

อภิปราย และสรุปผลการทดลอง

ในการปรับปรุงเทคนิคการวิเคราะห์หาราควอทปริมาณน้อย ๆ ด้วยสเปกโตรโฟโตเมตริกซ์แรกจำเป็นจะต้องศึกษาหาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำปฏิกิริยารีดักชันของหาราควอทให้เกิดเป็นแรดิเคิลอิสระสีน้ำเงินอย่างสมบูรณ์และเสถียร เพื่อที่จะทำให้ค่าแอมชอร์แบนซ์สูง และเสถียรนานพอที่จะวัดได้ค่าที่ถูกต้องแน่นอนสำหรับการทำปริมาณวิเคราะห์เสียก่อน เพื่อนำผลที่ได้ไปศึกษาต่อ จากผลการศึกษา UV-VIS absorption spectra ของแรดิเคิลแคตไอออนอิสระของหาราควอท ตามการทดลองที่ 3.2.4 พบว่าความยาวคลื่นที่สามารถให้ค่าแอมชอร์แบนซ์สูงสุดของแรดิเคิลแคตไอออนอิสระที่เกิดขึ้นคือ 396.0 nm และมีลักษณะเป็นพีคที่แคบและสูง ดังรูปที่ 3.2 เมื่อเปรียบเทียบกับอีกความยาวคลื่นหนึ่งที่ 600.0 nm แรดิเคิลแคตไอออนอิสระจะมี absorption spectra เป็นแบนด์ที่ค่อนข้างกว้าง และมีค่า absorptivity ต่ำกว่า จากผลการศึกษาถึงอิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไดไฮโดรไอโอดีนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อความยาวคลื่นที่ให้ค่าแอมชอร์แบนซ์สูงสุด (λ_{max}) และลักษณะของ UV-VIS absorption spectra ของแรดิเคิลแคตไอออนอิสระ พบว่าการรีดิวซ์สารละลายหาราควอทด้วยสารละลายโซเดียมไดไฮโดรไอโอดีนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แรดิเคิลแคตไอออนอิสระสีน้ำเงินที่เกิดขึ้นยังคงให้ค่าแอมชอร์แบนซ์มากที่สุดที่ความยาวคลื่น 396.0 nm เช่นเดิม แสดงว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไดไฮโดรไอโอดีนและความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงไปไม่มีผลต่อความยาวคลื่นที่ให้ค่าแอมชอร์แบนซ์สูงสุด (λ_{max}) และลักษณะของ UV-VIS absorption spectra ดังรูปที่ 3.3 นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเทคนิคในการรีดิวซ์สารละลายหาราควอทให้เป็นแรดิเคิลแคตไอออนอิสระที่เสถียรพร้อมกับการหาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไดไฮโดรไอโอดีนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมที่สุด ในการทำปฏิกิริยากับสารละลายหาราควอทความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ตามการทดลองที่ 3.2.5 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.1-3.2 และรูปที่ 3.4-3.7 พบว่าสารละลายโซเดียมไดไฮโดรไอโอดีนเข้มข้น 0.20% (น.น./ปริมาตร) เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดที่ให้ค่าแอมชอร์แบนซ์มากที่สุด โดยไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ดังรูปที่ 3.4 และ 3.6 และเมื่อเพิ่มความ

เข้มข้นเป็น 0.50-2.00% (น.น/ปริมาตร) ค่าแอมซอร์แบนซ์จะมีแนวโน้มลดลง และจากการศึกษาความเสถียร ของแบริเคิลแคคไออนอนอิสระในเวลา 10 นาที โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงของค่าแอมซอร์แบนซ์ที่วัดทันทีกับภายหลัง 10 นาที พบว่าแบริเคิลแคคไออนอนอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยารีดักชันด้วยสารละลายไซเดียมไดไฮไดรอกไซด์เข้มข้น 0.50-2.00% (น.น/ปริมาตร) จะให้ค่าแอมซอร์แบนซ์ภายหลัง 10 นาที ลดลงจากเดิม และจะลดลงมากขึ้นในสารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.00-3.00 โมล/ลิตร แสดงว่าการรีดิวซ์สารละลายพาราควอตด้วยสารละลายไซเดียมไดไฮไดรอกไซด์เข้มข้น 0.50-2.00% (น.น/ปริมาตร) ในสารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.00-3.00 โมล/ลิตร เป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากแบริเคิลแคคไออนอนอิสระสีน้ำเงินที่เกิดขึ้นมีความเสถียรลดลง ดังนั้นค่าแอมซอร์แบนซ์ที่วัดได้จึงอาจจะไม่ถูกต้องและแน่นอน ซึ่งย่อมมีผลต่อการทำปริมาณวิเคราะห์ แต่ถ้าความเข้มข้นของสารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์เป็น 0.30 และ 0.50 โมล/ลิตร แบริเคิลแคคไออนอนอิสระสีน้ำเงินที่เกิดขึ้นจะมีความเสถียรของสีในเวลา 10 นาที ดีและมีการเปลี่ยนแปลงของค่าแอมซอร์แบนซ์ในเวลา 10 นาที น้อยมาก ดังรูปที่ 3.4 ค, 3.4 ง และรูปที่ 3.6 ค, 3.6 ง ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าเมื่อทำการรีดิวซ์สารละลายพาราควอตด้วยสารละลายไดไฮไดรอกไซด์เข้มข้น 0.10-0.20% (น.น/ปริมาตร) ในสารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.50 โมล/ลิตร จะทำให้เกิดแบริเคิลแคคไออนอนอิสระสีน้ำเงินที่มีค่าแอมซอร์แบนซ์สูงสุด และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์เป็น 1.00-3.00 โมล/ลิตร ค่าแอมซอร์แบนซ์จะค่อนข้างคงที่ และจะมีความเสถียรของสีน้ำเงินของแบริเคิลแคคไออนอนอิสระในเวลา 10 นาที ดีที่สุดด้วยเมื่อใช้สารละลายไซเดียมไดไฮไดรอกไซด์เข้มข้น 0.10 และ 0.20% (น.น/ปริมาตร) โดยไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์ ดังรูปที่ 3.5 ก, 3.5 ข และ 3.7 ก, 3.7 ข ดังนั้นจากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าสารละลายพาราควอตเข้มข้น 0.01-1.00 ppm จำนวน 20.00 cm³ สามารถเกิดเป็นแบริเคิลแคคไออนอนอิสระสีน้ำเงินที่มีความเสถียร และมีค่าแอมซอร์แบนซ์สูง เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายไซเดียมไดไฮไดรอกไซด์เข้มข้น 0.20% (น.น/ปริมาตร) จำนวน 4.00 cm³ ในสารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.50 โมล/ลิตร แสดงว่าปริมาณของไซเดียมไดไฮไดรอกไซด์เข้มข้น 0.20% (น.น/ปริมาตร) จำนวน 4.00 cm³ มีปริมาณมากเกินไป (excess) ที่พอเหมาะในการทำปฏิกิริยา แต่ถ้าปริมาณของสารละลายไซเดียมไดไฮไดรอกไซด์มากเกินไป (0.50-2.00% น.น/ปริมาตร) จำนวน 4.00 cm³ ก็จะปรากฏว่า absorption peak ของไซเดียมไดไฮไดรอกไซด์ที่ความยาวคลื่น 370.0 nm ดังรูปที่ 3.3 จะไปมีผลต่อค่าแอมซอร์แบนซ์ของแบริเคิลแคคไออนอนอิสระ

ที่วัดได้ ทำให้มีการผิดพลาด และมีผลต่อการทำปริมาณวิเคราะห์ในที่สุด และสำหรับสารละลาย
โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นมากกว่า 0.50 โมล/ลิตร จะทำให้แบริเคิลแคดไอออนอิสระ
ที่เกิดขึ้นมีความเสถียรลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายทำให้เกิด
สถานะไม่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเทคนิคการรีดิวซ์สารละลายพาราควอตด้วยสารละลายโซเดียม
ไดไฮโอไนด์เข้มข้น 0.20% (น.น/ปริมาตร) ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.50
โมล/ลิตร ด้วยวิธีการเขย่าสารละลายให้ผสมกันต่าง ๆ กัน ผลการทดลองดังแสดงในตาราง
ที่ 3.3 พบว่าค่าแอมซอร์แมนซ์ที่ได้จากการเขย่าสารละลาย 8 ครั้งจะน้อยกว่าการเขย่าเพียง 4 ครั้ง
และสารละลายพาราควอตเข้มข้น 0.01 ppm เมื่อรีดิวซ์ด้วยเทคนิคการเขย่าแบบนี้จะไม่สามารถ
วัดค่าแอมซอร์แมนซ์ได้เลย แม้ว่าสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์เข้มข้น 0.20% ในสารละลาย
โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.50 โมล/ลิตร จะเป็นตัวรีดิวซ์ที่เหมาะสมที่สุดก็ตาม จากการ
เปรียบเทียบระหว่างการรีดิวซ์สารละลายพาราควอตเข้มข้น 0.10-1.00 ppm จำนวน 20.00 cm³
ด้วยสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์เข้มข้น 0.20% (น.น/ปริมาตร) ในสารละลายโซเดียมไฮ
ดรอกไซด์เข้มข้น 0.50 โมล/ลิตร จำนวน 4.00 cm³ ด้วยเทคนิคการผสมสารละลายด้วยวิธีคว่ำ
และหงายขวดไปมา 2 ครั้ง กับการเขย่าสารละลายขึ้นและลงตามแนวตั้ง 4 ครั้ง ผลการทดลอง
แสดงในตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.8 ซึ่งพบว่าเทคนิคการผสมแบบคว่ำและหงายขวดไปมา 2 ครั้ง
จะทำให้เกิดแบริเคิลแคดไอออนอิสระสีน้ำเงินที่ให้ค่าแอมซอร์แมนซ์มากกว่า แสดงว่าสถานะที่จะ
ทำให้เกิดแบริเคิลแคดไอออนอิสระได้ดีและเหมาะสมที่สุดจะต้องเป็นการรีดิวซ์ที่ไม่มีออกซิเจนเข้า
ไปเกี่ยวข้อง เพราะการเขย่าเป็นการไปช่วยเร่งให้ออกซิเจนที่มีอยู่ในระบบนั้นไปออกซิไดซ์แบริ-
เคิลแคดไอออนอิสระที่เกิดขึ้นไปเป็นพาราควอตไดแคดไอออนตัวเดิม เนื่องจากปฏิกิริยารีดักชันของ
พาราควอตนี้เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ จึงมีผลต่อการเกิดเป็นแบริเคิลแคดไอออนอิสระได้น้อยลง และ
ไปมีผลต่อค่าแอมซอร์แมนซ์ที่วัดได้ ทำให้เซนซิวิตีของการทำปริมาณวิเคราะห์พาราควอตลดลง
ดังนั้นจากการศึกษาดังกล่าวจึงได้เลือกเทคนิคในการทำปฏิกิริยารีดักชันของสารละลายพาราควอต
เข้มข้น 0.01-1.00 ppm ด้วยสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
ให้เกิดเป็นแบริเคิลแคดไอออนอิสระสีน้ำเงินที่เสถียรและให้ค่าแอมซอร์แมนซ์ได้สูงนั้น ควรจะต้องมี
วิธีการดังต่อไปนี้

1. ปิเปตสารละลายพาราควอทหรือสารละลายตัวอย่าง จำนวน 20.00 cm^3 ใส่ในขวดมาตรฐานขนาด 50.00 cm^3
2. เติมสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์เข้มข้น 0.20% (น.น/ปริมาตร) ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.50 โมล/ลิตร จำนวน 4.00 cm^3 ลงไป ปิดจุกให้แน่น
3. ผสมสารละลายให้เข้ากันโดยวิธีคว่ำและหงายขวดไปมา 2 ครั้ง จะได้สารละลายเป็นสีน้ำเงินปรากฏขึ้น (เมื่อสารละลายพาราควอทมีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.40 ppm ขึ้นไป) ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที จึงนำไปวัดค่าแอมชอร์แมนซ์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm โดยใช้เซลล์ควอทซ์ขนาด 5.00 ซม. เพื่อเพิ่มเทคนิคในการวิเคราะห์ ทำให้สามารถหาปริมาณพาราควอทที่เข้มข้นน้อย ๆ ได้

