บทที่ 8

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

การอภิปรายผลการทดลอง

การวิเคราะห์แร่ดิบ

1. การวิเคราะห์ซิลิกา ในบทที่ 5 ได้แสดงวิธีวิเคราะห์ซิลิกาในแร่ดิบ ในการวิเคราะห์จริง จะได้สารละลายที่มีสีน้ำเงินเข้มตามทฤษฎี แต่เมื่อนำไปวัดค่าทรานซ์มิชชั่นปรากฏว่า สารละลายแบลงก์ สารละลายมาตรฐาน และสารละลายตัวอย่างให้ค่าเท่ากับ 100% ทั้งหมด ในขั้นแรกเข้าใจว่าเป็นเพราะสารเคมีที่ใช้ผิด จึงได้เตรียมสารเคมีใหม่หมด ผลที่ได้ยังคงเหมือนเดิม ทดลองใหม่โดยการเตรียมสารละลายตัวอย่างใหม่ ผลที่ได้ก็ยังไม่เปลี่ยนแปลง

ผลการทดลองดังกล่าว สรุปได้ว่า สารละลายทั้งสาม ซึ่งมีสารละลายแบลงก์, สารละลายมาตรฐาน (ซึ่งมีซิลิกอนอยู่ 100 ไมโครกรัมในสารละลาย 100 มล) และสารละลายตัวอย่าง มีซิลิกาในจำนวนใกล้เคียงกัน สามารถอธิบายได้ดังนี้

1.1 สารเคมีที่ใช้ตัวใดตัวหนึ่งหมดอายุการใช้งาน เนื่องจากเก็บไว้นานเกินไปทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างปริมาณซิลิกาที่ต่างกันได้ เหตุผลข้อนี้เป็นไปได้ที่สารเคมีดังกล่าวขอจากสถาบันวิจัยฯ ซึ่งไม่ทราบระยะเวลาที่เก็บไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารละลายรีดิวซ์ ที่สามารถรวมตัวกับออกซิเจน ทำให้หมดสภาพในการเป็นตัวรีดิวซ์

1.2 ในการวิเคราะห์จริง จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ทำด้วยแก้ว เช่น ขวดปริมาตร, บีคเกอร์, ปิเปต เป็นต้น เพราะไม่สามารถหาเครื่องมือที่เป็นพวกโพลีเอทิลีนมาใช้ได้ อาจจะทำให้ซิลิกาบางตัวละลายปนอยู่ในสารละลาย ซิลิกาที่ละลายอยู่นี้เมื่อเทียบกับปริมาณที่วิเคราะห์ (100 ไมโครกรัมต่อ 100 มล) จะมากกว่ามาก ทำให้แม้แต่ในสารละลายแบลงก์ก็ยังมีน้ำเงินเข้ม ซึ่งตรงกับผลการทดลอง

1.3 น้ำกลั่นที่ใช้ไม่ใช่น้ำกลั่นบริสุทธิ์ แต่เป็นน้ำที่ผ่านเครื่อง Ion-

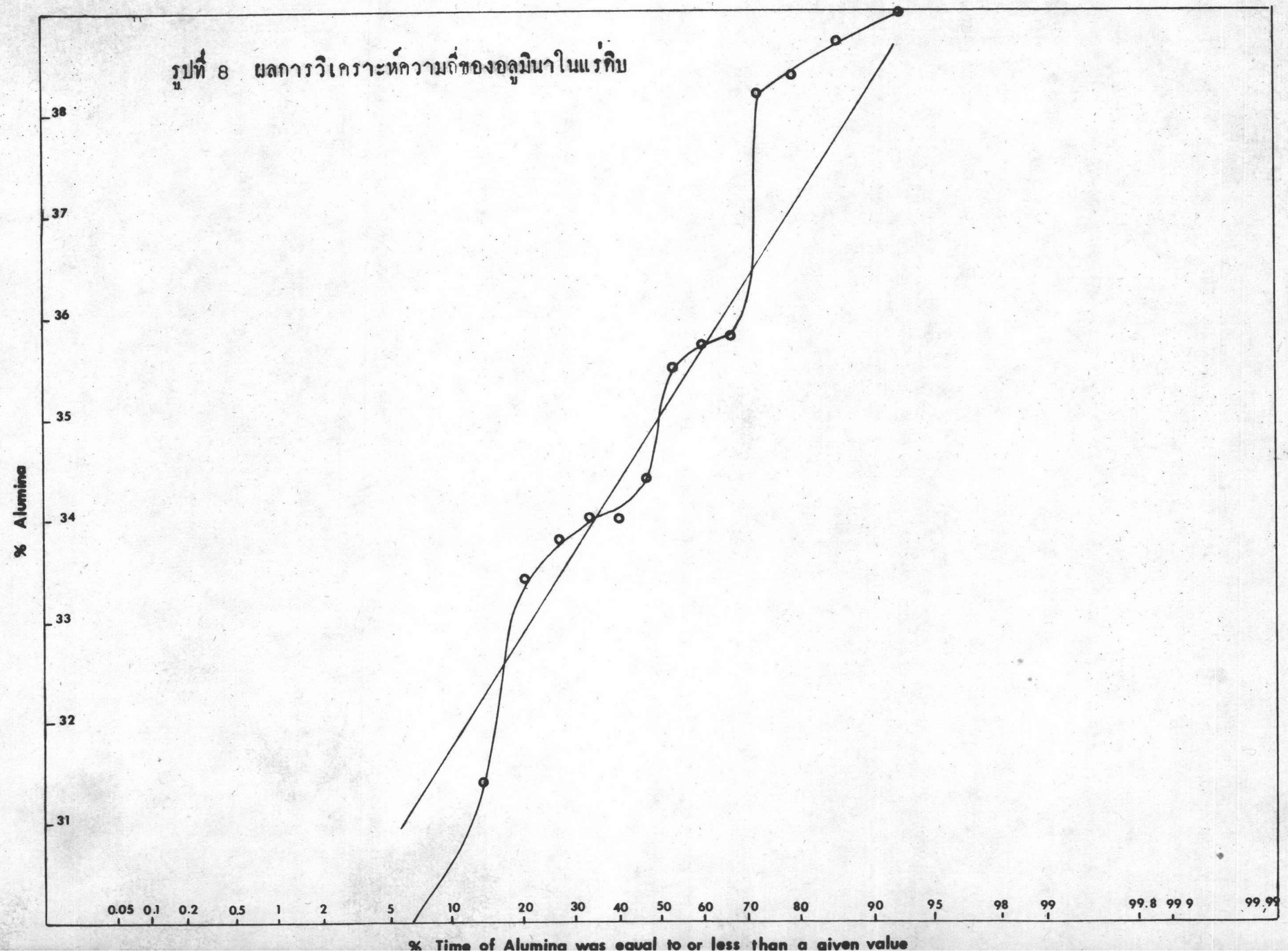
Exchange ซึ่งไม่ทราบว่าจะสามารถแยกเอาซิลิกาที่มีอยู่ตามธรรมชาติออกได้หรือไม่ เพราะปกติซิลิกาเป็นสารที่คงตัว ไม่มีผลข้างเคียงในการนำน้ำนี้มาใช้แทนน้ำกลั่นบริสุทธิ์ ยกเว้นในปฏิกิริยาที่ซิลิกามีผลกระทบ เช่นการวิเคราะห์ครั้งนี้ โดยทั่วไปแหล่งน้ำธรรมชาติหรือน้ำบาดาลจะมีซิลิกาประมาณ 10 มก/ล สมมุติให้ถ่านดูดซึมในเครื่องกรองกำจัดซิลิกาได้ 70% จะมีซิลิกาเหลืออยู่ 3 มก/ล หรือ 300 ไมโครกรัม/100 มล. จะพบว่าค่าตัวเลขนี้มีผลอย่างมากมายต่อผลการวิเคราะห์

จากเหตุผลดังกล่าว พบว่าข้อ 1.3 น่าจะเป็นไปได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์แร่ดิบนี้เป็นเพียงส่วนประกอบส่วนหนึ่งของการวิจัยนี้ และจากความรู้เคมีพื้นฐานพบว่า ซิลิกาที่ปนอยู่ในแร่ดิบไม่เกิดปฏิกิริยากับกรดซัลฟุริค ผลการวิเคราะห์ซิลิกาไม่มีผลใด ๆ ต่อการทดลองขั้นต่อไป จึงได้หยุดทำการวิเคราะห์ซิลิกา และได้แสดงแนวทางแก้ไขสำหรับผู้สนใจที่จะค้นคว้าต่อไป

2. <u>การวิเคราะห์อลูมินา</u> ปริมาณอลูมินาในแร่ดิบเป็นค่าที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อผลการทดลอง เนื่องจากต้องนำค่าอลูมินานี้ไปคำนวณหาเปอร์เซนต์ผลผลิต (คือปริมาณอลูมินาที่เกิดปฏิกิริยาเป็นอลูมิเนียมซัลเฟต) ถ้าค่าอลูมินาผิดพลาดจะทำให้ผลผลิตผิดไปด้วย และอีกประการหนึ่งในแร่แต่ละก้อนย่อมมีอลูมินาไม่เท่ากัน หรือแม้แต่เป็นแร่ก้อนเดียวกัน การกระจายของอลูมินาก็ยังไม่เท่ากัน ทั้งนี้เป็นไปตามธรรมชาติซึ่งไม่มีความแน่นอน ดังนั้นตัวอย่างแต่ละตัวอย่างที่นำมาทดลองจึงต้องทำการวิเคราะห์ให้ได้ค่าที่แน่นอน ตัวเลขแสดงเปอร์เซนต์อลูมินาใน ตารางที่ 14 ได้มาจากค่าเฉลี่ยตัวกลางเลขคณิตของค่าที่วิเคราะห์อย่างน้อย 2 ครั้ง ตัวเลขนี้ใช้ในการคำนวณหาผลผลิตของการทดลองขั้นต่อไป

ในการหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์อลูมินาในแร่หินสบู่ เพื่อใช้ในการคำนวณออกแบบโรงงานในอุตสาหกรรม พบว่าไม่สามารถใช้ค่าตัวกลางเลขคณิตได้เนื่องจากค่าเฉลี่ยขึ้นอยู่กับปริมาณของแร่หินสบู่แต่ละชนิด จึงได้ทำการวิเคราะห์ความถี่ Freguency Analysis ของค่าที่วิเคราะห์ได้ทุกครั้ง โดยถือว่าแร่ที่มีอลูมินาต่ำกว่า 25% ไม่คุ้มค่าการนำมาใช้ และไม่นำมาคำนวณ รูปที่ 8 แสดงจำนวนครั้งที่วิเคราะห์ต่อ 100 ครั้ง ที่ได้ค่าเปอร์เซนต์อลูมินาเท่ากับหรือน้อยกว่าค่าที่แสดงในกราฟ โดยการวิเคราะห์จากข้อมูล

รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความถี่ของอลูมินาในแร่ดิบ



ดิบทั้งหมด 10 ข้อมูล ถ้าให้การกระจายของข้อมูลเป็นรูปโค้งปกติ จะได้เส้นกราฟเป็นเส้นตรงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์อลูมินาที่อ่านได้เท่ากับ 35.0%

3. <u>การวิเคราะห์เฟอริคออกไซด์</u> เฟอริคออกไซด์ในแร่หินสบู่ จะเป็นแร่มลทิน Impurities ทั้งนี้เพราะเกิดปฏิกิริยากับกรดซัลฟุริคได้เป็นเฟอริคซัลเฟต ซึ่งถ้ามีอยู่ในสารส้ม จะทำให้คุณภาพของสารส้มด้อยลง อย่างไรก็ตาม ตัวเลขแสดงค่าเปอร์เซนต์เฟอริคออกไซด์ในแร่หินสบู่มีความสำคัญเพียงเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณออกแบบการผลิตในขั้นอุตสาหกรรม ส่วนผลการทดลองหาผลผลิตจะขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์หาปริมาณเฟอริกซัลเฟตที่มีอยู่ในสารส้ม ทั้งนี้เพราะเฟอริคซัลเฟตมีปฏิกิริยากับอีดีทีเอ ผลการวิเคราะห์หาอลูมินาด้วยวิธีอีดีทีเอต้องหักค่าปริมาณสมมูลย์ของเฟอริคซัลเฟตออกด้วย ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 6

ปริมาณเฟอริคออกไซด์ในแร่หินสบู่ที่แสดงไว้ในตารางที่ 14 ได้มาจากผลการวิเคราะห์เพียงครั้งเดียว เนื่องจากตัวเลขนี้สามารถตรวจสอบความถูกต้องกับปริมาณเฟอริคซัลเฟตที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา ผลการทดลองพบว่า ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์นี้เชื่อถือได้

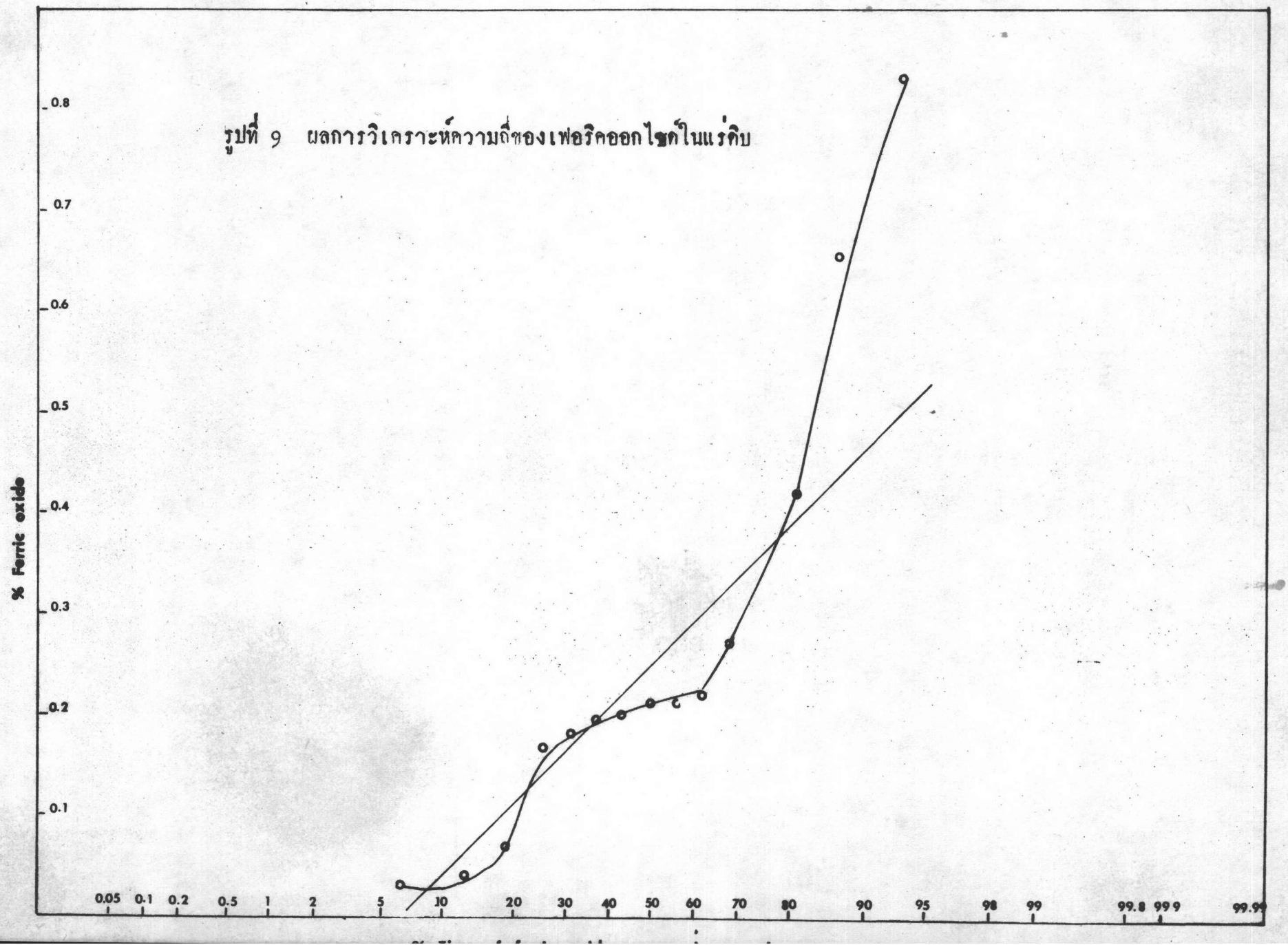
รูปที่ 9 เป็นกราฟแสดงผลการวิเคราะห์ความถี่ของเปอร์เซนต์เฟอริคออกไซด์ในแร่หินสบู่จากข้อมูลดิบ 15 ข้อมูล ค่าเฉลี่ยของเฟอริคออกไซด์ในแร่หินสบู่เท่ากับ 0.25%

<u>การทดลองกับอลูมินาไตรไฮเดรต</u>

จุดประสงค์ของการทดลองนี้ เพื่อที่จะศึกษาถึงปฏิกิริยาระหว่างอลูมินากับกรดซัลฟุริค และหาสมการ Rate of Reaction แต่ผลจากการทดลอง พบว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นเร็วมากที่อุณหภูมิ 120° ซ ปริมาณกรด 108% ของปริมาณสมมูลย์ ระยะเวลาของปฏิกิริยาเพียง 15 นาที ก็ให้ปฏิกิริยาที่สมบูรณ์แล้ว

อลูมินาไตรไฮเดรตที่นำมาทดลอง ขอจากกรมวิทยาศาสตร์ มีอลูมินาประมาณ 58% ถ้าให้ปฏิกิริยาสมบูรณ์ใช้เวลาตั้งแต่ 15 นาทีเป็นต้นไป จะได้ค่าเฉลี่ยของอลูมินา

รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความถี่ของเฟอริคออกไซด์ในแร่ดิบ



ที่เกิดปฏิกิริยาในการต้มอลูมินาไตรไฮเดรต 15 กรัม เท่ากับ 8.03 กรัม ถ้าให้อลูมินาไตรไฮเดรตที่นำมาทดลองไม่มีสิ่งอื่นเจือปนอยู่ จะคิดเป็นอลูมินาเท่ากับ $\frac{8.03}{15} \times 100$ = 55% ใกล้เคียงกับ 58% ค่าความแตกต่างนี้จะเป็นสิ่งเจือปนที่มีอยู่ในอลูมินาไตรไฮเดรต

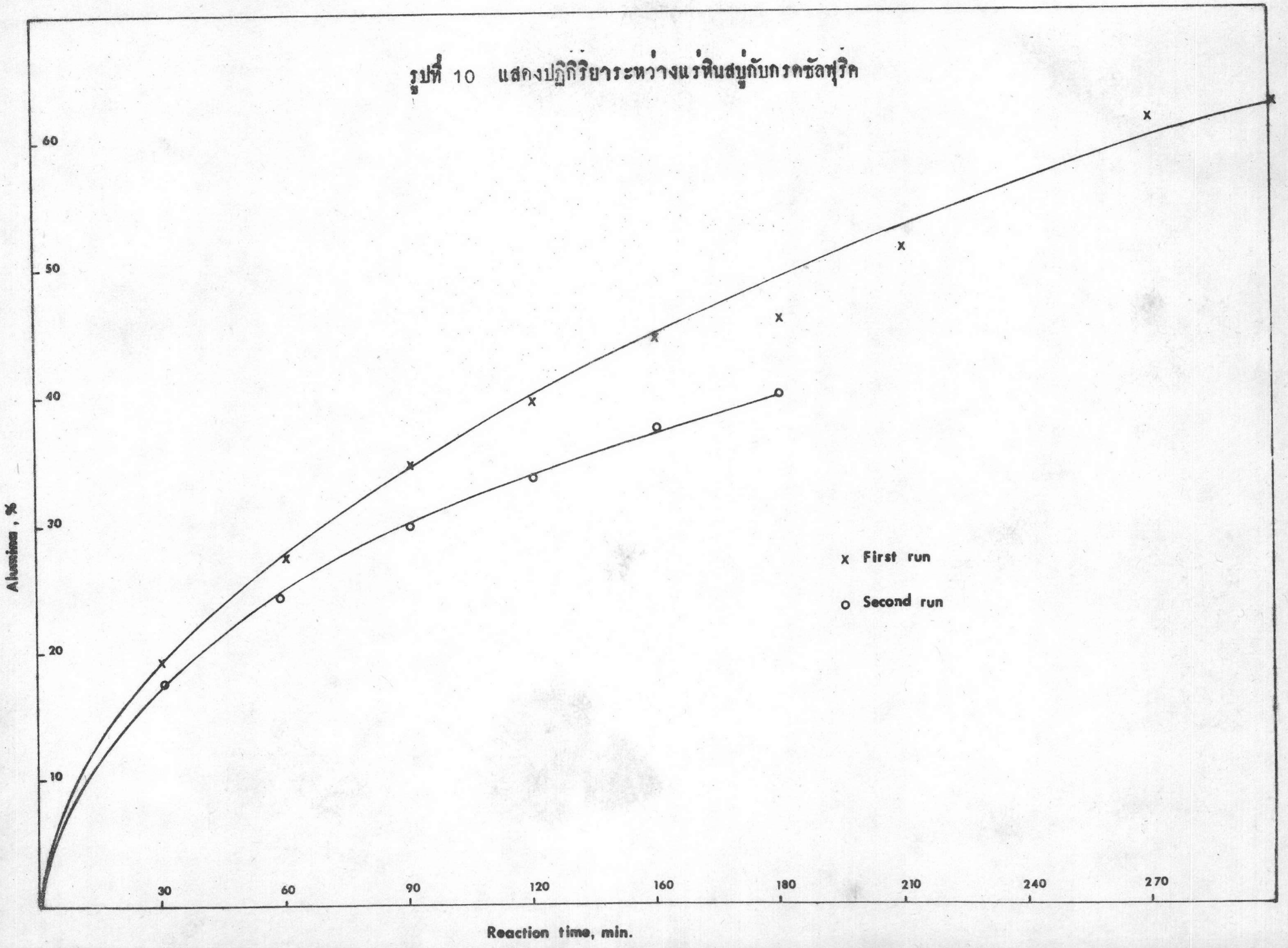
<u>การทดลองกับแร่หินสบู่</u>

1. ลักษณะของปฏิกิริยา รูปที่ 10 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอลูมินากับระยะเวลาของปฏิกิริยาของแร่หินสบู่กับกรดซัลฟูริค โดยใช้ปริมาณกรดเท่ากับปริมาณสมมูลย์ตามทฤษฎีตามผลการทดลองในตารางที่ 17 และ 18 ในการวิเคราะห์ปฏิกิริยานี้ ได้เขียนกราฟระหว่างค่า $\frac{Xa}{1-Xa}$ กับเวลาของปฏิกิริยา โดย Xa = Mole fraction of alumina converted ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 11 พบว่าในช่วงเวลาของปฏิกิริยาไม่เกิน 150 นาที กราฟช่วงนี้เป็นเส้นตรง และที่เวลามากกว่า 150 นาที ตามลักษณะของเส้นกราฟน่าจะต่อออกเป็นเส้นตรงได้ เมื่อคำนึงถึงเวลาของการต้มซึ่งไม่เกิน 150 นาที ปริมาณกรดที่ใช้เท่ากับปริมาณตามทฤษฎี ลักษณะของปฏิกิริยาเป็นแบบ Second Order

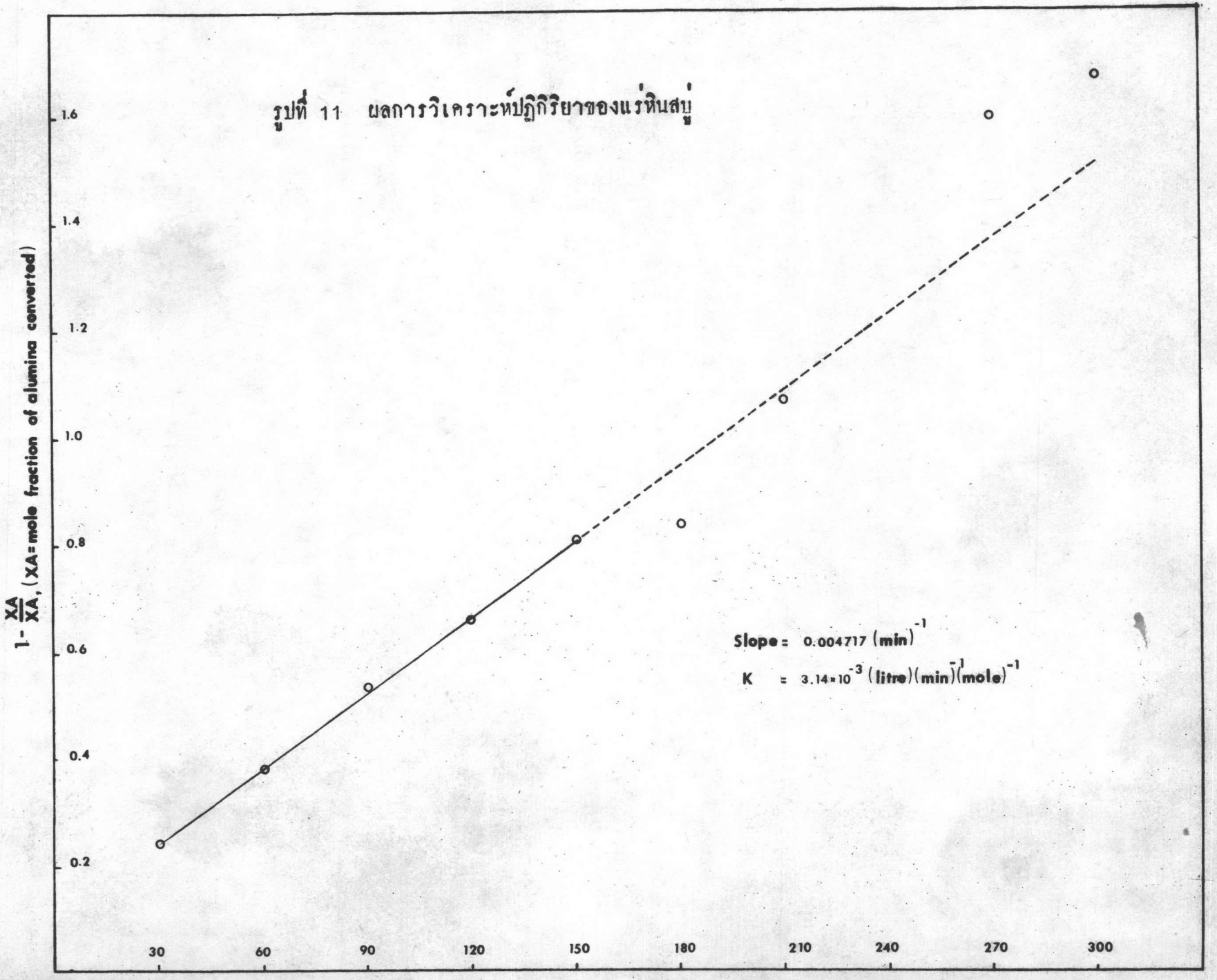
2. คำนวณหา Reaction rate constant (k) ได้ดังนี้

ความชันของเส้นกราฟ	=	0.004717	1/นาที
กรดที่ใช้มีปริมาตร	=	29	มล.
แร่หินสบู่ที่ใช้หนัก	=	15	กรัม
มีความหนาแน่น	=	2.9	กรัม/ซม^3
จะได้ปริมาตรของสารละลายรวม	=	$29 + \frac{15}{2.9} = 34.17$	มล.
ความเข้มข้นของอลูมินาเมื่อเริ่มต้น	=	$\frac{15 \times 0.394 \times 1000}{102 \times 34.17}$	
หรือ Cao	=	1.50	โมล/ลิตร
จากค่าความชัน, Slope	=	kCao	
k	=	(0.004717 1/นาที) $(\frac{1}{1.50}$ ลิตร/โมล)	

รูปที่ 10 แสดงปฏิกิริยาระหว่างแร่หินสบู่กับกรดซัลฟุริค



รูปที่ 11 ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาของแร่หินสบู่



$= 3.14 \times 10^{-3}$ ลิตร/โมล–นาที

นั่นคือ Reaction rate $= (3.14 \times 10^{-3}$ ลิตร/โมล–นาที$) Ca^2$

3. ผลของการเผาแร่หินสบู่ รูปที่ 12 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์อลูมินากับเวลาของปฏิกิริยา โดยใช้แร่หินสบู่เผาที่อุณหภูมิ 500 – 900° ซ จะพบว่า อุณหภูมิที่เผามีผลอย่างมากต่อปฏิกิริยา และการเผาแร่นี้ก่อนเพื่อให้ผลผลิตสูงขึ้น จำเป็นสำหรับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ 120° ซ หรือน้อยกว่า

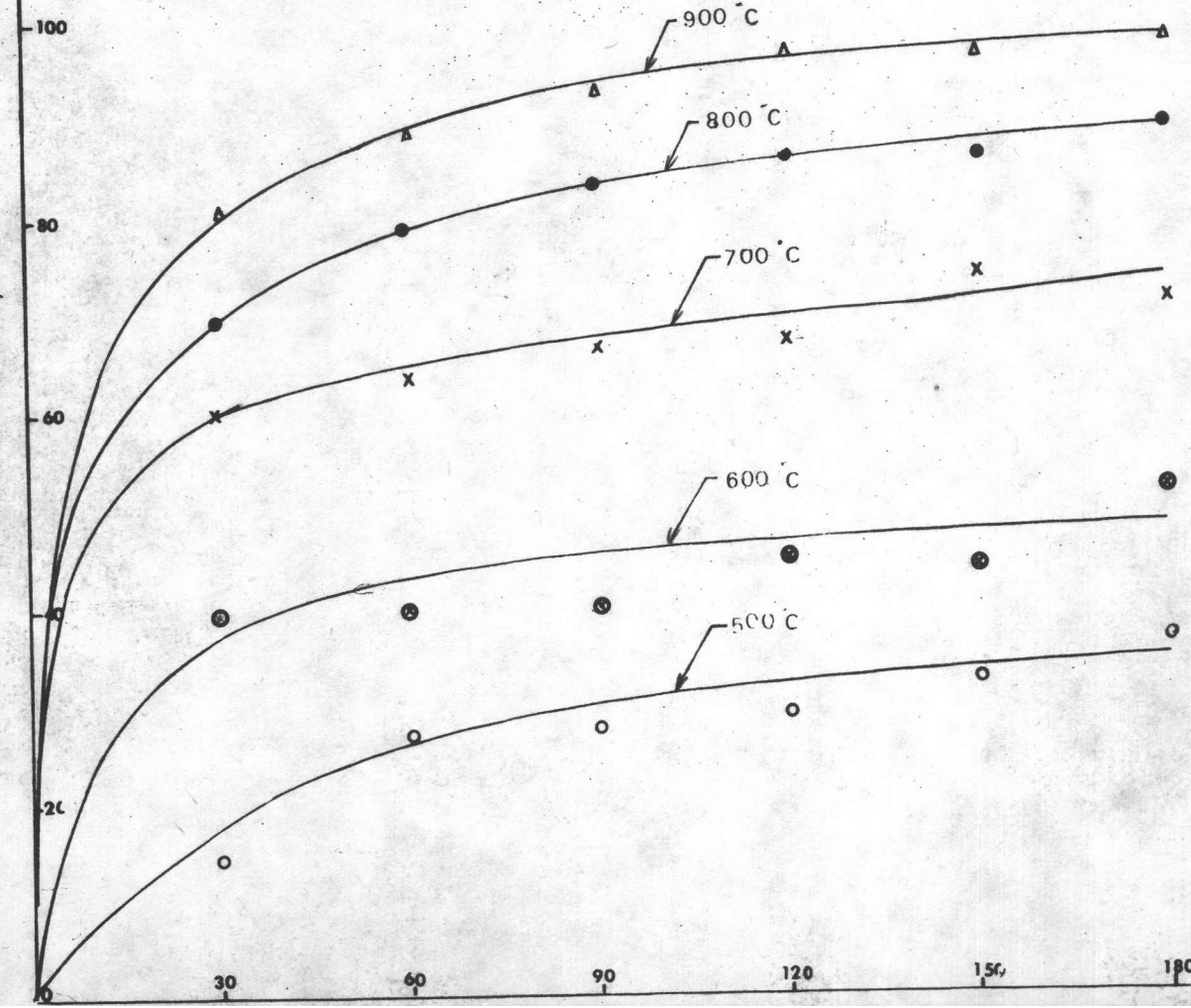
นอกจากนี้ ระยะเวลาของการเผาจะขึ้นกับพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับความร้อนในการทดลองจริงพบว่าพื้นที่ผิวที่สัมผัสความร้อนในการเผาแต่ละครั้งเท่ากับ 25 ซม.^{2} ต่อหินสบู่ 90 กรัม ต่อเวลาการเผา 30 นาที

4. ผลของปริมาณกรด ในรูปที่ 13 และรูปที่ 14 พบว่าปริมาณกรดที่เกินกว่า 100% มีผลทำให้ผลผลิตสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย สำหรับแร่หินสบู่ที่เผาแล้วเส้นกราฟจะชันมากกว่าแร่หินสบู่ที่ไม่ได้เผา แสดงว่าปริมาณกรดมีอิทธิพลต่อแร่หินสบู่ที่เผาแล้วมากกว่าแร่ดิบ ในการออกแบบ ควรออกแบบให้ใช้กรดในปริมาณที่ต่ำกว่าปริมาณสมมูลย์เล็กน้อย และพยายามให้ผลผลิตสูงสุด เพื่อลดการสูญเสียกรดอิสระและแร่ดิบ

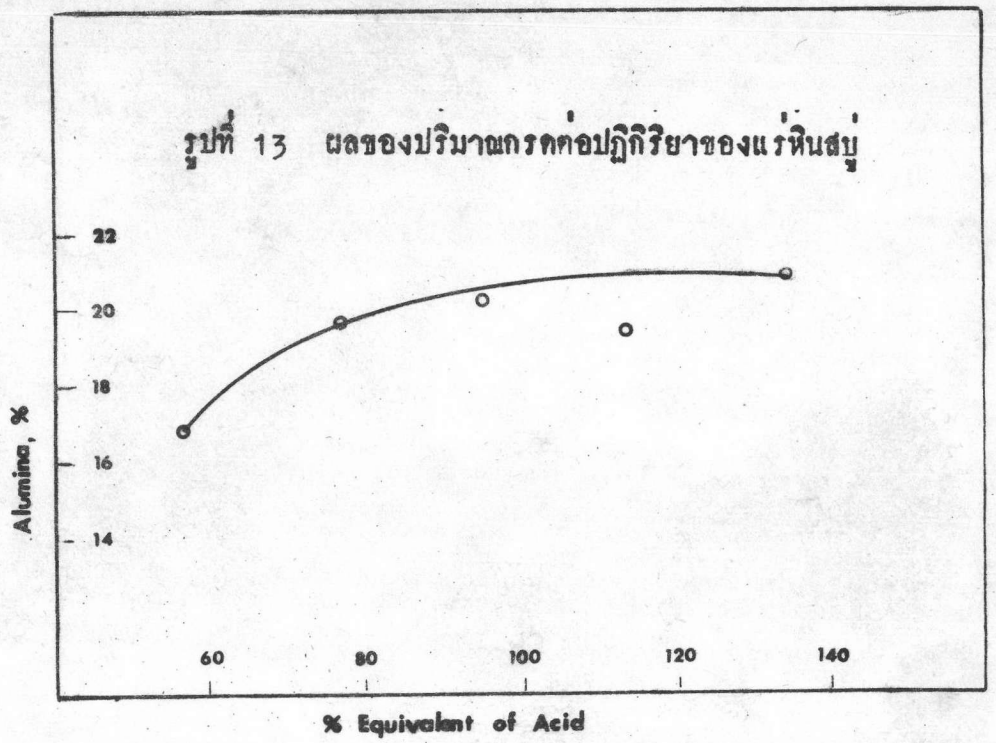
5. ผลของความเข้มข้นของกรด ในรูปที่ 15 พบว่า ความเข้มข้นของกรดมีผลทำให้ผลผลิตสูงขึ้น ความสัมพันธ์นี้เกือบจะเป็นเส้นตรง แสดงว่า กรดที่ใช้ยิ่งเข้มข้นมากผลผลิตยิ่งสูง แต่ก็มีข้อกำจัดที่แร่หินสบู่อาจจะแห้งเกินไปจนต้มไม่ได้ ในการทดลองต้มแร่หินสบู่ พบว่า ความเข้มข้นสูงสุดที่สามารถต้มได้เท่ากับ 46.4% ถ้ามากกว่านี้ต้มไม่ได้อัตราส่วนผลผลิตที่ความเข้มข้นของกรด 46.4% และ 30.4% พบว่ามีค่า 1.75 เท่า

6. ขนาดของเม็ดแร่ ในตารางที่ 28 จะเห็นได้ชัดว่าขนาดของเม็ดแร่มีผลอย่างมากต่อผลผลิตในช่วง 100–150 เมช ได้ผลผลิต 17% เมื่อเทียบกับตารางที่ 17 ซึ่งเม็ดแร่มีขนาดผ่านแร่ง 100 เมชได้ ได้ผลผลิต 19.4% ตัวเลขนี้เชื่อถือได้ เนื่องจากเม็ดแร่ที่ผ่าน 100 เมชได้ อาจจะมีเม็ดแร่ที่เล็กขนาดผ่าน 200 เมชได้ติดปนอยู่ด้วยทำให้ผลผลิตสูงขึ้นเล็กน้อย เป็นที่น่าสังเกตว่า สำหรับเม็ดแร่ที่ผ่าน 200 เมชได้ ผลผลิตจะสูงถึง 45.1% เมื่อเปรียบเทียบกับแร่ที่มีขนาดผ่านแร่ง 100 เมช พบว่าอัตราส่วนถึง

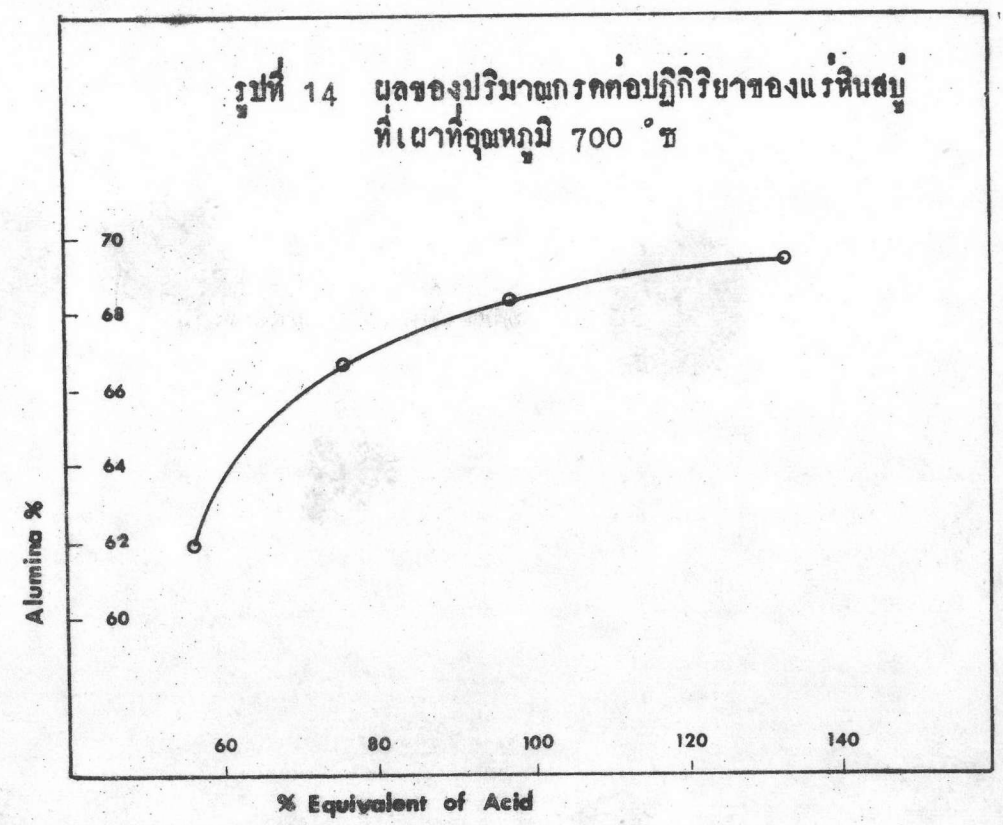
รูปที่ 12 แสดงผลผลิตของแร่หินสบู่ที่เผาที่อุณหภูมิ 500–900 °ซ



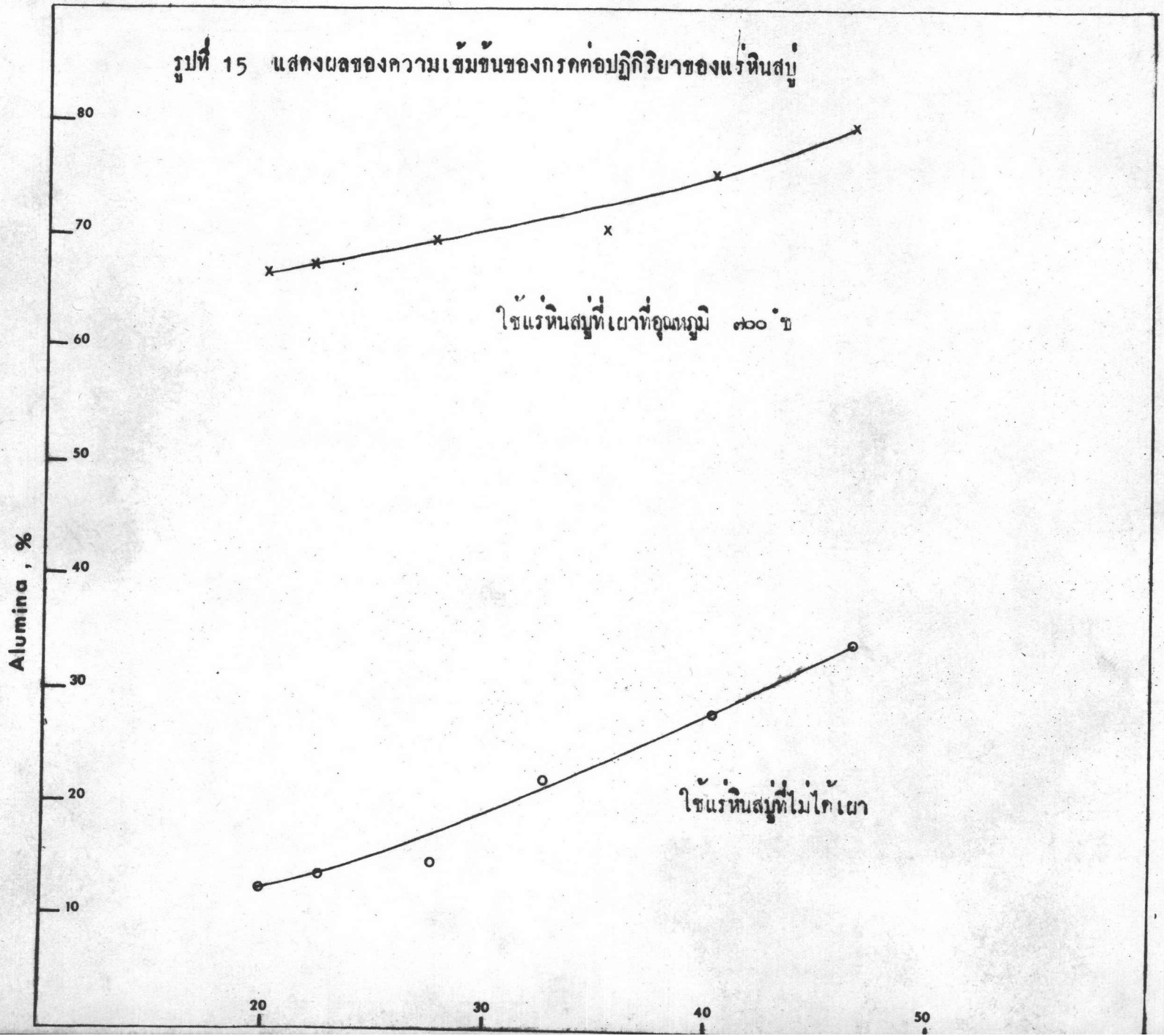
รูปที่ 13 ผลของปริมาณกรดต่อปฏิกิริยาของแร่หินสบู่



รูปที่ 14 ผลของปริมาณกรดต่อปฏิกิริยาของแร่หินสบู่
ที่เผาที่อุณหภูมิ 700 °ซ



รูปที่ 15 แสดงผลของความเข้มข้นของกรดต่อปฏิกิริยาของแร่หินสบู่



2.33 เท่า ในการออกแบบขบวนการผลิต จึงควรออกแบบให้เม็ดแร่มีขนาดผ่านแร่งเบอร์ 200 ได้

7. ผลของอุณหภูมิของปฏิกิริยาต่อผลผลิต ในรูปที่ 16 เป็นกราฟแสดงค่าผลผลิตกับอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเดือด (120° ซ) ของปฏิกิริยา พบว่าอุณหภูมิจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อปฏิกิริยา อย่างไรก็ตามข้อมูลเหล่านี้ยังไม่มีความแน่นอนเพียงพอ เนื่องจากปฏิกิริยาเป็นแบบคายความร้อน ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อเติมกรดลงในขวดปฏิกรณ์ สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ถึง 75 – 80° ซ ขวดปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเมื่อเทียบกับปริมาณแร่ที่ต้มแต่ละครั้ง 15 กรัม จะมีขนาดใหญ่ ทำให้ความร้อนสูญเสียมีมาก คาดว่า หากต้มแร่ในปริมาณที่มากพอ ความร้อนที่เกิดขึ้นจะสามารถทำให้ของเหลวเดือดได้

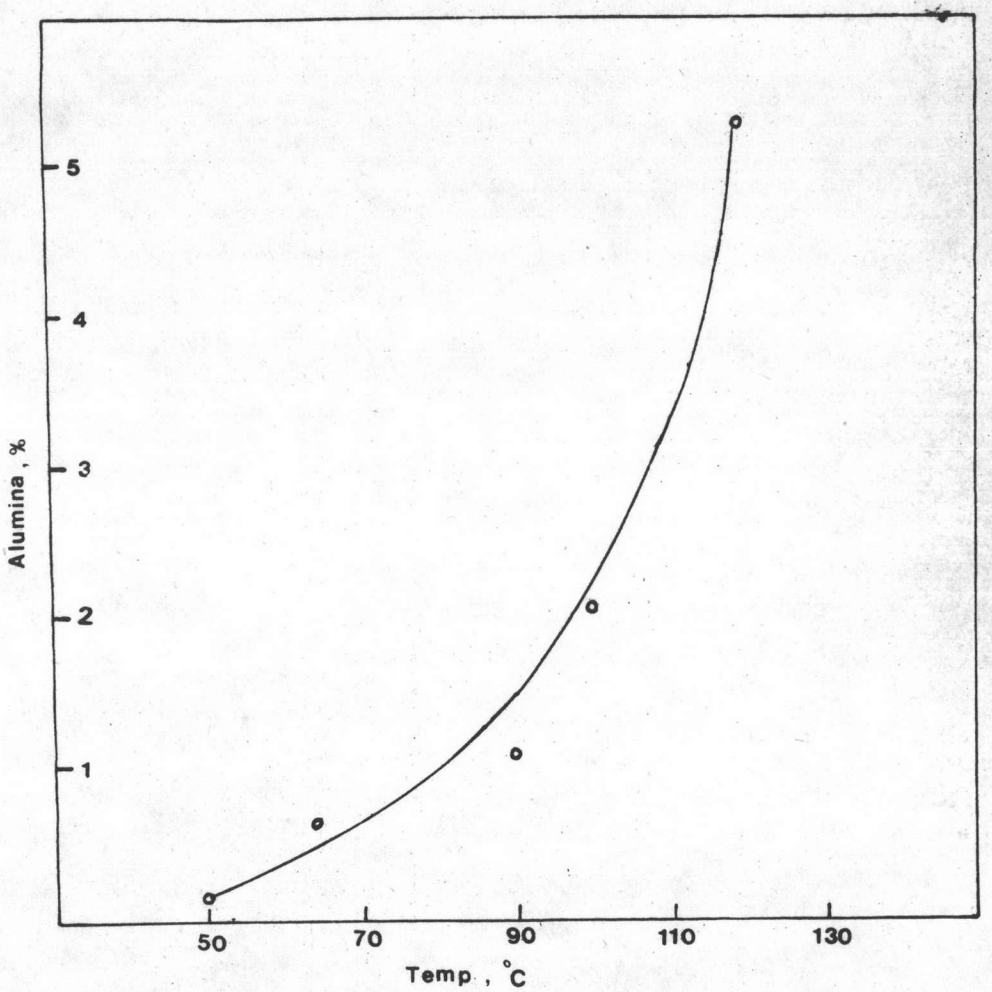
จากการทดลองพบว่า ผลผลิตจะเพิ่มสูงขึ้นตามอุณหภูมิของปฏิกิริยา ข้อที่น่าพิจารณาก็คือ หากเพิ่มอุณหภูมิให้สูงกว่าจุดเดือด คือมากกว่า 120° ซ โดยการควบคุมความกดดันของขวดปฏิกรณ์ ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมากพอที่จะนำมาแทนการเผาแร่หินสบู่ก่อนหรือไม่ หากมีมากเพียงพอ จะลดค่าใช้จ่ายในการเผาแร่ได้มาก ในภาคผนวก ได้แสดงวิธีการคำนวณเพื่อหาผลผลิตที่อุณหภูมิสูงกว่า 120° ซ จากผลการคำนวณพบว่ามีแนวโน้มที่จะใช้แทนกันได้ โดยการควบคุมให้ความดันในถังปฏิกรณ์เท่ากับ 4 บรรยากาศ และอุณหภูมิ 152° ซ แต่อย่างไรก็ตาม หากจะนำข้อมูลนี้มาใช้ จำเป็นต้องมีการทดลองเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนผลการคำนวณดังกล่าว

การทดลองกับดินขาว

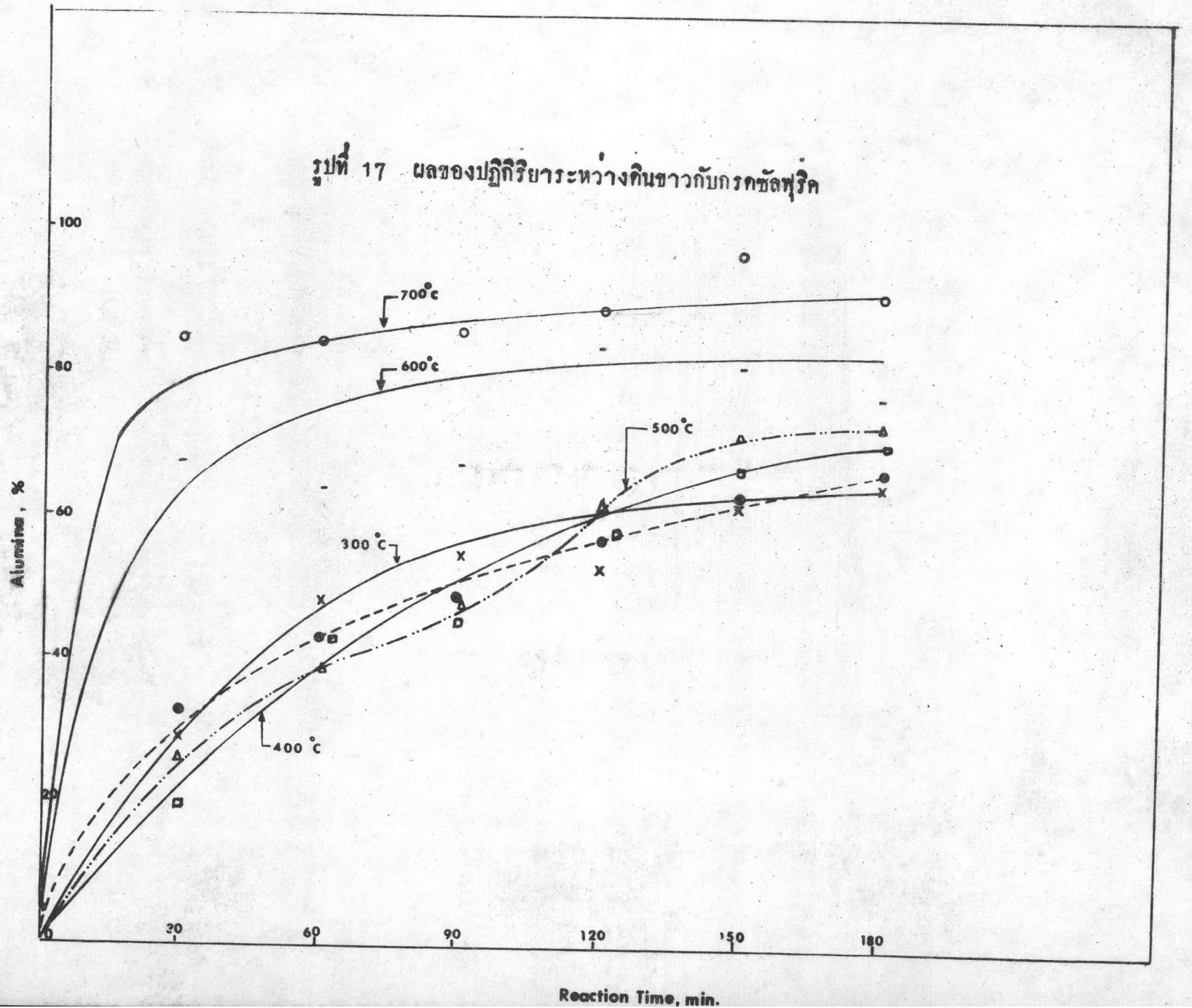
1. ผลการเผาดินขาวที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน รูปที่ 17 แสดงเปอร์เซนต์ผลผลิต พบว่าลักษณะของเส้นกราฟคล้ายกับ รูปที่ 12 ซึ่งใช้แร่หินสบู่เป็นวัตถุดิบ อย่างไรก็ตาม ดินขาวจะให้ค่าผลผลิตที่สูงกว่าในภาวะเดียวกัน ซึ่งอธิบายได้ว่าเนื่องจากเม็ดแร่ของดินขาวเล็กกว่าของแร่หินสบู่

ในช่วงอุณหภูมิที่เผาดินขาวระหว่าง 300–400° ซ พบว่า ผลผลิตยังคงไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ผลผลิตเริ่มสูงขึ้นที่อุณหภูมิ 500° ซ ขึ้นไป และสูงสุดที่อุณหภูมิ 700° ซ ได้ผล

รูปที่ 16 ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาของแร่หินสบู่
ที่ระยะเวลาของปฏิกิริยา ๓๐ นาที



รูปที่ 17 ผลของปฏิกิริยาระหว่างดินขาวกับกรดซัลฟุริค



ผลิตกว่า 90% อย่างไรก็ตาม เส้นกราฟที่ได้ไม่สม่ำเสมอและเรียบเท่าที่ควร ทั้งนี้ เป็นเพราะในการทดลอง เมื่อเผาดินขาวจำนวน 90 กรัม ที่อุณหภูมิและระยะเวลาตามต้องการแล้ว ก็ทำการชั่งแบ่งเป็น 6 ส่วน โดยไม่ได้คลุกดินขาวให้ทั่วเสียก่อน ทำให้ดินขาวส่วนบนจะสัมผัสกับความร้อนมากกว่าดินขาวส่วนล่าง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การวิเคราะห์ผลผลิตเบี่ยงเบนไปจากทฤษฎี

ในการทดลองเกี่ยวกับแร่หินสบู่ จึงได้แก้ไขข้อบกพร่องนี้ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ดังได้แสดงอยู่ในรูปที่ 12

2. <u>ผลของปริมาณกรด</u> จากรูปที่ 18 พบว่า การใช้ปริมาณกรดที่มากเกินพอจะช่วยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองกับแร่หินสบู่ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 13 และ 14

3. <u>ผลของความเข้มข้นของกรด</u> จากรูปที่ 19 พบว่า ถ้าให้ปริมาณกรดคงที่ กรดที่เข้มข้นมากกว่าจะให้ผลผลิตที่สูงกว่า และอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตมีค่ามากเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนปริมาณกรด และเกือบจะเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 22–37% ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของแร่หินสบู่

<u>สรุปผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ</u>

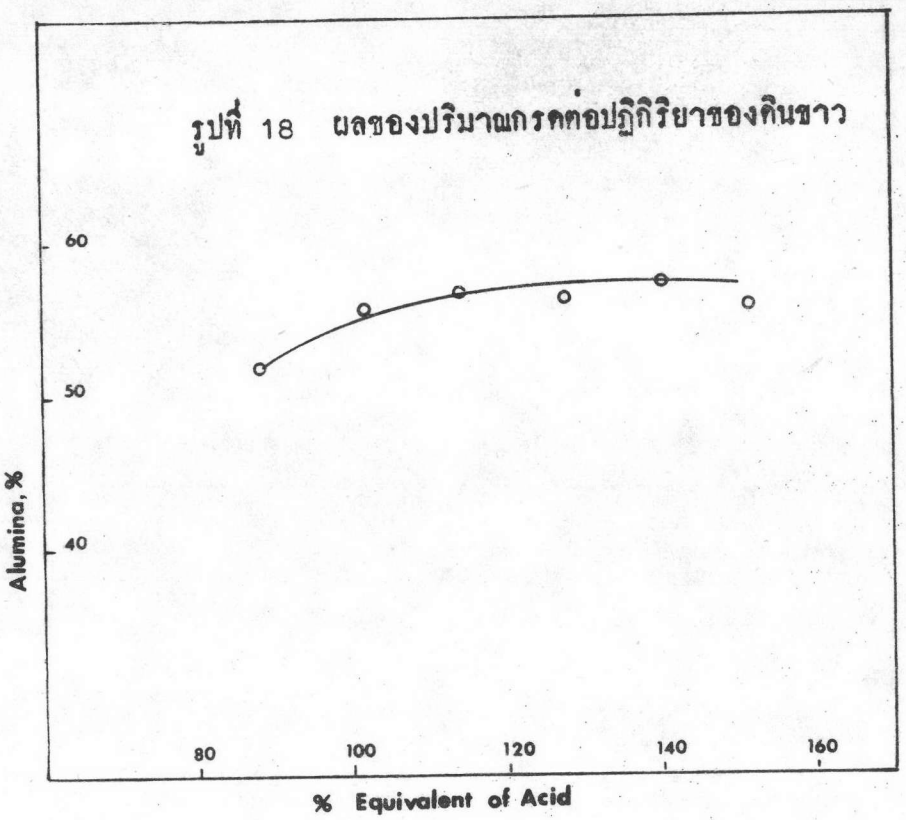
ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการสรุปได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. ในการวิเคราะห์แร่ดิบ พบว่าแร่หินสบู่มีอลูมินาเฉลี่ย 35% และเฟอริคออกไซด์ 0.25 %

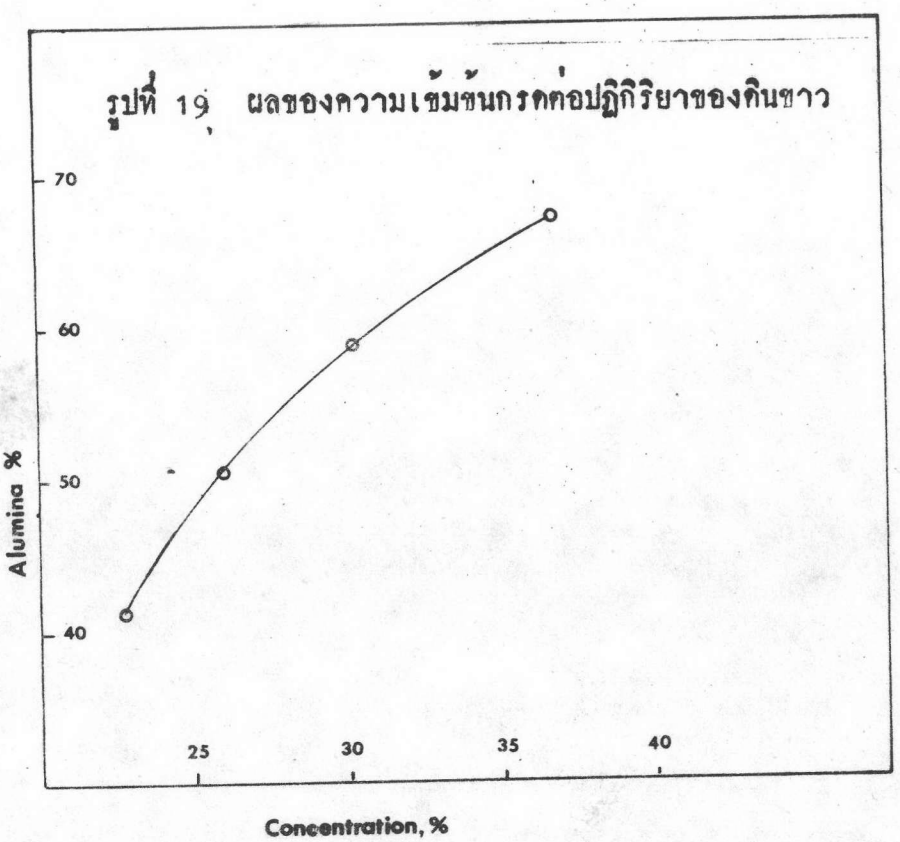
2. การทดลองผลิตสารส้มจากแร่หินสบู่ พบว่าเป็นไปได้ในขั้นห้องปฏิบัติการ และใช้ได้กับแร่ที่มีอลูมินาต่ำ อย่างไรก็ตามการใช้แร่ที่มีอลูมินาต่ำกว่า 25% จำเป็นต้องวิเคราะห์ผลทางเศรษฐกิจว่าคุ้มต่อการลงทุนหรือไม่

3. ปฏิกิริยาระหว่างแร่หินสบู่กับกรดซัลฟุริคจะรุนแรงในระยะ 10 นาทีแรกของปฏิกิริยา หลังจากนั้นปฏิกิริยาจะค่อย ๆ ลดความรุนแรงลง จนกระทั่งสารที่ทำปฏิกิริยาตัวใดตัวหนึ่งหมดไป

รูปที่ 18 ผลของปริมาณกรดต่อปฏิกิริยาของดินขาว



รูปที่ 19 ผลของความเข้มข้นกรดต่อปฏิกิริยาของดินขาว



4. ในช่วง 30 นาทีแรกของปฏิกิริยา ผลผลิตจะสูงถึง 70–85% ของผลผลิตที่ 120 นาที ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของแร่และอุณหภูมิที่เผา ซึ่งเป็นลักษณะของปฏิกิริยาเคมี Irreversible second order reaction

5. สภาวะที่เหมาะสมของปฏิกิริยา ได้แก่ ขนาดของเม็ดแร่ต่ำกว่า 200 เมช ปริมาณกรด 98% ความเข้มข้นของกรด 46.4 % อุณหภูมิ ที่ใช้ในการเผาแร่คิบ 700° ซ ระยะเวลาในการเผา 30 นาที ระยะเวลาของปฏิกิริยา 120 นาที ซึ่งให้ผลผลิตประมาณ 93% ของอลูมินา