

# ภาคผนวก 1



วารสาร

# สงขลานครินทร์

ISSN 0125-3395

เรื่องตีพิมพ์จาก วารสารสงขลานครินทร์  
Reprint from Songklanakarin J. Sci. Technol.

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา

# การแยกแมกนีเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ และโซเดียมคลอไรด์ จากแร่คาร์นัลไลต์ โดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์

มาจนะ ทิพย์ศิริ<sup>1</sup> และ สัมพันธ์ วงศ์นาวา<sup>2</sup>

บทคัดย่อ. มาจนะ ทิพย์ศิริ และสัมพันธ์ วงศ์นาวา. 2531 การแยกแมกนีเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ และโซเดียมคลอไรด์ จากแร่คาร์นัลไลต์ โดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์. วารสารงานปริวรรต 10 : 23-32

โดยการใช้เอทิลแอลกอฮอล์สามารถแยกแมกนีเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ และโซเดียมคลอไรด์ ออกจากกันในคราวเดียว จากแร่คาร์นัลไลต์ แมกนีเซียมคลอไรด์ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ แต่โพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ละลายได้น้อยมาก โซเดียมคลอไรด์มีค่าความตึงผิวเฉพาะสูงกว่าโพแทสเซียมคลอไรด์เล็กน้อยและมีขนาดหยากว่าจะตกตะกอนอยู่ชั้นล่าง โพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ชั้นบน และแมกนีเซียมคลอไรด์อยู่ในสารละลาย แยกสามส่วนนี้ออกจากกัน โดยค่อย ๆ รินออกมา วิธีนี้ถ้าใช้แร่คาร์นัลไลต์ 100 g จะใช้แอลกอฮอล์ราว 250 ml แอลกอฮอล์สามารถถนอมกลับคืนและนำมาใช้ได้อีก แต่มีการสูญเสียไปบ้าง อัตราการสูญเสียแอลกอฮอล์ 53 ml ต่อแร่ 100 g

<sup>1</sup>วท.ม.(เคมีศึกษา) โรงเรียนท่าแซะรัษฎาภิเษก อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร 86140 <sup>2</sup>Ph.D. (Inorganic Chemistry) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต อ.หาดใหญ่ 90112 รับลงพิมพ์ กุมภาพันธ์ 2531

ผลผลิตที่แยกออกมาได้จากแร่จะได้แมกนีเซียมคลอไรด์ 38 g (ความบริสุทธิ์ 97 %) โพแทสเซียมคลอไรด์ 25 g (ความบริสุทธิ์ 98 %) และโซเดียมคลอไรด์ 29 g (ความบริสุทธิ์ 96 %) นำหนักผลิตภัณฑ์นี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ ตามสภาพของแหล่งแร่

แร่คาร์นัลไลต์นับเป็นแร่โพแทช (potash)† ชนิดหนึ่ง มีสูตรทางเคมี  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$  หรือ  $KMgC_3 \cdot 6H_2O$  ผลึกแร่คาร์นัลไลต์เป็นระบบออร์โธโรมบิก (Orthorhombic) มีความแข็ง 2.5 Mohs ความหนาแน่น 1.602 g/cc มีสีต่าง ๆ ตั้งแต่สีขาว แสดอมแดง ชมพูอมม่วง จนถึงใสไม่มีสี ผลึกมีลักษณะโปร่งใสถึงโปร่งแสง แร่นี้เกิดจากการระเหยของน้ำทะเลในสมัยดึกดำบรรพ์ มักเกิดปนกับแร่ซีเซอไรต์ (kieserite  $MgSO_4 \cdot H_2O$ ) เฮไลต์ (halite  $NaCl$  หรือ บางทีก็เรียกว่า เกลือหิน Rock salt) ซิลไวต์ (sylvite  $KCl$ ) และโพลิเฮไลต์ (polyhalite  $K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$ ) แหล่ง

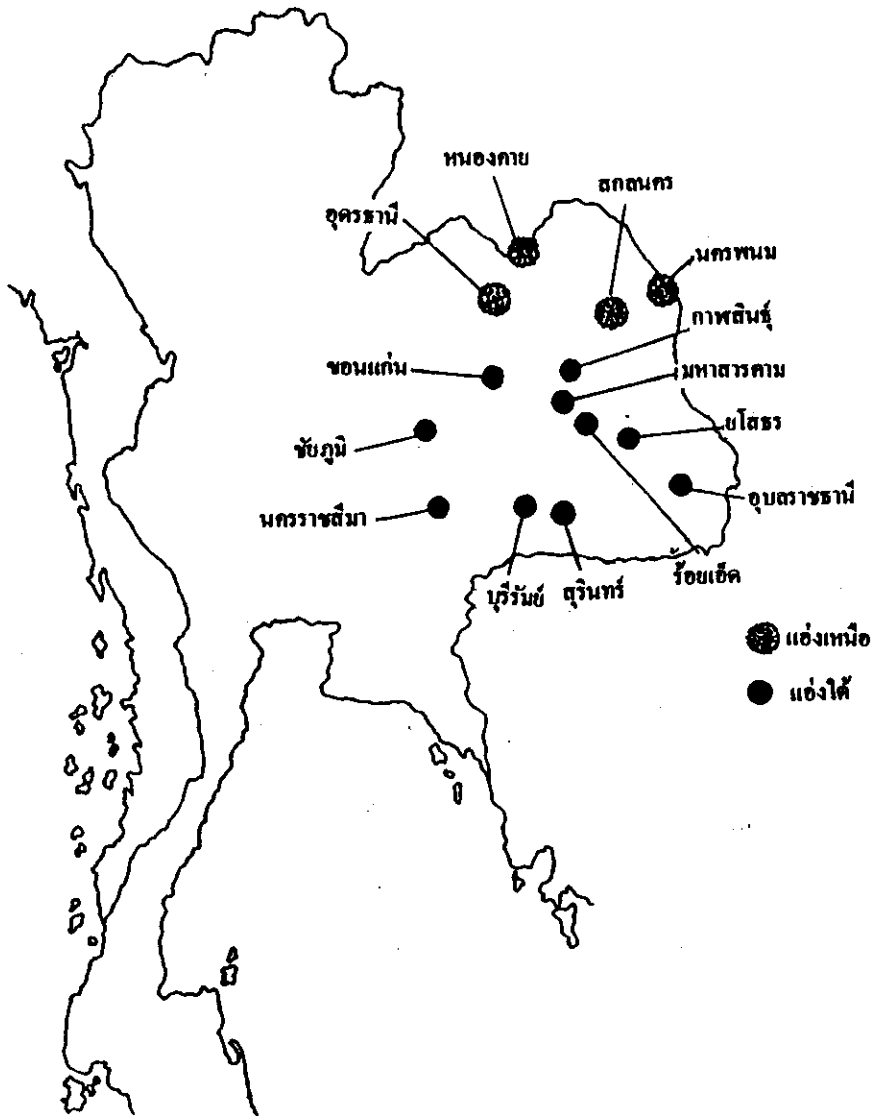
†โพแทชปกติหมายถึงโพแทสเซียมคาร์บอเนต แต่ในทางการค้าและอุตสาหกรรมใช้ในความหมายที่กว้างกว่า โดย รวมเกลือต่างๆ หลายชนิดของโพแทสเซียม<sup>(15,16)</sup>

