

สารบัญ

บทที่ 1	
บทนำเคมีอินทรีย์และปฏิกิริยาเบื้องต้น	1
สาระสำคัญ	
จุดประสงค์การเรียนรู้	
บทนำ	2
1.1 โครงสร้างอะตอม	2
1.1.1 ออร์บิทัล	2
1.1.2 Shell และ subshell ของออร์บิทัล	3
1.1.3 การกระจายอิเล็กตรอนตามออร์บิทัล	5
1.1.4 รัศมีอะตอม และสภาพไฟฟ้าลบ	6
1.2 พันธะเคมี	7
1.2.1 พันธะไอออนิก	8
1.2.2 พันธะโคเวเลนต์	8
1.3 รูปทรงโมเลกุล และ VALENCE SHELL ELECTRON PAIR REPULSION THEORY	11
1.4 ไฮบริไดเซชัน และออร์บิทัลผสม	11
1.4.1 ออร์บิทัลผสมชนิด sp^3	12
1.4.2 sp^2 Hybridization และพันธะไพ	13
1.4.3 sp Hybridization	14
1.4.4 Hybridization และความยาวพันธะ	15
1.4.5 ออร์บิทัลผสมของ N และ O	15
1.5 พันธะโคเวเลนต์แบบมีขั้วและไม่มีขั้ว	16
1.5.1 Dipole Moment	17
1.5.2 แรงระหว่างโมเลกุล	17
1.5.3 แรงระหว่างโมเลกุลกับจุดเดือดและการละลาย	19
1.6 ประจุตามสูตร	20
1.7 สูตรโครงสร้างทางเคมีและเรโซแนนซ์	20
1.7.1 เสถียรภาพของโครงสร้างที่เป็นส่วนร่วม	21
1.7.2 Hyperconjugation และเรโซแนนซ์	22
1.8 การเขียนสูตรโครงสร้างสารอินทรีย์	22
1.8.1 โครงสร้างที่แสดงพันธะแบบจุด	22
1.8.2 โครงสร้างที่แสดงพันธะแบบขีด	22
1.8.3 โครงสร้างแบบย่อ	23

1.8.4	โครงสร้างแบบผสม หรือ กึ่งย่อ	23
1.8.5	สูตรโครงสร้างแบบเส้น	23
1.8.6	โครงสร้างแบบ 3 มิติ	24
1.9	หมู่ฟังก์ชัน	25
1.9.1	หมู่ฟังก์ชันที่มีพหุพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอน	25
1.9.2	หมู่ฟังก์ชันที่เป็นอะตอมที่สภาพไฟฟ้าลบสูงสร้างพันธะเดี่ยวกับคาร์บอน	25
1.9.3	หมู่ฟังก์ชันที่มีพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับออกซิเจน	26
1.10	ไอโซเมอร์ชนิดโครงสร้าง	26
1.11	ชนิดของคาร์บอนและไฮโดรเจนอะตอมในสารประกอบอินทรีย์	27
1.11.1	คาร์บอนปฐมภูมิ	27
1.11.2	คาร์บอนทุติยภูมิ	27
1.11.3	คาร์บอนตติยภูมิ	27
1.11.4	คาร์บอนจตุตถภูมิ	28
1.12	การเรียกสารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น	28
1.13	ปฏิกิริยาอินทรีย์	32
1.13.1	ชนิดของปฏิกิริยาอินทรีย์	33
1.13.2	ลักษณะปฏิกิริยาอินทรีย์	34
1.13.3	อินเตอร์มีเดียตในปฏิกิริยา	35
1.13.4	กระบวนการของปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์	38
1.13.5	กรดและเบส	41
1.13.6	นิวคลีโอไฟล์ และอิเล็กโตรไฟล์	45
	แบบฝึกหัด บทที่ 1	46

บทที่ 2

ไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว	53
---------------------	----

สาระสำคัญ

จุดประสงค์การเรียนรู้

บทนำ

2.1	แอลิแฟติกไฮโดรคาร์บอนและแอลเคน	54
2.1.1	ไฮโดรคาร์บอนจากธรรมชาติ	54
2.2	แอลเคนและไซโคลแอลเคน	59
2.2.1	แอลเคน	59
2.2.2	ไซโคลแอลเคน	60
2.3	การเรียกแอลเคนและไซโคลแอลเคน	61

