บทที่ 4

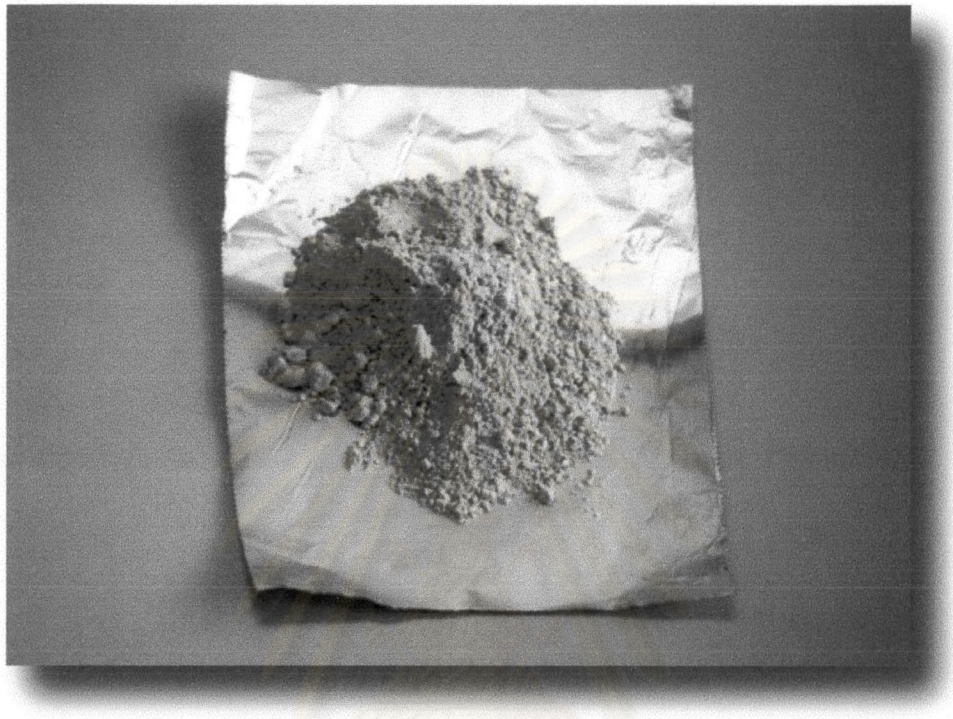
ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา เป็นการศึกษาสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของดินเบา และภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับไซยาไนด์ไอออน ดังนี้ : ปริมาณดินเบาที่เหมาะสมในการดูดซับ ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออน พีเอช และเวลาสัมผัส จากนั้นทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนระหว่างดินเบาและถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ที่ผลิตจากเปลือกวัสดุธรรมชาติ (เปลือกทุเรียน) และ ที่มีจำน่ายในท้องตลาด

4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินเบา

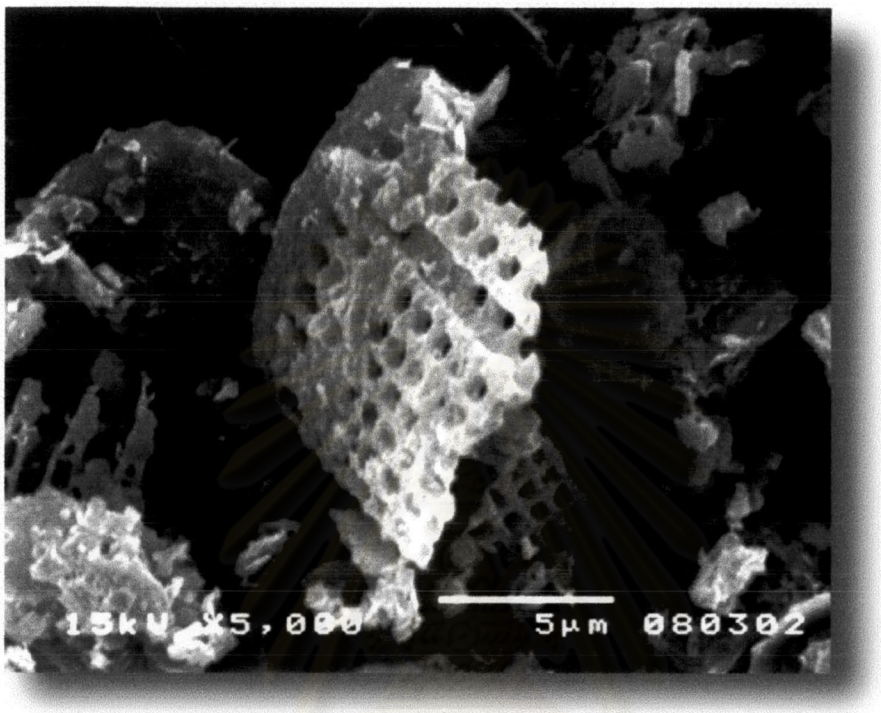
4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของดินเบา

ดินเบาที่นำมาศึกษา ได้มาจากบริเวณแอ่งน้ำจืด ณ แอ่งลำปาง จ. ลำปาง มีลักษณะเป็นผง เนื้อละเอียด คล้ายชอล์ก สีเหลืองนวล ดังรูปที่ 4.1 ส่วนใหญ่ดินเบาที่เกิดในแอ่งน้ำจืดมักจะมีสารอินทรีย์ปนอยู่ด้วย การศึกษาดินเบาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope: SEM) พบว่า ดินเบามีความพรุนสูง มีช่องว่างหรือรูพรุนในเนื้อของดินเบาเป็นจำนวนมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และ 4.3



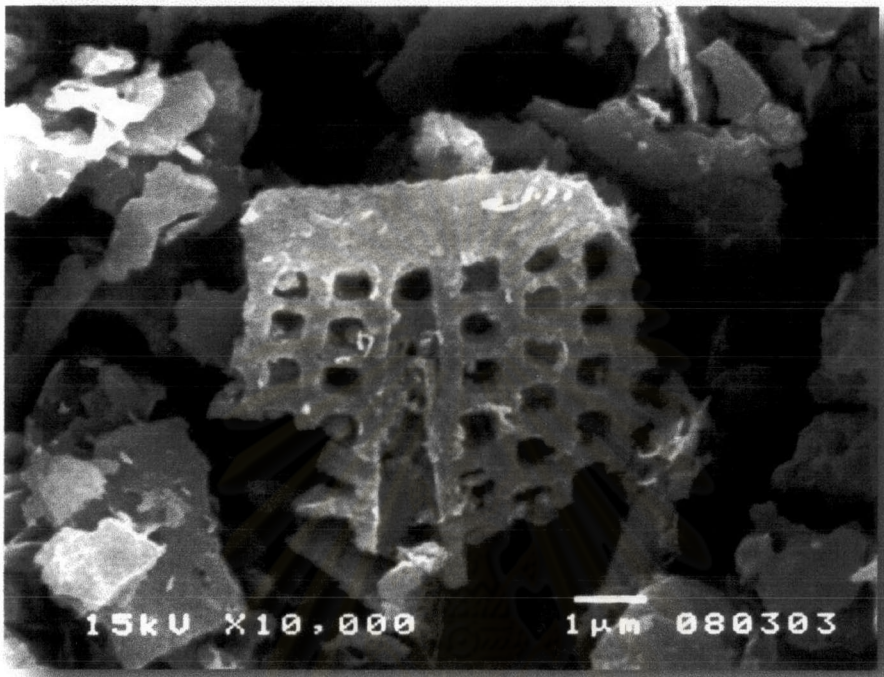
รูปที่ 4.1 ลักษณะของดินเบา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 ภาพถ่าย SEM ของดินเบา กำลังขยาย 5,000 เท่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 ภาพถ่าย SEM ของดินเบา กำลังขยาย 10,000 เท่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 4.2 และ 4.3 พบว่า โครงสร้างของดินเบาส่วนใหญ่ มีลักษณะภายนอกเป็นรู คล้ายตะแกรง มีโครงสร้างเป็นตาข่ายซับซ้อนและพบการมีรูพรุนสูง ซึ่งลักษณะการมีรูพรุนดังกล่าว มีประโยชน์อย่างยิ่งในการเป็นตัวดูดซับที่ดี สำหรับผลของการศึกษาพื้นที่ผิวด้วยเครื่อง BET แสดงดังตารางที่ 4.1 แสดงถึงลักษณะทางกายภาพของดินเบา และ ถ่านกัมมันต์ชนิดที่มาจากเปลือกวัสดุธรรมชาติและมีจำหน่ายตามท้องตลาดที่นำมาเปรียบเทียบ ดินเบาที่มีความบริสุทธิ์และแห้งจะมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1 ดังนั้น ดินเบาจึงลอยน้ำและจะจมตัวลงเมื่ออมน้ำจนอิ่มตัว และผงดินเบาสามารถดูดน้ำได้เป็น 2.5 เท่าของน้ำหนักตัวเอง ความหนาแน่นทั้งก้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส คือ 0.52 – 0.78 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของดินเบา และ ถ่านกัมมันต์

พารามิเตอร์	**ดินเบา ***	**ถ่านเปลือกทุเรียน ***	**ถ่านกัมมันต์** (Filtrasorb 300) *
พีเอช	7.8	9.49	8.09
พื้นที่ผิว BET (ตารางเมตรต่อกรัม)	38.28	387	1120 (950 – 1050) ◆
ปริมาตรรูพรุน (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม)	0.07	0.21	0.57 (0.75 – 0.85) ◆
ขนาดของรูพรุนเฉลี่ย (อังสตรอม)	71.66	15.94	14.98

ที่มา : ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง BET

หมายเหตุ * ขนาด 100 mesh

◆ ตัวเลขในวงเล็บคือค่าที่ทางบริษัทผู้ผลิตแจ้งมาในคู่มือของผลิตภัณฑ์

4.1.2 ลักษณะทางเคมีของดินเบา

ดินเบาบริสุทธิ์ประกอบด้วย Opaline หรือ Hydrous silica กับสารอื่นๆ เล็กน้อย เช่น alumina, เหล็ก, alkaline earths, alkaline metals เป็นต้น ดินเบาดิบ อาจจะมีอินทรีย์สารหรือพวก เกลือละลาย ชิ้นส่วนของแร่ประกอบหิน ทราย ดิน หรือ คาร์บอเนตในปริมาณต่างๆ ซึ่งส่วนประกอบหลักทางเคมีของดินเบาโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง ดังนี้ SiO_2 62.09 – 69.50 %, Al_2O_3 11.88 - 15.68 % , Fe_2O_3 3.56 – 9.15 % และ CaO 0.2 – 0.89 % ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีของดินเบา ด้วยเครื่อง X-ray fluorescence แสดงในตารางที่ 4.2 จากตารางจะเห็นว่า องค์ประกอบหลักของดินเบา คือ ซิลิกา เนื่องจาก ไดอะตอม ซึ่งเป็นตัวกำเนิดของดินเบานั้น ในอดีตจะสามารถอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำได้หลายแบบ เช่น น้ำทะเล น้ำกร่อย และน้ำจืด โดยต้องการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จึงจะเจริญเติบโตได้ เช่น อุณหภูมิ แสง ความเค็ม ความเป็นกรดที่เหมาะสม และได้รับอาหารตลอดเวลา จำพวก ซิลิกา ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เหล็ก ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ จึงทำให้พบปริมาณซิลิกาในดินเบา เป็นปริมาณสูงที่สุด ซึ่งลักษณะของดินที่มีแร่ซิลิกาเป็นธาตุพื้นฐาน เรียกดินชนิดนี้ว่า silicate clay โดยธรรมชาติจะพบว่า ดินบริเวณนี้เป็นบริเวณที่สำคัญที่มีการทำให้เกิดการดูดซับระหว่างพื้นผิวได้ และมีแนวโน้มในการเข้าไปแทนที่ในพื้นที่ที่มีรูพรุนสูง (นัทธีรา, 2541) ซึ่งดินเบามีคุณสมบัติสูงในการเกิดการแทนที่รูพรุนได้ เนื่องจากการมีรูพรุนสูงในตัวมันเอง

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของดินเบา

Composition	%
SiO_2	68.14
Al_2O_3	13.75
Fe_2O_3	5.00
CaO	0.42
MgO	0.87
Na_2O (alkaline)	1.00

ที่มา : ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray fluorescence

4.2 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับไซยาไนด์ด้วยดินเบา

4.2.1 ผลของปริมาณตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับ กับประสิทธิภาพของการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา

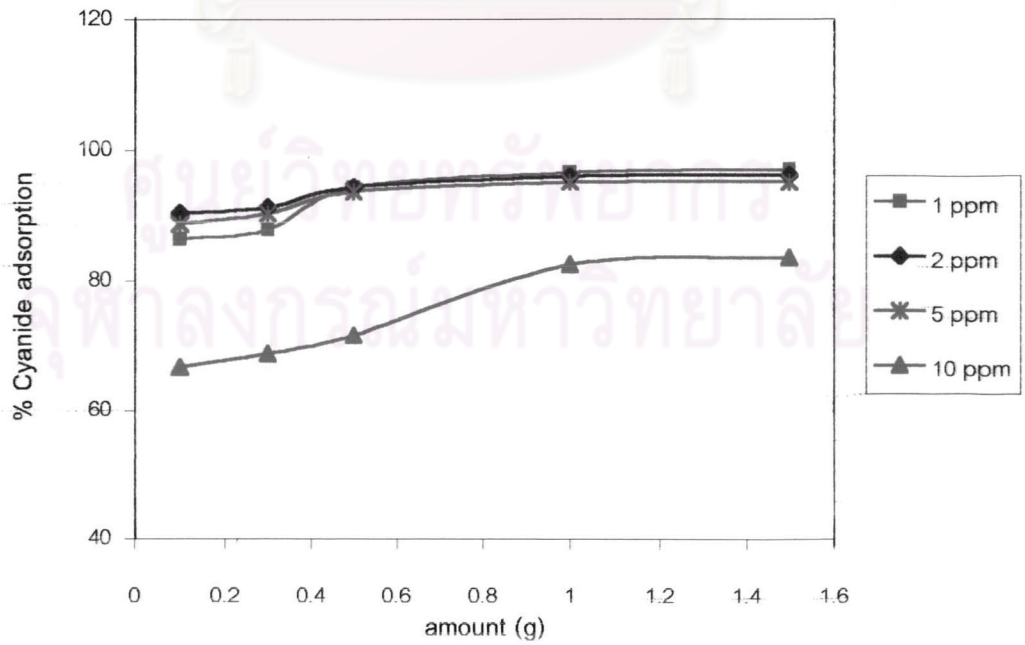
การศึกษาผลของปริมาณดินเบา ที่มีต่อการดูดซับไซยาไนด์ไอออน ทำได้โดยแปรปริมาณดินเบา ที่ 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 และ 1.5 กรัม ตามลำดับ และแปรปริมาณไซยาไนด์ไอออน ที่ 1, 2, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยปรับพีเอชของน้ำก่อนการดูดซับให้เป็น 8.5-9.0 ด้วยสารละลายของกรดซัลฟุริก (H_2SO_4) และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้น 1N จากนั้นใส่ดินเบา และนำสารแขวนลอยทั้งหมดไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการสัมผัส 120 นาที จากนั้นจึงนำมาหาปริมาณไซยาไนด์ไอออนที่เหลืออยู่ด้วย Selective ion electrode CN^-

พบว่า เมื่อใช้ปริมาณดินเบา 0.1 กรัม ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนที่ปริมาณน้อย คือ 1 , 2 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา (Cyanide adsorption, %) สูงถึง 86.20 %, 90.20 % และ 88.50 % ตามลำดับ ในขณะที่ เมื่อเทียบกับความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออน ได้เพียง 66.60 % ดังตารางที่ 4.3 (รายละเอียดประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนและความสามารถในการดูดซับแสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค-4 รายละเอียดการทดสอบประสิทธิภาพของ Electrode CN^- แสดงในภาคผนวก ฉ) และเมื่อเพิ่มปริมาณของดินเบาเป็น 0.3 และ 0.5 กรัม ประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนที่ความเข้มข้นไซยาไนด์ไอออน 1, 2 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น อย่างเห็นได้ชัด แต่อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนน้อยที่สุด เมื่อใช้ปริมาณดินเบาเท่าๆกัน และเมื่อทำการเพิ่มปริมาณดินเบาจนถึง 1.0 และ 1.5 กรัม จะเห็นว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนก็ยังคงเพิ่มสูงขึ้น แต่แนวโน้มที่ปริมาณดินเบาที่ 1.5 กรัมจะค่อนข้างคงที่ คือ ปริมาณดินเบา 1.0 และ 1.5 กรัม ที่ความเข้มข้นไซยาไนด์ไอออน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเพิ่มจาก 96.40% เป็น 96.90% ซึ่งแทบไม่แตกต่างมากนัก และในทำนองเดียวกันกับ ที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนที่ 2, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออน เมื่อปริมาณดินเบาและความเข้มข้นของสารละลายไซยาไนด์ไอออนแตกต่างกัน

Amount (g)	*Cyanide adsorption in %*			
Diatomite	1 ppm	2 ppm	5 ppm	10 ppm
0.10	86.20	90.20	88.50	66.60
0.30	87.70	91.10	90.10	68.70
0.50	94.10	94.20	93.50	71.50
1.00	96.40	95.80	94.90	82.30
1.50	96.90	96.00	95.00	83.40

รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนเมื่อปริมาณดินเบาและความเข้มข้นของสารละลายไซยาไนด์ไอออนแตกต่างกัน



ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Saxena S. และคณะ (2001) ซึ่งได้ศึกษาการดูดซับไซยาไนด์ไอออนในสารละลายด้วยแร่ไพโรฟิลไรท์ Saxena พบว่าที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนต่ำ คือ 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนสูงถึง 99.90 % ในขณะที่ใช้ตัวดูดซับเพียง 0.20 กรัม และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนเป็น 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนจะลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนจะสูงถึง 99.90 % อีกครั้งเมื่อมีปริมาณตัวดูดซับเป็น 0.45 กรัม ที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.70 กรัม ที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งการทดลองนี้อธิบายให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนในสารละลายนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของตัวดูดซับที่เหมาะสมและ ที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ของสารละลายไซยาไนด์ไอออนเองด้วย

ดังนั้น จึงเลือกใช้ปริมาณตัวดูดซับหรือดินเบา ที่ 1 กรัม เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการทดลองหาภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนต่อไป เนื่องจากประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออน ปริมาณดินเบาที่ 1.0 กรัม จะเป็นจุดสมดุลของการดูดซับ (Equilibrium adsorption) คือ หลังจากที่เมื่อเพิ่มปริมาณดินเบามากขึ้นก็ตาม ประสิทธิภาพของการดูดซับไซยาไนด์ไอออน ยังคงมีแนวโน้มคงที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 ผลของความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออน กับประสิทธิภาพของการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา

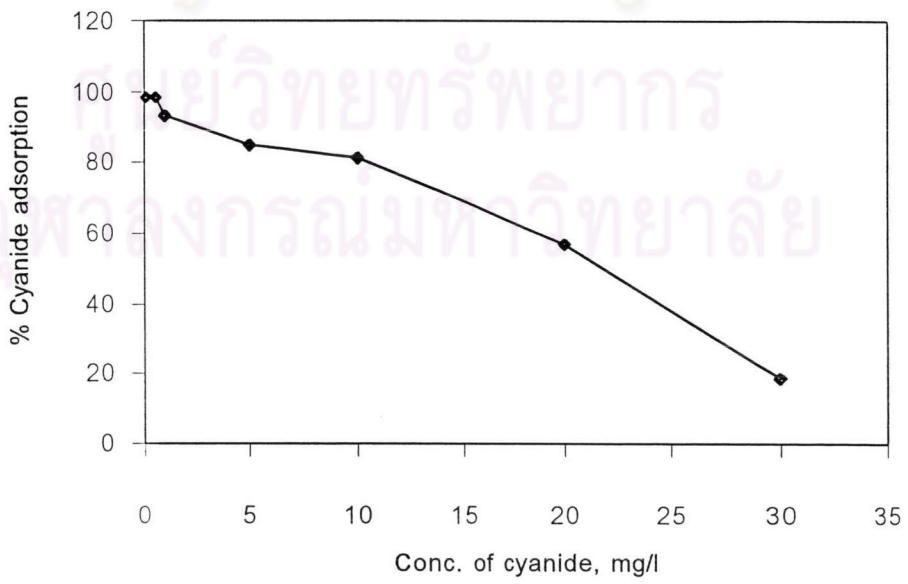
จากการศึกษาผลของปริมาณตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับ จะเห็นว่าปริมาณดินเบาที่น้อยเกินไปหรือมากเกินไป มีผลต่อการดูดซับไซยาไนด์ไอออน และจากผลการทดลองปริมาณดินเบาที่เหมาะสมคือ 1.0 กรัม ดังนั้นในการทดลองนี้ เป็นการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนต่อการดูดซับด้วยดินเบา ทำการศึกษาโดยใช้ปริมาณดินเบาที่ 1.0 กรัม ในการดูดซับสารละลายไซยาไนด์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน คือ 0.1, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0, 20.0 และ 30.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับพีเอชของสารละลายเป็น 8.5-9.0 ด้วยสารละลายของกรดซัลฟุริก (H_2SO_4) และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้น 1N ต่อมาใส่ดินเบา และนำสารแขวนลอยทั้งหมดไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการสัมผัส 120 นาที แยกเฉพาะส่วนของสารละลายใสออกมา จากนั้นจึงนำมาหาปริมาณไซยาไนด์ไอออนที่เหลืออยู่ ด้วย Selective ion electrode CN^-

จากการทดลอง พบว่า การดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบาที่ปริมาณ 1 กรัม ที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์แตกต่างกัน 7 ความเข้มข้น ได้ผลว่า ประสิทธิภาพของการดูดซับไซยาไนด์ไอออน (Cyanide adsorption, %) ของดินเบาที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อวัดความเข้มข้นที่เหลือหลังจากผ่านการดูดซับแล้ว ลดลงเหลือน้อยกว่า 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งเกินค่า Detection Limit ของเครื่องมือวิเคราะห์ ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนได้มากกว่า 99.00 % ในทำนองเดียวกันกับที่ความเข้มข้นไซยาไนด์ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจากผลการทดลองนี้ ถือว่า เป็นการดูดซับที่ดีมาก ในเรื่องของประสิทธิภาพการดูดซับ และที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดความเข้มข้นที่เหลือได้ 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ 93.10% (รายละเอียดประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนและความสามารถในการดูดซับแสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค-1 รายละเอียดการทดสอบประสิทธิภาพของ Electrode CN^- แสดงในภาคผนวก ฉ) จากผลการทดลองจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีความเข้มข้นของไซยาไนด์เพิ่มขึ้น ซึ่งลดลงได้ถึง 18.80% ที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 ผลของความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนต่อการดูดซับด้วยดินเบาที่ปริมาณ 1 กรัม เวลาในการสัมผัส 120 นาที pH 8.5-9.0

Initial concentration CN^- (ppm)	Final concentration CN^- (ppm)	Adsorption CN^-, %
0.10	<0.03	>99.00
0.50	<0.03	>99.00
1.00	0.07	93.10
5.00	0.75	85.00
10.00	1.00	81.00
20.00	8.62	56.90
30.00	24.35	18.80

รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา ที่ความเข้มข้นต่างๆ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองนี้ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจน ว่า ดินเบาสามารถดูดซับไซยาไนด์ไอออนได้ดีมาก เมื่อมีความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนน้อย คือ มีประสิทธิภาพในการดูดซับได้สูงถึง 99.00% ซึ่งผลการทดลองนี้ เป็นไปในทำนองเดียวกับการศึกษาของ Guo R. และคณะ (1993) ซึ่งศึกษาการดูดซับไซยาไนด์ไอออนที่มีปริมาณน้อย คือ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยถ่านกัมมันต์ ผลการศึกษาได้ว่า ถ่านกัมมันต์ สามารถดูดซับไซยาไนด์ไอออนได้ดีเมื่อใช้เวลาในการสัมผัสมากกว่า 30 ชั่วโมง และปรับพีเอชของสารละลายอยู่ในช่วง 8-9 การศึกษาในช่วงที่มีความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนต่ำนี้ เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการลด residual ที่ระดับน้อยๆ แต่ยังเกินมาตรฐานที่ยอมรับได้ของมาตรฐานน้ำดื่มของประเทศแคนาดา (Guidelines for Canadian Drinking Water Quality) ซึ่งการศึกษานี้ให้ผลในทำนองเดียวกับการศึกษานี้ คือ สามารถลดปริมาณไซยาไนด์ไอออนได้ดีและมีประสิทธิภาพสูงสุด ในช่วงที่มีความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนน้อย

ดังนั้น จากการศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับไซยาไนด์ไอออน โดยหาช่วงของความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนที่เหมาะสมในการดูดซับด้วยดินเบา ได้ผลคือ ไซยาไนด์ไอออนที่มีความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนสูงสุด มากกว่า 99.00 % แต่เนื่องจากมาตรฐานคุณภาพน้ำของ กรมควบคุมมลพิษที่ยอมรับให้มีไซยาไนด์ไอออนในแหล่งน้ำได้ คือ ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงไม่เหมาะสมที่จะเลือกมาทำการศึกษาต่อไป เนื่องจากไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เราจึงเลือกความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนที่ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุด ในเรื่องของความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนที่เหมาะสมที่สุดในการดูดซับด้วยดินเบา และใช้เป็นพารามิเตอร์ตัวต่อไปในการศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมอื่นๆ ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

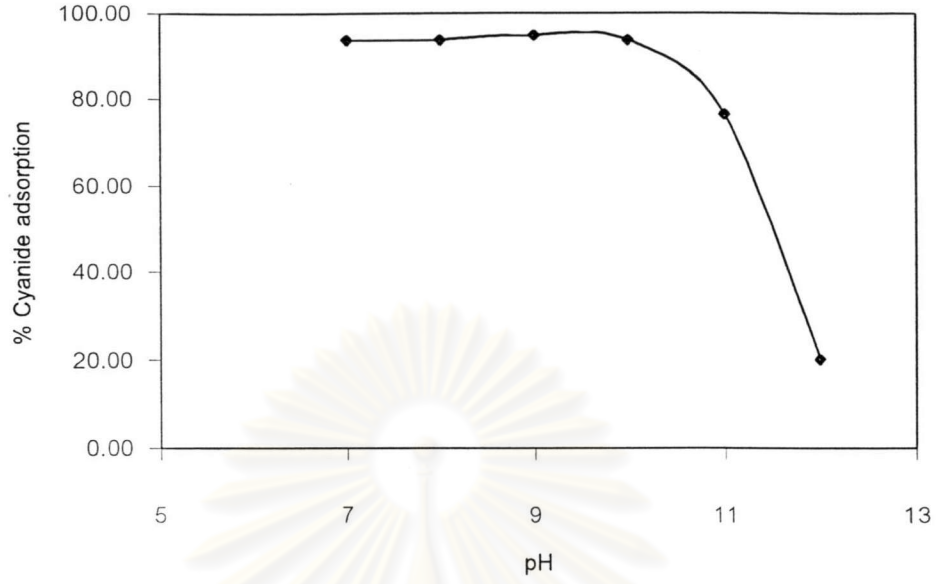
4.2.3 ผลของพีเอชของสารละลายไซยาไนด์ไอออน กับประสิทธิภาพของการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา

จากการศึกษาหาภาวะของไซยาไนด์ไอออนที่เหมาะสมต่อการดูดซับด้วยดินเบา คือ ได้ปริมาณดินเบา 1 กรัม ที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และในการศึกษาต่อไปนี้ เราทำการศึกษาผลของพีเอชของสารละลายไซยาไนด์ไอออนที่มีต่อการดูดซับด้วยดินเบา โดยทำการศึกษา โดยใช้ปริมาณดินเบาที่ 1.0 กรัม ในการดูดซับสารละลายไซยาไนด์ที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และแปรผันพีเอชของสารละลายตั้งแต่ 7-12 ด้วยสารละลายของกรดซัลฟุริก (H_2SO_4) และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้น 1N ต่อมาใส่ดินเบา และนำสารแขวนลอยทั้งหมดไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการสัมผัส 120 นาที แยกเฉพาะส่วนของสารละลายใสออกมา จากนั้นจึงนำมาหาปริมาณไซยาไนด์ไอออนที่เหลืออยู่ ด้วย Selective ion electrode CN^-

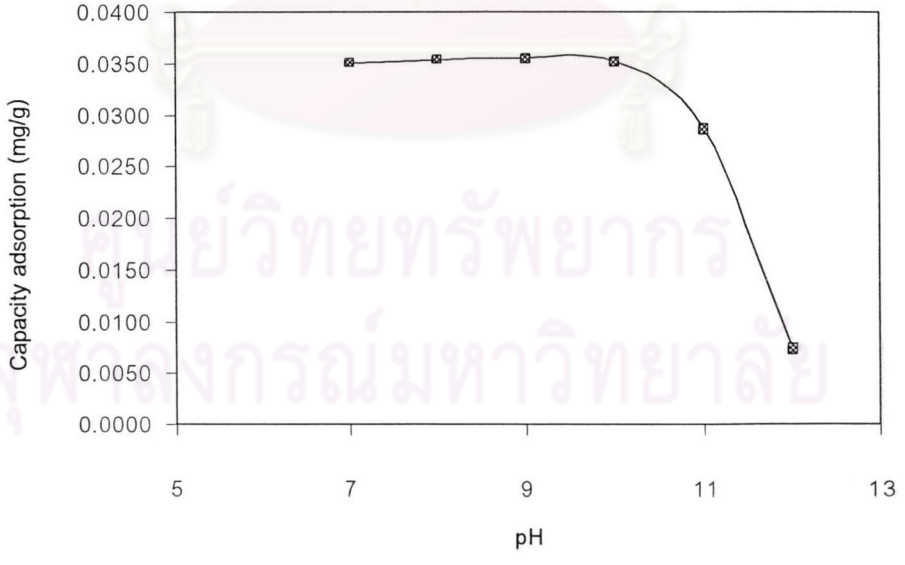
ผลการทดลองการดูดซับของไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา เมื่อมีการแปรเปลี่ยนพีเอชของสารละลายแล้ว พบว่า ที่พีเอช 7 - 10 มีประสิทธิภาพการดูดซับของไซยาไนด์ไอออน (Cyanide adsorption, %) ดังนี้ คือ 93.50%, 93.76%, 94.57% และ 93.56% ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่ามีค่าที่สูง และค่อนข้างคงที่ แต่เมื่อ พีเอชของสารละลายเป็น 11 และ 12 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ทำให้มีประสิทธิภาพการดูดซับของไซยาไนด์ไอออนลดต่ำลงเหลือ 76.53% และ 19.72% ตามลำดับ (รายละเอียดประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนและความสามารถในการดูดซับแสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค-2)ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และ 4.7

และพบว่าผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับการทดลองของ Huang และ Wu (1977) ซึ่งอธิบายในเรื่องการดูดซับของไซยาไนด์ด้วย granule activated carbon ขนาด 10 กรัมต่อลิตร มีช่วงการดูดซับเกิดขึ้นได้สูงสุด ในช่วงพีเอช 8-9 และ เป็นไปในทำนองเดียวกับการศึกษาของ Guo R. และคณะ (1993) ซึ่งศึกษา การดูดซับไซยาไนด์ไอออนที่มีปริมาณน้อย คือ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยถ่านกัมมันต์ ผลการศึกษาได้ว่า ถ่านกัมมันต์ สามารถดูดซับไซยาไนด์ไอออนได้ดีเมื่อใช้เวลาในการสัมผัสมากกว่า 30 ชั่วโมง และมี พีเอชของสารละลายอยู่ในช่วง 8-9

ดังนั้น ผลของพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับ เลือกพีเอชเท่ากับ 9 เนื่องจากที่ค่าพีเอชนี้มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา คือ ให้ค่าสูงสุด



รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา ที่พีเอชต่างๆ



รูปที่ 4.7 ความสามารถในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา ที่พีเอชต่างๆ

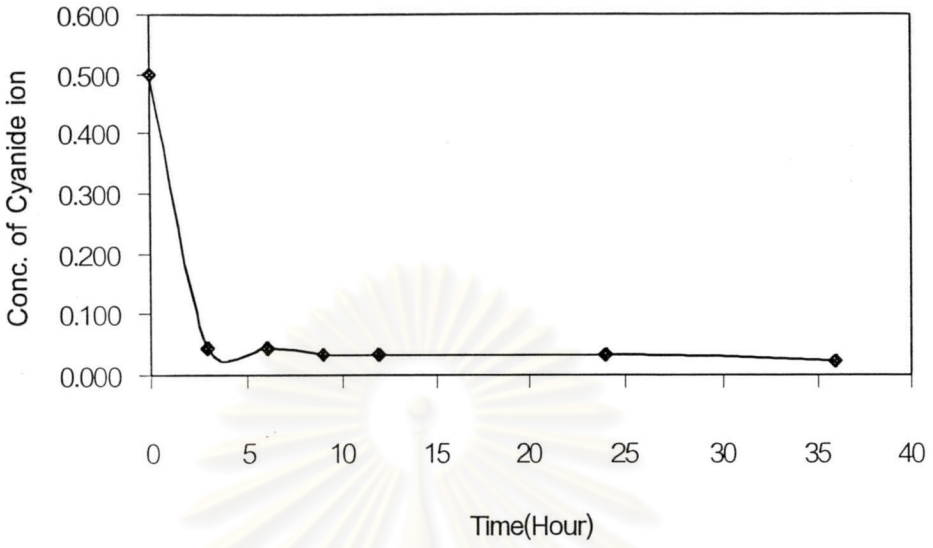
4.2.4 ผลของเวลาสัมผัส กับประสิทธิภาพของการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา

การศึกษาอิทธิพลของเวลาสัมผัสต่อการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา โดยใช้ดินเบาปริมาณ 1 กรัม ไซยาไนด์ไอออนเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับพีเอช 9 ด้วยสารละลายของกรดซัลฟุริก (H_2SO_4) และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้น 1N ต่อมาใส่ดินเบา และนำสารแขวนลอยทั้งหมดไปเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที โดยแปรผันเวลาในการสัมผัสเป็น 3, 6, 9, 12, 24 และ 36 ชั่วโมง แยกเฉพาะส่วนของสารละลายใสออกมา จากนั้นจึงนำมาหาปริมาณไซยาไนด์ไอออนที่เหลืออยู่ ด้วย Selective ion electrode CN^- ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.5 (รายละเอียดประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนและความสามารถในการดูดซับแสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค-3 รายละเอียดการทดสอบประสิทธิภาพของ Electrode CN^- แสดงในภาคผนวก ฉ)

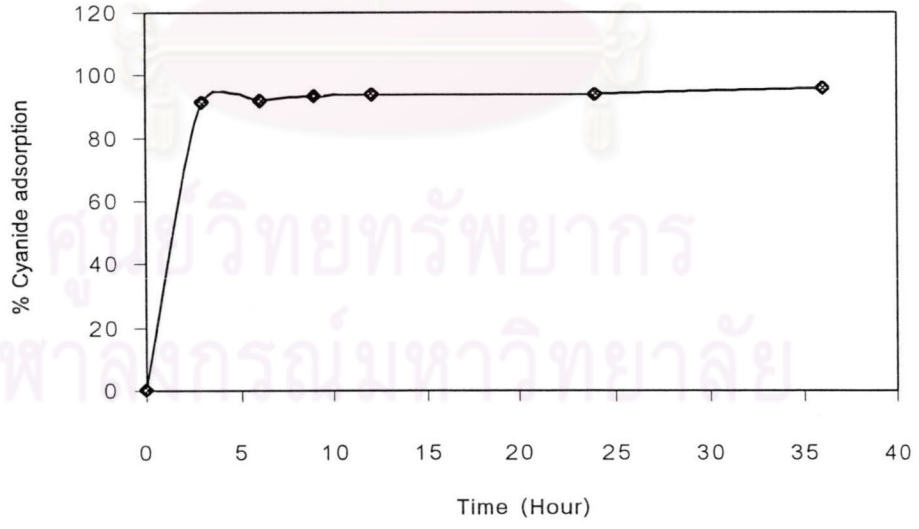
ตารางที่ 4.5 ปริมาณไซยาไนด์ไอออน หลังผ่านการดูดซับด้วยดินเบา ที่เวลาสัมผัสต่างๆ

Time (hour)	Final concentration CN^- (ppm)	Cyanide adsorption in %
0	0.50	0.00
3	0.04	91.40
6	0.04	91.60
9	0.03	93.20
12	0.03	93.60
24	0.03	93.60
36	<0.03	>99.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 ปริมาณไซยาไนด์ไอออนที่เหลืออยู่ ที่เวลาสัมผัสต่างๆ



รูปที่ 4.9 ประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา ที่เวลาสัมผัสต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการทดลอง พบว่า อัตราการดูดซับเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาสัมผัสเริ่มต้นที่ 3 ชั่วโมง สังเกตได้จากความชันของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.8 หลังจากนั้นความชันค่อนข้างคงที่เมื่อเวลาผ่านไปถึง 6 ชั่วโมง เมื่อถึงชั่วโมงที่ 9 และ 12 จากตารางที่ 4.5 พบว่าค่าของไซยาไนด์ไอออนที่เหลือมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับเวลา 3-6 ชั่วโมงก่อนหน้านี้ แต่อย่างไรก็ตาม ที่เวลาสัมผัส 24 และ 36 ชั่วโมง ปริมาณไซยาไนด์ไอออนที่เหลือค่อนข้างคงที่จากเมื่อ 9 และ 12 ชั่วโมงที่ผ่านมา จากกราฟแสดงประสิทธิภาพการดูดซับของไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา ดังแสดงในรูปที่ 4.9 เห็นได้อย่างชัดเจนว่าเวลาสัมผัสที่ 36 ชั่วโมง มีแนวโน้มสูงที่สุดเมื่อเทียบกับเวลาสัมผัสอื่นๆ และยังคงมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเวลาสัมผัสมากขึ้น

จากผลการทดลองนี้ จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพการดูดซับของไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา มีค่าอยู่ในช่วง 90-95% ซึ่งผลที่ได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Guo R. และคณะ (1993) แต่ในกรณีของ Guo R. ศึกษาการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยถ่านกัมมันต์ที่มีอนุภาคเล็กๆ และพบ Equilibrium adsorption (90-95% uptake) ที่เวลาสัมผัส 35 ชั่วโมง โดยอธิบายการดูดซับที่เกิดอย่างช้าๆนี้ว่า เนื่องจาก ไซยาไนด์ไอออนที่มีอยู่ในสารละลายต้องไปยึดเกาะที่บริเวณ active surface sites ซึ่งเป็นบริเวณที่ไซยาไนด์ไอออนจะเข้าเกาะได้ แต่เนื่องจากในสารละลายมีไอออนหลายชนิด ทำให้ไซยาไนด์ไอออนที่จะเข้าไปยึดเกาะต้องใช้เวลานาน ซึ่งในส่วนนี้ต้องใช้ตัวเร่งโดยการเพิ่มระยะเวลาการสัมผัสในสารละลายขึ้น เพื่อให้ไซยาไนด์ไอออนสามารถเข้ายึดเกาะที่ตำแหน่ง active surface sites ได้ง่ายขึ้น

ดังนั้น จากผลการทดลองที่ได้ จะเห็นว่า เวลาสัมผัสหรืออิทธิพลจากการเขย่า มีส่วนช่วยในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้ไซยาไนด์ไอออนสามารถเข้าไปยึดเกาะในบริเวณ active surface sites ได้ง่ายขึ้น สำหรับในการศึกษานี้ พบว่า ภาวะคงที่ของการดูดซับ (Equilibrium adsorption) อยู่ในช่วง 90-95% โดยจากผลการทดลองเราสรุปได้ว่า เวลาสัมผัสที่เหมาะสม คือ เริ่มต้นตั้งแต่ที่เวลา 9 ชั่วโมง เป็นต้นไป

4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดซับไซยาไนด์ไอออนระหว่างดินเบาและถ่านกัมมันต์

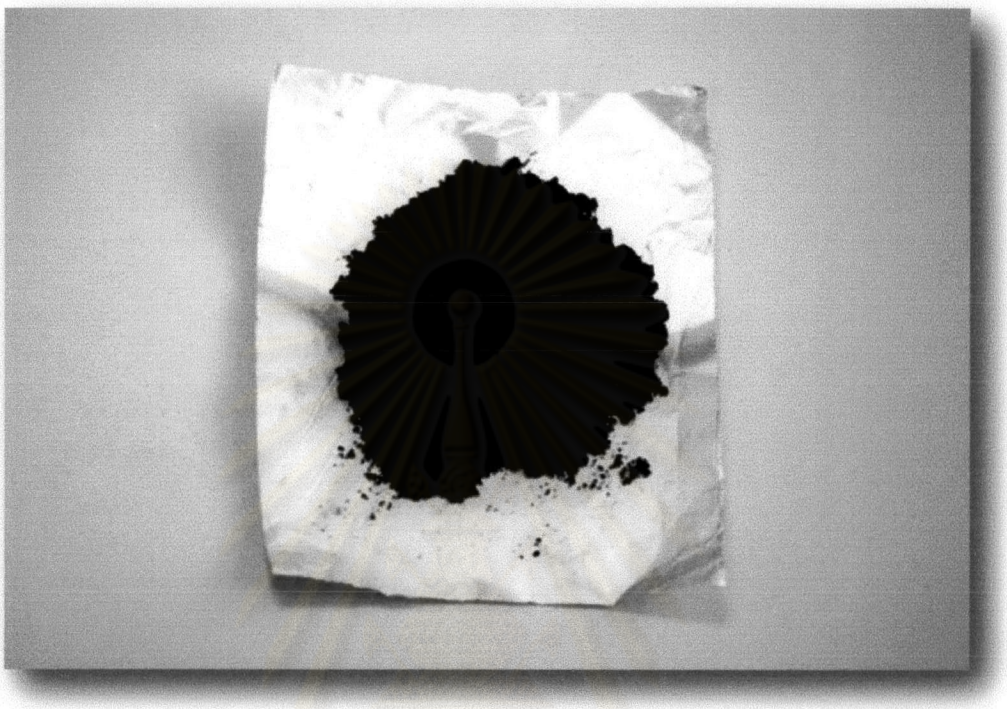
จากการศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับไซยาไนด์ไอออน พบว่า ปริมาณดินเบาที่เหมาะสมในการดูดซับเท่ากับ 1 กรัม ความเข้มข้นของสารละลายไซยาไนด์ไอออนเท่ากับ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอชของสารละลายเท่ากับ 9 และเวลาในการสัมผัสที่เหมาะสมที่ทำให้มีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุดคือ เวลาสัมผัสตั้งแต่ 9 ชั่วโมงเป็นต้นไป

ในการศึกษาต่อจากนี้ เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับระหว่างดินเบาและถ่านกัมมันต์ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซับที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากมีโครงสร้างที่เป็นรูพรุนมากมีพื้นที่ผิวสูง (ดังแสดงในตารางที่ 4.1) และถูกใช้อย่างกว้างขวางทางด้านสิ่งแวดล้อมในการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้เป็นตัวดูดซับโลหะหนักหลายชนิด เช่น ตะกั่ว ปรอท โครเมียม แคดเมียม เป็นต้น โดยถ่านกัมมันต์ที่นำมาใช้เปรียบเทียบเป็นถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติ คือ เปลือกทุเรียน และถ่านกัมมันต์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป (Filtrasorb 300) โดยรูปที่ 4.10 แสดงถ่านกัมมันต์ที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับกับดินเบา

โดยทำการศึกษาเป็น 2 ส่วนการทดลอง คือ

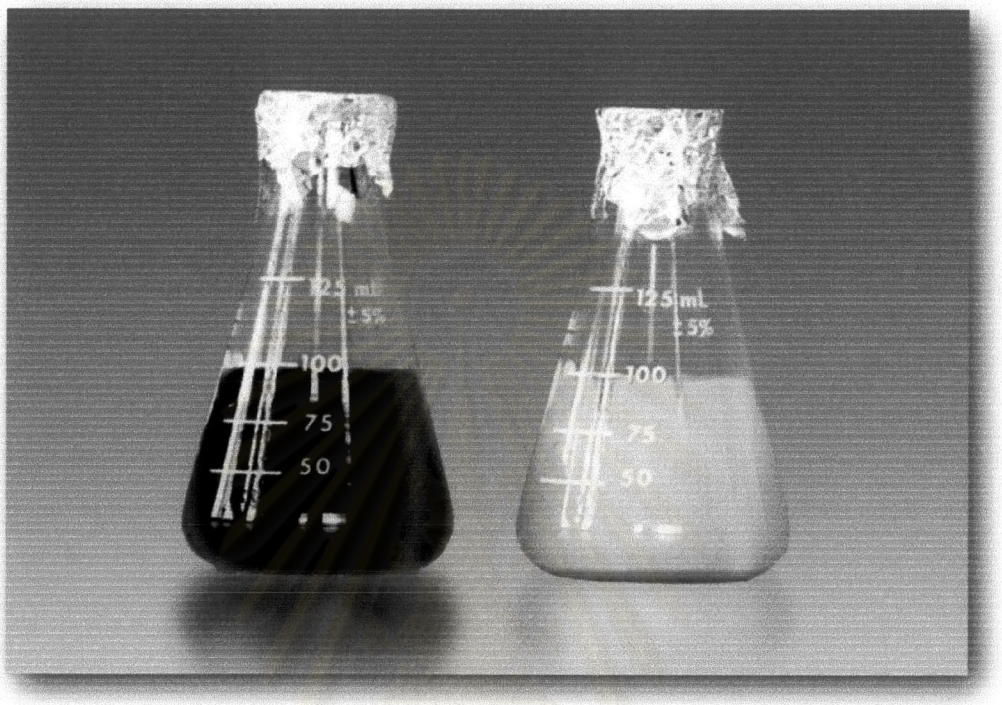
4.3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดซับไซยาไนด์ไอออน เมื่อเวลาสัมผัสต่าง ๆ

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออน ระหว่างดินเบาและถ่านกัมมันต์ อัตราส่วน 1 ต่อ 1 ที่เวลาสัมผัสต่างๆ โดยใช้สารละลายไซยาไนด์ไอออนเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับพีเอชของสารละลายเป็น 9 ด้วยสารละลายของกรดซัลฟุริก (H_2SO_4) และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้น 1N ใช้ตัวดูดซับเป็นดินเบาและถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิด ปริมาณอย่างละ 1 กรัม รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบเมื่อใช้ตัวดูดซับทั้งสองชนิดในสารละลายไซยาไนด์ไอออน และนำสารแขวนลอยทั้งหมดใส่ลงเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ที่เวลาต่างๆ คือ 1, 3, 5, 7, 9 และ 12 ชั่วโมง แยกเฉพาะส่วนของสารละลายใสออกมา จากนั้นจึงนำสารละลายใสที่ได้มาวัดหาปริมาณไซยาไนด์ไอออนที่เหลือด้วย Selective ion electrode CN^-



รูปที่ 4.10 ลักษณะของถ่านกัมมันต์

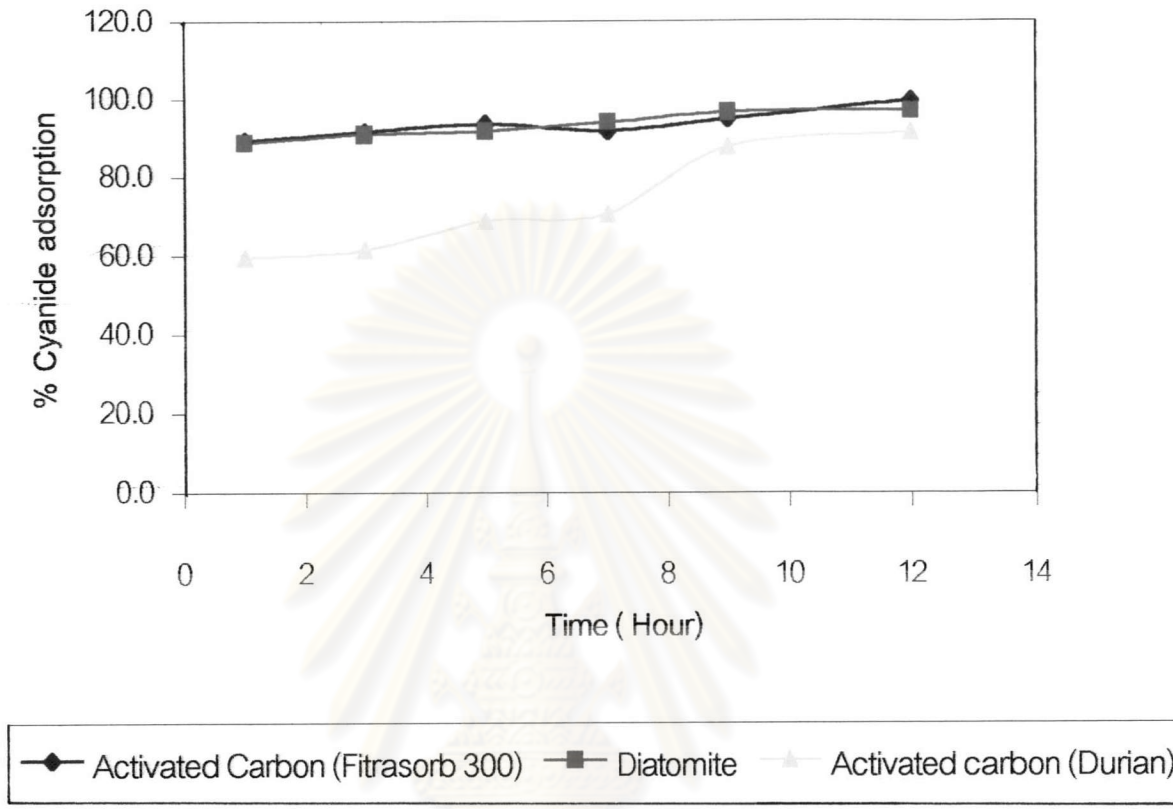
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบเมื่อใช้ตัวดูดซับระหว่างดินเบา (ขวา) และ ถ่านกัมมันต์ (ซ้าย) ในสารละลายไซยาไนด์ไอออน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการศึกษา พบว่า ที่เวลาสัมผัส 1 ชั่วโมงแรก เห็นได้อย่างชัดเจนว่าถ่านกัมมันต์ที่ทำจากเปลือกทุเรียน มีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออน (Cyanide adsorption, %) ต่ำสุด เท่ากับ 59.30% เท่านั้น ในขณะที่ประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนของดินเบาและถ่านกัมมันต์ (Filtrasorb 300) มีสูงถึง 88.70% และ 89.00% ตามลำดับ สังเกตได้ว่า เมื่อเวลาสัมผัสมากขึ้นแนวโน้มของประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนของตัวดูดซับทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มสูงขึ้น แสดงดังตารางที่ 4.6 (รายละเอียดประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนและความสามารถในการดูดซับแสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค-5 ถึง ตารางที่ ค-6) สำหรับถ่านกัมมันต์ ชนิด Filtrasorb 300 และดินเบานั้น ค่อนข้างเป็นไปในทำนองเดียวกันหรือใกล้เคียงกันมาก โดยที่ดินเบาเริ่มมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงเมื่อเวลาสัมผัส 9 ชั่วโมง สังเกตจากความชันของกราฟ รูปที่ 4.12 โดยมีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนมากกว่า 99.00 % หลังจากนั้นเมื่อเวลาสัมผัส 12 ชั่วโมง พบว่า ได้เท่ากับเมื่อเวลาสัมผัส 9 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนเริ่มเข้าสู่ภาวะคงที่ (Equilibrium adsorption) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา เมื่อแปรเปลี่ยนเวลาสัมผัส พบว่า เวลาสัมผัสที่เริ่มเข้าสู่ภาวะคงที่ของการดูดซับ พบที่เวลา 9 ชั่วโมง เป็นต้นไป สำหรับถ่านกัมมันต์ ชนิด Filtrasorb 300 เป็นถ่านกัมมันต์ชนิดที่มีจำหน่ายทั่วไปและเป็นตัวดูดซับที่ดีมาก เรานำมาทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออน พบว่าเมื่อเทียบกับดินเบาแล้วประสิทธิภาพการดูดซับทั้ง 2 ชนิด ค่อนข้างใกล้เคียงกันมากที่ช่วงเวลาสัมผัสตั้งแต่ 1-9 ชั่วโมง และเมื่อเวลาสัมผัส 12 ชั่วโมง เห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์ (Filtrasorb 300) มีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออน สูงสุด คือ มากกว่า 99.00 % และตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด คือ ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกทุเรียน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนเพียง 91.20% ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า ถ่านกัมมันต์ ชนิด Filtrasorb 300 มีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนได้มากที่สุดในจำนวนตัวดูดซับทั้งหมดที่นำมาศึกษา แต่อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่า ดินเบามีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนได้มากและใกล้เคียงกับถ่านกัมมันต์ชนิด Filtrasorb 300



รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออน ด้วยตัวดูดซับชนิดต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาเรื่องของการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยถ่านกัมมันต์ของ Guo R. และคณะ (1993) มีความสอดคล้องกับเรื่องนี้ คือ Guo พบว่า ถ่านกัมมันต์ มีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนที่มีปริมาณน้อยๆ (น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร) ได้มากที่สุด เมื่อมีเวลาสัมผัสระหว่างตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับตั้งแต่ 35 ชั่วโมงขึ้นไป โดยมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อเวลา 10 ชั่วโมง เป็นต้นไป ในขณะที่ Huang และคณะ (1977) ศึกษาในทำนองเดียวกัน โดยใช้กระบวนการในการดูดซับช้าๆ พบภาวะคงที่ของการดูดซับไซยาไนด์ไอออน (Equilibrium adsorption) เมื่อเวลาสัมผัส 24 ชั่วโมง เป็นต้นไป จะเห็นว่าการศึกษาของทั้งสองคนนี้ เป็นไปในทำนองเดียวกับที่เราศึกษาการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยถ่านกัมมันต์ ชนิด Filtrasorb 300 คือ พบว่าภาวะที่สมดุลของการดูดซับไซยาไนด์ไอออน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ในขณะที่เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพของดินเบา พบว่า ภาวะที่สมดุลของการดูดซับไซยาไนด์ไอออนของดินเบาคือ เวลา 9 ชั่วโมง

4.3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดซับไซยาไนด์ไอออน เมื่อความเข้มข้นของสารละลายไซยาไนด์ไอออนต่าง ๆ

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออน ระหว่างดินเบาและถ่านกัมมันต์ อัตราส่วน 1 ต่อ 1 เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของไซยาไนด์ไอออนต่างๆ โดยใช้สารละลายไซยาไนด์ไอออนเข้มข้น 0.5, 1.0, 5.0, 10.0, 20.0 และ 30.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับพีเอชของสารละลายเป็น 9 ด้วยสารละลายของกรดซัลฟุริก (H_2SO_4) และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้น 1N ใช้ตัวดูดซับเป็นดินเบาและถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิด ปริมาณอย่างละ 1 กรัม และนำสารแขวนลอยทั้งหมดใส่ลงเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ที่เวลาสัมผัส 120 นาที แยกเฉพาะส่วนของสารละลายใสออกมา จากนั้นจึงนำสารละลายใสที่ได้มาวัดหาปริมาณไซยาไนด์ไอออนที่เหลือด้วย Selective ion electrode CN^-

จากผลการทดลองในส่วนที่ 1 พบว่า ดินเบาและถ่านกัมมันต์ ชนิด Filtrasorb 300 มีประสิทธิภาพในการดูดซับค่อนข้างใกล้เคียงกันมากกว่า เมื่อเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกทุเรียน ดังนั้น ในการทดลองส่วนนี้ เราจึงนำ ถ่านกัมมันต์ ชนิด Filtrasorb 300 เท่านั้นมาทำการศึกษาเปรียบเทียบ เพื่อหาความเข้มข้นที่เกิดภาวะสมดุล (Equilibrium adsorption) ของตัวดูดซับทั้งสองชนิด

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนระหว่างดินเบาและ ถ่านกัมมันต์ชนิด Filtrasorb 300 และ ผลิตจากเปลือกทุเรียน เมื่อเวลาสัมผัสต่างๆ

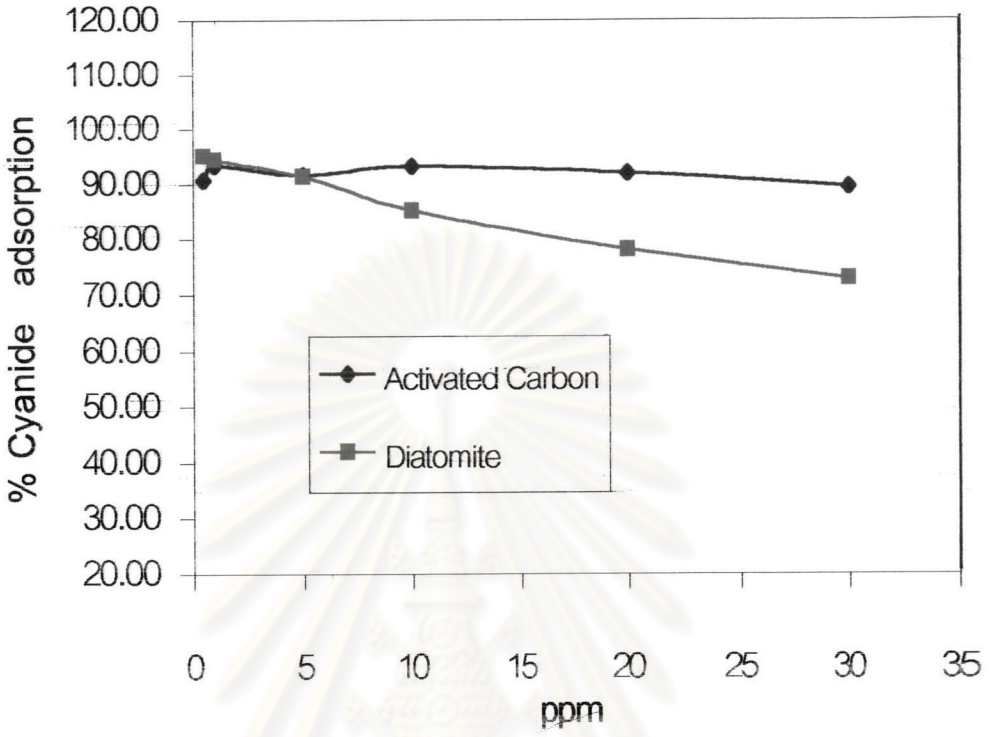
Time (Hour)	Cyanide adsorption in %		
	Activated carbon (Filtrasorb 300)	Activated carbon (Durian)	Diatomite
1	89.00	59.30	88.70
3	91.40	61.10	90.70
5	93.40	68.50	91.50
7	91.60	70.40	93.80
9	94.60	87.50	>99.00
12	99.40	91.20	>99.00

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนระหว่างดินเบาและ ถ่านกัมมันต์ชนิด Filtrasorb 300 เมื่อความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนต่างๆ

Initial Concentration of cyanide ion (ppm)	Cyanide adsorption in %	
	Activated carbon	Diatomite
0.50	90.60	95.00
1.00	93.20	94.20
5.00	91.52	91.26
10.00	93.06	85.07
20.00	91.86	78.08
30.00	89.30	72.74

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนระหว่างดินเบาและถ่านกัมมันต์ พบว่า ประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออน (Cyanide adsorption, %) ของดินเบาที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีสูงถึง 95.00% และ 94.20% ตามลำดับ ในขณะที่ ประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออน (Cyanide adsorption, %) ของถ่านกัมมันต์ เริ่มต้นเพียง 90.60% และ 93.20% ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นเท่าๆกัน จะเห็นว่า ดินเบา มีประสิทธิภาพในการดูดซับที่ความเข้มข้นน้อยๆ ได้สูงกว่าของถ่านกัมมันต์ เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของไซยาไนด์ไอออน เป็น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เห็นได้อย่างชัดเจน จากรูปที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนของตัวดูดซับทั้งสองชนิดมีค่าค่อนข้างเท่ากันพอดี คือ ดินเบามีประสิทธิภาพ เท่ากับ 91.26% และถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 91.52% แต่เมื่อความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนสูงขึ้น จากรูปที่ 4.13 จะเห็นว่า กราฟประสิทธิภาพของการดูดซับไซยาไนด์ไอออนของดินเบามีแนวโน้มที่ลดลง สำหรับกราฟประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนของถ่านกัมมันต์มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ คือ มีการลดลงอย่างช้าๆ ดังนั้น ภาพรวมแล้วจากกราฟจะเห็นว่า เมื่อความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนสูงขึ้น ประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยถ่านกัมมันต์ดีกว่าประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา แต่อย่างไรก็ตาม ที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนต่ำ ดินเบาและถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพการดูดซับใกล้เคียงกัน ค่าของประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนระหว่างดินเบาและถ่านกัมมันต์ แสดงดังตารางที่ 4.7 (รายละเอียดประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนและความสามารถในการดูดซับแสดงในภาคผนวก ค ตารางที่ ค-7)

ดังนั้น ผลการศึกษาภาวะที่สมดุลของการดูดซับไซยาไนด์ไอออน (Equilibrium adsorption) ด้วยดินเบา พบที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจาก เมื่อมีความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนมากกว่านี้ ประสิทธิภาพของการดูดซับไซยาไนด์ไอออนจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด สำหรับภาวะที่สมดุลของการดูดซับไซยาไนด์ไอออน (Equilibrium adsorption) ด้วยถ่านกัมมันต์ พบที่ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากเป็นความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนที่ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยถ่านกัมมันต์สูงที่สุด อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาทั้งสองส่วน พบว่า ประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา และ ถ่านกัมมันต์ ชนิด Filtrasorb 300 มีผลค่อนข้างใกล้เคียงและมีแนวโน้มในทำนองเดียวกัน คือ มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาสัมผัส



รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออน ระหว่างดินเบาและถ่านกัมมันต์ ชนิด Filtrasorb 300 เมื่อความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การใช้ดินเบาในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนจากน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ไอออนปนเปื้อนจริง

จากการศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับไซยาไนด์ไอออน พบว่า ดินเบามีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนสูง โดยเฉลี่ยประมาณ 80-95% (Cyanide uptake) ซึ่งจากผลการศึกษาที่ได้ เราทำการศึกษาจากน้ำเสียสังเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นในส่วนของการศึกษาต่อจากนี้เป็นการศึกษาการดูดซับด้วยดินเบาโดยนำน้ำเสียจริงที่มีการปนเปื้อนไซยาไนด์ จากโรงงานผลิตซิปวายเค เค (ประเทศไทย) จำกัด ต.บางปูใหม่ อ. เมือง จ. สมุทรปราการ ซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากกระบวนการชุบโลหะและมีไซยาไนด์เป็นองค์ประกอบในการทำการชุบโลหะ

ในช่วงแรกของการทดลองเมื่อนำน้ำเสียจากโรงงานมาแล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณไซยาไนด์ไอออนที่มีอยู่เดิมในน้ำเสียเริ่มต้น โดยนำมาวัดหาปริมาณไซยาไนด์ไอออนด้วย Selective ion electrode CN^- ผลที่ได้ คือ มีปริมาณไซยาไนด์ไอออนเริ่มต้นเท่ากับ 50.3 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดค่าพีเอชได้เท่ากับ 11 จากนั้นนำน้ำเสียปริมาตร 100 มิลลิลิตร มาทำการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา ปรับคุณภาพน้ำให้มีภาวะตามผลที่ได้จากการทดลองของน้ำเสียสังเคราะห์ โดยปรับน้ำเสียให้มีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 9.0 ใช้ดินเบาเป็นตัวดูดซับปริมาณ 1 กรัม โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำเสียเป็น 1.0, 5.0, 10.0, 30.0 และ 50.0 มิลลิกรัมต่อลิตร นำมาเขย่าที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 9 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นแยกสารละลายใสออกมาแล้วมาหาปริมาณไซยาไนด์ไอออนที่เหลือด้วย Selective ion electrode CN^- ทำการทดลองเช่นเดียวกันนี้แต่ใช้ตัวดูดซับเป็นถ่านกัมมันต์ ชนิด Filtrasorb 300 เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับ

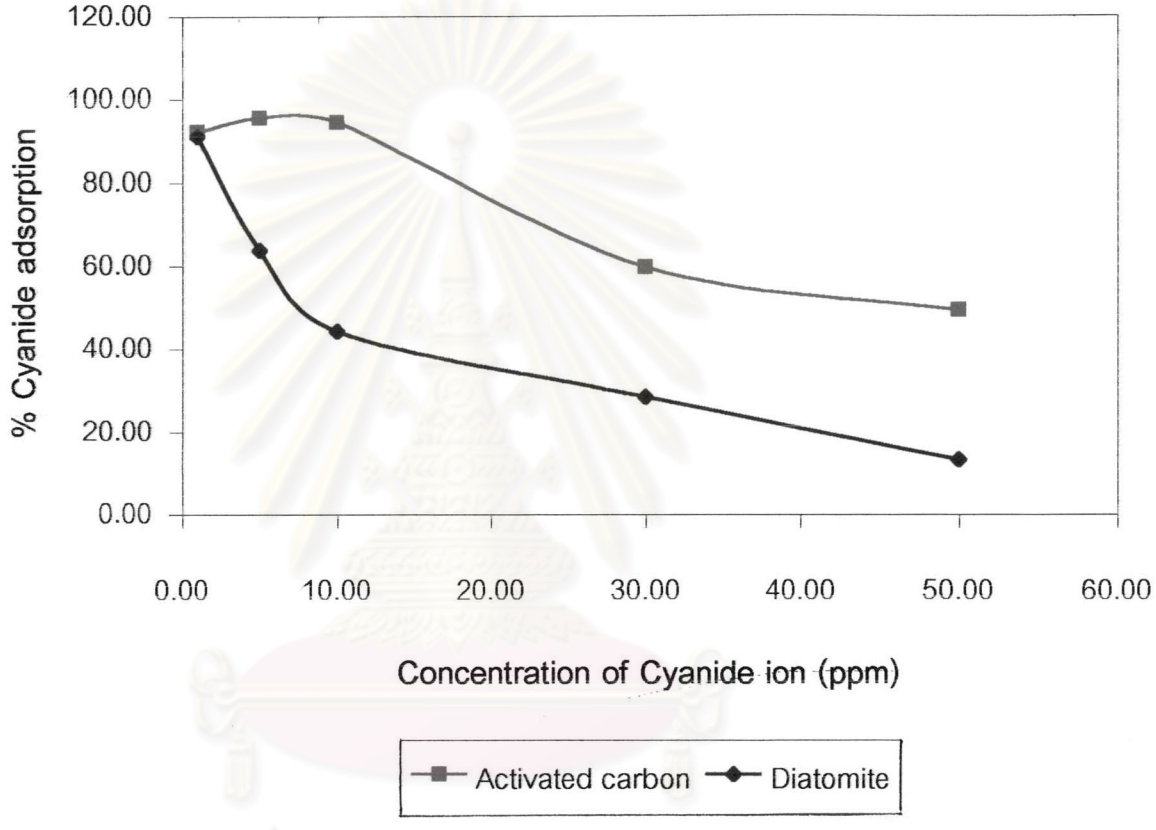
ผลการทดลองการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบา ในน้ำเสียจริงที่มีความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนเริ่มต้นเท่ากับ 50.3 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากเมื่อทำการทดลองโดยใช้ดินเบาเป็นตัวดูดซับ และปรับคุณสมบัติของน้ำเสียตามผลที่ได้จากการทดลองของน้ำเสียสังเคราะห์ น้ำเสียที่มีไซยาไนด์ไอออนปนเปื้อนจริงมีไซยาไนด์ไอออนเหลือดังผลในตารางที่ 4.8 รวมทั้งแสดงประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออน (Cyanide adsorption, %) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างใช้ถ่านกัมมันต์ ชนิด Filtrasorb 300 และดินเบาเป็นตัวดูดซับ

ตารางที่ 4.8 ความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนที่เหลือหลังจากใช้ถ่านกัมมันต์ ชนิด Filtrasorb 300 และ ดินเบาเป็นตัวดูดซับ และประสิทธิภาพในการดูดซับของไซยาไนด์ไอออน

Initial concentration CN^- (ppm)	Final concentration CN^- (ppm)		Adsorption CN^-, %	
	Activated carbon	*Diatomite*	*Activated carbon*	*Diatomite*
1.00	0.08	0.09	92.00	91.00
5.00	0.23	1.82	95.40	63.60
10.00	0.56	5.59	94.40	44.10
30.00	12.11	21.52	59.60	28.27
50.00	25.44	43.46	49.10	13.10

ทั้งนี้ จากผลการทดลองที่ได้มีผลค่อนข้างใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการใช้น้ำเสียสังเคราะห์ในการดูดซับด้วยดินเบา คือ เมื่อมีความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนมาก ประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบาจะลดต่ำลง และตัวอย่างน้ำเสียที่ปนเปื้อนไซยาไนด์ไอออนที่นำมาศึกษานี้มีความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออน สูงถึง 50.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นจากผลที่ได้ จะเห็นว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบาค่อนข้างต่ำ คือมีไม่ถึง 50.00% เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของไซยาไนด์ไอออนเป็น 10.0, 30.0 และ 50.0 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อมีความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนเป็น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าไซยาไนด์ไอออนที่เหลือหลังจากผ่านการดูดซับด้วยดินเบาแล้วเหลือเพียง 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับของไซยาไนด์ไอออนด้วยดินเบามีถึง 91.00% ในขณะที่เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์ซึ่งเป็นตัวดูดซับที่ดีที่สุด แต่ผลการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ได้ให้ผลไม่แตกต่างกับดินเบามากนัก คือ เมื่อมีความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนสูงเป็น 30.0 และ 50.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนก็ยังต่ำกว่า 60.00% เช่นเดียวกัน ประสิทธิภาพการดูดซับของไซยาไนด์ไอออนของทั้ง 2 ชนิด คือถ่านกัมมันต์และดินเบาแสดงดังรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 ประสิทธิภาพการดูดซับไซยาไนด์ไอออนระหว่างถ่านกัมมันต์ชนิด Filtrasorb 300 และ ดินเบา ในน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ไอออนปนเปื้อนจริง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ความเข้มข้นที่ดีที่สุดที่ถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนสูงสุด คือ ที่ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ ดินเบามีประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนสูงสุด ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ซึ่งเป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และในส่วนของความเข้มข้นอื่นที่ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับไซยาไนด์ไอออนของดินเบามีค่าต่ำกว่าของถ่านกัมมันต์ อาจเนื่องจากกระบวนการชุบโลหะมีส่วนประกอบของสารเคมีหลายชนิด และมีโลหะหนักชนิดอื่นปนอยู่ด้วย ดังนั้นจึงมีไอออนโลหะประจุบวกและประจุลบอยู่มากมาย ซึ่งสามารถเข้าแทรกในกระบวนการดูดซับของดินเบาได้ทำให้อนุมูลอิสระของไซยาไนด์ไอออนไม่สามารถเข้าไปแทนที่ในพื้นที่ของตัวดูดซับได้เต็มที่ ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับด้วยดินเบาน้อยกว่าประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ ซึ่งกลไกในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ จะมีด้วยกัน 2 ระยะ คือ ระยะแรก โมเลกุลของสิ่งสกปรกจะเคลื่อนที่ไปเกาะอยู่รอบนอกของเม็ดถ่าน และระยะที่สองโมเลกุลของสิ่งสกปรกจะฟุ้งกระจาย (Diffusion) เข้าไปในรูของเม็ดถ่าน ซึ่งอัตราการดูดซับนี้จะแปรผกผันกับกำลังสองของเส้นผ่าศูนย์กลางของโมเลกุล และจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสิ่งสกปรกในน้ำเสีย จะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักโมเลกุล นอกจากนี้ยังแปรผันตามกำลังสองของเวลาสัมผัสระหว่างโมเลกุลของสิ่งสกปรกกับถ่าน (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2525)

จากผลการทดลองนี้ทำให้เราสามารถนำผลที่ได้นี้มาประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ไอออนปนเปื้อนโดยใช้ปริมาณดินเบาที่ทำการดูดซับไซยาไนด์ไอออนในการทดลองนี้ เพียง 1.0 กรัม สามารถดูดซับไซยาไนด์ไอออนที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ถึง 91.00% ดังนั้นเมื่อจะใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของไซยาไนด์ไอออนที่มากกว่านี้สามารถเพิ่มปริมาณดินเบาที่มากกว่านี้ได้ตามความเหมาะสม อีกทั้ง ดินเบาเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในประเทศไทยและมีราคาถูก เป็นการลดต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ไอออนปนเปื้อนได้อย่างมากอีกด้วย