

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
3. วิธีดำเนินการวิจัย	3
4. ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา	3
5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 หลักการวิเคราะห์ปริมาณไอออนโลหะ โดยวิธีอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิล สเปกโตรโฟโตเมทรี (Ultraviolet and Visible Spectrophotometry)	5
2.1.1 การดูดกลืนแสงของสารในช่วงวิสิเบิล	5
2.1.2 กฎของเบียร์และแลมเบิร์ต	7
2.2 การแยกโดยวิธีโครมาโทกราฟี	10
2.3 แอ็ดซอร์พชันโครมาโทกราฟี	11
2.3.1 ตัวดูดซับ (adsorbents)	11
2.3.2 เฟสที่เคลื่อนที่หรือตัวชะ	12
2.3.3 สารที่ต้องการแยก (substances to be examined)	12
2.4 การบรรจุคอลัมน์	13
2.5 เอกซ์คลูชันโครมาโทกราฟี	13
2.5.1 วัสดุสำหรับบรรจุคอลัมน์ (packing material)	13
2.5.2 เจลที่ใช้ศึกษาทางเอกซ์คลูชันโครมาโทกราฟี	15
2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีทดลอง	22
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	22
3.2 สารเคมี	23
3.3 การเตรียมสารละลายสำหรับผลิตไซเคอโรฟอรั	24
3.3.1 การเตรียมอาหารเหลว SA	24
3.3.2 การผลิตไซเคอโรฟอรั	24
3.4 การเตรียมสารละลายสำหรับการแยกและทำให้ไซเคอโรฟอรับริสุทธิ์	25
3.4.1 วิธีการแยก	26
3.4.2 วิธีการทำให้บริสุทธิ์	26
3.5 การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของไซเคอโรฟอรัด้วยเทคนิค HPLC	29
3.5.1 การเตรียมสารละลาย	29
3.5.2 วิธีการทดลอง	29
3.6 การเตรียมสารละลายสำหรับตรวจสอบประเภทของไซเคอโรฟอรั	30
3.6.1 การเตรียมสารละลายสำหรับตรวจสอบไฮดรอกซามะท-ไซเคอโรฟอรั	30
3.6.2 วิธีการตรวจสอบไฮดรอกซามะทไซเคอโรฟอรั	32
ก Csaky test	32
ข Berg และ Becker test	32
ค Triphenyltetrazolium Chloride test	33
3.6.3 การเตรียมสารละลายสำหรับตรวจสอบแคทีคอล ไซเคอโรฟอรั	33
3.6.4 การวิเคราะห์แคทีคอล ไซเคอโรฟอรัโดยใช้วิธีของ Arnow	33
3.7 การศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงของไซเคอโรฟอรัที่ผลิตได้ และสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก-ไซเคอโรฟอรั	34
3.7.1 การเตรียมสารละลาย	34
3.7.2 วิธีการทดสอบเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อสเปกตรากการดูดกลืนแสงของไซเคอโรฟอรับริสุทธิ์ และสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กไซเคอโรฟอรั	34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.7.3	วิธีการทดลองเพื่อศึกษาผลของแสงจากหลอด daylight กำลัง 60 W ณ เวลาต่างๆ กันต่อสเปกตรากการดูดกลืนแสงของไซเคโอโรฟอร์ที่ผลิตได้ และสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก-ไซเคโอโรฟอร์	35
3.7.4	วิธีการทดลองเพื่อศึกษาผลของ pH ต่อสเปกตรากการดูดกลืนแสงของไซเคโอโรฟอร์บริสุทธิ์ และสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก-ไซเคโอโรฟอร์	35
3.7.5	วิธีการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิ 37°C ต่อสเปกตรากการดูดกลืนแสงของไซเคโอโรฟอร์ และสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก-ไซเคโอโรฟอร์	35
3.8	การประยุกต์ของไซเคโอโรฟอร์ในการหาปริมาณของเหล็ก	36
3.8.1	การเตรียมสารละลาย	36
3.8.2	การศึกษา percent recovery	36
3.8.3	การวิเคราะห์หาปริมาณของเหล็กด้วยไซเคโอโรฟอร์โดยวิธีสร้างกราฟมาตรฐาน	37
3.9	การศึกษาการดูดกลืนแสงของสารเชิงซ้อนเหล็ก-ฟีนานโทรีน และการสร้างกราฟมาตรฐานเพื่อการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กโดยวิธีฟีนานโทรีน	38
3.9.1	การเตรียมสารละลาย	38
3.9.2	วิธีการทดลอง	38
3.9.3	การวิเคราะห์เหล็ก(III)ในน้ำตัวอย่าง ด้วยวิธีฟีนานโทรีน	39
บทที่ 4	ผลการทดลอง และวิจารณ์	40
4.1	ผลที่ได้จากการเลี้ยงแบคทีเรีย	40
4.2	ผลที่ได้จากการศึกษาสมบัติของ Siderophores Supernatant ที่แยกได้ และที่ทำให้ไซเคโอโรฟอร์บริสุทธิ์	40
4.3	ผลการแยก และการทำให้บริสุทธิ์ในรูปของลิแกนด์อิสระ	43

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 ผลการศึกษาโครมาโทแกรมของไซเดอโรฟอร์ด้วยเทคนิค HPLC	43
4.5 ผลการทดสอบในการแยกประเภทของไซเดอโรฟอร์	45
4.5.1 ผลการวิเคราะห์ไฮดรอกซามาตไซเดอโรฟอร์	45
ก. ผลการทดสอบด้วยวิธี Csaky	45
ข. ผลการทดสอบด้วยวิธีของ Berg และ Becker	47
ค. ผลการทดสอบด้วยวิธี Triphenyltetrazolium Chloride	49
4.5.2 ผลการวิเคราะห์แคทีคอลไซเดอโรฟอร์	51
4.6 ผลการศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงของ ไซเดอโรฟอร์บริสุทธิ์ และสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก-ไซเดอโรฟอร์	53
4.6.1 ผลการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อสเปกตรการดูด กลืนแสงของสารละลายไซเดอโรฟอร์บริสุทธิ์ และสาร ประกอบเชิงซ้อนเหล็ก-ไซเดอโรฟอร์	53
4.6.2 ผลการศึกษาการดูดกลืนแสงของสารละลายไซเดอโรฟอร์ ที่ผลิตได้ และสารประกอบเชิงซ้อนเหล็ก-ไซเดอโรฟอร์ที่ กำลังไฟฟ้า 60 W ณ เวลาต่างๆ กัน	57
4.6.3 ผลการศึกษาผลกระทบของ pH ต่อสเปกตรการดูดกลืน แสงของสารละลายไซเดอโรฟอร์บริสุทธิ์ และสารละลาย ของสารประกอบเชิงซ้อนเหล็ก-ไซเดอโรฟอร์	61
4.6.4 ผลการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิ 37°C ต่อสเปกตรการดูด กลืนแสงของสารละลายไซเดอโรฟอร์บริสุทธิ์ และสารละลาย ของเหล็ก-ไซเดอโรฟอร์	65
4.7 ผลการศึกษา percent recovery	69
4.8 ผลการนำไซเดอโรฟอร์ไปใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณของเหล็ก	71
4.9 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์เหล็กในน้ำตัวอย่าง ด้วยวิธีฟิเนนโรลีน	73
วิจารณ์ผลการทดลอง	77
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	79
ข้อเสนอแนะ	81

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง

82

ภาคผนวก

86

ภาคผนวก ก

87

ภาคผนวก ข

90

ภาคผนวก ค

92

ภาคผนวก ง

93

ภาคผนวก จ

94

ประวัติผู้เขียน

95

สารบัญตาราง

หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.14 ผลของ pH ต่อสเปกตรากการดูดกลืนแสงของสารละลายเชิงซ้อนเหล็ก-ไฮเดรโอโรฟอร์	63
ตารางที่ 4.15 ผลของอุณหภูมิ 37 °C ต่อสเปกตรากการดูดกลืนแสงของสารละลายไฮเดรโอโรฟอร์บริสุทธิ์	65
ตารางที่ 4.16 ผลของอุณหภูมิ 37 °C ต่อสเปกตรากการดูดกลืนแสงของสารละลายเหล็ก-ไฮเดรโอโรฟอร์	67
ตารางที่ 4.17 ผลที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน เพื่อการศึกษาหา percent recovery	69
ตารางที่ 4.18 เมื่อในน้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของเหล็กเป็น 0.10 ppm	70
ตารางที่ 4.19 เมื่อในน้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของเหล็กเป็น 0.50 ppm	70
ตารางที่ 4.20 เมื่อในน้ำตัวอย่างมีความเข้มข้นของเหล็กเป็น 0.90 ppm	70
ตารางที่ 4.21 ค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนเหล็ก-ไฮเดรโอโรฟอร์	71
ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์เหล็กในน้ำตัวอย่างจากบึงสีฐาน มหาวิทยาลัยขอนแก่น	73
ตารางที่ 4.23 ผลที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน	75
ตารางที่ 4.24 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์เหล็กในน้ำตัวอย่างด้วย 1,10-phenanthroline โดยใช้ปริมาตรของน้ำตัวอย่างเป็น 1.00, 5.00, 10.00 และ 50.00 cm ³ ตามลำดับ	76
ตารางที่ 4.25 สรุปเปรียบเทียบความเข้มข้นของเหล็กในตัวอย่างน้ำ ด้วยวิธีสร้างกราฟมาตรฐาน และวิธีฟิแนนโทรลีน	77

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แถบสเปกตรัมของแสงที่อยู่ในช่วงของแสงวิสิเบิล	6
รูปที่ 2.2 กระบวนการวัดการดูดกลืนแสง	8
รูปที่ 2.3 การดูดกลืนแสงของสารละลาย	8
รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดและเปอร์เซ็นต์ทรานสมิตแทนซ์กับความเข้มข้นของสารละลาย	9
รูปที่ 2.5 รูปทรงของเจลมีผลทำให้สารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กเดินทางออกจากคอลัมน์ได้ช้า	15
รูปที่ 2.6 ปฏิกริยาการเกิดอะคริลาไมด์ จากโมโนเมอร์และบิสอะคริลาไมด์	16
รูปที่ 3.1 สรุปลขั้นตอนการแยก และการทำให้ไซเดอโรฟอร์บริสุทรีในรูปของลิแกนคัลอิสระ	27
รูปที่ 3.2 สรุปลขั้นตอนการแยก และการทำให้สารประกอบเชิงซ้อนเหล็ก-ไซเดอโรฟอร์บริสุทรี	28
รูปที่ 4.1 ลักษณะของสารละลายไซเดอโรฟอร์ที่ได้จากการเลี้ยง 24 ชั่วโมง	40
รูปที่ 4.2 โครมาโทแกรมของสารละลายไซเดอโรฟอร์ที่ผ่านคอลัมน์ Bio-Gel P-2 gel	44
รูปที่ 4.3 ผลที่ได้จากการทดสอบไฮดรอกซามาเท ไซเดอโรฟอร์ ด้วยวิธี Csaky	45
รูปที่ 4.4 ผลที่ได้จากการทดสอบไฮดรอกซามาเท ไซเดอโรฟอร์ ด้วยวิธีของ Berg & Becker	47
รูปที่ 4.5 ผลที่ได้จากการทดสอบไฮดรอกซามาเท ไซเดอโรฟอร์ ด้วยวิธี Triphenyltetrazolium Chloride	49
รูปที่ 4.6 ผลที่ได้จากการทดสอบแคทีคอล ไซเดอโรฟอร์ ด้วยวิธีของ Arnow	51
รูปที่ 4.7 ผลของอุณหภูมิต่อสเปกตรากการดูดกลืนแสงของสารละลายไซเดอโรฟอร์บริสุทรี	54
รูปที่ 4.8 ผลของอุณหภูมิต่อสเปกตรากการดูดกลืนแสงของสารละลายเชิงซ้อนเหล็ก-ไซเดอโรฟอร์	56
รูปที่ 4.9 ผลของหลอด daylight กำลัง 60 W ที่มีต่อการดูดกลืนคลืนแสงของสารละลายไซเดอโรฟอร์บริสุทรี	58

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.10 ผลของหลอด daylight กำลัง 60 W ที่มีต่อการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลาย เชิงซ้อนเหล็ก-ไซโคโรเฟอร์	60
รูปที่ 4.11 ผลของ pH ต่อสเปกตรากการดูดกลืนแสงของสารละลายไซโคโรเฟอร์ บริสุทธิ์	62
รูปที่ 4.12 ผลของ pH ต่อสเปกตรากการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนเหล็ก- ไซโคโรเฟอร์	64
รูปที่ 4.13 ผลของอุณหภูมิ 37 °C ต่อสเปกตรากการดูดกลืนแสงของสารละลาย ไซโคโรเฟอร์บริสุทธิ์	66
รูปที่ 4.14 ผลของอุณหภูมิ 37 °C ต่อสเปกตรากการดูดกลืนแสงของสารละลาย เหล็ก-ไซโคโรเฟอร์	68
รูปที่ 4.15 กราฟมาตรฐานของการหา percent recovery	69
รูปที่ 4.16 กราฟมาตรฐาน ระหว่างการดูดกลืนแสง กับความเข้มข้นของสารละลาย มาตรฐานเหล็ก ด้วยวิธีใช้ไซโคโรเฟอร์	72
รูปที่ 4.17 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนเหล็ก-ฟีนานโทรีน	74
รูปที่ 4.18 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์เหล็กด้วยวิธีฟีนานโทรีน	75