

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
Executive Summary	ง
สารบัญ	ฉ
เนื้อหางานวิจัย	1
1. บทนำ	1
2. วิธีการทดลอง	6
2.1 สารเคมี วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	6
2.2 การเตรียมสารตัวอย่าง	7
2.2.1 การเตรียมผง $(\text{Na}_{1-x}\text{K}_x)\text{NbO}_3$	9
2.2.2 การเตรียมเซรามิก $(\text{Na}_{1-x}\text{K}_x)\text{NbO}_3$	11
2.3 การตรวจสอบสารตัวอย่าง	14
2.3.1 การตรวจสอบพฤติกรรมทางความร้อนของผงผสมด้วยเทคนิค Thermogravimetric and differential thermal analysis (TG-DTA)	14
2.3.2 การตรวจสอบพฤติกรรมการเกิดเฟสของสารตัวอย่างด้วยเทคนิค การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-Ray diffraction technique, XRD)	14
2.3.3 การตรวจสอบสัณฐานวิทยาและ โครงสร้างจุลภาคด้วยกล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM)	16
2.3.4 การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของสารเซรามิก	17
2.3.4.1 การตรวจสอบปริมาณน้ำหนัที่หายไปหลังเผา	17
2.3.4.2 การหาค่าการหดตัวเชิงเส้นหลังเผา	17
2.3.4.3 การหาค่าความหนาแน่น	17
2.3.5 การตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้า	18
2.3.5.1 สมบัติไดอิเล็กตริก	19
2.3.5.2 สมบัติพิโซอิเล็กตริก	20

	หน้า
<b>3. ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล</b>	21
<b>3.1 การเตรียมและตรวจสอบผงสารตัวอย่าง <math>(Na_{1-x}K_x)NbO_3</math></b>	21
3.1.1 ผลการศึกษาลักษณะพื้นฐานวิทยาของสารตั้งต้น	21
3.1.2 ผลการตรวจสอบพฤติกรรมทางความร้อนของสารผสม ด้วยวิธี DT- TGA	22
3.1.3 ผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่มีต่อพฤติกรรมการเกิด เฟสของผงสารตัวอย่าง $(Na_{1-x}K_x)NbO_3$ โดยใช้เทคนิค XRD	23
3.1.3.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้แคลไซน์ของผงสาร ตัวอย่าง $(Na_{0.5}K_{0.5})NbO_3$ และ $(Na_{0.6}K_{0.4})NbO_3$	23
3.1.3.2 ผลการศึกษาเวลาที่ใช้ในการเผาแซ่ที่เหมาะสมสำหรับผง สารตัวอย่าง $(Na_{0.5}K_{0.5})NbO_3$ และ $(Na_{0.6}K_{0.4})NbO_3$	27
3.1.3.3 ผลการศึกษาพฤติกรรมการเกิดเฟสของสารในระบบ $(Na_{1-x}K_x)NbO_3$ เมื่อ x มีค่า 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8	29
3.1.3.4 ผลการศึกษาอิทธิพลของ $(Na_{0.5}K_{0.5})NbO_3$ ที่มีการเติมสาร ตั้งต้นประเภทคาร์บอนตส่วนเกิน	30
3.1.4 การตรวจสอบลักษณะพื้นฐานวิทยาของสารตัวอย่าง โดยใช้เทคนิค SEM	32
3.1.4.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิ เวลาที่ใช้ในการเผาแซ่และการเติม ปริมาณสารตั้งต้นประเภทคาร์บอนตส่วนเกิน ที่มีต่อลักษณะ พื้นฐานวิทยาของผงสารตัวอย่าง $(Na_{0.5}K_{0.5})NbO_3$	32
3.1.4.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ เวลาที่ใช้ในการเผาแซ่ และค่า x ที่มีต่อลักษณะพื้นฐานวิทยาของสารในระบบ $(Na_{1-x}K_x)NbO_3$	36
<b>3.2 การเตรียมและตรวจสอบสารตัวอย่างเซรามิก <math>(Na_{1-x}K_x)NbO_3</math></b>	38
3.2.1 การตรวจสอบปริมาณน้ำหนัที่หายไปหลังเผา	38
3.2.2 ผลการศึกษาเซรามิกในระบบ $(Na_{1-x}K_x)NbO_3$	39
3.2.2.1 ผลการตรวจสอบพฤติกรรมการเกิดเฟสของเซรามิก ในระบบ $(Na_{1-x}K_x)NbO_3$	39

