

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ไคอะทอไมต์ (Diatomite) <sup>2, 8, 14, 17, 19</sup>

ไคอะทอไมต์ คือหินตะกอนชนิดหนึ่งที่มีลักษณะการเกิดเป็นชั้นๆ มีสีขาวนวลถึงน้ำตาลอ่อน โครงสร้างประกอบซิลิกาเป็นส่วนใหญ่ซึ่งมีน้ำปนอยู่เล็กน้อย เกิดจากฟอสซิลขนาดเล็กละเอียดของพืชเซลล์เดียวในอดีตกาลที่เรียกว่า “ไคอะตอม(Diatom)” มีชื่อเรียกอยู่หลายชื่อขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดลักษณะหรือชนิดของสิ่งเจือปนที่มีอยู่ เช่น kieselguhr, diatomaceous earth, tirpolite, fossil fluour เป็นต้น ในประเทศไทยเรียกกันทั่วไปว่า “ดินเบา” เนื่องจากการที่มีน้ำหนักที่เบามากนั่นเอง แต่ละชนิดมีโครงสร้างที่ซับซ้อนและมีสมบัติเด่นเฉพาะตัว เช่นความบริสุทธิ์ การมีความพรุนตัวสูง การมีพื้นที่ผิวมาก มีความคงทนด้านเคมี และเป็นตัวนำความร้อนที่ต่ำ ทำให้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในทางอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ได้หลากหลาย

### 1.2 ชีวิตวิทยาและนิเวศวิทยาของไคอะตอม <sup>2, 9, 17, 19</sup>

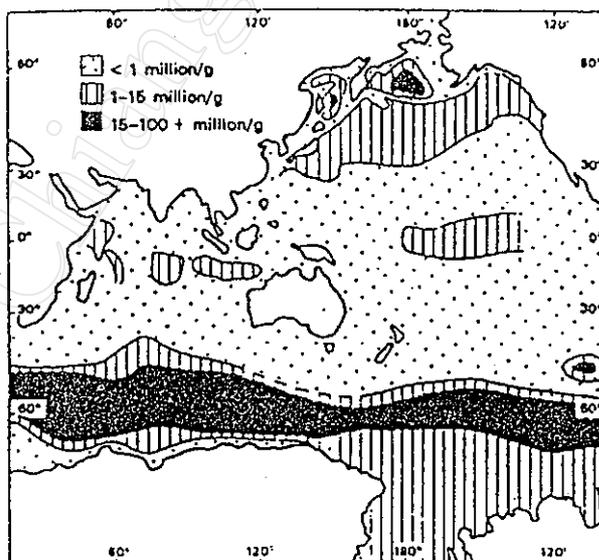
ไคอะตอมจัดอยู่ในอาณาจักร protista เช่นเดียวกับพวก protozoa, moulds และ fungi ซึ่งจัดเป็นพวกพืชเซลล์เดียว มีขนาด 2 – 2,000  $\mu\text{m}$  ที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม ภายใน organism ประกอบไปด้วยพวก cytoplasm, oil globules และ chloplasts และ ไคอะตอมสามารถแยกซิลิกา ออกจากของเหลวได้ แล้วนำมาสร้างเปลือกห่อหุ้มตัว ซึ่งส่วนใหญ่เป็น amorphous opaline silica ทำให้มีลักษณะโครงสร้างที่ล้อมรอบเป็นแบบ opaline exoskeleton หรือ frustule โดยอาจมีรูปร่างได้หลายแบบเช่น ทรงกลม ทรงรี แต่ภายนอกจะมีลักษณะคล้ายตะแกรงที่สลับซับซ้อน โดยมีพื้นที่ที่เป็นรูพรุนมีอยู่ประมาณ 10 – 30 % ของพื้นที่ผิวทั้งหมด นอกจากนี้ไคอะตอมสามารถสร้างอาหารได้โดยการรวบรวมคาร์บอนที่ได้จากการสังเคราะห์แสง กับสารอาหารที่สกัดได้จากน้ำทะเล ซึ่งจัดว่าไคอะตอมเป็นพื้นฐานของห่วงโซ่อาหารในทะเล เป็นอาหารหลักของกุ้งตัวเล็กๆ ซึ่งเป็นอาหารของพวกสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังอีกต่อหนึ่ง ไคอะตอมสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำที่มีสภาพแวดล้อมได้หลายแบบ เช่น น้ำทะเล น้ำกร่อย และน้ำจืด โดยต้องมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เช่น อุณหภูมิ ความเข้มของแสง สภาพความเค็ม ความเป็นกรด และปริมาณอาหารที่ต้องการตลอดเวลาเช่นพวกซิลิกา ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เหล็ก ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์

### 1.3 การกำเนิดทางธรณีวิทยาของไดอะตอม<sup>9,12</sup>

เมื่อไดอะตอมหมดช่วงชีวิตลง โครงสร้าง opaline exoskeleton หรือ frustule จะเกิดการตกตะกอนสะสมกันเป็นเลนบริเวณพื้นทะเล กระบวนการนี้เรียกว่า “การตกตะกอนก้นสมุทร” (pelagic sedimentation) โดยเฉลี่ยจะมีอัตราการตกตะกอน 1 – 4 มิลลิเมตรต่อปี เมื่อมีการสะสมนานๆ จะเกิดการอัดของเลน และน้ำถูกขับออกไปเกิดเป็นหินตะกอนจืดที่เราเรียกว่า “diatomite” นั้นเอง

