

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

4.1.1 การเตรียมผง ($\text{Na}_{1-x}\text{K}_x$) NbO_3)

การเตรียมผงสารตัวอย่าง ($\text{Na}_{1-x}\text{K}_x$) NbO_3) เมื่อ $x = 0.2, 0.4, 0.5, 0.6$ และ 0.8 ด้วยวิธีผสมออกไซด์แบบที่ใช้กันทั่วไป และใช้ Na_2CO_3 , K_2CO_3 และ Nb_2O_5 เป็นสารตั้งต้น พบว่า สารตัวอย่างเกิดการฟอร์มตัวเป็นผลึกที่มีสมมาตรแบบออร์โธโรมบิกได้ดีเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 900°C เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง สำหรับ $x = 0.2, 0.4$ และ 0.8 และ ที่อุณหภูมิ 900°C เป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง สำหรับ $x = 0.5$ และสำหรับ $x = 0.6$ จะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 900°C เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง จึงจะทำให้ได้สารตัวอย่างที่บริสุทธิ์ เนื่องจากยังมีพิคของ K_2CO_3 ปรากฏอยู่ นอกจากนี้ ได้ศึกษาผลของการเติมสารตั้งต้นประเภทคาร์บอเนตส่วนเกิน (Na_2CO_3 และ K_2CO_3) ในสารตัวอย่างเมื่อ $x = 0.5$ พบว่าเมื่อเติมสารตั้งต้นในปริมาณที่เพิ่มขึ้นประมาณ 0.05 โมล จะสามารถลดอุณหภูมิในการแคลไซน์ให้ต่ำลงได้ คือ จะเกิดการฟอร์มตัวเป็นผลึกที่มีสมมาตรแบบออร์โธโรมบิกได้อย่างสมบูรณ์เมื่อเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 800°C เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง

สำหรับลักษณะรูปร่างและขนาดของอนุภาคจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของค่า x ปริมาณสารตั้งต้นประเภทคาร์บอเนตส่วนเกิน อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการแคลไซน์ ทั้งนี้ขนาดของอนุภาคจะมีค่ามากขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาแคลไซน์มากขึ้นหรือปริมาณสารตั้งต้นส่วนเกินเพิ่มขึ้น โดยอนุภาคขนาดโตที่สุดประมาณ $1.0 - 2.5 \mu\text{m}$ และมีรูปร่างเป็นทรงสี่เหลี่ยมพบในสารตัวอย่าง ($\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}$) NbO_3 ที่เติมสารตั้งต้นประเภทคาร์บอเนตส่วนเกินปริมาณ 0.05 โมล และเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900°C เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง

4.1.2 การเตรียมเซรามิก ($\text{Na}_{1-x}\text{K}_x$) NbO_3)

สำหรับการเตรียมเซรามิก ที่ค่า x ต่างๆ และ ($\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}$) NbO_3 ที่เจือด้วยสารเจือชนิดต่างๆ คือ สารตั้งต้นประเภทคาร์บอเนตส่วนเกิน, LiTaO_3 , BaTiO_3 และ LiTaO_3 ปริมาณ 0.05 โมล ผสมกับ LiSbO_3 ในปริมาณต่างๆ กัน โดยเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (ยกเว้น ($\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}$) NbO_3 ที่เติม K_2CO_3 และ Na_2CO_3 ส่วนเกิน ปริมาณ 0.05 โมล และเติม LiTaO_3 ปริมาณ 0.05 โมล ผสมกับ LiSbO_3 ในปริมาณต่างๆ เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 800°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) เผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิต่างๆ ในช่วง $1000 - 1200^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ด้วยอัตราการขึ้น/ลงของอุณหภูมิ 5°C ต่อ นาที พบว่า แนวโน้มของอุณหภูมิซินเตอร์จะสูงขึ้น เมื่ออัตราส่วนของ x , ปริมาณ BaTiO_3 และปริมาณสารตั้งต้นประเภทคาร์บอเนตส่วนเกินมีค่าเพิ่มขึ้น และแนวโน้มของอุณหภูมิซินเตอร์จะลดลง เมื่อเติม