	หน้า
3.2.2.2 การตรวจสอบค่าความหนาแน่นและค่าการหดตัวของ เซรามิกในระบบ $(Na_{1-x}K_x)NbO_3$	40
3.2.2.3 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของเซรามิกใน ระบบ $(Na_{1-x}K_x)NbO_3$	42
3.2.2.4 ผลการตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกในระบบ $(Na_{1-x}K_x)NbO_3$	44
3.2.2.4.1 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก	44
3.2.2.4.2 ค่า $d_{33}$	45
3.2.3 ผลการศึกษาเซรามิกในระบบ $(Na_{0.5}K_{0.5})NbO_3$ ที่เติมสารตั้งต้น ประเภทคาร์บอเนตส่วนเกิน	46
3.2.3.1 ผลการตรวจสอบพฤติกรรมการเกิดเฟสของเซรามิก ในระบบ $(Na_{0.5}K_{0.5})NbO_3$ ที่เติมสารตั้งต้นประเภท คาร์บอเนตส่วนเกิน	46
3.2.3.2 ผลการตรวจสอบค่าความหนาแน่นและค่าการหดตัว ของเซรามิกในระบบ $(Na_{0.5}K_{0.5})NbO_3$ ที่เติมสารตั้งต้น ประเภทคาร์บอเนตส่วนเกิน	47
3.2.3.3 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของเซรามิก ในระบบ $(Na_{0.5}K_{0.5})NbO_3$ ที่เติมสารตั้งต้นประเภท คาร์บอเนตส่วนเกิน	50
3.2.3.4 ผลการตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกในระบบ $(Na_{0.5}K_{0.5})NbO_3$ ที่เติมสารตั้งต้นประเภทคาร์บอเนต ส่วนเกิน	52
3.2.3.4.1 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก	53
3.2.3.4.2 ค่า $d_{33}$	54
3.2.4 ผลการศึกษาเซรามิกในระบบ $(1-y)(Na_{0.5}K_{0.5})NbO_3 - y LiTaO_3$	55
3.2.4.1 ผลการตรวจสอบพฤติกรรมการเกิดเฟสของเซรามิกใน ระบบ $(1-y)(Na_{0.5}K_{0.5})NbO_3 - y LiTaO_3$	55
3.2.4.2 ผลการตรวจสอบค่าความหนาแน่นและค่าการหดตัวของ เซรามิกในระบบ $(1-y)(Na_{0.5}K_{0.5})NbO_3 - y LiTaO_3$	56

	หน้า
3.2.4.3 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของเซรามิกในระบบ (1-y)(Na <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> - y LiTaO <sub>3</sub>	58
3.2.4.4 ผลการตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกในระบบ (1-y)(Na <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> - y LiTaO <sub>3</sub>	60
3.2.4.4.1 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก	60
3.2.4.4.2 ค่า d <sub>33</sub>	60
3.2.5 ผลการศึกษาเซรามิกในระบบ (1-z)(Na <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> - z BaTiO <sub>3</sub>	62
3.2.5.1 ผลการตรวจสอบพฤติกรรมการเกิดเฟสของเซรามิก ในระบบ (1-z)(Na <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> - z BaTiO <sub>3</sub>	62
3.2.5.2 ผลการตรวจสอบค่าความหนาแน่นและค่าการหดตัวของ เซรามิกในระบบ (1-z)(Na <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> - z BaTiO <sub>3</sub>	63
3.2.5.3 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของเซรามิกในระบบ (1-z)(Na <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> - z BaTiO <sub>3</sub>	65
3.2.5.4 ผลการตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกในระบบ (1-z)(Na <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> - z BaTiO <sub>3</sub>	66
3.2.5.4.1 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก	66
3.2.6 ผลการศึกษาเซรามิกในระบบ (0.95-n)(Na <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> - 0.05 LiTaO <sub>3</sub> - n LiSbO <sub>3</sub>	68
3.2.6.1 ผลการตรวจสอบพฤติกรรมการเกิดเฟสของเซรามิกใน ระบบ (0.95-n)(Na <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> - 0.05 LiTaO <sub>3</sub> - n LiSbO <sub>3</sub>	68
3.2.6.2 การตรวจสอบค่าความหนาแน่นและค่าการหดตัวของ เซรามิกในระบบ (0.95-n)(Na <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> - 0.05 LiTaO <sub>3</sub> - n LiSbO <sub>3</sub>	71
3.2.6.3 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของเซรามิกในระบบ (0.95-n)(Na <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> - 0.05 LiTaO <sub>3</sub> - n LiSbO <sub>3</sub>	73
3.2.6.4 การตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของเซรามิกในระบบ (0.95-n)(Na <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub> )NbO <sub>3</sub> - 0.05 LiTaO <sub>3</sub> - n LiSbO <sub>3</sub>	77
3.2.6.4.1 ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก	77
3.2.6.4.2 ค่า d <sub>33</sub>	80

	หน้า
4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	81
4.1 สรุปผลการวิจัย	81
4.1.1 การเตรียมผง ( $\text{Na}_{1-x}\text{K}_x$ ) $\text{NbO}_3$ )	81
4.1.2 การเตรียมเซรามิก ( $\text{Na}_{1-x}\text{K}_x$ ) $\text{NbO}_3$ )	81
4.2 ข้อเสนอแนะ	83
เอกสารอ้างอิง	84
Output ที่ได้จากโครงการ	88
ภาคผนวก	91