2.3.1 การเรียกชื่อแอลเคนตามระบบ IUPAC	61
2.3.2 การเรียกหมู่แอลคิล	63
2.3.3 การเรียกไซโคลแอลเคน	64
2.4 พอลิไซคลิกแอลเคน	65
2.5 สมบัติทางกายภาพ	67
2.5.1 สถานะ	67
2.5.2 จุดเดือด	67
2.5.3 จุดหลอมเหลว	68
2.5.4 การละลายและความหนาแน่น	69
2.6 โครงรูปของแอลเคน	69
2.6.1 ไอโซเมอร์โครงรูป	69
2.6.2 เสถียรภาพและโครงรูปไซโคลแอลเคน	72
2.7 การเตรียมแอลเคนและไซโคลแอลเคน	76
2.7.1 เตรียมจากแอลคีน แอลไคน์ หรือสารประกอบแอโรแมติก	76
2.7.2 เตรียมจากแอลคิลแฮไลด์	77
2.7.3 เตรียมจากแอลดีไฮด์ หรือคีโตน	80
2.7.4 เตรียมจากกรดคาร์บอกซิลิก	81
2.7.5 การเตรียมไซโคลโพรเพน	82
2.8 สมบัติทางเคมีของแอลเคนและไซโคลแอลเคน	83
2.8.1 การเผาไหม้	83
2.8.2 ปฏิกิริยาการแยกสลายแอลเคนด้วยความร้อน	83
2.8.3 ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยแฮโลเจน	84
2.8.4 ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยคลอรีนโดยใช้ Sulfuryl chloride	86
2.8.5 ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยหมู่ไนโตร	86
2.8.6 ปฏิกิริยาของไซโคลแอลเคน	87
แบบฝึกหัด บทที่ 2	89
บทที่ 3	
ไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว: แอลคีน, แอลไคน์ และไดอีน	93
สาระสำคัญ	
จุดประสงค์การเรียนรู้	
บทนำ	94
3.1 โครงสร้างและพันธะของแอลคีนและแอลไคน์	94
3.2 การเรียกชื่อแอลคีนและแอลไคน์	95

3.2.1 การเรียกแอลคีนและไซโคลแอลคีน	95
3.2.2 ไอโซเมอร์เชิงเรขาคณิตในแอลคีน	99
3.2.3 การเรียกแอลไคน์	101
3.3 สมบัติทางกายภาพ	102
3.4 เสถียรภาพของแอลคีนและแอลไคน์	104
3.5 การเตรียมแอลคีน	105
3.5.1 เตรียมจากแอลคิลแฮไลด์โดยปฏิกิริยาจัด HX	105
3.5.2 เตรียมจากแอลกอฮอล์โดยปฏิกิริยาจัดน้ำ	110
3.5.3 เตรียมจากแอลกอฮอล์โดยปฏิกิริยาจัดน้ำด้วย POCl_3	111
3.5.4 ปฏิกิริยาจัดแฮโลเจนจาก vicinal dibromide	111
3.6 การเตรียมแอลไคน์	112
3.6.1 การเตรียมอะเซทิลีน	112
3.6.2 เตรียมจากสารประกอบไดแฮไลด์โดยการจัด HX	112
3.6.3 การเตรียมแอลไคน์ที่มีพันธะสามปลายไซ้และภายในไซ้	113
3.7 ปฏิกิริยาของแอลคีน	113
3.7.1 ปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนแฮไลด์	114
3.7.2 ปฏิกิริยาการเติมกรด H_2SO_4	115
3.7.3 ปฏิกิริยาเพิ่มน้ำโดยมีกรดเป็นตัวเร่ง	115
3.7.4 ปฏิกิริยาการเติมแฮโลเจน	115
3.7.5 ปฏิกิริยาการเกิดแฮโลไฮดริน	116
3.7.6 ปฏิกิริยาการเพิ่มคาร์บอนเข้าที่พันธะคู่	117
3.7.7 ปฏิกิริยา Oxymercuration-demercuration	117
3.7.8 ปฏิกิริยา Hydroboration-Oxidation	118
3.7.9 ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชัน	118
3.7.10 ปฏิกิริยารีดักชัน	121
3.7.11 ปฏิกิริยาการเติม HBr ที่เกิดผ่านอนุมูลอิสระ	121
3.7.12 ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยอนุมูลอิสระ	121
3.7.13 ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์	122
3.8 ปฏิกิริยาของแอลไคน์	123
3.8.1 ปฏิกิริยาของ Terminal alkynes	123
3.8.2 ปฏิกิริยาการเติม	125
3.8.3 ปฏิกิริยารีดักชันและออกซิเดชัน	129
3.9 ไดอีนส์	131
3.9.1 Conjugated Diene	131

