

บทที่ 4

ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึงสมบัติทางกายภาพของแก้ว คือ ลักษณะเนื้อและสีของแก้ว ความหนาแน่น ค่าครรชนหักเห การดูดกลืนแสงยูวี-วิสิเบิล และค่าไดอิเล็กทริก ลักษณะโครงสร้างของแก้ว คือ โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยแตกของแก้ว ที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด การวิเคราะห์องค์ประกอบของแก้วด้วยเทคนิคเอ็นเอ็กซ์เรย์สเปกโตรสโกปี (EDS) และการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) ที่ได้จากการทดลอง ซึ่งได้ผลการวิจัยดังนี้ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพ และโครงสร้างของแก้วบริสุทธิ์ที่เจือด้วยโครเมียม

4.1 สมบัติทางกายภาพ

4.1.1 ลักษณะของเนื้อแก้วที่ได้จากการทดลอง

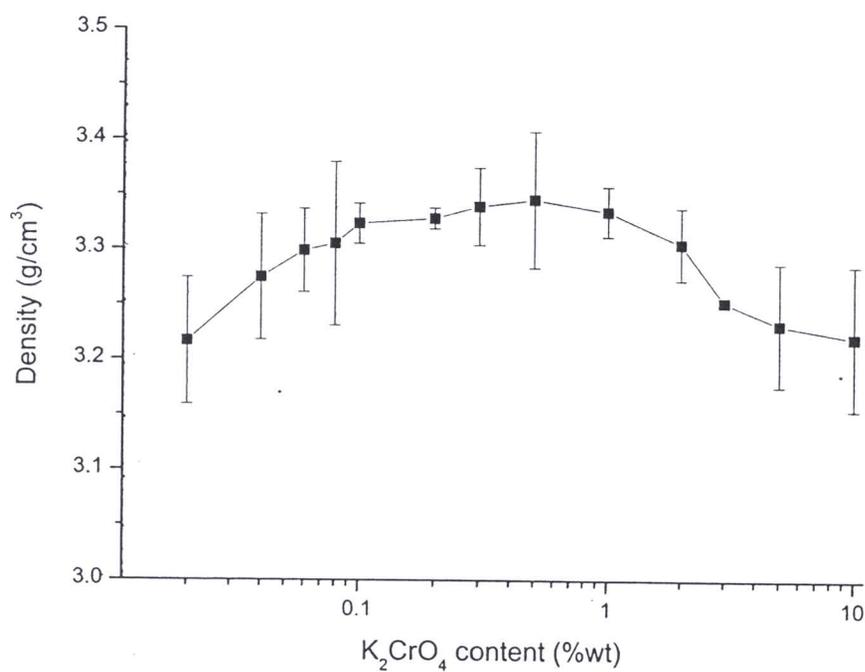
ลักษณะของแก้วที่ได้ในการทดลองนี้เป็นดังรูปที่ 4.1 โดยแก้วที่ไม่ได้เจือโครเมียมจะได้เนื้อใสไม่มีสี แต่มีการแยกชั้นเป็นสีน้ำตาลใส ซึ่งอาจเกิดจากการสารที่ใช้ในการเตรียมมีความบริสุทธิ์ต่ำ ส่วนแก้วที่เจือโครเมียมจะมีสีเขียวใส และมีสีเข้มขึ้นตามปริมาณของโครเมียมที่เจือ จนกระทั่งปริมาณ K_2CrO_4 3%wt แก้วจะเริ่มมีเนื้อขุ่นปนอยู่ด้วย โดยแก้วที่เจือโครเมียมจะมีความเป็นเนื้อเดียวกัน ยกเว้นแก้วที่มีปริมาณ K_2CrO_4 มากกว่า 2%wt ซึ่งจะมีริ้วขุ่นปนอยู่ และแก้วที่มีปริมาณ K_2CrO_4 10%wt จะมีการแยกชั้นของแก้วที่มีความขุ่นมากออกมาด้านบน และมีปริมาณ K_2CrO_4 ส่วนเกิน เหลือที่ผิวด้านบนอีกด้วย

4.1.2 ความหนาแน่นของแก้ว (Density)

ผลความหนาแน่นของแก้วที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 ซึ่งจะพบว่าความหนาแน่นของแก้วจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของ K_2CrO_4 จนถึง 1 %wt ค่าความหนาแน่นจะลดลงเนื่องจากเกิดรูพรุนขึ้นในเนื้อแก้ว โดยค่าที่ได้อยู่ระหว่าง $3.207 - 3.335 \text{ g/cm}^3$ และมีค่าสูงสุดเป็น 3.335 g/cm^3 เมื่อมีปริมาณ K_2CrO_4 0.5 % wt

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความหนาแน่นของแก้วบิสมาท์ที่เจือด้วยโครเมียม

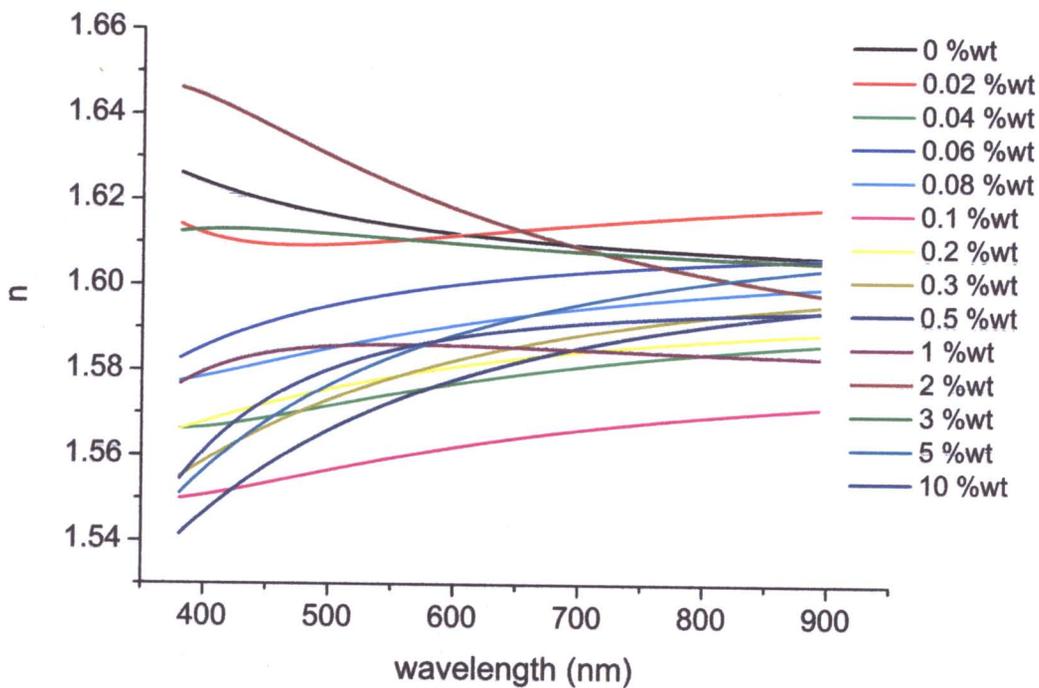
ปริมาณ K_2CrO_4 (%wt)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
0	3.207
0.02	3.217
0.04	3.274
0.06	3.299
0.08	3.305
0.10	3.323
0.20	3.328
0.30	3.334
0.50	3.335
1.00	3.334
2.00	3.305
3.00	3.252
5.00	3.231
10.00	3.220



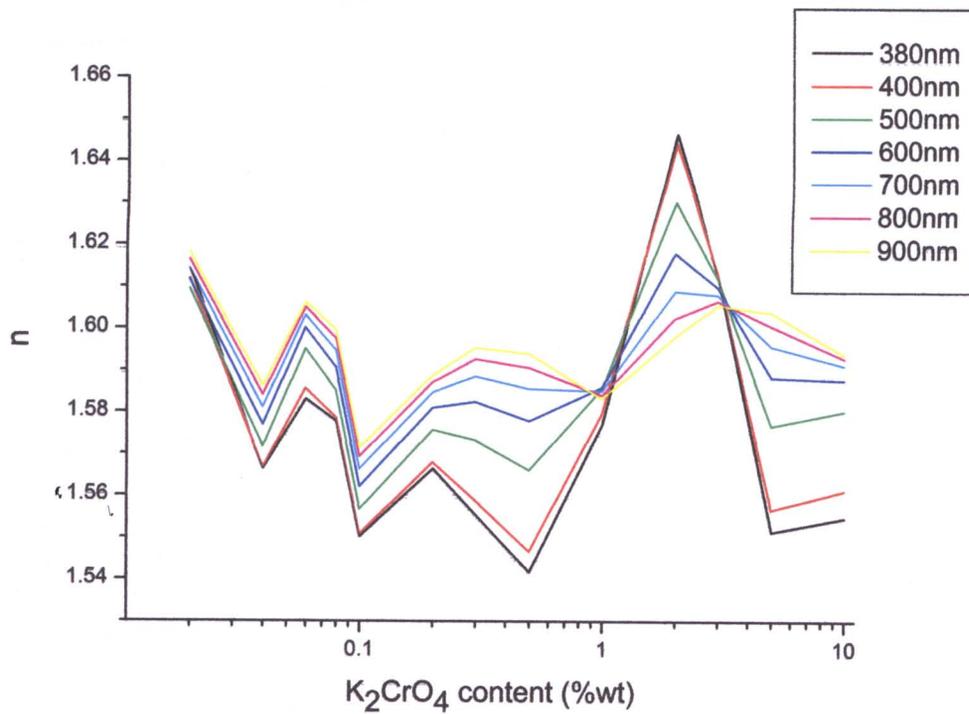
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของแก้วและปริมาณบิสมาท์ที่เจือลงในแก้ว

4.1.3 ครรชนีหักเหของแก้ว (Refractive Index)

ค่าครรชนีหักเหของแก้วที่วัดด้วยเครื่อง ellipsometer ซึ่งเป็นการวัดค่าครรชนีหักเห ในช่วงความถี่แสง 380-900 nm แสดงดังรูปที่ 4.3 ซึ่งค่าครรชนีหักเหที่ได้ จะอยู่ระหว่าง 1.54-1.65 ค่าครรชนีหักเหของแก้วแสดงตามปริมาณของ K_2CrO_4 แสดงดังรูปที่ 4.4 และค่าครรชนีหักเหของแสงที่มีความยาวคลื่น 589.3 nm (ความยาวคลื่นแสงของหลอดโซเดียม) ที่ได้จากเครื่อง ellipsometer และ refractometer โดยในตัวอย่างที่มีปริมาณ K_2CrO_4 มากกว่า 1%wt ไม่สามารถทำการวัดด้วยเครื่อง refractometer ได้ เนื่องจากมีสีเข้ม ทำให้แสงส่องผ่านไปได้น้อย ไม่เพียงพอต่อการวัดค่า แสดงตารางที่ 4.2 ซึ่งค่าครรชนีหักเหที่ได้จะเห็นว่าไม่มีแนวโน้มแตกต่างที่ชัดเจน แสดงว่าปริมาณ K_2CrO_4 ที่เจือลงในแก้ว มีผลต่อค่าครรชนีหักเหของแก้วน้อยมาก หรือไม่มีเลย เนื่องจากการเจือเข้าไปที่ปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าครรชนีหักเหของแก้วและความยาวคลื่นแสง



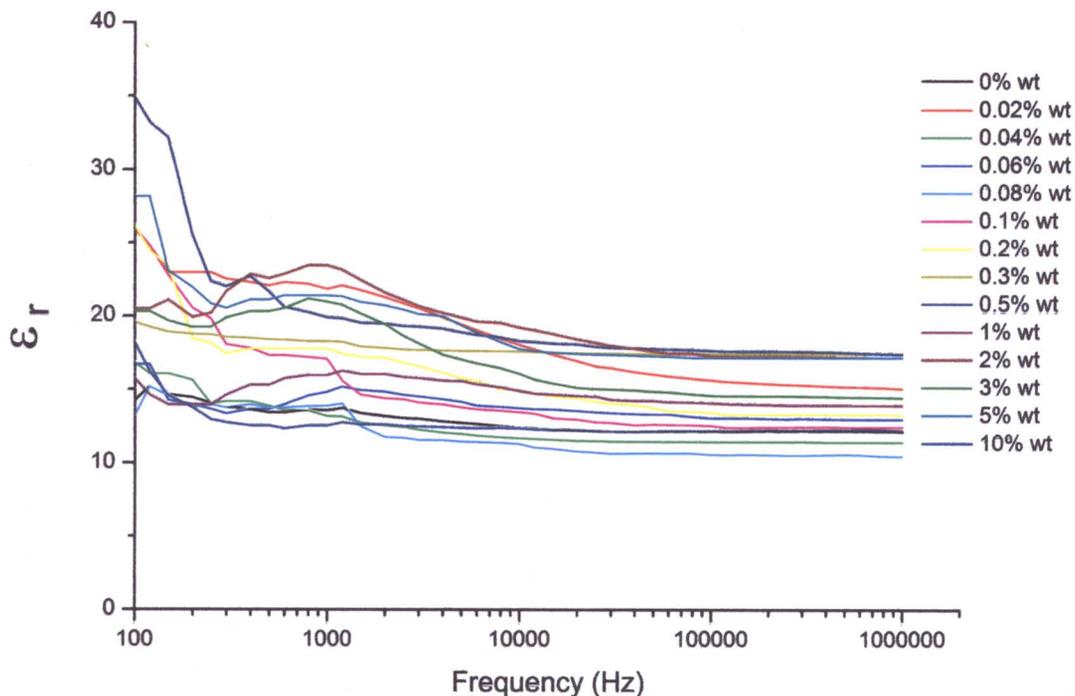
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีหักเหของแก้วและปริมาณบิสมีทที่เจือลงในแก้ว

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าดัชนีหักเหของแก้วที่ความยาวคลื่น 589.3 nm

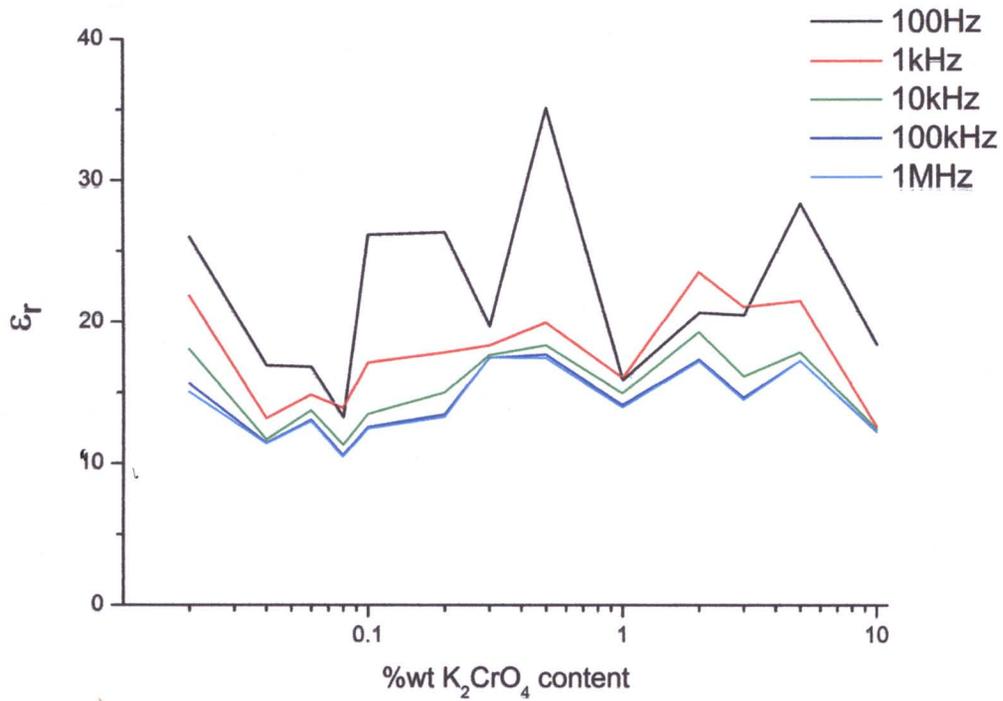
ปริมาณ K_2CrO_4 (%wt)	ดัชนีหักเหที่ความยาวคลื่น 589.3 nm (ellipsometer)	ดัชนีหักเหที่ความยาวคลื่น 589.3 nm (refractometer)
0	1.613	1.6327
0.02	1.612	1.6082
0.04	1.577	1.6282
0.06	1.600	1.5931
0.08	1.590	1.6232
0.1	1.562	1.6235
0.2	1.581	1.6117
0.3	1.582	1.6033
0.5	1.577	1.6091
1	1.586	1.6261
2	1.619	-
3	1.610	-
5	1.587	-
10	1.587	-

4.1.4 ผลการตรวจสอบสมบัติไดอิเล็กทริกและค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริก (Dielectric Properties and Dielectric loss)

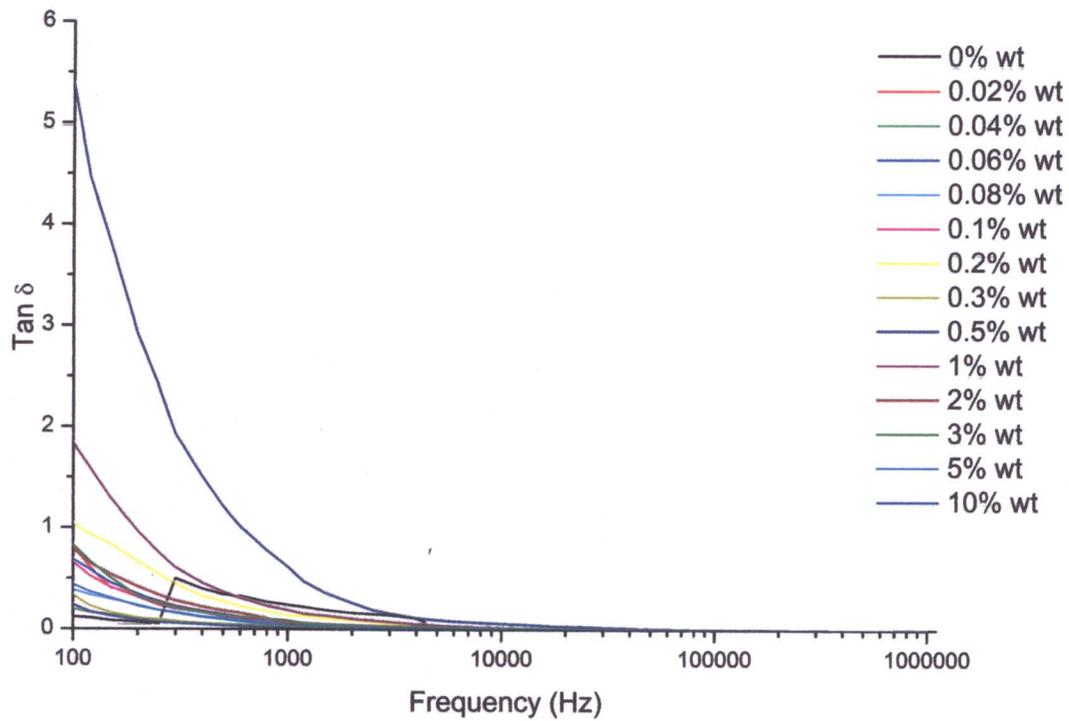
ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (relative permittivity, ϵ_r) ในช่วงความถี่ 100Hz - 1MHz ของแก้ว แสดงดังรูปที่ 4.5 ซึ่งจะพบว่าเมื่อความถี่มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของแก้วจะมีค่าลดลง โดยเมื่อมีปริมาณ K_2CrO_4 ระหว่าง 0.02-0.08%wt ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณของ K_2CrO_4 เมื่อเจือ K_2CrO_4 ระหว่าง 0.1-2%wt ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณ K_2CrO_4 เพิ่มขึ้น และเมื่อมีปริมาณ K_2CrO_4 มากกว่า 2 %wt เมื่อปริมาณ K_2CrO_4 เพิ่มขึ้น ค่าไดอิเล็กทริกจะมีค่าลดลง แสดงดังรูป 4.6 และค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริกของแก้ว แสดงดังรูปที่ 4.7 โดยที่เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริกจะมีค่าลดลง โดยค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริกที่ได้จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณ K_2CrO_4 เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และ 4.9



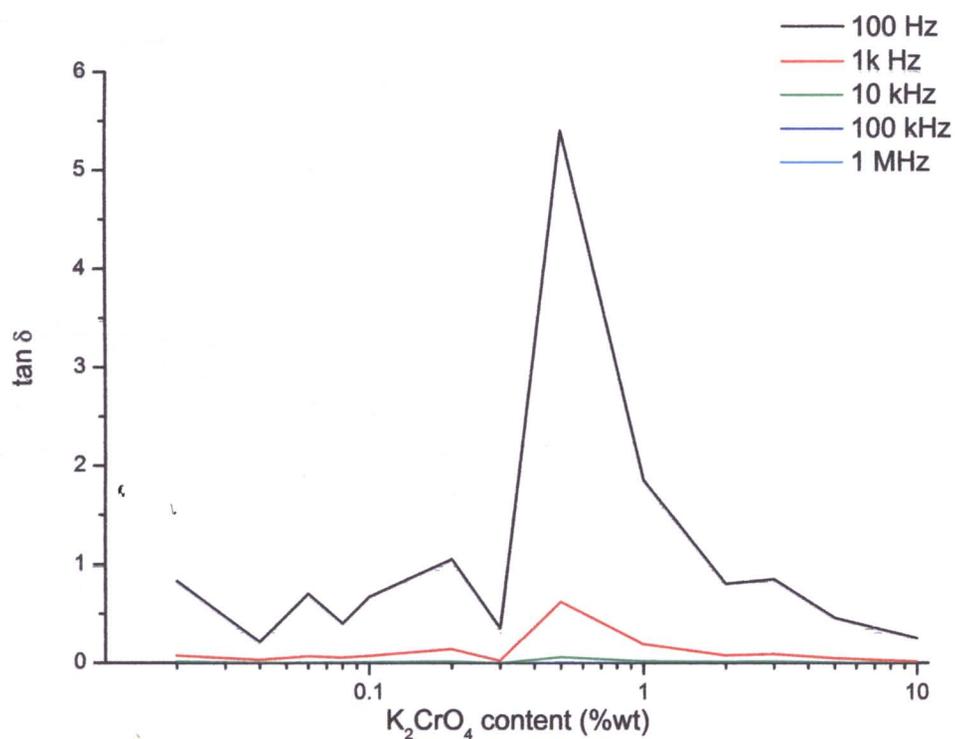
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและความถี่



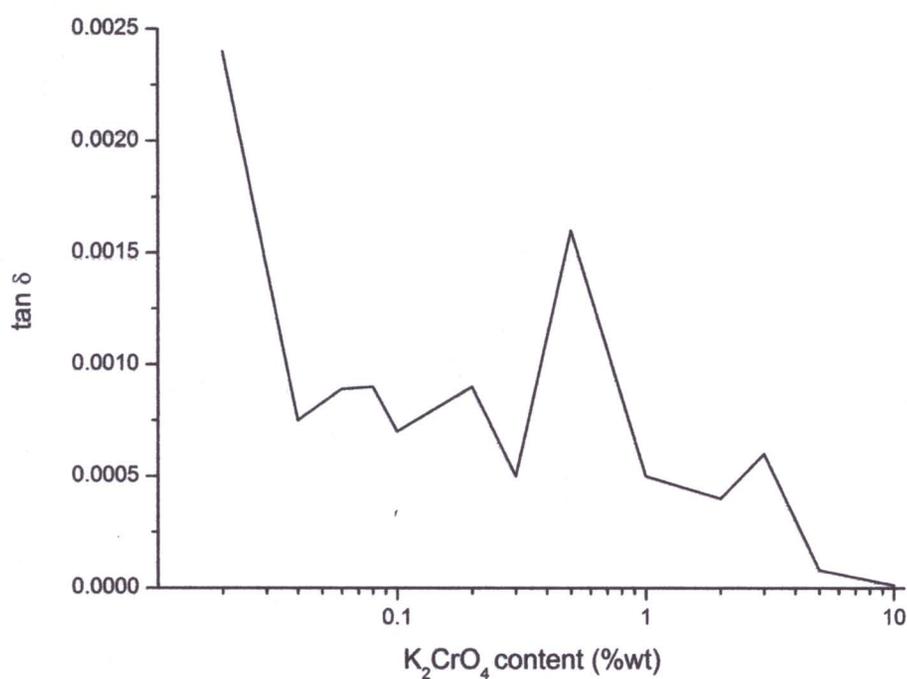
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและปริมาณ โครเมียมที่เจือในแก้ว



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริกและความถี่



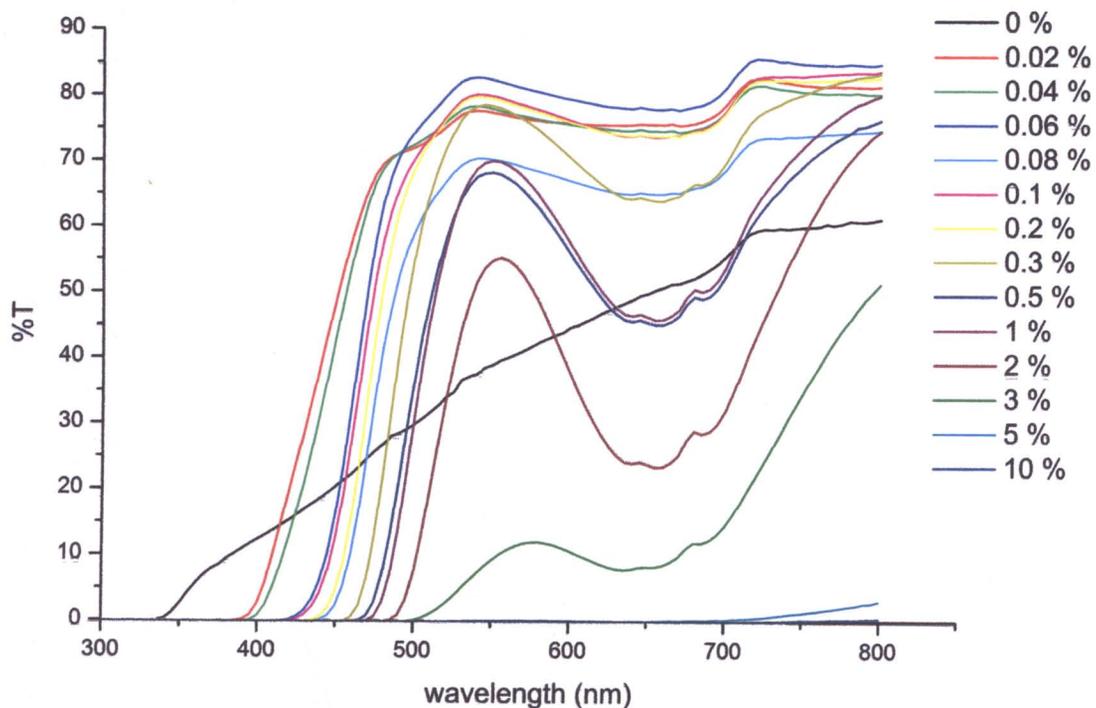
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริกและปริมาณ โครเมียมที่เจือในแก้ว



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสูญเสียไดอิเล็กทริกและปริมาณ โครเมียมที่เจือในแก้ว ที่ความถี่ 1MHz

4.15 การดูดกลืนแสงยูวี-วิสิเบิล

ผลการวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรมิเตอร์ พบว่าตัวอย่างแก้วที่เจือด้วยโครเมียม ทุกตัวดูดกลืนแสงอุลตราไวโอเลต โดยมีขอบการดูดกลืนกระจายช่วงแสงสีน้ำเงิน ถึงแสงสีเขียว ในตัวอย่างที่เจือด้วยโครเมียมมากขึ้น ความยาวคลื่นที่ขอบการดูดกลืนจะเลื่อนสูงขึ้น จากสเปกตรัม การดูดกลืนแสงจะสังเกตเห็นได้ว่าพีคการดูดกลืนต่ำสุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 530-570 nm ซึ่งแสดงลักษณะสีของตัวอย่างแก้วที่ส่วนผสมนั้น ๆ โดยที่ตัวอย่างแก้วเจือด้วยโครเมียมความ เข้มข้นสูงจะมีสีเขียวเข้มมากขึ้น และการดูดกลืนแสง แก้วที่มีปริมาณ K_2CrO_4 เพิ่มขึ้นก็จะมีค่าการ ดูดกลืนแสงมากขึ้นด้วย จนกระทั่งมีปริมาณ K_2CrO_4 10 %wt เกิดการดูดกลืนแสงทั้งหมด



รูปที่ 4.10 แสดงการส่องผ่านของแสงผ่านแก้วที่มีความยาวคลื่น 300-800 nm

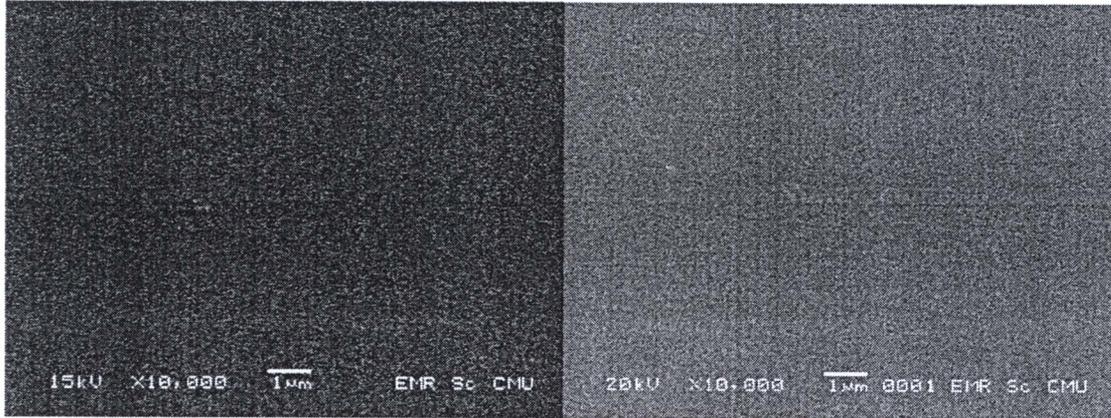
4.2 โครงสร้างของแก้ว

4.2.1 โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยแตกของแก้ว

โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.11-4.24 ซึ่งจะพบว่าเมื่อมีเจือ K_2CrO_4 ลงในแก้ว เนื้อแก้วจะมีผลึกบนอยู่หรืออาจมีลักษณะที่เกิดการแยกตัวของเฟสที่สองออกมา โดย อาจจะมีลักษณะที่แตกต่างกันไป โดยผลึกที่เกิดจะมีขนาดเล็กกว่าหรือใกล้เคียงความยาวคลื่นแสง



ทำให้แก้วยังคงมีความใสอยู่ และในแก้วที่เจือ K_2CrO_4 1-10%wt จะเกิดรูพรุนขึ้นในเนื้อแก้ว โดยในขนาดของรูพรุนจะโตขึ้นเมื่อปริมาณของ K_2CrO_4 เพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มการเกิดรูพรุนอยู่บริเวณรอบก้อนผลึก และการเกิดของรูพรุนนี้จะมีขนาดโตขึ้นจนใหญ่กว่าความยาวคลื่นแสงเมื่อมีปริมาณ K_2CrO_4 3%wt ขึ้นไป ทำให้แก้วที่ได้เริ่มทึบแสง



รูปที่ 4.11 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 0 %wt K_2CrO_4

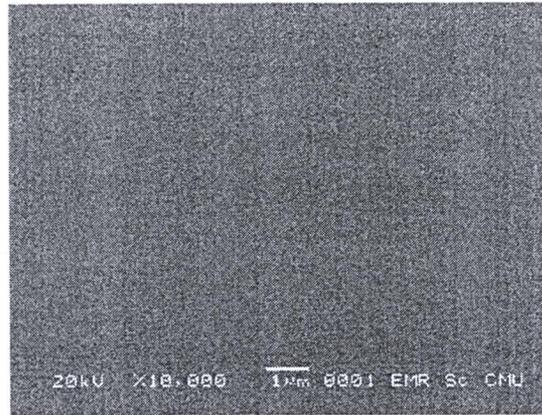
จากรูปที่ 4.11 จะเห็นว่าผิวบริเวณรอยแตกของแก้วที่ไม่ได้เจือ K_2CrO_4 มีลักษณะที่ค่อนข้างเรียบ มีผลึกปนอยู่เล็กน้อย



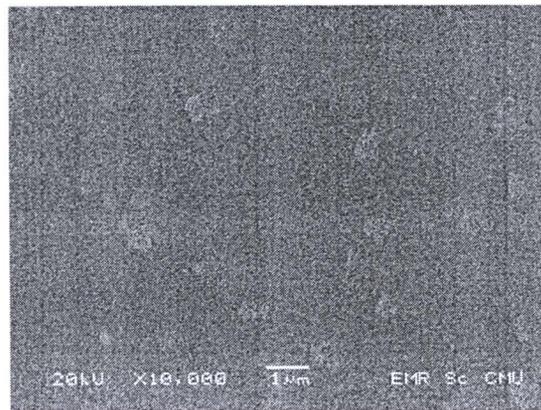
รูปที่ 4.12 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 0.02 %wt K_2CrO_4

จากรูปที่ 4.12-4.16 จะพบว่าผิวบริเวณรอยแตกของแก้วมีแนวโน้มของผลึกแทรกอยู่ในเนื้อแก้วเพิ่มมากขึ้นจากแก้วที่ไม่ได้เจือ K_2CrO_4 และจากรูปที่ 4.17 พบลักษณะของแผ่นผลึกเกาะกันเป็นกลุ่ม แทรกอยู่ในเนื้อแก้วที่เจือด้วย K_2CrO_4 0.2 % wt และในแก้วที่เจือด้วย K_2CrO_4 0.3 % wt และ 0.5 %wt เกิดการแยกเฟสของแก้วขึ้น โดยในแก้วที่เจือ K_2CrO_4 0.3 %wt เกิดเป็นลักษณะ

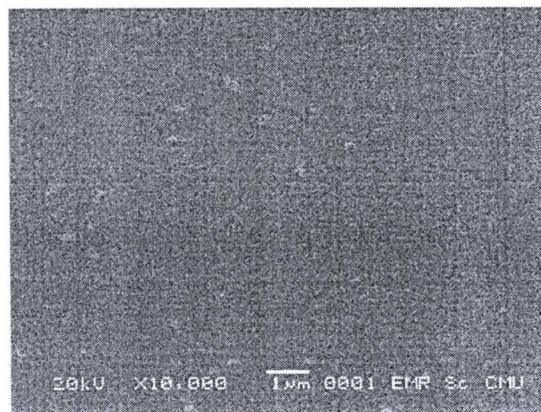
คล้ายคราบติดอยู่ และในแก้วที่เจือ K_2CrO_4 0.5 % wt ลักษณะเป็นเยื่อเกาะกันเป็นกลุ่มแทรกอยู่ในเนื้อแก้ว ดังรูปที่ 4.18-4.19



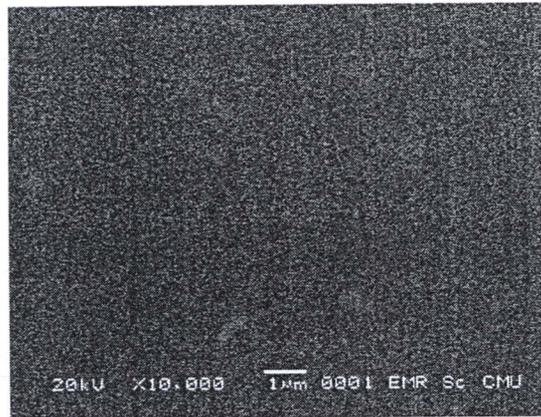
รูปที่ 4.13 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 0.04 %wt K_2CrO_4



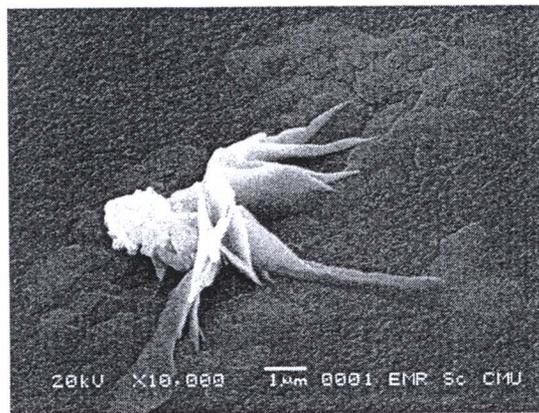
รูปที่ 4.14 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 0.06 %wt K_2CrO_4



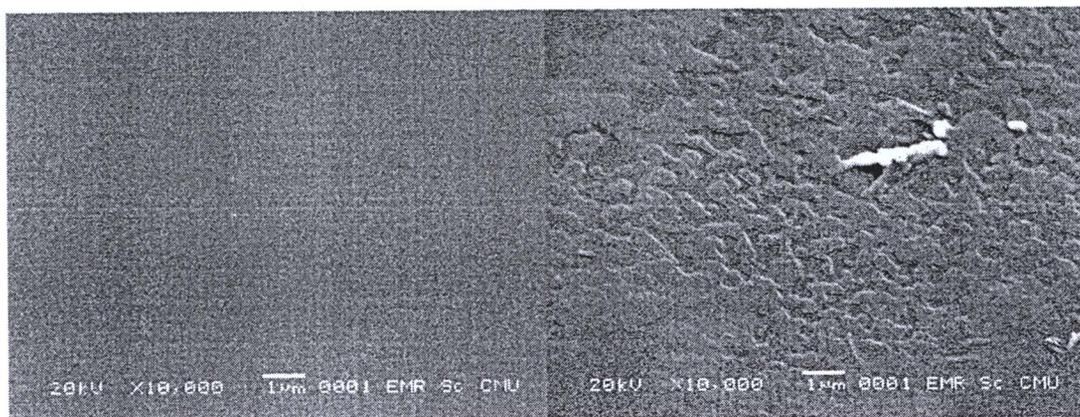
รูปที่ 4.15 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 0.08 %wt K_2CrO_4



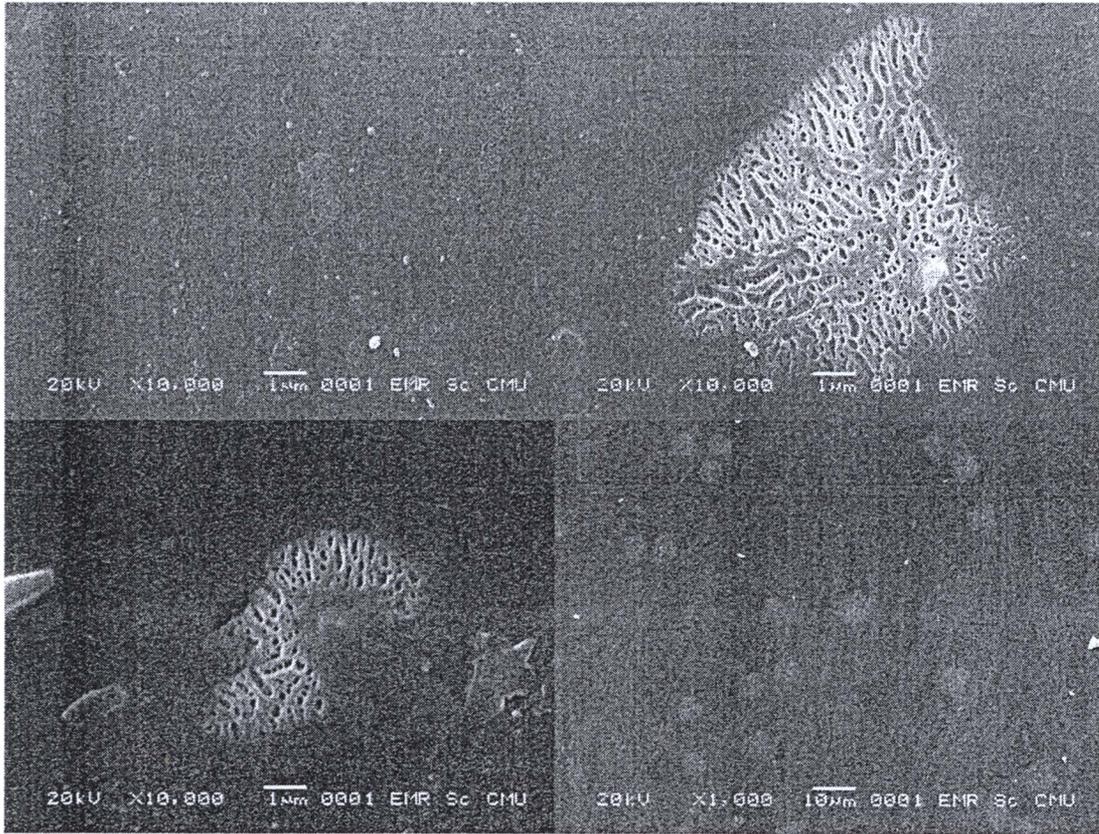
รูปที่ 4.16 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 0.1 %wt K_2CrO_4



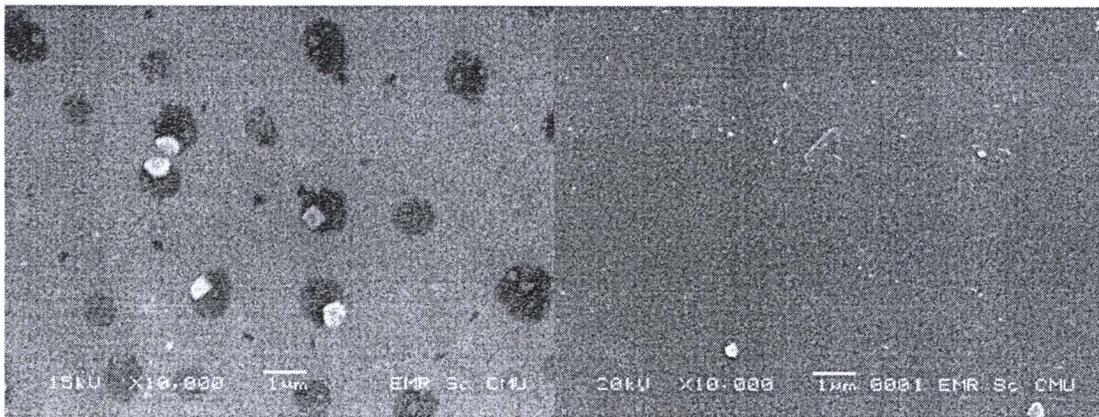
รูปที่ 4.17 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 0.2 %wt K_2CrO_4



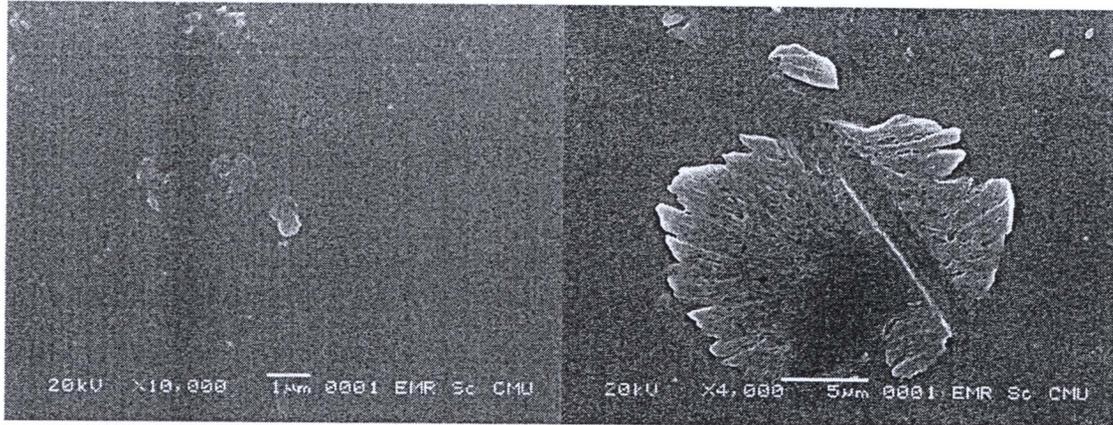
รูปที่ 4.18 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 0.3 %wt K_2CrO_4



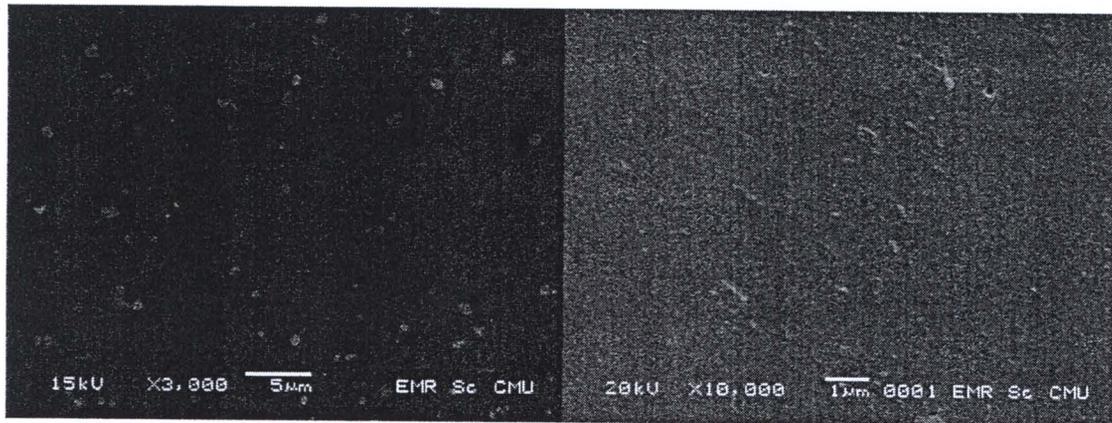
รูปที่ 4.19 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 0.5 %wt K_2CrO_4



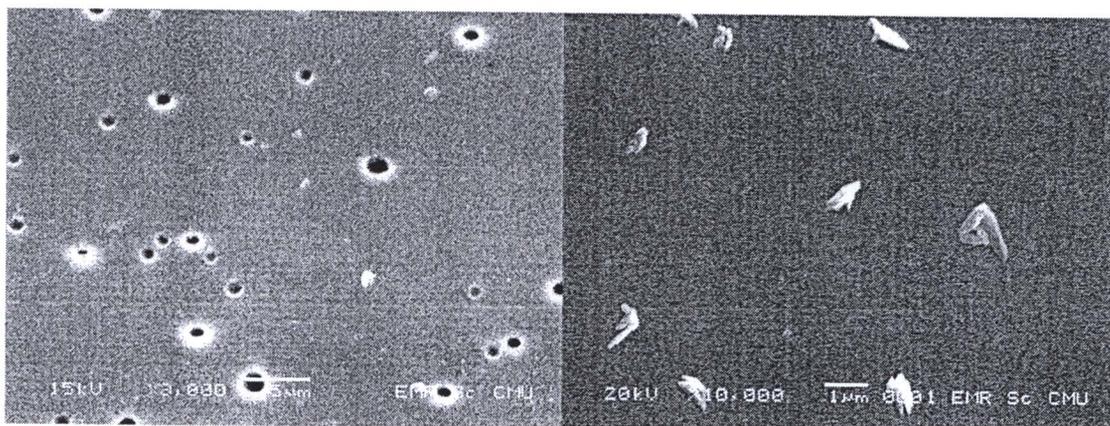
รูปที่ 4.20 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 1 %wt K_2CrO_4



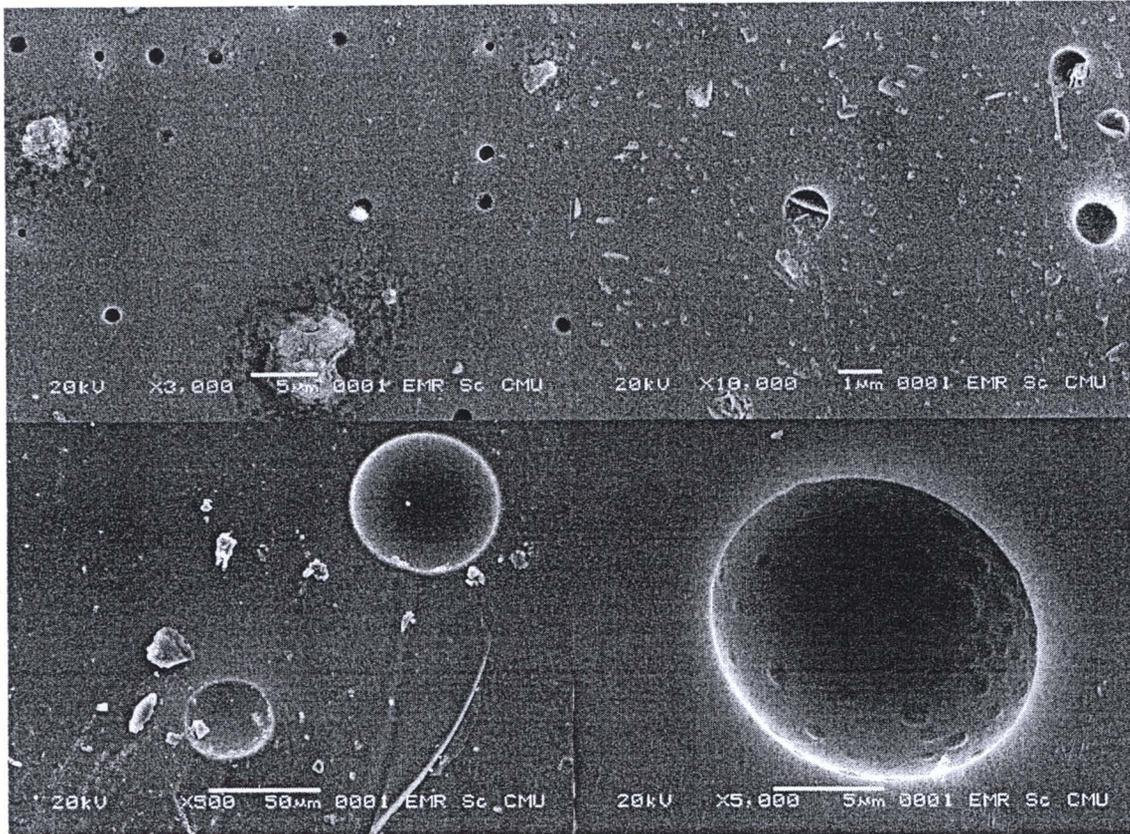
รูปที่ 4.21 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 2 %wt K_2CrO_4



รูปที่ 4.22 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 3 %wt K_2CrO_4



รูปที่ 4.23 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 5 %wt K_2CrO_4

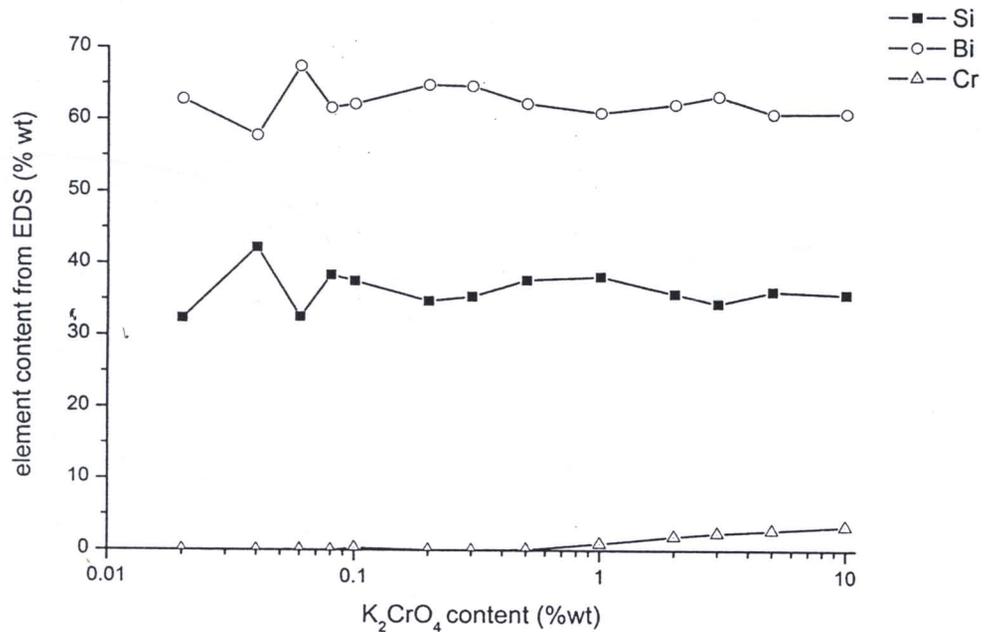


รูปที่ 4.24 โครงสร้างทางจุลภาคของแก้วที่เจือด้วย 10 %wt K_2CrO_4

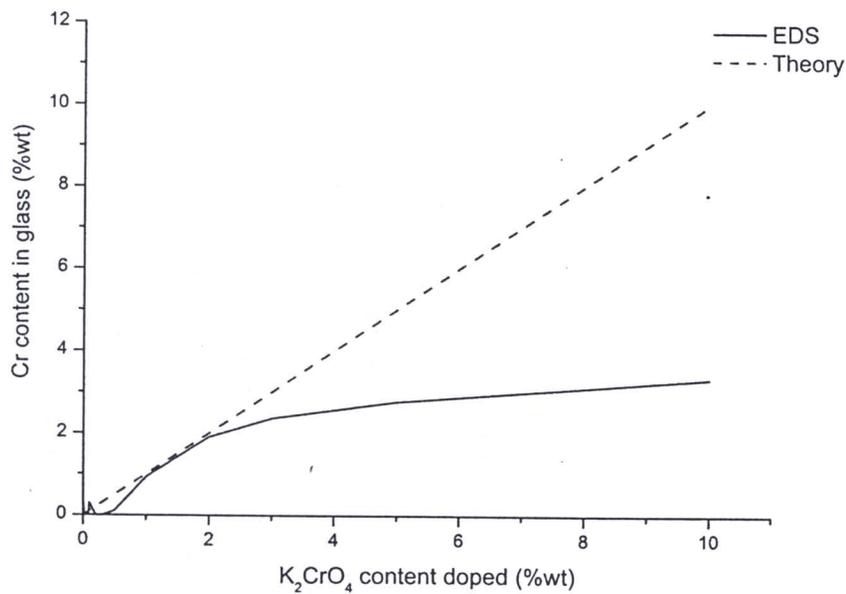
4.2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบของแก้วด้วยเทคนิคเอินนีจีดีสเพอร์ซีฟสเปคโตรสโกปี (EDS)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในเนื้อแก้วโดยเทคนิค EDS แสดงตามรูปที่ 4.25 ซึ่งจะพบปริมาณธาตุซิลิกอนและบิสมาทใกล้เคียงกันในแก้วทุกตัว และมีปริมาณโครเมียมเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ K_2CrO_4 เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.26 โดยปริมาณโครเมียมที่วัดได้จะมีค่าต่ำกว่าทฤษฎีเมื่อเจือ K_2CrO_4 มากกว่า 1 %wt เนื่องจากมีการแยกชั้นของโครเมียมออกมาในแก้วที่มีปริมาณ K_2CrO_4 มากๆ และในเนื้อแก้วอาจมีความไม่สม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อพิจารณาบริเวณรูพรุนของเนื้อแก้วที่เจือด้วย K_2CrO_4 10%wt จะพบว่า มีลักษณะเป็นปุ่มนูนขึ้นมามากภายในรูพรุน และเมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS จะพบปริมาณของธาตุดังรูปที่ 4.27 ซึ่งจะเห็นว่าบริเวณภายนอกจะมีปริมาณของโครเมียมน้อยกว่าภายในรูพรุน โดยที่บริเวณปุ่มที่นูนออกมาจะมีปริมาณโครเมียมมากที่สุด ทำให้เห็นว่าโครเมียมพยายามที่จะเข้าไปรวมตัวกับธาตุอื่นๆภายในแก้วและแยกตัวออกมา ซึ่งเมื่อพิจารณาพร้อมกับการเกิดรูพรุนที่จะเกิดโดยรอบผลึก ทำให้สันนิษฐานได้ว่ากลุ่มธาตุที่โครเมียมไปแยกตัวออกมานั้นมีความพยายามที่จะเกิดเป็นผลึกขึ้นภายในเนื้อแก้ว แต่เมื่อวิเคราะห์บริเวณ

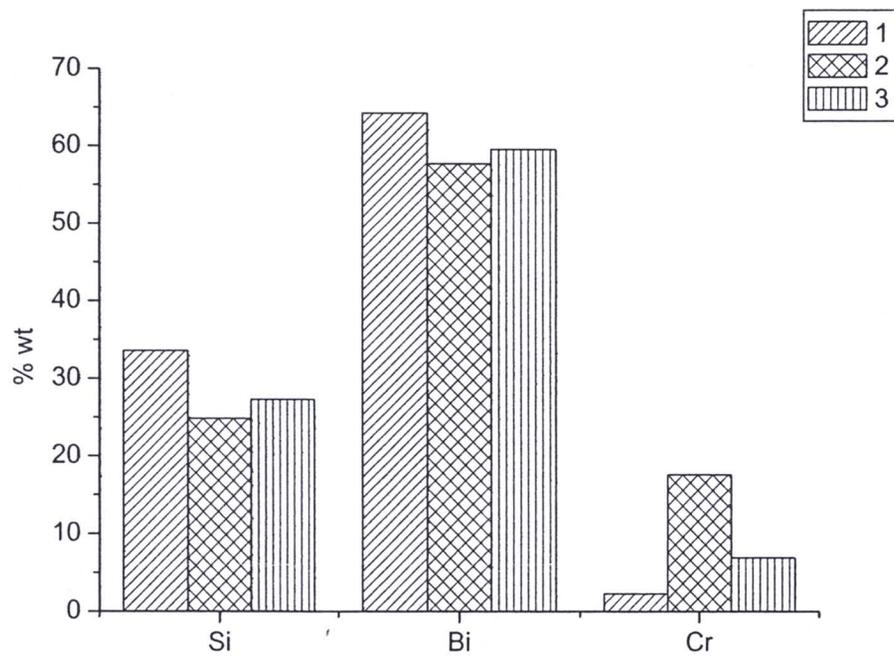
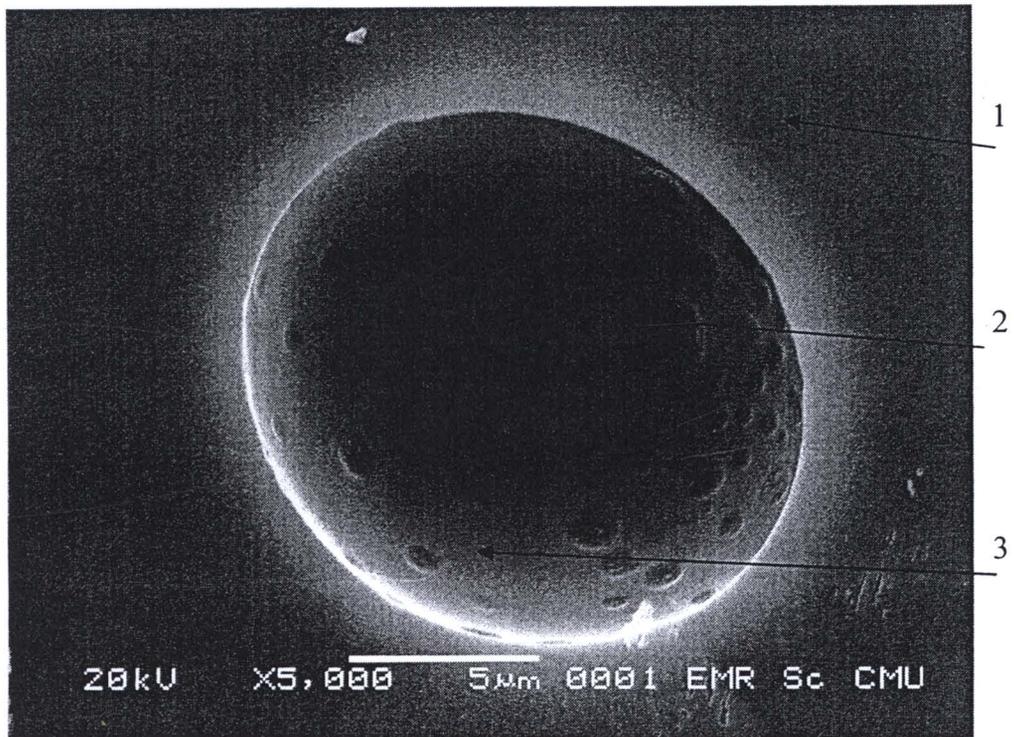
ผลึกที่แยกออกมา ไม่สามารถเห็นความแตกต่างขององค์ประกอบธาตุกับบริเวณอื่นๆ เนื่องจากผลึกที่เกิดขึ้นอาจมีความบาง ทำให้การวิเคราะห์ทะลุลงไปวัดปริมาณธาตุด้านล่างด้วย หรืออาจเกิดความคลาดเคลื่อนของจุดที่วิเคราะห์ เนื่องจากผลึกที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็ก



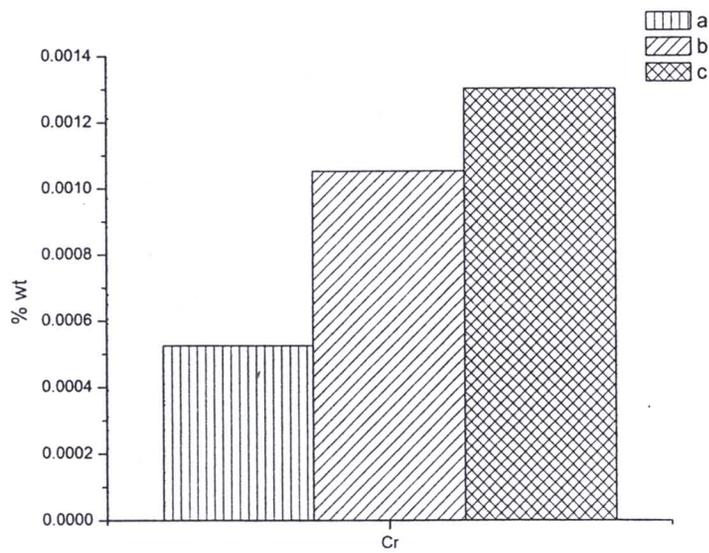
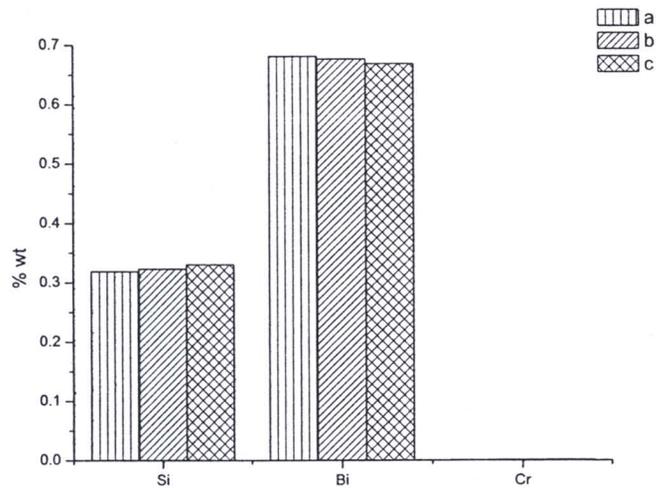
รูปที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของธาตุที่วัดได้ด้วยเทคนิค EDS และปริมาณ K_2CrO_4 ที่เจือในแก้ว



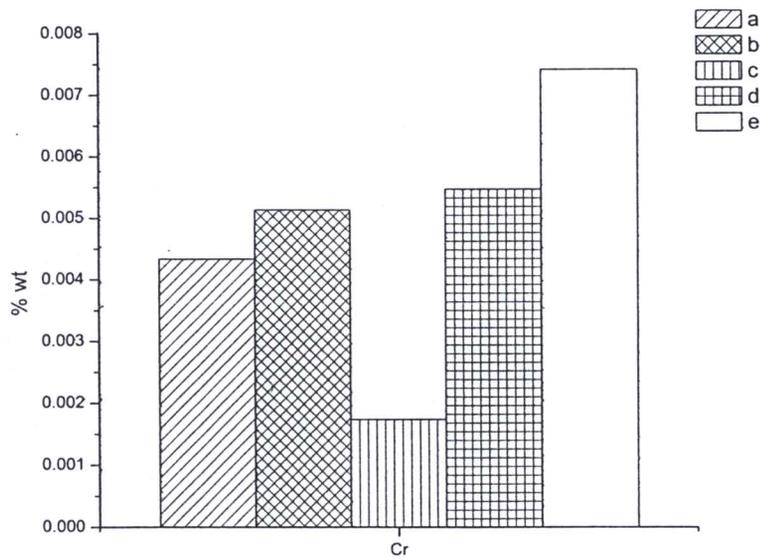
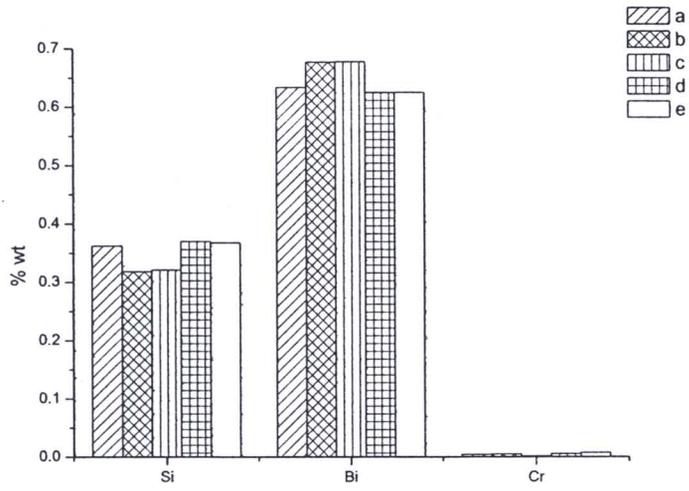
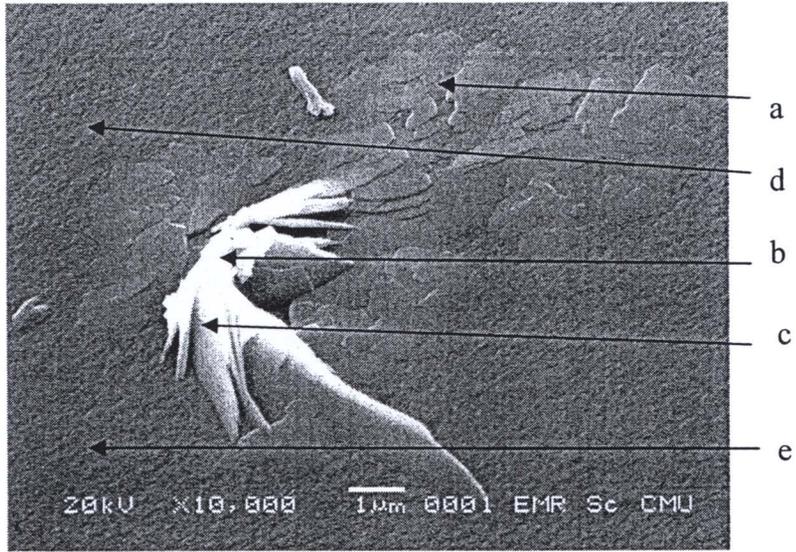
รูปที่ 4.26 แสดงปริมาณโครเมียมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS และ ปริมาณ K_2CrO_4 ที่เจือในแก้ว



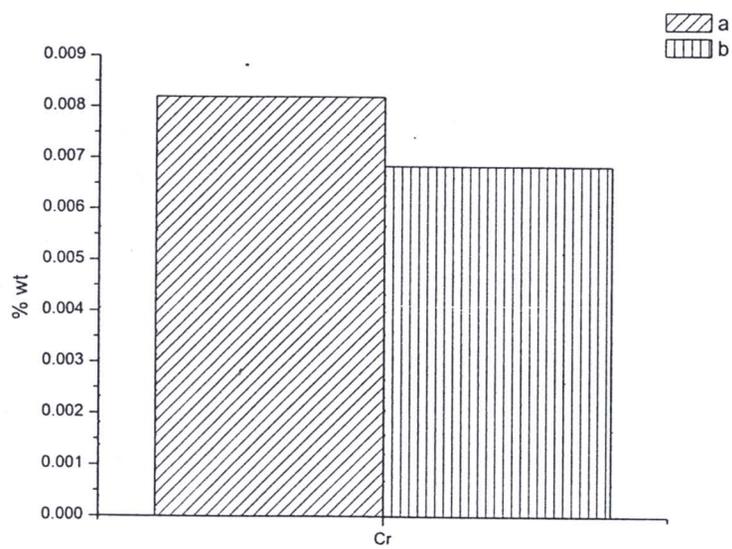
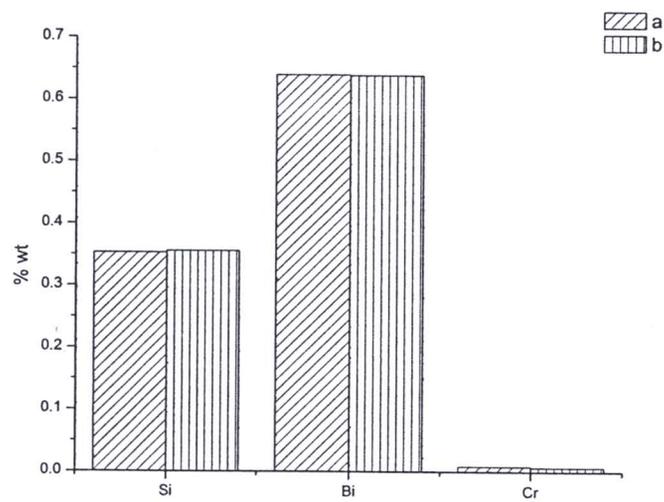
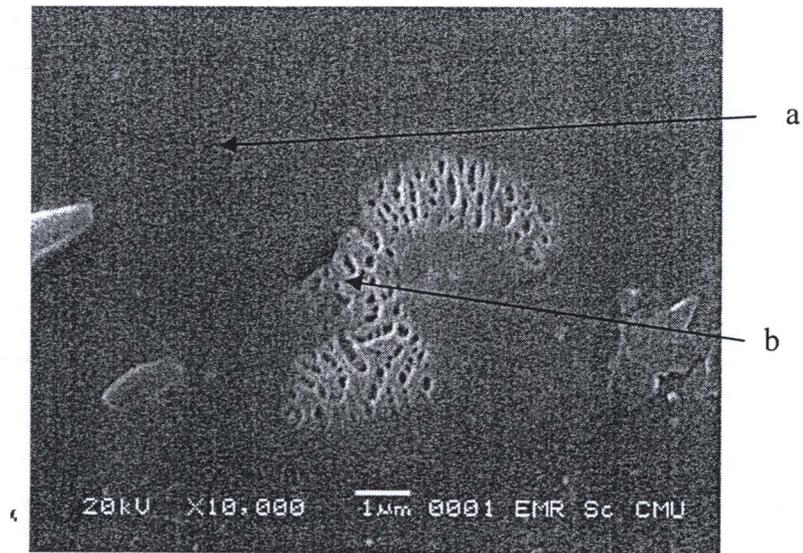
รูปที่ 4.26 แสดงปริมาณธาตุในบริเวณต่างๆด้วยซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS ในแก้วที่เจือ K_2CrO_4 10 % wt



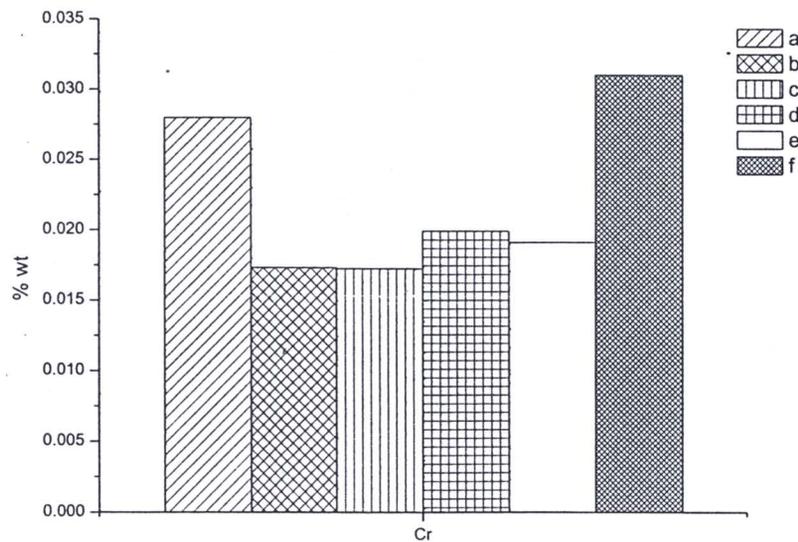
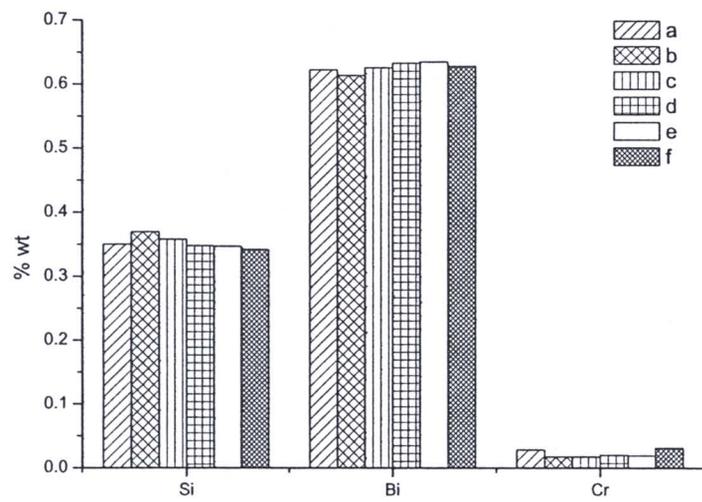
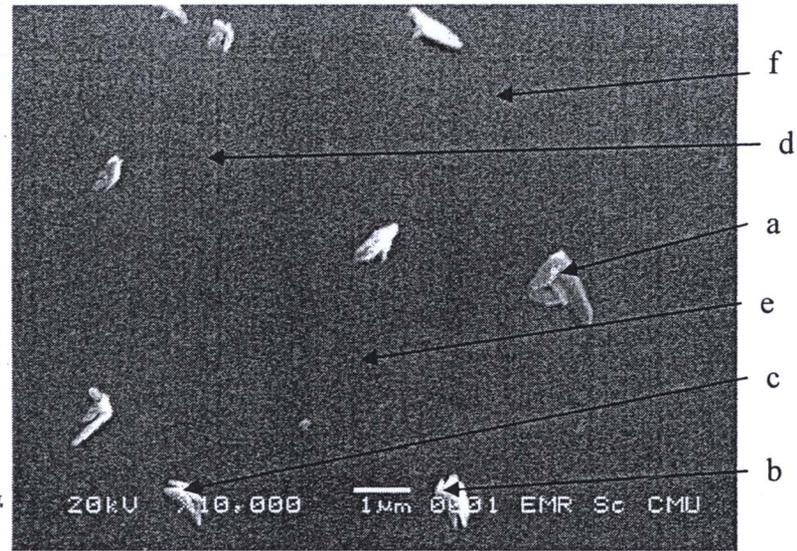
รูปที่ 4.27 แสดงปริมาณธาตุในบริเวณต่างๆด้วยซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS ในแก้วที่เจือ K_2CrO_4 0.02 % wt



รูปที่ 4.28 แสดงปริมาณธาตุในบริเวณต่างๆด้วยซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS ในแก้วที่เจือ K_2CrO_4 0.2 % wt



รูปที่ 4.29 แสดงปริมาณธาตุในบริเวณต่างๆด้วยซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS ในแก้วที่เจือ K_2CrO_4 0.5 % wt



รูปที่ 4.30 แสดงปริมาณธาตุในบริเวณต่างๆด้วยซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS ในแก้วที่เจือ K_2CrO_4 5 % wt

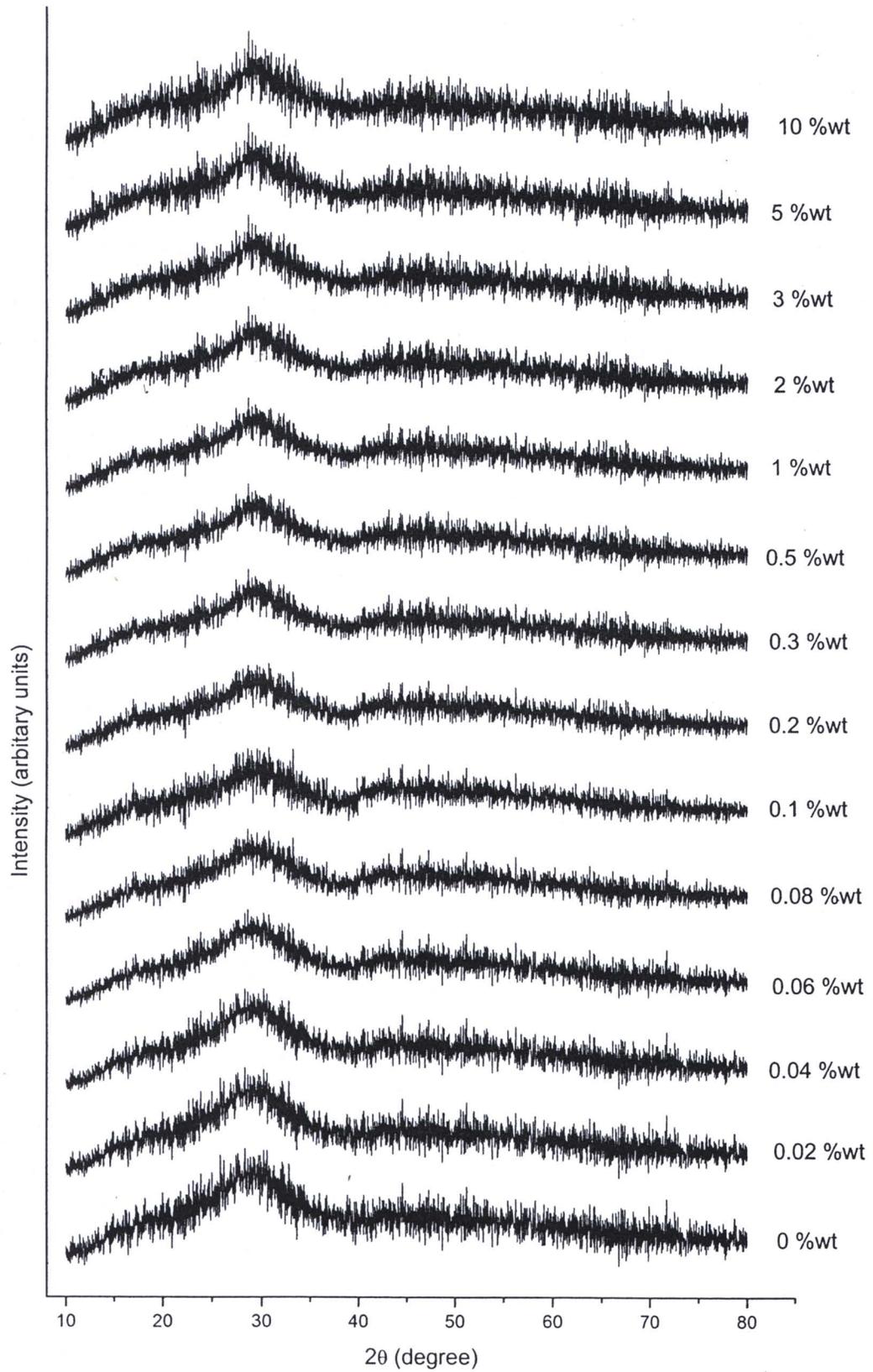
จากรูปที่ 4.27 และ 4.29 จะพบว่าบริเวณที่เป็นก้อนที่แทรกอยู่ในแก้ว มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณของโครเมียมและบิสมีทมากกว่าบริเวณ โดยรอบส่วนในรูปที่ 4.28 บริเวณที่เป็นแผ่นผลึก จะมีแนวโน้มการรวมตัวกันของบิสมีทสูง แต่มีปริมาณของโครเมียมต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ และในรูปที่ 4.30 บริเวณก้อนจะมีแนวโน้มปริมาณของบิสมีทและโครเมียมน้อยกว่าโดยรอบ ซึ่งจะเห็นว่าจากแนวโน้มที่ได้นี้ ยังไม่สามารถที่จะระบุพฤติกรรมของโครเมียมที่เข้าไปอยู่ในแก้วได้ ว่าเกิดการรวมตัวกับธาตุใดเป็นพิเศษ แต่อาจสังเกตได้ว่าทำให้เกิดแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงการรวมตัวกันของธาตุต่างๆในแก้วบิสมีทได้

4.2.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของแก้วโดยอาศัยการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD)

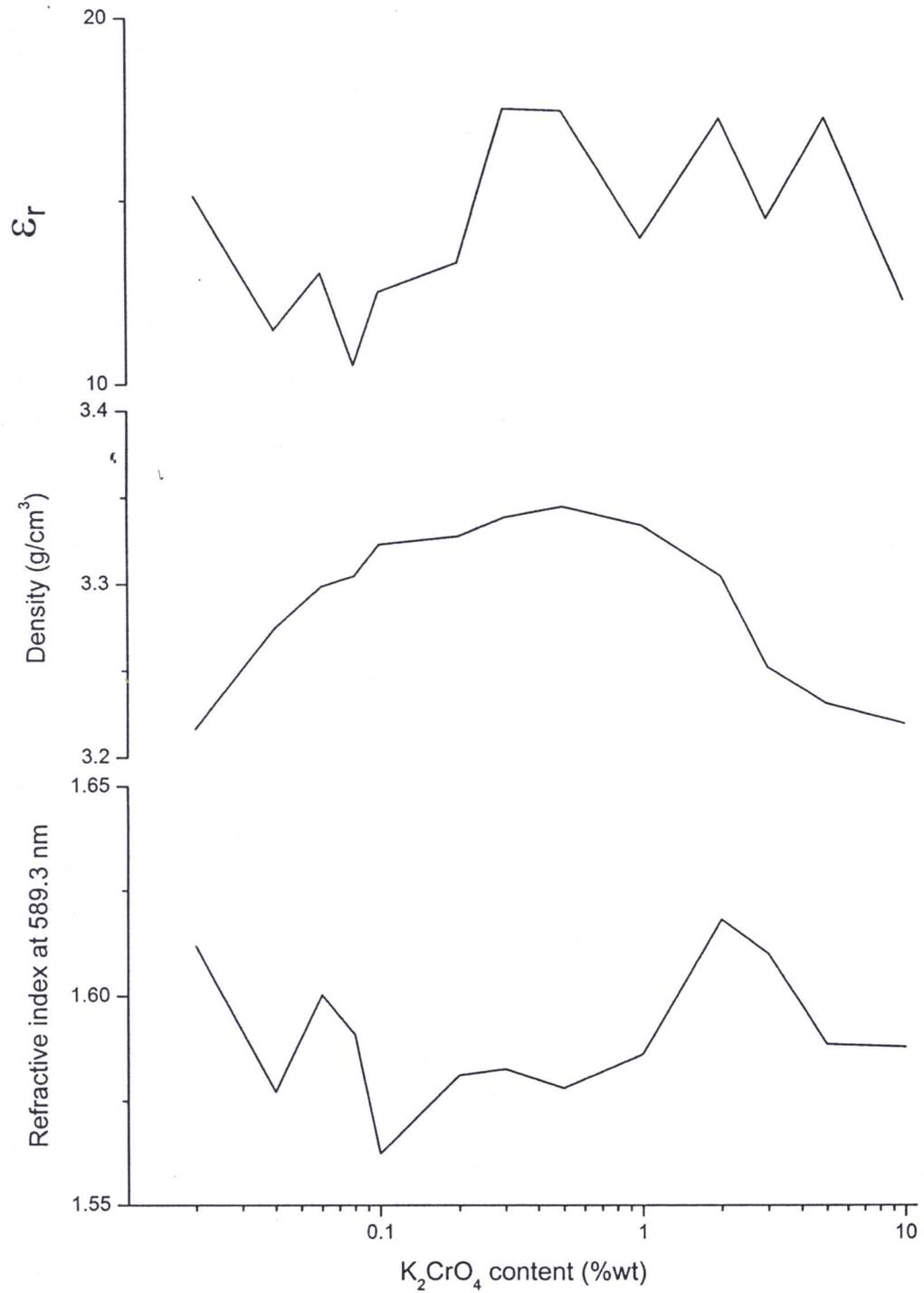
ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของแก้วโดยอาศัยการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ พบว่าแก้วที่ได้ยังมีความเป็นอสัณฐานอยู่ แสดงลักษณะของผลึกปนอยู่ ที่ตำแหน่ง 2θ ประมาณ 28.5 ดังแสดงในรูปที่ 4.31

จากผลการทดลองข้างต้นจะกล่าวได้ว่าปริมาณของ K_2CrO_4 ที่เจือในแก้วจะทำให้แก้วเกิดสีเขียว และแยกตัวเป็นผลึกปนอยู่ในเนื้อแก้ว โดยเมื่อมีปริมาณของ K_2CrO_4 1%wt ขึ้นไปจะทำให้แก้วเริ่มเกิดรูพรุนขึ้น และเมื่อมีปริมาณของ K_2CrO_4 3%wt ขึ้นไปขนาดของรูพรุนที่เกิดขึ้นจะมากกว่าความยาวคลื่นแสงทำให้เกิดที่ใดเริ่มทึบแสง ซึ่งลักษณะโครงสร้างดังกล่าวจะส่งผลที่ชัดเจนต่อค่าความหนาแน่นและค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน และจะเห็นว่าค่าดัชนีหักเหของแก้ว จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับแนวโน้มของค่าความหนาแน่นและค่าคงที่ไดอิเล็กทริกดังรูปที่ 4.32 ซึ่งกล่าวได้ว่าปริมาณของโครเมียมที่อยู่ในเนื้อแก้ว จะทำให้ความหนาแน่นและค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของแก้วเพิ่มขึ้น แต่เมื่อแก้วมีปริมาณ K_2CrO_4 1%wt ขึ้นไปจะเกิดรูพรุนซึ่งทำให้ค่าความหนาแน่นและค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของแก้วมีค่าลดลง โดยในที่นี้ไม่สามารถระบุได้ว่าเกิดจากโครเมียมที่เพิ่มขึ้น เพราะอาจเกิดจากก๊าซที่เกิดจากสารตัวอื่นและ K_2CrO_4 เองที่ไม่สามารถกำจัดออกไปได้ในกระบวนการเตรียมแก้วนี้





รูปที่ 4.31 แสดงการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ในแก้วที่เจือด้วย K_2CrO_4 ในปริมาณต่างๆ



รูปที่ 4.32 แสดงค่าดัชนีหักเห ค่าความหนาแน่นและค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ 1 MHz ของแก้วที่เจือด้วย K_2CrO_4 ในปริมาณต่างๆ