

## บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผล

จากผลการทดลองที่ได้ในงานวิจัยนี้ พบว่า

1. เงื่อนไขในการเผาแคลไซต์ที่เหมาะสมต่อการเตรียมผง PZ, PT และ PZT คือ การเผาด้วยอุณหภูมิ 750 °ซ เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง โดยใช้อัตราการขึ้น/ลงอุณหภูมิ 3 °ซ/นาที ส่วนในกรณีของผง PZT ที่เตรียมได้จากการใช้ผง PZ และ PT เป็นสารตั้งต้นนั้น พบว่า ควรทำการเผาแคลไซต์ด้วยอุณหภูมิ 900 °ซ เป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง โดยใช้อัตราการขึ้น/ลงอุณหภูมิ 3 °ซ/นาที

2. เงื่อนไขในการเผาซินเตอร์เซรามิก PZ ที่มีความบริสุทธิ์และความหนาแน่นสูง คือ การเผาด้วยอุณหภูมิ 1200 °ซ เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง ที่มีการใช้อัตราการขึ้น/ลงอุณหภูมิ 3 °ซ/นาที ส่วนในกรณีของเซรามิก PT นั้น พบว่า ควรทำการเผาด้วยอุณหภูมิ 1225 °ซ เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง โดยการใช้อัตราการขึ้น/ลงอุณหภูมิ 3 °ซ/นาที ส่วนในกรณีของเซรามิก PZT ทั้งที่เตรียมด้วยวิธีแบบดั้งเดิมและดัดแปลงนั้น พบว่า ควรทำการเผาด้วยอุณหภูมิ 1150 °ซ เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ที่มีการใช้อัตราการขึ้น/ลงอุณหภูมิ 5 °ซ/นาที และ อุณหภูมิ 1200 °ซ เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ด้วยอัตราการขึ้น/ลงอุณหภูมิ 3 °ซ/นาที ตามลำดับ

3. จากการตรวจสอบพฤติกรรมการเกิดเฟสของผงและเซรามิกของสารตัวอย่างด้วยเทคนิค XRD พบว่า สามารถเตรียมผงและเซรามิกของสารตัวอย่างตามที่ต้องการได้ และเมื่อนำสารตัวอย่างมาตรวจสอบลักษณะโครงสร้างจุลภาค พบว่า ขนาดอนุภาคผงสารตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการเผาแคลไซต์เพิ่มขึ้น ส่วนในกรณีของเซรามิกนั้น พบว่า ขนาดเกรนมีแนวโน้มโตขึ้นในเซรามิกที่เผาซินเตอร์ด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลให้เซรามิกนั้นมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นด้วย ยกเว้นในกรณีที่ใช้อุณหภูมิสูงจนเกินไป จะส่งผลให้เกรนของเซรามิกนั้นเกิดการหลอมตัวเข้าหากันทำให้มีโพรงเกิดขึ้นจำนวนมากและทำให้เซรามิกนั้นมีความหนาแน่นลดลง

4. จากผลการทดลองที่ได้ พบว่า กระบวนการผลิตนั้นมีอิทธิพลต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติไดอิเล็กตริกของเซรามิกในระบบพีแซดทีที่ทำการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ เซรามิกที่เตรียมจากผงคุณภาพสูงจะมีคุณภาพดีและเซรามิกที่มีความหนาแน่นสูง จะแสดงสมบัติไดอิเล็กตริกที่ดี ดังนั้นการเลือกใช้เงื่อนไขในการผลิตที่เหมาะสมจะส่งผลให้ได้ผงที่มีความบริสุทธิ์สูง นำไปสู่การเตรียมเซรามิกที่มีความบริสุทธิ์สูงและมีค่าความหนาแน่นสูง ซึ่งจะส่งผลไปถึงการมีสมบัติไดอิเล็กตริกที่ดีด้วย

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเตรียมเซรามิก PZ จากผง PZ ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ด้วยอุณหภูมิ 800 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ด้วยอัตราการขึ้น/ลงอุณหภูมิค่าต่างๆ และการเตรียมเซรามิก PZT (ที่เตรียมด้วยวิธีแบบดั้งเดิม) จากผง PZT ที่ผ่านการเผาแคลไซน์ด้วยอุณหภูมิ 800 °ซ เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง ด้วยอัตราการขึ้น/ลงอุณหภูมิ 5 °ซ/นาทิจ อาจจะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ซึ่งนับว่าเป็นประเด็นที่น่าทำการศึกษาต่อไป (เนื่องจากเป็นเงื่อนไขที่สามารถเตรียมเฟสเชิงเดี่ยวของเซรามิก PZ และเซรามิก PZT ที่มีความบริสุทธิ์สูงได้)
2. จากพฤติกรรมทางความร้อนของสารผสมระหว่าง PbO กับ TiO<sub>2</sub> พบว่า ควรจะทำการตรวจสอบพฤติกรรมทางความร้อนเหล่านี้เพิ่มเติมด้วยเทคนิคอื่นๆ เช่น TG, DSC เป็นต้น ซึ่งอาจจะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น
3. จากผลการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของเซรามิกที่เตรียมได้ พบว่า ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมที่ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ใช้ในการเผา ทั้งนี้อาจจะเป็นผลมาจากกระบวนการผลิตอันได้แก่ การเติมตัวช่วยประสาน, เครื่องมือที่ใช้ในการอัด, การจัดวางตำแหน่งในการเผา รวมไปถึงการสร้างบรรยากาศในการเผา ซึ่งอาจจะแก้ไขได้โดยการผสมตัวช่วยประสานลงไปในส่วนตัวอย่างแล้วจึงนำไปบดย่อยแบบเปียก เพื่อให้สารผสมและตัวช่วยประสานคลุกเคล้าเข้ากันได้ดียิ่งขึ้น, การใช้เครื่องกดร้อนด้วยแรงที่เท่ากัน (Hot Isostatic Pressing :HIP) เพื่อเพิ่มความหนาแน่นของเซรามิก และการเผาเซรามิกในบรรยากาศของตะกั่ว เพื่อลดค่าน้ำหนักที่สูญหายของเซรามิกลงก็เป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการศึกษาเพิ่มเติมเช่นกัน
4. การตรวจสอบสมบัติไดอิเล็กตริกของเซรามิก PT และ PZT ด้วยการใช้เครื่องมือวัดที่สามารถวัดค่าทางไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงๆ ได้ เนื่องจากเซรามิกทั้งสองตัวนี้เป็นสารที่มีอุณหภูมิคูรีสูงกว่า 250 °ซ ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจมาก
5. การศึกษาในขั้นตอนต่อไป ควรจะนำเซรามิก PZT ที่เตรียมด้วยวิธีดั้งเดิมและดัดแปลงที่มีความหนาแน่นต่างกัน ไปวัดสมบัติพิโซอิเล็กตริก อันได้แก่ ค่า d<sub>33</sub> และค่า d<sub>15</sub> ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น