3.9.2 การเตรียม conjugated dienes	132
3.9.3 ปฏิกริยาของ 1,3-Dienes	133
แบบฝึกหัด บทที่ 3	136
บทที่ 4	
แอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน และพอลิแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน	143
สาระสำคัญ	
จุดประสงค์การเรียนรู้	
บทนำ	145
4.1 โครงสร้างของเบนซีน	145
4.1.1 โครงสร้างแบบ Kekulé และโครงสร้างที่แท้จริง	146
4.1.2 เสถียรภาพของเบนซีนและเรโซแนนซ์	147
4.1.3 โครงสร้างที่แท้จริงของเบนซีน	148
4.2 สภาพแอโรแมติก และกฎของ HUCKEL	149
4.2.1 สภาพแอโรแมติก	149
4.2.2 Annulenes	151
4.2.3 สภาพแอโรแมติกในวงแบบอื่นๆ	152
4.2.4 อัญรูปชนิดใหม่ของคาร์บอน	153
4.3 การเรียกชื่อสารประกอบของเบนซีน	154
4.3.1 อนุพันธ์เบนซีนที่มีการแทนที่ 1 แห่ง	154
4.3.2 อนุพันธ์เบนซีนที่มีการแทนที่ 2 แห่ง	156
4.3.3 อนุพันธ์เบนซีนที่มีการแทนที่ 3 แห่งขึ้นไป	157
4.4 สมบัติทางกายภาพ	158
4.5 สมบัติทางเคมีของสารประกอบแอโรแมติก	159
4.6 ปฏิกริยาการแทนที่ด้วยอิเล็กโตรไฟล์ที่วงแอโรแมติก	159
4.6.1 ปฏิกริยาการแทนที่ด้วยแฮโลเจน	160
4.6.2 ปฏิกริยาการแทนที่ด้วยหมู่ไนโตร	161
4.6.3 ปฏิกริยาการแทนที่ด้วยหมู่กรดซัลโฟนิก	161
4.6.4 ปฏิกริยา Friedel-Crafts Alkylation	162
4.6.5 ปฏิกริยาการแทนที่ด้วยหมู่แอลคิลแบบอื่น	162
4.6.6 ปฏิกริยา Friedel-Crafts Acylation	163
4.7 ปฏิกริยาการแทนที่ด้วยอิเล็กโตรไฟล์ในอนุพันธ์ของเบนซีน	165
4.7.1 ผลของหมู่แทนที่ที่มีต่ออัตราปฏิกริยา	165
4.7.2 ผลของหมู่แทนที่ในการกำหนดตำแหน่งเข้าทำปฏิกริยา	167

