

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

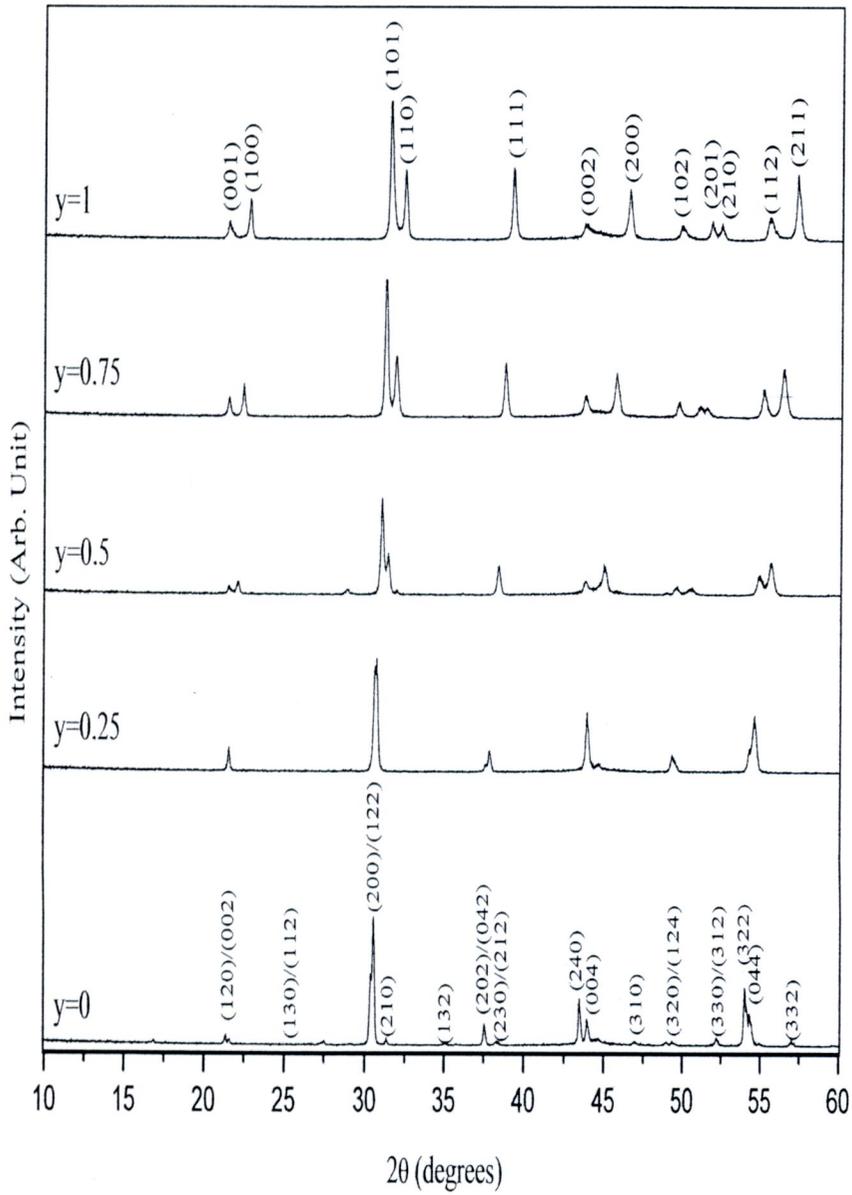
ผลการตรวจวิเคราะห์ผงผลึกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนต ( $\text{Pb}_{1-x}\text{Ba}_x$ )( $\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y$ ) $\text{O}_3$

#### 1. ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction: XRD)

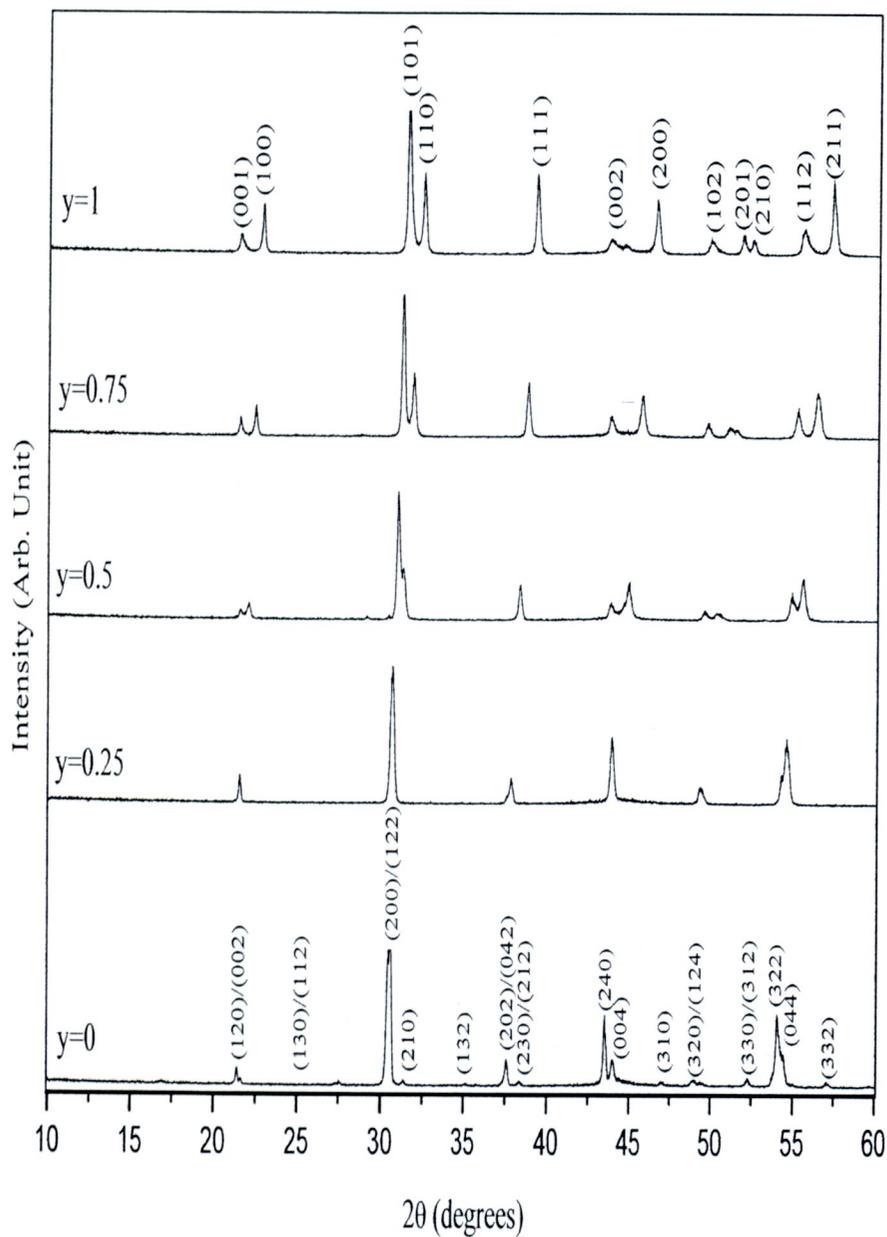
รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของผงผลึกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนต ที่ปริมาณ  $x=0.05$ ,  $0.075$  และ  $0.1$  ที่ปริมาณของ  $y$  ต่างๆกัน แสดงดังภาพที่ 25-27 ตามลำดับ พบว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของผงผลึกในสัดส่วนของ  $0.5 \leq x \leq 1$  มีความคล้ายคลึงกัน คือเมื่อปริมาณ  $y=0$  มีตำแหน่งพีคหลักเกิดขึ้นทั้งหมด 16 พีค มีความสัมพันธ์กับแฟ้มข้อมูลของ JCPDS หมายเลข 35-0739 [24] ซึ่งสามารถระบุได้ว่า ผงผลึกมีโครงสร้างเป็นแบบออร์โธโรมบิก ความเป็นโครงสร้างออร์โธโรมบิกสามารถบอกได้ด้วยระนาบ (240) และ (004) ซึ่งค่าความเป็นโครงสร้างออร์โธโรมบิกนั้นมีค่าลดลงเมื่อปริมาณของแบเรียมไอออนเพิ่มขึ้น ที่ปริมาณ  $0.5 \leq x \leq 1$  มีตำแหน่งพีคหลักเกิดขึ้นทั้งหมด 12 พีค ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแฟ้มข้อมูล JCPDS หมายเลข 06-0452 [25] สามารถระบุได้ว่าผงผลึกมีโครงสร้างเป็นแบบเทตระโกนอล จะสังเกตเห็นว่าที่ระนาบ (001) กับ (100) ในช่วงมุม  $21-23^\circ$  และระนาบ (002) กับ (200) ในช่วงมุม  $43-45^\circ$  ความกว้างของพีคจะแคบลงเมื่ออัตราส่วนของ  $y$  มีค่าลดลง โดยพีคจะค่อยๆยุบเข้าหาและรวมตัวกันเมื่อปริมาณของ  $y=0.25$  จึงทำให้สามารถระบุได้ว่าที่ปริมาณนี้ผงผลึกมีโครงสร้างเป็นแบบผสมระหว่างโครงสร้างออร์โธโรมบิกและโครงสร้างเทตระโกนอล