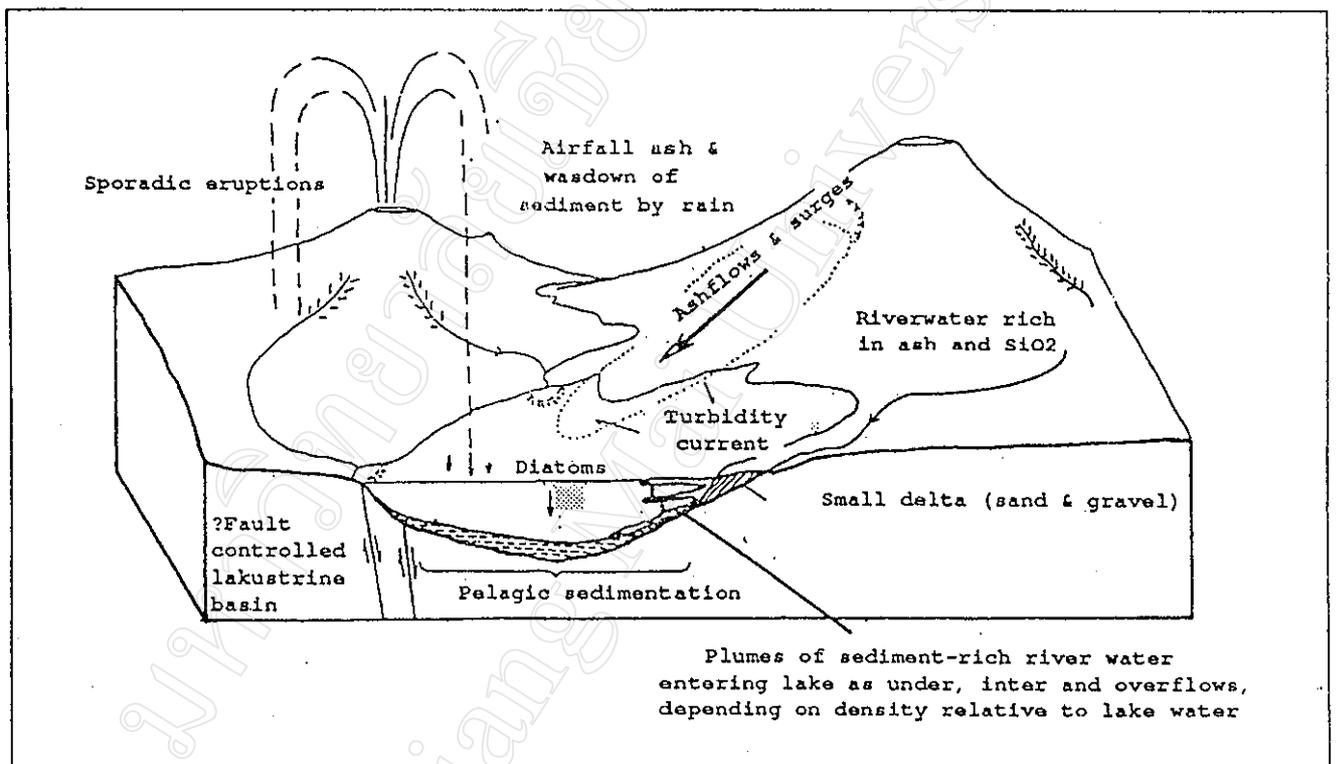
ไดอะทอไมต์ที่พบครั้งแรกในทางธรณีวิทยามีอายุประมาณ 100 ล้านปีหรือประมาณยุคครีเทเชียส (cretaceous epoch) โดยทั่วไปแหล่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจจะพบอยู่ในสมัยไมโอซีน - ไพลสโตซีน (miocene – pleistocene epoch, 1 - 25 ล้านปี) แหล่งที่พบส่วนใหญ่มักเกี่ยวข้องกับภูเขาไฟ การตกของเถ้าธุลีทางอากาศ และน้ำพุ ความบริสุทธิ์จะถูกควบคุมโดยการทับถมของตะกอนเศษหิน วัสดุของภูเขาไฟระหว่างการสะสมตัว และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในเนื้อปูนผสม (calcareous microorganisms) ที่เกิดร่วมกับ ไดอะตอม ในสภาพแวดล้อมบริเวณเส้นศูนย์สูตร

ในปัจจุบันตะกอนทางทะเลที่มีไดอะทอไมต์จะพบในบริเวณแอ่งทะเลที่มีสารอาหารสมบูรณ์ เช่น เขตมหาสมุทรที่มีกระแส น้ำแตกต่างกัน แถบทะเลแอนตาร์กติก บริเวณพื้นทะเลลึกที่ไม่มีการเคลื่อนไหวของน้ำอย่างแรง ทำให้มีการสะสมตัวของตะกอนจากไหลทวีป ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูป 1.1 Concentration of diatoms in surface sediments of oceans the present day.<sup>2,12</sup>

นอกจากนี้ ไดอะทอมไมต์ ที่พบในแหล่งน้ำจืด เกิดจากการสะสมตัวในทะเลสาบ บนภูเขา หรือจากปล่องภูเขาไฟ มีการสะสมตัวอย่างอิสระที่มีกระแสน้ำหรือแม่น้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังแสดง ในรูปที่ 1.2



รูป 1.2 Sedimentological model for accumulation of diatomite in a caldera lake environment.<sup>2, 12</sup>

#### 1.4 สมบัติทางเคมีของไดอะทอมไมต์

ไดอะทอมไมต์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นซิลิกาไร้ผลึก (amorphous silica) มีสูตรโมเลกุลอยู่ในรูป  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  ซึ่งมีสมบัติเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี ละลายได้ดีในด่างแก่ และกรดกัดแก้ว (hydrofluoric acid ; HF) แต่ไม่ละลายในกรดชนิดอื่นๆ มีน้ำปนอยู่เล็กน้อยประมาณ 2 – 9 % และมีสารเจือปนอื่นๆ ดังแสดงได้จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของ ไดอะทอมไมต์ ที่ได้จากแหล่งธรรมชาติต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตาราง 1.1 Chemical composition of natural diatomites.<sup>5,11</sup>

Element (%)	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
SiO <sub>2</sub>	91.39	86.9	86.0	79.92	91.20	72.36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.97	3.10	5.80	6.58	3.20	13.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.48	1.10	1.60	3.56	0.70	3.65
TiO <sub>2</sub>	0.10	0.18	0.22	0.48	0.16	0.42
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.15	0.03	NA	0.05	0.01
CaO	0.51	0.41	0.70	1.43	0.19	0.37
MgO	0.04	0.65	0.29	0.98	0.42	0.51
Na <sub>2</sub> O	NA	0.88	0.48	0.65	0.13	0.18
K <sub>2</sub> O	0.07	0.88	0.53	0.72	0.24	1.35
LOI	4.18	3.8	4.40	4.91	3.60	6.47

(a) Burney diatomite, Shasta county, CA, USA.

(b) Celite 266, Johns-Manville diatomite, USA.

(c) แหล่งญี่ปุ่น

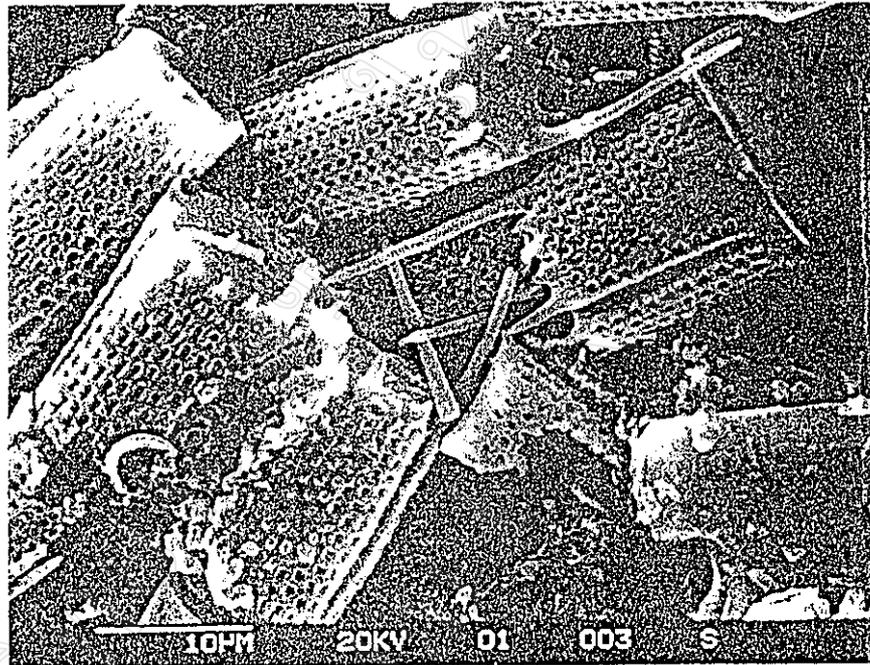
(d) แหล่งรัสเซีย

(e) แหล่งเม็กซิโก

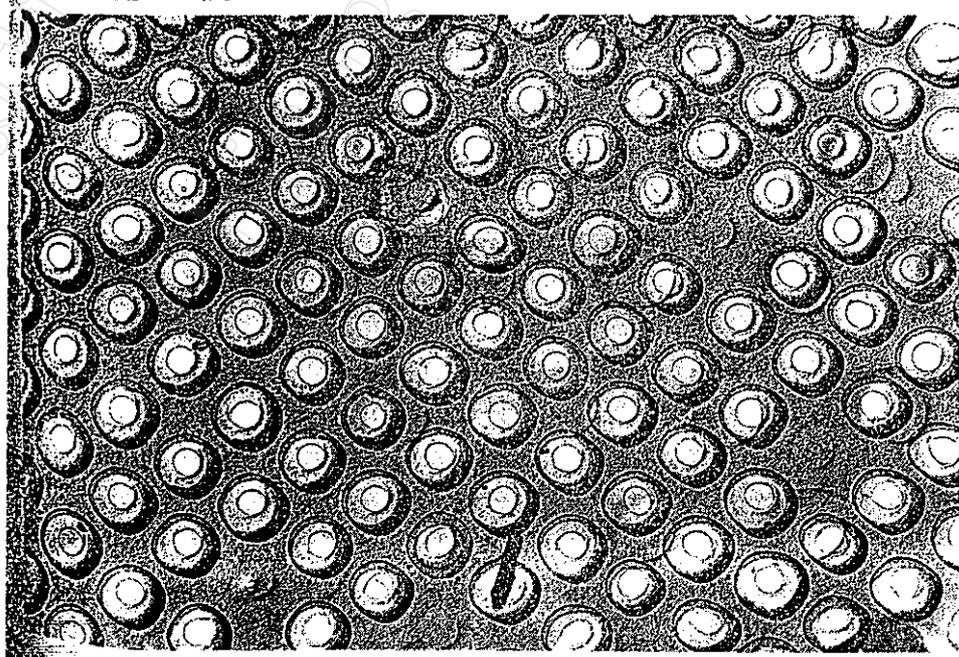
(f) แหล่งตำบลน้ำโจ้ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

### 1.5 สมบัติทางกายภาพของ ไดอะทอมไมต์

จากการศึกษา<sup>12,21</sup> โดยใช้ scanning electron microscope(SEM)ดังแสดงในรูป 1.3 และรูป 1.4



รูป 1.3 SEM photomicrograph of Rio Chiquito De Las Nubes diatomite, Costa Rica.<sup>12</sup>



รูป 1.4 SEM photomicrograph of macropores of selections of diatom.( 8100 × )<sup>21</sup>

ไดอะทอมไมต์ มีลักษณะทางกายภาพที่เด่นชัด มีลักษณะเป็นผงละเอียดที่จับตัวกันเป็นเนื้อแน่น น้ำหนักเบา มีขนาดอนุภาค 2 – 63  $\mu\text{m}$  มีความพรุน (porosity) สูง มีความแข็งอยู่ระหว่าง 4.5 – 6 ตามสเกลของโมส์ (Moh's scale) และมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.0 – 2.2 หน่วย มีจุดหลอมเหลวสูง 1400 – 1750 °C ถ้ามีสิ่งเจือปนจะทำให้จุดหลอมเหลวลดลง นอกจากนี้สมบัติอื่นๆ แสดงไว้ในตารางที่ 1.2

ตาราง 1.2 Physical properties of diatomite.<sup>12</sup>

	(A) Burney	(B) L. Comastro	(C) Nan Jo	(D) Burney	(E) L Comastro
(1) > 63 $\mu\text{m}$ (%)	0.8	1.2	18.2	0	0
(2) 63–10 $\mu\text{m}$ (%)	9.9	5.0	3.3	7.0	24.0
(3) 10–2 $\mu\text{m}$ (%)	68.5	21.7	19.6	88.0	66.5
(4) < 2 $\mu\text{m}$ (%)	20.8	72.1	58.9	5.0	9.0
(5) Graphic mean ( $\mu\text{m}$ )	4.8	1.5	1.5	5.3	6.8
(6) Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	0.298	0.250	0.245	0.296	0.407
(7) SG	2.01	NA	2.26	NA	NA
(8) Porosity (%)	85	NA	89	79	NA
(9) Surface area (m <sup>2</sup> /g)	13.1	59.8	NA	3.4	4.7

(A) Burney diatomite, Shasta County, CA, USA. High purity: extracted by Grefco Inc. for filter-aid production.  
 (B) Loma Comastro, diatomite, NE of Liberia, Costa Rica. Impure: ~ 22% clay mineral content plus alunite-group minerals (Inglethorpe, 1990).  
 (C) Nan Jo diatomite, Lampang, Thailand. Impure: 30-40% clay mineral content plus 12% quartz and 6% goethite (Inglethorpe, 1991).  
 (D) & (E) show values for samples calcined at 1100°C for 1 hour.  
 (1)-(4) Particle-size distribution by wet sieving & sedimentation.  
 (5) Mean particle-size of <63  $\mu\text{m}$  fraction.  
 (6)-(9) Values for dry powdered samples.