4.7.3 การแทนที่ด้วยอิเล็กโตรไฟล์ในวงเบนซีนที่มีหมู่แทนที่ 2 หมู่ขึ้นไป	169
4.8 ปฏิกริยารีดักชันที่วงเบนซีน	170
4.9 ปฏิกริยาการเติมคลอรีน	171
4.10 ปฏิกริยาที่โซ่ข้างวงเบนซีน	171
4.10.1 ปฏิกริยาออกซิเดชันที่โซ่ข้าง	171
4.10.2 ปฏิกริยาการแทนที่ด้วยแฮโลเจนที่หมู่แอลคิล	172
4.11 แอลคีนิลเบนซีน	173
4.11.1 การเตรียมแอลคีนิลเบนซีน	174
4.11.2 ปฏิกริยาของแอลคีนิลเบนซีน	174
4.12 การเตรียมอนุพันธ์ของเบนซีน	176
4.13 สารประกอบพอลิไซคลิกแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอน	177
4.13.1 สารประกอบไบเฟนิล	177
4.13.2 สารประกอบพอลิไซคลิกแอโรแมติกที่วงเชื่อมกัน	181
แบบฝึกหัด บทที่ 4	192
บทที่ 5	
แอลคิลแฮไลด์ และเอริลแฮไลด์	201
สาระสำคัญ	
จุดประสงค์การเรียนรู้	
บทนำ	203
5.1 แอลคิลแฮไลด์	204
5.2 การเรียกชื่อ	205
5.2.1 ชื่อสามัญ	205
5.2.2 ชื่อตามระบบ	206
5.2.3 พอลิแฮโลแอลเคน และการเรียกชื่อ	207
5.3 สมบัติกายภาพของแอลคิลแฮไลด์	207
5.3.1 สถานะ จุดหลอมเหลว จุดเดือด และผลของโครงสร้างที่มีต่อจุดเดือด	208
5.3.2 การละลายและความหนาแน่น	210
5.4 การเตรียมแอลคิลแฮไลด์	210
5.4.1 เตรียมจากแอลเคน	210
5.4.2 เตรียมจากแอลคีนโดยการแทนที่ที่ตำแหน่งแอลคิล	211
5.4.3 เตรียมจากแอลคีนด้วยปฏิกริยาการเติม	212
5.4.4 เตรียมจากแอลคีนด้วยปฏิกริยาการเติม	213
5.4.5 เตรียมจากแอลกอฮอล์ โดยปฏิกริยาการแทนที่	214

5.5 ปฏิกริยาของแอลคิลแฮไลด์	216
5.5.1 ปฏิกริยาการแทนที่ด้วยนิวคลีโอไฟล์	217
5.5.2 ปฏิกริยาการจัดของแอลคิลแฮไลด์	222
5.5.3 ปฏิกริยาการจัดแฮโลเจนจาก vicinal dihalide	224
5.6 แอลริลแฮไลด์	225
5.7 การเตรียมแอลริลแฮไลด์	225
5.7.1 เตรียมจากปฏิกริยาการแทนที่ด้วยแฮโลเจน	225
5.7.2 เตรียมจากเกลือไดอะโซเนียม	225
5.8 สมบัติทางกายภาพของแอลริลแฮไลด์	227
5.9 ปฏิกริยาของแอลริลแฮไลด์	228
5.9.1 ปฏิกริยาการแทนที่ด้วยอิเล็กโตรไฟล์	228
5.9.2 แอลริลแฮไลด์ และการแทนที่ด้วยนิวคลีโอไฟล์ที่วงแอโรแมติก	228
5.10 สารประกอบโลหะอินทรีย์	232
5.10.1 การเรียกชื่อสารประกอบโลหะอินทรีย์	233
5.10.2 การเตรียมออร์แกโนลิเทียม และกรีนาร์รีเอเจนต์	233
5.10.3 ปฏิกริยาของออร์แกโนลิเทียม และกรีนาร์รีเอเจนต์	234
แบบฝึกหัด บทที่ 5	238

บทที่ 6

สารประกอบไฮดรอกซี (Hydroxy Compounds): แอลกอฮอล์และฟีนอล 247

สาระสำคัญ

จุดประสงค์การเรียนรู้

บทนำ

6.1 หมู่ไฮดรอกซีในแอลกอฮอล์และฟีนอล	248
6.1.1 โครงสร้างของแอลกอฮอล์	249
6.1.2 โครงสร้างของสารประเภทฟีนอล	250
6.2 การเรียกชื่อ	251
6.2.1 การเรียกแอลกอฮอล์	251
6.2.2 การเรียกสารประเภทฟีนอล	253
6.3 สมบัติทางกายภาพของแอลกอฮอล์และฟีนอล	254
6.3.1 จุดเดือด	254
6.3.2 การละลายน้ำ	255
6.4 สภาพกรดและสภาพเบสของแอลกอฮอล์และฟีนอล	256
6.4.1 สภาพกรดของแอลกอฮอล์	257