การคำนวณหาค่าแลตทิซพารามิเตอร์  $a$ ,  $b$  และ  $c$  โดยอาศัยข้อมูลจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ และสมการ (8) แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าผงผลึกในสัดส่วนของ  $0.5 \leq x \leq 1$  มีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกัน คือ ที่ปริมาณ  $y=0$  ค่าคงที่แลตทิซพารามิเตอร์  $a$ ,  $b$  และ  $c$  จะมีค่ามากที่สุด ที่ปริมาณ  $0.5 \leq y \leq 1$  ค่าแลตทิซพารามิเตอร์  $a$  ลดลง ในขณะที่แลตทิซพารามิเตอร์  $c$  และ อัตราส่วนของค่า  $c/a$  เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของ  $y$  มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าปริมาณไอออนของเซอร์โคเนียมและไททาเนียมนั้นมีผลโดยตรงต่อค่าแลตทิซพารามิเตอร์  $a$ ,  $b$  และ  $c$  ของผงผลึก

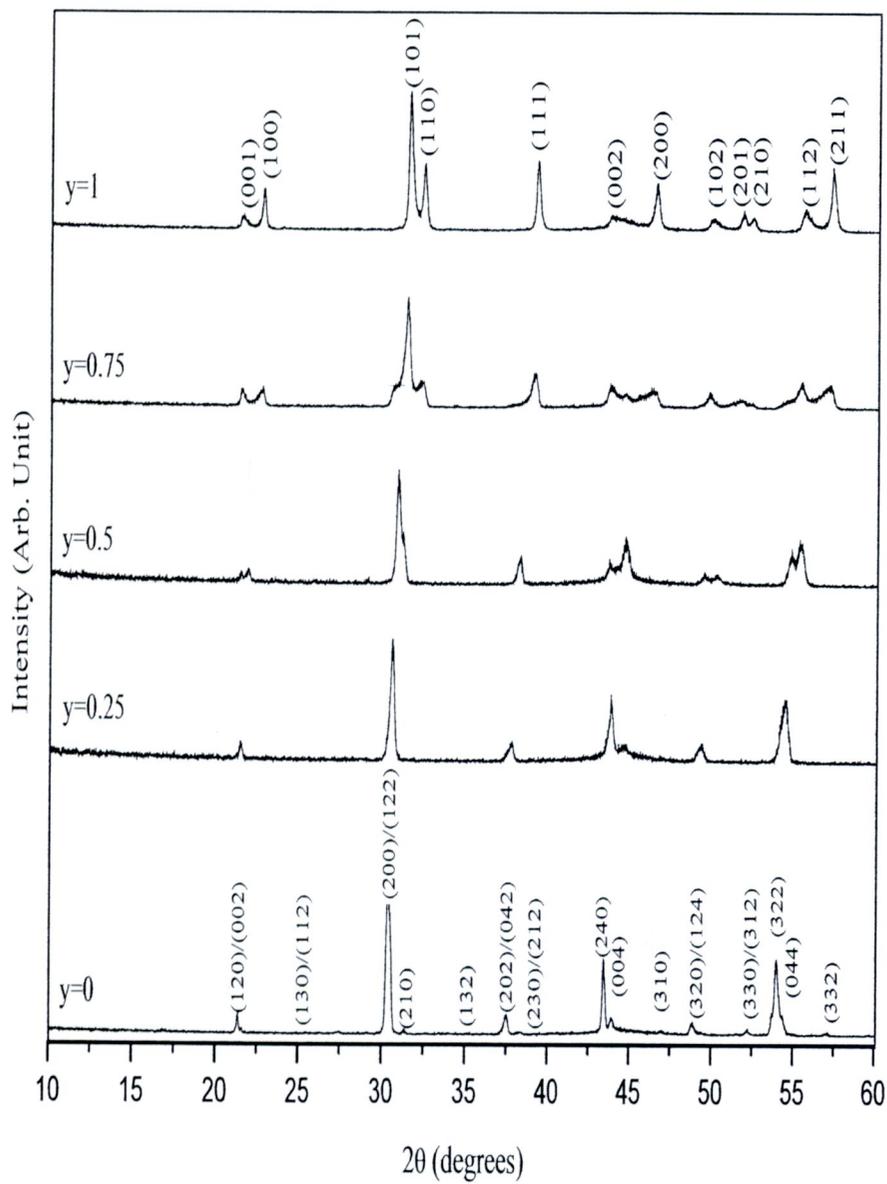
เมื่อนำค่าแลตทิซพารามิเตอร์  $a$ ,  $b$  และ  $c$  มาคำนวณหาค่าปริมาตรต่อหน่วยเซลล์ พบว่าในทุกสัดส่วนของ  $x$  ปริมาตรต่อหน่วยเซลล์เมื่อปริมาณ  $y=0$  จะมีค่ามากที่สุด ส่วนที่ปริมาณ  $0.5 \leq y \leq 1$  ปริมาตรต่อหน่วยเซลล์มีค่าลดลงเมื่อปริมาณของ  $y$  เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2



ภาพ 25 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของผลึก  $(\text{Pb}_{0.95}\text{Ba}_{0.05})(\text{Zr}_{(1-y)}\text{Ti}_y)\text{O}_3$  โดยที่  $0 \leq y \leq 1$  และเผาแคลไซต์ที่อุณหภูมิระหว่าง 800-1000 องศาเซลเซียส



ภาพ 26 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของผลึก  $(\text{Pb}_{0.925}\text{Ba}_{0.075})(\text{Zr}_{(1-y)}\text{Ti}_y)\text{O}_3$  โดยที่  $0 \leq y \leq 1$  และเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิระหว่าง 800-1000 องศาเซลเซียส



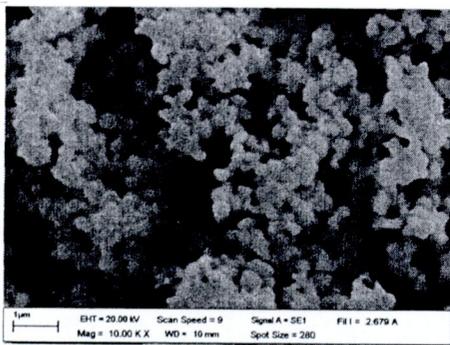
ภาพ 27 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของผงผลึก  $(\text{Pb}_{0.9}\text{Ba}_{0.1})(\text{Zr}_{(1-y)}\text{Ti}_y)\text{O}_3$  โดยที่  $0 \leq y \leq 1$  และเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิระหว่าง 800-1000 องศาเซลเซียส

ตาราง 2 โครงสร้างผลึก ค่าแฉกพิซพารามิเตอร์ a, b, c, อัตราส่วน c/a ปริมาตรต่อหน่วยเซลล์ และขนาดอนุภาคเฉลี่ยของผงผลึกแคดแบเรียมเซอร์โคเนตไททาเนต ที่ปริมาณของสารตั้งต้นต่างกัน

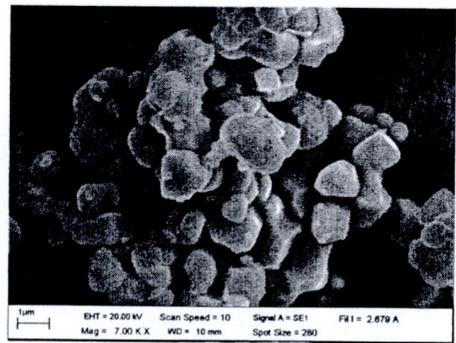
x	y	Crystal Structure	Lattice Parameter (Å)				c/a	Unit cell volume (Å <sup>3</sup> )	Average Particle Size (µm)
			a	b	c				
	1	tetragonal	3.0937	3.0937	4.1468	1.0623	39.6889	0.691	
	0.75	tetragonal	3.9714	3.9714	4.1414	1.0428	65.3182	1.694	
0.05	0.5	tetragonal	4.0302	4.0302	4.1481	1.0268	67.3756	1.305	
	0.25	Tetragonal+ orthorhombic	-	-	-	-	-	1.375	
	0	orthorhombic	5.8890	12.1982	8.3748	-	601.6054	1.413	
	1	tetragonal	3.9077	3.9077	4.1431	1.0609	63.2656	0.713	
	0.75	tetragonal	3.9752	3.9752	4.1399	1.0414	65.4196	1.176	
0.075	0.5	tetragonal	4.0383	4.0383	4.1316	1.0231	67.3776	1.347	
	0.25	Tetragonal+ orthorhombic	-	-	-	-	-	1.667	
	0	orthorhombic	5.8444	12.3411	8.3778	-	604.2599	1.673	
	1	tetragonal	3.9074	3.9074	4.1420	1.0600	63.2391	0.674	
	0.75	tetragonal	4.0592	4.0592	4.1433	1.0272	68.1433	1.653	
0.1	0.5	tetragonal	4.1224	4.1224	4.1798	1.0139	71.0322	1.407	
	0.25	Tetragonal+ orthorhombic	-	-	-	-	-	1.108	
	0	orthorhombic	5.8986	12.1954	8.4080	-	604.8361	1.268	

