคำนวณหาค่าความหนืดแบบต่างๆของซัลเฟเตดไคโตซาน จากไคโตซานพาณิชย์ พีค 2 โดยวิธีการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง	58
2.7 ผลการคำนวณหาค่าความหนืดแบบต่างๆของซัลเฟเตดไคโตซาน จากไคโตซานพาณิชย์ พีค 3 โดยวิธีการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง	59
2.8 ผลการคำนวณหาค่าความหนืดแบบต่างๆของซัลเฟเตดไคโตซาน จากกระดองปูนา โดยวิธีการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง	60
2.9 ผลการคำนวณหาค่าความหนืดแบบต่างๆ ของซัลเฟเตดไคโตซาน จากกระดองปูนา พีค 1 โดยวิธีการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง	61
2.10 ผลการคำนวณหาค่าความหนืดแบบต่างๆของซัลเฟเตดไคโตซาน จากกระดองปูนา พีค 2 โดยวิธีการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง	62

ตาราง หน้า

2.11 ผลการคำนวณหาค่าความหนืดแบบต่างๆของซัลเฟตเดดไคโตซาน
จากกระดองปูนา พืด3 โดยวิธีการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง 63
2.12 ผลการคำนวณหาค่าความหนืดแบบต่างๆของซัลเฟตเดดไคโตซาน
จากคราบจักจั่น โดยวิธีการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง 64
2.13 ผลการคำนวณหาค่าความหนืดแบบต่างๆของซัลเฟตเดดไคโตซาน
จากคราบจักจั่น พืด 1 โดยวิธีการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง 65
2.14 ผลการคำนวณหาค่าความหนืดแบบต่างๆของซัลเฟตเดดไคโตซาน
จากคราบจักจั่น พืด 2 โดยวิธีการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง 66
2.15 ผลการคำนวณหาค่าความหนืดแบบต่างๆของซัลเฟตเดดไคโตซาน
จากคราบจักจั่น พืด 3 โดยวิธีการวัดความหนืดของสารละลายเจือจาง 67
2.16 ผลของการหาค่าการหมุนจำเพาะในตัวอย่างไคโตซาน และซัลเฟตเดดไคโตซาน 68
2.17 ผลการหาค่าองศาของการกำจัดหมู่แอซิทิลในตัวอย่างไคโตซาน
โดยวิธีนินไฮดริน 70
2.18 เปรียบเทียบผลของการหาค่าองศาของการกำจัดหมู่แอซิทิล
ในตัวอย่างไคโตซานโดยวิธี ninhydrin และ potentiometric titration 71
2.19 ผลการหาองศาของหมู่ซัลเฟตในตัวอย่างซัลเฟตเดดไคโตซาน 72
2.20 การแปลผล IR spectrum ของไคติน ไคโตซาน
และซัลเฟตเดดไคโตซานจากไคโตซานพาณิชย์ 73
2.21 การแปลผล IR spectrum ของไคติน ไคโตซาน
และซัลเฟตเดดไคโตซานจากกระดองปูนา 76
3.22 การแปลผล IR spectrum ของไคติน ไคโตซาน
และซัลเฟตเดดไคโตซานจากคราบจักจั่น 78
2.23 การแปลผล IR spectrum ของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์
และซัลเฟตเดดพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 80
2.24 การแปลผล IR spectrum ของพอลิเอธีลีนกลัยโคล
และซัลเฟตเดดพอลิเอธีลีนกลัยโคล 82