6.4.2	สภาพกรดของฟีนอล	258
6.4.3	สภาพเบส	259
6.5	การเตรียมแอลกอฮอล์	260
6.5.1	เตรียมโดยอุตสาหกรรม	260
6.5.2	เตรียมจากแอลคิลแฮไลด์	261
6.5.3	เตรียมจากแอลคีน	261
6.5.4	เตรียมจากสารประกอบคาร์บอนิล	263
6.5.5	เตรียมจากสารประกอบโลหะอินทรีย์	265
6.6	ปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์	269
6.6.1	ปฏิกิริยาที่มีการสลายพันธะ O-H	269
6.6.2	ปฏิกิริยาที่มีการสลายพันธะ C-O	278
6.7	การเตรียมฟีนอล	280
6.7.1	การเตรียมฟีนอลในอุตสาหกรรม	280
6.7.2	การเตรียมจากเกลือไดอะโซเนียม	281
6.8	ปฏิกิริยาของฟีนอล	282
6.8.1	ปฏิกิริยาที่แสดงความเป็นกรด	282
6.8.2	ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยอิเล็กโตรไฟล์ที่วงเบนซีนของฟีนอล	283
6.8.3	ปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์ของฟีนอล	287
6.8.4	ปฏิกิริยาออกซิเดชัน	288
	แบบฝึกหัด บทที่ 6	290
	บทที่ 7	
	อีเทอร์ และไซคลิกอีเทอร์	299
	สาระสำคัญ	
	จุดประสงค์การเรียนรู้	
	บทนำ	300
	7.1 โครงสร้างของอีเทอร์	300
	7.2 การเรียกชื่ออีเทอร์	300
	7.2.1 ชื่อสามัญ	300
	7.2.2 ชื่อตามระบบ	301
	7.3 สมบัติทางกายภาพ	301
	7.4 การเตรียมอีเทอร์	303
	7.4.1 เตรียมจากแอลกอฮอล์โดยการขจัดน้ำ	303
	7.4.2 Williamson ether synthesis	304

7.4.3	เตรียมจากเอสเทอร์ของกรดซัลโฟนิก	305
7.4.4	เตรียมจากปฏิกิริยา alkoxymercuration-demercuration	305
7.4.5	โดยการแทนที่ด้วยนิวคลีโอไฟล์ที่วงแอโรแมติก	306
7.5	ปฏิกิริยาของอีเทอร์	307
7.5.1	การสลายพันธะ C-O ด้วยกรดไฮโดรซัลฟิวริก	307
7.5.2	การแทนที่ด้วยอิเล็กโตรไฟล์ที่วงเบนซีนในแอโรแมติกอีเทอร์	308
7.5.3	ปฏิกิริยาออกซิเดชัน	308
7.5.4	ปฏิกิริยาการจัดตัวใหม่แบบ Claisen	309
7.6	ไซคลิกอีเทอร์	309
7.6.1	การเรียกไซคลิกอีเทอร์ทั่วไป	310
7.6.2	การเรียกอีพอกไซด์	310
7.7	การเตรียมไซคลิกอีเทอร์และอีพอกไซด์	311
7.7.1	โดยปฏิกิริยารีดิวชันภายในโมเลกุล	311
7.7.2	เตรียมเอทีลินออกไซด์ในอุตสาหกรรม	312
7.7.3	เตรียมอีพอกไซด์จากแอลคีนและกรดเพอร์ออกซี	312
7.8	ปฏิกิริยาของไซคลิกอีเทอร์	313
7.9	ปฏิกิริยาของอีพอกไซด์	313
7.9.1	การเปิดวงด้วยนิวคลีโอไฟล์ที่แรง	313
7.9.2	ปฏิกิริยาการเปิดวงด้วยนิวคลีโอไฟล์อื่น	315
7.9.3	ปฏิกิริยาการเปิดวงที่มีกรดเป็นตัวเร่ง	315
7.9.4	ปฏิกิริยาการเปิดวงด้วยกรดไฮโดรซัลฟิวริก	316
7.10	สารประกอบอีเทอร์ที่น่าสนใจ	317
7.10.1	อีเทอร์มงกุฏ	317
7.10.2	Dioxins	319
7.10.3	พอลิอีเทอร์	319
7.10.4	สารอีเทอร์อื่นๆ	320
	แบบฝึกหัด บทที่ 7	321
	บทที่ 8	
	สารประกอบคาร์บอนิล: แอลดีไฮด์และคีโตน	325
	สาระสำคัญ	
	จุดประสงค์การเรียนรู้	
	บทนำ	326
8.1	แอลดีไฮด์และคีโตนที่น่าสนใจ	326