## 2. ผลการตรวจวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM)

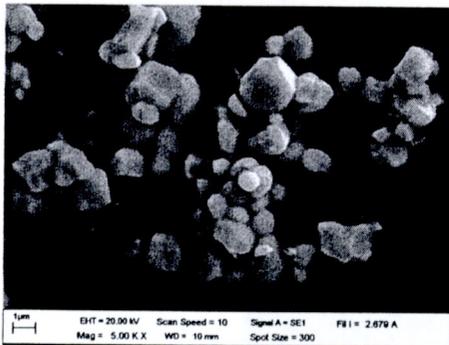
ภาพที่ 28 - 30 แสดงภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผงผลึกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานเนตที่ปริมาณ  $x=0.05$ ,  $0.075$  และ  $0.1$  ตามลำดับ พบว่าอนุภาคมีลักษณะค่อนข้างกลม มีการเกาะตัวกันเล็กน้อย เมื่อทำการวัดหาขนาดของอนุภาคเฉลี่ยพบว่าขนาดของอนุภาคเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันคือมีค่าอยู่ระหว่าง  $0.674$ - $1.694$  ไมโครเมตร โดยขนาดอนุภาคมีค่ามากที่สุดที่ปริมาณ  $y=0$  ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2



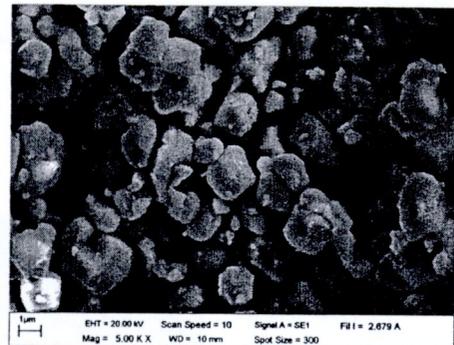
(a)



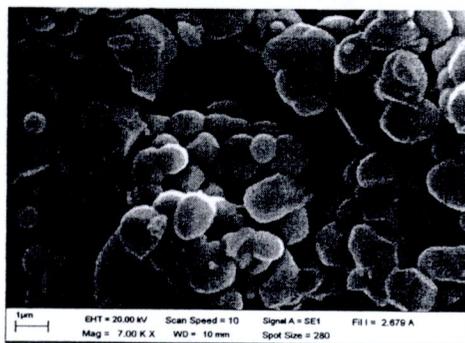
(b)



(c)

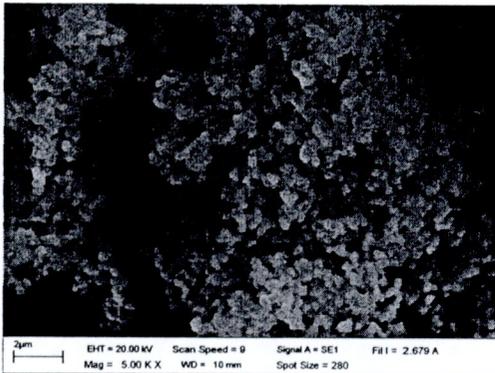


(d)

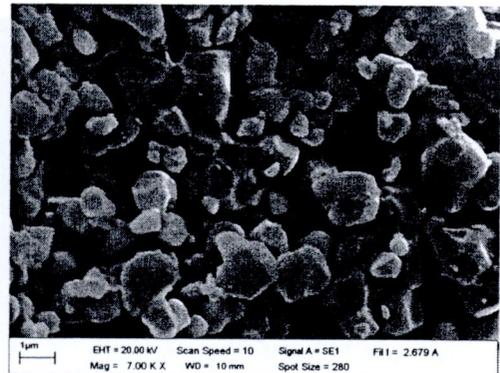


(e)

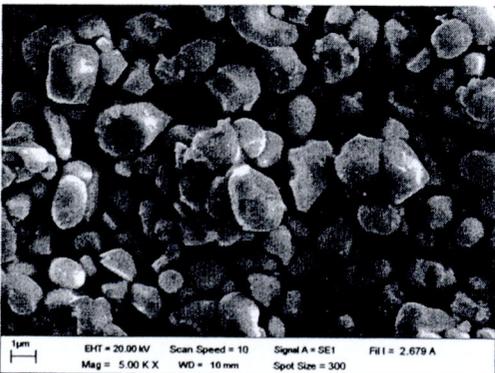
ภาพ 28 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผงผลึก ( $\text{Pb}_{0.95}\text{Ba}_{0.05}$ ) ( $\text{Zr}_{1-y}\text{Tiy}$ ) $\text{O}_3$  โดยที่ (a)  $y=1$ , (b)  $y=0.75$ , (c)  $y=0.5$  (d)  $y=0.25$  และ (e)  $y=0$



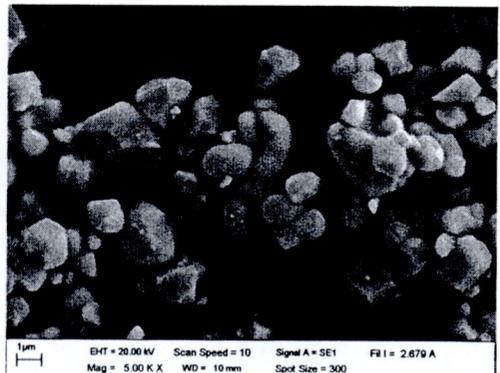
(a)



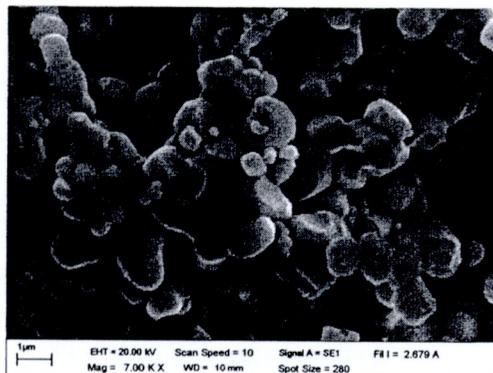
(b)



(c)



(d)

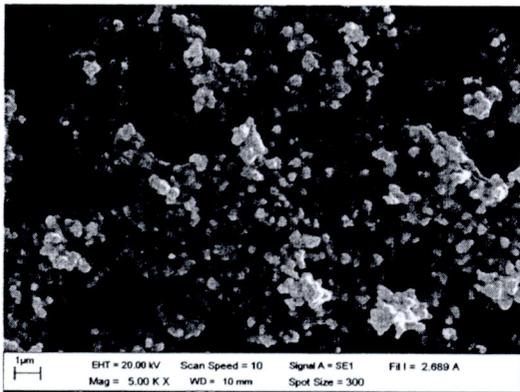


(e)

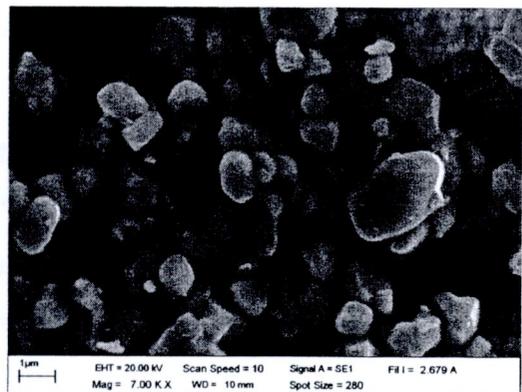


ภาพ 29 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผงผลึก ( $\text{Pb}_{0.925}\text{Ba}_{0.075}$ )

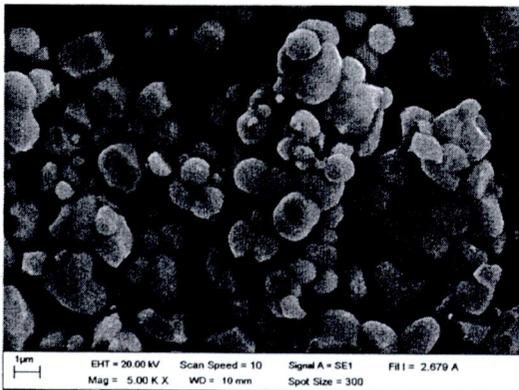
( $\text{Zr}_{1-y}\text{Tiy}$ ) $\text{O}_3$  โดยที่ (a)  $y=1$ , (b)  $y=0.75$ , (c)  $y=0.5$  (d)  $y=0.25$  และ (e)  $y=0$



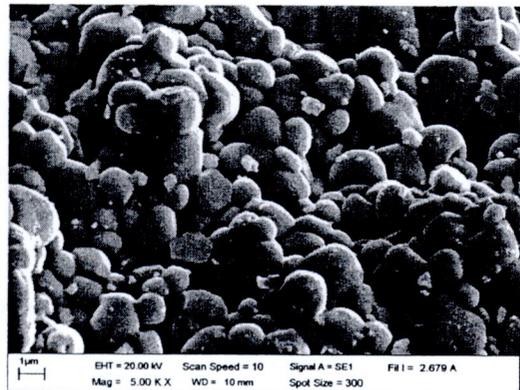
(a)



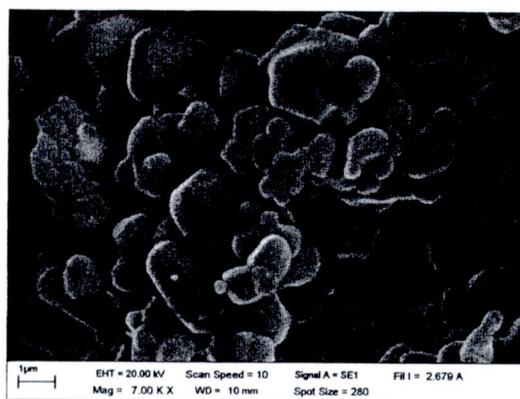
(b)



(c)



(d)



(e)

ภาพ 30 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผงผลึก  $(\text{Pb}_{0.9}\text{Ba}_{0.1})(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$  โดยที่ (a)  $y=1$ , (b)  $y=0.75$ , (c)  $y=0.5$  (d)  $y=0.25$  และ (e)  $y=0$

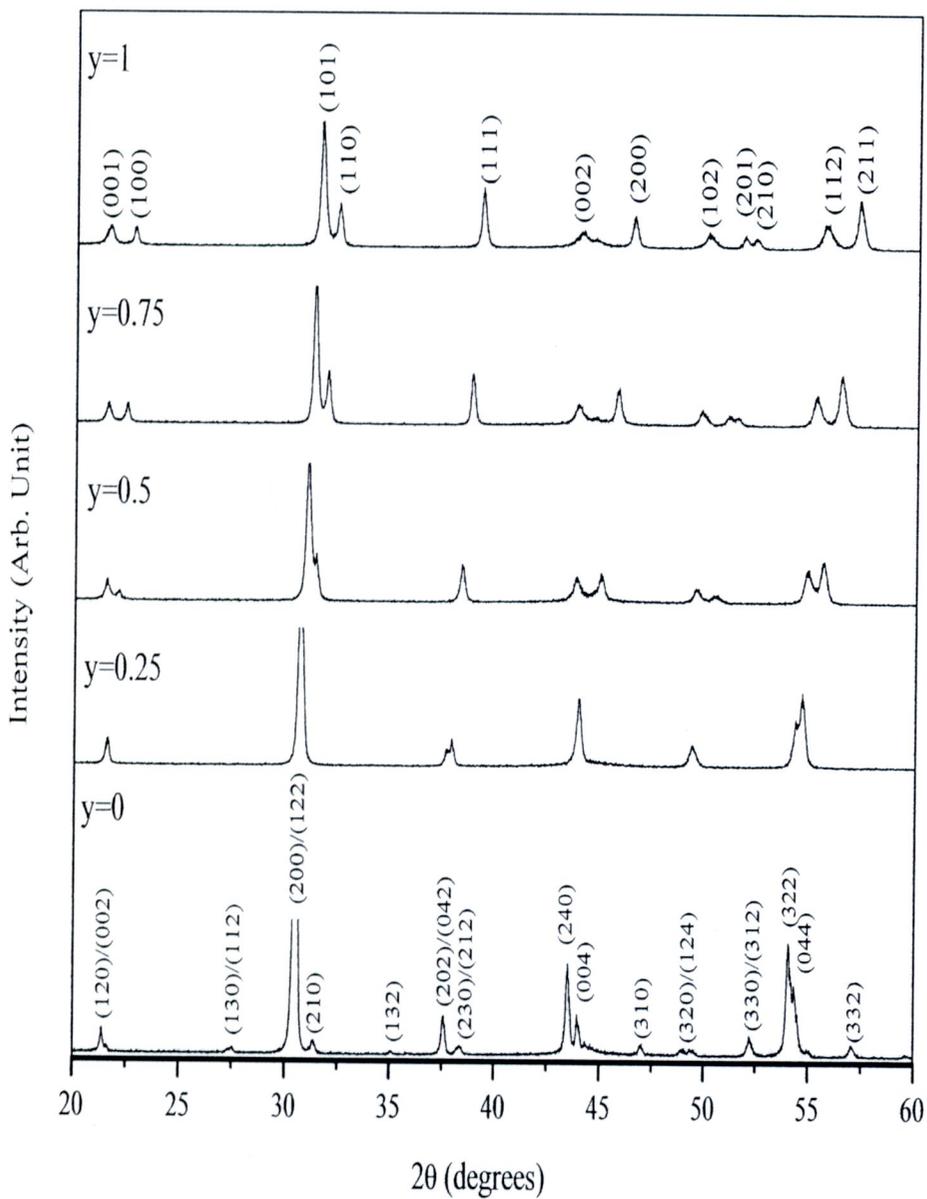
ผลการตรวจวิเคราะห์เซรามิกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานेट ( $Pb_{1-x}Ba_x)(Zr_{1-y}Ti_y)O_3$

### 3. ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction: XRD)

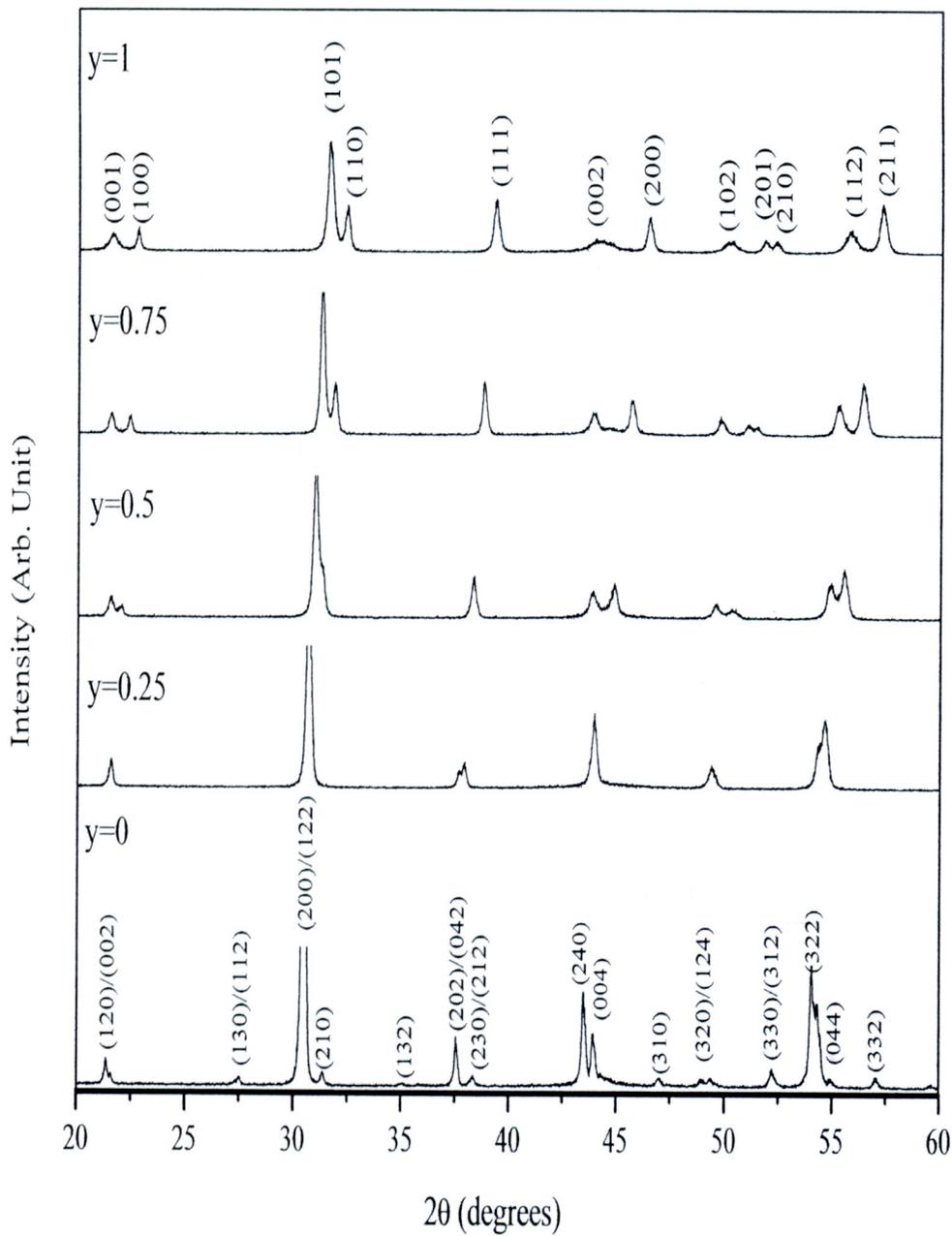
จากภาพที่ 31 - 33 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของเซรามิกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานेटที่ปริมาณของสารตั้งต้นต่างๆกัน พบว่า รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของเซรามิกในสัดส่วนของ  $0.5 \leq x \leq 1$  มีความคล้ายคลึงกัน คือที่ปริมาณ  $y=0$  มีตำแหน่งการเกิดพีคหลักทั้งหมด 16 พีค สัมพันธ์กับแฟ้มข้อมูล JCPDF หมายเลข 35-0739 สามารถระบุได้ว่าเซรามิกมีโครงสร้างเป็นแบบออโรโรมบิกและเซรามิกมีความเป็นโครงสร้างออโรโรมบิกสูงขึ้นเมื่อปริมาณของแบเรียมไอออนลดลง ส่วนที่ปริมาณ  $0.5 \leq y \leq 1$  รูปกราฟแสดงตำแหน่งของพีคหลักเกิดขึ้นทั้งหมด 12 พีค สัมพันธ์กับแฟ้มข้อมูล JCPDF หมายเลข 06-0452 สามารถระบุได้ว่าเซรามิกมีโครงสร้างเป็นแบบเทตระโกนอลและค่าความเป็นเทตระโกนอลนั้นเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของ  $Ba^{+}$  สูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณ  $y=0.25$  รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์แสดงพีคที่เป็นโครงสร้างร่วมกันระหว่างโครงสร้างออโรโรมบิกและโครงสร้างแบบเทตระโกนอล

เมื่อคำนวณหาค่าแลตทิซพารามิเตอร์  $a$ ,  $b$  และ  $c$  ของเซรามิกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานेटจากข้อมูลของรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ พบว่าที่ปริมาณ  $y=0$  ค่าแลตทิซพารามิเตอร์  $a$ ,  $b$  และ  $c$  มีค่าสูงสุด ส่วนที่ปริมาณ  $0.5 \leq y \leq 1$  ค่าแลตทิซพารามิเตอร์  $a$  และ  $c$  ลดลง ในขณะที่อัตราส่วนของ  $c/a$  เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของ  $y$  เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตาราง ที่ 3

