

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาเทคนิคการกระเจิงกลับของรังสีเอกซ์ ในการหาปริมาณแร่ในลิกไนต์ ในการวิจัยนี้ได้เลือกใช้ต้นกำเนิดรังสีพลูโทเนียม-238 ที่มีอยู่แล้ว เนื่องจากให้พลังงานในช่วงราว 13-20 keV ซึ่งพลังงานที่ให้ความไวในการหาปริมาณแร่สูงสุดในตามการคำนวณในเอกสารอ้างอิง (ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.3) มีค่าราว 15 keV ต้นกำเนิดรังสีที่ใช้เป็นแบบวงแหวนจึงเหมาะสมสำหรับการจัดตัวอย่างลิกไนต์ ต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีที่ให้อยู่ในแนวแกนร่วม (Coaxial geometry) ซึ่งจะได้ความเข้มรังสีกระเจิงกลับสูงสุดด้วยความเข้มรังสีกระเจิงสูงสุดที่มุม 180 องศา ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

##### 5.1.1 การหาระยะที่เหมาะสม

การหาระยะที่เหมาะสมระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับลิกไนต์ตัวอย่างนั้น พบว่า ระยะ 8 มิลลิเมตรจะวัดความเข้มรังสีได้สูงที่สุดสำหรับหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง ซึ่งใช้สำหรับการศึกษาสเปกตรัมละเอียดของสเปกตรัมรังสีเอกซ์กระเจิงกลับ ในการวิจัยระยะแรก สำหรับหัววัดแบบพรอพอร์ชันนัลเลือกใช้ระยะ 9 มิลลิเมตร ซึ่งได้จากผลการทดลองในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.6 รูปที่ 4.7 รูปที่ 4.8 จะเห็นว่าระยะระหว่างต้นกำเนิดรังสีถึงลิกไนต์ตัวอย่างระยะ 8, 9, 10 มิลลิเมตรจะสามารถวัดความเข้มรังสีได้ใกล้เคียงกัน (จำนวนนับต่างกันไม่เกิน 6 เปอร์เซ็นต์) การเลือกใช้ระยะ 9 มิลลิเมตรนั้น จะทำให้ลดความผิดพลาดจากการวางตัวอย่างลง ปริมาณลิกไนต์ที่จะใช้ใช้อย่างน้อย 40 กรัมขึ้นไป สำหรับภาชนะที่อะลูมิเนียมกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.8 เซนติเมตร ขนาดอนุภาคยิ่งเล็กลงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะน้อย ทำให้การวัดแม่นยำขึ้น

##### 5.1.2 การศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคของตัวอย่างของลิกไนต์และตัวอย่างที่อัดกับไม่อัดต่อความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิง

จากผลการวิจัยทราบว่าขนาดของอนุภาคยิ่งเล็กลง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะต่ำลงด้วย จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าเมื่อขนาดของอนุภาคลิกไนต์เล็กกว่า 425 ไมครอน (40 เมช) ลงไปค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการนับรังสีเอกซ์กระเจิงกลับมีค่าน้อยกว่า

1 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิจัยเกี่ยวกับตัวอย่างที่อัดกับไม้อัดนั้น ปรากฏว่าวัดความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้หาค่าเหมือนกัน แสดงว่าตัวอย่างที่ใช้ไม่จำเป็นต้องอัดเพียงแต่บดให้ละเอียดก็สามารถใช้ในงานวิจัยได้

#### 5.1.3 การศึกษาผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของความชื้น

จากการวิจัยพบว่าที่ปริมาณเก่าตั้งแต่ 14 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผลการหาปริมาณเก่าได้น้อยไปประมาณ 0.21 เปอร์เซ็นต์ และที่ปริมาณเก่าตั้งแต่ 32 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผลการหาปริมาณเก่าลดลงไปประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความชื้นมีอิทธิพลต่อการหาปริมาณเก่ามาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อปริมาณเก่าสูง การใช้เทคนิคการกระเจิงกลับรังสีเอกซ์ในการหาปริมาณเก่าจึงเหมาะสมกับตัวอย่างแห้ง ดังนั้นการอบไล่ความชื้นตัวอย่าง ก่อนการวัดความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับนับว่ามีความจำเป็น

