สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
1.5 สมมติฐานการวิจัย	4
1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.7 คำย่อและสัญลักษณ์	4
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ทฤษฎีและแนวคิดต่างๆ	5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 ระเบียบวิจัย	21
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	21
3.2 เครื่องมือ วัสดุ – อุปกรณ์	21
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	25
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	55
4.1 การหาปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ในตัวอย่างดิน	55
4.2 การหาปริมาณแมงกานีสในตัวอย่างปุ๋ย	74
4.3 การหาปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างดิน	88
4.4 การหาปริมาณธาตุเหล็กในตัวอย่างดินและปุ๋ย	103

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 120

5.1 การหาปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ในตัวอย่างดิน 120

5.2 การหาแมงกานีสในตัวอย่างปุ๋ย 121

5.3 การหาปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างดิน 122

5.4 การหาปริมาณเหล็กในตัวอย่างดินและปุ๋ย 122

5.5 ข้อเสนอแนะ 123

บรรณานุกรม 124

ภาคผนวก 127

สารบัญรูป

หน้า

รูป 2.1 ระบบวิเคราะห์ทั่วไปของ FIA 12

รูป 2.2 ระบบวิเคราะห์ทั่วไปของ SIA 13

รูป 2.3 หลักการฉีดสารแบบไฮโดรไดนามิก 14

รูป 3.1 ปั๊มเพอร์ริสตาลติก 25

รูป 3.2 (ก) วาล์วเปิด – ปิด และ (ข) วาล์วสี่ทาง 26

รูป 3.3 ท่อ PTFE 26

รูป 3.4 Fixed - volume conduit (ก) ภาพด้านบน (ข) ภาพด้านข้าง (ค) ภาพจริง 27

รูป 3.5 ขดท่อ 28

รูป 3.6 ท่อไทกอน 28

รูป 3.7 เกลียวข้อต่อ 28

รูป 3.8 โฟลเซลล์ 29

รูป 3.9 ระบบไฮโดรไดนามิกซีเควนเชียลอินเจคชัน 29

รูป 3.10 ระบบ HSI ที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง 30

รูป 4.1 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของแอมโมเนียมโมลิบเดต จากค่าความชันของกราฟมาตรฐาน 56

รูป 4.2 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของแอมโมเนียมโมลิบเดต จากค่าจุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐาน 56

รูป 4.3 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดแอสคอร์บิก จากค่าความชันของกราฟมาตรฐาน 58

รูป 4.4 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดแอสคอร์บิก จากค่าจุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐาน 58

รูป 4.5 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดไนตริก จากค่าความชันของกราฟมาตรฐาน 59

รูป 4.6 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดไนตริก จากค่าความชันของกราฟมาตรฐาน 60

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูป 4.7 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความยาวที่เหมาะสมของขดท่อ จากค่าความชันของกราฟมาตรฐาน 63

รูป 4.8 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความยาวที่เหมาะสมของขดท่อจากค่าจุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐาน 63

รูป 4.9 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของแอมโมเนียมโมลิบเดต จากค่าความชันของกราฟมาตรฐาน 65

รูป 4.10 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของแอมโมเนียมโมลิเดต จากค่าจุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐาน 65

รูป 4.11 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดไนตริก จากค่าความชันของกราฟมาตรฐาน 67

รูป 4.12 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดไนตริก จากค่าจุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐาน 67

รูป 4.13 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 68

รูป 4.14 HSI – gram ของการศึกษาความเที่ยงตรงของการวิเคราะห์ 70

รูป 4.15 กราฟ Correlation 73

รูป 4.16 สเปกตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ค่า λ_{max} 460 nm 74

รูป 4.17 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของฟอร์มัลด็อกซิม (Formaldoxim) จากความชันของกราฟมาตรฐาน 75

รูป 4.18 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของฟอร์มัลด็อกซิม (Formaldoxim) จากจุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐาน 76

รูป 4.19 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาpH ของแอมโมเนียบัฟเฟอร์จากความชันของกราฟมาตรฐาน 77

รูป 4.20 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณา pH ของแอมโมเนียบัฟเฟอร์จากจุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐาน 78

รูป 4.21 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความยาวที่เหมาะสมของขดท่อ จากความชันของกราฟมาตรฐาน 81

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูป 4.22 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความยาวที่เหมาะสมของขดท่อ จากจุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐาน 82

รูป 4.23 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน Mn (II) 83

รูป 4.24 HSI-gram ของกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน Mn (II) ในช่วง 1.0 – 50.0 ppm 83

รูป 4.25 HSI – gram ของการศึกษาความเที่ยงตรงของการวิเคราะห์ 85

รูป 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของวิธี HSI และวิธีแบบแบทช์ 87

รูป 4.27 สเปคตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ λ_{max} 574 nm 88

รูป 4.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแคลเซียมกับค่าการดูดกลืนแสง 89

รูป 4.29 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของ oCPC จากค่าความชัน ของกราฟมาตรฐาน 90

รูป 4.30 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความเข้มข้นที่เหมาะสมของ oCPC จากค่าจุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐาน 91

รูป 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแมกนีเซียมกับค่าการดูดกลืนแสงที่แต่ละความเข้มข้นของ 8-Hydroxyquinoline 92

รูป 4.32 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความยาวของขดท่อ 96

รูป 4.33 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความยาวที่เหมาะสมของขดท่อจากค่าความชันของกราฟมาตรฐาน 97

รูป 4.34 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความยาวที่เหมาะสมของขดท่อ จากค่าจุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐาน 97

รูป 4.35 กราฟมาตรฐานของแคลเซียม 98

รูป 4.36 HSI – gram ของการศึกษาความเที่ยงตรงของการวิเคราะห์ 100

รูป 4.37 กราฟ Correlation เปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยระบบ HSI กับวิธีแบบแบทช์ 102

รูป 4.38 สเปกตรัมค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารละลายมาตรฐาน Fe 103

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูป 4.39 กราฟเส้นแนวโน้มระหว่างสารละลาย 1,10-ฟีแนนโทรลีนที่ความเข้มข้นต่างๆ กับ ความชันของค่าการดูดกลืนแสง 105

รูป 4.40 กราฟเส้นแนวโน้ม ระหว่าง กรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นต่างๆ กับ ความชันของค่าการดูดกลืนแสง 106

รูป 4.41 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณารูปแบบการฉีดที่เหมาะสมของการฉีดสารจากความชันของกราฟมาตรฐาน 109

รูป 4.42 HSI-gram ของสารละลายมาตรฐาน Fe^{3+} ที่ฉีดโดยแบบที่ 2 : 1,10-Phenantroline > Ascorbic acid > Fe^{3+} 110

รูป 4.43 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความยาวที่เหมาะสมจากความชันของกราฟมาตรฐาน 111

รูป 4.44 กราฟแนวโน้มสำหรับพิจารณาความยาวที่เหมาะสมจากจุดตัดแกน Y ของกราฟมาตรฐาน 111

รูป 4.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (nm) กับ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Fe^{3+} (ppm) 113

รูป 4.46 HSI – gram ของการศึกษาความเที่ยงตรงของการวิเคราะห์ 115

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 2.1	ระดับปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน	9
ตาราง 3.1	ปริมาณการเติมสารละลาย	31
ตาราง 3.2	วิธีการศึกษาผลของไอออนแปลกปลอมที่มีผลต่อการวิเคราะห์	34
ตาราง 3.3	การศึกษาประสิทธิภาพของ EDTA ในป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออน Fe^{3+}, Fe^{2+} และ Cu^{2+} กับสารรีเอเจนต์	35
ตาราง 3.4	การศึกษาประสิทธิภาพของ NaF ในป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออน SiO_3^{2-} กับสารรีเอเจนต์	36
ตาราง 3.5	การศึกษาผลความเข้มข้นของฟอร์มัลด็อกซีม (Formaldoxime)	38
ตาราง 3.6	การศึกษาผล pH ของแอมโมเนียบัฟเฟอร์ (Ammonia buffer)	39
ตาราง 3.7	การศึกษาผลของไอออนแปลกปลอม (Foreign ions)ที่มีผลต่อปฏิกิริยาแมงกานีส	40
ตาราง 3.8	การศึกษาประสิทธิภาพของกรดแอสคอร์บิกในการป้องกันไอออนแปลกปลอมรบกวนการเกิดปฏิกิริยาของแมงกานีส	41
ตาราง 3.9	การศึกษาประสิทธิภาพของสารผสมของกรดแอสคอร์บิกและ EDTAในการป้องกันไอออนแปลกรบกวนการเกิดปฏิกิริยาของแมงกานีส	42
ตาราง 3.10	การศึกษาผลความเข้มข้นของ oCPC ที่มีผลต่อ Ca^{2+}	44
ตาราง 3.11	การศึกษาผลความเข้มข้นของ 8-Hydroxyquinoline ที่มีผลต่อ Mg^{2+}	45
ตาราง 3.12	การศึกษาผลความเข้มข้นของ TEA ที่มีผลต่อ Fe^{3+} 5.0, 10.0 และ 20.0 ppm	46
ตาราง 3.13	การศึกษาผลความเข้มข้นของ 1.0 %v/v TEA ที่มีผลต่อ Al^{3+} 5.0, 25.0 และ 50.0 ppm	47
ตาราง 3.14	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของ 1,10-ฟีแนนโทรลีนที่ความเข้มข้นต่างๆ	49
ตาราง 3.15	การศึกษาประสิทธิภาพของกรดแอสคอร์บิกแต่ละความเข้มข้น ในการรีดิวซ์จาก Fe^{3+}	50
ตาราง 3.16	วิธีการศึกษาผลของไอออนแปลกปลอมที่มีผลต่อการวิเคราะห์	51
ตาราง 3.17	รูปแบบการลำดับการฉีดสารเข้าสู่ระบบ HSI	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตาราง 4.1	ข้อมูลของกราฟมาตรฐานที่แต่ละความเข้มข้นของแอมโมเนียมโมลิบเดต	55
ตาราง 4.2	ข้อมูลของกราฟมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิก	57
ตาราง 4.3	ข้อมูลของกราฟมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นของกรดไนตริก	59
ตาราง 4.4	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายผสมของฟอสเฟตกับไอออนรบกวนที่อัตราส่วนต่างๆ	61
ตาราง 4.5	ข้อมูลของกราฟมาตรฐานที่แต่ละความยาวของขดท่อ	62
ตาราง 4.6	ข้อมูลของกราฟมาตรฐานที่แต่ละความเข้มข้นของแอมโมเนียมโมลิบเดต	64
ตาราง 4.7	ผลการศึกษาความเข้มข้นของกรดไนตริกสำหรับระบบ HSI	66
ตาราง 4.8	การศึกษาความเที่ยงตรงของการวิเคราะห์ด้วยระบบ HSI	69
ตาราง 4.9	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างดิน โดยใช้ระบบ HSI และวิธีแบบแบทช์	71
ตาราง 4.10	การคำนวณเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลสองชุด ที่ตัวอย่างแต่ละชุดเป็นตัวอย่าง เดียวกัน (t-test)	72
ตาราง 4.11	ค่าร้อยละการกลับคืนของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตในตัวอย่างดิน	73
ตาราง 4.12	ข้อมูลกราฟมาตรฐานที่แต่ละความเข้มข้นของฟอร์มัลด็อกซีม	75
ตาราง 4.13	ข้อมูลกราฟมาตรฐานและ pH ของแอมโมเนียบัฟเฟอร์	77
ตาราง 4.14	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของไอออนแปลกปลอมที่มีผลต่อปฏิกิริยาการวิเคราะห์แมงกานีส	79
ตาราง 4.15	ข้อมูลของกราฟมาตรฐานที่แต่ละความยาวของขดท่อ	81
ตาราง 4.16	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานแมงกานีส 2 ppm	84
ตาราง 4.17	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีสในตัวอย่างปุ๋ยโดยใช้ระบบ HSI และวิธีมาตรฐาน	86
ตาราง 4.18	ข้อมูลของการวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีสที่มีอยู่ในตัวอย่างปุ๋ยโดยระบบ HSI และวิธีมาตรฐานสำหรับศึกษาหาปริมาณแมงกานีส	86
ตาราง 4.19	ค่าร้อยละการกลับคืนของสารละลายมาตรฐานแมงกานีสในตัวอย่างปุ๋ย	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตาราง 4.20	ข้อมูลของกราฟมาตรฐานที่แต่ละความเข้มข้นของ oCPC	90
ตาราง 4.21	ผลการศึกษา TEA ความเข้มข้น 0.25 %v/v ในการป้องกันไอออนรบกวน (Fe^{3+})	93
ตาราง 4.22	ผลการศึกษา TEA ความเข้มข้น 1.0 %v/v ในการป้องกันไอออนรบกวน (Fe^{3+})	93
ตาราง 4.23	ผลการศึกษา TEA ความเข้มข้น 5.0 %v/v ในการป้องกันไอออนรบกวน (Fe^{3+})	93
ตาราง 4.24	ผลการศึกษา TEA ความเข้มข้น 10.0 %v/v ในการป้องกันไอออนรบกวน (Fe^{3+})	94
ตาราง 4.25	ผลการศึกษา TEA ความเข้มข้น 20.0 %v/v ในการป้องกันไอออนรบกวน (Fe^{3+})	94
ตาราง 4.26	ผลการศึกษา TEA ความเข้มข้น 1.0 %v/v ในการป้องกันไอออนรบกวน (Al^{3+})	95
ตาราง 4.27	ข้อมูลของกราฟมาตรฐานที่แต่ละความยาวของขดท่อ	96
ตาราง 4.28	การศึกษาความเที่ยงตรงของการวิเคราะห์ด้วยระบบ HSI	99
ตาราง 4.29	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างดิน โดยใช้ระบบ HSI และวิธีแบบแบทช์	101
ตาราง 4.30	การคำนวณเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลสองชุดแบบ (t-test) ที่ตัวอย่างแต่ละชุดเป็นตัวอย่าง เดียวกัน	101
ตาราง 4.31	ตารางเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย 1,10-ฟีแนนโทรลีน ที่ความเข้มข้นต่างๆ	104
ตาราง 4.32	ข้อมูลกราฟมาตรฐานจากการศึกษาผลความเข้มข้นของสารละลาย 1,10-ฟีแนนโทรลีน	104
ตาราง 4.33	ตารางเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงของกรดแอสคอร์บิก ที่ความเข้มข้นต่างๆ	106
ตาราง 4.34	ตารางบันทึกค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายไอออน	107
ตาราง 4.35	ตารางบันทึกค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายไอออน	108

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตาราง 4.36	ข้อมูลกราฟมาตรฐานที่ได้จากการฉีดสารรูปแบบต่างๆ	109
ตาราง 4.37	ข้อมูลของกราฟมาตรฐานที่แต่ละความยาวของขดท่อ	110
ตาราง 4.38	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน Fe^{3+}	112
ตาราง 4.39	ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน Fe^{3+} ความเข้มข้น 5 ppm	114
ตาราง 4.40	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ Fe^{3+} ในตัวอย่างสารละลายที่สกัดจากตัวอย่างดินและปุ๋ยโดยใช้ระบบ HSI และวิธีแบบแบทช์	116
ตาราง 4.41	ข้อมูลของการวิเคราะห์หาปริมาณ Fe^{3+} ที่มีอยู่ในตัวอย่างโดยระบบ HSI และวิธีแบบแบทช์สำหรับศึกษาหาปริมาณ Fe^{3+}	117
ตาราง 4.42	ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างดินและปุ๋ยผสมกับสารละลายมาตรฐาน Fe^{3+}	119
ตาราง 4.43	ค่าร้อยละการกลับคืนของสารละลายมาตรฐาน Fe^{3+} ในสารละลายตัวอย่างดินและปุ๋ย	119