สมบัติทางกายภาพนั้นอาจแตกต่างกันตามแหล่งที่พบ และในแหล่งเดียวกันอาจแตกต่างกันตามความลึกของแหล่งด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า ชนิดและปริมาณของสิ่งเจือปน รูปร่าง ขนาด การจัดเรียงตัว มีผลต่อสมบัติของ ไดอะทอมไมต์ ตามแหล่งธรรมชาติต่างๆ

## 1.6 แหล่งแร่ไดอะทอมไมต์

### 1.6.1 แหล่งแร่ที่สำคัญของโลก<sup>5,9,19,22</sup>

ประเทศที่เป็นผู้ผลิตไดอะทอมไมต์ รายใหญ่ประมาณ 98% ของผลผลิตรวมของโลกได้แก่ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส โรมาเนีย รัสเซีย สเปน เดนมาร์ก เยอรมัน อิตาลี ไชล์แลนด์ เกาหลี และบราซิล ดังแสดงรายละเอียดการผลิตในแต่ละปีของประเทศต่างๆ ในตารางที่ 1.3

ตาราง 1.3 World diatomite production (tones).<sup>10</sup>

	1989	1990	1991	1992
Algeria	4,400	4,156	3,629	4,000
Argentina	6,301	7,000	6,100	7,000
Australia	12,000	10,000	11,000	11,000
Brazil	21,320	13,279	12,442	14,600
Canada	3,000	3,000	3,000	3,000
Chile	3,315	3,877	5,557	5,693
Columbia	3,600	3,100	3,890	4,356
Costa Rica	6,000	6,000	6,000	10,000
Denmark				
(moler)	100,000	90,000	90,000	90,000
France	250,000	250,000	250,000	250,000
Germany	46,800	46,800	44,300	40,000
Iceland	24,900	24,900	23,016	19,946
Italy	25,000	25,000	23,000	26,000
Kenya	1,968	750	2,395	2,112
South Korea	75,019	55,445	91,126	76,775
Mexico	45,920	51,064	55,916	45,000
Peru	20,000	20,000	26,000	25,000
Portugal	2,999	2,270	2,410	1,850
Romania	50,000	50,000	40,000	40,000
South Africa	133	2,798	2,352	576
Spain	83,943	108,000	110,000	110,000
Thailand	1,421	4,593	7,328	10,425
Former USSR	260,000	250,000	220,000	190,000
UK	270	240	220	120
USA	617,000	631,000	610,000	595,000
Yugoslavia	6,081	6,119	4,000	5,000

### 1.6.2 แหล่งแร่ในประเทศไทย<sup>2, 5, 8, 11</sup>

แหล่งแร่ไดอะทอมไมต์ในประเทศไทยพบมากที่สุดที่จังหวัดลำปาง ซึ่งกระจายอยู่หลายแหล่งในแอ่งลำปาง ดังต่อไปนี้ แหล่งบ้านมอนหินแก้ว ต.วังพร้าว อ. เกาะคา แหล่งบ้านกล้วยแพะ ต.กล้วยแพะ อ. เมือง แหล่งบ้านฮ้วน ต.แม่ทะ อ. แม่ทะ แหล่งบ้านพิชัย ต. พิชัย อ.เมือง แหล่งบ้านห้วยน้ำเต็ม ต. บ้านแลง อ.เมือง แหล่งบ้านห้วยน้ำหลง ต. แม่ทาน อ.สบปราบ แหล่งบ้านกิ้วลม อ. เมือง จากการเจาะสำรวจของกรมทรัพยากรธรณีพบว่าปริมาณสำรองทั้งสิ้นมากกว่า 243 ล้านตัน สภาพแหล่งมีการกำเนิดแบบทะเลสาบน้ำจืดอายุระหว่างไม โอซีนถึงปัจจุบัน

## 1.7 ประโยชน์ของไดอะทอมไมต์

จากสมบัติที่หลากหลายของไดอะทอมไมต์ทำให้สามารถนำมาประโยชน์ในงานได้หลากหลายรูปแบบ ตั้งแต่เป็นแร่ดิบหรือผ่านขั้นตอนต่างๆ ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมในงานแต่ละประเภท ขึ้นอยู่กับสมบัติต่างๆ ของไดอะทอมไมต์ที่ได้ การนำไดอะทอมไมต์มาใช้งานด้านต่างๆ ในทางอุตสาหกรรม อาจแบ่งออกเป็นดังต่อไปนี้

### 1.7.1 การกรอง (Filtration)<sup>10, 12, 17</sup>

ไดอะทอมไมต์ส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้งานในด้านนี้ เช่น ในสหรัฐอเมริกามีการนำไปใช้ถึง 82% ของผลิตภัณฑ์รวม<sup>13</sup> เนื่องจากมีสมบัติเป็นสารช่วยกรอง (filter-aids) ที่ดี คือมีความบริสุทธิ์ทางเคมีสูง มีปริมาณ Ca และ Fe ต่ำ รวมทั้งมีสารอื่นที่ละลายได้(soluble salts) ในปริมาณน้อย นอกจากนั้นยังมีสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสม เช่น มีการซึมซับสูง (high permeability) มีลักษณะรูพรุนมาก (high porosity) มีขนาดอนุภาคชนิดละเอียดเหมาะสม ทำให้แขวนลอยอยู่ในสารละลายที่ต้องการกรองเป็นอย่างดีทำให้กรองได้รวดเร็วได้สารละลายที่ใสขึ้น เป็นต้นจึงถูกการนำไปใช้การกรองผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวทั้งในอุตสาหกรรมและการใช้งานทั่วไป รวมไปถึงเภสัชภัณฑ์ต่างๆ (pharmaceuticals) เบียร์ ไวน์ เหล้า(whisky) น้ำผักน้ำผลไม้ น้ำมันเชื้อเพลิง (fuels) น้ำมันต่างๆ (oils) น้ำในสระว่ายน้ำ และน้ำดื่ม เป็นต้น

คุณลักษณะเฉพาะของ ไดอะทอมไมต์ที่นำมาใช้ในงานด้านการกรองมีรายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.4 และ ตารางที่ 1.5

ตาราง 1.4 Physicals properties specifications of diatomite for filtration grades.(USA.)<sup>10</sup>

Properties (physicals)	Hyflo Super-Cel	Celite 545
Color	Off white	Off white
Appearance	Powder	Powder
Origin	Marine	Marine
Description	Flux calcined filter-aid	Flux calcined filter-aid
Loss On Ignition (LOI)	0.5	0.5
Specific gravity	2.3	2.3
Wet density (g/l)	345.0	355.0
Median particle size(μm)	-	28

ตาราง 1.5 Chemical properties specifications of diatomite for filtration grades.(UK.)<sup>11</sup>

Properties (chemical) %	Celite	Dicalite	Clarcel	Meyer Brelah
SiO <sub>2</sub>	89.6	88.92	71.0	95.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.0	3.12	16.0	1.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.5	1.61	1.0	1.45
TiO <sub>2</sub>	0.2	0.16	-	0.14
CaO	0.5	0.4	1.5	0.14
MgO	0.6	0.78	1.5	trace
Na <sub>2</sub> O	3.3	4.91	9.0	0.49
K <sub>2</sub> O	3.3	4.91	9.0	0.88
Water soluble mater	0.15	-	-	-
Moisture	0.1	-	2.0	0.21
Loss On Ignition (LOI)	0.2	-	1.0	0.6

### 1.7.2 สารตัวเติม (Filler)<sup>10, 12, 17</sup>

ในทางอุตสาหกรรมไคอะทอไมด์นำมาใช้เป็นสารตัวเติมเป็นอันดับสอง พบในผลิตภัณฑ์ สี พลาสติก ยาง เกสซ์ภัณฑ์ ยาสีฟัน และสารขัดมัน เพื่อเพิ่มลักษณะทางกายภาพเช่น สี การดูดซับน้ำมัน และการเกาะตัวของพื้นผิว ความคงทน ทางด้านเคมี และความแข็งแรงความเปราะ เป็นต้น เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ดีขึ้นตามความต้องการ โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์สี จะนำไคอะทอไมด์มาใช้เป็นสารตัวเติมมากที่สุด พบในสีพวก flat emulsion สีเคลือบเงา (vanishes) และสีรองพื้น (primer) เพราะมีสมบัติ flatting ที่ดีมากคือลดความเปล่งปลั่งและความมันเงาลง นอกจากนี้ยังทำให้การซึมของสีดีขึ้นทำให้สีแห้งเร็ว มีความคงสีที่ดี และทำให้เนื้อสีมีความเรียบ ส่วนในผลิตภัณฑ์พวกพลาสติก ไคอะทอไมด์ จะใช้เป็นสารพวก anti - blocking เช่นใน พิล์มโพลีเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นต่ำ ใช้ประมาณ 500-3000  $\mu\text{m}$  เพื่อป้องกันการติดกันของเนื้อฟิล์ม โดยทั่วไปไคอะทอไมด์ที่ใช้ในทางการค้ามีสองแบบคือ ชนิดที่ได้จากรธรรมชาติ (natural grade) และชนิดที่ผ่าน fluk - calcination แล้ว (fluk-calcined grade)

คุณลักษณะเฉพาะของไคอะทอไมด์ที่นำมาใช้งานเป็นสารตัวเติมมีรายละเอียด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.6

ตาราง 1.6 Physical properties specifications of diatomite fillers for plants and plastic.<sup>12</sup>

Product	Colour	>45 $\mu\text{m}$	<20 $\mu\text{m}$	<10 $\mu\text{m}$	<5 $\mu\text{m}$	<2 $\mu\text{m}$	Oil absorption (g/100g)	pH	RI	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Surface area (m <sup>2</sup> /g)	Soluble salts (%)	LOI (%)
Celite Superfloss <sup>a</sup>	White	0.1	NA	NA	NA	NA	120	9-10	1.48	NA	0.7-3.5	NA	NA
Celite Silver Frost K5 <sup>a</sup>	White	trace	NA	NA	NA	NA	115	9-10	1.48	NA	0.7-3.5	NA	NA
Celite White Mist <sup>a</sup>	White	trace	NA	NA	NA	NA	160	9-10	1.48	NA	0.7-3.5	NA	NA
Celite 266 <sup>f</sup>	Grey	0.5	96	92	NA	16	135	6.5	1.42	0.128	NA	NA	NA
Celite 499 <sup>f</sup>	White	trace	99	82	NA	1	105	9.5	1.48	0.136	NA	NA	NA
Celite 281 <sup>f</sup>	White	1.5	96	68	NA	3	110	9.5	1.48	0.136	NA	NA	NA
Type 1 diatomite <sup>†</sup>	/	15	70	10	/	/	60-100	6.5-10	/	/	/	1	15
Type 2 diatomite <sup>‡</sup>	/	5	75	20	5	/	60-100	6.5-10	/	/	/	1	1

<sup>a</sup> Moreland in Katz & Milewski (1987).  
<sup>f</sup> Remmers & Kranich, in Lewis (1986).  
<sup>†</sup> BS 1795 (1976).

### 1.7.3 ฉนวน (Insulator)<sup>2, 10, 12, 17</sup>

ในเดนมาร์ก บริษัท Skamol และ Damolin ได้ผลิตอิฐฉนวนจาก "Moler" ซึ่งเป็นวัสดุคืบธรรมชาติที่ได้มาจากส่วนผสมระหว่าง ไดอะทอมไมต์ และ ดินชนิดที่เรียกว่า "plastic clay" ใช้ในปริมาณ 20-25% ซึ่งเป็นดินที่มีปริมาณ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> และ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ที่สูง อิฐฉนวนที่ได้มีสมบัติทนต่อความร้อนสูง เนื่องจากปริมาตรช่องว่างภายในมีน้อยมากทำให้การแพร่ของก๊าซต่ำ จึงไม่เกิดการถ่ายเทความร้อนได้ง่าย และยังทนต่อการกัดกร่อนของกรด นอกจากนี้การที่มีซิลิกาชนิดไร้ผลึกเป็นส่วนประกอบหลักทำให้การหลอมตัวหรือเกิดเป็น slags เกิดขึ้นได้ยาก จากสมบัติดังกล่าวนี้จึงนำอิฐชนิดนี้ไปใช้งานได้กว้างขวาง โดยเฉพาะในการสร้างเตาเผาชนิดต่างๆ และฉนวนกันความร้อนใน furnace ซึ่งแสดงสมบัติทางกายภาพของ ไดอะทอมไมต์ที่ใช้ทำอิฐฉนวน ดังแสดงในตารางที่ 1.7

ตาราง 1.7 Typical physical properties of diatomite insulation bricks.<sup>12</sup>

	ROTOL	HIPOR (450)
1) Bulk density (kg/m <sup>3</sup> )	800	450
2) Porosity (%)	66	81
3) Cold crushing strength (kg/cm <sup>2</sup> )	100	8
4) Modulus of rupture (kg/cm <sup>2</sup> )	20	NA
5) Thermal conductivity (kcal/ m hr °C)	0.17-0.21	0.09-0.16

Data source: Skamol-Skarrehege Moler-vaerk technical literature.  
 (Thermal conductivity values quoted are for temperature range 200-800°C.)

#### 1.7.4 สารดูดซับ (Absorbents)<sup>10, 12, 17</sup>

การนำไคอะทอไมด์มาใช้ในการผลิตสารดูดซับชนิดผง และชนิดเม็ดที่ใช้ในการดูดซับในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อาหารสัตว์ ยาฆ่าแมลง นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในวัฏระเบิด และการผลิตสารเคมีต่างๆ

ปัจจุบันได้นำไคอะทอไมด์นำมาใช้งานด้านสิ่งแวดล้อมสามารถใช้เป็นตัวดูดซับ(adsorbing agent) ของเสียที่มีพิษ (hazardous wastes) ใช้เป็นตัวดูดซับน้ำมันและไขมัน (oil and grease) ในผลิตภัณฑ์สารทำความสะอาดพื้นผิว ใช้ในการดูดซับสีของน้ำเสียจากโรงงานสีย้อมผ้า (dye waste - water)<sup>14-15</sup> และใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของดิน(soil treatment) และน้ำที่ปนเปื้อนโลหะหนัก และของเหลวที่มีพิษได้ ซึ่งเป็นแนวทางใหม่ในการนำไคอะทอไมด์มาใช้ประโยชน์ด้านนี้ โดยกำลังมีการวิจัยเรื่องนี้ทั้งในประเทศเยอรมัน อังกฤษ และสหรัฐอเมริกา

#### 1.7.5 การใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ<sup>12, 17, 22</sup>

นอกจากการนำไคอะทอไมด์มาใช้ในการด้านต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้ เช่น ใช้เป็นสารขัดถูชนิดอ่อน (abrasives-softly) ในส่วนผสมของยาสีฟัน ในน้ำยาขัดสีเคลือบเงาสำหรับรถยนต์ และในน้ำยาขัดโลหะต่างๆ โดยเฉพาะเครื่องเงิน ในอุตสาหกรรมเซรามิกใช้เป็นตัวช่วยลดความเหนียวในดินปั้น เป็นส่วนผสมในการทำผงเซรามิก ใช้ในการผลิตปุ๋ยเคมีใช้เป็นตัวกลางที่ป้องกันการแข็งตัวของปุ๋ย เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรด ใช้ในการทำ chromatography support media<sup>21</sup> และใช้เป็นตัวพา (carrier)<sup>14</sup> เช่น ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันพืชใช้เป็นตัวพาตัวเร่ง(catalyst carrier) Ni ในขั้นตอนการทำ hydrogenation และใช้เป็นตัวพาในการผลิตกรดกำมะถัน และกรดฟอสฟอริกจากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม

#### 1.8 สารช่วยกรอง (Filter-aids)<sup>2, 12</sup>

สารช่วยกรอง คือ วัสดุที่จะช่วยในการปรับปรุงการแยกแหว่งของเหลวกับของแข็งให้สมบูรณ์ และช่วยเพิ่มอัตราการกรองให้สูงขึ้น โดยทำการดูดซับสารหรืออนุภาคที่มีขนาดเล็กไว้ให้ติดกับสารช่วยกรอง ซึ่งอนุภาคที่เล็กกว่านี้สามารถแทรกเข้าในช่องว่างหรือรูพรุน (porosity) ที่มีอยู่มากมายของสารช่วยกรองได้ เนื่องจากเกิดแรงดึงดูดแบบ capillary tube ภายในรูพรุน และการที่มีประจุทางไฟฟ้าทำให้สามารถดูดซับไอออนหรืออนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในของเหลว ไว้ที่บริเวณผิวได้ ยิ่งตัวช่วยกรองมีรูพรุนหรือพื้นที่ผิวมากเท่าใด การดูดซับก็ยิ่งมีมากขึ้น

ในการนำไคอะทอไมด์มาใช้เป็นสารช่วยกรองนั้น ต้องนำมาผสมกับสารละลายที่ต้องการกรอง ซึ่งอาจเรียกส่วนนี้ว่าเป็น “body feed” จากนั้นจะไหลผ่าน filter septum มีรูพรุน เมื่อเกิด

กระบวนการกรอง ส่วน body feed จะเกิดการตะกอนจับตัวกันเป็นก้อนเคลือบบนผิว filter septum โดยเกิดการเคลือบอยู่สองลักษณะคือ ชั้น precoat และชั้น filter-cake โดยแต่ละชั้นมีความพรุนในตัว ซึ่งจะทำให้ filter septum มีประสิทธิภาพในการกรองเพิ่มขึ้น ช่วยทำให้การกรองเร็วขึ้น และช่วยป้องกันเกิดการอุดตันขณะกรอง ดังแผนภาพแสดงลักษณะการกรองตามรูปที่ 1.5

นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพในการกรองของไดอะทอมไมต์ ยังขึ้นอยู่กับสมบัติของการกรองสองประการคือ flow rate และ clarity ซึ่งสามารถปรับปรุงสมบัติทั้งสองนี้ให้ดีขึ้นได้จากการปรับปรุงสมบัติการเป็นสารช่วยกรองคือ ความสามารถที่สารลักษณะเป็นเม็ดขอมให้ของเหลวไหลผ่านสารช่วยกรอง หรือ “permeability” และ ค่าเฉลี่ยของความกว้างของอนุภาคที่เล็กที่สุดของสารช่วยกรอง ที่ยอมให้ของเหลวไหลผ่านหลังจากจับสารแขวนลอยอยู่ได้แล้ว “mean hydraulic radius” ซึ่งเป็นสมบัติหลักที่สำคัญของสารช่วยกรอง โดยที่เมื่อ permeability เพิ่ม flow rate เพิ่ม ส่วนเมื่อ mean hydraulic radius เพิ่ม clarity จะลดลง นอกจากนี้ยังมีคุณลักษณะของสารช่วยกรองจากแหล่งต่างๆ ดังมีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1.8

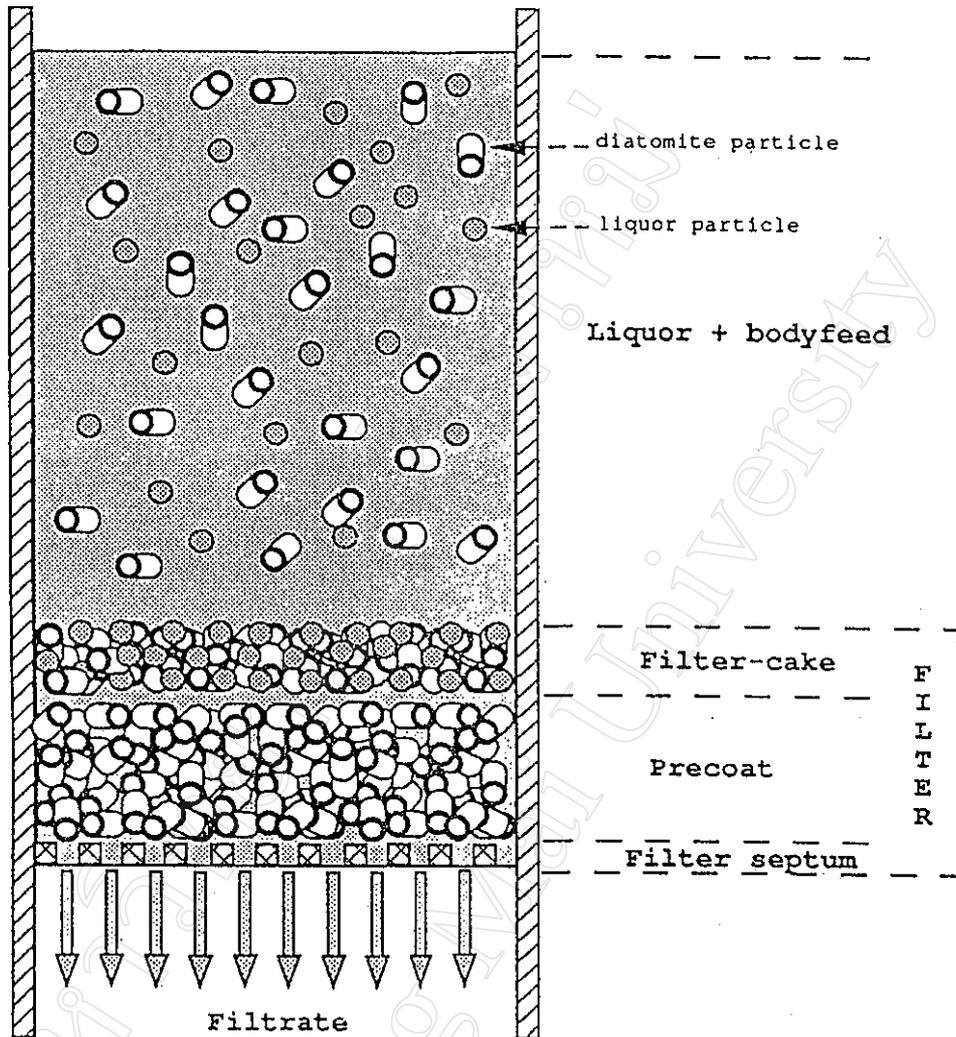
ตาราง 1.8 Filtration properties of diatomite filter-aids<sup>11-12</sup>

Product	Flowrate'	'Clarity'	Wet Cake Density [g/cm <sup>3</sup> ]	Total Void Volume [%]	Effective Void Volume [%]	Mean Particle Size [ $\mu$ m]	SG
	Measured Permeability [ $\mu$ m <sup>2</sup> ]	Mean Hydraulic Radius [ $\mu$ m]					
Dicalite 215	0.02 ##	NA	NA	NA	NA	5.3	2.25 #
Burney	0.04	NA	0.42	79	NA	5.3	2.01
Superaid	0.04 #	NA	0.352 #	84	NA	5.9	2.25 #
FP1W	0.069 $\circ$	0.3 $\circ$	NA	NA	17 $\circ$	NA	NA
Celite 578	0.07 *	NA	NA	83 *	27 *	7.1 *	NA
FP4	0.20 $\circ$	0.5 $\circ$	NA	NA	25 $\circ$	NA	NA
Standard Supercel	0.22 $\circ$	0.7 $\circ$	NA	86 *	35 *	6.8 *	NA
Speedflow	0.22 #	NA	0.368 #	84	NA	7.5	2.25 #
Hyflo Supercel	1.62 *	NA	NA	86 *	58 *	10.7 *	NA
Nan Jo (av.)	0.02	NA	0.59	73	NA	3.1	2.17

$\circ$  Reed & Freeman (1991).

\* Reed & Picksley (1987).

# Manufacturer's data



#### Glossary:

- Filter septum** - a wire mesh or cloth screen upon which precoat is deposited
- Precoat** - a thin permeable bed of diatomite particles deposited on filter septum prior to filtration
- Filtration** - process for removing suspended particles from a liquor
- liquor** - industrial fluid containing particles in suspension
- Body feed** - diatomite added to the liquor to maintain flowrate by increasing porosity of the filter-cake.
- Filter-cake** - a layer comprised of diatomite and liquor particles which builds up on the surface of the precoat during filtration
- Filtrate** - clear liquor that has passed through the precoat
- Flowrate** - volume of filtrate that passes through precoat with respect to time
- Clarity** - amount/or lack of particles present in filtrate

### 1.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีรานิ โขติไกรและพิทักษ์ หาญจวนิช<sup>2</sup> ได้ทำการศึกษาไคอะทอไมต์จากแหล่งลำปางเพื่อผลิตเป็นสารช่วยกรอง โดยมีการศึกษาวิจัยในด้านต่างๆ กล่าวคือ ศึกษาสภาพแร่ในแหล่ง การวิเคราะห์ และทดสอบการทดสอบสมบัติของแร่ การค้นคว้าทดลองด้านการแต่งแร่ การวิเคราะห์ วิจัยไคอะทอไมต์ภายหลังการแต่งแร่ และการทดสอบสมบัติ และการทดลองเตรียมเป็นสารช่วยกรอง พบว่าไคอะทอไมต์ที่ได้มีความละเอียดมาก และนำไปใช้กรองให้ความใสที่ดีกว่า แต่อัตราเร็วในการกรองจะช้ากว่า ผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ เพราะสารช่วยกรองที่เตรียมได้มีความพรุนน้อยกว่า แสดงว่าการล้างไคอะทอไมต์ให้สะอาดทั้งวิธีทางกล และวิธีทางเคมี และการบดหลังการทำ flux - calcined มีผลอย่างยิ่งต่อสมบัติการเป็นสารช่วยกรอง

อานุภาพ ญานีสราพันธ์<sup>3</sup> ได้ศึกษาไคอะทอไมต์ ที่นำมาใช้เป็น “ตัวช่วยกรองดินเบา” โดยศึกษาในด้านการปรับปรุงคุณภาพไคอะทอไมต์ที่ได้จากแหล่งลำปาง และศึกษาหาประสิทธิภาพในการดูดซับสิ่งเจือปนของไคอะทอไมต์ที่ได้พบว่า ไคอะทอไมต์ที่ได้จากแหล่งลำปางมีส่วนประกอบทางเคมี ดังตารางที่ 1.9

ตารางที่ 1.9 ส่วนประกอบทางเคมีของไคอะทอไมต์ดิบจากแหล่งลำปาง

Composition	(% w/w)
SiO <sub>2</sub>	65.55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.30
CaO	0.60
MgO	0.45
alkaline	1.52
LOI	14.20

ในการปรับปรุงคุณภาพของไคอะทอไมต์ด้วยวิธีทางเคมี พบว่าการใช้กรดจะละลายเอาสิ่งเจือปนออกมาได้ดีการใช้ต่าง ชนิดกรดที่ใช้คือ กรดซัลฟูริก กรดไฮโดรคลอริก กรดฟอสฟอริก ซึ่งสิ่งเจือปนที่ละลายได้ในกรดแต่ละชนิดไม่เท่ากัน โดยพบว่ากรดฟอสฟอริกที่มีความเข้มข้นสูง จะละลายสิ่งเจือปนได้ดีที่สุด ส่วนในการทำ calcination พบว่าจะต้องทำหลังจากผ่านการปรับปรุงคุณภาพของไคอะทอไมต์ด้วยวิธีทางเคมีก่อน แล้วจึงทำ calcined ที่ 800 °C ประสิทธิภาพของการดูด

ซัพสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ของโคอะทอไมต์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้ว 3 กรัม มีความสามารถในการดูดซับได้ 80% ในขณะที่โคอะทอไมต์จากธรรมชาติสามารถดูดซับได้เพียง 44%

Aue and Daniewski<sup>6</sup> ได้ศึกษาการเตรียมผิวของโคอะทอไมต์ชนิด acid wash (AW) จากโคอะทอไมต์ชนิด nonacid wash (NAW) ที่มีความแตกต่างทางด้านราคาอย่างมาก ในการศึกษาได้ใช้วิธีการแบบ soxhlet extraction ที่จุดเดือดเท่ากับของกรด HCl ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการเกิดพันธะเคมีของสารที่จะนำมาเคลือบผิว พบว่าการนำไปใช้ให้ผลดีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ของเทคนิคทาง gas-liquid chromatographic coating การศึกษานี้ได้รายงานเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการทรีทเมนต์โดยใช้กรด HCl สำหรับการขจัดประจุบวกชนิดต่างๆ ออกจากพื้นผิวซิลิกาของ chromosorb W, G และ P ซึ่งสามารถขจัดเกลือออกได้ถึง 95 % ของปริมาณเกลือทั้งหมด ในขณะที่วิธีการล้างโดยทั่วไปสามารถขจัดเกลือออกได้เพียงเล็กน้อย

Sheng<sup>15</sup> Yeh และ Thomas<sup>22</sup> ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม สีย้อม disperse Red- 60 โดยใช้ absorbent 5 ตัวอย่าง คือ powder activated carbon (PAC), activated alumina, molecular sieve, granular activated carbon(GAC), saw dust และ diatomite พบว่า absorbent ทุกตัวต้องใช้เวลาอย่างน้อยที่สุด 2 ชั่วโมงในการเข้าสู่ภาวะสมดุล และความแตกต่างของ particle size ไม่มีผลมากนักต่อการการดูดซับสีของน้ำทิ้ง เนื่องจากเกิดกระบวนการดูดซับแบบ monolayer บนพื้นผิวของ absorbent ต่างๆ ดังนั้นพื้นผิวที่มีอยู่จะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการดูดซับ ผลของค่า COD และประสิทธิภาพในการดูดซับสีเรียงตามลำดับคือ PAC > activated alumina > molecular sieve > GAC > diatomite

Tracz and suprynowicz<sup>21</sup> ได้รายงานผลการเปลี่ยนโครงสร้างและรูปผลึกของ polished diatom โดยใช้ตัวอย่าง diatom ชนิด polysorb B, polysorb C และ chromosorb P หลังจากการทำความสะอาดด้วยไฮดรอกไซด์ HCl ที่อุณหภูมิสูง พบว่า diatomite ที่ผ่านการล้างด้วยไฮดรอกไซด์ HCl โครงสร้างของ silica ที่ได้ยังคงอยู่ในรูป amorphous และ crystalline form โดยมีสมบัติที่ความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ hydroxyl group(-OH) ที่อยู่บริเวณพื้นผิว การใช้กรด HCl ทำให้เกิด chemical pure แต่โครงสร้างจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปทั้งในด้าน geometry และ topology ขึ้นอยู่กับความแตกต่างขององค์ประกอบสมบัติทางเคมีของพื้นผิว

จากงานวิจัยที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับโคอะทอไมต์ที่กล่าวข้างต้น จะพบว่ามีการศึกษาในด้านวิธีการเตรียมโคอะทอไมต์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ และศึกษาประโยชน์ของโคอะทอไมต์ทางการค้าในด้านต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในทางด้านการกรองในอุตสาหกรรมอาหาร และทาง chromatography และในประเทศไทยการศึกษาด้านนี้ยังมีน้อยมาก ทั้งที่มีวัตถุดิบในปริมาณที่มาก

แต่มีมูลค่าต่ำ ทำให้การนำมาใช้ประโยชน์ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ในการใช้งานยังต้องอาศัย การนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นในวิจัยนี้ต้องการศึกษาไคอะทอไมด์ในการนำมาใช้งานทางด้าน สิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นอีกด้านหนึ่งที่มีความน่าสนใจและเป็นการศึกษาด้านใหม่ ที่กำลังได้รับความสนใจในต่างประเทศ ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการเตรียมไคอะทอไมด์จากแหล่ง ลำปางเพื่อเพิ่มคุณภาพของแร่ โดยเฉพาะในด้านการใช้เป็นสารช่วยกรอง (filter-aids) แล้วนำมา ทดลองในด้านการดูดซับโลหะหนักบางตัว เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการกรองน้ำทิ้งจาก ห้องปฏิบัติการของภาควิชาเคมีต่อไป

### 1.10 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพไคอะทอไมด์เพื่อใช้เป็นสารช่วยกรอง (filter – aids)
2. เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับโลหะหนักบางชนิดของ ไคอะทอไมด์ ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้ว
3. เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์กับการกำจัดโลหะหนักที่ได้จากน้ำทิ้งห้องปฏิบัติการในโอกาสต่อไป