

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต แมงกานีส แคลเซียม และเหล็กในตัวอย่างดินและในตัวอย่างปุ๋ย โดยระบบไฮโครไดนามิกซีเควนเชียลอินเจกชัน (HSI) ที่ได้พัฒนาขึ้นเอง โดยอาศัยปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ธาตุอาหารดังกล่าว และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 การหาปริมาณฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ในตัวอย่างดิน

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของรีเอเจนต์โดยการวิเคราะห์แบบแบทช์ความเข้มข้นของแอมโมเนียมโมลิบเดตที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยากับฟอสเฟตคือ 0.015 M และความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกที่เหมาะสมในการเป็นตัวรีดิวซ์ สำหรับเปลี่ยน Heteropoly acid ไปเป็น Molybdenum blue คือ 0.5 %w/v และความเข้มข้นของกรดไนตริกที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา คือ 0.15 M และไอออนที่แสดงการรบกวนอย่างชัดเจนต่อการวิเคราะห์คือ Fe^{3+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} และ SiO_3^{2-} ซึ่งจะรบกวนที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1 ppm ขึ้นไป ความเข้มข้นที่เหมาะสมของ EDTA ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออนของ Fe^{3+} และ Cu^{2+} กับรีเอเจนต์อยู่ที่ 0.04 M ซึ่งสามารถป้องกันการรบกวนได้ที่ความเข้มข้นสูงสุดคือ 20 และ 10 ppm ตามลำดับ และสามารถป้องกันได้โดยใช้ EDTA เข้มข้น 0.03 M ในการป้องกัน Fe^{2+} ที่ 1 ppm แต่เนื่องจาก Fe^{2+} ในตัวอย่างดินมีปริมาณไม่สูงนักที่ EDTA ความเข้มข้นดังกล่าวจึงสามารถป้องกันการรบกวนของ Fe^{2+} เมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างดินได้ และการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง ไอออน SiO_3^{2-} กับรีเอเจนต์ซึ่งพบว่า เมื่อใช้ NaF 0.085 M สามารถป้องกันการรบกวนของ SiO_3^{2-} ได้สูงสุดที่ความเข้มข้น 50 ppm การวิเคราะห์ฟอสเฟตด้วยระบบ HSI ความยาวของขดท่อที่เหมาะสมในการใช้วิเคราะห์ฟอสเฟตคือ 100 cm และได้ศึกษาความเข้มข้นของแอมโมเนียมโมลิบเดตที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยากับฟอสเฟตสำหรับระบบ HSI คือ 0.0015 M และความเข้มข้นของกรดไนตริกที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาสำหรับระบบ HSI คือ 0.05 M นอกจากนี้ พบว่าช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตอยู่ในช่วงระหว่าง 0.05 – 20 ppm โดยมีสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต คือ $y = 0.0025x + 0.0074$ $R^2 = 0.9978$ เมื่อพิจารณาความเที่ยงของการวัดการวิเคราะห์โดยสังเกตจากค่าร้อยละการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) จากการวัดซ้ำ 11 ครั้งโดยใช้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 2 ppm ได้ค่า

%RSD ของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต เท่ากับ 3.4% และค่าร้อยละการกลับคืนตัวอย่างดินพบว่า ได้ร้อยละการกลับคืนในช่วง 83.5 – 102.5 % และศึกษาค่า t ที่ได้จากการคำนวณสำหรับการเปรียบเทียบทั้งสองวิธีในการศึกษาหาปริมาณฟอสเฟต คือ 2.67 ตามลำดับ น้อยกว่าค่า t ที่ได้จากรายการค่าวิกฤตที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95 % คือ 2.78

5.2 การหาแมงกานีสในตัวอย่างปุ๋ย

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของรีเอเจนต์โดยการวิเคราะห์แบบแบทช์ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ผสมที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยากับแมงกานีส คือ 0.25 M และ pH ของแอมโมเนียบัฟเฟอร์ที่เหมาะสม คือ pH 10.0 และไอออนที่มีผลต่อการปฏิกิริยาในการวิเคราะห์ คือ Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} ซึ่งจะรบกวนตั้งแต่ความเข้มข้น 1 ppm ขึ้นไป Ni^{2+} จะรบกวนตั้งแต่ 10 ppm ขึ้นไป ความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดแอสคอร์บิกในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออนของ Cu^{2+} กับรีเอเจนต์อยู่ที่ 0.5 %w/v ซึ่งสามารถป้องกันการรบกวนได้สูงถึง 50 ppm โดยทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มมากขึ้นลดลง และสารผสมของกรดแอสคอร์บิก 0.5 %w/v + EDTA 0.01 M สามารถป้องกันได้ ได้แก่ Fe^{2+} และ Fe^{3+} ซึ่งสังเกตได้จากค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลง แต่เนื่องจาก Fe^{2+} และ Fe^{3+} ในตัวอย่างปุ๋ยมีปริมาณไม่สูงนัก ดังนั้นกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นดังกล่าวจึงสามารถป้องกันการรบกวนของ Fe^{2+} และ Fe^{3+} ได้เมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยจริงการวิเคราะห์แมงกานีสด้วยระบบของ HSI ความยาวท่อที่เหมาะสมในการใช้วิเคราะห์แมงกานีส คือ 50 ppm และพบว่าช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของแมงกานีสระหว่าง 1.0 – 50.0 ppm โดยมีสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน $y = 0.0231x + 0.1134$ $R^2 = 0.9922$ เมื่อพิจารณาความเที่ยงของการวัดการวิเคราะห์โดยสังเกตจากค่าร้อยละการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) จากการวัด 11 ครั้ง โดยใช้สารละลายมาตรฐานแมงกานีส 2 ppm ได้ค่า %RSD ของสารละลายมาตรฐานแมงกานีส เท่ากับ 3.19 % และค่าร้อยละการกลับคืนตัวอย่างปุ๋ยพบว่าร้อยละการกลับคืนในช่วง 81.20– 114.65 % และศึกษาค่า t ที่ได้จากการคำนวณสำหรับการเปรียบเทียบทั้งสองวิธีในการศึกษาหาปริมาณแมงกานีส คือ 1.44 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า t ที่ได้จากรายการค่าวิกฤตที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือ 3.18

5.3 การหาปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างดิน

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของรีเอเจนต์โดยการวิเคราะห์แบบแบทช์ ความเข้มข้นของ oCPC ที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยากับแคลเซียม คือ 0.1 mM ไอออนที่แสดงการรบกวนอย่างชัดเจนต่อการวิเคราะห์คือ Mg^{2+} , Fe^{3+} และ Al^{3+} โดยความเข้มข้นที่เหมาะสมของ 8-Hydroxyquinoline ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออนของ Mg^{2+} กับรีเอเจนต์อยู่ที่ 0.1 %w/v ซึ่งสามารถป้องกันการรบกวนได้ที่ความเข้มข้นสูงสุดคือ 10 ppm และสามารถป้องกันการรบกวนของไอออน Fe^{3+} และ Al^{3+} ได้โดยใช้ TEA ความเข้มข้น 1.0 %v/v ที่ความเข้มข้นสูงสุดคือ 20 และ 50 ppm ตามลำดับ การวิเคราะห์แคลเซียมด้วยระบบ HSI ปฏิกิริยาระหว่างรีเอเจนต์กับสารตัวอย่างเกิดขึ้นได้เร็ว โดยไม่ใช้ชุดท่อต่อกับระบบเพื่อให้เกิดการผสมกัน นอกจากนี้พบว่าช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของแคลเซียมอยู่ที่ระหว่าง 1 - 40 ppm โดยมีสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานแคลเซียม คือ $y = 0.068x + 0.3485$; $R^2 = 0.9951$ เมื่อพิจารณาความเที่ยงของการวัดการวิเคราะห์โดยสังเกตจากค่าร้อยละการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) จากการวัด 11 ครั้งโดยใช้สารละลายมาตรฐานแคลเซียม 5 ppm ได้ค่า %RSD ของสารละลายมาตรฐานแคลเซียม เท่ากับ 2.92 % และศึกษาค่า t ที่ได้จากการคำนวณสำหรับการเปรียบเทียบทั้งสองวิธีในการศึกษาหาปริมาณแคลเซียม คือ 1.26 ซึ่งน้อยกว่าค่า t ที่ได้จากรางค่าวิกฤตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % คือ 4.30