8.2 ลักษณะหมู่คาร์บอนิล	328
8.3 การเรียกชื่อ	329
8.3.1 การเรียกแอลดีไฮด์	329
8.3.2 การเรียกคีโตน	331
8.3.3 การเรียกหมู่เอซัล	332
8.4 สมบัติทางกายภาพ	333
8.4.1 แรงระหว่างโมเลกุลของแอลดีไฮด์และคีโตน	333
8.4.2 สถานะ: จุดเดือด-จุดหลอมเหลว	333
8.4.3 การละลายน้ำ	334
8.5 การเตรียมแอลดีไฮด์และคีโตน	334
8.5.1 การเตรียมในอุตสาหกรรม	334
8.5.2 เตรียมโดยการออกซิไดส์แอลกอฮอล์	335
8.5.3 เตรียมโดยการออกซิไดส์ allylic alcohol	336
8.5.4 เตรียมโดยการออกซิไดส์ไกลคอล	336
8.5.5 เตรียมจากแอลคีนโดยปฏิกิริยาการแตกหักพันธะคู่ด้วยโอโซน	337
8.5.6 เตรียมแอโรแมติกแอลดีไฮด์โดยการออกซิไดส์เมทิลเบนซีน	337
8.5.7 เตรียมจากแอลเคนโดยปฏิกิริยาการเติม	338
8.5.8 เตรียมจากแอซิดคลอไรด์	339
8.5.9 เตรียมคีโตนจากสารประกอบในไทรล์	341
8.6 ปฏิกิริยาของแอลดีไฮด์และคีโตน	342
8.7 ปฏิกิริยาที่หมู่คาร์บอนิล	342
8.7.1 ปฏิกิริยากับกรด	342
8.7.2 ปฏิกิริยาการเติมที่หมู่คาร์บอนิล	343
8.7.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน	352
8.7.4 ปฏิกิริยารีดักชัน	354
8.7.5 ปฏิกิริยา Cannizzaro	355
8.8 ปฏิกิริยาที่คาร์บอนตำแหน่งแอลฟา	356
8.8.1 สภาพกรดของไฮโดรเจนตำแหน่งแอลฟา	356
8.8.2 คีโต-อินอล ทอโทเมอริซึม	356
8.8.3 ปฏิกิริยาการแทนที่ไฮโดรเจนตำแหน่งแอลฟาด้วยแฮโลเจน	357
8.8.4 ปฏิกิริยาการเกิดแอลโฟรม	357
8.8.5 ปฏิกิริยาแอลดอล	358
แบบฝึกหัด บทที่ 8	361

บทที่ 9	
กรดคาร์บอกซิลิก	371
สาระสำคัญ	
จุดประสงค์การเรียนรู้	
บทนำ	372
9.1 กรดคาร์บอกซิลิก และหมู่คาร์บอกซิล	372
9.2 การเรียกกรดคาร์บอกซิลิก	373
9.2.1 ชื่อสามัญ	373
9.2.2 ชื่ออนุพันธ์	376
9.2.3 ชื่อระบบ IUPAC	376
9.2.4 การเรียกเกลือของกรดคาร์บอกซิลิก	378
9.3 สมบัติกายภาพของกรดคาร์บอกซิลิก	378
9.4 ความแรงของกรดคาร์บอกซิลิก	380
9.4.1 ผลของหมู่แทนที่ที่มีต่อสภาพกรด	382
9.4.2 การแตกตัวของกรดแอมโรแมติก	382
9.4.3 การแตกตัวของกรดไดคาร์บอกซิลิก	383
9.5 การเตรียมกรดคาร์บอกซิลิก	383
9.5.1 การเตรียมกรดแอซิติกในอุตสาหกรรม	383
9.5.2 เตรียมโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน	383
9.5.3 เตรียมจากสารประกอบโลหะอินทรีย์	385
9.5.4 เตรียมจากสารประกอบไนไตรล์	386
9.6 ปฏิกิริยาของกรดคาร์บอกซิลิก	387
9.6.1 ปฏิกิริยาที่แสดงความเป็นกรด	387
9.6.2 ปฏิกิริยารีดักชัน	388
9.6.3 ปฏิกิริยาขจัดคาร์บอนไดออกไซด์	389
9.6.4 ปฏิกิริยา Hell-Volhard-Zelinsky	389
9.6.5 ปฏิกิริยาการแทนที่ไฮโดรเจนที่วงเบนซีนของกรดแอมโรแมติก	390
9.6.6 ปฏิกิริยาที่ให้อนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก	390
แบบฝึกหัด บทที่ 9	395
บทที่ 10	
อนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก	401
สาระสำคัญ	
จุดประสงค์การเรียนรู้	