นอกจากนี้ได้ศึกษาหาปริมาณของสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์เข้มข้น 0.20% (น.น/ปริมาตร) ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.50 โมล/ลิตร ที่สามารถวัดค่าสารละลายพาราควอทเข้มข้น $0.01 - 1.00 \text{ ppm}$ จำนวน 20.00 cm^3 ได้ดีที่สุด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.5 และรูปที่ 3.9 พบว่าสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาตร 4.00 cm^3 จะสามารถให้ค่าแอมชอร์แมนซ์สูงสุด และเมื่อเพิ่มปริมาตรของสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ค่าแอมชอร์แมนซ์จะลดลง จากนั้นได้ศึกษาอิทธิพลของแสงที่เวลาต่าง ๆ กันต่อสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์เข้มข้น 0.20% ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.50 โมล/ลิตร ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.6 และรูปที่ 3.10 พบว่าแสงไม่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการเป็นตัววัดของสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์โดยไม่ทำให้ค่าแอมชอร์แมนซ์ที่วัดได้เปลี่ยนแปลง แต่เวลามีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์ นั่นคือไม่ควรเก็บสารละลายไว้นาน ๆ ตามผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.7 อายุการใช้งานของสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์ 0.20% ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ไม่ควรเกิน 1 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์เมื่อทิ้งไว้ในอากาศเป็นเวลานาน สามารถถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศให้เปลี่ยนเป็นไฮโอซัลเฟตแอนไอออน ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) และไบซัลไฟด์แอนไอออน (HSO_3^-) ได้จึงทำให้อำนาจในการวัดของสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์ลดลง ดังนั้นสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ควรจะต้องเตรียมใหม่ ๆ และใช้ภายใน 1 ชั่วโมงเท่านั้น สารละลายที่ใช้เป็นแบบลงค์ก็ควรจะต้องเปลี่ยนใหม่ด้วยเพื่อให้อำนาจในการวัดยังคงที่ และยังได้ศึกษาถึงความเสถียรของสารละลายพาราควอทที่ใช้เป็น stock solution ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.10

และรูปที่ 3.11 พบว่า stock solution ที่เก็บไว้ในที่ไม่มีแสง สามารถสลายตัวได้น้อยกว่า (0.003 ppm/อาทิตย์) เมื่อเปรียบเทียบกับ stock solution ที่เก็บไว้ในที่มีแสง (0.005 ppm/อาทิตย์) เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน ๆ ดังนั้นเพื่อป้องกันการสลายตัวของพาราควอตที่เกิดขึ้นเนื่องจากแสง ควรจะเก็บ stock solution ของพาราควอตในขวดแก้วสีชา เพื่อตัดแสง และควรสร้างกราฟมาตรฐานก่อนการทำปริมาณวิเคราะห์สารละลายตัวอย่างทุกครั้ง จากการพบสภาวะที่เหมาะสมและวิธีการต่าง ๆ ได้นำมาศึกษาหาความแม่นยำ (precision) และเซซิวิตีของการวิเคราะห์พาราควอตด้วยสเปกโตรโฟโตเมตรี ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.8 พบว่ามีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์วิธีนี้เท่ากับ 0.0026 และมีเปอร์เซ็นต์การเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (% RSD) เท่ากับ 0.50% ซึ่งนับว่าดีมาก จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นได้นำผลการทดลองมาใช้ในการทดลองหาปริมาณพาราควอตทั้งในน้ำและในดินต่อไป

ในการพัฒนาเทคนิคการแยกพาราควอตออกจากสิ่งปลอมปนในดินและน้ำตัวอย่างที่เตรียมขึ้นด้วยเทคนิค Ion-Exchange Chromatography คือได้ศึกษาหาเรซินประจุบวกที่เหมาะสม โดยดูจาก elution pattern ของเรซินชนิดนั้น ๆ เมื่อใช้อัตราเร็วของการชะล้างต่าง ๆ กัน ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 3.12-3.20 พบว่าเรซิน Dowex 50w-x8 และเรซิน Duolite c-225 SRC 14 ให้ elution pattern ที่เป็น gaussian curve และไม่มี tailing เมื่อใช้อัตราเร็วของการชะล้างเป็น 0.50 และ 1.00 cm³/นาที โดยไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณของเรซินที่ใช้ ดังรูปที่ 3.12-3.13 และรูปที่ 3.15-3.16 แต่เมื่อเพิ่มอัตราเร็วเป็น 5.00 cm³/นาที elution pattern จะเปลี่ยนเป็น gaussian curve ที่มี tailing ดังรูปที่ 3.14 และ 3.17 การเกิด tailing ดังกล่าวนี้นี้แสดงว่าสภาวะที่ใช้ไม่เหมาะสม ในการแยกพาราควอตให้บริสุทธิ์และเข้มข้นขึ้นได้ เนื่องจากจะต้องใช้สารละลายชะล้างปริมาณมากจึงจะสามารถแยกพาราควอตออกจากคอลัมน์ได้หมด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.11 และ 3.13 พบว่าจะต้องใช้สารละลายอิมิดัวแอมโมเนียแบบคลอไรด์ในการชะล้างเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของเรซินที่ใช้เพิ่มขึ้น เมื่อใช้อัตราเร็วของการชะล้างเป็น 5.00 cm³/นาที สำหรับปริมาณของสารละลายอิมิดัวแอมโมเนียแบบคลอไรด์ที่สามารถชะล้างพาราควอตออกจากคอลัมน์ของเรซิน Dowex 50w-8x และ Duolite c-225 SRC 14 ได้หมดเท่ากับ 50.00 cm³ เมื่ออัตราเร็วของการชะล้างเป็น 0.50 และ 1.00 cm³/นาที

ในกรณีของเรซิน Amberlite IR-120 (Na) elution pattern ที่ได้จะเป็น gaussian curve ที่มี tailing เสมอ โดยไม่ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของการชะล้าง ดังรูปที่ 3.18-3.20 ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการแยกพาราควอตหรือทำให้พาราควอตบริสุทธิ์ ตลอด