แร่ที่พบในต่างประเทศ เช่น ที่ Permian Basin ทางตะวันออกเฉียงใต้ของรัฐนิวเม็กซิโก โดยเฉพาะที่บริเวณใกล้เมือง Carlsbad ซึ่งทับถมเป็นบริเวณกว้างและบางส่วนของรัฐเท็กซัส นอกจากนี้ยังพบที่เมือง Grand และ San Juan ในรัฐยูทาห์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ Saskatchewan ประเทศแคนาดา ในภาคเหนือของประเทศเยอรมนี สเปน และ Ozinki Saratov ประเทศสหภาพโซเวียต<sup>(19)</sup>

สำหรับในประเทศไทยนั้นพบแหล่งแร่คาร์เนลไลต์เป็นแหล่งใหญ่ 2 แหล่ง (รูปที่ 1) ได้แก่แหล่งสกลนคร (แหล่งเหนือ) ครอบคลุมพื้นที่ 19,544 ตารางกิโลเมตร ของจังหวัดสกลนคร หนองคาย อุดรธานี และนครพนม มีปริมาณโพแทสเซียม (K) ร้อยละ 0.02-18.70 แมกนีเซียม (Mg) ร้อยละ 0.00-

10.55 แคลเซียม (Ca) ร้อยละ 0.00-8.14 และโซเดียม (Na) ร้อยละ 0.008-45.09 และแหล่งโคราช (แหล่งใต้) พบเป็นบริเวณกว้าง กินเนื้อที่ถึง 37,257 ตารางกิโลเมตร ของจังหวัดนครราชสีมา มหาสารคาม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี ชัยภูมิ สุรินทร์ และบุรีรัมย์ พบว่ามีปริมาณโพแทสเซียม (K) ร้อยละ 0.00-9.74 แมกนีเซียม (Mg) ร้อยละ 0.02-13.09 แคลเซียม (Ca) ร้อยละ 0.04-20.45 และโซเดียม (Na) ร้อยละ 0.21-64.94<sup>(3,4,7,8)</sup>

สำหรับบริเวณที่ได้ทำการเจาะสำรวจอย่างละเอียดเพื่อสำรวจปริมาณและคุณค่าแร่คาร์เนลไลต์ คือบริเวณอำเภอบ้านนาเมืองระบือ จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งจากผลการสำรวจพบว่ามีชั้นแร่คาร์เนลไลต์ปนอยู่กับเกลือหินมีความหนาประมาณ 7



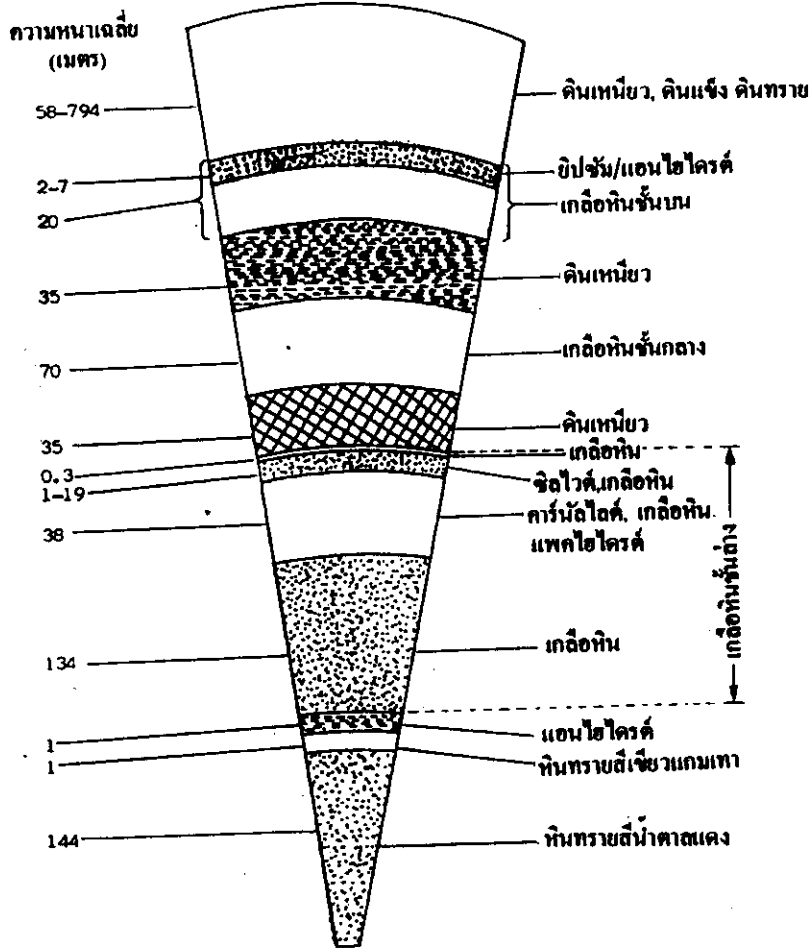
รูปที่ 1 จังหวัดที่สำรวจพบแร่คาร์เนลไลต์

เมตร ลึกจากผิวดินเฉลี่ยประมาณ 165 เมตร มีความอุดมสมบูรณ์คิดในรูปโพแทสเซียมออกไซด์ (K<sub>2</sub>O) ประมาณร้อยละ 13 ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 20 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นปริมาณแร่สำรองประมาณ 240 ล้านตัน<sup>(3)</sup>

การเจาะสำรวจแร่โพแทชในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเริ่มตั้งแต่เดือนกันยายน 2516 ถึงเดือนเมษายน 2520 ได้ทำการเจาะไปทั้งสิ้น 56 หลุม โดยมีความลึกตั้งแต่ 395-2,714 ฟุต พบแร่โพแทช 30 หลุม มีความลึกตั้งแต่ 290-1,749 ฟุต มีความหนาของชั้นแร่โพแทชตั้งแต่ 9-311 ฟุต แร่โพแทชที่สำรวจพบจำนวน 30 หลุมนี้ ส่วนใหญ่เป็นแร่คาร์เนลไลต์ปนกับเกลือหิน และมีแร่ทาคซีไฮโดรต์ (tachyhydrite CaMg<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>·12H<sub>2</sub>O) ปนอยู่บ้าง<sup>(9)</sup>

รูปหน้าตัดแสดงลักษณะชั้นหินต่าง ๆ ของแหล่งแร่คาร์เนลไลต์ในประเทศแสดงในรูปที่ 2 ในรูปจะเห็นว่าชั้นเกลือหิน อยู่ข้างล่างสุดและเป็นชั้นที่หนาที่สุด และเป็นชั้น

เดียวที่พบแร่คาร์เนลไลต์อยู่เป็นชั้นหนาในช่วงบนของชั้นเกลือหิน หลุมเจาะที่พบชั้นเกลือหินอยู่หนาที่สุดอำเภอวารินวาส จังหวัดสกลนคร ซึ่งอยู่ในบริเวณแหล่งเหนือ พบว่าเกลือหินชั้นล่างนี้มีความหนา 436 เมตร ซึ่งความหนานี้ได้รับความหนาของชั้นโพแทชในช่วงบน 82 เมตรเข้าไว้ด้วย ดังนั้นจะเหลือเป็นความหนาของชั้นเกลือหินล้วน ๆ ได้ชั้นโพแทช 348 เมตร และเหนือชั้นในโพแทชอีก 6 เมตร ชั้นเกลือหินนี้มีแร่ยิปซัม (gypsum CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) และแร่แอนไฮไดรต์ (anhydrite CaSO<sub>4</sub>) ปนอยู่บ้างเล็กน้อย ประมาณร้อยละ 2-3 และมีอินทรียสารปนในเกลือหินทำให้เกลือหินมีสีเทาดำปนอยู่บ้างเป็นช่วง ๆ นอกจากนี้ยังพบชั้นแร่แอนไฮไดรต์ซึ่งมีความหนาค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดประมาณ 1-2 เมตรวางตัวได้ชั้นเกลือหินและทับอยู่บนดินทรายเนื้อละเอียด ตรงรอยต่อระหว่างชั้นแร่แอนไฮไดรต์กับชั้นดินทรายนี้อักพบอินทรียสารสีดำหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร ดินทรายเนื้อละเอียดนี้มีสีเทา



รูปที่ 2 รูปตัดแ่งเกลือหินและโพแทชซึ่งเจาะสำรวจที่อำเภอวารินวาส จังหวัดสกลนคร<sup>(4)</sup>

แกมเขียวหนาประมาณ 40 เซนติเมตร วางตัวกับอยู่บนหินทรายสีน้ำตาลแดงซึ่งหนามากอีกทีหนึ่ง จากการเจาะพบว่าทุกหลุมที่เจาะพื้นชั้นเกลือหินจะพบแร่แอนไฮไดรต์ หินทรายสีเทาแกมเขียว และหินทรายสีน้ำตาลแดง ตามลำดับจากบนลงล่าง ชั้นหินทรายสีน้ำตาลแดงมีความหนามากกว่า 144 เมตร<sup>(4,6)</sup>

แหล่งแร่คาร์เนลไลต์ของประเทศไทยพบแร่ซิลิไซด์ปนอยู่บ้างแต่เป็นส่วนน้อย โดยพบว่ารวมอยู่กับเกลือหินซึ่งชั้นเกลือหินนี้ในบางบริเวณที่เจาะพบนับว่าหนามาก นอกจากนี้แล้วยังพบแร่ทาลีไฮไดรต์ซึ่งนับว่าไม่ค่อยพบบ่อยนักในส่วนอื่นของโลก แต่พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย<sup>(3,4)</sup>

สำหรับแร่คาร์เนลไลต์ที่เจาะพบเป็นชั้นหนามากพิเศษเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งแร่คาร์เนลไลต์อื่น ๆ ทั่วโลกจากการเจาะสำรวจพอจะคาดคะเนได้ว่าพื้นที่ที่มีชั้นแร่นี้อยู่ใต้ผิวดินคลุมพื้นที่ไม่น้อยกว่า 4,500 ตารางกิโลเมตร โดยคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ทางส่วนกลางและทางตะวันตกของแหล่งทั้งสองคิดเป็นปริมาณแร่สำรองได้ประมาณ 270,000 ล้านตัน ซึ่งคิดเฉลี่ยความหนา 38 เมตร ปริมาณของโพแทสเซียมออกไซด์มากกว่าร้อยละ 5 สำหรับเกลือหินนั้นคาดว่าอยู่ใต้ผิวดินในพื้นที่ทั้งหมดของแหล่งทั้งสองซึ่งมีพื้นที่มากถึงประมาณ 50,000 ตารางกิโลเมตร และมีปริมาณเกลือหินไม่ต่ำกว่า 10 ล้านล้านตัน<sup>(4)</sup>

เกี่ยวกับแมกนีเซียมคลอไรด์นั้นมีการบวกรวมหนึ่งซึ่งใช้ในวงการอุตสาหกรรมคือ Dow process ซึ่งเป็นวิธีการแยกแมกนีเซียมจากน้ำทะเล ในน้ำทะเลมีโซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ แมกนีเซียมคลอไรด์ และสารประกอบอื่น ๆ อีกหลายชนิด ตามวิธีนี้แมกนีเซียมจะถูกแยกออกมาในรูปของแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งไม่ละลายน้ำโดยการให้น้ำทะเลทำปฏิกิริยากับปูนขาว (Ca(OH)<sub>2</sub>) แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ที่แยกออกมานี้เป็นสารตั้งต้นที่สามารถนำไปผลิตสารประกอบต่างๆ ของแมกนีเซียมได้อีกมากมายหลายชนิด<sup>(12)</sup> ส่วนวิธีการแยกโพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์นั้นก็มีวิธีที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมแล้วเช่นกัน เช่น ในการแยกโพแทสเซียมคลอไรด์ออกจากแร่ซิลิไนต์ (แร่ซิลิไนต์ *sylvinit* มีโพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ปนอยู่ด้วยกัน) อาศัยความแตกต่างของการละลายระหว่างโพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ในน้ำที่อุณหภูมิสูงแล้วปล่อยให้ตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำ โพแทสเซียมคลอไรด์จะตกผลึกออกมาก่อน<sup>(5,10)</sup>

หรือใช้วิธีการลอยแร่โดยใช้สารเคมีประเภทสารอินทรีย์บางชนิด เช่น สารประกอบโอเลต (oleate) กรดแนฟธีนิก (naphthenic acid) กรดไลโนเลนิก (linolenic acid) ฯลฯ เติมนลงไปเล็กน้อย แล้วทำให้เป็นฟองด้วยการเป่าลมลงไป โพแทสเซียมคลอไรด์ (หรือโซเดียมคลอไรด์ ขึ้นอยู่กับสารเคมีที่ใช้) จะลอยขึ้นเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ แยกออกมาได้<sup>(5,21)</sup> หรือใช้วิธีทางไฟฟ้าสถิตย์ทำให้เกิดประจุในผงแร่ (มีแร่ซิลิไซด์ เกลือหิน และแร่ซีโอไรต์)พร้อมกับเติมสารเคมีบางชนิดลงไปปรับสภาวะให้เหมาะสม แร่ต่างชนิดกันจะเกิดประจุต่างกัน ทำให้แยกออกจากกันได้แต่ต้องใช้ความต่างศักย์สูงถึง 100,000 โวลต์ วิธีนี้เป็นวิธีค่อนข้างใหม่ (ค.ศ.1984) และอ้างว่ามีข้อได้เปรียบกว่าวิธีลอยแร่ เช่น ประหยัดกว่าถึง 10 เท่า และไม่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะแวดล้อมเป็นพิษอันเนื่องมาจากน้ำทิ้ง<sup>(13)</sup> ที่เป็นคาร์เนลไลต์โดยตรงนี้มีรายงานในปี ค.ศ. 1983 แต่เป็นคาร์เนลไลต์ที่ตกผลึกได้จากน้ำทะเล (มีองค์ประกอบคล้ายกับแร่คาร์เนลไลต์ที่ใช้ศึกษาในการทดลองนี้) ซึ่งก็อาศัยสมบัติในการละลายได้ดีในน้ำร้อนของโพแทสเซียมคลอไรด์เช่นกัน ทำให้แยกโพแทสเซียมคลอไรด์ออกมาได้ แต่ไม่ได้กล่าวถึงโซเดียมคลอไรด์และแมกนีเซียมคลอไรด์<sup>(14)</sup>