บทนำ	402
10.1 อนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก	402
10.2 ลักษณะของอนุพันธ์ชนิดต่างๆ และการเรียกชื่อ	403
10.2.1 แอลกอฮอล์ หรือเอซิลแอลกอฮอล์	403
10.2.2 แอลกอฮอล์ไฮไดรด์	404
10.2.3 เอสเทอร์	405
10.2.4 อะไมด์	407
10.2.5 ไนไตรล์	409
10.3 สมบัติทางกายภาพ	410
10.4 ปฏิกริยาของอนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก	411
10.4.1 ปฏิกริยาการแทนที่ที่หมู่เอซิลด้วยนิวคลีโอไฟล์	411
10.4.2 ความไวปฏิกริยาของอนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก	412
10.4.3 การเปลี่ยนแปลงระหว่างกันของอนุพันธ์จากกรดคาร์บอกซิลิก	413
10.4.4 ปฏิกริยาของแอลกอฮอล์	413
10.4.5 ปฏิกริยาของแอลกอฮอล์ไฮไดรด์	415
10.4.6 ปฏิกริยาของเอสเทอร์	417
10.4.7 ปฏิกริยาของอะไมด์	418
10.4.8 การไฮโดรไลส์อนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก	418
10.5 ปฏิกริยาอื่นของอนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก	422
10.5.1 ปฏิกริยากับสารประกอบโลหะอินทรีย์	422
10.5.2 ปฏิกริยารีดักชัน	423
10.5.3 ปฏิกริยาการจัดตัวใหม่แบบฮอฟมานน์	425
10.6 กรดคาร์บอกซิลิกและสารอนุพันธ์: สารเคมีใกล้ตัว แบบฝึกหัด บทที่ 10	425 428
บทที่ 11	
สารประกอบไนโตรเจน	437
สาระสำคัญ	
จุดประสงค์การเรียนรู้	
บทนำ	438
11.1 อะมีน	438
11.1.1 การเรียกชื่อ	439
11.1.2 สมบัติทางกายภาพ	441
11.1.3 สภาพเบสของอะมีน	442

11.1.4 การเตรียมอะมีน	445
11.1.5 ปฏิกริยาของอะมีน	451
11.1.6 ปฏิกริยาของแอมริอะมีน	456
11.2 แอลคาลอยด์	457
11.2.1 การเรียกชื่อและการจำแนกแอลคาลอยด์	458
11.2.2 การสกัด การแยก และการตรวจสอบแอลคาลอยด์	463
11.2.3 ซิวสังเคราะห์แอลคาลอยด์	464
แบบฝึกหัด บทที่ 11	465
บทที่ 12	
สารประกอบเฮเทอโรไซคลิก	471
สาระสำคัญ	
จุดประสงค์การเรียนรู้	
บทนำ	472
12.1 ลักษณะโครงสร้าง	473
12.1.1 การจำแนกประเภท	474
12.2 การเรียกชื่อ	475
12.2.1 ระบบ Hantzsch-Widman	475
12.2.2 การเรียกตามระบบการแทนที่	479
12.3 เฮเทอโรไซเคิลขนาดห้าอะตอม	482
12.3.1 เฮเทอโรไซเคิลห้าอะตอม-ชนิดอิมิดัว	480
12.3.2 แอมโรแมติกเฮเทอโรไซเคิล	481
12.3.3 ปฏิกริยาเคมี	482
12.3.4 เฮเทอโรไซเคิลห้าอะตอมที่มี N 2 อะตอมขึ้นไป	484
12.4 เฮเทอโรไซเคิลขนาดหกอะตอม	486
12.4.1 พิวรีดีน	487
12.4.2 ปฏิกริยาเคมี	488
12.4.3 Pyridinium cation และแคตไอออนอื่นที่คล้ายกัน	490
12.5 เฮเทอโรไซเคิลขนาดสามอะตอม	491
12.6 เฮเทอโรไซเคิลที่เชื่อมติดวงเบนซีน	491
12.6.1 Quinoline และ isoquinoline	491
12.6.2 Indole	494
12.7 เฮเทอโรไซเคิลในสารอินทรีย์บางชนิด และประโยชน์	495
แบบฝึกหัด บทที่ 12	499

บทที่ 13	
ชีวโมเลกุล	503
สาระสำคัญ	
จุดประสงค์การเรียนรู้	
บทนำ	505
13.1 คาร์โบไฮเดรต	506
13.1.1 น้ำตาลเชิงเดี่ยว หรือมอนอแซ็กคาไรด์	506
13.1.2 ไดแซ็กคาไรด์	518
13.1.3 พอลิแซ็กคาไรด์	520
13.2 ลิพิด	523
13.2.1 ลิพิดที่แยกสลายได้ด้วยน้ำ	523
13.2.2 ลิพิดที่ไม่ถูกแยกสลายด้วยน้ำ	530
13.3 กรดอะมิโน เพปไทด์ และโปรตีน	536
13.3.1 กรดแอสพาร์ตออะมิโนในธรรมชาติ	537
13.3.2 กรดอะมิโนธรรมชาติอื่นๆ	541
13.3.3 เพปไทด์ และโปรตีน	542
13.3.4 ประเภทของโปรตีน	543
13.3.5 โครงสร้างของโปรตีน	544
13.3.6 โครงสร้างและหน้าที่ของเพปไทด์บางชนิด	546
13.3.7 การเปลี่ยนสภาพธรรมชาติของโปรตีน	547
13.4 กรดนิวคลีอิก	548
13.4.1 องค์ประกอบในกรดนิวคลีอิก	548
13.4.2 นิวคลีโอไซด์	549
13.4.3 นิวคลีโอไทด์	550
13.4.4 ลักษณะของกรดนิวคลีอิก	552
13.4.5 ระดับโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก	552
แบบฝึกหัด บทที่ 13	557
บทที่ 14	
พอลิเมอร์	567
สาระสำคัญ	
จุดประสงค์การเรียนรู้	
บทนำ	568
14.1 การจำแนกประเภทพอลิเมอร์	568

14.1.1	จำแนกโดยแหล่งกำเนิด	568
14.1.2	จำแนกโดยปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์	569
14.1.3	จำแนกตามชนิดอะตอมในแกนหลักพอลิเมอร์	569
14.1.4	จำแนกตามจำนวนชนิดมอนอเมอร์	570
14.1.5	จำแนกตามโครงสร้างโมเลกุล	570
14.1.6	จำแนกตามสมบัติทางความร้อน	571
14.1.7	จำแนกตามลักษณะและการใช้งาน	572
14.2	การเรียกพอลิเมอร์	576
14.2.1	การเรียกพอลิเมอร์เอกพันธ์	576
14.2.2	การเรียกพอลิเมอร์ร่วม	578
14.3	ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์	579
14.3.1	การเกิดพอลิเมอร์แบบเติม	579
14.3.2	การเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น	587
14.4	สมบัติของพอลิเมอร์	595
14.4.1	โครงสร้างทางเคมีและโครงสร้างกายภาพของพอลิเมอร์	596
14.4.2	สมบัติทางความร้อน	599
14.4.3	สมบัติเชิงกล	601
14.5	พอลิเมอร์ที่ประยุกต์ใช้งานด้านการแพทย์	601
	แบบฝึกหัด บทที่ 14	602