LiTaO₃ ปริมาณเพิ่มขึ้น และจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของสารตัวอย่าง พบว่า ความหนาแน่น การหดตัว และโครงสร้างจุลภาคจะมีค่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิซินเตอร์, ค่า x , ชนิดและปริมาณของสารเจือ และปริมาณสารตั้งต้นประเภทคาร์บอเนตส่วนเกิน สำหรับโครงสร้างผลึกของสารตัวอย่างนั้นไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยมีลักษณะสมมาตรแบบออร์โธโรมบิก เมื่อเจือด้วยสารตั้งต้นประเภทคาร์บอเนตส่วนเกิน และ LiTaO₃ ปริมาณ 0.00 – 0.06 โมล แต่จะเปลี่ยนเป็นแบบคิวบิกเมื่อเจือ BaTiO₃ และมีทั้งแบบออร์โธโรมบิกร่วมกับเตตระโกนอลเมื่อเจือด้วย LiTaO₃ และ LiSbO₃ เมื่อซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1050 °C อย่างไรก็ตาม จะมีเฟสปนเปื้อนเกิดขึ้นด้วย ดังนี้

- เฟส K₂Li₂Nb₅O₁₅ ในกรณีที่เจือด้วย LiTaO₃ ปริมาณ 0.06 โมล ขึ้นไป
- เฟส Ba_{1.31}Ti₈O₁₆ หรือเฟส Ba_{1.07}Ti₈O₁₆ ในกรณีที่เจือด้วย BaTiO₃ ปริมาณ 0.06 โมล ขึ้นไป
- เฟส K₆Li₄Nb₁₀O₃₀ ในกรณีที่เติม LiTaO₃ ปริมาณ 0.05 โมล และ LiSbO₃ ปริมาณ 0.0 – 0.10 โมล
- เฟส LiSbO₃ หลงเหลืออยู่ เมื่อเติม LiTaO₃ ปริมาณ 0.05 โมล และ LiSbO₃ ปริมาณ 0.10 โมล

สำหรับสมบัติทางไฟฟ้าของสารตัวอย่าง พบว่ามีค่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิซินเตอร์ สัดส่วนค่า x ชนิดและปริมาณสารเจือ ดังนี้

- สารตัวอย่างเมื่อ $x = 0.5$ ให้ค่า ϵ_r สูงสุดประมาณ 896 เมื่อซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1100 °C
- สารตัวอย่างที่เติมสารตั้งต้นประเภทคาร์บอเนตส่วนเกินปริมาณ 0.01 โมล ให้ค่า ϵ_r สูงสุดประมาณ 1707 เมื่อซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1100 °C
- สารตัวอย่างที่เติม LiTaO₃ ปริมาณ 0.02 โมล ให้ค่า ϵ_r สูงสุดประมาณ 1241 เมื่อซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1100 °C
- สารตัวอย่างที่เติม BaTiO₃ ปริมาณ 0.06 โมล ให้ค่า ϵ_r สูงสุด ประมาณ 1293 เมื่อซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1175 °C
- สารตัวอย่างที่เติม LiTaO₃ ปริมาณ 0.05 โมล และ LiSbO₃ ปริมาณ 0.04 โมล ให้ค่า ϵ_r สูงสุดประมาณ 1510 เมื่อซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1050 °C

อย่างไรก็ตาม สารตัวอย่างที่เตรียม ได้ยังมีค่า $\tan \delta$ ค่อนข้างสูง ยกเว้นสารตัวอย่างที่เจือด้วย BaTiO₃ จะให้ค่านี้น้อยกว่า โดยจะมีค่าประมาณ 0.088

สำหรับค่า d_{33} ของสารตัวอย่างที่เตรียมได้มีค่าสูงสุด 170 pC/N ซึ่งพบในสารตัวอย่างที่เติม LiTaO₃, ปริมาณ 0.05 โมล และ LiSbO₃, ปริมาณ 0.04 โมล สำหรับสารตัวอย่างตัวอื่นๆ พบว่ายังมีค่าต่ำกว่า 100 pC/N

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 สารในระบบนี้มีจุดเหลวก่อนข้างต่ำ จึงควรศึกษาหาตัวเติมเพื่อช่วยลดอุณหภูมิซินเตอร์ให้ต่ำลง เพื่อช่วยป้องกันการสูญเสียของออกไซด์ประเภทอัลคาไลน์

4.2.2 ทดลองใช้เครื่องบดผสมสารพลังงานสูง เพื่อจะช่วยให้ได้ค่าความหนาแน่นที่สูงขึ้น

4.2.3 เนื่องจากสมบัติทางไฟฟ้ามีค่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิซินเตอร์ ดังนั้น จึงควรวัดค่าทุกอุณหภูมิ