ตาราง หน้า

2.25 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน
ซัลเฟอร์ และโซเดียมของไคติน ไคโตซาน และซัลเฟเตดไคโตซาน 84
2.26 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโซเดียมในตัวอย่างซัลเฟเตดไคโตซาน 86
2.27 ผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction spectrometry ที่ 2θ
ในตัวอย่างไคโตซาน และซัลเฟเตดไคโตซาน 88
2.28 การแปลผล solid state CP-MAS ^{13}C-NMR spectroscopy
สำหรับตัวอย่างไคโตซาน และ ^{13}C-NMR spectroscopy
สำหรับตัวอย่างซัลเฟเตดไคโตซาน 94
2.29 การแปลผล ^{1}H-NMR spectrum ของซัลเฟเตดไคโตซานจากไคโตซานพาณิชย์ 96
2.30 การแปลผล ^{1}H-NMR spectrum ของซัลเฟเตดไคโตซานจากกระดองปูนา 98
2.31 การแปลผล ^{1}H-NMR spectrum ของซัลเฟเตดไคโตซานจากคราบจักจั่น 100
2.32 ผลการวิเคราะห์ IR spectrum ของอนุพันธ์ไคโตซาน
(2), (3), (4), (5) และ(6) (KBr) 106
2.33 ผลการวิเคราะห์ X-ray diffraction ที่ 2θ ของอนุพันธ์ไคโตซาน
(2), (3) และ (4) เปรียบเทียบกับไคโตซานพาณิชย์ (1) 107
2.34 ผลการวิเคราะห์ เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน
ของอนุพันธ์ไคโตซาน (2), (3) และ (4) 108
2.35 การแปลผล ^{1}H-NMR spectrum ของอนุพันธ์ไคโตซาน (2) 114
2.36 การแปลผล ^{1}H-NMR spectrum ของอนุพันธ์ไคโตซาน (3) 114
2.37 การแปลผล ^{1}H-NMR spectrum ของอนุพันธ์ไคโตซาน (4) 114
2.38 การแปลผล ^{1}H-NMR spectrum ของอนุพันธ์ไคโตซาน (5) 115
2.39 การแปลผล ^{1}H-NMR spectrum ของอนุพันธ์ไคโตซาน (6) 115

สารบาญภาพ

รูป หน้า

1.1 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส (a) ไคติน(b) และไคโตซาน (c) 8
1.2 การแยกของพอลิเมอร์โดยผ่าน GPC คอลัมน์ 11
1.3 กราฟจากการทำ extrapolation ระหว่างกราฟ η_{sp}/C กับ C และ $\ln\eta_{rel}/C$ กับ C ไปยังความเข้มข้นเท่ากับศูนย์ 12
1.4 ปฏิกิริยาของไคโตซานกับคีโตนหรือแอลดีไฮด์ให้อนุพันธ์ alkylidine 14
1.5 ยูวีสเปคตรัมของ salicyladehyde 15
1.6 baseline ของอินฟราเรดสเปคตรัมในการวิเคราะห์ระดับความเป็นไคโตซานรูปแบบของ Roberts 16
1.7 ^{1}H-NMR spectrum ของไคโตซานใน CD_3COOD/D_2O ที่อุณหภูมิ 70 °C 17
1.8 แสดงกลไกของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไคโตซานกับนินไฮดริน 18
1.9 โครงสร้างผลึกของแอลฟาไคติน (A) และเบต้าไคติน (B) 20
1.10 การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของไคตินและไคโตซานด้วยเทคนิค X-ray diffraction spectromrtry 21
1.11 ปูนาซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมไคติน และไคโตซาน 27
1.12 แมลงจักจั่น 28
1.13 คราบจักจั่นซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมไคติน และไคโตซาน 28
1.14 ขั้นตอนการเตรียมซัลเฟเตดไคโตซานของ Horton และ Just 30
1.15 ขั้นตอนการเตรียมซัลเฟเตดไคโตซานของ Holme และ Perlin 31
1.16 ขั้นตอนการเตรียมซัลเฟเตดไคโตซานของ Nishimura และคณะ 32
1.17 โครงสร้างของเฮพพาริน 34
2.1 การเตรียมไคโตซานโดยรีฟลักซ์ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน 43
2.2 การไดแอลิซิสสารละลายซัลเฟเตดไคโตซานจากไคโตซานพาณิชย์ 45
2.3 โครมาโทรแกรมที่พลอตระหว่างเวลากับน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานพาณิชย์ 48