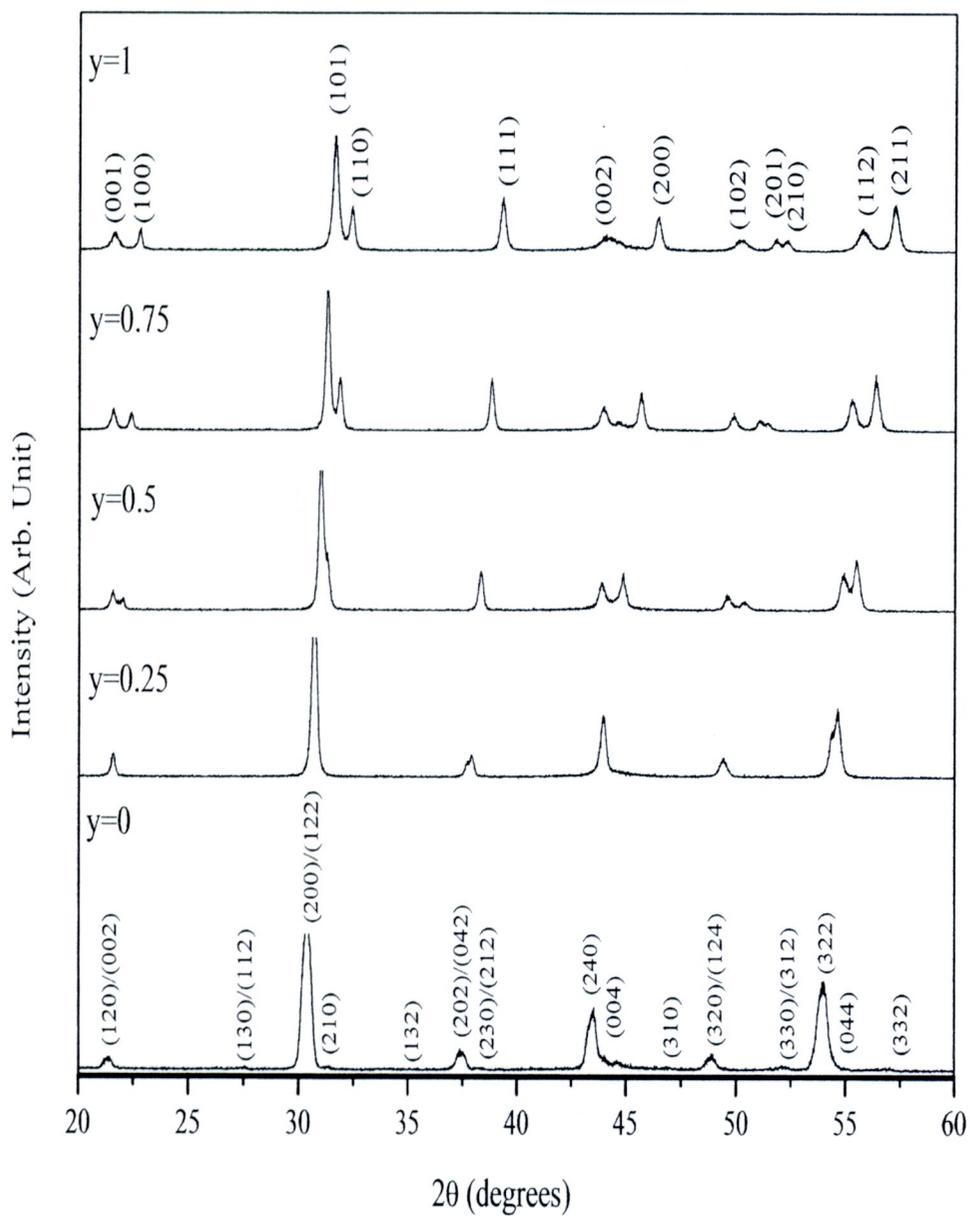
เมื่อนำค่าแลตทิซพารามิเตอร์  $a$ ,  $b$  และ  $c$  มาคำนวณหาค่าปริมาตรต่อหน่วยเซลล์ พบว่าในทุกสัดส่วนของ  $x$  นั้น ปริมาตรต่อหน่วยเซลล์ของเซรามิกมีค่าสูงสุดที่  $y=0$  และจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณของ  $y$  ลดลง



ภาพ 31 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของเซรามิก  $(\text{Pb}_{0.95}\text{Ba}_{0.05})(\text{Zr}_{(1-y)}\text{Ti})_y\text{O}_3$  โดยที่  $0 \leq y \leq 1$  และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง



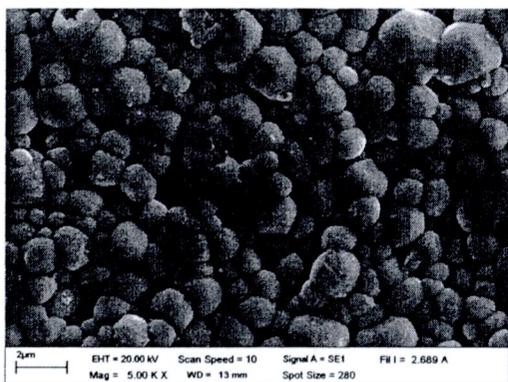
ภาพ 32 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของเซรามิก  $(\text{Pb}_{0.925}\text{Ba}_{0.075})(\text{Zr}_{(1-y)}\text{Ti}_y)\text{O}_3$  โดยที่  $0 \leq y \leq 1$  และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง



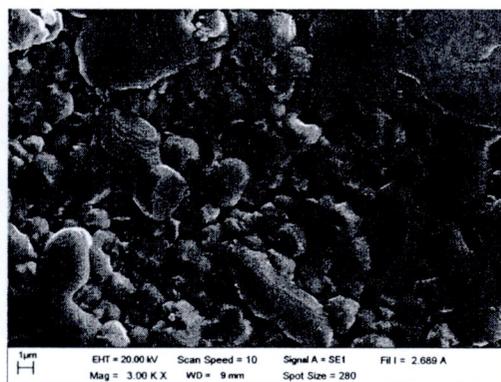
ภาพ 33 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของเซรามิก  $(\text{Pb}_{0.9}\text{Ba}_{0.1})(\text{Zr}_{(1-y)}\text{Ti}_y)\text{O}_3$  โดยที่  $0 \leq y \leq 1$  และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

## 1. ผลการตรวจวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM)

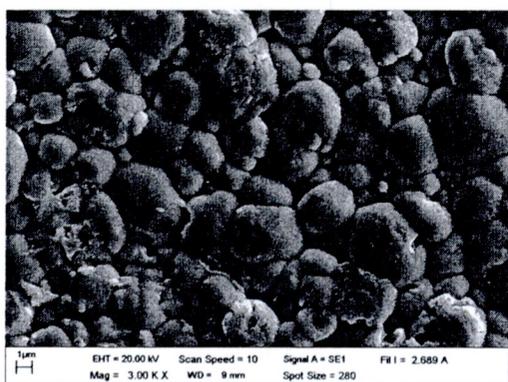
จากภาพที่ 34-36 แสดงภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของบริเวณผิวหน้าเซรามิกเลดแบเรียมเซอร์โคเนต ที่ปริมาณของสารตั้งต้นต่างๆกัน โดยเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าในทุกสัดส่วนของ  $x$  ภาพถ่ายจะมีลักษณะคล้ายกัน คือที่ปริมาณ  $y = 0$  และ  $0.5 \leq y \leq 1$  เกรนของเซรามิกมีการเจริญเติบโตและกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ สามารถมองเห็นขอบเกรนได้อย่างชัดเจน เซรามิกจะมีรูพรุนเกิดขึ้นที่ปริมาณ  $y = 0$  และจะเกิดมากขึ้นเมื่อปริมาณของ  $x$  เพิ่มขึ้น ส่วนที่ปริมาณ  $y = 0.25$  ขนาดและลักษณะของเกรนมีความไม่สม่ำเสมอ โดยจะมีขนาดเล็กใหญ่กระจายอยู่โดยทั่วไป เนื่องจากที่ปริมาณ  $y = 0.25$  เซรามิกยังมีโครงสร้างแบบผสมกันระหว่างเทอร์โกนอลและออโรมบิคจึงส่งผลให้เกรนเกิดความผิดปกติ ขนาดเกรนเฉลี่ยมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณ  $y$  เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3 ภาพถ่ายรอยหักของเซรามิกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานต แสดงดังรูปที่ 37-39 ซึ่งพบว่าที่ปริมาณ  $0.25 \leq y \leq 1$  เซรามิกมีผิวรอยหักผ่านตามขอบเกรนเนื่องจากภายในเกรนมีความแข็งแรงน้อยกว่าบริเวณขอบเกรน ในขณะที่ปริมาณ  $y = 1$  ผิวรอยหักจะมีลักษณะแบบผ่าเกรน เนื่องจากบริเวณขอบเกรนมีความอ่อนแอกว่าภายในเกรนจึงทำให้การหักมีลักษณะการหักแบบผ่าเกรน



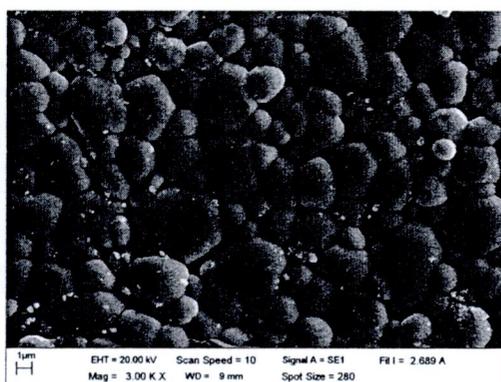
(a)



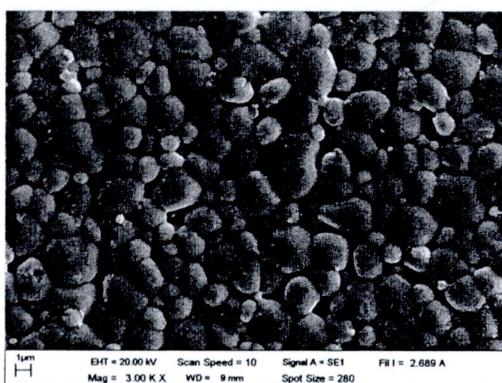
(b)



(c)



(d)

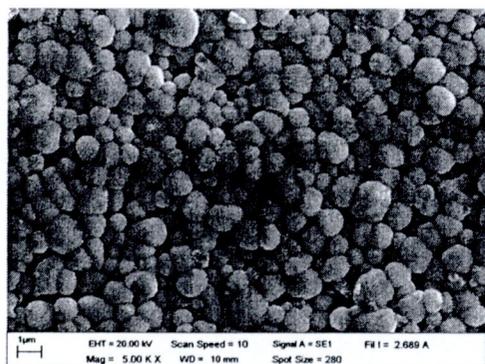


(e)

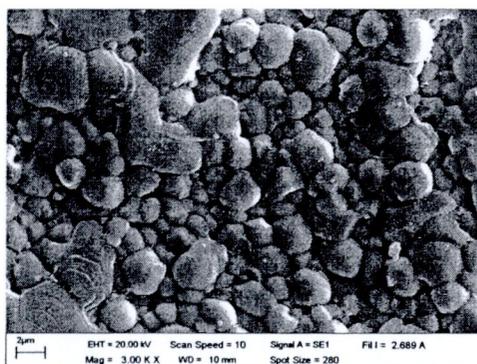
ภาพ 34 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผิวหน้าเซรามิก

$(\text{Pb}_{0.95}\text{Ba}_{0.05})(\text{Zr}_{1-y}\text{Tiy})\text{O}_3$  โดยที่ (a)  $y=1$ , (b)  $y=0.75$ , (c)  $y=0.5$  (d)  $y=0.25$

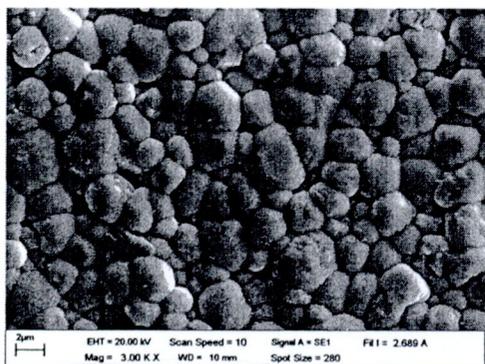
และ (e)  $y=0$



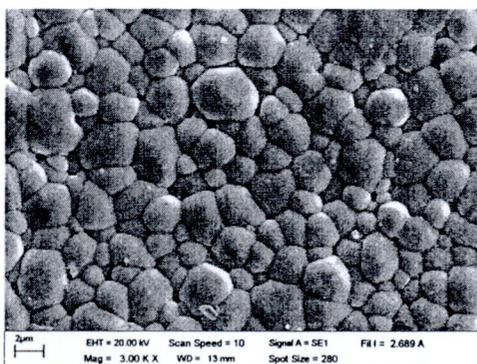
(a)



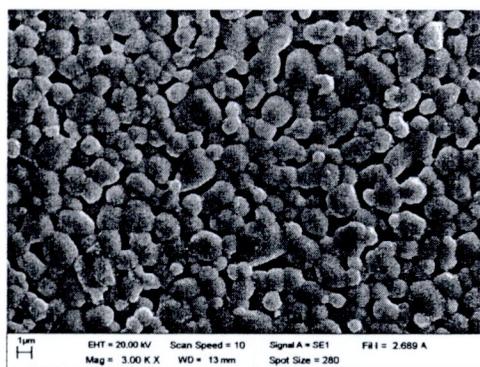
(b)



(c)



(d)

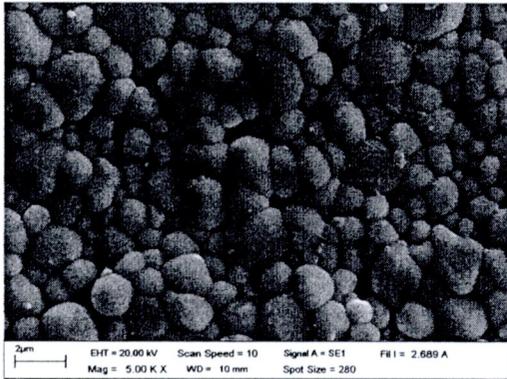


(e)

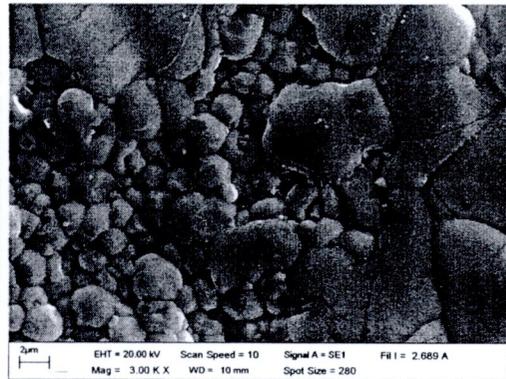
ภาพ 35 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผิวน้ำเซรามิก

$(\text{Pb}_{0.925}\text{Ba}_{0.075})(\text{Zr}_{1-y}\text{Tiy})\text{O}_3$  โดยที่ (a)  $y=1$ , (b)  $y=0.75$ , (c)  $y=0.5$  (d)  $y=0.25$

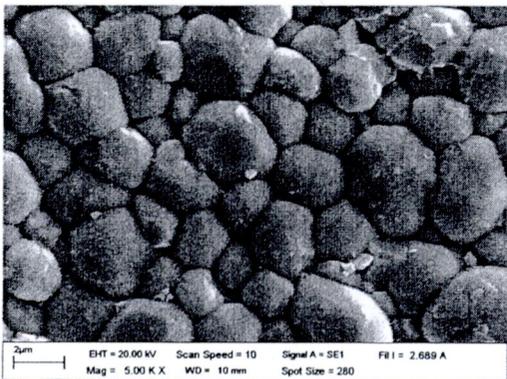
และ (e)  $y=0$



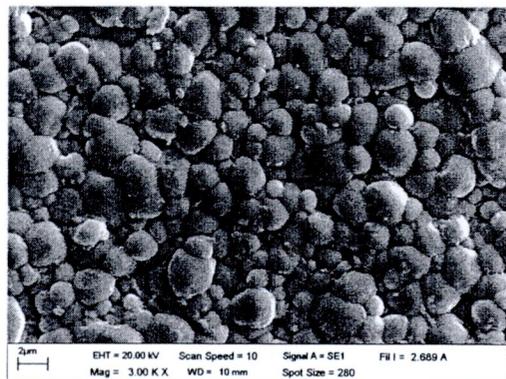
(a)



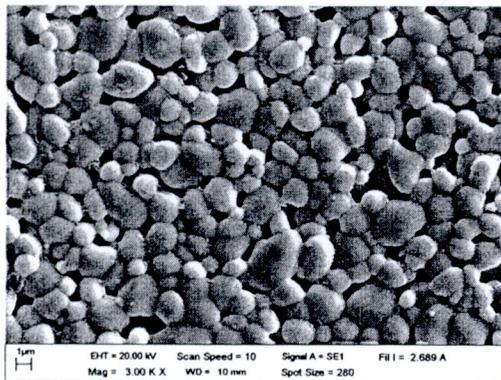
(b)



(c)

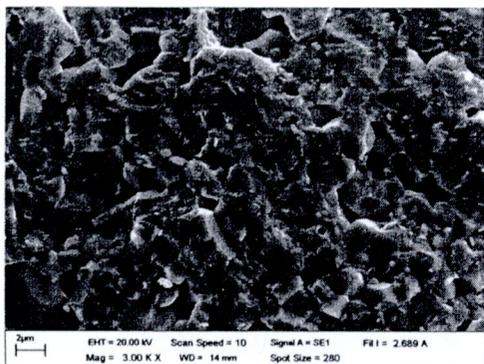


(d)

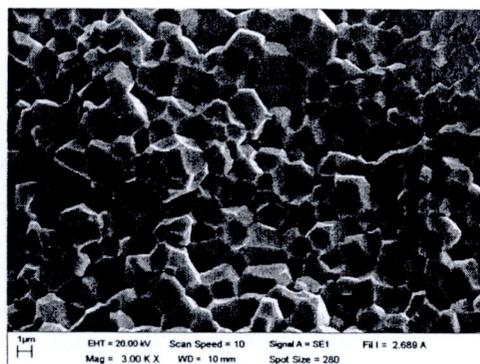


(e)

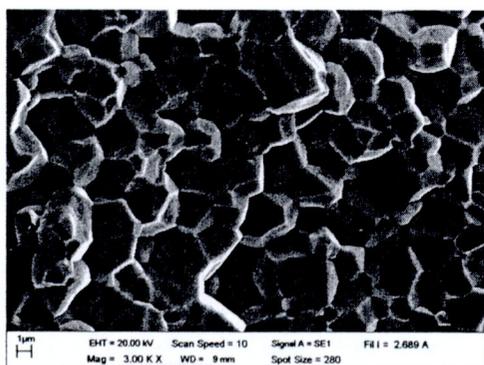
ภาพ 36 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผิวหน้าเซรามิก  $(\text{Pb}_{0.9}\text{Ba}_{0.1})(\text{Zr}_{1-y}\text{Tiy})\text{O}_3$  โดยที่ (a)  $y=1$ , (b)  $y=0.75$ , (c)  $y=0.5$  (d)  $y=0.25$  และ (e)  $y=0$



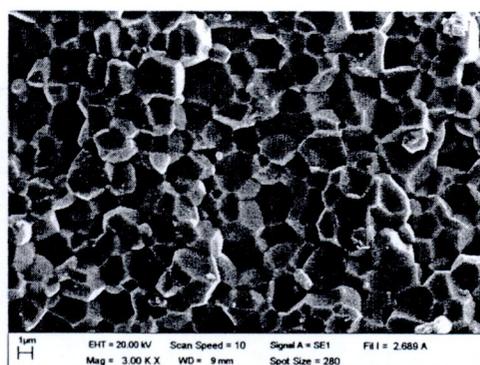
(a)



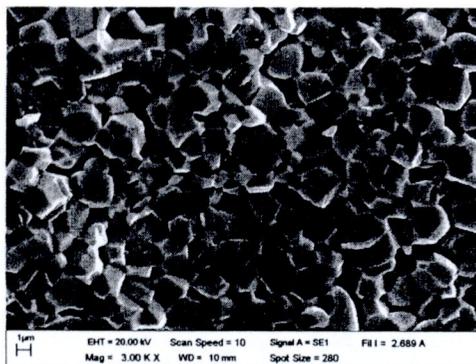
(b)



(c)



(d)

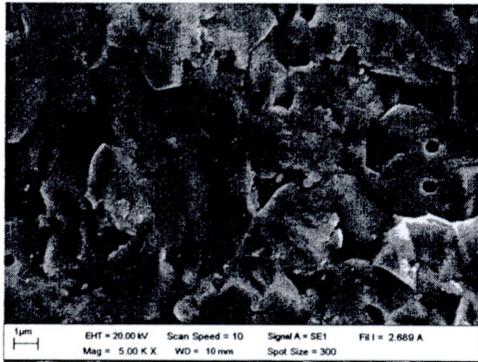


(e)

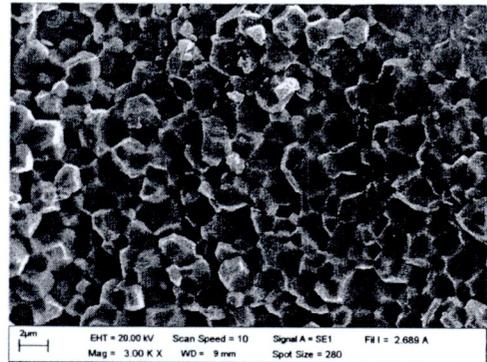
ภาพ 37 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของรอยหักเซรามิก

$(\text{Pb}_{0.95}\text{Ba}_{0.05})(\text{Zr}_{1-y}\text{Tiy})\text{O}_3$  โดยที่ (a)  $y=1$ , (b)  $y=0.75$ , (c)  $y=0.5$  (d)  $y=0.25$

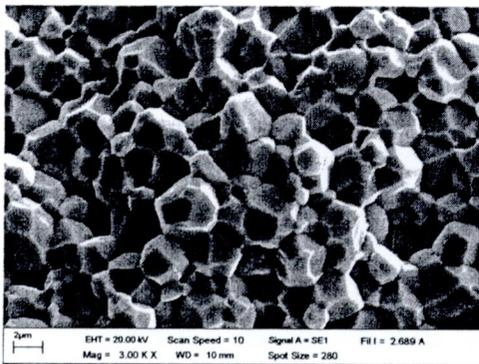
และ (e)  $y=0$



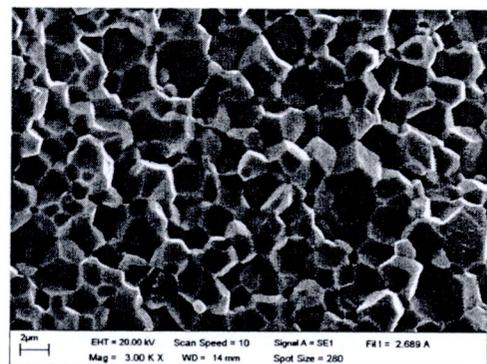
(a)



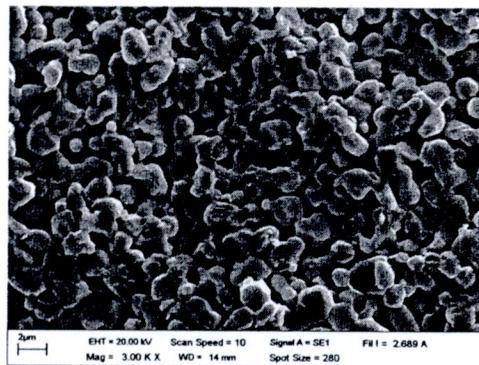
(b)



(c)



(d)

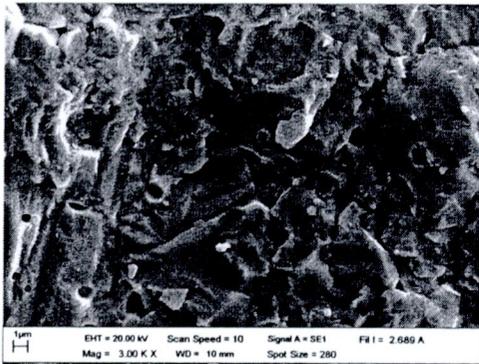


(e)

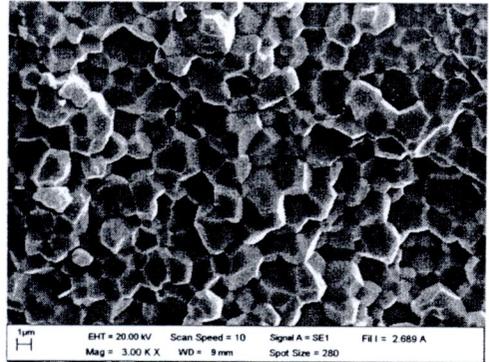
ภาพ 38 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของรอยหักเซรามิก

$(\text{Pb}_{0.925}\text{Ba}_{0.075})(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$  โดยที่ (a)  $y=1$ , (b)  $y=0.75$ , (c)  $y=0.5$  (d)  $y=0.25$

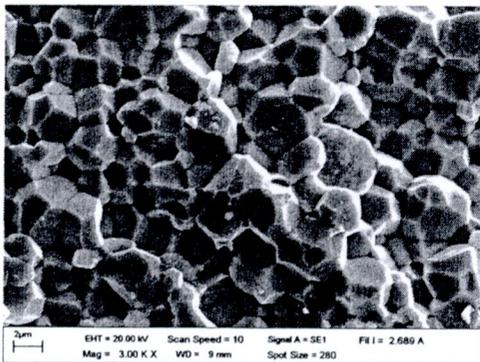
และ (e)  $y=0$



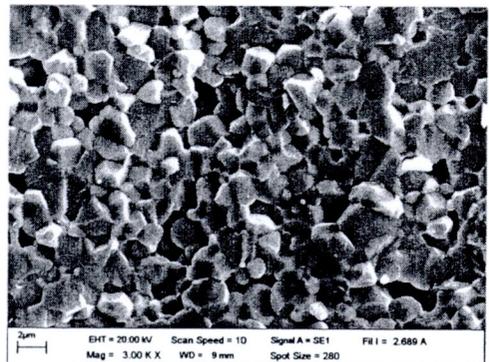
(a)



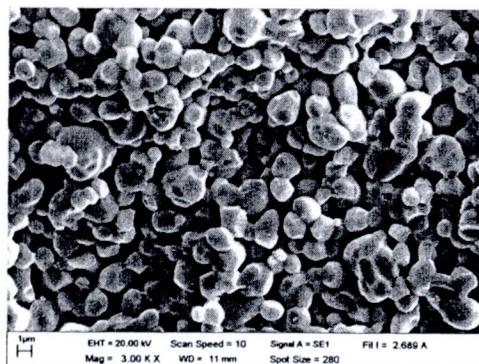
(b)



(c)



(d)



(e)



ภาพ 39 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของรอยหักเซรามิก

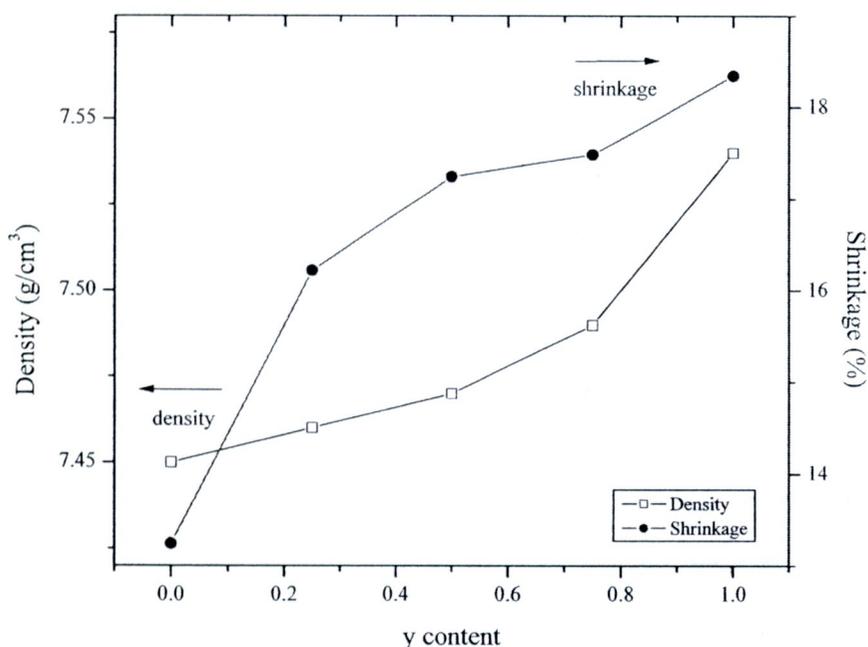
$(\text{Pb}_{0.9}\text{Ba}_{0.1})(\text{Zr}_{1-y}\text{Tiy})\text{O}_3$  โดยที่ (a)  $y=1$ , (b)  $y=0.75$ , (c)  $y=0.5$  (d)  $y=0.25$  และ (e)  $y=0$

ตาราง 3 โครงสร้างผลึก, แลตทิซพารามิเตอร์, อัตราส่วน c/a ขนาดเกรนเฉลี่ย, ปริมาตรต่อหน่วยเซลล์, ค่าความหนาแน่น และค่าความหดตัวของเซรามิก

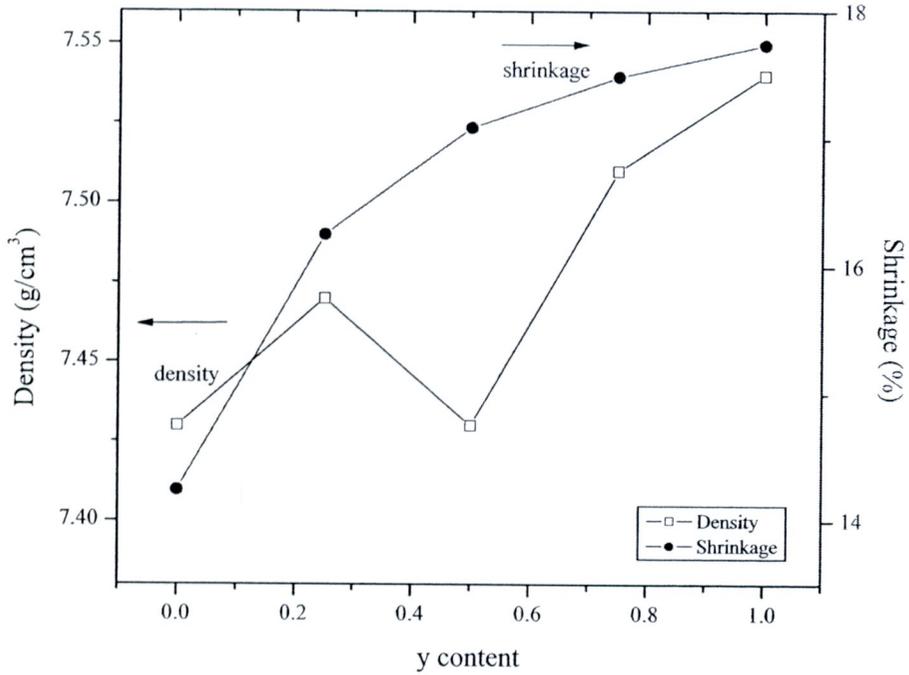
Compositions		Lattice parameter (Å)			c/a ratio	Average grain size (µm)	Unit cell volume	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Shrinkage (%)
x	y	a	b	c		(µm)	(g/cm <sup>3</sup> )	(%)	
0.05	0	5.3422	11.4772	7.8583	-	2.08	481.8197	7.45	13.24
	0.25	-	-	-	-	2.11	-	7.46	16.22
	0.5	4.1382	4.1382	4.0357	1.0254	2.24	69.0357	7.47	17.24
	0.75	4.1364	4.1364	3.9678	1.0425	2.36	67.8883	7.49	17.48
0.075	1	4.1158	4.1158	3.9137	1.0517	1.69	66.2873	7.54	18.34
	0	5.2459	11.4893	7.8661	-	1.97	474.1034	7.43	14.24
	0.25	-	-	-	-	1.99	-	7.47	16.25
	0.5	4.0426	4.0426	4.1335	1.0225	2.02	67.5522	7.43	17.09
0.1	0.75	3.9766	3.9766	4.1301	1.0378	2.13	62.8834	7.51	17.49
	1	3.9115	3.9115	4.1287	1.0555	1.43	60.1684	7.54	17.74
	0	5.3634	11.4690	7.8802	-	1.90	485.8746	7.39	14.74
	0.25	-	-	-	-	2.17	-	7.43	16.27
0.1	0.5	4.0509	4.0509	4.1339	1.0205	2.15	67.8364	7.37	16.96
	0.75	3.9761	3.9761	4.1273	1.0380	2.21	65.2500	7.42	17.03
	1	3.9152	3.9152	4.1207	1.0524	1.97	62.8894	7.50	17.45

## 2. ค่าความหนาแน่นและความหดตัวของเซรามิก

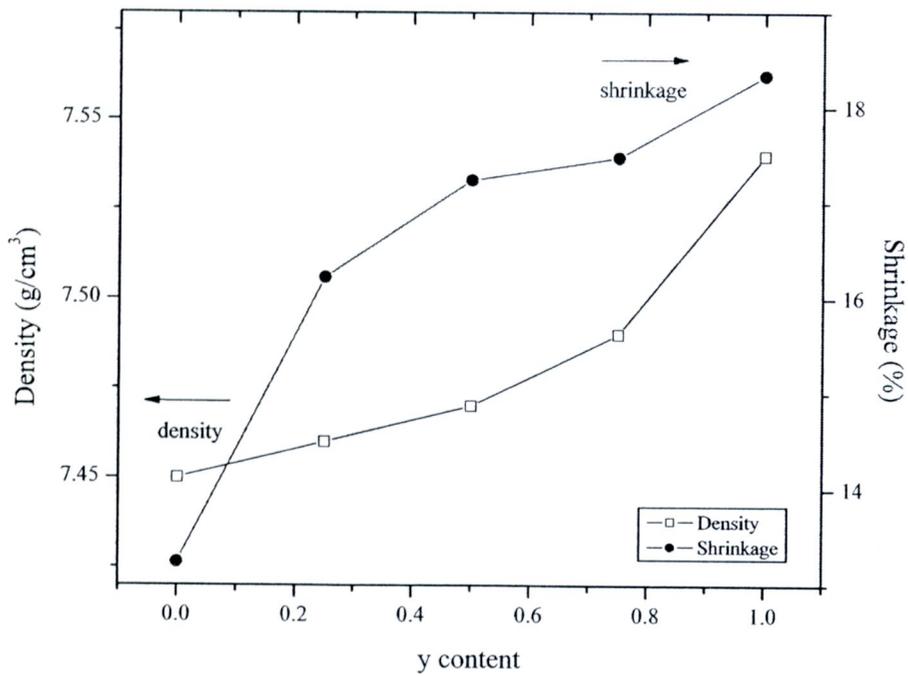
ค่าความหดตัวและความหนาแน่นของเซรามิกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานตที่เตรียมโดยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง โดยอาศัยหลักการของอาร์คิมิดีส และจากสมการ (15) และ (16) แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าในทุกสัดส่วนของ  $x$  ค่าความหนาแน่นและความหดตัวมีค่าสูงสุดที่ปริมาณ  $y=1$  ซึ่งเมื่อปริมาณของ  $x$  เท่ากันค่าความหดตัวและความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของ  $y$  เพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกัน ที่ปริมาณ  $y$  เท่ากันค่าความหนาแน่นและความหดตัวของเซรามิกมีค่าต่ำลงเมื่อปริมาณของ  $x$  เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 40 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณของไอออนของเซอร์โคเนียมและไททานเนียมนั้นมีผลต่อค่าความหนาแน่นและความหดตัวของเซรามิกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานต



ภาพ 40 ค่าความหนาแน่นและความหดตัวของเซรามิก  $(\text{Pb}_{0.95}\text{Ba}_{0.05})(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$  ที่ปริมาณ  $0 \leq y \leq 1$



ภาพ 41 ค่าความหนาแน่นและความหดตัวของเซรามิก  $(\text{Pb}_{0.925}\text{Ba}_{0.075})(\text{Zr}_{1-y}\text{Tiy})\text{O}_3$  ที่ปริมาณ  $0 \leq y \leq 1$



ภาพ 42 ค่าความหนาแน่นและความหดตัวของเซรามิก  $(\text{Pb}_{0.9}\text{Ba}_{0.1})(\text{Zr}_{1-y}\text{Tiy})\text{O}_3$  ที่ปริมาณ  $0 \leq y \leq 1$