ในบทความนี้รายงานผลการทดลองในอีกแนวหนึ่ง ซึ่งจากการตรวจสอบเอกสารอ้างอิงและบทความปริทัศน์ยังไม่เคยพบว่ามีกรกล่าวถึงวิธีนี้มาก่อน กล่าวคือ อาศัยคุณสมบัติในการละลายของแมกนีเซียมคลอไรด์ซึ่งละลายได้ดีกว่าโพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ในเอทิลแอลกอฮอล์ ทำให้สามารถใช้เอทิลแอลกอฮอล์สกัดแมกนีเซียมคลอไรด์ออกมาได้และนอกจากนี้การที่โพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์มีค่าความถ่วงจำเพาะต่างกันและมีความละเอียดหยาบไม่เท่ากัน ทำให้โพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์แยกกันอยู่คนละชั้นในเอทิลแอลกอฮอล์ทำให้สามารถแยกโพแทสเซียมคลอไรด์ออกจากโซเดียมคลอไรด์ได้อีกด้วย และท้ายสุดแอลกอฮอล์ที่ใช้แล้วยังสามารถกลั่นกลับคืนมาใช้ได้อีก

### วัตถุประสงค์

สารเคมี

แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO<sub>3</sub>, AR, AJAX Chemical) ใช้เตรียมสารละลายมาตรฐานแคลเซียม อบที่อุณหภูมิ 110 °C ในตู้อบลดความดันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้

เอทิลแอลกอฮอล์ (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, 95%) ผลิตโดยโรงงานสุราอยุธยา

กรมสรรพสามิต ใช้ในการสกัดแมกนีเซียมคลอไรด์จากแร่

กรดไฮโดรคลอริก (HCl, AR, E.Merck) ใช้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม

โลหะแมกนีเซียม (Mg metal, 99.7% BDH Chemical) นำไปกัดผิวด้วยกรดไฮโดรคลอริกเจือจางจนสะอาดแล้วล้างด้วยน้ำกลั่น ทำให้แห้งในสูญญากาศที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้เตรียมสารละลายมาตรฐาน

กรดไนตริก (HNO<sub>3</sub>, AR, BDH Chemical) ใช้ย่อยสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำที่ได้จากกระบวนการแยกแร่

กรดเปอร์คลอริก (HClO<sub>4</sub>, AR, BDH Chemical) ใช้ย่อยสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำที่ได้จากกระบวนการแยกแร่

โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl, AR, Ajax Chemical) ใช้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม อบที่อุณหภูมิ 110 °C ในตู้อบลดความดันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้

โซเดียมคลอไรด์ (NaCl, AR, May & Baker) ใช้ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมอบที่อุณหภูมิ 110 °C ในตู้อบลดความดันเป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้

**เครื่องมือ**

Atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer 305B) ใช้วิเคราะห์ธาตุด้วยเปลวอากาศ-อะเซทิลีน โดยการวัดแสงที่เปล่งออกมา (emission mode) ในกรณีวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมและโพแทสเซียม และวัดการดูดกลืนแสง (absorption mode) ในกรณีวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม

Emission Spectroscopy (Vreeland, model 7, Spectrex Corp.) ใช้วิเคราะห์เชิงคุณภาพธาตุบางธาตุในแร่

**วิธีการทดลอง**

**I. ขั้นตอนการปฏิบัติเกี่ยวกับแร่ดิบ ทำดังนี้**

1. แร่ดิบที่นำมาวิเคราะห์ มีอยู่ 2 แหล่งด้วยกัน ดังนี้ แร่แหล่งที่ 1 ได้รับในปี พ.ศ. 2526 ไม่ทราบตำแหน่งที่แน่ชัดของแหล่งแร่ เป็นแร่ที่ยังไม่ได้บดมีสีชมพูอ่อน แร่แหล่งที่ 2 ได้รับในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2527 จากอำเภอบ้านนาเมืองนคร จังหวัดชัยภูมิเป็นแร่ที่บดแล้ว มีสีชมพูอมแดง

**2. การสับตัวอย่างแร่ดิบ**

ใช้วิธีรูปกรวยแพลัส (Cone and quartering)<sup>(1)</sup> ทำโดยนำแร่ดิบมากองเป็นรูปกรวยคว่ำแล้วครูปกรวยลงจากยอดมายังฐานให้แร่แบ่งเป็นวงกว้างความหนาสม่ำเสมอ แล้วแบ่งแร่ออกเป็น 4 ส่วน เลือกสักแรมเฉพาะส่วนที่อยู่ตรงข้ามมารวมกัน แล้วทำวิธีเดิมอีก 4 ครั้ง จะได้ตัวอย่างแร่ประมาณ 45 g โดยเริ่มจากแร่ประมาณ 1,500 g

**3. การวิเคราะห์แร่ดิบ**

ก่อนที่จะนำแร่ดิบไปผ่านกระบวนการแยกนั้น ต้องวิเคราะห์แร่ดิบก่อนว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง อย่างละเอียด เพื่อจะใช้เป็นค่าเปรียบ

เทียบว่าเมื่อผ่านกระบวนการแยกแล้วค่าเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปอย่างไรการวิเคราะห์แร่ดิบทำดังนี้

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ได้ทำการทดลองตรวจสอบเฉพาะไอออนบวกและไอออนลบที่สำคัญเท่านั้น เพื่อให้แน่ใจว่ามีไอออนเหล่านี้อยู่จริง เช่น Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> นอกจากนี้ยังได้ตรวจสอบ Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> (หรือ Fe<sup>3+</sup>), Mn<sup>2+</sup> ด้วย การตรวจสอบนี้ใช้หลายวิธี เช่น วิธีทางเคมี วิธีทดสอบด้วยเปลวไฟ และใช้เครื่องมือ คือ Emission spectroscope และ Atomic absorption spectrophotometer ประกอบกัน

การวิเคราะห์เชิงปริมาณ ใช้วิเคราะห์ธาตุที่สำคัญ 4 ธาตุ คือ Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> และ Ca<sup>2+</sup> โดย Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> นั้นเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในแร่และเป็นเป้าหมายหลักในกระบวนการแยกนี้ ส่วน Ca<sup>2+</sup> นั้นเป็นมลทินที่ปนอยู่ในแร่ซึ่งมีอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณคือ Atomic absorption spectrophotometer สารละลายมาตรฐานของธาตุทั้ง 4 ชนิดนี้เตรียมขึ้นตามวิธีที่ได้มีการอธิบายไว้แล้ว<sup>(18)</sup> โดยสารละลายมาตรฐาน Mg<sup>2+</sup> และ K<sup>+</sup> มีความเข้มข้น 0.24, 0.48, 0.72, 0.96 และ 1.20 mg/l เท่ากัน ส่วนสารละลายมาตรฐาน Na<sup>+</sup> มีความเข้มข้น 0.16, 0.32, 0.48, 0.64 และ 8.0 mg/l และสารละลายมาตรฐาน Ca<sup>2+</sup> มีความเข้มข้น 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0 และ 12.0 mg/l ในการเตรียมสารละลายแร่ดิบเพื่อวิเคราะห์นั้นนำตัวอย่างแร่ดิบที่สุ่มมาแล้วชั่งตัวอย่างแร่แห้งละ 5 ตัวอย่างแล้วนำมาบดด้วยมือให้ละเอียดที่สุดในช่วงเวลานั้นเพื่อป้องกันการดูดความชื้น แล้วชั่งประมาณ 0.2 g (ซึ่งละเอียด) ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้เป็น 50 ml โดยใช้ขวดปริมาตร ทำสารละลายนี้ให้เจือจางลงมีความเข้มข้น 0.4 mg/l สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณ Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> และใช้สารละลายแร่เข้มข้น 4,000 mg/l สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณ Ca<sup>2+</sup>

**II. กระบวนการแยกแร่**

รายละเอียดในการแยกแร่มีดังนี้

- ก. ชั่งแร่ดิบ (แร่-1) มา 50 g ใส่ในปิอกเกอร์ เดิมเอทิลแอลกอฮอล์ 50-60 ml คนด้วยเครื่องคนแบบแม่เหล็กประมาณ 10-15 นาที จะสังเกตเห็นตะกอนเบาลอยขึ้นและแยกส่วนออกอย่างเห็นได้ชัดดังแสดงในรูปที่ 3 ชั้นบนเป็นตะกอนละเอียด เบา สีขาว ส่วนใหญ่เป็นโพแทสเซียมคลอไรด์ ตะกอนชั้นล่างเป็นเม็ดหยาบ มีทั้งเม็ดที่ใสไม่มีสีและมีสีคล้ายแร่ดิบ ชั้นล่างนี้ส่วนใหญ่เป็นโซเดียมคลอไรด์ รินสารละลายและตะกอนเบาลงในกรวยกรองแบบลดความดัน ในขั้นนี้ จะได้แมกนีเซียมคลอไรด์ซึ่งจะละลายอยู่ในแอลกอฮอล์ (เป็นสารละลายอิ่มตัว) โพแทสเซียมคลอไรด์ซึ่งเป็นตะกอนเบาบนกรวยกรอง เรียกส่วนนี้ว่า KCl-1 และโซเดียมคลอไรด์ที่มีแร่ซึ่งยังไม่ถูกแยกบางส่วนเป็นตะกอนหนักตกค้างอยู่ในปิอกเกอร์ เรียกส่วนที่ตกค้างนี้ว่า แร่-2
- ข. ล้างตะกอน KCl-1 ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 100 ml ในการล้างนี้จะสามารถแยกแมกนีเซียมคลอไรด์ซึ่งยังหลงเหลืออยู่เล็กน้อยออกไปได้หมด เรียกตะกอนที่ได้จากการล้างนี้ว่า KCl-2 ใน KCl-2





ให้เป็น 50 ml ในการวิเคราะห์นำสารละลายเหล่านี้ไปทำให้เจือจางจนมีความเข้มข้น 0.4 mg/l

IV. การวิเคราะห์สารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ (มลทิน)

ในส่วนที่เป็นโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl-2) นั้น มีมลทินปนอยู่ในรูปของสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ (หรืออาจจะละลายได้น้อยมาก) และมีคราบอินทรีย์สารเคลือบอยู่ด้วย นำสารส่วนนี้มาย่อยเพื่อเตรียมเป็นสารละลายสำหรับกรวิเคราะห์โดยในการย่อยสารทำดังนี้ : ซึ่งสารที่อบแห้งแล้วมา 0.7 g (ซึ่งละเอียด) เติมสารละลายกรดผสมระหว่างกรดเปอร์คลอริกเข้มข้นกับกรดไนตริกเข้มข้น (1 : 1 โดยปริมาตร)<sup>(22)</sup> ประมาณ 10 ml แล้วให้ความร้อนจนสารละลายหมด นำสารละลายที่ได้มาทำให้มีปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่นเมื่อนำไปวิเคราะห์จะต้องทำสารละลายนี้ให้เจือจางลงอีก โดยแบ่งสารละลายตั้งต้นมาเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 100 ml ความเข้มข้นสุดท้ายจะเป็น 0.014 mg/l ใช้สารละลายนี้สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม, โซเดียม, แมกนีเซียม, แคลเซียม, เหล็ก, และ แมงกานีส (อุปกรณ์ในการย่อยนั้นใช้ขวดรูปชมพู่และมีกรวยแก้ววางปิดที่ปากขวดให้ก้านกรวยแก้วอยู่ในขวดเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำและในขณะที่เขย่ากันก็เป็นการเปิด เพื่อไม่ให้ภายในขวดมีความดันมากเกินไป ซึ่งอาจเกิดอุบัติเหตุระเบิดขึ้นได้)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการวิเคราะห์แร่ดิบนั้นได้ทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพก่อนแต่ก็จำกัดขอบเขตการวิเคราะห์เพียงธาตุหลักที่คาดว่า จะมีในแร่เท่านั้น คือ โพแทสเซียม , โซเดียม , แมกนีเซียม, คลอรีน (คลอไรด์) และธาตุอื่นที่อาจมีปนในลักษณะ เป็นมลทิน เช่น แคลเซียม เหล็ก และแมงกานีส สำหรับเหตุผลที่วิเคราะห์สองธาตุหลังนั้นเป็นเพราะสีของแร่ กล่าวคือ แร่ที่นำมาทดลองมีสีชมพูอมแดง หลังจากนำแร่มาบดแล้วจะเห็นส่วนหนึ่งเป็นสีชมพูคล้ายสีของแมงกานีส (II) คลอไรด์ ในขณะที่บางส่วนมีสีแดงซึ่งคาดว่าอาจเป็นเพราะมีสารประกอบของเหล็กปนอยู่ด้วย แต่เมื่อวิเคราะห์ก็ไม่พบเหล็กและแมงกานีสโดยวิเคราะห์ซ้ำหลายครั้งใช้ทั้งวิธีทางเคมีและใช้เครื่องมือ เช่น Emission spectroscope และ Atomic absorption spectrophotometer ส่วนธาตุอื่น ๆ ที่กล่าวถึงข้างบนนี้ก็สามารถตรวจพบได้โดยง่าย หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณธาตุโพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม และแคลเซียม โดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (ที่จริงธาตุหลักคือ 3 ธาตุแรก ส่วนแคลเซียมนั้นเป็นมลทินที่ปนอยู่ในแร่) ผลการวิเคราะห์สรุปแสดงไว้ในตารางที่ 1

ในการแยกแมกนีเซียมคลอไรด์ออกจากแร่ดิบโดยใช้สกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์นั้นอาศัยหลักเกี่ยวกับการละลายที่แตก

ตารางที่ 1 สรุปผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณสารประกอบคลอไรด์ในแร่ดิบ

แร่ แห่งที่ †	KCl (%) ††	NaCl (%)	MgCl <sub>2</sub> (%)	CaCl <sub>2</sub> (%)
1	22.22 ± 2.24	36.36 ± 6.09	28.73 ± 2.08	0.10 ± 0.01
2	24.67 ± 2.82	29.88 ± 5.53	36.46 ± 4.29	0.14 ± 0.02

†† แหล่งละ 5 ตัวอย่าง ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ±SD ข้อมูลมีค่าเบี่ยงเบนค่อนข้างสูงแต่ ก็มีนัยสำคัญ โดยการทดสอบด้วย Q-test<sup>(20)</sup>

†† ร้อยละโดยน้ำหนักเทียบกับแร่ดิบ

ต่างกันระหว่าง โพแทสเซียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ และแมกนีเซียมคลอไรด์ ในเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งมีค่า 0.0030, 0.0026, และ 7.40 g ต่อแอลกอฮอล์ 100 g ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 30°C<sup>(17)†</sup> ดังนั้น แมกนีเซียมคลอไรด์จะละลายอยู่ในแอลกอฮอล์เป็นส่วนใหญ่ ส่วนโพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์แม้ว่าจะละลายได้บ้างแต่ก็น้อยมากจึงยังคงอยู่ในสภาพที่เป็นของแข็ง ในขั้นนี้จึงสามารถแยกแมกนีเซียมคลอไรด์ออกมาได้โดยการรินสารละลายที่มีแมกนีเซียมคลอไรด์อิมตัวออกมา

ผลพลอยได้จากการแยกโดยวิธีนี้อีกอย่างหนึ่งก็คือสามารถแยกโพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ออกจากกันได้ด้วย ซึ่งปกติการแยกสารประกอบสองชนิดนี้ออกจากกันทำได้ยาก เพราะสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกันมาก ในวงการอุตสาหกรรมแร่ที่จำเป็นต้องแยกสารประกอบสองชนิดนี้ออกจากกัน ส่วนใหญ่จะใช้วิธีลอยแร่ (Flotation) โดยใช้สารเคมีประเภทสารอินทรีย์ เช่น สารประกอบโอเลต (Oleate) กรดแนพทีนิก (Naphthenic acid) กรดไลโนเลนิก (Linolenic acid) ฯลฯ เป็นต้นช่วยให้ออกโพแทสเซียมคลอไรด์หรือโซเดียมคลอไรด์ตัวใดตัวหนึ่งลอยแยกออกมา<sup>(5,21)</sup> ในวิธีการสกัดแมกนีเซียมคลอไรด์โดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์และสามารถแยกโพแทสเซียมคลอไรด์ออกจากโซเดียมคลอไรด์ได้ด้วยนี้เป็นเพราะสารสองชนิดหลังนี้มีความแข็งและความสว่างจำเพาะไม่เท่ากัน (โพแทสเซียมคลอไรด์ ด.พ. 1.99 และความแข็ง 2 Mohs ส่วนโซเดียมคลอไรด์ ด.พ. 2.16 และความแข็ง 2.5 Mohs<sup>(11)</sup>) แร่ดิบก่อนนำมาทดลองนี้จะต้องนำมาบดก่อน

†ค่าเหล่านี้เป็นการละลายในแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ ถ้าเป็นแอลกอฮอล์ 90% จะละลายได้มากกว่านี้อีกเล็กน้อย เช่นโพแทสเซียมคลอไรด์ละลายได้ 0.07g โซเดียมคลอไรด์ 0.1220g ที่ 25°C (เอกสารอ้างอิง 17 หน้า 156 และ 996 ตามลำดับ) แต่ไม่มีข้อมูลสำหรับแมกนีเซียมคลอไรด์

แร่ที่บดแล้วจะมีทั้งที่เป็นเม็ด (ขนาดประมาณเม็ดทราย) และเป็นผงร่วน และเมื่อนำมาสกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ส่วนที่เป็นโพแทสเซียมคลอไรด์ซึ่งละเอียดกว่าและเบากว่าจะอยู่ข้างบนในขณะที่โซเดียมคลอไรด์ซึ่งแข็งกว่าจะเป็นเม็ดหยาบกว่าทั้งนี้หนักกว่าด้วยจะจมอยู่ชั้นล่าง วิธีจึงเป็นวิธีง่าย ๆ ที่สามารถแยกโพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ออกจากกันได้

ส่วนแมกนีเซียมคลอไรด์นั้นละลายอยู่ในแอลกอฮอล์เป็นสารละลายอิ่มตัว (หรือใกล้ถึงจุดอิ่มตัว) เมื่อนำสารละลายนี้มาต้มจะได้อัลกอฮอล์ออกมาส่วนหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไปใช้ใหม่ได้อีก จึงเป็นข้อเด่นอีกประการหนึ่งของวิธีนี้ในการรักษาระดับต้นทุนไม่ให้สูงเกินไป อย่างไรก็ตามในการกลั่นแอลกอฮอล์กลับคืนมานั้นยังมีการสูญเสียไปเป็นจำนวนพอสมควร (ประมาณ 0.53 ml ต่อแรม 1 g หรือประมาณ 53 ml ต่อแรม 100 g ค่านี้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลองหลายครั้งและเป็นค่าที่สังเกตในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งถ้าเป็นระดับอุตสาหกรรมปริมาณการสูญเสียแอลกอฮอล์อาจเปลี่ยนไปจากนี้ได้) ซึ่งเป็นประเด็นที่ควรหาทางแก้ไขถ้าหากจะนำวิธีนี้ไปใช้ในระดับอุตสาหกรรม เมื่อกลั่นแอลกอฮอล์ออกมาสารละลายจะมีความเข้มข้นมากขึ้น แมกนีเซียมคลอไรด์จะตกผลึกออกมาเป็นจำนวนมากแต่จะยังไม่แห้งสนิทเพราะในการกลั่นจะไม่สามารถกลั่นจนแห้งได้ แยกผลึกแมกนีเซียมคลอไรด์ออกมาละลายน้ำแล้วระเหยให้แห้ง ข้อมูลการทดลองแสดงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่แยกออกมาได้ พร้อมทั้งอัตราการสูญเสียแอลกอฮอล์แสดงในตารางที่ 2

ผลิตภัณฑ์ที่ได้แต่ละชนิด คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ และแมกนีเซียมคลอไรด์ จากตารางที่ 2 นำมาวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ ได้ผลสรุปในตารางที่ 3.1 , 3.2 และ 3.3 ส่วนสารที่ไม่ละลายน้ำหรือมลทินในแรม ก็นำมา

วิเคราะห์เช่นกันเพื่อจะได้ทราบว่าประกอบด้วยธาตุใดบ้าง ธาตุที่ทดสอบคือ แคลเซียม เหล็ก โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม แต่พบแคลเซียมเพียงอย่างเดียว ผลการวิเคราะห์มลทินแสดงไว้ในตารางที่ 4

ความบริสุทธิ์ของโพแทสเซียมคลอไรด์ที่แยกออกมาได้ (ตารางที่ 3.1) อยู่ในระดับที่น่าไปใช้เป็นปุ๋ยได้ เพราะอยู่ในระดับใกล้เคียงกับเกณฑ์ปกติที่ใช้เป็นเกรดปุ๋ยกันอยู่แล้ว คือ 97 %<sup>(10)</sup> ส่วนความบริสุทธิ์ของโซเดียมคลอไรด์ (ตารางที่ 3.2) อยู่ในระดับสูงกว่าเกลือสมุทรที่ขายกันในท้องตลาดเล็กน้อย<sup>(2)</sup> สำหรับแมกนีเซียมคลอไรด์ (ตารางที่ 3.3) ความบริสุทธิ์อาจเปลี่ยนแปลงไปได้บ้าง ปกติแมกนีเซียมคลอไรด์จะมีน้ำหนัก 6 โมเลกุล แต่ก็ไม่น่าเสนอไปขึ้นอยู่กับสภาวะการทดลอง ในการทดลองนี้คำนวณผลแบบไม่มีน้ำหนักอย่างไรก็ตามปัจจัยที่สำคัญกว่าในการบอกความบริสุทธิ์ของแมกนีเซียมคลอไรด์ก็คือปริมาณสารอื่นๆ ที่เจือปนอยู่ซึ่งในที่นี้มีอยู่ไม่มากนัก

ได้ทดลองเพิ่มเติมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์หลักทั้ง 3 ชนิด คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ และแมกนีเซียมคลอไรด์มีความบริสุทธิ์สูงยิ่งขึ้นโดยนำผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมาตกผลึกซ้ำใหม่ในน้ำ ความบริสุทธิ์ใหม่ที่ได้มีอยู่ในระดับ 99% แต่ก็ต้องมีการสูญเสียปริมาณสารไปค่อนข้างมาก โดยโพแทสเซียมคลอไรด์ได้ผลึกกลับคืนมา 40% ส่วนโซเดียมคลอไรด์ได้กลับคืนมาเพียง 9 % และแมกนีเซียมคลอไรด์ได้คืนมา 54 % ดังนั้นความต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่านี้จึงต้องพิจารณาการสูญเสียนี้ควบคู่ไปด้วย อย่างไรก็ตามการทดลองในขั้นนี้ไม่ได้ทดลองในลักษณะที่หาเงื่อนไขที่ดีที่สุด เพราะไม่ใช่เป้าหมายหลักของงานวิจัยนี้ แต่ถ้าต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก (> 99 %) เช่นนี้จริงก็สามารถทำได้ และคงจะต้องศึกษาหาวิธีการที่จะทำให้ได้โพแทสเซียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์ และแมกนีเซียมคลอไรด์กลับคืนมามากกว่านี้

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดและอัตราการสูญเสียแอลกอฮอล์

แรม แหล่งที่	KCl (%)†	NaCl (%)	MgCl <sub>2</sub> (%)	สารที่ไม่ ละลายน้ำ	อัตราการสูญเสีย แอลกอฮอล์ ml ต่อแรม 1 g
1	21.28 ± 2.65	36.65 ± 3.81	35.33 ± 9.75	0.98 ± 0.20	0.53
2	25.73 ± 1.64	29.24 ± 1.39	38.78 ± 5.09	1.01 ± 0.14	

† ร้อยละโดยน้ำหนักเทียบกับแรมดิบ ใช้ตัวอย่างแหล่งละ 3 ตัวอย่าง ใช้แรม 300-500 g ในแต่ละตัวอย่าง

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของโพแทสเซียมคลอไรด์ที่แยกได้ (วิเคราะห์ชุดละ 5 ตัวอย่าง)

แรม แหล่งที่	KCl (%)	Na <sup>+</sup> (%)	Mg <sup>2+</sup> (%) × 10 <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> (%)
1	97.95 ± 0.83	0.23 ± 0.07	2.48 ± 1.64	0.02 ± 0.004
2	98.28 ± 0.39	0.19 ± 0.05	1.30 ± 0.27	0.06 ± 0.01

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของโซเดียมคลอไรด์ที่แยกได้ (วิเคราะห์ชุดละ 5 ตัวอย่าง)

แรม แหล่งที่	NaCl (%)	K <sup>+</sup> (%)	Mg <sup>2+</sup> (%)	Ca <sup>2+</sup> (%)
1	93.30 ± 1.80	0.45 ± 0.19	0.02 ± 0.004	0.09 ± 0.03
2	96.35 ± 1.42	0.25 ± 0.06	0.08 ± 0.01	0.17 ± 0.01

ตารางที่ 3.3 ตารางผลการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของแมกนีเซียมคลอไรด์ที่แยกได้

แรม แหล่งที่	MgCl <sub>2</sub>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
1	95.58 ± 1.96	1.93 ± 0.87	2.34 ± 0.91	0.17 ± 0.09
2	97.62 ± 1.77	0.74 ± 0.55	1.00 ± 0.95	0.26 ± 0.24

แรมแหล่งที่ 1 วิเคราะห์ 5 ตัวอย่าง แหล่งที่ 2 วิเคราะห์ 4 ตัวอย่าง

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ห้มถหินจากการแยกแรม (วิเคราะห์ชุดละ 5 ตัวอย่าง)

แรม แหล่งที่	Ca <sup>2+</sup> (%)	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
1	21.25 ± 0.35	-	-	-	-
2	21.68 ± 0.08	-	-	-	-

ไม่พบ

สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้เอทิลแอลกอฮอล์สกัดแมกนีเซียมคลอไรด์ และในขณะที่เดียวกันก็ทำให้สามารถแยกโพแทสเซียมคลอไรด์และโซเดียมคลอไรด์ออกจากแร่คาร์แนไลต์ได้ด้วย โดยไม่ต้องใช้สารเคมีอื่นใดเพิ่มเติมอีกเลย กระบวนการที่ใช้เป็นกระบวนการง่าย ๆ เพียงขั้นตอนเดียว คือ นำแรมที่บดแล้วมาละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ คนปล่อยให้แยกชั้น และค่อย ๆ รินออกเท่านั้น ผลิตภัณฑ์ที่แยกได้มีความบริสุทธิ์ 90 % ขึ้นไป สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้บ้างแล้วในบางกรณี เช่น โพแทสเซียมคลอไรด์ก็สามารถนำไปใช้เป็นเกรดปุ๋ยได้ ส่วนโซเดียมคลอไรด์และแมกนีเซียมคลอไรด์ ถ้าจะนำไปใช้ต่อในทางอุตสาหกรรมควรนำไปทำให้บริสุทธิ์อีกครั้ง

อนึ่ง การใช้เอทิลแอลกอฮอล์ในวิธีการนี้ซึ่งถ้าหากได้รับการพัฒนาเป็นระดับอุตสาหกรรม จะทำให้มีความต้องการเอทิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นอีกมากอย่างแน่นอน ซึ่งจะเป็นผลดีต่อโครงการผลิตแอลกอฮอล์จาก อ้อย กากน้ำตาลและมันสำปะหลัง ผลที่ตามมา ก็คือการส่งเสริมชาวไร่อ้อยและมันสำปะหลังโดยทางอ้อมนั่นเอง นอกเหนือไปจากประโยชน์ทางตรง คือ การพัฒนาแหล่งแร่คาร์แนไลต์ที่มีปริมาณแรมอยู่มากมายมหาศาลให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจ หลังจากที่ได้พบแหล่งแรมนี้มานานแล้ว แต่ยังไม่ได้พัฒนาให้เกิดประโยชน์เต็มที่แต่อย่างใด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากบัณฑิตวิทยาลัยและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ในรูปของงบประมาณประจำปีจัดสรรผ่านหน่วยงานทั้งสอง ตัวอย่างแรมทั้งหมดได้รับความอนุเคราะห์จาก ดร. อนันต์ สุวรรณपाल และ ดร. สมชาย นาคะผดุงรัตน์ กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงอุตสาหกรรม ขอขอบคุณ ดร.ลิขิต นวลศรี ศูนย์วิจัยการยางสงขลา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ที่ได้คำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคการวิเคราะห์บางประการ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์

อาจารย์รุ่งโรจน์ รัตนโอภาส และอาจารย์ผดุง บุญสินภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำและให้ความช่วยเหลือด้านการใช้เครื่องมือ

#### เอกสารอ้างอิง

1. กรมทรัพยากรธรณี, "คู่มือการแต่งแร่", โรงพิมพ์สำนักทำเนียบนายกรัฐมนตรี, 2517, หน้า 55.
2. เฉลิม สิงขรณ์, "การแยกโซเดียมคลอไรด์จากเกลือสมุทรโดยใช้เอทานอล", รายงานโครงการทางเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2530).
3. ธวัช จาปะเกษตร์, "การสำรวจแร่โพแทชและเกลือหิน", ว.ข่าวสารการธรณี, ปีที่ 23, ฉบับที่ 1, มกราคม 2521, หน้า 28-31.
4. ธวัช จาปะเกษตร์ และ อริยะ นาคะนาท, "โพแทชและโปแตสเซียมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ", กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม, 2525, หน้า 1-10.
5. นายแจ้ง, "ปุ๋ย", ว.ข่าวสารการธรณี, ปีที่ 19, ฉบับที่ 11 พฤศจิกายน 2517, หน้า 9-13 (แปลจาก Die Daliindustrie in der Bundesrepublik Deutschland, Verlag Gluckauf, GMBH Essen, 1974).
6. ไพบุลย์ สุวรรณานนท์, "ศักยภาพแหล่งแร่โพแทชและแร่ที่เกี่ยวข้องที่ราบสูงโคราช", ว.ข่าวสารการธรณี, ปีที่ 20, ฉบับที่ 3, มีนาคม 2518, หน้า 10-44.
7. อภินิษฐ์ สุวรรณสิงห์, "ความก้าวหน้าในการสำรวจโพแทชและเกลือหิน" ว.ข่าวสารการธรณี ปีที่ 21, ฉบับที่ 11, พฤศจิกายน 2519, หน้า 33-46.
8. อร่าม บุณศิริ, "ไทยจะมีเหมืองโพแทช", ว.ข่าวสารการธรณี, ปีที่ 21, ฉบับที่ 10, ตุลาคม 2519, หน้า 44-48.
9. เอมอร จงรักษ์, "สถานการณ์โพแทช ปี 2515-2519", ข่าวสารการธรณี, ปีที่ 24, ฉบับที่ 7 กรกฎาคม 2522, หน้า 43-53.
10. Austin, G.T. "Shreve's Chemical Process Industries", 5<sup>th</sup> edn., McGrawHill Book Co., New York 1984, pp. 294-296.
11. Cornelius, S. Hurlbut, Jr., and Cornelis Klein, "Manual of Mineralogy (after James D. Dana)", 19<sup>th</sup> edn., John Wiley & Sons, New York, 1977 pp. 289-290.
12. Darrell H. Beach. "Chemical of the Month", J.Chem. Educ., 60 60-63 (1983).
13. Dutta, R., Industrial Minerals, November, 71-73 (1984)
14. Estefan, S.F., "Controlled Phase Equilibria for the Chemical Utilization of Sea-bittern" Hydrometallurgy, 10 39-45 (1983).
15. Hampel, C.A. and Hawley, G.G., "The Encyclo-

pedia of Chemistry", 3<sup>rd</sup> edn. Van Nostrand Reinhold Co., New York 1973, p. 912.

16. Hawley, G.G., "The Condensed Chemical Dictionary", 10<sup>th</sup> edn., Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1981, p.846.
17. Linke W.F., "Solubilities of Inorganic and Metal-organic Compounds." Vol.2 r<sup>th</sup> edn., American Chemical Society, Washington, D.C. 1965. pp. 166, 493. 1008.
18. Perkin-Elmer, "Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometer",.
19. Roberts, W.L., Rapp, G.R., Jr. and Weber, J., "Encyclopedia of Minerals", Van Nostrand Reinhold Co., New York 1974, p. 108.
20. Skoog, D.A. and West, D.M., "Fundamentals of Analytical Chemistry", Holt Rinehart and Winston, New York, 1963, pp. 58-59.
21. Sutherland, K.L. and Wark, J.W., "Principle of Floatation", Australia Institute of Mining and Metallurgy Inc., Melbourne, Victoria, 1958, pp. 294-296.
22. Vogel, A.I. "A Text-Book of Quantitative Inorganic Analysis", 3rd edn., London: The English Language Book Society and Longman, 1969, pp. 211-227.

**Abstract.** Thipkeeree, M<sup>1</sup> and Wongnawa, S<sup>2†</sup> 1988 Separations of Magnesium Chloride, Potassium Chloride, and Sodium Chloride from Carnallite by ethyl alcohol. Songklanakarin J. Sci. Technol. 10 : 23-32.

By using ethyl alcohol MgCl<sub>2</sub>, KCl, and NaCl could be separated simultaneously from carnallite. MgCl<sub>2</sub> dissolves readily in the alcohol while the other two salts are almost insoluble in the same solvent. Due to the slightly higher specific gravity and the coarser grain size, NaCl sunk to the bottom and formed the lower layer whereas KCl formed the top layer and MgCl<sub>2</sub> was in the solution. The three components were separated by decantation. About 250 ml of ethyl alcohol was used for every 100 g of carnallite. The alcohol was recovered by distillation and reused in the next cycle. The loss of alcohol was noted during each cycle of use which amounted to 53 ml per 100 g of carnallite. From 100 g of carnallite 38 g of MgCl<sub>2</sub> (purity 97 %), 25 g of KCl (purity 98 %) , and 29 g of NaCl (purity 96 %) were obtained. These figures (weights) may vary according to locations of ore deposits.

**Key words :** Carnallite, MgCl<sub>2</sub>, KCl, NaCl, Ethyl alcohol

<sup>1</sup>The Sae Rajadapised Scholl, Tha Sae, Chumphon, 86140 Thailand.  
<sup>2</sup>Department of Chemistry, Faculty of science, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, 90112 Thailand † Author to whom correspondence should be addressed.