

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

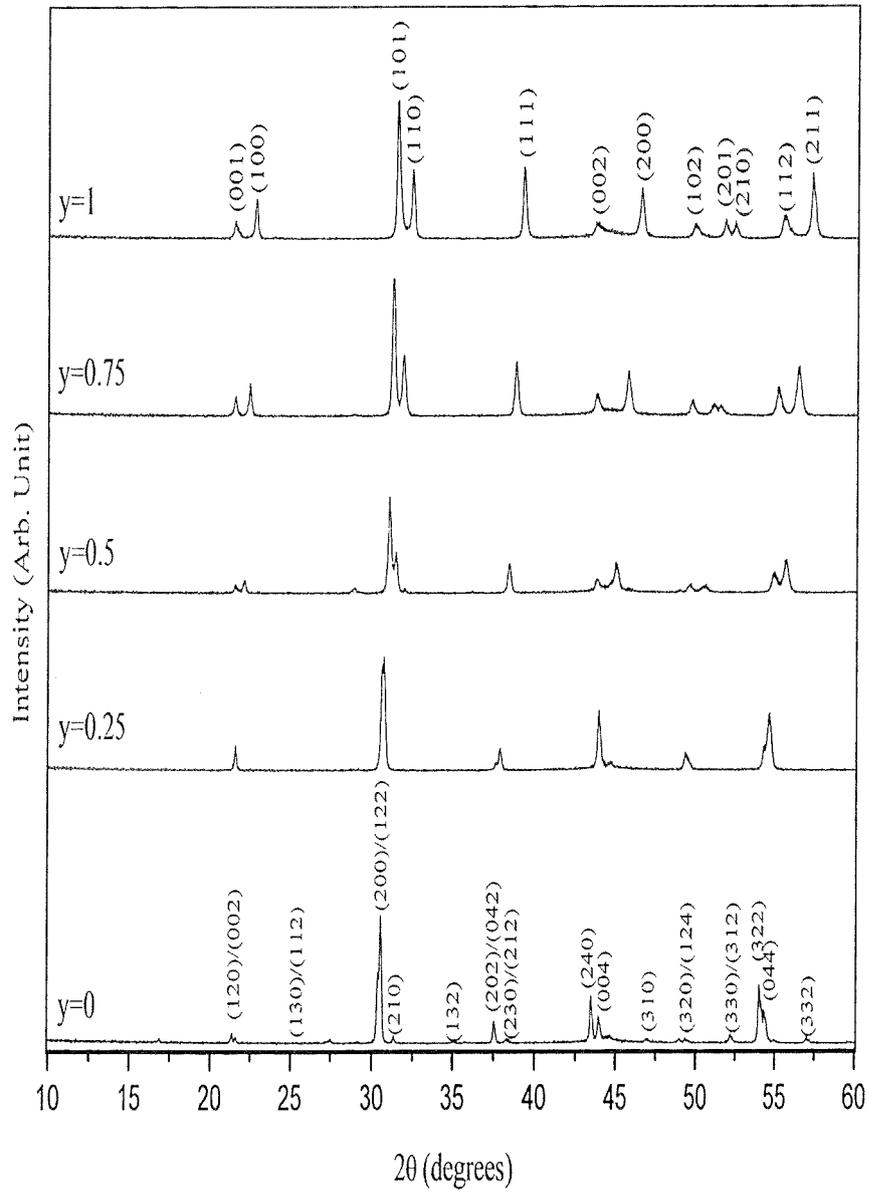
ผลการตรวจวิเคราะห์ผงผลึกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานต $(\text{Pb}_{1-x}\text{Ba}_x)(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$

1. ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction: XRD)

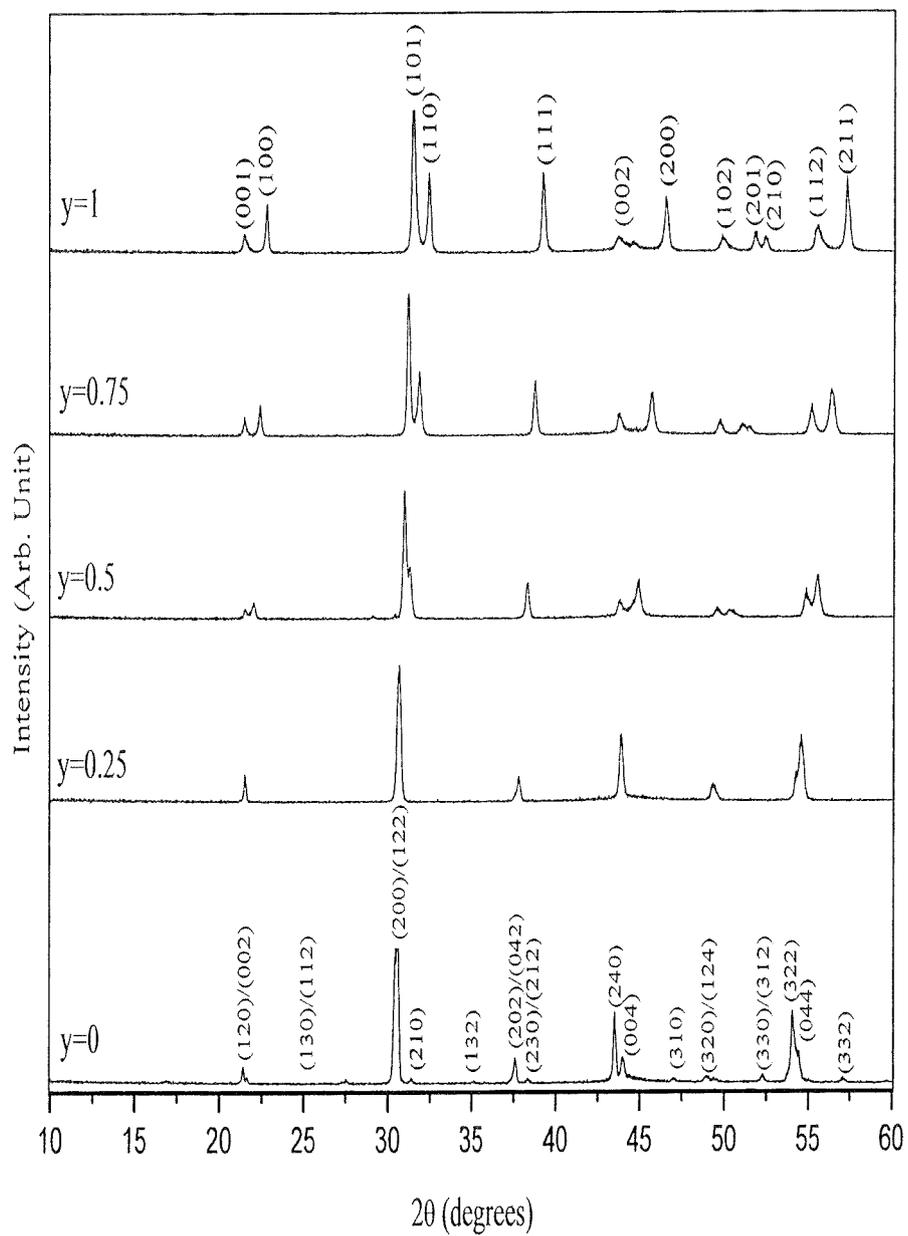
รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของผงผลึกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานต ที่ปริมาณ $x=0.05, 0.075$ และ 0.1 ที่ปริมาณของ y ต่างๆกัน แสดงดังภาพที่ 25-27 ตามลำดับ พบว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของผงผลึกในสัดส่วนของ $0.5 \leq x \leq 1$ มีความคล้ายคลึงกัน คือเมื่อปริมาณ $y=0$ มีตำแหน่งพีคหลักเกิดขึ้นทั้งหมด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

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

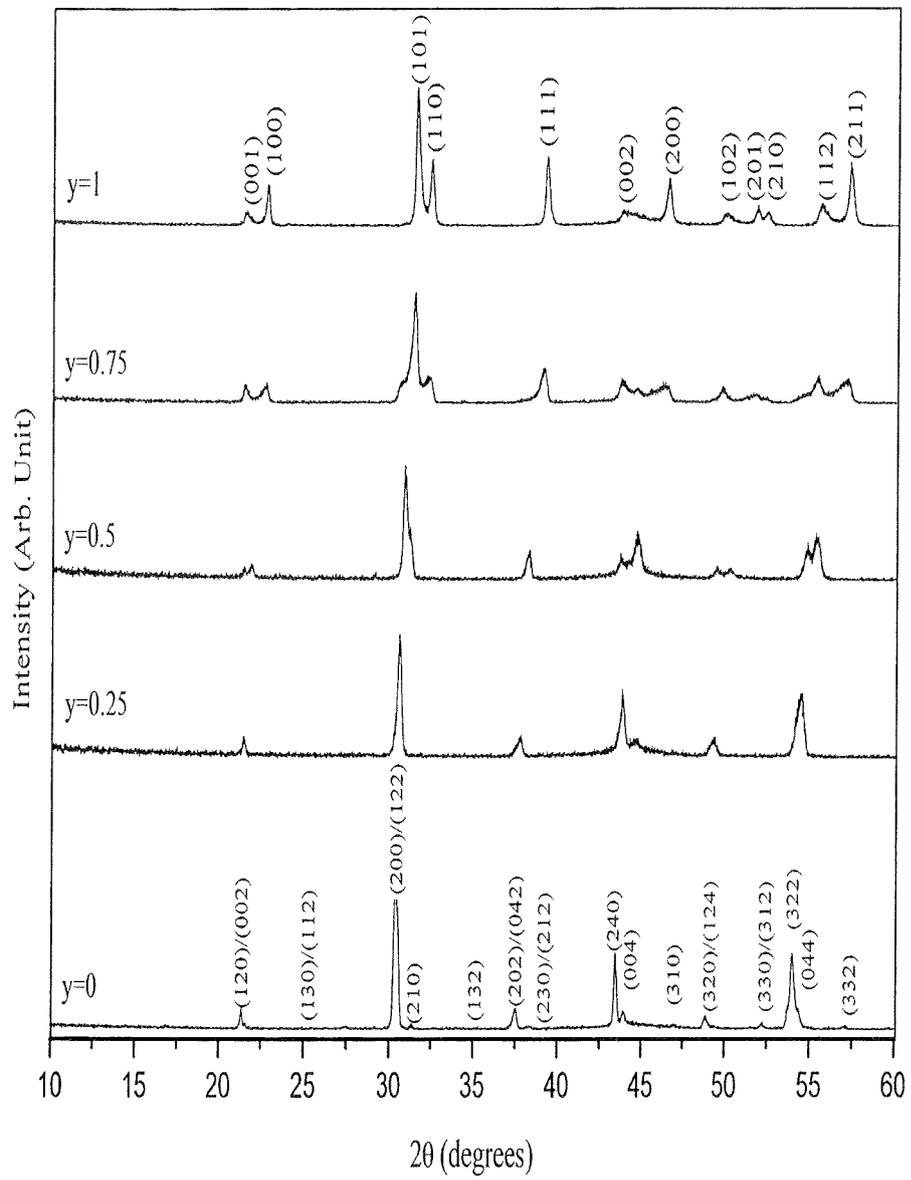
เมื่อนำค่าแลตทิซพารามิเตอร์ a, b และ c มาคำนวณหาค่าปริมาตรต่อหน่วยเซลล์ พบว่าในทุกสัดส่วนของ x ปริมาตรต่อหน่วยเซลล์เมื่อปริมาณ $y=0$ จะมีค่ามากที่สุด ส่วนที่ปริมาณ $0.5 \leq y \leq 1$ ปริมาตรต่อหน่วยเซลล์มีค่าลดลงเมื่อปริมาณของ y เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2



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



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



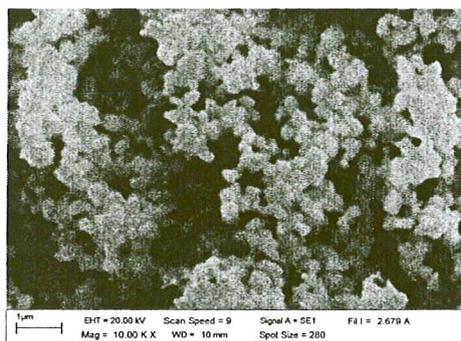
ภาพ 27 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของผงผลึก $(\text{Pb}_{0.9}\text{Ba}_{0.1})(\text{Zr}_{(1-y)}\text{Ti}_y)\text{O}_3$ โดยที่ $0 \leq y \leq 1$ และเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิระหว่าง 800-1000 องศาเซลเซียส

ตาราง 2 โครงสร้างผลึก ค่าแสดงทิศทางพารามิเตอร์ a, b, c, อัตราส่วน c/a ปริมาตรต่อหน่วยเซลล์ และขนาดอนุภาคเฉลี่ยของผลึกเดสเมธิลอะซิโตนที่ทาเนตที่ปริมาณของสารตั้งต้นต่างกัน

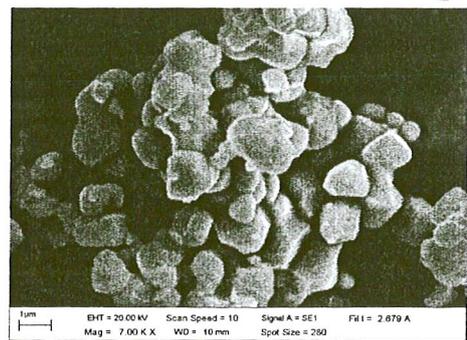
x	y	Crystal Structure	Lattice Parameter (Å)			c/a	Unit cell volume (Å ³)	Average Particle Size (µm)
			a	b	c			
0.05	1	tetragonal	3.0937	3.0937	4.1468	1.0623	39.6889	0.691
	0.75	tetragonal	3.9714	3.9714	4.1414	1.0428	65.3182	1.694
	0.5	tetragonal	4.0302	4.0302	4.1481	1.0268	67.3756	1.305
	0.25	Tetragonal+ orthorhombic	-	-	-	-	-	1.375
	0	orthorhombic	5.8890	12.1982	8.3748	-	601.6054	1.413
0.075	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
	0.5	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
0.1	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
	0.5	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)

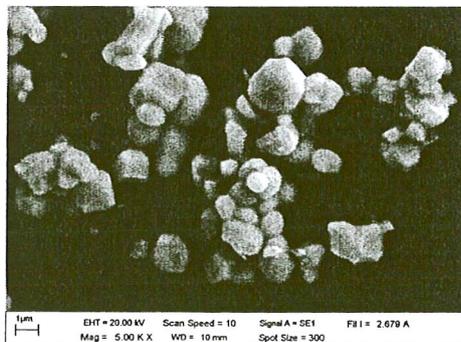
ภาพที่ 28 - 30 แสดงภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผงผลึกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานเตที่ปริมาณ $x=0.05, 0.075$ และ 0.1 ตามลำดับ พบว่าอนุภาคมีลักษณะค่อนข้างกลม มีการเกาะตัวกันเล็กน้อย เมื่อทำการวัดหาขนาดของอนุภาคเฉลี่ยพบว่าขนาดของอนุภาคเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันคือมีค่าอยู่ระหว่าง $0.674-1.694$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



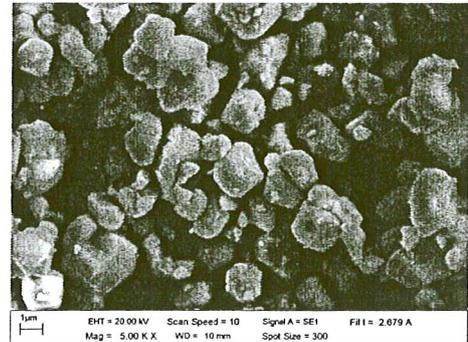
(a)



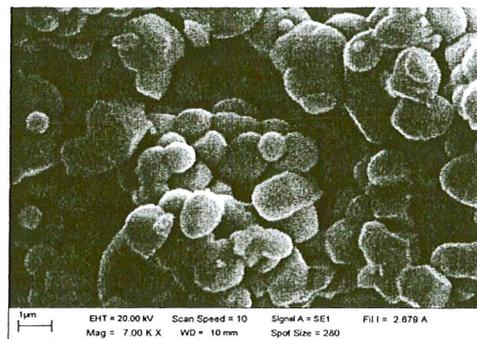
(b)



(c)

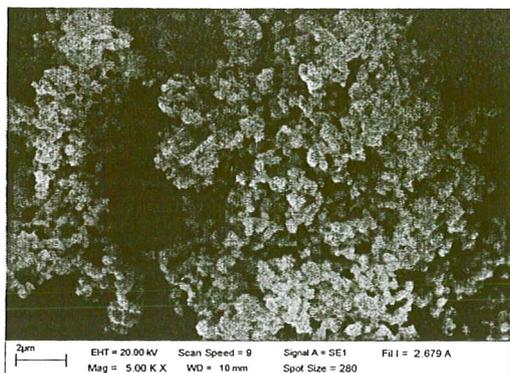


(d)

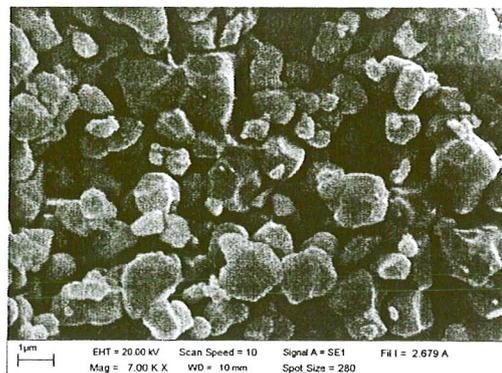


(e)

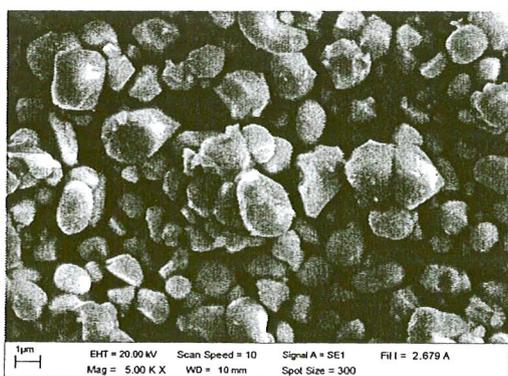
ภาพ 28 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผงผลึก $(\text{Pb}_{0.95}\text{Ba}_{0.05})(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$ โดยที่ (a) $y=1$, (b) $y=0.75$, (c) $y=0.5$ (d) $y=0.25$ และ (e) $y=0$



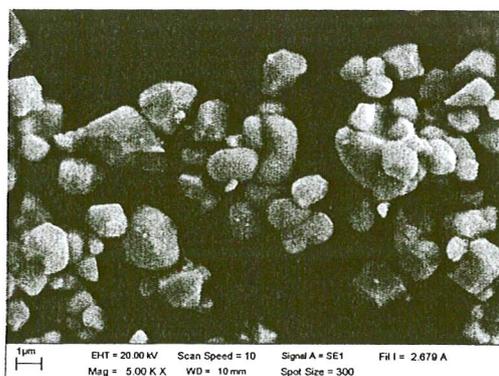
(a)



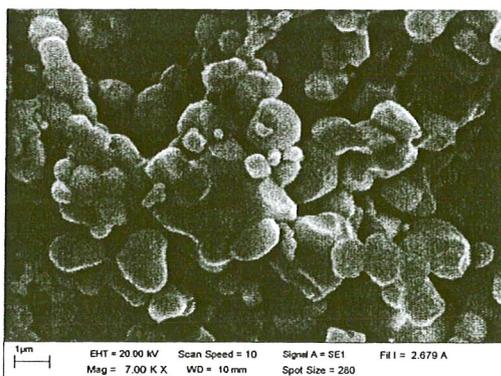
(b)



(c)

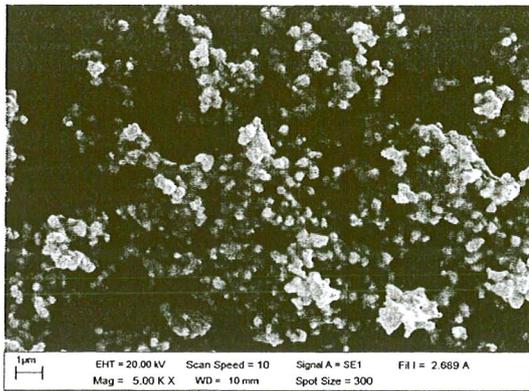


(d)

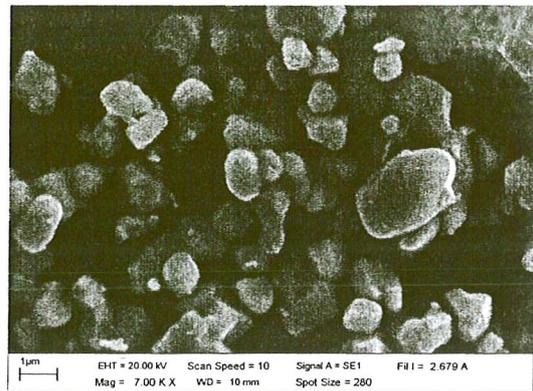


(e)

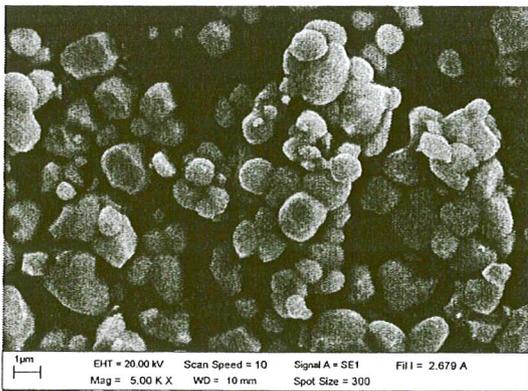
ภาพ 29 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผงผลึก $(\text{Pb}_{0.925}\text{Ba}_{0.075})(\text{Zr}_{1-y}\text{Tiy})\text{O}_3$ โดยที่ (a) $y=1$, (b) $y=0.75$, (c) $y=0.5$ (d) $y=0.25$ และ (e) $y=0$



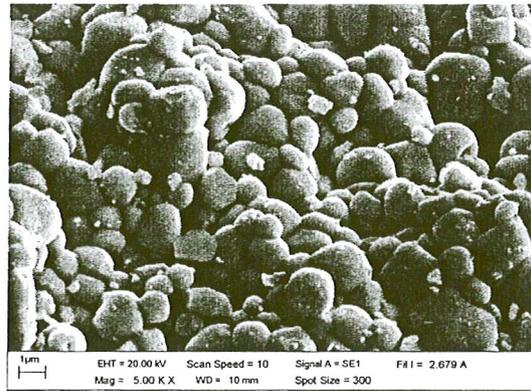
(a)



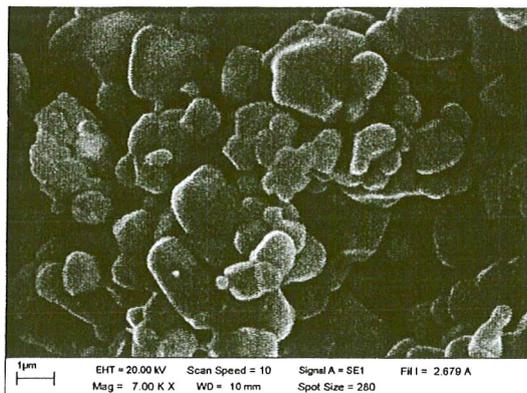
(b)



(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) $y=0$

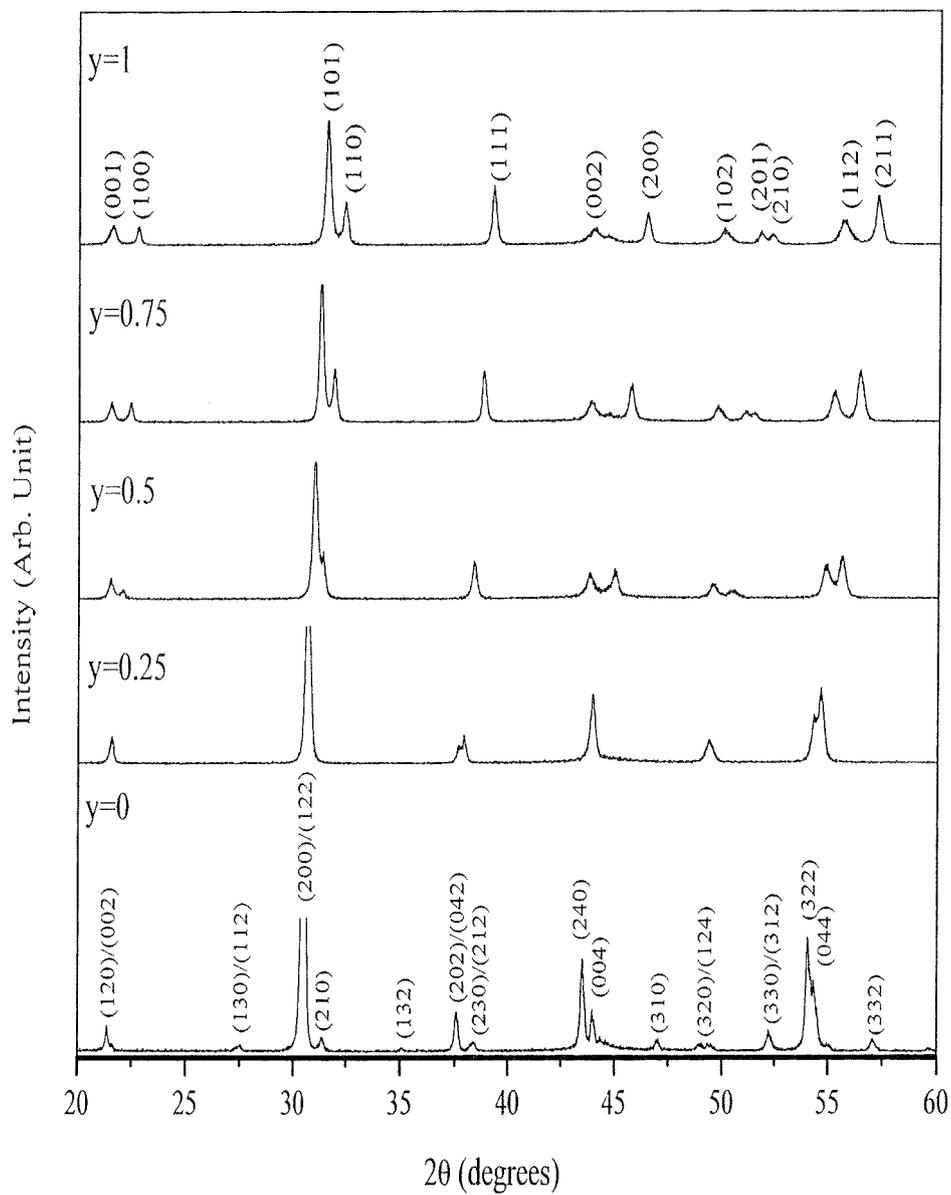
ผลการตรวจวิเคราะห์เซรามิกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานเตด ($\text{Pb}_{1-x}\text{Ba}_x(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$)

3. ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction: XRD)

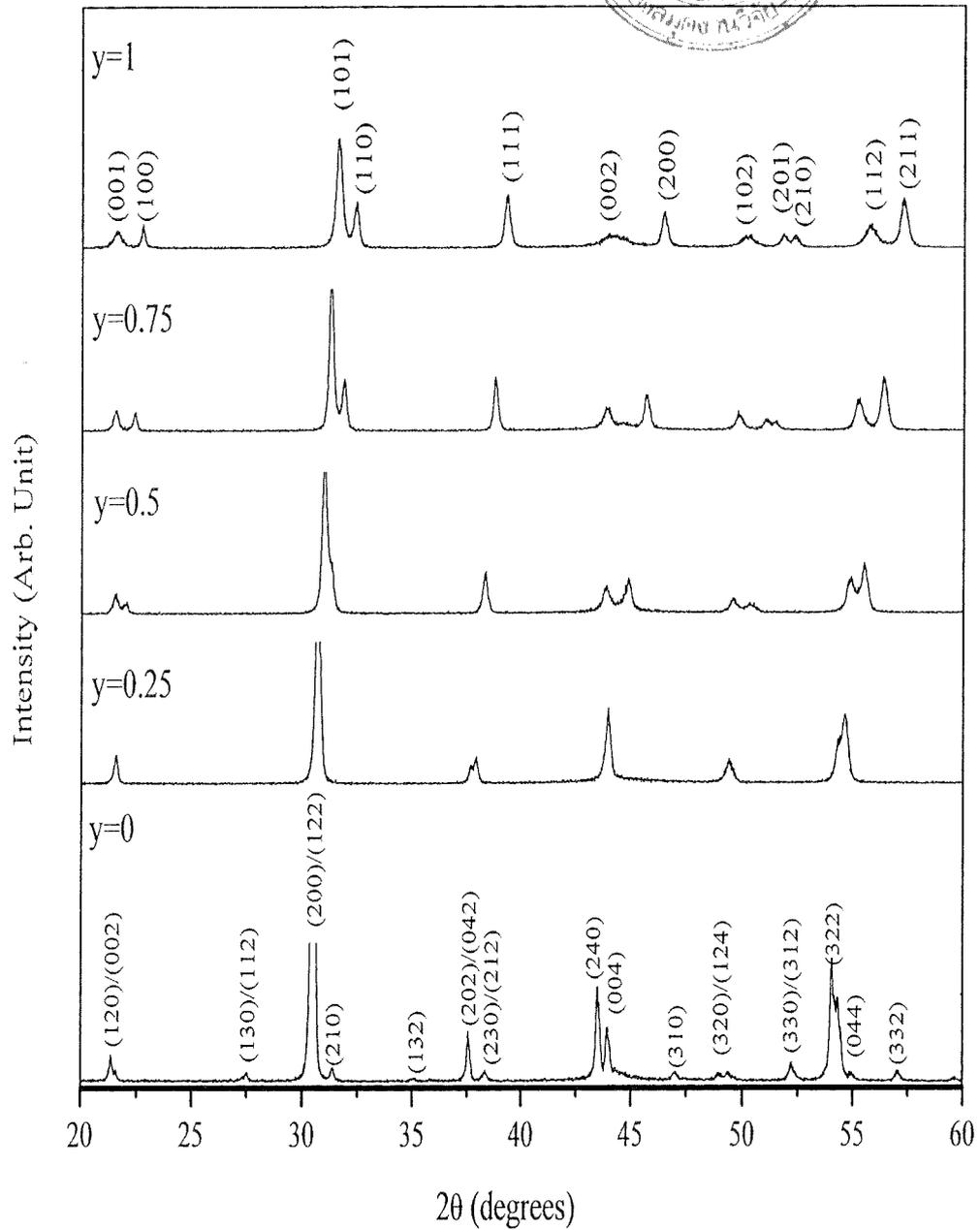
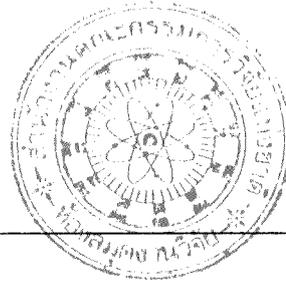
จากภาพที่ 31 - 33 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของเซรามิกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานเตดที่ปริมาณของสารตั้งต้นต่างๆกัน พบว่า รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของเซรามิกในสัดส่วนของ $0.5 \leq x \leq 1$ มีความคล้ายคลึงกัน คือที่ปริมาณ $y=0$ มีตำแหน่งการเกิดพีคหลักทั้งหมด 16 พีค สัมพันธ์กับแฟ้มข้อมูล JCPDF หมายเลข 35-0739 สามารถระบุได้ว่า เซรามิกมีโครงสร้างเป็นแบบออโรโอมบิคและเซรามิกมีความเป็นโครงสร้างออโรโอมบิคสูงขึ้นเมื่อปริมาณของแบเรียมไอออนลดลง ส่วนที่ปริมาณ $0.5 \leq y \leq 1$ รูปกราฟแสดงตำแหน่งของพีคหลักเกิดขึ้นทั้งหมด 12 พีค สัมพันธ์กับแฟ้มข้อมูล JCPDF หมายเลข 06-0452 สามารถระบุได้ว่า เซรามิกมีโครงสร้างเป็นแบบเทตระโกนอลและค่าความเป็นเทตระโกนอลนั้นเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของ Ba^{2+} สูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณ $y=0.25$ รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์แสดงพีคที่เป็นโครงสร้างร่วมกันระหว่างโครงสร้างออโรโอมบิคและโครงสร้างแบบเทตระโกนอล

เมื่อคำนวณหาค่าแลตทิซพารามิเตอร์ a , b และ c ของเซรามิกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานเตดจากข้อมูลของรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ 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

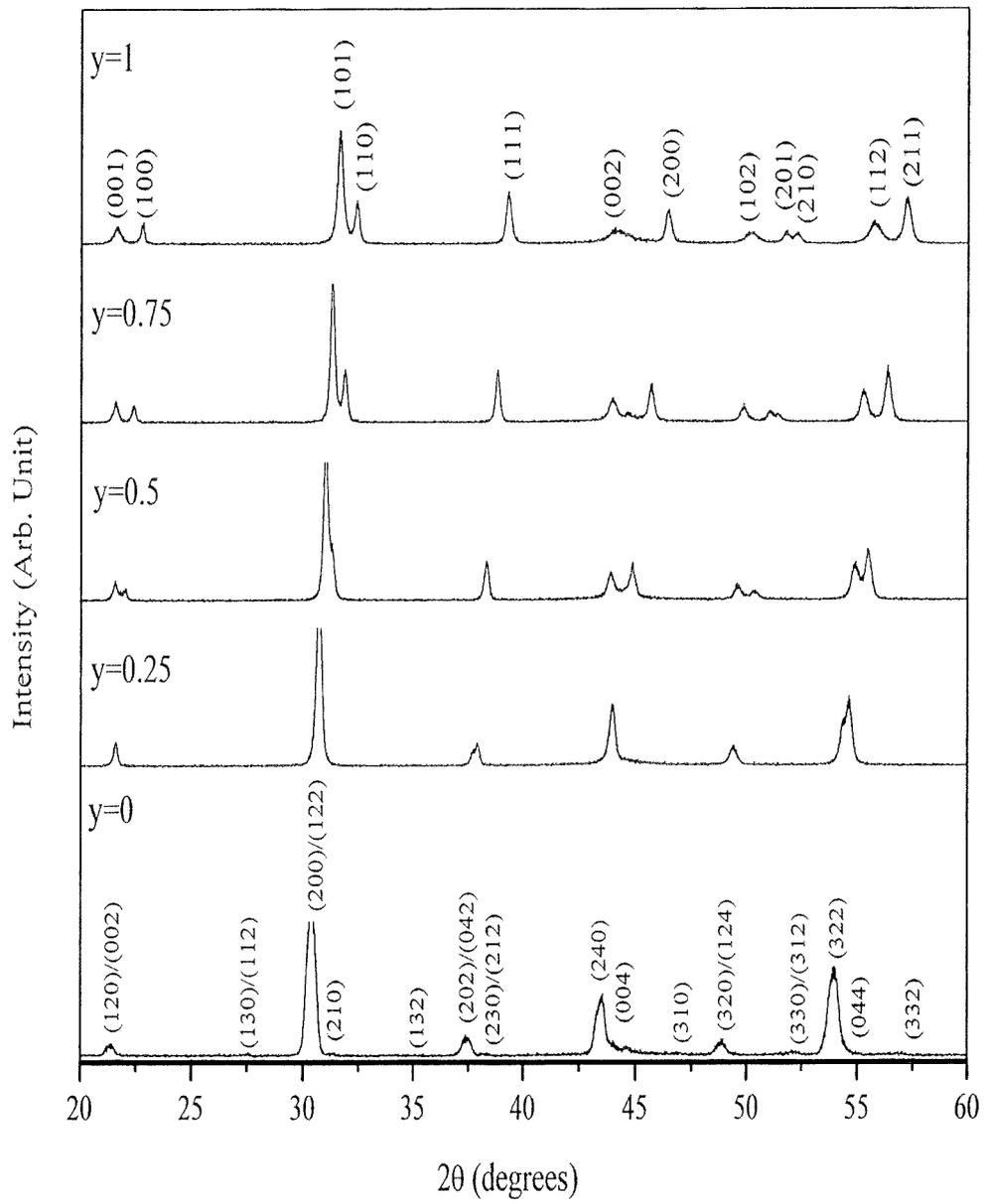
เมื่อนำค่าแลตทิซพารามิเตอร์ a , b และ c มาคำนวณหาค่าปริมาตรต่อหน่วยเซลล์ พบว่า ในทุกสัดส่วนของ x นั้น ปริมาตรต่อหน่วยเซลล์ของเซรามิกมีค่าสูงสุดที่ $y=0$ และจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณของ y ลดลง



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



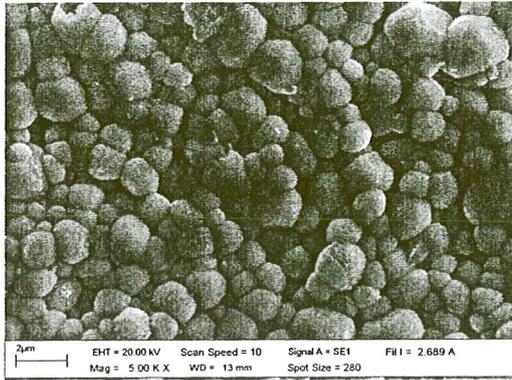
ภาพ 32 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของเซรามิก $(\text{Pb}_{0.925}\text{Ba}_{0.075})(\text{Zr}_{(1-y)}\text{Ti}_y)\text{O}_3$ โดยที่ $0 \leq y \leq 1$ และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง



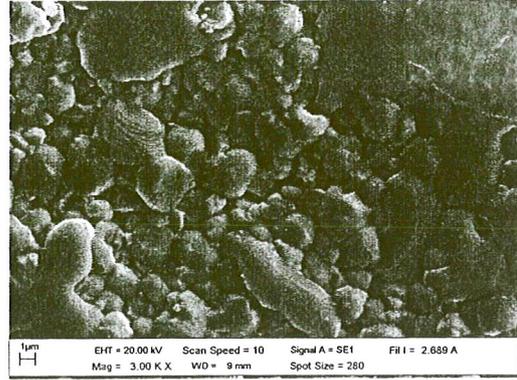
ภาพ 33 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของเซรามิก $(\text{Pb}_{0.9}\text{Ba}_{0.1})(\text{Zr}_{(1-y)}\text{Ti}_y)\text{O}_3$ โดยที่ $0 \leq y \leq 1$ และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

1. ผลการตรวจวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM)

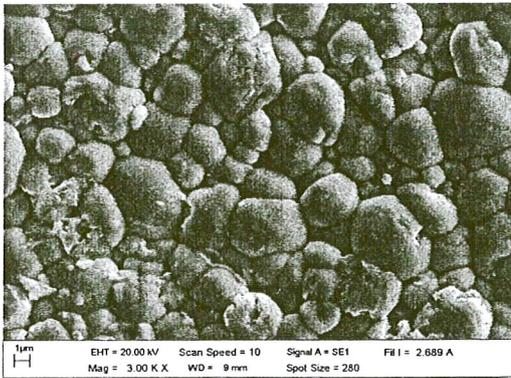
จากภาพที่ 34-36 แสดงภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของบริเวณผิวหน้าเซรามิกเลดแบเรียมเซอร์โคเนต ที่ปริมาณของสารตั้งต้นต่างๆกัน โดยเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าในทุกสัดส่วนของ x ภาพถ่ายจะมีลักษณะคล้ายกัน คือที่ปริมาณ $y = 0$ และ $0.5 \leq y \leq 1$ เกรนของเซรามิกมีการเจริญเติบโตและกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ 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



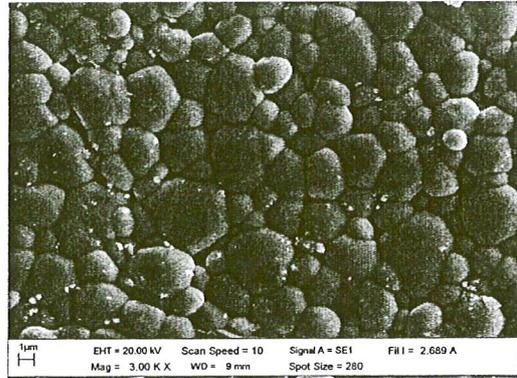
(a)



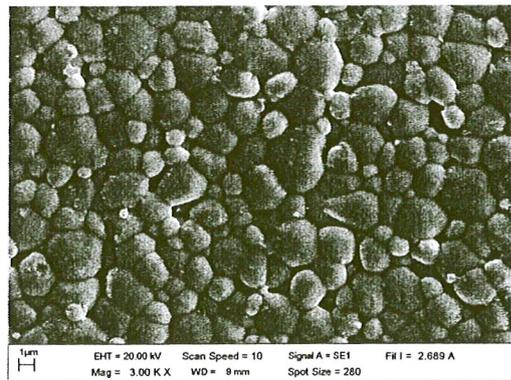
(b)



(c)



(d)

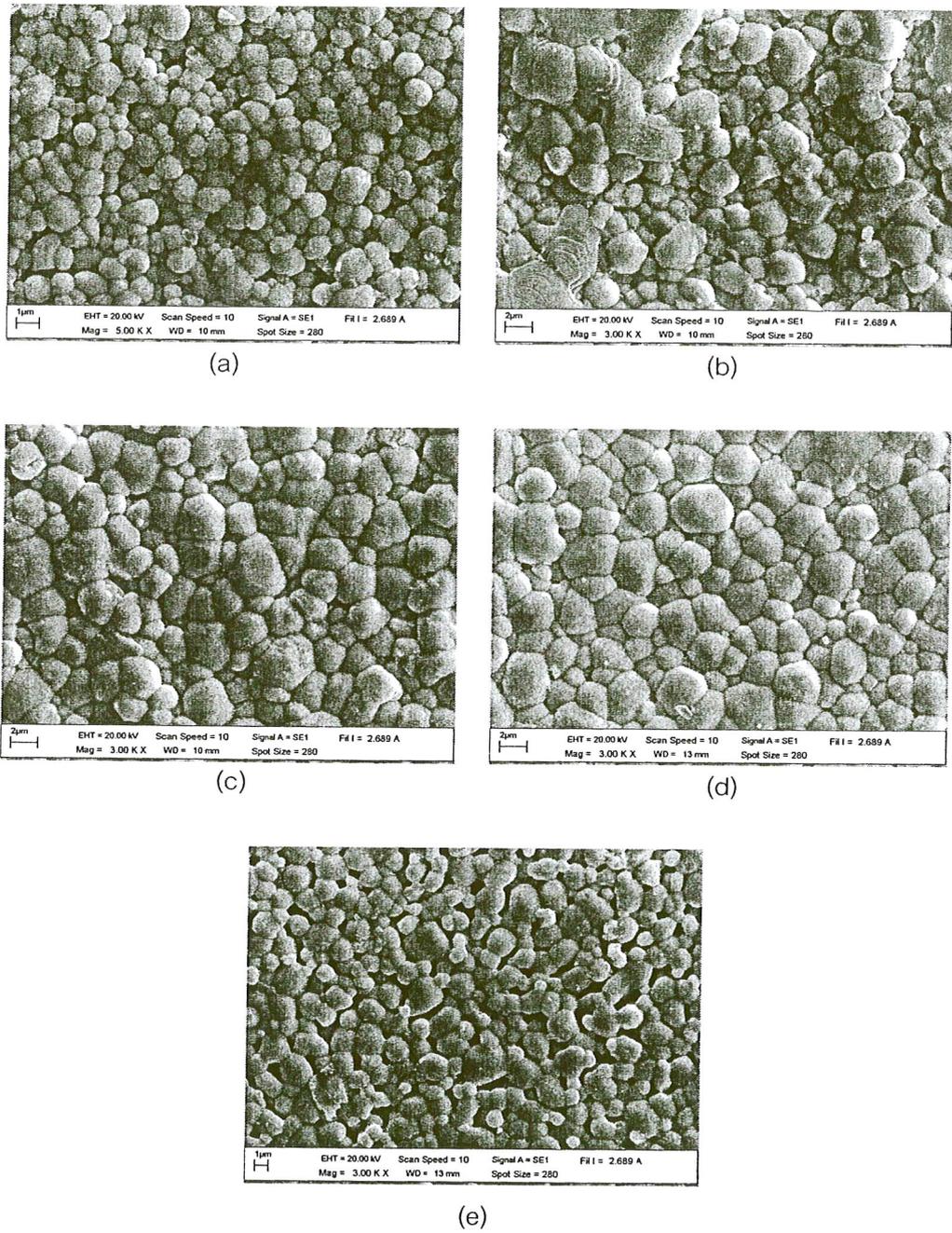


(e)

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) $y=0.25$

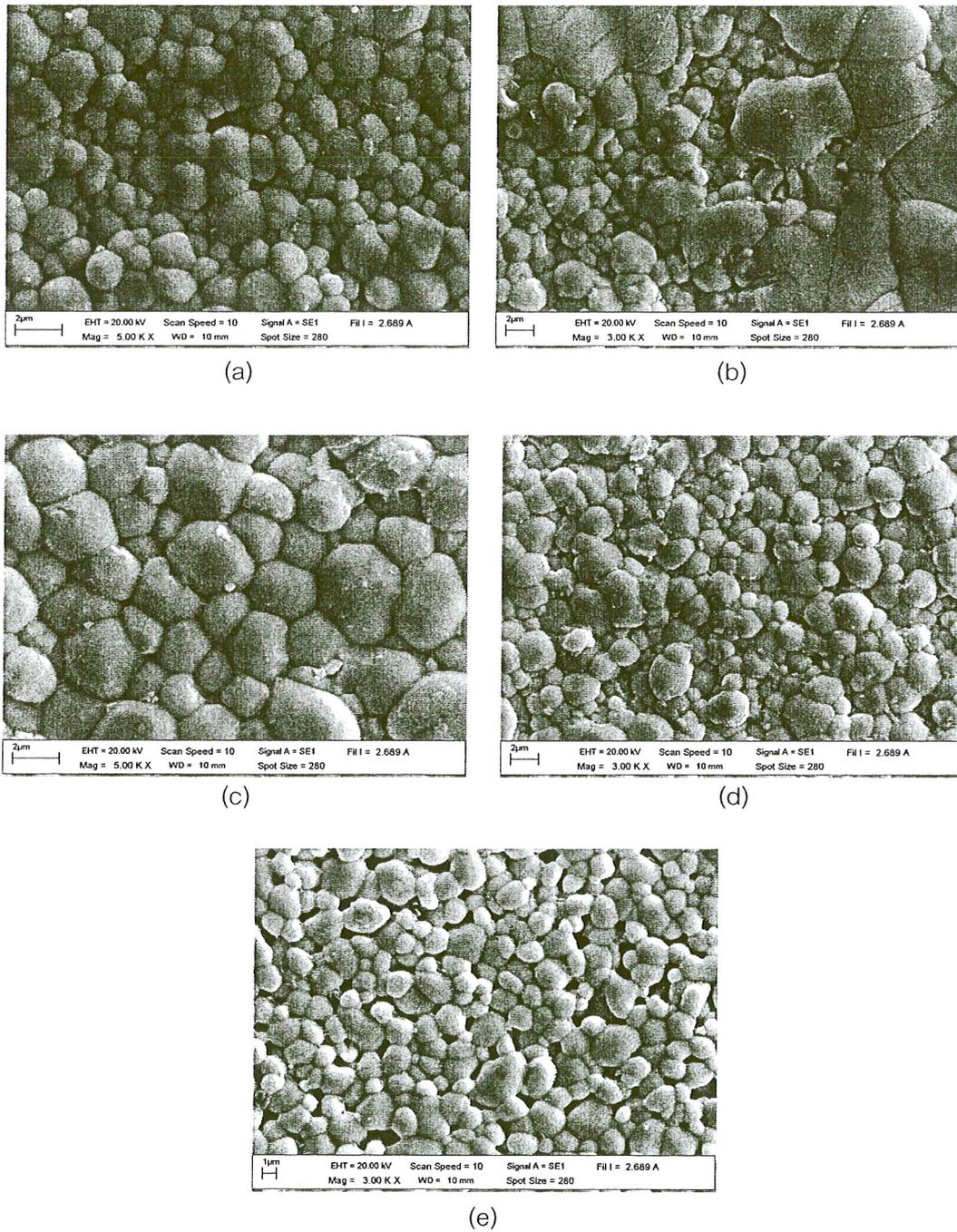
และ (e) $y=0$



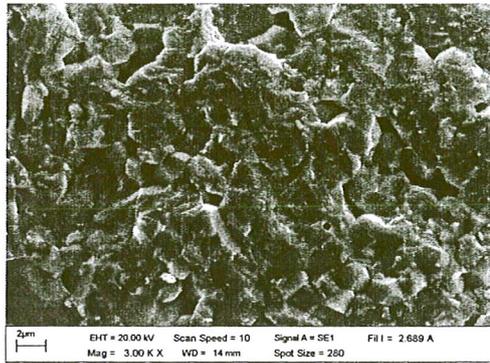
ภาพ 35 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผิวหน้าเซรามิก

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

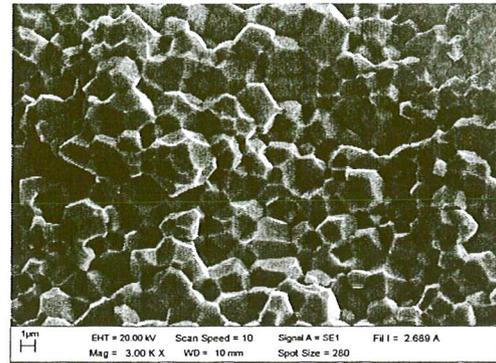
และ (e) $y=0$



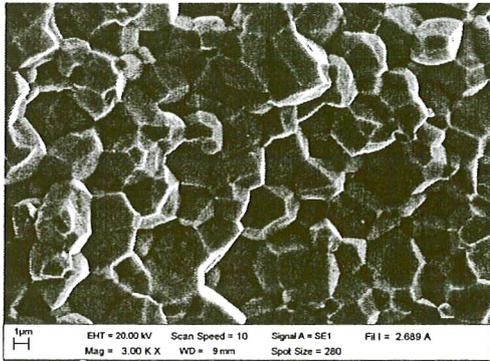
ภาพ 36 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผิวหน้าเซรามิก $(\text{Pb}_{0.9}\text{Ba}_{0.1})(\text{Zr}_{1-y}\text{Tiy})\text{O}_3$ โดยที่ (a) $y=1$, (b) $y=0.75$, (c) $y=0.5$ (d) $y=0.25$ และ (e) $y=0$



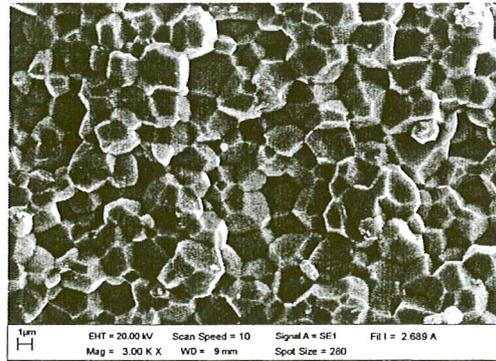
(a)



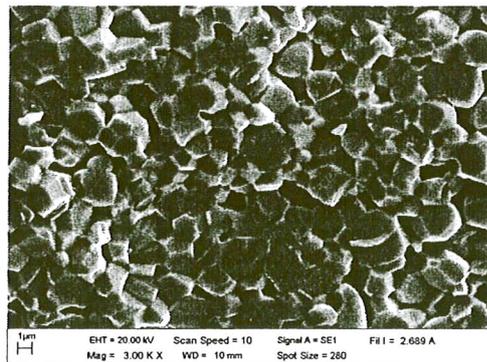
(b)



(c)



(d)

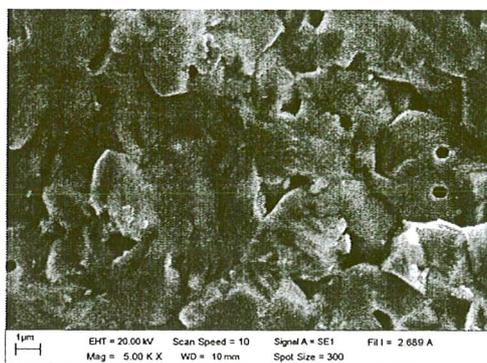


(e)

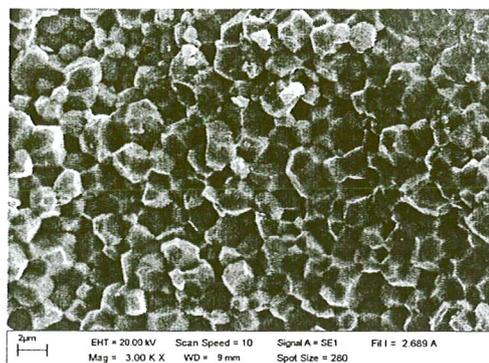
ภาพ 37 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของรอยหักเซรามิก

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

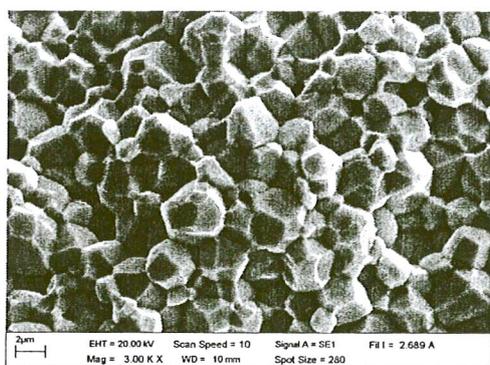
และ (e) $y=0$



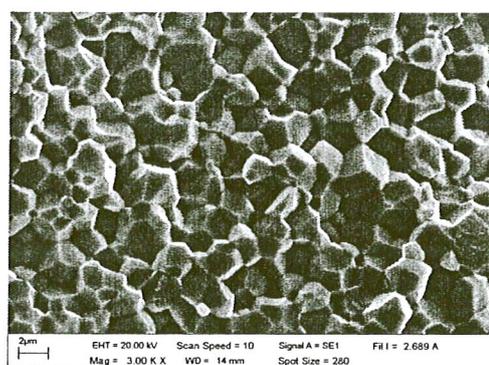
(a)



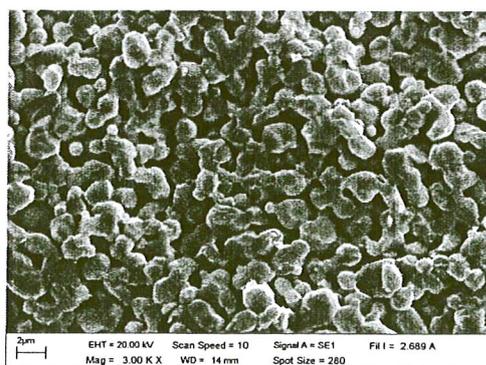
(b)



(c)



(d)

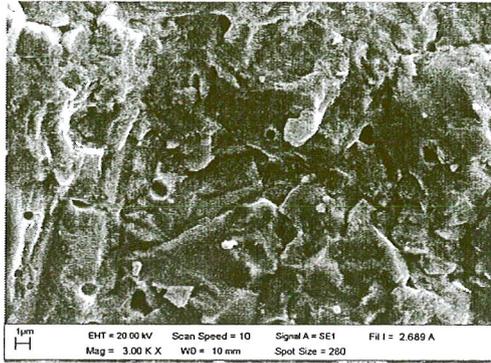


(e)

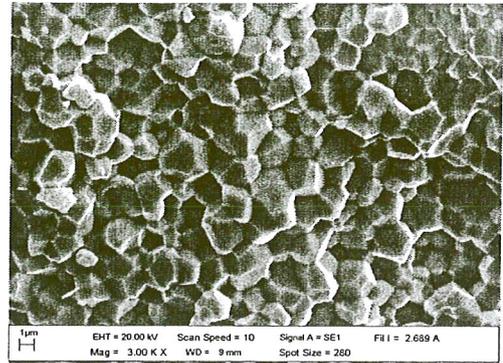
ภาพ 38 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของรอยหักเซรามิก

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

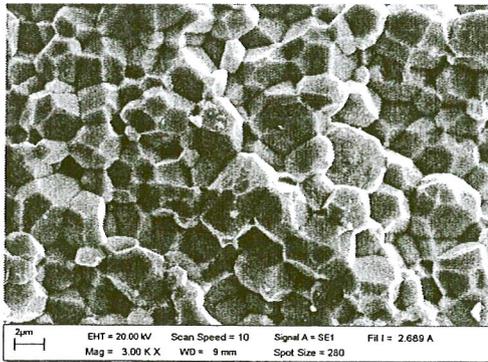
และ (e) $y=0$



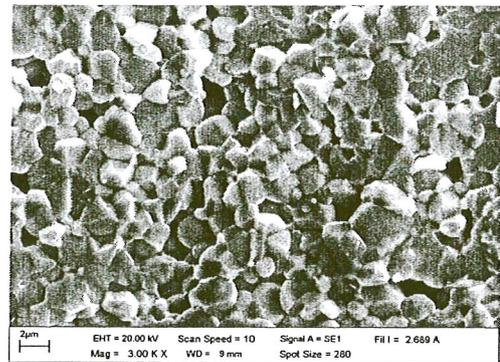
(a)



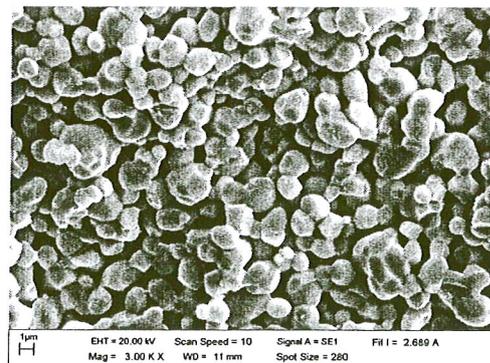
(b)



(c)



(d)



(e)

ภาพ 39 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของรอยหักเซรามิก

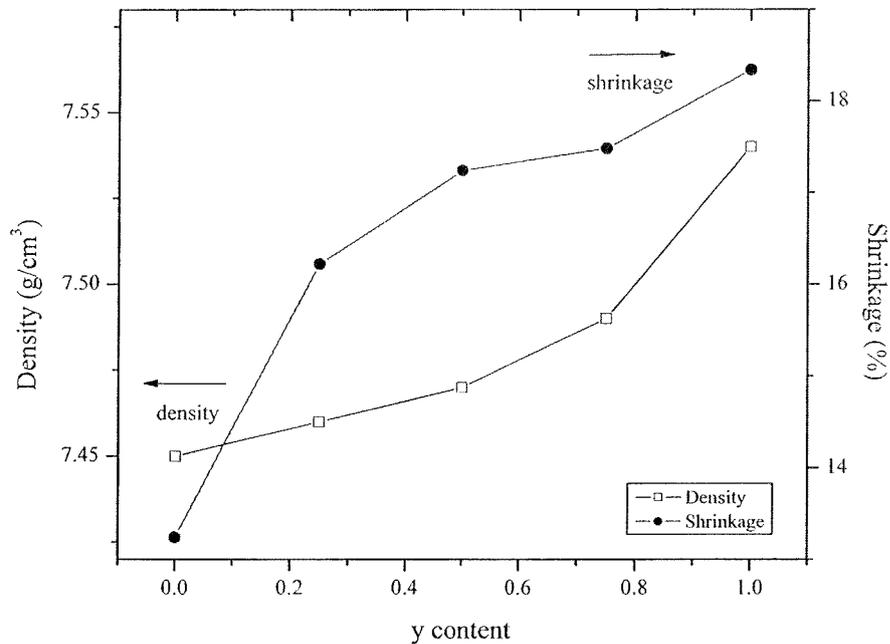
$(\text{Pb}_{0.9}\text{Ba}_{0.1})(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$ โดยที่ (a) $y=1$, (b) $y=0.75$, (c) $y=0.5$ (d) $y=0.25$ และ (e) $y=0$

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

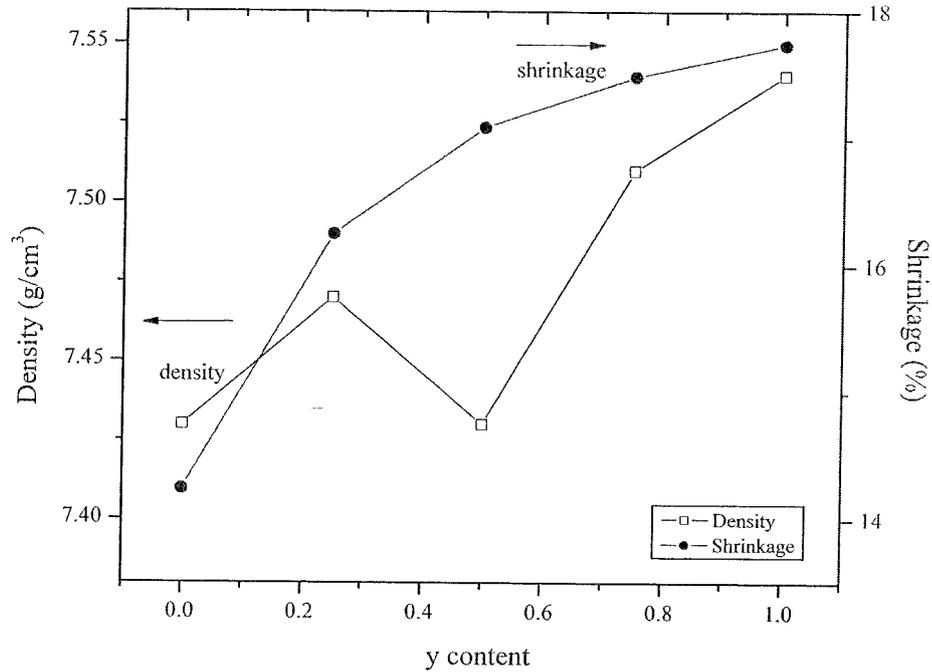
Compositions		Lattice parameter (Å)			c/a ratio	Average grain size (µm)	Unit cell volume	Density (g/cm ³)	Shrinkage (%)
x	y	a	b	c					
0.05	0	5.3422	11.4772	7.8583	-	2.08	481.8197	7.45	13.24
	0.25	-	-	-	-	2.11	-	7.46	16.22
	0.5	4.1382	4.1382	4.0357	1.0254	2.24	69.0357	7.47	17.24
	0.75	4.1364	4.1364	3.9678	1.0425	2.36	67.8883	7.49	17.48
	1	4.1158	4.1158	3.9137	1.0517	1.69	66.2873	7.54	18.34
0.075	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
	0.75	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
0.1	0	5.3634	11.4690	7.8802	-	1.90	485.8746	7.39	14.74
	0.25	-	-	-	-	2.17	-	7.43	16.27
	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

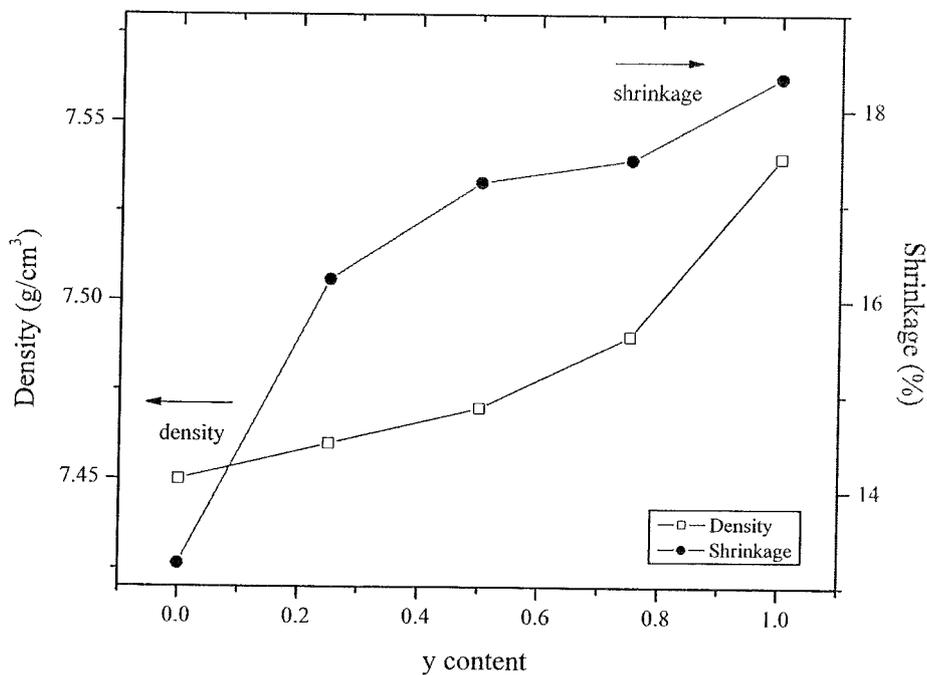
ค่าความหดตัวและความหนาแน่นของเซรามิกเลดแบเรียมเซอร์โคเนตไททานेटที่เตรียมโดยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง โดยอาศัยหลักการของอาร์คิมิดีส และจากสมการ (15) และ (16) แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าในทุกสัดส่วนของ x ค่าความหนาแน่นและความหดตัวมีค่าสูงสุดที่ปริมาณ $y=1$ ซึ่งเมื่อปริมาณของ x เท่ากันค่าความหดตัวและความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของ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



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 $(\text{Pb}_{0.925}\text{Ba}_{0.075})(\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y)\text{O}_3$ ที่ปริมาณ $0 \leq y \leq 1$



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