รูป หน้า

2.4 โครมาโตแกรมที่พลอตระหว่างเวลากับน้ำหนักโมเลกุล
ของไคโตซานจากคราบจักจั่น 48
2.5 กราฟ calibrate sepharose ด้วยสารละลายมาตรฐาน blue dextran และ phenol red 51
2.6 กราฟ calibrate sepharose ด้วยสารละลายมาตรฐาน dextran sulfate
ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 8, 40 และ 500 กิโลดาลตัน 51
2.7 กราฟแยกขนาดโมเลกุลซัลเฟเตดไคโตซานจากไคโตซานพาณิชย์ 52
2.8 กราฟแยกขนาดโมเลกุลซัลเฟเตดไคโตซานจากกระดองปูนา 52
2.9 กราฟแยกขนาดโมเลกุลซัลเฟเตดไคโตซานจากคราบจักจั่น 53
2.10 ระยะการจับเวลาของ Oswarld viscometer ที่ระดับ A ไปยังระดับ B 55
2.11 กราฟความหนืดลด และความหนืดอินฮีเรนท์กับความเข้มข้น
ของซัลเฟเตดไคโตซานจากไคโตซานพาณิชย์ 56
2.12 กราฟความหนืดลด และความหนืดอินฮีเรนท์กับความเข้มข้น
ของซัลเฟเตดไคโตซานจากไคโตซานพาณิชย์ พีค 1 57
2.13 กราฟความหนืดลด และความหนืดอินฮีเรนท์กับความเข้มข้น
ของซัลเฟเตดไคโตซานจากไคโตซานพาณิชย์ พีค 2 58
2.14 กราฟความหนืดลด และความหนืดอินฮีเรนท์กับความเข้มข้น
ของซัลเฟเตดไคโตซานจากไคโตซานพาณิชย์ พีค 3 59
2.15 กราฟความหนืดลด และความหนืดอินฮีเรนท์กับความเข้มข้น
ของซัลเฟเตดไคโตซานจากกระดองปูนา 60
2.16 กราฟความหนืดลด และความหนืดอินฮีเรนท์กับความเข้มข้น
ของซัลเฟเตดไคโตซานจากกระดองปูนา พีค 1 61
2.17 กราฟความหนืดลด และความหนืดอินฮีเรนท์กับความเข้มข้น
ของซัลเฟเตดไคโตซานจากกระดองปูนา พีค 2 62
2.18 กราฟความหนืดลด และความหนืดอินฮีเรนท์กับความเข้มข้น
ของซัลเฟเตดไคโตซานจากกระดองปูนา พีค 3 63

รูป หน้า

2.19 กราฟความหนืดลด และความหนืดอินฮีเรนท์กับความเข้มข้น
ของซัลเฟเตดไคโตซานจากคราบจักจั่น 64
2.20 กราฟความหนืดลด และความหนืดอินฮีเรนท์กับความเข้มข้น
ของซัลเฟเตดไคโตซานจากคราบจักจั่น พีค 1 65
2.21 กราฟความหนืดลด และความหนืดอินฮีเรนท์กับความเข้มข้น
ของซัลเฟเตดไคโตซานจากคราบจักจั่น พีค 2 66
2.22 กราฟความหนืดลด และความหนืดอินฮีเรนท์กับความเข้มข้น
ของซัลเฟเตดไคโตซานจากคราบจักจั่น พีค 3 67
2.23 กราฟมาตรฐาน phenylalanine ที่มีปริมาณไนโตรเจน
อยู่ในช่วง 10-80 มิลลิกรัมต่อลิตร 70
2.24 IR spectrum ของไคติน ไคโตซาน และซัลเฟเตดไคโตซาน
จากไคโตซารพาณิชย์ (KBr) 74
2.25 IR spectrum ของไคติน ไคโตซานและซัลเฟเตดไคโตซาน
จากกระดองปูนา(KBr) 75
2.26 IR spectrum ของไคติน ไคโตซานและซัลเฟเตดไคโตซาน
จากคราบจักจั่น(KBr) 77
2.27 IR spectrum ของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์
และซัลเฟเตดพอลิไวนิลแอลกอฮอล์(KBr) 79
2.28 IR spectrum ของพอลิเอธีลีนกลัยโคล
และซัลเฟเตดพอลิเอธีลีนกลัยโคล(KBr) 81
2.29 กราฟการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานโซเดียม
ในช่วงความเข้มข้น 2.5, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร 85
2.30 X-ray diffractogram ที่ 2θ ของไคติน ไคโตซาน
และซัลเฟเตดไคโตซานจากไคโตซานพาณิชย์ 87
2.31 X-ray diffractogram ที่ 2θ ของไคติน ไคโตซาน
และซัลเฟเตดไคโตซานจากกระดองปูนา 87

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

รูป หน้า

2.32 X-ray diffractogram ของไคติน ไคโตซาน
และซัลเฟเตดไคโตซานจากคราบจักจั่น 88
2.33 solid state CP-MAS ^{13}C-NMR spectrum ของไคโตซานจากไคโตซานพาณิชย์ 90
2.34 solid state CP-MAS ^{13}C-NMR spectrum ของไคโตซานจากกระดองปูนา 91
2.35 ^{13}C-NMR spectrum ของซัลเฟเตดไคโตซาน
จากไคโตซานพาณิชย์ โดยใช้ D_2O เป็นตัวทำละลาย 92
2.36 ^{13}C-NMR spectrum ของซัลเฟเตดไคโตซาน
จากกระดองปูนา โดยใช้ D_2O เป็นตัวทำละลาย 93
2.37 ^{1}H-NMR spectrum ของซัลเฟเตดไคโตซาน
จากไคโตซานพาณิชย์ โดยใช้ D_2O เป็นตัวทำละลาย 95
2.38 ^{1}H-NMR spectrum ของซัลเฟเตดไคโตซาน
จากกระดองปูนา โดยใช้ D_2O เป็นตัวทำละลาย 97
2.39 ^{1}H-NMR spectrum ของซัลเฟเตดไคโตซาน
จากคราบจักจั่น โดยใช้ D_2O เป็นตัวทำละลาย 99
2.40 โครงสร้างของ 2-Deoxy-2-sulfoamino-3-O-sulfo-(1$\rightarrow$4)-β-D-glucopyranan (6) 101
2.41 IR spectrum ของอนุพันธ์ไคโตซาน (2), (3), (4), (5) และ (6) (KBr) 105
2.42 X-ray diffractogram ที่ 2θ ของอนุพันธ์ไคโตซาน (2), (3) และ (4)
เปรียบเทียบกับไคโตซานพาณิชย์ (1) 107
2.43 ^{1}H-NMR spectrum ของอนุพันธ์ไคโตซาน (2)
โดยใช้ DMSO-d_6 เป็นตัวทำละลาย 109
2.44 ^{1}H-NMR spectrum ของอนุพันธ์ไคโตซาน (3)
โดยใช้ DMSO-d_6 เป็นตัวทำละลาย 110
2.45 ^{1}H-NMR spectrum ของอนุพันธ์ไคโตซาน (4)
โดยใช้ pyridine-d_5 เป็นตัวทำละลาย 111
2.46 ^{1}H-NMR spectrum ของอนุพันธ์ไคโตซาน (5)
โดยใช้ DMSO-d_6 เป็นตัวทำละลาย 112

รูป หน้า

2.47 ^{1}H-NMR spectrum ของอนุพันธ์ไคโตซาน (6)
โดยใช้ D_2O เป็นตัวทำละลาย 113
3.1 สรุปขั้นตอนการเตรียมไคติน และไคโตซานจากกระดองปูนา 117
3.2 สรุปขั้นตอนการเตรียมไคติน และไคโตซานจากคราบจักจั่น 118
3.3 สรุปขั้นตอนการสังเคราะห์ซัลเฟเตดไคโตซาน
จากไคโตซานพาณิชย์ 121
3.4 สรุปขั้นตอนการสังเคราะห์ซัลเฟเตดพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 122
3.5 สรุปขั้นตอนการสังเคราะห์ซัลเฟเตดพอลิเอธีลีนกลัยโคล 123
3.6 แสดงกลไกการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนซัลเฟต 124
3.7 สรุปขั้นตอนการสังเคราะห์ 2-Deoxy-2-sulfoamino-3-O-sulfo-
(1$\rightarrow$4)-β-D-glucopyranan (6) 128
3.8 แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยา tranesterification โดยเอธีลีนกลัยโคล 129

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

รายการอักษรย่อ

^{o}C	องศาเซลเซียส
%w/v	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
%v/v	เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรต่อปริมาตร
N	หน่วยความเข้มข้นเป็น นอร์มัล
δ	chemical shift
^{o}A	อังสตรอม
M	หน่วยความเข้มข้นเป็นโมลาร์
M.W.	น้ำหนักโมเลกุล

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University