#### 5.1.4 การศึกษาผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของเหล็ก

จากการวิจัยพบว่าที่ปริมาณเก่าในลิกไนต์ตั้งแต่ 14 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผลการหาปริมาณเก่าเพิ่มขึ้น 1.16 เปอร์เซ็นต์ และตัวอย่างที่มีปริมาณเก่าในลิกไนต์มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป เมื่อปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผลการหาปริมาณเก่าเพิ่มขึ้น 4.87 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้การวัดปริมาณลิกไนต์มากกว่าความเป็นจริง จึงต้องปรับแก้ค่าเพื่อให้ผลการวิจัยถูกต้องมากยิ่งขึ้นโดยใช้ความสัมพันธ์จากกราฟรูปที่ 4.11, 4.12, 4.13 เหตุที่เลือกปรับปริมาณเหล็กเป็น 3 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน เนื่องจากปริมาณเหล็กในลิกไนต์ตัวอย่าง ซึ่งวัดโดยเทคนิคการกระเจิงกลับรังสีเอกซ์มีตั้งแต่ 1.63 ถึง 8.83 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับจะลดลงอย่างรวดเร็วที่ปริมาณเก่าต่ำ ๆ ถ้าปรับปริมาณเหล็กให้สูงกว่านี้จะทำให้ความไวในการแยกปริมาณเก่าจะลดลง

#### 5.1.5 การสร้างกราฟเปรียบเทียบ

จากการศึกษาความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับกับปริมาณเก่าในลิกไนต์พบว่าความเข้มรังสีเอกซ์ลดลงเมื่อปริมาณเก่าเพิ่มขึ้นดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.13 ในช่วงปริมาณเก่า 14 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ความชันของกราฟสูง และในช่วง 30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป กราฟจะมีความชันลดลงแสดงว่าเทคนิคการกระเจิงกลับรังสีเอกซ์ สามารถใช้งานได้ดีในช่วงปริมาณเก่าน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์

จากการวิจัยพบว่าที่ปริมาณเก่าตั้งแต่ 14 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ สามารถแยก ปริมาณเก่าได้ต่ำถึง 0.21 เปอร์เซ็นต์ ความไวในการวัดปริมาณเก่าเท่ากับ 0.7 จำนวนนับ ต่อ 100 วินาทีต่อปริมาณเก่า 1 เปอร์เซ็นต์ และที่ปริมาณเก่าในลิกไนต์มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป สามารถแยกปริมาณเก่าได้ 2.64 เปอร์เซ็นต์ ความไวในการวัดปริมาณเก่า เท่ากับ 0.28 จำนวนนับต่อ 100 วินาทีต่อปริมาณเก่า 1 เปอร์เซ็นต์

5.1.6 การหาปริมาณเก่าในลิกไนต์ตัวอย่าง โดยเทคนิคการกระเจิงกลับรังสีเอกซ์ เทียบวิธีทางเคมีและวิธีการส่งผ่านรังสีแกมมา