จึงต้องใช้สารละลายอิมิดัวแอมโมเนียมคลอไรด์ชะล้างปริมาณมากจึงสามารถชะล้างพาราควอท
 ออกจากคอลัมน์ได้หมดโดยใช้ประมาณ 100.00 cm^3 ตามผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.13
 ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการทำให้พาราควอทเข้มข้นขึ้นน้อยกว่าเรซิน 2 ชนิดข้างต้น โดยทำให้สาร-
 ละลายพาราควอทเข้มข้นขึ้นได้เพียง 5 เท่าของสารละลายพาราควอทที่ทำการวิเคราะห์ เมื่อ
 เปรียบเทียบกับเรซินอีก 2 ชนิดที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งสามารถทำให้พาราควอทเข้มข้นขึ้นได้ถึง 10 เท่า
 ของสารละลายพาราควอทที่ทำการวิเคราะห์ แสดงว่าคอลัมน์ ion-exchange resin ที่มี
 ประสิทธิภาพในการแยกพาราควอทและเพิ่มความเข้มข้นขั้นสุดท้ายในการทดลองนี้ เป็นคอลัมน์ของ
 เรซิน Dowex 50w-x8 และเรซิน Duolite c-225 SRC 14 โดยใช้สารละลายอิมิดัวแอมโมเนียม
 คลอไรด์จำนวน 50.00 cm^3 ชะล้างคอลัมน์ด้วยอัตราเร็ว 0.50 และ $1.00 \text{ cm}^3/\text{นาที}$ จากนั้น
 ได้นำผลการทดลองนี้ไปใช้ในการศึกษาหาปริมาณของ เรซินและอัตราเร็วของการชะล้างที่เหมาะสม
 ที่จะให้เปอร์เซ็นต์การแยกได้มากที่สุด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.14 และรูปที่ 3.21 พบว่า
 เมื่อใช้เรซิน Dowex 50w-x8, เรซิน Duolite c-225 SRC 14 และเรซิน Amberlite IR-
 120 (Na) ปริมาณ 5.00 กับ 6.00 กรัม และใช้อัตราเร็วของการชะล้าง $1.00 \text{ cm}^3/\text{นาที}$ จะ
 ให้ผลการทดลองใกล้เคียงกัน ดังนั้นจากการศึกษาข้างต้น เรซินที่เหมาะสมที่สุดในการแยกพารา-
 ควอทและเพิ่มความเข้มข้นขึ้น คือเรซิน Dowex 50w-x8 และเรซิน Duolite c-225 SRC 14
 ใช้จำนวน 5.00 กรัม และใช้สารละลายอิมิดัวแอมโมเนียมคลอไรด์ 50.00 cm^3 ชะล้างพาราควอท
 ออกจากคอลัมน์ด้วยอัตราเร็ว $1.00 \text{ cm}^3/\text{นาที}$ จะได้ผลดีที่สุด ต่อจากนั้นได้นำเอาผลการทดลองนี้
 มาใช้ในการศึกษาการแยกและการหาปริมาณพาราควอทในดินตัวอย่างที่เตรียมขึ้นตามการทดลองที่
 3.11 โดยภายหลังจากการสกัดพาราควอทออกจากดินด้วยการต้มกับกรดซัลฟูริกเข้มข้น 9.00 โมล/
 ลิตร ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง พบว่าเวลา 5 ชั่วโมงเป็นเวลาที่นานพอที่จะสามารถ
 ทำลายโครงสร้างของดิน เพื่อให้พาราควอทแยกออกมาอยู่ในสภาพอิสระในสารละลายได้ จากการ
 เพิ่มเวลาการสกัดด้วยกรดซัลฟูริกเป็น 9.0 ชั่วโมง แล้วทำการแยกและหาปริมาณพาราควอทพบว่า
 ผลการทดลองได้ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงได้เลือกใช้เวลาในการสกัดเพียง 5.0 ชั่วโมง และทำ
 การแยกพาราควอทด้วยเทคนิค Ion-Exchange Chromatography โดยใช้สภาวะที่เหมาะสม
 จากผลการทดลองข้างต้น ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.15-3.16 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิ-
 ภาพของเรซิน Dowex 50w-x8 และเรซิน Duolite c-225 SRC 14 ในการแยกพาราควอท
 ที่ทราบปริมาณแน่นอนในดินตัวอย่าง พบว่าเรซิน Dowex 50w-x8 สามารถแยกพาราควอทที่มีอยู่
 ในดินเข้มข้นน้อยสุดเท่ากับ 0.16 ไมโครกรัมต่อ 1 กรัมของดินตัวอย่าง และมีเปอร์เซ็นต์การ

แยกเฉลี่ยได้ 81.3% จากการทดลองได้ทำการแยกพาราควอตออกจากดินตัวอย่างหนัก 25.00 กรัม ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.16-20.00 ไมโครกรัมต่อ 1 กรัมของดินตัวอย่าง พบว่าเปอร์เซ็นต์การแยกเฉลี่ยได้เท่ากับ 79.6% สำหรับคอลัมน์ที่บรรจุเรซิน Duolite C-225 SRC 14 สามารถแยกพาราควอตที่มีอยู่ในดินตัวอย่างหนัก 25.00 กรัม เข้มข้นน้อยสุดเท่ากับ 0.20 ไมโครกรัมต่อ 1 กรัม ของดินได้โดยมีเปอร์เซ็นต์การแยกเฉลี่ยได้ 30.0% และสำหรับการทดลองแยกพาราควอตออกจากดินตัวอย่างจำนวน 25.0 กรัม ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.20-20.00 ไมโครกรัมต่อ 1 กรัม ของดินตัวอย่าง พบว่าเปอร์เซ็นต์การแยกได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.2% สำหรับเรซิน Amberlite IR-120 (Na) พบว่าไม่สามารถนำมาใช้ในการแยกพาราควอตออกจากดินได้ ดังนั้นจากการทดลองนี้ เรซินประจุบวกที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการแยกพาราควอตให้บริสุทธิ์จากดินตัวอย่างหนัก 25.00 กรัม คือเรซิน Dowex 50W-X8

ในกรณีของน้ำตัวอย่างที่มีพาราควอต ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.17-3.22 พบว่าเรซิน Dowex 50W-X8 สามารถแยกพาราควอตออกจากน้ำตัวอย่างจำนวน 500.00 cm³ ได้ เข้มข้นน้อยสุดเท่ากับ 0.002 ppm โดยมีเปอร์เซ็นต์การแยกเฉลี่ยได้ 104.5% และจากการทดลองแยกพาราควอตออกจากน้ำตัวอย่าง 500.00 cm³ เข้มข้นตั้งแต่ 0.002-1.00 ppm พบว่าเปอร์เซ็นต์การแยกเฉลี่ยได้เท่ากับ 99.7% สำหรับเรซิน Duolite C-225 SRC 14 สามารถแยกพาราควอตออกจากน้ำตัวอย่างจำนวน 500.00 cm³ ได้ เข้มข้นน้อยสุดเท่ากับ 0.0008 ppm โดยมีเปอร์เซ็นต์การแยกได้เฉลี่ย 53.8% และจากการแยกพาราควอตออกจากน้ำตัวอย่าง 500.00 cm³ เข้มข้นตั้งแต่ 0.0008-1.00 ppm มีเปอร์เซ็นต์การแยกเฉลี่ยได้ 87.1%

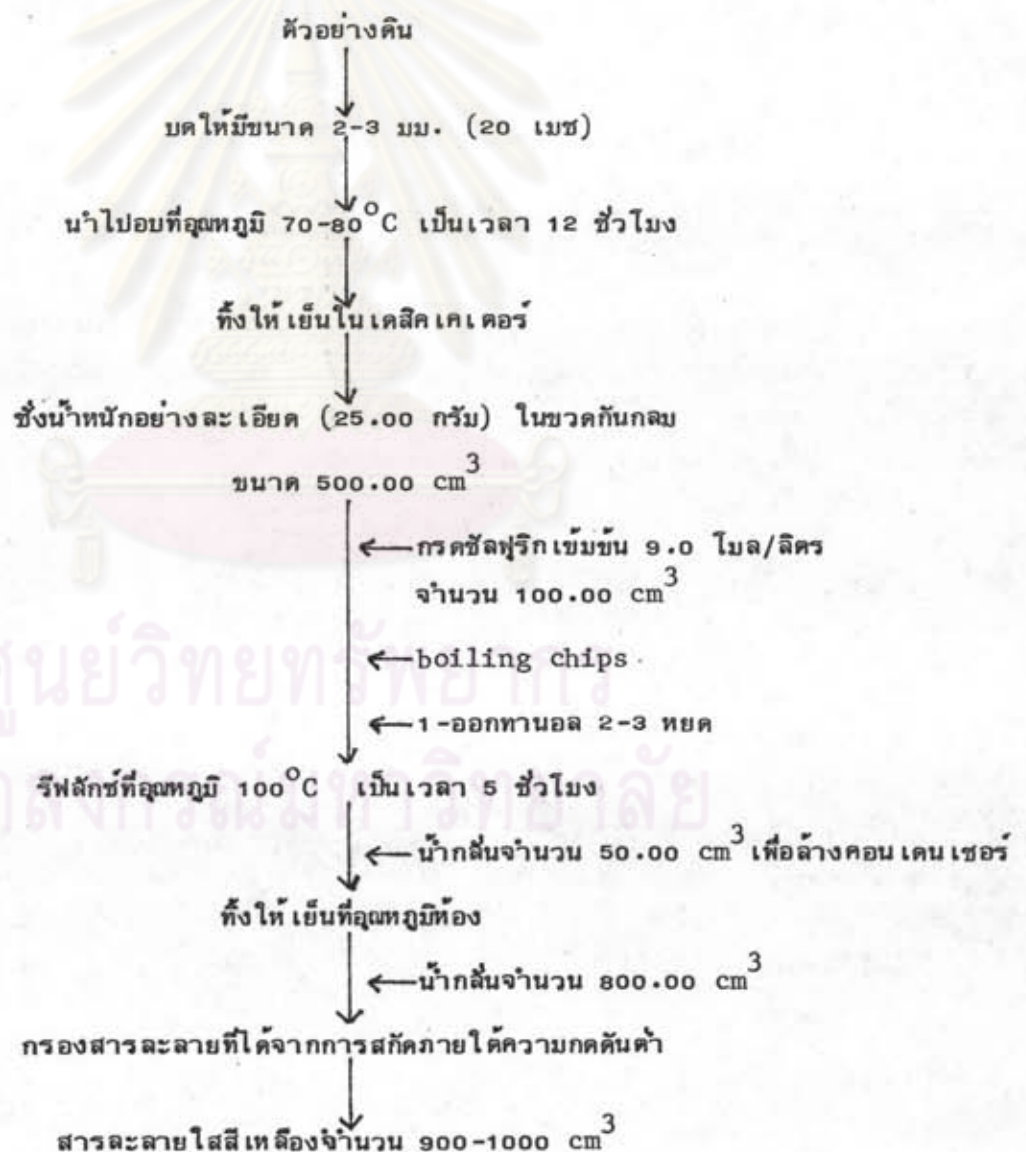
สำหรับเรซิน Amberlite IR-120 (Na) สามารถแยกพาราควอตออกจากน้ำตัวอย่างจำนวน 500.00 cm³ ได้ เข้มข้นน้อยสุดเท่ากับ 0.01 ppm โดยมีเปอร์เซ็นต์การแยกเฉลี่ยได้ 72.0% และจากการแยกพาราควอตออกจากน้ำตัวอย่าง 500.00 cm³ เข้มข้นตั้งแต่ 0.01-1.00 ppm มีเปอร์เซ็นต์การแยกเฉลี่ยได้ 69.5% ดังนั้นจากการทดลองนี้ จะเห็นได้ว่าเรซินประจุบวกที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการแยกพาราควอตความเข้มข้นน้อย ๆ ออกจากน้ำตัวอย่างจำนวน 500.00 cm³ คือเรซิน Dowex 50W-X8 และเรซิน Duolite C-225 SRC 14 ต่อจากนั้นได้นำเรซินทั้ง 2 ชนิดนี้ และสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองไว้ก่อนแล้วข้างต้น มาทำการแยกพาราควอตออกจากน้ำตัวอย่างที่เกิดขึ้นจากแหล่งต่าง ๆ ในเขตจังหวัดนครพนมและปทุมธานี ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.25 และรูปที่ 3.39 พบว่าในน้ำตัวอย่างทั้งหมด 11 แหล่ง มีเพียงแหล่งเดียวที่ตรวจพบปริมาณพาราควอตในน้ำร่องฝักมีความเข้มข้น 0.002 ppm

จากนั้นได้ทำการศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์หาคะวาทโดยใช้คอลัมน์สำเร็จรูป cyano (CN) ตามวิธีการทดลองในข้อ 3.16 และผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 3.27 และรูปที่ 3.14-3.42 พบว่าคอลัมน์สำเร็จรูป cyano (CN) ขนาดเล็กนี้สามารถแยกสารละลายหาคะวาทเข้มข้น 0.10-1.00 ppm จำนวน 100.00 cm³ โดยมีเปอร์เซ็นต์การแยกเฉลี่ยได้ 87.5% ซึ่งเทคนิคนี้สะดวกและรวดเร็วกว่าเทคนิคของ Ion-Exchange Chromatography มาก โดยสามารถทำการวิเคราะห์ในเวลาเดียวกันได้ถึง 10 ตัวอย่าง ถ้าเปรียบเทียบการใช้งานของเรซินทั้ง 4 ชนิด เพื่อการแยกและการวิเคราะห์หาคะวาทแล้วจะได้ข้อสรุปดังนี้

	เรซิน Dowex 50w-x8	เรซิน Duolite C-225 SRC 14	เรซิน Amberlite IR-120 (Na)	cyano (CN) คอลัมน์
ชนิดของตัวอย่าง	ไซโตทั้งดินและน้ำ	ไซโตค้ำกับน้ำ	ไซโตเฉพาะน้ำ	ไซโตเฉพาะน้ำ
% การแยก	น้ำ 90-100% ดิน 80%	น้ำ 80-100% ดิน ค้ำ	น้ำ 70% ดิน ค้ำ	น้ำ 80-90%
ความเข้มข้นค่าสุดที่จะวิเคราะห์ได้	น้ำ 0.002 ppm ดิน 0.16 ug/g	น้ำ 0.0008 ppm ดิน 0.20 ug/g	น้ำ 0.01 ppm -	น้ำ 0.01 ppm
การนำกลับมาใช้ใหม่ (regeneration)	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้
เวลาที่ใช้ในการชะล้างจากคอลัมน์	น้ำ 4 ชม.	น้ำ 4 ชม.	น้ำ 4 ชม.	น้ำ 10 นาที (สามารถทำพร้อมกัน 10 คอลัมน์)
ราคาเรซินในปัจจุบัน	แพง	ปานกลาง	ถูก	แพง

สรุปแล้ว จากการศึกษาทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงวิธีการวิเคราะห์หาพาราควาทปริมาณน้อย ๆ ประมาณ 1 ppm ในดินและน้ำด้วยเทคนิคทางสเปกโตรโฟโตเมตรีได้อย่างถูกต้อง โดยที่เทคนิคเดิมบอกรั้วของความเข้มข้นของสารละลายต่าง ๆ ที่ใช้ผสมอย่างกว้าง ๆ เช่น ใช้สารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์เข้มข้นตั้งแต่ 0.1-1.0% สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เข้มข้นตั้งแต่ 0.1-1.0 โมล/ลิตร ในการวัดค่าแอมพลิจูดก็แตกต่างกันทำให้ปริมาณของพาราควาทที่หาได้แตกต่างกันออกไป ดังนั้นเพื่อความสะดวก ถูกต้อง และสามารถใช้ได้กับผู้วิเคราะห์ทั่วไป ควรเป็นวิธีที่แน่นอนไม่ผิดพลาด ดังนั้นจะขอสรุปเป็นแผนภาพดังต่อไปนี้

1. การเตรียมตัวอย่างให้เป็นสารละลาย





นำสารละลายไปวัดค่าแอมซอร์แบนซ์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm

จากแผนภาพข้างต้นสามารถนำมาเขียนเป็นวิธีการโดยละเอียดที่สามารถนำไปใช้วิเคราะห์
พาราควอทได้เลยดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณพาราควอทในดิน

วิธีทำการวิเคราะห์

1. นำดินตัวอย่างมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแบบ ball mill ให้มีขนาด 2-3 มิลลิเมตร แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70-80 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน เดสิค เคเตอร์
2. ชั่งดินจากข้อ 1 มาจำนวน 25.00 กรัม ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 500.00 cm³
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น จำนวน 45.00 cm³ ลงในขวดก้นกลมที่มีดินตัวอย่างที่เจ็มน้อย ๆ พร้อมกับผสมให้เข้ากัน
4. ค่อย ๆ เติมน้ำกลั่นจำนวน 55.00 cm³ ลงไปพร้อมกับเขย่าเบา ๆ ให้สารละลายกรดท่วมดินตัวอย่าง
5. หยด 1-ออกทานอลลงไป 2-3 หยด และใส่ boiling chips ลงไป 2-3 ชิ้น
6. นำไปรีฟลักซ์บน heating mantle ที่อุณหภูมิประมาณ 100 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ในขณะที่รีฟลักซ์ควรเขย่าสารละลายบ่อย ๆ เพื่อป้องกันไม่ไห้สารละลายของดินก้นขวดร้อนมากเกินไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. โขงรีฟลักซ์เตรียมคอลัมน์โดยบรรจุเรซิน Dowex 50W-X8 จำนวน 5.00 กรัม ใส่ในคอลัมน์แก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 ซม. ขนาด 25.00 cm³
8. ทำความสะอาดคอลัมน์ด้วยการใช้สารละลายอิมิดัวโซเดียมคลอไรด์จำนวน 25.00 cm³ ผ่านคอลัมน์ด้วยอัตราเร็ว 5.00 cm³/นาที
9. ใช้น้ำกลั่นจำนวน 50.00 cm³ ผ่านคอลัมน์ด้วยอัตราเร็ว 5.00 cm³/นาที
10. เมื่อรีฟลักซ์ครบ 5 ชั่วโมงแล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ใช้น้ำกลั่นจำนวน 50.00 cm³ ล้างคอนเดนเซอร์ แล้วเติมน้ำกลั่นจำนวน 800.00 cm³ ลงในสารละลายดินที่ได้จากการสกัด
11. กรองสารละลายดินที่ได้จากการสกัดภายใต้ความกดดันต่ำ ล้างตะกอนบนกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นจำนวนเล็กน้อย เก็บสารละลายที่กรองได้เพื่อนำไปแยกพาราควทอต่อไป
12. นำสารละลายที่กรองได้จากข้อ 11 จำนวน 900 - 1000 cm³ ผ่านคอลัมน์ที่เตรียมได้ใหม่ ๆ ในข้อ 9 ด้วยอัตราเร็ว 5.00 cm³/นาที จนหมดแล้วชะล้างคอลัมน์ด้วยสารละลายต่าง ๆ ตามลำดับดังต่อไปนี้
 - น้ำกลั่นจำนวน 25.00 cm³
 - สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2.0 โมล/ลิตร จำนวน 100.00 cm³
 - น้ำกลั่นจำนวน 25.00 cm³
 - สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 2.5% (น.น/ปริมาตร) จำนวน 50.00 cm³
 - น้ำกลั่นจำนวน 100.00 cm³
13. ใช้สารละลายอิมิดัวโซเดียมคลอไรด์จำนวน 50.00 cm³ ชะล้างคอลัมน์ด้วยอัตราเร็ว 1.00 cm³/นาที และเก็บสารละลายที่ผ่านคอลัมน์ไว้ 50.00 cm³ ด้วยขวดมาตรฐานขนาด 50.00 cm³
14. เปิดสารละลายที่ได้จากข้อ 13 มาจำนวน 20.00 cm³ ใส่ในขวดมาตรฐานขนาด 50.00 cm³
15. เติมสารละลายโซเดียมไดไฮโอไดออกไซด์เข้มข้น 0.20% (น.น/ปริมาตร) ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.50 โมล/ลิตร ที่เตรียมได้ใหม่ ๆ ลงไป 4.00 cm³ ปิดจุกให้แน่น
16. ผสมสารละลายให้เข้ากันโดยวิธีคว่ำและทวงยวชไปมา 2 ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที
17. นำไปวัดแอสซอร์แบนซ์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm ด้วยเซลล์ควอทซ์ขนาด 5.00 ซม.

ในกรณีที่วิเคราะห์ตัวอย่างดินและไม่สามารถทำ correction โดยใช้ Blank ได้ น่าจะได้ทดลองเทียบผลการวิเคราะห์โดยใช้วัดที่ 3 ความยาวคลื่น โดยพิจารณาจาก absorption spectra

18. คำนวณหาความเข้มข้นของพาราควอตได้จากกราฟมาตรฐาน

4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณพาราควอตในน้ำ

วิธีทำการวิเคราะห์

1. นำน้ำตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วปรับ pH ของน้ำที่กรองได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นให้มีค่าประมาณ $\text{pH} = 1$
2. ทำ spot test น้ำตัวอย่างในข้อ 1 โดยบีบประมาณจำนวน 20.00 cm^3 ใส่ในขวดมาตรฐานขนาด 50.00 cm^3 แล้วเติมสารละลายโซเดียมไดไฮโอไนด์เข้มข้น 0.20% (น.น/ปริมาตร) ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.50 โมล/ลิตร ลงไป 4.00 cm^3 ปิดจุกให้แน่น แล้วผสมสารละลายโดยคว่ำและทวงยชวดไปมา 2 ครั้ง ดูว่ามีสีน้ำเงินเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้ามีสีน้ำเงินแสดงว่าน้ำตัวอย่างนั้นมีความเข้มข้นของพาราควอตเหมาะสมควร จำเป็นต้องทำให้เจือจางด้วยน้ำเสียก่อน แต่ถ้าไม่มีสีน้ำเงินก็ทำการแยกโดยนำไปผ่านคอลัมน์ได้เลย
3. เตรียมคอลัมน์โดยบรรจุเรซิน Dowex 50W-X8 หรือเรซิน Duolite C-225 SRC 14 จำนวน 5.00 กรัม ใส่ในคอลัมน์แก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 ซม. ขนาด 25.00 cm^3
4. ทำความสะอาดคอลัมน์ด้วยการใช้สารละลายอิมิตัวโซเดียมคลอไรด์ จำนวน 25.00 cm^3 ด้วยอัตราเร็ว 5.00 cm^3 / นาที
5. ใช้น้ำกลั่นจำนวน 50.00 cm^3 ผ่านคอลัมน์ด้วยอัตราเร็ว 5.00 cm^3 / นาที
6. นำน้ำตัวอย่างที่ได้จากการกรองในข้อ 1 จำนวน 500.00 cm^3 ผ่านคอลัมน์ที่เตรียมไว้ใหม่ ๆ ในข้อ 5 ด้วยอัตราเร็ว 5.00 cm^3 / นาที จนหมดแล้วล้างคอลัมน์ด้วยสารละลายต่าง ๆ ตามลำดับดังต่อไปนี้
 - น้ำกลั่นจำนวน 25.00 cm^3
 - สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2.0 โมล/ลิตร จำนวน 100.00 cm^3
 - น้ำกลั่นจำนวน 25.00 cm^3
 - สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 2.5% (น.น/ปริมาตร) จำนวน 50.00 cm^3

- น้ำกลั่นจำนวน 100.00 cm^3

7. ใช้สารละลายอิมัลชันตัวแอมโมเนียมคลอไรด์จำนวน 50.00 cm^3 ชะล้างคอลัมน์ด้วยอัตราเร็ว $1.00 \text{ cm}^3/\text{นาที}$ เก็บสารละลายที่ผ่านคอลัมน์ไว้ 50.00 cm^3 ด้วยขวดมาตรฐานขนาด 50.00 cm^3
8. เปิดสารละลายที่ได้จากข้อ 7 มาจำนวน 20.00 cm^3 ใส่ในขวดมาตรฐานขนาด 50.00 cm^3
9. เติมสารละลายโซเดียมไดโอดีไอโอดีนเข้มข้น 0.20% (น.น/ปริมาตร) ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.50 โมล/ลิตร ที่เตรียมได้ใหม่ ๆ ลงไป 4.00 cm^3 ปิดจุกให้แน่น
10. ผสมสารละลายให้เข้ากันโดยวิธีคว่ำและหงายขวดไปมา 2 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที
11. นำไปวัดแอมพลิจูดแบนด์ที่ความยาวคลื่น 396.0 nm ด้วยเซลล์ควอทซ์ขนาด 5.00 ซม.
12. หาคความเข้มข้นของสารละลายพาราควอทได้จากกราฟมาตรฐานที่เตรียมด้วยวิธีเดียวกัน

4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณพาราควอทในน้ำโดยใช้ Baker-10 และคอลัมน์สำเร็จรูป cyano (CN)

ในกรณีตัวอย่างเป็นน้ำ แคมป์ปริมาณน้อย Baker-10 และคอลัมน์สำเร็จรูป cyano (CN) จะเหมาะสมที่สุด และสะดวก รวมทั้งประหยัดเวลาอีกด้วย

วิธีทำการวิเคราะห์

1. กรองสารละลายตัวอย่างผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 และปรับให้มี pH 7.5
2. ใส่คอลัมน์ cyano (CN) 6 ml เข้ากับอ่างสแตนเลสสุญญากาศที่ต่ออยู่กับบีบและ suction flask ดังรูป 3.40 ค
3. เติมเมทานอล (AR) ลงไปในคอลัมน์จนเต็ม แล้วเปิดบีบให้เมทานอลไหลผ่านคอลัมน์ในเวลาโดยเร็ว (ไม่เกิน 30 วินาที) แล้วปิดบีบ เพื่อเป็นการทำความสะอาดคอลัมน์
4. เติมน้ำกลั่นลงในคอลัมน์จนเต็ม แล้วเปิดบีบให้น้ำไหลผ่านคอลัมน์ด้วยอัตราเร็วเดียวกัน ทำเช่นนี้อีกครั้งด้วยน้ำกลั่นจำนวนเท่าเดิม แต่ต้องเหลือน้ำอยู่บนผิวหน้าของสแตนลาร์เฟสในคอลัมน์เล็กน้อย แล้วปิดบีบ

5. เติมสารละลายตัวอย่างในข้อ 1 จำนวน 4.00 cm^3 ลงในคอลัมน์ตั้งรูปที่ 3.40 จ แล้วใส่สารละลายตัวอย่างที่เหลือนลงใน sample reservoir ที่ต่ออยู่เหนือคอลัมน์ ปิดบีบให้สารละลายใน reservoir ไหลผ่านคอลัมน์จนหมด โดยต้องระวังไม่ให้คอลัมน์แห้ง
6. ล้างคอลัมน์ด้วยน้ำกลั่นจำนวนเท่ากับปริมาตรของคอลัมน์ แล้วปล่อยให้คอลัมน์แห้งโดยเปิดบีบทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที
7. ปิดบีบแล้วใส่ collection rack พร้อมด้วยขวดมาตรฐานขนาด 5.00 cm^3 สำหรับเก็บสารตัวอย่างลงในอ่างสแตนเลส ตั้งรูปที่ 3.40 ฉ
8. ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1.50 โมล/ลิตร จำนวน 4.00 cm^3 ชะล้างพาราควอตออกจากคอลัมน์ โดยจะใช้ครั้งละ 2.00 cm^3 ใส่น้ำในคอลัมน์ แล้วเปิดบีบให้สารละลายไหลผ่านคอลัมน์ลงในขวดมาตรฐานที่รองรับอยู่ในอ่างสแตนเลส จนกระทั่งคอลัมน์แห้งทิ้งไว้ 5 นาที จึงปิดบีบ
9. นำขวดมาตรฐานที่รองรับสารละลายจากคอลัมน์ในข้อ 8 มาเติมแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ จำนวน 1.00 cm^3 ทำให้มีปริมาตรเป็น 5.00 cm^3 ด้วยน้ำกลั่น
10. นำสารละลายที่ได้จากข้อ 9 มาทำให้มีปริมาตรเป็น 25.00 cm^3 ด้วยน้ำกลั่น
11. บีบเปิดสารละลายจากข้อ 10 มาจำนวน 20.00 cm^3 ใส่น้ำในขวดมาตรฐานขนาด 50.00 cm^3
12. เติมสารละลายโซเดียมไดไฮโอไดออกไซด์เข้มข้น 0.20% (น.น./ปริมาตร) ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.50 โมล/ลิตร จำนวน 4.00 cm^3 ลงไปแล้วปิดจุกให้แน่น
13. ผสมสารละลายให้เข้ากันด้วยวิธีคว่ำและหงายขวดไปมา 2 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที
14. นำสารละลายที่ได้ไปวัดแอมพลิจูดที่ความยาวคลื่น 396.0 nm ด้วยเซลล์ควอทซ์กว้าง 5.00 ซม. โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1.50 โมล/ลิตร 4.00 cm^3 และแอมโมเนียไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.00 cm^3 แล้วทำให้มีปริมาตรทั้งหมด 25.00 cm^3 ด้วยน้ำกลั่นสำหรับเป็นแบลนด์
15. คำนวณความเข้มข้นของพาราควอตที่แยกได้จากกราฟมาตรฐานที่สร้างขึ้น

ดังนั้นจากการทดลองที่ได้ศึกษามาทั้งหมดนี้ทำให้ผู้วิจัยได้ปรับปรุงวิธีวิเคราะห์ปริมาณของพาราควอตที่มีปริมาณน้อยได้อย่างถูกต้อง และให้ เช่นซิวิตีสูงกว่าวิธีที่ใช้กันอยู่ และทำให้รู้เทคนิคการวิเคราะห์จนได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำเป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังได้ทดลองใช้คอลัมน์สำเร็จรูป คือคอลัมน์ cyano (CN) ซึ่งผลิตจากบริษัท Baker โดยใช้ควบคู่กับ Baker-10 system ทำให้การวิเคราะห์พาราควอตในตัวอย่างน้ำได้รวดเร็วดีมาก แต่ราคาของคอลัมน์สำเร็จรูปนี้ค่อนข้างแพง ดังนั้นผู้วิจัยคิดว่าถ้าซื้อ packing material มาแล้วใส่ในหลอดฉีดยาก็จะสามารถทำเป็นคอลัมน์สำเร็จรูปได้ ซึ่งคิดว่าคงจะได้ผลดีเช่นเดียวกัน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย