บทที่ 5
อภิปรายผล บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การวิเคราะห์ไนไตรท์

5.1.1.1 การวิเคราะห์ไนไตรท์โดยการเติม mediator ของสารละลาย $K_4Fe(CN)_6$

จากการวิเคราะห์พบว่าสารละลายไนไตรท์ใน $K_4Fe(CN)_6$ mediator สามารถรีดิวซ์ Fe^{2+} ให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ($Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$) กลายเป็น Fe^{3+} ได้ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.5 จึงทำให้เกิดสารละลายสีเหลืองใสขึ้น โดยความเข้มของสีจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายไนไตรท์ที่เพิ่มขึ้น สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ไนไตรท์ ด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าโดยใช้ขั้วไฟฟ้าทำงานเป็นคาร์บอนจากดินสอ ขั้วไฟฟ้าช่วยเป็นลวดแพลทินัม และขั้วไฟฟ้าอ้างอิงเป็นซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์ ความเข้มข้นของ mediator ที่เหมาะสม 19.06 มิลลิโมลาร์ ช่วยให้เพิ่มสัญญาณกระแสรีดักชันของไนไตรท์สูงเป็น 5 เท่าของสัญญาณกระแสรีดักชันของไนไตรท์ที่ไม่ได้เติม mediator ศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมกับขั้วทำงานที่ 0.0 โวลต์ ให้สัญญาณคิดเป็น 20 เท่า (S/B) ช่วงของความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงอยู่ที่ 4.5 ถึง 65 มิลลิโมลาร์ ให้ความไวในการตรวจวัดอยู่ที่ 0.00129 ไมโครแอมแปร์/มิลลิโมลาร์ และขีดจำกัดในการตรวจวัดเท่ากับ 1 มิลลิโมลาร์

5.1.1.2 การวิเคราะห์ไนไตรท์บนขั้วไฟฟ้าไส้ดินสอที่ตรึงอนุภาคทองขนาดนาโน

อนุภาคทองนาโนที่ตรึงบนขั้วไฟฟ้าอินเดียมทินออกไซด์ (AuNPs/ITO) แสดงดังรูปที่ 4.6 จากรูปที่ 4.6A จะมีอนุภาคเป็นจุดกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยขนาดของอนุภาคโดยเฉลี่ยมีขนาดประมาณ 100 นาโนเมตร เมื่อนำมาวิเคราะห์ไนไตรท์ด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าบนขั้วไฟฟ้าไส้ดินสอที่ตรึงด้วยอนุภาคทองนาโน สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการตรึงอนุภาคทองด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมทรีพบว่าสแกน 1 รอบ จะให้กระแสออกซิเดชันสูงเป็น 2 เท่าเมื่อเทียบกับขั้วไฟฟ้าเปลือย สภาวะที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ไนไตรท์ด้วยเทคนิคสแควเวฟ วิเคราะห์ในสารละลายอิเล็กโตรไลต์ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 4.0 amplitude ที่ 0.025 โวลต์ และ increasing potential ที่ 0.003 โวลต์ ประสิทธิภาพของการตรวจวัดไนไตรท์ความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงทำให้ได้อยู่ในช่วง 100 ไมโครโมลาร์ ถึง 2.5 มิลลิโมลาร์ (R^2 = 0.99915) และขีดจำกัดในการตรวจวัดอยู่ที่ 30 ไมโครโมลาร์ (S/N=3) ความไวในการตรวจวัดอยู่ที่ 7.60 ไมโครแอมแปร์/มิลลิโมลาร์ สามารถนำไปประยุกต์วิเคราะห์ไนไตรต์ในน้ำดื่ม และน้ำผลไม้ได้ ซึ่งไม่พบไนไตรต์ในการวิเคราะห์ หาช่วงเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของการวิเคราะห์อยู่ในช่วง 81-108 อยู่ในช่วงของการวิเคราะห์ที่ยอมรับได้

5.1.2 การวิเคราะห์ไนเตรท

การวิเคราะห์ไนเตรทโดยมีสารละลาย $CuSO_4$ เป็นตัวช่วยในปฏิกิริยาทางเคมีไฟฟ้าของไนเตรทบนไส้ดินสอที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส พบว่าความสูงของกระแสแคโทดิกสูงกว่าขั้วไฟฟ้าที่ไม่ได้ผ่านการเผาถึง 41 เท่า เป็นผลเนื่องมาจากหลังจากการเผาได้มีอนุภาคขนาดนาโนบนผิวของขั้วไฟฟ้าไส้ดินสอทำให้พื้นที่ในการตรวจวัดของขั้วไฟฟ้าทำงานเพิ่มขึ้น ประกอบกับการเผาช่วยให้ผิวหน้าของไส้ดินสอสะอาดขึ้น ส่งผลให้กระแสเพิ่มขึ้น สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ไนเตรทด้วยเทคนิคสแควเวฟโวลแทมเมทรีวิเคราะห์ในอิเล็คโทรไลต์ Na_2SO_4 ที่ pH 2.0 โดยมี $CuSO_4$ ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ เป็นตัวเร่งสัญญาณทางเคมีไฟฟ้า พบว่าความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงอยู่ที่ 0.005 มิลลิโมลาร์ ถึง 6.3 มิลลิโมลาร์ ซึ่งเป็นช่วงความสัมพันธ์ที่กว้าง ให้ความไวในการตรวจวัดอยู่ที่ 16.56 ไมโครแอมแปร์/

มิลลิโมลาร์ และขีดจำกัดในการตรวจวัดเท่ากับ 0.01 มิลลิโมลาร์ สามารถนำไปประยุกต์วิเคราะห์ไนเตรทในน้ำดื่มตัวอย่างได้ จากการวิเคราะห์ไม่พบไนเตรทในน้ำดื่มตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง เมื่อทำการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การคืนกลับของไนเตรทได้ผลที่ 104-111 อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ไนไตรท์ และไนเตรท พร้อมทั้งประยุกต์วิเคราะห์ในตัวอย่างจริงทางอาหาร คือน้ำดื่ม และน้ำผลไม้ จากการวิเคราะห์นั้นพบว่าหัววัดที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพดี สามารถประยุกต์วิเคราะห์ในตัวอย่างจริงได้ ดังนั้นถ้าจะให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นควรนำไปประยุกต์วิเคราะห์ในตัวอย่างให้หลากหลายขึ้นต่อไป