5.4 การหาปริมาณเหล็กในตัวอย่างดินและปุ๋ย

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของรีเอเจนต์โดยการวิเคราะห์แบบแบทช์ ความเข้มข้นของ 1,10-ฟีแนน โทโรลีน ที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยากับ Fe^{3+} คือ 0.5 % w/v และ pH ของอะซิเตตบัฟเฟอร์ที่เหมาะสม คือ pH 4 และไอออนที่มีผลต่อการปฏิกิริยาในการวิเคราะห์ Fe^{3+} คือ NO_3^- และ Al^{3+} ซึ่งจะรบกวนตั้งแต่ความเข้มข้น 1 ppm ขึ้นไป ส่วน Cl^- จะรบกวนการวิเคราะห์ที่ความเข้มข้น 20 ppm ขึ้นไป แต่เนื่องจากการวิเคราะห์ในงานวิจัย เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุเหล็กในดินและปุ๋ย ซึ่งจะมีไอออนประเภทนี้ในปริมาณที่น้อย ไอออนดังกล่าวจึงไม่ส่งผลการวิจัยนี้มากนัก ความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดแอสคอร์บิกในการรีดิวซ์ของ Fe^{2+} ไปเป็น Fe^{3+} เท่ากับ 0.015 M ซึ่งที่ความเข้มข้น 0.01 ให้ค่าความชันสูงสุด และมีประสิทธิภาพในการรีดิวซ์ Fe^{3+} ได้ดีที่สุด จึงเลือกใช้กรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้น 0.01 M เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ Fe^{3+} ด้วยระบบของ HSI ความยาวท่อนที่เหมาะสมในการใช้วิเคราะห์ Fe^{3+} คือ 200 ppm และได้ศึกษาเงื่อนไขในการฉีดสารที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา คือการฉีด แบบที่ 2 โดยเราจะทำการฉีด 0.5 % w/v 1,10-ฟีแนน โทโรลีน เป็นอันดับแรก หลังจากนั้นฉีดกรดแอสคอร์บิก

ความเข้มข้น 0.015 M และสารละลายมาตรฐาน Fe^{3+} ตามลำดับ พบว่าช่วงความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานของ Fe^{3+} ระหว่าง 0.01 – 30.0 ppm โดยมีสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน Fe^{3+} คือ $y = 0.032x + 0.016$; $R^2 = 0.999$ เมื่อพิจารณาความเที่ยงของการวัดการวิเคราะห์โดยสังเกตจากค่าร้อยละการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) จากการวัด 11 ครั้งโดยใช้สารละลายมาตรฐาน Fe^{3+} 5 ppm ได้ค่า %RSD ของสารละลายมาตรฐาน Fe^{3+} เท่ากับ 0.95 % และค่าร้อยละการกลับคืนตัวอย่างดินและปุ๋ยพบว่าร้อยละการกลับคืนในช่วง 96.50-128.12 % และศึกษาค่า t ที่ได้จากการคำนวณสำหรับการเปรียบเทียบทั้งสองวิธีในการศึกษาหาปริมาณ Fe^{3+} ในตัวอย่างดินและปุ๋ย คือ 1.802 และ 0.618 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า t ที่ได้จากรางค่าวิกฤตที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือ 2.78 และ 2.57 ตามลำดับ

จากผลวิจัยทั้งหมดที่ได้กล่าวมา จึงอาจกล่าวได้ว่าระบบ HSI ที่ได้รับพัฒนาขึ้นสำหรับวิเคราะห์ฟอสเฟต แมงกานีส แคลเซียม และเหล็กสามารถหาปริมาณฟอสเฟต แมงกานีส แคลเซียม และเหล็ก ในตัวอย่างดินและตัวอย่างปุ๋ยได้ โดยใช้เวลา 5, 10, 15 และ 10 นาที ปริมาณสารเคมีรวมทั้งหมด 10.5, 0.1, 0.15 และ 18 mL ในการวิเคราะห์ 1 ครั้ง และมีอัตราการไหลของสารตัวพา 2.0, 2.4, 1.6 และ 2.0 mL/min อีกทั้งระบบ HSI ที่พัฒนาขึ้นยังช่วยลดการใช้สารเคมี และใช้อุปกรณ์ที่มีราคาถูกกว่าระบบ SIA แต่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สูง นอกจากนี้ยังสามารถพกพาได้โดยเมื่อนำไปประกอบกับเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์จะสามารถใช้ในงานวิเคราะห์ได้ทันที และประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์สารที่ต้องการวิเคราะห์อย่างอื่นได้ง่ายโดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนระบบอีกด้วย

5.5 ข้อเสนอแนะ

นอกเหนือจากตัวอย่างดิน ยังสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างอื่นๆ ได้อีกเช่น น้ำ อาหาร และยา โดยสามารถประยุกต์ระบบ HSI ใช้กับการวิเคราะห์สารที่ต้องการ (Analyte) อย่างอื่นได้ง่ายโดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนระบบใดๆ