

บทที่ 1

บทนำ



ที่มาของปัญหา

ปัจจุบันนี้ การผลิตสารส้มของโรงงานภายในประเทศใช้วิธีการต้มอลูมิเนียมออกไซด์ หรือที่เรียกกันว่า อลูมินา กับกรดซัลฟูริกโดยตรง ได้สารละลายของอลูมิเนียมซัลเฟต ซึ่งเมื่อปล่อยให้เย็นตัวจะได้ผลึกของสารส้ม บกแล้วจำหน่ายเพื่อใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมได้เลย จะพบว่าขบวนการผลิตดังกล่าวเป็นแบบง่าย ๆ แต่ต้นทุนการผลิตสูง เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งในการแยกอลูมินาออกจากแร่ดิบ ในต่างประเทศจึงได้พยายามพัฒนาขบวนการผลิตสารส้มจากแร่ดิบโดยตรง แร่ดิบนี้ ได้แก่ บอกไซต์ ซึ่งมีอลูมินาปนอยู่ ประมาณ 55% ปรากฏว่า ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าที่ผลิตจากอลูมินาโดยตรง

ในประเทศไทยขณะนี้ยังไม่พบแหล่งแร่บอกไซต์ การตั้งโรงงานผลิตสารส้มจากแร่บอกไซต์จำเป็นต้องสั่งซื้อบอกไซต์จากต่างประเทศ เมื่อรวมถึงขบวนการผลิตซึ่งมีความยุ่งยากมากกว่า ทำให้ต้นทุนการผลิตไม่ดีกว่าการผลิตจากอลูมินาโดยตรง

อย่างไรก็ตาม ในประเทศไทยได้พบแร่หลายชนิดซึ่งมีอลูมินาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ แร่หินสบู่ และหินขาว ซึ่งมีอลูมินาประมาณ 30-40% ปริมาณแร่ดังกล่าวมีมากในแถบภูเขาภาคกลาง เช่น ปราจีนบุรี นครนายก สระบุรี เป็นต้น จึงน่าจะมีการศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจของการนำแร่เหล่านี้มาใช้แทนแร่บอกไซต์ในการผลิตสารส้ม

วัตถุประสงค์

โครงการนี้มีจุดมุ่งหมายดังต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดในการออกแบบขบวนการผลิตสารส้มจากวัตถุดิบภายในประเทศ อันได้แก่ แร่หินสบู่ และหินขาว
2. รวบรวมข้อมูลเพื่อออกแบบขั้นต้นของโรงงาน

3. ประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ ในการผลิตสารส้มจากวัตถุดิบดังกล่าว
ในชั้นอุตสาหกรรม

4. จากข้อมูลของการทดลองในห้องปฏิบัติการ ศึกษาถึงข้อจำกัดของโรงงาน
สารส้มที่ทำจากแร่หินสบู เพื่อหาคำตอบว่า โครงการนี้สมควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในชั้น
โรงงานทดลองหรือไม่

ขอบเขตของการวิจัย

มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. สรุปรวบรวมข้อมูล เพื่อหาภาวะทางเศรษฐกิจ เช่น ปริมาณการใช้
อัตราการซื้อและขายของวัตถุดิบและผลผลิต ตลอดจนการประเมินความคุ้มค่าและราคา
ในโอกาสของตลาดสารส้มในประเทศ

2. นำตัวอย่างแร่หินสบูและดินขาวมาทดลองผลิตสารส้มในห้องปฏิบัติการ หา
ข้อมูลที่สำคัญ เช่น ผลผลิต ปริมาณกรดและความเข้มข้น อุณหภูมิ ระยะเวลาในการทำ
ปฏิกิริยา ขนาดของเม็ดแร่ที่เหมาะสม ฯลฯ เพื่อหาข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

3. กำหนดเพื่อทำมวลและพลังงานสมดุลย์

4. ประเมินราคาค้นทุนการผลิตของโรงงานขนาด 30,000 ตัน/ปี ตลอดจน
การออกแบบขั้นต้นของโรงงานดังกล่าว

5. รวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินความเหมาะสมของการลงทุนจากดัชนีต่าง ๆ
เช่น Rate of return, Discount cash flow

6. สรุปเปรียบเทียบวิเคราะห์ขบวนการผลิตสารส้มจากแร่บอกไซต์และจาก
แร่ภายในประเทศ

ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยนี้

1. เป็นงานวิจัยที่สร้างเสริมความรู้ในทางวิชาการ ชื่อเสียงของประเทศ และ
ความสามารถของคนไทย ในการพัฒนาในด้านวิศวกรรมเกี่ยวกับการอุตสาหกรรม

- 2. เป็นงานวิจัยที่ส่งเสริมการใช้วัตถุดิบในประเทศเพื่อการอุตสาหกรรม
- 3. หากผลการวิจัยพบว่าการผลิตสารส้มจากแร่หินสบู่นั้นเป็นไปได้ จะมีประโยชน์ในด้านการสงวนเงินตราต่างประเทศ และเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

แผนการวิจัย

ตามลำดับขั้นตอนของการวิจัย ปัญหาสำคัญที่สุดก็คือ การทดลองผลิตสารส้มในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด จะพบว่าผลผลิตขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัวด้วยกัน การที่จะทดลองให้ครบทุกตัว จะเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูงเกินไป เนื่องจากจำนวนครั้งที่ทดลองจะเป็นผลคูณของตัวแปรแต่ละตัว ดังนั้น จึงทำการทดลองโดยพยายามลดตัวแปรลง ทั้งนี้โดยการอาศัยผลจากการทดลองและการค้นคว้าเพิ่มเติม

แนวทางการพิจารณาตัวแปรต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

1. ปริมาณกรดที่ใช้ น้ำหนักสมมูลของกรดคำนวณได้จากปฏิกิริยาเคมี เพื่อให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุด ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใส่ควรจะถูกใช้หมดพอดีในปฏิกิริยา อย่างไรก็ตาม การใส่กรดซัลฟูริกในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น ผลผลิตเพิ่มขึ้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นคุ้มต่อการที่กรดซัลฟูริกสูญเสียไปหรือไม่

2. อุณหภูมิ เนื่องจากในตั้งปฏิกิริยาจำเป็นต้องมีเครื่องควบคุม เพื่อป้องกันการสูญเสียกรดซัลฟูริก ดังนั้น อุณหภูมิสูงสุดของของเหลวในตั้งปฏิกิริยาจึงมีค่าเท่ากับจุดเดือดของของเหลวนั้นที่ความดันหนึ่งบรรยากาศ การที่จะควบคุมอุณหภูมิให้สูงกว่าจุดเดือด จำต้องควบคุมความดันตั้งปฏิกิริยาแทน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้มีความยุ่งยากมาก ดังนั้น การทดลองจึงควบคุมอุณหภูมิให้สูงสุดเท่ากับจุดเดือดของของเหลวเท่านั้น

3. ระยะเวลา สำหรับโรงงานซึ่งใช้ชุดมินาเป็นวัตถุดิบ เวลาของปฏิกิริยาประมาณ 1½ ชม. ดังนั้น ระยะเวลาที่เหมาะสมของปฏิกิริยาไม่ควรเกินกว่า 3 ชม.

4. ขนาดของเม็กรั่ว อัตราเร็วของปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของอนุภาคเล็ก ๆ

ของแร่ดิบที่สัมผัสกับกรดซัลฟูริก ดังนั้น แร่ที่บดยิ่งละเอียดยิ่งเป็นผลดี ขณะเดียวกัน ค่าใช้จ่ายในการบดแร่ก็สูงขึ้นด้วย ดังนั้นจึงควรจะมีค่าเหมาะสมอยู่ค่าหนึ่ง

5. อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาแร่ดิบ ในบางครั้ง อาจจะต้องเผาแร่ดิบก่อน เพื่อเปลี่ยนรูปจากอลูมิเนียมซิลิเกตให้เป็นอลูมิเนียมออกไซด์ จะทำให้ผลผลิตดีขึ้น

การวิจัยของกรมวิทยาศาสตร์

กรมวิทยาศาสตร์ โดยนางนิคน้อย สุจริตกุล¹ ได้ทำการทดลองต้มดินขาวกับกรดซัลฟูริก แล้วทำการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของผลผลิต การทดลองดังกล่าวสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ ใช้หลอดแก้วเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว ยาวประมาณ 18 นิ้ว โดยใส่ดินครึ่งละประมาณ 5 กรัม ให้ความร้อนโดยก๊าสเซอรีนซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะที่ควบคุมอุณหภูมิได้ สามารถให้อุณหภูมิสูงถึง 145° ซ

2. วิธีวิเคราะห์อลูมิเนียมซัลเฟต ใช้วิธีวิเคราะห์ของ AWWA² วิธีการก็คือ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนเป็นกลางพอดีโดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ เติมสารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐานใหม่ากเกินพอ เพื่อเปลี่ยนอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ให้เป็นอลูมิเนียมซัลเฟต จากนั้นเติมสารละลายโปตัสเซียมฟลูออไรด์ ซึ่งจะไปรวมตัวกับอลูมิเนียมซัลเฟต ให้สารประกอบเชิงซ้อนซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์จากนั้นจึงไทเทรตหากรดซัลฟูริกที่เหลือด้วยสารละลายมาตรฐานของโซเดียมไฮดรอกไซด์

¹ นิคน้อย สุจริตกุล, รายงานกิจกรรมฉบับที่ 30, กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม, 2510, หน้า 356-403.

² AWWA, American Water Works Association, Standard for Aluminium Sulphate. B 403-54.

3. ผลการทดลอง

3.1 ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองระหว่างเวลาที่ทำปฏิกิริยากับเปอร์เซ็นต์ของผลผลิต ดิจจากอลูมินาที่มีอยู่ในดินขาว โดยต้มดินที่เผาแล้วครั้งละ 5 กรัม น้ำหนักที่หายไปเนื่องจากการเผา 12.5% ดินมีอลูมินา 30% เหล็กออกไซด์ 3% โดยน้ำหนักของดินขาวก่อนเผา ใช้กรดที่มีความเข้มข้น 46.3% จำนวน 14.5 ลบ.ซม.

ตารางที่ 1 เปอร์เซนต์ผลผลิตจากการทดลองของกรมวิทยาศาสตร์

เวลาที่ทำปฏิกิริยา, นาที	อลูมินาที่เกิด ปฏิกิริยา, %	เวลาที่ทำปฏิกิริยา, นาที	อลูมินาที่เกิด ปฏิกิริยา, %
1	17.3	30	79.3
3	43.3	45	79.8
5	61.6	60	79.8
10	68.5	75	81.0
15	72.8	90	81.0
20	79.3	120	92.0

3.2 ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ทำปฏิกิริยากับเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตโดยใช้กรดที่มีความเข้มข้น 46.3% ในปริมาณต่าง ๆ กัน ผลการทดลองพบว่า ถ้าใช้กรดน้อย ปริมาณกรดที่เกิดปฏิกิริยาจะสูงในกรณีที่ใช้กรดมากเกินไปจะทำให้ผลผลิตสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย ปริมาณกรดที่เหมาะสมมีค่าประมาณ 80-90% ของปริมาณสมมูลย์เวลาของปฏิกิริยา 90-120 นาที จะให้ผลผลิตประมาณ 77-80%

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณกรดต่อผลผลิต

เวลา, นาที	เปอร์เซ็นต์อุณหภูมิจากปฏิกิริยา					
	60% ³	70%	80%	90%	100%	125%
10	56.4	63	67	69.2	69.2	69.2
15	58	66	71.3	75	79.8	72.8
30	57.2	66	73.9	73.9	77.2	78.7
60	59.3	68	74	76	78.7	80.3
90	58	68	77.2	79.8	79.8	81
120	58	67.5	73.9	79.8	80.3	82
150	58	68	76	79.8	81	—
180	58	—	73.9	79.8	80.3	83

3.3 ตารางที่ 3 แสดงถึงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ความเข้มข้นของกรดต่าง ๆ กัน โดยให้เวลาของปฏิกิริยาเท่ากับ 30 นาที ปริมาณกรด 90% ของทฤษฎีพบว่า ถ้าความเข้มข้นสูงขึ้น ผลผลิตจะสูงขึ้นด้วย ในช่วงความเข้มข้น 30-60% จะมีผลทำให้ผลผลิตสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย และถ้าความเข้มข้นมากกว่า 60% กรดที่ใช้จะน้อยเกินไป ทำให้กินข้าวแห้ง คมไม่ได้

³ ปริมาณกรดที่ใช้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณสมมุติตามทฤษฎี.

ตารางที่ 3 ผลของความเข้มข้นของกรก ต่อผลผลิต

ความเข้มข้นของกรก,%	ผลผลิต,%
10	58
20	73.9
30	77.2
40	83
50	84
60	84

3.4 ตารางที่ 4 แสดงถึงเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่เวลาต่าง ๆ กัน โดยใช้ดินขาวเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ใช้กรกซัลฟูริกความเข้มข้น 46.3% ปริมาณ 80% ของปริมาณทางทฤษฎี ผลการทดลองพบว่า การเผาดินขาวก่อนที่จะนำมาทำปฏิกิริยากับกรกนั้นไม่จำเป็น เพราะไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่า การต้มดินขาวที่เผาที่อุณหภูมิ 850° ซ กับกรก ปรากฏว่า ผลผลิตลดลง เมื่อเวลาของปฏิกิริยามากขึ้น และกับดินขาวที่เผาที่ 900° ซ ผลผลิตจะต่ำลงเช่นเดียวกัน ซึ่งขัดกับความจริง ทั้งนี้จะเป็นความผิดพลาดของเครื่องมือมากกว่า

ตารางที่ 4 ผลของการเผาดินขาว ต่อผลผลิต

เวลา, นาที	เปอร์เซ็นต์ผลผลิต						
	600 ⁴	650	700	750	800	850	900
10	-	-	-	48.7	67	70.2	69.2
15	48.9	51.2	59.7	67.0	-	71.3	66
20	-	-	-	68.1	75	73.2	62.2
30	67.6	62.2	72.8	75.0	76	75	18.5
45	70.7	73	73.9	75.0	76.5	75	-
60	72.8	77.2	77.2	76	76.0	73.9	-
75	-	-	-	73.9	76.0	-	-
90	77.2	76	78.7	73.9	77.2	-	-
105	-	-	-	-	75.0	-	-
120	77.2	79.8	-	76	-	-	-
150	-	78.7	-	-	76.0	56.6	-
180	76	77.2	77.2	81	76.5	-	-
240	78.7	-	-	-	-	-	-

⁴อุณหภูมิที่เผาดินขาว, ° ซ.

3.5 สรุป ในรายงานฉบับนี้ได้สรุปผลการทดลองว่า อลูมิเนียมซัลเฟต สามารถเตรียมได้โดยการต้มกรดซัลฟูริกกับดินขาวที่เผาที่อุณหภูมิ 700 - 800 ° C เป็น เวลา 30 - 60 นาที โดยใช้กรดที่มีความเข้มข้น 46.3 % ปริมาณกรดเท่ากับปริมาณ สมมูลย์ตามทฤษฎี จะได้ผลผลิต 80%

3.6 ข้อวิจารณ์ จะพบว่า การทดลองนี้ผู้ทดลองมิได้คำนึงถึงองค์ประกอบ สองประการด้วยกัน ประการแรกได้แก่ การที่กรดสูญหายไป เนื่องจากระเหยเป็นไอ และประการที่สอง ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ดินขาวที่เก็บตัวอย่างมา อาจจะทำให้เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดได้