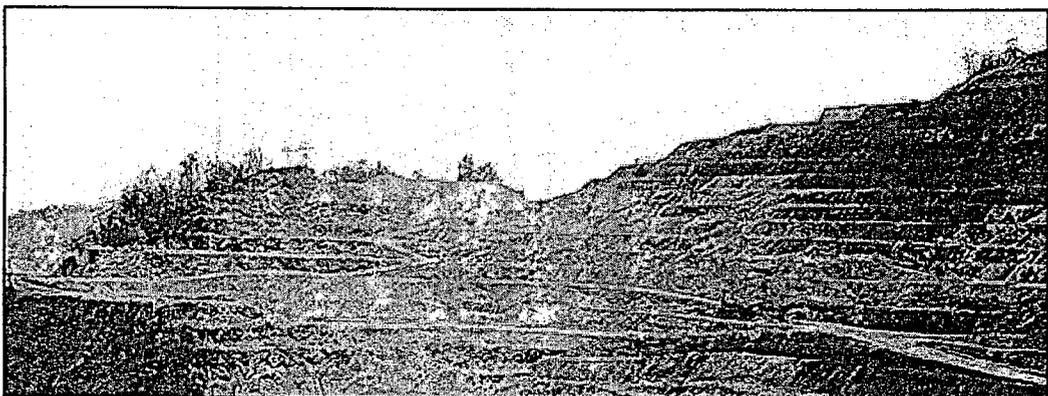


ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก ข้อมูลบริษัทผาแดงอินดัสทรี

บริษัท ผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) ก่อตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 10 เมษายน 2524 ด้วยทุนจดทะเบียนเริ่มแรก 20 ล้านบาท โดยลงทุนร่วมกันระหว่างรัฐบาลไทย (กระทรวงการคลัง) ภาคเอกชนไทยและเบลเยียม (เวียมองตาน เอส.เอ.) ทั้งนี้เพื่อประกอบธุรกิจเหมืองแร่และโรงถลุงแร่สังกะสีสำหรับผลิตโลหะสังกะสีแท่งบริสุทธิ์และโลหะสังกะสีผสม บริษัทฯ มีเหมืองแร่ตั้งอยู่ที่อำเภอแม่สอด และมีโรงถลุงแร่ตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดตาก และมีโรงผลิตแคลไซต์ตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรม ผาแดง จังหวัดระยอง นอกจากนี้บริษัทฯ ยังดำเนินกิจกรรมการสำรวจแร่ทั้งในและต่างประเทศ

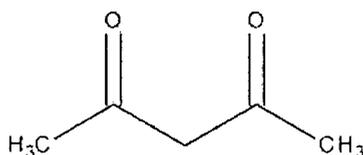
ผาแดงเป็นแหล่งแร่สังกะสีที่ได้มีการสำรวจพบโดยกรมทรัพยากรธรณีมากกว่า 40 ปี และได้ให้สัมปทานการทำเหมืองแก่บริษัท ไทยซิงค์ เมื่อปี 2515 ก่อนที่บริษัท ผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) จะได้รับสัมปทานช่วงต่อและเข้ามาดำเนินกิจกรรมเหมืองแร่สังกะสีในปี 2525 บริเวณดอยผาแดง ซึ่งตั้งอยู่ที่ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก เนื้อที่รวมประมาณ 250 ไร่ เป็นระยะเวลา 25 ปี โดยพบว่า มีแร่สังกะสีซิลิเกตปริมาณมาก จึงได้เปิดทำเหมืองเพื่อผลิตแร่ป้อนโรงถลุงสังกะสีตั้งแต่ปี 2527 เป็นต้นมา เรียกเหมืองแห่งนี้ว่า "เหมืองผาแดง" ซึ่งเป็นเหมืองเปิดแบบชันบันไดดังภาพ 27



ภาพ 27 เหมืองเปิดแบบชันบันไดที่เหมืองผาแดง จังหวัดตาก

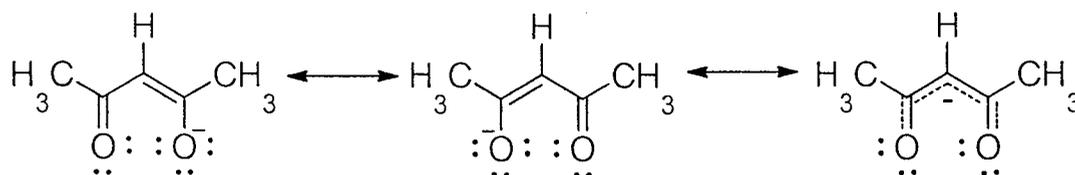
### ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนการสกัด

อะเซทิลอะซิโตน (Acetylacetone) หรือ (2,4-Pentanedione) มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้  
โครงสร้างโมเลกุล



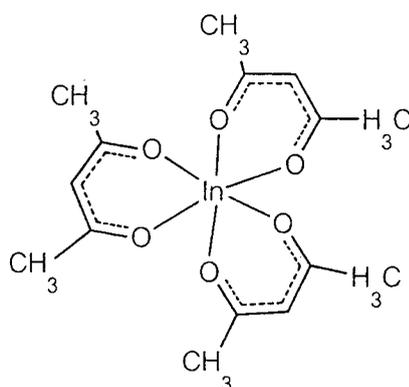
ชื่อ IUPAC	Pentane-2,4-dione
ชื่ออื่น	Hacac
ตัวบ่งชี้	CAS number 123-54-6
สูตรโมเลกุล	$C_5H_8O_2$
มวลโมเลกุล	100.12 กรัมต่อโมล
ลักษณะ	ของเหลวสีเหลือง
ความหนาแน่น	0.975 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ 25 องศาเซลเซียส
จุดหลอมเหลว	-23 องศาเซลเซียส
จุดเดือด	140 องศาเซลเซียส
ค่าการละลาย	16 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

อะเซทิลอะซิโตน เป็นลิแกนด์ชนิดนี้ทำหน้าที่เป็นเบสของลิวอิส (Lewis base) ชนิดไบเดนเทลิแกนด์ (Bidentate ligand) สามารถเกิดพันธะกับอะตอมกลางที่ตำแหน่งของออกซิเจนทั้ง 2 อะตอม [50] แสดงดังภาพ 28



ภาพ 28 โครงสร้างของอะเซทิลอะซิโตน (Acetylacetone) ชนิดไบเดนเทลิแกนด์

สำหรับลิแกนด์ชนิดนี้เมื่อสร้างพันธะกับไอออนของโลหะที่เป็นอะตอมกลาง สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่เป็นกลางได้ โดยสูตรโครงสร้างได้แสดงดังภาพ 29

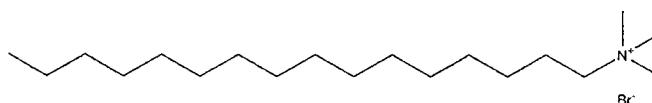


ภาพ 29 โครงสร้างอะเซทิลอะซิโตนจับกับอินเดียมเดียมไอออน [50]

ที่มา: <http://en.wikipedia.org/wiki/Acetylacetonate>

ซิติลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (Cetyltrimethylammonium bromide) หรือ CTAB มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

โครงสร้างโมเลกุล



ชื่อ IUPAC	Hexadecyl trimethyl ammonium bromide
ชื่ออื่น	Cetrimonium bromide, Palmityltrimethylammonium bromide
ตัวบ่งชี้	CAS number 57-09-0
สูตรโมเลกุล	$C_{18}H_{42}BrN$
มวลโมเลกุล	364.45 กรัมต่อโมล
ลักษณะ	ผงสีขาว
จุดหลอมเหลว	237-243 องศาเซลเซียส

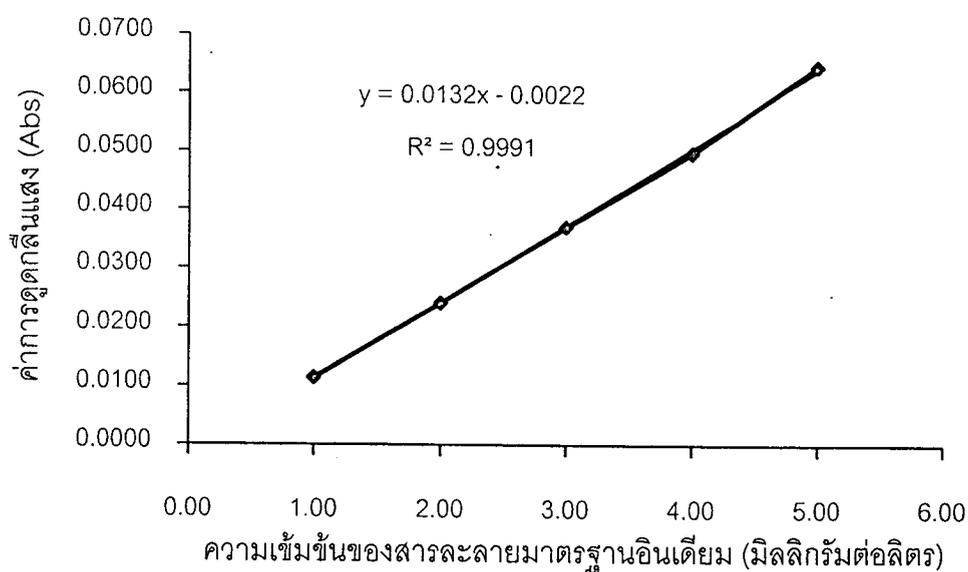
เป็นสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ชนิดประจุบวก (Cationic surfactant) และมีคุณสมบัติที่ทำให้เฟสสองเฟสที่ต่างกันมารวมตัวกันได้

ที่มา: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cetrimonium\\_bromide](http://en.wikipedia.org/wiki/Cetrimonium_bromide)

ภาคผนวก ข การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการสกัดด้วยตัวทำละลาย

ตาราง 24 ข้อมูลความเข้มข้นเริ่มต้นของอินดิเคียม เมื่อย่อยเค้กจาโรไซด์ 2.xxxx กรัมด้วยการชะย่อยด้วยกรด 4 ชนิด

ตัวอย่างที่	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	0.0407	0.0406	0.0408	0.0407±0.0001
2	0.0415	0.0405	0.0411	0.0410±0.0005
3	0.0409	0.0409	0.0405	0.0408±0.0002



ภาพ 30 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานอินดิเคียม

### การคำนวณความเข้มข้นของอินเดียมเริ่มต้นก่อนการย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก

จากภาพ 30 สมการเส้นตรงคือ  $y = 0.0132x - 0.0022$ .....(1)

ซึ่งสามารถคำนวณความเข้มข้นของอินเดียมในแค้จาโรไซด์เริ่มต้นได้โดยนำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างมาแทนค่า  $y$  ในสมการ

แทนค่าในสมการ (1) ;  $0.0408 = 0.0132x - 0.0022$

$$X = 3.2576 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของอินเดียมก่อนย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก คือ 3.2576 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในสารละลายกรดไนตริก 1000 มิลลิลิตร มีปริมาณอินเดียม 3.2576 มิลลิกรัม

ถ้าในสารละลาย 25.00 มิลลิลิตร มีปริมาณอินเดียม  $(3.2576 \times 25.00)/1000$   
 $= 0.08144$  มิลลิกรัม  
 $= 8.144 \times 10^{-5}$  กรัม

และในตัวอย่างแค้จาโรไซด์ 1.0000 กรัม มีปริมาณอินเดียม  $8.144 \times 10^{-5}$  กรัม

ดังนั้นถ้าตัวอย่างแค้จาโรไซด์ 2.0000 กรัม มีปริมาณอินเดียม  $(8.144 \times 10^{-5} \times 2)/1$   
 $= 1.6288 \times 10^{-4}$  กรัม

ดังนั้น ความเข้มข้นของอินเดียมในแค้จาโรไซด์ต่อ 2.xxxx กรัม มีปริมาณอินเดียม  
 $1.6288 \times 10^{-4}$  กรัม

ตาราง 25 ตัวอย่างข้อมูลความเข้มข้นของอินเดียม เมื่อย่อยแค้จาโรไซด์ 2.xxxx กรัมด้วยกรดซัลฟิวริกและสกัดด้วย D2EHPA ในตัวทำละลายเคโรซีน

	ความเข้มข้นของอินเดียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)
อินเดียมก่อนย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก	3.2576
อินเดียมที่ถูกย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก	1.8180
อินเดียมหลังการสกัดกลับคืน	3.2043

หมายเหตุ: ความเข้มข้นของอินเดียมที่ถูกย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกจากตาราง 4.4 [51]

### การคำนวณร้อยละของการย่อย (%การย่อย)

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณอินเดียมในเค้จาร์ไฮด์ก่อนการย่อย} &= 3.2576 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร} \\ \text{ปริมาณอินเดียมถูกย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก} &= 1.8180 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร} \\ \text{ร้อยละของการย่อย} &= (\text{ปริมาณอินเดียมที่ถูกย่อย/ปริมาณอินเดียมเริ่มต้น}) \times 100 \\ &= [(1.8180) / 3.2576] \times 100 \\ &= 55.81 \end{aligned}$$

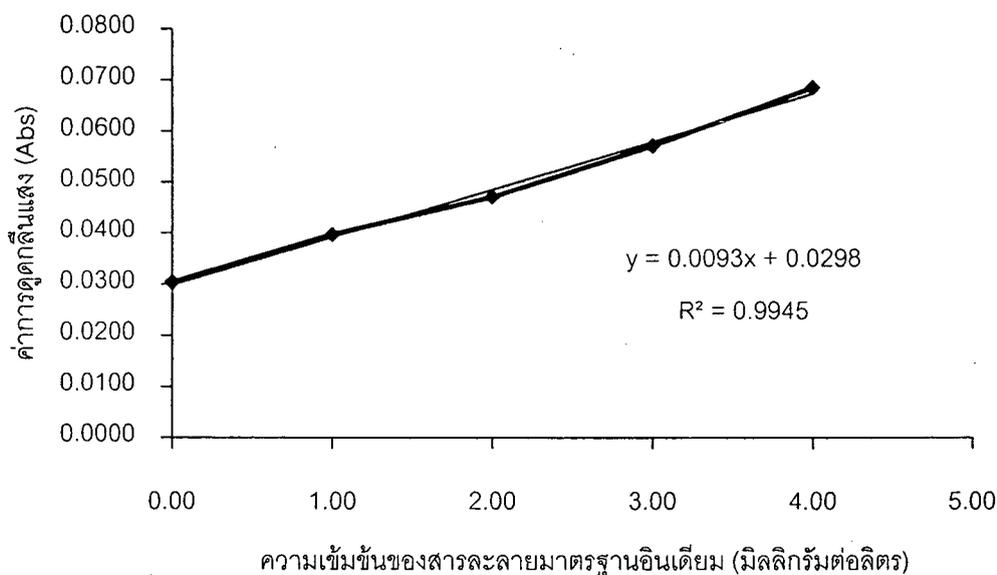
เพราะฉะนั้นอินเดียมถูกย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกคิดเป็นร้อยละ 55.81

### ตัวอย่างการคำนวณร้อยละการคืนกลับ (%Recovery)

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณอินเดียมในเค้จาร์ไฮด์ก่อนย่อย} &= 3.2576 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร} \\ \text{ปริมาณอินเดียมหลังการสกัดกลับคืน} &= 3.2043 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร} \\ \text{ร้อยละการคืนกลับ} &= (\text{ปริมาณก่อนการย่อย}-\text{ปริมาณหลังการสกัดกลับคืน}) \times 100 \\ &= [3.2043 / 3.2576] \times 100 \\ &= 98.36 \end{aligned}$$

ตาราง 26 ค่าการดูดกลืนแสง (Abs) และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอินเดียมเมื่อย่อยเค้จาร์ไฮด์ 2.xxxx กรัม ด้วยกรดซัลฟิวริกและสกัดด้วย D2EHPA ในตัวทำละลายเคโรซีนและสกัดกลับคืนด้วยกรดไฮโดรคลอริก

ความเข้มข้นของสารละลาย มาตรฐานอินเดียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0.00	0.0310	0.0290	0.0290	0.0303±0.0010
1.00	0.0400	0.0380	0.0390	0.0397±0.0009
2.00	0.0470	0.0460	0.0470	0.0470±0.0005
3.00	0.0570	0.0580	0.0570	0.0570±0.0005
4.00	0.0700	0.0690	0.0650	0.0683±0.0022



ภาพ 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Abs) กับ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอินเดียม เมื่อย่อยเค็กจาโรไซด์ด้วยกรดซัลฟิวริก และสกัดด้วย D2EHPA และสกัดกลับคืนด้วยกรดไฮโดรคลอริก

จากกราฟ  $y = 0.0093X + 0.0298$

แทนค่า  $y = 0$

$$0 = 0.0093X + 0.0298$$

$$X = (-0.0298/0.0093)$$

$$X = -3.2043$$

ความเข้มข้นของอินเดียมที่วัดได้ เท่ากับ 3.2043 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากการหาสภาวะที่เหมาะสมจึงนำผลมาใช้กับเค็กจาโรไซด์ ด้วยวิธีการเติมสารละลายมาตรฐานอินเดียมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน (Standard addition method) จากผลการทดลอง เมื่อนำตะกอนที่ได้จากการกลั่นด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลายแบบหมุนภายใต้สภาวะลดความดัน ในขั้นตอนการสกัดกลับคืนด้วยกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นล้างคราบของแข็งและของเหลวที่ได้ด้วยกรดไนตริกความเข้มข้น 0.50 โมลต่อลิตร ปริมาตร 25.00 มิลลิลิตร ตรวจวัดด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (AAS) ซึ่งปริมาณที่ตรวจพบ คือ 3.2043 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำนวณหาปริมาณอินเดียมในสารละลายกรดไนตริกปริมาตร 25.00 มิลลิลิตร

ในปริมาตร 1000 มิลลิลิตร มีปริมาณอินเดียม 3.2043 มิลลิกรัม

$$\begin{aligned} \text{ถ้าในปริมาตร 25 มิลลิลิตร มีปริมาณอินเดียม} &= \frac{3.2043 \times 25}{1000} \\ &= 0.0801 \text{ มิลลิกรัม} \\ &= 8.0107 \times 10^{-5} \text{ กรัม} \end{aligned}$$

ดังนั้น ในสารละลายกรดไนตริก 25.00 มิลลิลิตร มีปริมาณอินเดียม 0.0801 มิลลิกรัม  
หรือ  $8.0107 \times 10^{-5}$  กรัม

คำนวณหาปริมาณอินเดียมต่อแค้กจาโรไซด์ 1.0000 กรัม

ซึ่งแค้กจาโรไซด์หนัก 2.0006 กรัม มีปริมาณอินเดียม  $8.0107 \times 10^{-5}$  กรัม

$$\begin{aligned} \text{ถ้าแค้กจาโรไซด์หนัก 1.0000 กรัม มีปริมาณอินเดียม} &= \frac{8.0107 \times 10^{-5} \times 1.0000}{2.0006} \\ &= 4.0041 \times 10^{-5} \text{ กรัม} \end{aligned}$$

ดังนั้น แค้กจาโรไซด์หนัก 1.0000 กรัม มีปริมาณอินเดียม  $4.0041 \times 10^{-5}$  กรัม

เพราะฉะนั้น เมื่อคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ  $4.0041 \times 10^{-5} \times 100 = 4.0041 \times 10^{-3}$

คำนวณหาปริมาณอินเดียมในหน่วยกรัมต่อแค้กจาโรไซด์ 1 กิโลกรัม

แค้กจาโรไซด์ หนัก 1.0000 กรัม มีปริมาณอินเดียม  $4.0041 \times 10^{-5}$  กรัม

$$\begin{aligned} \text{ถ้าแค้กจาโรไซด์หนัก 1 กิโลกรัม มีปริมาณอินเดียม} &= \frac{4.0041 \times 10^{-5} \times 1000}{1} \\ &= 0.0400 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

ดังนั้น แค้กจาโรไซด์ 1 กิโลกรัม มีปริมาณอินเดียม 0.0400 กรัม

### คำนวณหาปริมาณอินเดียมในหน่วยกรัมต่อแค้จาโรไซต์ 1 ตัน

$$\begin{aligned} \text{แค้จาโรไซต์ หนัก 1 กิโลกรัม มีปริมาณอินเดียม} &= 0.0400 \text{ กรัม} \\ \text{ถ้าแค้จาโรไซต์หนัก 1000 กิโลกรัม มีปริมาณอินเดียม} &= \frac{0.0400 \times 1000}{1} \\ &= 40.036 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

ดังนั้น แค้จาโรไซต์ 1 ตัน สามารถสกัดแยกอินเดียมด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย ได้ปริมาณอินเดียม 40.036 กรัม

### การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง

ตาราง 27 ตัวอย่างข้อมูลความเข้มข้นของอินเดียม เมื่อย่อยแค้จาโรไซต์ 2.xxxx กรัม ด้วยกรดซัลฟิวริกและใช้อะเซติลอะซิโตนร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

	ความเข้มข้นของอินเดียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)
อินเดียมก่อนย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก	3.2576
อินเดียมที่ถูกย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก	1.8180
อินเดียมหลังการชะด้วยกรดไนตริก	0.3636

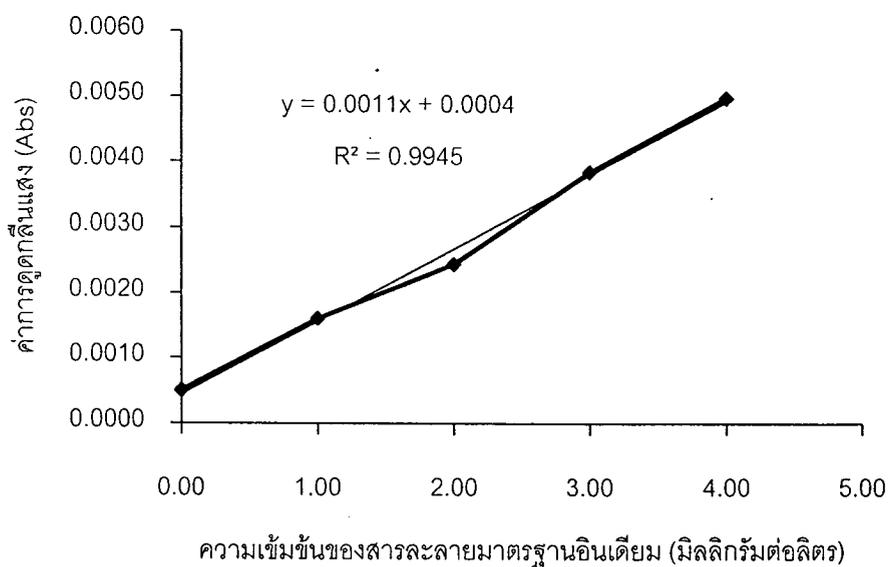
หมายเหตุ: ความเข้มข้นของอินเดียมที่ถูกย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกจากตาราง 4.4 [51]

### คำนวณร้อยละการคืนกลับ (%Recovery)

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณอินเดียมในแค้จาโรไซต์ก่อนการย่อย} &= 3.2576 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร} \\ \text{ปริมาณอินเดียมในสารละลายกรดไนตริก} &= 0.3636 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร} \\ \text{ร้อยละการคืนกลับ} &= (\text{ปริมาณที่ถูกย่อย}/\text{ปริมาณอินเดียมในสารละลายกรด}) \times 100 \\ &= [(0.3636)/3.2576] \times 100 \\ &= 11.16 \end{aligned}$$

ตาราง 28 ค่าการดูดกลืนแสง (Abs) และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอินเดียม  
เมื่อย่อยเค้กจาโรไซด์ 2.xxxx กรัม ด้วยกรดซัลฟิวริกและใช้อะเซติลอะซิโตน  
ร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน อินเดียม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0.00	0.0005	0.0006	0.0004	0.0005
1.00	0.0017	0.0016	0.0015	0.0016
2.00	0.0022	0.0025	0.0026	0.0024
3.00	0.0036	0.0038	0.0041	0.0038
4.00	0.0048	0.0049	0.0052	0.0050



ภาพ 32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Abs) กับ ความเข้มข้น  
ของสารละลายมาตรฐานอินเดียม เมื่อย่อยเค้กจาโรไซด์ด้วยกรดซัลฟิวริก  
และใช้อะเซติลอะซิโตนร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์

$$\text{จากกราฟ } y = 0.0011x + 0.0004$$

$$\text{แทนค่า } y = 0$$

$$0 = 0.0011x + 0.0004$$

$$x = (-0.0004/0.0011)$$

$$x = -0.3636$$

ความเข้มข้นของอินเดียมที่วัดได้ เท่ากับ 0.3636 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากการหาสภาวะที่เหมาะสม จึงนำมาใช้ในการแยกอินเดียมในแค้กจาโรไซต์ ด้วยวิธีการเติมสารละลายมาตรฐานอินเดียมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน (Standard addition method) จากกราฟ 4.14 ปริมาณอินเดียมในสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 4.00 โมลต่อลิตร ปริมาตร 5.00 มิลลิลิตร ที่ตรวจพบ คือ 0.3636 มิลลิกรัมต่อลิตร

**คำนวณหาปริมาณอินเดียมในสารละลายกรดไนตริก 5.00 มิลลิลิตร**

ในปริมาตร 1000 มิลลิลิตร มีปริมาณอินเดียม = 0.3636 มิลลิกรัม

ในปริมาตร 5.00 มิลลิลิตร มีปริมาณอินเดียม =  $(5 \times 0.3636)/1000$   
 $= 1.818 \times 10^{-3}$  มิลลิกรัม

ในแค้กจาโรไซต์หนัก 2.0002 กรัม มีปริมาณอินเดียม =  $1.818 \times 10^{-6}$  กรัม

**คำนวณหาปริมาณอินเดียมต่อแค้กจาโรไซต์ 1.0000 กรัม**

ซึ่งแค้กจาโรไซต์หนัก 2.0002 กรัม มีปริมาณอินเดียม =  $1.818 \times 10^{-6}$  กรัม

ถ้าแค้กจาโรไซต์หนัก 1.0000 กรัม มีปริมาณอินเดียม =  $[(1.818 \times 10^{-6}) \times 1]/2.0002$   
 $= 9.0891 \times 10^{-7}$  กรัม

ดังนั้น แค้กจาโรไซต์หนัก 1.0000 กรัม มีปริมาณอินเดียม  $9.0891 \times 10^{-7}$  กรัม

เพราะฉะนั้น เมื่อคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก มีค่าเท่ากับ  $9.0891 \times 10^{-7}$  กรัม  $\times 100 = 9.09 \times 10^{-5}$

**คำนวณหาปริมาณอินเดียมในหน่วยกรัมต่อแค็จจโรไซด์ 1 กิโลกรัม**

$$\text{แค็จจโรไซด์ หนัก 1.0000 กรัมมีปริมาณอินเดียม} = 9.09 \times 10^{-7} \text{ กรัม}$$

$$\begin{aligned} \text{ถ้าแค็จจโรไซด์หนัก 1 กิโลกรัม มีปริมาณอินเดียม} &= [(9.09 \times 10^{-7} \times 1000)/1] \\ &= 9.09 \times 10^{-4} \text{ กรัม} \end{aligned}$$

ดังนั้น แค็จจโรไซด์ 1 กิโลกรัม มีปริมาณอินเดียม  $9.09 \times 10^{-4}$  กรัม

**คำนวณหาปริมาณอินเดียมในหน่วยกรัมต่อแค็จจโรไซด์ 1 ตัน**

$$\text{แค็จจโรไซด์ หนัก 1 กิโลกรัม มีปริมาณอินเดียม} = 9.09 \times 10^{-4} \text{ กรัม}$$

$$\begin{aligned} \text{ถ้าแค็จจโรไซด์หนัก 1000 กิโลกรัมมีปริมาณอินเดียม} &= [(9.09 \times 10^{-4} \times 1000)/1] \\ &= 0.91 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

ดังนั้น แค็จจโรไซด์ 1 ตัน สามารถสกัดแยกอินเดียมด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง ได้ปริมาณอินเดียม 0.91 กรัม

## ภาคผนวก ค คำวนการเตรียมสารที่ใช้ในการทดลอง

### 1. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (วิธีเติมสารละลายมาตรฐาน)

นำสารละลายตัวอย่างปิเปตใส่ขวดปรับปริมาตร 25 มิลลิลิตร ในปริมาณที่เท่ากันทั้งหมด 6 ขวด โดยที่ ขวดที่ 1 จะปิเปตตัวอย่างลงไป 5.00 มิลลิลิตร และทำการปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริก ความเข้มข้น 0.50 โมลต่อลิตร จนมีปริมาตรครบ 25.00 มิลลิลิตร ส่วนขวดที่ 2 ถึง 6 จะปิเปตตัวอย่างลงไป 5.00 มิลลิลิตร และเติมสารละลายมาตรฐานอินเดียมที่ความเข้มข้นเท่ากันทุกขวด แต่ปริมาตรที่เติมลงไปต่างกัน และทำการปรับปริมาตรด้วย กรดไนตริก ความเข้มข้น 0.50 โมลต่อลิตร จนมีปริมาตรครบ 25.00 มิลลิลิตร เติมสารละลายมาตรฐาน ในช่วง 2 ความเข้มข้น คือ 0.20, 0.40, 0.60, 0.80, 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้กับแค็จจาโรไซด์ และที่ความเข้มข้น 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้กับสารละลายมาตรฐานอินเดียม

### 2. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง (วิธีการทำกราฟมาตรฐาน)

ปิเปตสารละลายมาตรฐานอินเดียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร และทำการปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริก ความเข้มข้น 0.50 โมลต่อลิตร โดยจะเตรียมสารละลายมาตรฐานอินเดียม ในช่วงความเข้มข้น 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

### 3. ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นซัลฟิวริกเข้มข้น 5.00 โมลต่อลิตร

$$\% \text{ ความบริสุทธิ์จากขวด} = 96.00$$

$$\text{ความหนาแน่น (D)} = 1.835 \text{ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$\text{มวลโมเลกุล (MW)} = 98.078$$

$$\text{จากความเข้มข้น (C)} = \frac{10\%D}{MW}$$

$$\text{แทนค่า ความเข้มข้น (C)} = \frac{10 \times 96.00 \times 1.835}{98.078} = 18.01 \text{ โมลต่อลิตร}$$

เพราะฉะนั้นความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกจากขวด มีค่าเท่ากับ 18.01 โมลต่อลิตร

3.1 เตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 5.00 โมลต่อลิตร  
ปริมาตร 500.00 มิลลิลิตร

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 18.01 \times V_1 &= 5 \times 500.00 \\ V_1 &= 5 \times 500.00 / 18.01 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น ต้องปิเปตกรดซัลฟิวริกจากขวด 138.81 มิลลิลิตร  
จากนั้นปรับปริมาตรจนครบ 500.00 มิลลิลิตร ด้วยน้ำปราศจากไอออน

4. ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์

$$\% \text{ ความบริสุทธิ์จากขวด} = 30.0$$

$$\text{ความหนาแน่น (D)} = 0.896 \text{ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$\text{มวลโมเลกุล (MW)} = 35.05$$

$$\text{จาก ความเข้มข้น} \quad (C) = \frac{10\%D}{MW}$$

$$\text{แทนค่า ความเข้มข้น (C)} = \frac{10 \times 30.00 \times 0.896}{35.05} = 7.67 \text{ โมลต่อลิตร}$$

เพราะฉะนั้นความเข้มข้นของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์จากขวด

มีค่าเท่ากับ 7.67 โมลต่อลิตร

4.1 การเตรียมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 7.00 โมลต่อลิตร  
ปริมาตร 500.00 มิลลิลิตร

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad M_1 V_1 &= M_2 V_2 \\ 7.76 \times V_1 &= 7.00 \times 500.00 \\ V_1 &= 7.00 \times 500.00 / 7.76 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น ต้องปิเปตแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์จากขวด 456.32 มิลลิลิตร

จากนั้นปรับปริมาตรจนครบ 500.00 มิลลิลิตร ด้วยน้ำปราศจากไอออน

## 5. ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นของไฮโดรคลอริก

$$\% \text{ ความบริสุทธิ์จากขวด} = 37.0$$

$$\text{ความหนาแน่น (D)} = 1.19 \text{ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$\text{มวลโมเลกุล (MW)} = 36.46$$

$$\text{จาก ความเข้มข้น (C)} = \frac{10\%D}{MW}$$

$$\text{แทนค่า ความเข้มข้น (C)} = \frac{10 \times 37.00 \times 1.19}{36.46} = 12.08 \text{ โมลต่อลิตร}$$

เพราะฉะนั้นความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกจากขวด มีค่าเท่ากับ 12.08 โมลต่อลิตร

## 5.1 การเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 7.00 โมลต่อลิตร

ปริมาตร 500.00 มิลลิลิตร

$$\text{จาก } M_1V_1 = M_2V_2$$

$$12.08 \times V_1 = 7.00 \times 500.00$$

$$V_1 = 7.00 \times 500.00 / 12.08$$

เพราะฉะนั้น ต้องเปิดกรดไฮโดรคลอริกจากขวด 289.74 มิลลิลิตร

จากนั้นปรับปริมาตรจนครบ 500.00 มิลลิลิตร ด้วยน้ำปราศจากไอออน

## 6. ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นของ Bis-(2-ethylhexyl) phosphate (D2EHPA)

$$\% \text{ ความบริสุทธิ์จากขวด} = 97.0$$

$$\text{ความหนาแน่น (D)} = 0.965 \text{ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$\text{มวลโมเลกุล (MW)} = 322.42$$

$$\text{จาก ความเข้มข้น (C)} = \frac{10\%D}{MW}$$

$$\text{แทนค่า ความเข้มข้น (C)} = \frac{10 \times 97.00 \times 0.965}{322.42} = 2.90 \text{ โมลต่อลิตร}$$

เพราะฉะนั้นความเข้มข้นของ D2EHPA จากขวด มีค่าเท่ากับ 2.90 โมลต่อลิตร

6.1 การเตรียม D2EHPA ความเข้มข้น 0.10 โมลต่อลิตร ในตัวทำละลายเคโรซีน ปริมาตร 500.00 มิลลิลิตร

$$\begin{aligned} \text{จาก } M_1V_1 &= M_2V_2 \\ 2.90 \times V_1 &= 0.10 \times 500.00 \\ V_1 &= 0.10 \times 500.00 / 2.90 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น ต้องปิเปต D2EHPA จากขวด 17.24 มิลลิลิตร

จากนั้นปรับปริมาตรจนครบ 500 มิลลิลิตร ด้วยตัวทำละลายเคโรซีน

ภาคผนวก ง แสดง JCPDS file no. 01-084-1286 สำหรับไทเทเนียมไดออกไซด์ ชนิดอะนาทาส

**Name and formula**

Reference code: 01-084-1286  
Mineral name: Anatase, syn  
ICSD name: Titanium Oxide  
Empirical formula: O<sub>2</sub>Ti  
Chemical formula: TiO<sub>2</sub>

**Crystallographic parameters**

Crystal system: Tetragonal  
Space group: I41/amd  
Space group number: 141  
a (Å): 3.7822  
b (Å): 3.7822  
c (Å): 9.5023  
Alpha (°): 90.0000  
Beta (°): 90.0000  
Gamma (°): 90.0000  
Calculated density (g/cm<sup>3</sup>): 3.90  
Volume of cell (10<sup>6</sup> pm<sup>3</sup>): 135.93  
Z: 4.00  
RIR: 5.05

**Status, subfiles and quality**

Status: Diffraction data collected at non ambient temperature  
Subfiles: Inorganic  
Mineral  
Alloy, metal or intermetallic  
Corrosion  
Modelled additional pattern  
Pharmaceutical

Quality: Calculated (C)

**Comments**

ICSD collection code: 202243

Test from ICSD: At least one TF implausible.

**References**

Primary reference: *Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)*

Structure: Burdett, J.K., Hughbanks, T., Miller, G.J., Richardson, J.W., Smith, J.V., *J. Am. Chem. Soc.*, 109, 3639, (1987)

**Peak list**

No.	h	k	l	D [Å]	2Theta[deg]	L [%]
1	1	0	1	3.51407	25.325	100.0
2	1	0	3	2.42836	36.989	6.2
3	0	0	4	2.37558	37.841	19.0
4	1	1	2	2.33056	38.601	7.2
5	2	0	0	1.89110	48.074	24.9
6	1	0	5	1.69814	53.952	15.8
7	2	1	1	1.66527	55.106	15.5
8	2	1	3	1.49204	62.165	2.7
9	2	0	4	1.47954	62.750	11.8
10	1	1	6	1.36271	68.842	5.1
11	2	2	0	1.33721	70.346	5.5
12	1	0	7	1.27767	74.155	0.5
13	2	1	5	1.26350	75.129	8.5
14	3	0	1	1.24978	76.100	2.3
15	2	0	6	1.21418	78.754	0.1
16	0	0	8	1.18779	80.860	0.4
17	3	0	3	1.17136	82.236	0.6
18	2	2	4	1.16528	82.759	4.3
19	3	1	2	1.15985	83.232	1.8

## Stick Pattern

