

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	ญ
สารบัญตาราง	ฅ
บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานทางเคมีวิเคราะห์	1
1.1 การแบ่งประเภททางเคมีวิเคราะห์	2
1.2 กระบวนการทางเคมีวิเคราะห์	4
1.2.1 การวิเคราะห์ปัญหา	4
1.2.2 การเลือกวิธีวิเคราะห์	4
1.2.3 การเก็บตัวอย่าง	6
1.2.4 การเตรียมตัวอย่าง	7
1.2.5 การตรวจวิเคราะห์สารตัวอย่าง	8
1.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	12
1.2.7 การสรุปผลและการรายงาน	13
1.3 เลขนัยสำคัญ	13
1.3.1 การนับตัวเลขนัยสำคัญ	15
1.3.2 การปัดตัวเลขนัยสำคัญ	16
1.3.3 การคำนวณเลขนัยสำคัญ	17
1.4 การเตรียมสารละลาย	18
1.4.1 สารละลายมาตรฐาน	18
1.4.2 หน่วยสำหรับบอกความเข้มข้น	19
1.4.3 การเจือจางสารละลาย	22
แบบฝึกหัดบทที่ 1	23
บทที่ 2 การใช้หลักสถิติทางเคมีวิเคราะห์	25
2.1 ความแม่นยำและความเที่ยงตรง	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2 ความคลาดเคลื่อน	30
2.2.1 ความคลาดเคลื่อนแบบควบคุมได้	30
2.2.2 ความคลาดเคลื่อนแบบควบคุมไม่ได้	35
2.3 ช่วงความเชื่อมั่น	44
2.4 การทดสอบความมีนัยสำคัญ	49
2.4.1 การทดสอบแบบ t-test	49
2.4.2 การทดสอบแบบ F-test	54
2.5 การตัดข้อมูลที่สงสัยทั้ง	57
แบบฝึกหัดบทที่ 2	59
บทที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบวิธีเทียบมาตรฐาน	63
3.1 การหาเส้นตรงที่ดีที่สุด	64
3.1.1 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด	64
3.1.2 สหสัมพันธ์เชิงเส้น	70
3.1.3 การสร้างกราฟมาตรฐานและการเทียบข้อมูล	71
3.1.4 การสร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้โปรแกรม Excel	75
3.2 ขีดจำกัดของการตรวจวัดและขีดจำกัดของการหาปริมาณ	81
3.2.1 ขีดจำกัดของการตรวจวัด	81
3.2.2 ขีดจำกัดของการหาปริมาณ	84
3.3 วิธีการเติมสารมาตรฐาน	84
3.4 วิธีสารมาตรฐานภายใน	90
แบบฝึกหัดบทที่ 3	92
บทที่ 4 ปริมาณสัมพัทธ์และการไทเทรต	95
4.1 มวลอะตอมและมวล โมเลกุล	95
4.2 โมล	96
4.3 สูตรเคมี	97

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.1 สูตรอย่างง่าย หรือสูตรเอมพิริกัล	98
4.3.2 สูตรโมเลกุล	98
4.3.3 สูตรโครงสร้าง	98
4.4 สมการเคมีและการดุลสมการเคมี	99
4.5 การคำนวณเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี	100
4.6 การไทเทรต	102
4.7 อินดิเคเตอร์	104
4.8 การไทเทรตแบบวัดสัญญาณด้วยแสงและวัดค่าทางเคมีไฟฟ้า	107
4.8.1 การไทเทรตแบบวัดสัญญาณด้วยแสง	107
4.8.2 การไทเทรตแบบวัดค่าทางเคมีไฟฟ้า	108
4.9 การคำนวณความเข้มข้นในการไทเทรต	109
4.10 การไทเทรตแบบย้อนกลับ	111
แบบฝึกหัดบทที่ 4	113
บทที่ 5 การวิเคราะห์ปริมาณสารโดยน้ำหนัก	115
5.1 ประเภทของการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก	115
5.2 การวิเคราะห์โดยน้ำหนักแบบตกตะกอน	116
5.2.1 ธรรมชาติของตะกอน	116
5.2.2 ตะกอนคอลลอยด์	118
5.2.3 ตะกอนแบบผลึก	120
5.2.4 กลไกการเกิดตะกอน	120
5.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์โดยน้ำหนักแบบตกตะกอน	122
5.3.1 การเตรียมสารละลาย	122
5.3.2 การตกตะกอน	122
5.3.3 การย่อยตะกอน	123
5.3.4 การกรองตะกอน	124

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3.5 การล้างตะกอน	127
5.3.6 การอบหรือการเผาตะกอน	128
5.3.7 การขังน้ำหนักและการคำนวณปริมาณ	128
5.4 การเกิดตะกอนที่มีเนื้อเดียวกัน	132
5.5 สิ่งปนเปื้อนในตะกอน	134
5.5.1 Occlusion และ Inclusion	134
5.5.2 การดูดซับบนพื้นผิว	135
5.5.3 การตกตะกอนภายหลัง	135
5.6 การวิเคราะห์โดยน้ำหนักแบบระเหย	136
แบบฝึกหัดบทที่ 5	139
บทที่ 6 กรด-เบสและการไทเทรตปฏิกิริยากรด-เบส	141
6.1 ทฤษฎีกรด-เบส	141
6.1.1 ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส	141
6.1.2 ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี	141
6.1.3 ทฤษฎีกรด-เบสของคูอิส	143
6.2 การแตกตัวของกรด-เบส	144
6.3 ค่า pH	151
6.4 ปฏิกิริยาการแยกสลายด้วยน้ำ	152
6.5 การแตกตัวของกรดพอลิโปรติก	156
6.6 เกลือของกรดพอลิโปรติก	164
6.6.1 เกลือแอมฟิโปรติก	164
6.6.2 เกลือที่ไม่แตกตัวให้โปรตอน	165
6.7 บัฟเฟอร์	166
6.7.1 กลไกการป้องกันการเปลี่ยนแปลง pH ของบัฟเฟอร์	166
6.7.2 การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์	167

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.7.3 ความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH ของบัฟเฟอร์	169
6.8 การไทเทรตปฏิกิริยากรด-เบส	170
6.8.1 การไทเทรตกรดแก่ด้วยเบสแก่	170
6.8.2 การไทเทรตกรดอ่อนด้วยเบสแก่	174
6.8.3 การไทเทรตเบสอ่อนด้วยกรดแก่	179
6.8.4 การไทเทรตกรดอ่อนกับเบสอ่อน	183
6.8.5 การไทเทรตกรดพอลิโปรติก	183
6.9 ปัจจัยที่มีผลต่อกราฟการไทเทรต	189
6.9.1 ค่าคงที่ของสมดุลการแตกตัว	189
6.9.2 ความเข้มข้นของกรดหรือเบส	190
6.10 อินดิเคเตอร์ในการไทเทรตปฏิกิริยากรด-เบส	191
6.11 การหาจุดยุติจากกราฟการไทเทรตแบบฝึกหัดบทที่ 6	204
บทที่ 7 สารประกอบเชิงซ้อนและการไทเทรตสารประกอบเชิงซ้อน	207
7.1 สารประกอบเชิงซ้อน	207
7.2 สมดุลเคมีของการเกิดสารเชิงซ้อน	211
7.3 การไทเทรตสารเชิงซ้อน	215
7.3.1 การไทเทรตโดยใช้ลิแกนด์ที่เป็นสารอนินทรีย์	215
7.3.2 การไทเทรตโดยใช้ EDTA	216
แบบฝึกหัดบทที่ 7	233
บทที่ 8 ปฏิกิริยาการตกตะกอนและการไทเทรตแบบตกตะกอน	235
8.1 สมดุลของการตกตะกอน	235
8.2 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการละลายของตะกอน	239
8.2.1 ผลของไอออนร่วม	239

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
8.2.2 ผลของความเป็นกรด	240
8.2.3 ผลของการเกิดสารเชิงซ้อน	242
8.3 การไทเทรตแบบตกตะกอน	243
8.3.1 วิธีของฟาจานส์	243
8.3.2 วิธีของมอหีร์	245
8.3.3 วิธีของไวลฮาร์ด	246
8.3.4 การคำนวณและกราฟการไทเทรตแบบตกตะกอน	246
8.3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อกราฟการไทเทรต	250
8.3.6 การไทเทรตในสารละลายผสม	251
แบบฝึกหัดบทที่ 8	255
บทที่ 9 เคมีไฟฟ้าเบื้องต้นและการไทเทรตปฏิกิริยารีดอกซ์	257
9.1 ปฏิกิริยารีดอกซ์	257
9.1.1 ลักษณะของปฏิกิริยารีดอกซ์	257
9.1.2 เลขออกซิเดชัน	258
9.1.3 การดุลปฏิกิริยารีดอกซ์	259
9.2 เซลล์ไฟฟ้าเคมี	262
9.2.1 เซลล์กัลวานิก	263
9.2.2 เซลล์อิเล็กโทรไลต์	265
9.3 ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และขั้วไฟฟ้าอ้างอิง	267
9.3.1 ขั้วไฮโดรเจนมาตรฐาน	268
9.3.2 ขั้วคาโลเมลล์อิ่มตัว	270
9.3.3 ขั้วซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์	271
9.4 พลังงานเสรีของกิบส์และสมการของเนินสต์	276
9.5 การไทเทรตปฏิกิริยารีดอกซ์	280
9.5.1 การจัดอุปกรณ์สำหรับการไทเทรต	280
9.5.2 การคำนวณและกราฟการไทเทรตปฏิกิริยารีดอกซ์	282

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
9.5.3 อินดิเคเตอร์สำหรับการไทเทรตปฏิกิริยารีดอกซ์	286
9.5.4 การไทเทรตโดยใช้ไอโอดีน	289
แบบฝึกหัดบทที่ 9	292
บทที่ 10 การสกัดด้วยตัวทำละลาย	295
10.1 ทฤษฎีของการสกัด	295
10.1.1 การกระจายตัวของตัวละลาย	295
10.1.2 ประสิทธิภาพการสกัด	298
10.2 การสกัดโลหะไอออน	302
10.2.1 การสกัดในรูปสารเชิงซ้อนแบบไอออนร่วม	302
10.2.2 การสกัดในรูปสารเชิงซ้อนแบบไม่มีประจุ	305
10.3 วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายแบบต่างๆ	309
10.3.1 การสกัดแบบแบทช์	309
10.3.2 การสกัดแบบต่อเนื่อง	310
10.3.3 การสกัดแบบเร่งด้วยตัวทำละลาย	311
10.3.4 การสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ	312
10.3.5 การสกัดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก	313
10.3.6 การสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด	313
10.3.7 การสกัดด้วยเฟสของแข็ง	317
10.3.8 การสกัดระดับไมโครด้วยเฟสของแข็ง	319
แบบฝึกหัดบทที่ 10	321
บรรณานุกรม	323
เฉลยแบบฝึกหัด	325

สารบัญรูป

	หน้า
รูป 1-1	แผนผังแสดงประเภทของการวิเคราะห์ทางเคมี 3
รูป 1-2	ตัวอย่างวิธีการเก็บตัวอย่างดิน โดยการสุ่มและให้กระจายเต็มพื้นที่ (เส้นประแสดงถึงการแบ่งพื้นที่ย่อย) 6
รูป 1-3	กราฟมาตรฐานของค่าการดูดกลืนแสงจากสารละลายมาตรฐานในเทรต ที่ความเข้มข้นต่างๆ 10
รูป 1-4	ตัวอย่างสารอ้างอิงมาตรฐานของฮอร์โมนในซีรัมของมนุษย์ 12
รูป 1-5	วิธีการอ่านเลขตามหลักเลขนัยสำคัญจากเครื่องแก้ว 13
รูป 2-1	การเปรียบเทียบความแม่นยำและความเที่ยงตรง 4 แบบ (ก) ความแม่นยำสูง ความเที่ยงตรงสูง (ข) ความแม่นยำต่ำ ความเที่ยงตรงสูง (ค) ความแม่นยำสูง ความเที่ยงตรงต่ำ (ง) ความแม่นยำต่ำ ความเที่ยงตรงต่ำ (โดย μ = ค่าจริง, \bar{x} = ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ และ e = ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าเฉลี่ยกับค่าจริง) 26
รูป 2-2	การกระจายตัวของผลการวิเคราะห์ข้อมูล 27
รูป 2-3	ผลของขนาดสารตัวอย่างที่มีความคลาดเคลื่อนแบบคงที่และแบบแปรผัน 35
รูป 2-4	กราฟแจกแจงความถี่ของผลรวมของความเป็นไปได้ในการเกิดความคลาดเคลื่อนเมื่อวิเคราะห์ซ้ำ 4 ครั้ง 37
รูป 2-5	กราฟแจกแจงความถี่ของผลรวมของความเป็นไปได้ในการเกิดความคลาดเคลื่อนเมื่อวิเคราะห์ซ้ำ 10 ครั้ง 38
รูป 2-6	กราฟความคลาดเคลื่อนแบบปกติ (Normal error curve) 39
รูป 2-7	ค่า Z ในช่วง $-1 < Z < +1$ และ $-2 < Z < +2$ ของกราฟความคลาดเคลื่อนแบบปกติ 40
รูป 2-8	พื้นที่ใต้กราฟความคลาดเคลื่อนแบบปกติในช่วง $-1 < Z < +1$ 42
รูป 2-9	พื้นที่ใต้กราฟที่แสดงถึงระดับความเชื่อมั่นที่ค่า Z ต่างๆ 46
รูป 2-10	การกระจายตัวของข้อมูลที่น่าสงสัยว่าต้องถูกตัดทิ้ง 57
รูป 3-1	ตัวอย่างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นกับสัญญาณที่ได้จากการวิเคราะห์ 63