จากการเปรียบเทียบผลการวิจัยวิธีทางเคมีจากการเผาผลาญผลิตแห่งประเทศไทย ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.93 และความชันเท่ากับ 1.42 สำหรับความเข้มรังสีเอกซ์ กระเจิงกลับไม่ปรับค่าเนื่องจากอิทธิพลของเหล็ก สำหรับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงที่ปรับค่า แล้วจะได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.8577 และความชันเท่ากับ 1.04 จากการเปรียบเทียบผลการวิจัยกับวิธีการทางเคมีจากกรมวิทยาศาสตร์บริการได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.95 ความชัน 1.22 สำหรับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับไม่ปรับค่าและสำหรับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับที่ปรับค่าแล้วได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.90 และความชัน 0.93 จากการเปรียบเทียบผลการวิจัยกับเทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมา ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.92 และค่าความชัน 1.13 สำหรับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับไม่ปรับค่า สำหรับความเข้มรังสีเอกซ์ที่ปรับค่าแล้วได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.81 และค่าความชัน 0.78 ปริมาณเก่าที่ใช้ ในเปรียบเทียบไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ จากผลการวิจัยทราบว่า การวัดปริมาณเก่าโดยเทคนิค การกระเจิงกลับของรังสีเอกซ์เมื่อเทียบกับวิธีการทางเคมีจากกรมวิทยาศาสตร์บริการและการ เผาผลาญผลิตแห่งประเทศไทย ถึงแม้ว่าความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ดีกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเข้มของรังสีเอกซ์ที่ปรับค่าแล้ว แต่ที่ปริมาณ เก่าต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ลงไป การอ่านค่าปริมาณเก่าจากกราฟที่ปรับค่าความเข้มรังสีเอกซ์ กระเจิงกลับจะให้ผลการวัดถูกต้องมากกว่ากราฟที่ปรับเทียบที่ไม่ปรับค่าความเข้มรังสี การ เปรียบเทียบผลการวิจัยกับเทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมาสำหรับความเข้มรังสีเอกซ์ที่ไม่ปรับค่า จะให้ผลการวัดถูกต้องมากกว่าความเข้มรังสีเอกซ์ที่ปรับค่าแล้วเพราะการวัดโดยเทคนิคการส่ง ผ่านรังสีแกมมาไม่ได้ปรับค่าเนื่องจากอิทธิพลของเหล็ก แต่อย่างไรก็ตามที่ปริมาณเก่าสูงกว่า 30 เปอร์เซ็นต์การวัดโดยเทคนิคการกระเจิงกลับของรังสีเอกซ์ จะให้ผลการวิจัยต่างไปจาก วิธีการทางเคมี เนื่องจากความไวในการวัดปริมาณเก่าช่วงนี้ต่ำทำให้การแยกความแตกต่าง ของปริมาณเก่าไม่ดีนัก

อนึ่งตัวอย่างที่นำมาทดลองมีเพียง 8 ตัวอย่างเท่านั้น ดังนั้นผลการเปรียบเทียบจึงอาจคลาดเคลื่อนไปได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวเลขแสดงค่าสัมพัทธ์ แต่ก็พอแสดงให้เห็นได้ว่าหากมีการศึกษาเพิ่มเติมเทคนิคการกระเจิงรังสีเอกซ์ก็สามารถใช้ในการหาปริมาณได้ในลิทไนต์ได้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

### 5.2.1 การศึกษาผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของเหล็ก

ผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของเหล็ก นั้นว่าเป็นปัญหาสำคัญมากต่อการวัดปริมาณแร่โดยเทคนิคการกระเจิงกลับรังสีเอกซ์จึงควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพีคของรังสีเอกซ์ เรืองของเหล็กเส้น K กับพีคของรังสีเอกซ์กระเจิงกลับเพื่อเป็นแนวทางในการปรับค่า เพื่อให้ผลการวิจัยถูกต้องมากยิ่งขึ้น

### 5.2.2 การใช้ต้นกำเนิดรังสีเอกซ์ทุติยภูมิ (Secondary X-ray source)

เนื่องจากต้นกำเนิด หลูโทเนียมไอโซโทป 238 แบบวงแหวนมีราคาแพง ควรศึกษาการใช้ต้นกำเนิดรังสีอะเมริเชียม-241 ( $^{241}\text{Am}$ ) ซึ่งถูกกว่า ยิงไปชนเป้าโลหะบางชนิดที่จะให้รังสีเอกซ์เรืองออกมาในช่วงพลังงานที่ต้องการ เช่น สตรอนเตียม (Sr) เซอร์โคเนียม (Zr) หรือเงิน (Ag)

### 5.2.3 การเพิ่มจำนวนตัวอย่างสำหรับสร้างกราฟเปรียบเทียบและทดสอบ

เนื่องจากการวิจัยนี้จำนวนตัวอย่างที่ใช้สร้างกราฟเปรียบเทียบและใช้สำหรับทดสอบมีจำกัด ถ้าปริมาณลิทไนต์ตัวอย่างมากกว่านี้การวัดปริมาณแร่โดยเทคนิคการกระเจิงกลับรังสีเอกซ์อาจจะให้ผลถูกต้องมากกว่านี้เนื่องจากแนวโน้มของกราฟเปรียบเทียบอาจเปลี่ยนไป การอ่านค่าปริมาณแร่ก็เปลี่ยนไปด้วย