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า	
รูป 3-2	ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรตามบนกราฟเส้นตรง; Y_i = ค่าสัญญาณ ที่ได้จากการวิเคราะห์, Y_{line} = ค่าสัญญาณบนเส้นกราฟ	64
รูป 3-3	ตัวอย่างกราฟมาตรฐานจากข้อมูลตาราง 3-1	72
รูป 3-4	ช่วงความเป็นเส้นตรงและ dynamic range	74
รูป 3-5	กราฟการกระจายแบบปกติ (Normal distribution curve) ที่แสดงค่าจำกัด ความของขีดจำกัดของการตรวจวัด	82
รูป 3-6	การเทียบสัญญาณของสารตัวอย่างโดยวิธีสารมาตรฐานภายนอก โดย C คือความเข้มข้น A คือสารที่ต้องการวิเคราะห์ และ M คือเมทริกซ์	84
รูป 3-7	(ก) สารละลายตัวอย่างถูกเจือจางจนมีปริมาตร V_f (ข) สารละลายตัวอย่าง ถูกเติมด้วยสารละลายมาตรฐานและปรับจนมีปริมาตร V_f	85
รูป 3-8	วิธีเติมสารมาตรฐานลงในสารตัวอย่างแล้วนำไปวิเคราะห์โดยไม่ต้องเจือ จาง	86
รูป 3-9	การทำ Multiple-point standard addition	87
รูป 3-10	กราฟมาตรฐาน (ก) วิธีการเติมสารมาตรฐาน (ข) วิธีสารมาตรฐาน ภายนอก	88
รูป 4-1	การจัดอุปกรณ์สำหรับการไทเทรต	103
รูป 4-2	สูตรโครงสร้างของอินดิเคเตอร์เมทิลเรดก่อน-หลังถูกไอออนไนซ์	104
รูป 4-3	กราฟการไทเทรตแบบวัดค่าการดูดกลืนแสงโดย A_A , A_T และ A_p เป็นค่า การดูดกลืนแสงของสารที่ต้องการวิเคราะห์ ไทเทรนต์ และผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ	107
รูป 5-1	การเคลื่อนที่แบบบราวเนียน	119
รูป 5-2	อนุภาคคอลลอยด์ของ AgCl ที่แขวนลอยในสารละลาย AgNO ₃	119
รูป 5-3	การเกิด Ostwald ripening	124
รูป 5-4	เม็ดสำหรับกรอง (ก) เม็ดแบบกุกซ์ (ข) เม็ดแบบแก้ว (ค) เม็ดแบบพอร์ซเลน	127
รูป 5-5	ลักษณะการเกิด Occlusion ในตะกอน (A คือแอนไอออน และ C คือแคท ไอออน)	134

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า	
รูป 5-6	ลักษณะการเกิด Inclusion ในตะกอน (A คือแอนไอออน และ C คือแคทไอออน)	134
รูป 5-7	ลักษณะการเกิดการดูดซับบนพื้นผิวของตะกอนเมื่อมีแคทไอออนมากเกินไปพอ	135
รูป 5-8	เทอร์โมแกรมของการวิเคราะห์ $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	136
รูป 6-1	ความสัมพันธ์ระหว่าง $[\text{H}_3\text{O}^+]$, $[\text{OH}^-]$, pH และ pOH	151
รูป 6-2	เศษส่วนของสปีชีส์ที่ได้จากการแตกตัวของกรด H_3PO_4 ที่ pH ต่างๆ	163
รูป 6-3	กลไกการป้องกันการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของแอซิดบัพเฟอร์	166
รูป 6-4	กราฟการไทเทรตระหว่าง 0.10 M HCl 25.00 mL กับ 0.20 M NaOH	173
รูป 6-5	กราฟการไทเทรตระหว่าง 0.10 M CH_3COOH 25.00 mL กับ 0.10 M NaOH	178
รูป 6-6	บริเวณบัพเฟอร์ในกราฟการไทเทรตกรดอ่อนด้วยเบสแก่	179
รูป 6-7	กราฟการไทเทรตระหว่าง 0.20 M N_2H_4 25.00 mL กับ 0.10 M HCl	182
รูป 6-8	กราฟการไทเทรตเบสอ่อนด้วยกรดอ่อน	183
รูป 6-9	กราฟการไทเทรต 0.10 M Maleic acid 25.00 mL ด้วย 0.10 M NaOH	189
รูป 6-10	กราฟการไทเทรตกรดแก่และกรดอ่อน (ที่มีค่า pK_a ต่างกัน) ด้วยเบสแก่	190
รูป 6-11	กราฟการไทเทรตกรดอ่อน HA ที่ความเข้มข้นต่างๆ	191
รูป 6-12	ช่วง pH ของการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์กับกราฟการไทเทรตกรดแก่-เบสแก่	194
รูป 6-13	ช่วง pH ของการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์กับ (ก) กราฟการไทเทรตกรดอ่อนด้วยเบสแก่ และ (ข) กราฟการไทเทรตเบสอ่อนด้วยกรดแก่	195
รูป 6-14	ขั้นตอนการหาจุดยุติจากกราฟการไทเทรต	196
รูป 6-15	กราฟการไทเทรตแบบอนุพันธ์ (ก) อันดับหนึ่ง (ข) อันดับสองของการไทเทรตระหว่าง 0.10 M HCl 25.00 mL กับ 0.20 M NaOH	199
รูป 6-16	กราฟการไทเทรตแบบ Gran plot จากกราฟการไทเทรตระหว่าง 0.10 M CH_3COOH 25.00 mL กับ 0.10 M NaOH	203

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า	
รูป 7-1	ผลของการใช้ลิแกนด์ประเภทต่างๆที่มีต่อกราฟการไทเทรต	216
รูป 7-2	(ก) สูตรโครงสร้างของ EDTA (ข) สูตรโครงสร้างของ EDTA เมื่อแตกตัวให้ H^+	217
รูป 7-3	โครงสร้างของสารเชิงซ้อน โลหะ-EDTA	217
รูป 7-4	กราฟการไทเทรตของ 0.040 M Ca^{2+} 50.00 mL กับ 0.080 M EDTA	225
รูป 8-1	สภาพสมดุลไดนามิกของตะกอน $AgCl$ ในสารละลายอิ่มตัว	235
รูป 8-2	(ก) ตะกอน $AgCl$ ในสารละลายที่มี Cl^- เหลืออยู่ (ก่อนถึงจุดสมมูล) (ข) ตะกอน $AgCl$ ในสารละลายที่มี Ag^+ มากเกินพอ (หลังจุดสมมูล)	244
รูป 8-3	กราฟการไทเทรตของ 0.100 M Cl^- 40.00 mL กับ 0.125 M Ag^+	249
รูป 8-4	กราฟการไทเทรตของ Ag^+ กับ I^- 25.00 mL ที่ความเข้มข้นต่างๆ	250
รูป 8-5	ผลของค่าที่มีต่อกราฟการไทเทรตเมื่อใช้ความเข้มข้นของไทเทรนต์เท่ากัน	251
รูป 8-6	กราฟการไทเทรตของ 0.100 M AgNO_3 กับ (ก) 0.050 M I^- 50.00 mL (ข) สารละลายผสมของ 0.050 M I^- กับ 0.080 M Cl^- 50.00 mL	254
รูป 9-1	เซลล์กัลวานิก	263
รูป 9-2	เซลล์อิเล็กโทรไลต์	265
รูป 9-3	ขั้วไฮโดรเจนมาตรฐาน (SHE)	269
รูป 9-4	การประกอบขั้วไฮโดรเจนมาตรฐานเข้ากับครึ่งเซลล์ของทองแดง	269
รูป 9-5	ขั้วคาโธดอิ่มตัว (SCE)	271
รูป 9-6	ขั้วซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์ ($Ag-AgCl$)	272
รูป 9-7	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า ΔG° , K และ E_{cell}°	277
รูป 9-8	การจัดอุปกรณ์สำหรับการไทเทรตปฏิกิริยารีดอกซ์	281
รูป 9-9	กราฟการไทเทรตของ 0.100 M Fe^{2+} 50.00 mL กับ 0.100 M Ce^{4+}	285
รูป 9-10	โมเลกุลของไอโอดีนถูกล้อมรอบด้วยเกลียวของโมเลกุลของน้ำแข็ง	288
รูป 10-1	ผลของ pH ที่มีต่อค่าอัตราส่วนการกระจายตัว	297
รูป 10-2	กระบวนการสกัดโลหะไอออนโดยใช้ลิแกนด์	306

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า	
รูป 10-3	ประสิทธิภาพการสกัดโลหะไอออนโดยใช้ Dithizone ด้วยตัวทำละลาย คลอโรฟอร์มที่ pH ต่าง ๆ โดยประกอบด้วยโลหะไอออน (ก) Cu^{2+} (ข) Co^{2+} (ค) Ni^{2+} (ง) Sn^{2+} (จ) Pb^{2+} (ฉ) Cd^{2+}	308
รูป 10-4	กรวยแยก	309
รูป 10-5	อุปกรณ์ซอท์กเลต	310
รูป 10-6	ระบบการสกัดแบบเร่งตัวทำละลาย	311
รูป 10-7	เฟสไดอะแกรมของสถานะของไหลวิกฤตยิ่งยวด	314
รูป 10-8	ระบบการสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด	315
รูป 10-9	อุปกรณ์การสกัดแบบ SPE ซึ่งประกอบด้วยคอลัมน์ที่บรรจุสารดูดซับ และใช้เข็มฉีดสร้างแรงดันเพื่อชะสารที่ถูกดูดซับออกมา	317
รูป 10-10	ขั้นตอนการสกัดแบบ SPE	318
รูป 10-11	อุปกรณ์สำหรับการสกัดแบบ SPME	320

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตาราง 1-1	ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากสารละลายมาตรฐานในเทรตที่ความเข้มข้น ต่างๆ	10
ตาราง 1-2	ประเภทของสัญญาณแบบต่างๆ ที่ได้จากวิธีวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน	11
ตาราง 2-1	ความเป็นไปได้ของผลรวมของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการ ทดลองทั้งหมด	36
ตาราง 2-2	ค่า Z สำหรับหาพื้นที่ใต้กราฟความคลาดเคลื่อนแบบปกติ	41
ตาราง 2-3	ตัวอย่างข้อมูลการไทเทรต 4 จุดเพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนจาก การทดลอง	43
ตาราง 2-4	ค่า Z ที่ระดับความเชื่อมั่นต่างๆ	45
ตาราง 2-5	ค่า t ที่ระดับความเชื่อมั่นต่างๆ	48
ตาราง 2-6	ค่า F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	55
ตาราง 2-7	ค่าผลหารสำหรับตัดข้อมูลที่ทิ้ง (Rejection quotient; Q_{crit}) ที่ระดับ ความเชื่อมั่นต่างๆ	58
ตาราง 3-1	ตัวอย่างข้อมูลสำหรับสร้างกราฟมาตรฐานจากค่าการดูดกลืนแสงกับ ปริมาณโปรตีน	72
ตาราง 4-1	ตัวอย่างอินดิเคเตอร์และช่วงการเปลี่ยนสีสำหรับการไทเทรตปฏิกิริยา กรด-เบส	106
ตาราง 5-1	ตัวอย่างสารอนินทรีย์ที่เป็นสารที่ทำให้ตกตะกอน	116
ตาราง 5-2	ตัวอย่างตัวรีดิวซ์ที่ใช้ในวิธีวิเคราะห์โดยน้ำหนัก	118
ตาราง 5-3	ตัวอย่างรายละเอียดกระดาษกรองของบริษัท Whatman	125
ตาราง 5-4	ตัวอย่างรายละเอียดกระดาษกรองชนิดไม่มีเถ้าของบริษัทต่างๆ	125
ตาราง 5-5	สารที่ทำให้เกิดตะกอนในวิธีการตกตะกอนจากสารละลายที่มีเนื้อเดียว	133
ตาราง 6-1	ค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อน (K_a) ที่ 25 °C	146
ตาราง 6-2	ค่าคงที่การแตกตัวของเบสอ่อน (K_b) ที่ 25 °C	147
ตาราง 6-3	ค่าคงที่การแตกตัวของกรดพอลิโปรติกที่ 25 °C	158
ตาราง 6-4	ข้อมูลการไทเทรตระหว่าง 0.10 M HCl 25.00 mL กับ 0.20 M NaOH	173

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า	
ตาราง 6-5	ข้อมูลการไทเทรตระหว่าง 0.10 M CH_3COOH 25.00 mL กับ 0.10 M NaOH	177
ตาราง 6-6	ข้อมูลการไทเทรตระหว่าง 0.20 M N_2H_4 25.00 mL กับ 0.10 M HCl	182
ตาราง 6-7	ข้อมูลการไทเทรตระหว่าง 0.10 M Maleic acid 25.00 mL ด้วย 0.10 M NaOH	188
ตาราง 6-8	การคำนวณข้อมูลการไทเทรตระหว่าง 0.10 M HCl 25.00 mL กับ 0.20 M NaOH เพื่อสร้างกราฟการไทเทรตแบบอนุพันธ์	197
ตาราง 6-9	ข้อมูลการไทเทรตระหว่าง 0.10 M CH_3COOH 25.00 mL กับ 0.10 M NaOH เพื่อสร้างกราฟแบบ Gran plot	202
ตาราง 7-1	ตัวอย่างค่าคงที่สมดุล K_f และ K_{msl} ของไอออนเชิงซ้อนบางชนิด	212
ตาราง 7-2	ค่า α_4 ของ EDTA ที่ pH ต่างๆ	218
ตาราง 7-3	ค่าคงที่การเกิดสารเชิงซ้อนของโลหะไอออนกับ EDTA	220
ตาราง 7-4	ข้อมูลการไทเทรตของ 0.040 M Ca^{2+} 50.00 mL กับ 0.080 M EDTA	224
ตาราง 7-5	ตัวอย่างสารมาสคิง	226
ตาราง 7-6	ตัวอย่างของอินดิเคเตอร์โลหะไอออน	227
ตาราง 7-7	ประเภทของน้ำกระด้าง	232
ตาราง 8-1	ค่าคงที่ผลการคูณการละลาย (K_{sp}) ของเกลือที่ละลายได้เล็กน้อย	238
ตาราง 8-2	ข้อมูลการไทเทรต 0.100 M Cl^- 40.00 mL กับ 0.125 M Ag^+	249
ตาราง 9-1	ค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐานที่อุณหภูมิ 25 °C	272
ตาราง 9-2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า ΔG° , K และ E°_{cell} และการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยา	278
ตาราง 9-3	ข้อมูลการไทเทรตของ 0.100 M Fe^{2+} 50.00 mL กับ 0.100 M Ce^{4+}	285
ตาราง 9-4	ตัวอย่างรีดอกซ์อินดิเคเตอร์	287
ตาราง 10-1	ตัวอย่างระบบการสกัดในรูปสารเชิงซ้อนแบบไอออนร่วม	304
ตาราง 10-2	ตัวอย่างลิแกนด์สำหรับการสกัดในรูปสารเชิงซ้อนแบบไม่มีประจุ	305

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตาราง 10-3 การเปรียบเทียบสมบัติของของไหลวิกฤตยิ่งยวดกับของเหลวและแก๊ส	314
ตาราง 10-4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการสกัดแบบต่างๆ	316

