03 ต.ค. 2555

รายงานการวิจัย

การกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ ด้วยถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น

Removal of Iron and Total Hardness in Water with Activated Carbon and Resin

นางสาวกัลยา อีนหมัน

นางสาวสิรินภัส สุวรรณคีรี

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

2555

ใบรับรองการวิจัยสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

เรื่อง การกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ ด้วยถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น

Removal of Iron and Total Hardness in Water with Activated Carbon and Resin

ผู้วิจัย นางสาวกัลยา อีนหมัน รหัส 514273002

นางสาวสิรินภัส สุวรรณคีรี รหัส 514273017

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ

(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(นางสาวนัดดา โปดำ)

.....กรรมการ

(นางสาวหิรัญวดี สุวิบูรณ์)

.....กรรมการ

(นายกมลนาวิน อินทนุจิตร)

.....กรรมการ

(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองแล้ว

.....

(ดร.พิพัฒน์ ลิมปนะพิทยาธร)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชื่อการวิจัย การกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ ด้วยถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น

ชื่อผู้วิจัย นางสาวกัลยา อีนหมัน
นางสาวสิรินภัส สุวรรณคีรี

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2555
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ ค่า pH และระยะเวลาสัมผัส ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้น้ำสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของเหล็ก 2 mg/L และความกระด้างทั้งหมด 1,000 mg/L โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ทำจากกะลามะพร้าวและสารกรองเรซิ่น ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดคือ ค่า pH 7 และเวลาสัมผัส 90 นาที ซึ่งที่สภาวะดังกล่าวประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมด ร้อยละ 85 และ 60 ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาสัมผัสเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย สารกรองที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำพบว่าใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับสารกรองเรซิ่นดีกว่าใช้สารกรองเรซิ่นหรือถ่านกัมมันต์เพียงอย่างเดียว

112310

Title Removal of Iron and Total Hardness in Water with Activated Carbon and Resin

Author Kanlaya Aeanmun

Sirinapat Suwankheeree

Program Bachelor of Science

Major Environmental Science (Environmental Technology)

Academic Year 2012

Advisor Dr.Sucheewan Yoyrurob

Abstract

This research was to study the suitable condition and the removal efficiency of iron and total hardness in water. The suitable conditions were pH and contact time. The study used synthesis water which iron concentration was 2 mg/L and total hardness was 1,000 mg/L. Filter material were activated carbon from coconut shell and resin. The results show that, the suitable conditions for the removal of iron and total hardness were pH 7 and contact time 90 minutes with removal efficiency of iron and total hardness 85 and 60 respectively. Therefore contact time increase, the removal efficiency of iron and total hardness were increases. Appropriate filter material for the removal of iron and total hardness in water were activated carbon with resin

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาการวิจัยสิ่งแวดล้อม (4064902) รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบที่ได้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ซึ่งให้คำแนะนำปรึกษาในการดำเนินการทดลองอีกทั้งคอยให้คำแนะนำเพิ่มเติม และอ่านแก้ไขข้อบกพร่องในรายงานวิจัยเพื่อปรับปรุงให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นตลอดจนเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่าน ทุกภาควิชาที่ได้ถ่ายทอดความรู้ ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยครั้งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญกมล ขุนพิทักษ์ อาจารย์นัดดา โปดำ อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์และอาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตรที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ในการทำวิจัยเสมอมา

ขอขอบพระคุณ โปรแกรมวิชาเคมี ที่อำนวยความสะดวกในด้านสถานที่และอุปกรณ์ในการทำงานวิจัย ตลอดจนขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ที่มีส่วนช่วยเหลือให้การทำงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

และสุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และมีส่วนช่วยเหลืองานวิจัยในครั้งนี้ทุกภาคส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่พึงได้จากงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้มอบเป็นรางวัลแห่งความภาคภูมิใจแด่ บิดา มารดาและคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาตลอด

นางสาวกัลยา อีนหมัน
นางสาวสิรินภัส สุวรรณคีรี
26 ธันวาคม 2555

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและสาเหตุของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ตัวแปร	2
1.4 สมมุติฐาน	2
1.5 ขอบเขตการศึกษา	2
1.6 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.8 ระยะเวลาทำการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ถ่านกัมมันต์	4
2.2 สารกรองเรซิ่น	6
2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ	7
2.4 คุณสมบัติของน้ำดิบ	10
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 16

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและวิธีการทดลอง 16

บทที่ 4 ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ

4.1.1 สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็ก 20

4.1.2 สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด 23

4.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดโดยใช้ถ่านกัมมันต์และเรซิ่น

4.2.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก 25

4.2.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด 28

บทที่ 5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 31

5.2 ข้อเสนอแนะ 32

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก วิธีการทดลอง

ภาคผนวก ข ภาพประกอบการวิจัย

ภาคผนวก ค แบบเสนอโครงการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 pH_0 ของสินแร่ที่ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับธรรมชาติ 8
2.2 ระดับความกระด้าง 11
2.3 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค 13
3.1 ส่วนประกอบของน้ำสังเคราะห์ 17
3.2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำสังเคราะห์ 17

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ถ่านกัมมันต์ 5
2.2 สารกรองเรซิ่น 6
2.3 การจับของตัวดูดซับที่มีประจุบวกกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับที่มีประจุลบ 9
2.4 การจับของตัวดูดซับที่มีประจุลบกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับที่มีประจุบวก 9
3.1 ชุดเครื่องกรองน้ำ
ภาพที่ 1 ใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียว 18
ภาพที่ 2 ใช้สารกรองเรซิ่นอย่างเดียว 19
ภาพที่ 3 ใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับสารกรองเรซิ่น 19
4.1 การใช้ถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการกำจัดเหล็ก 22
4.2 การใช้ถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด 24
4.3 ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการกำจัดเหล็ก 27
4.4 ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด 29

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

น้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ สัตว์ และ พืช โดยเฉพาะมนุษย์ได้มีการนำน้ำมาใช้หลายรูปแบบ เช่น การอุปโภค บริโภค การเกษตรและอุตสาหกรรม ในชนบทแหล่งน้ำใต้ดินที่นำมาบริโภคส่วนใหญ่เป็นบ่อขุดระดับตื้น ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่มีอยู่ตามธรรมชาติ โดยมักเป็นบ่อที่ขุดโดยใช้แรงงานคน มีความลึกไม่มากนัก และมักอยู่ใกล้ๆบ้านเรือนหรือชุมชนและพบว่าประชาชนในชนบท ร้อยละ 95.3 นิยมการบริโภคน้ำจากบ่อตื้น และเป็นน้ำที่ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาก่อน (เกรียงศักดิ์, 2549) สำหรับน้ำบ่อตื้นในประเทศไทยหลายพื้นที่ที่มีลักษณะใส และดูน่าดื่ม แต่ความใสของน้ำไม่ได้บ่งบอกว่าน้ำสะอาด หรือปลอดภัยสำหรับน้ำดื่ม

สำหรับภาคใต้ของประเทศไทยประชาชนยังนิยมการบริโภคหรืออุปโภคน้ำบ่อตื้น เนื่องจากมีความสะดวกในการจัดหาและค่าใช้จ่ายน้อย แต่ในทางกลับกันน้ำบ่อตื้นก็ยังคงมีอันตรายต่อสุขภาพ เนื่องจากน้ำมีความกระด้างซึ่งเกิดจากแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่มาก หากดื่มน้ำที่มีความกระด้างสูงอาจทำให้เกิดโรคนิ่ว นอกจากนี้น้ำบ่อตื้นส่วนใหญ่จะมีสนิมเหล็กอยู่ค่อนข้างสูง แม้ว่าเหล็กเป็นธาตุอาหารของมนุษย์เพราะช่วยทำให้เม็ดเลือดมีสีแดง แต่ถ้าร่างกายได้รับเหล็กมากเกินไปและไม่สามารถขับถ่ายออกได้หมด เหล็กจะถูกสะสมไว้ที่ตับ ทำให้เป็นโรคเกี่ยวกับตับได้ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการดูดซับเหล็กและความกระด้างและนำถ่านกัมมันต์และเรซิ่นมาประยุกต์ใช้ในเครื่องกรองน้ำเพื่อให้น้ำมีคุณภาพที่ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ
3. พัฒนาเครื่องกรองน้ำโดยใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น

1.3 ตัวแปร

การกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ ด้วยถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น มีตัวแปรที่สำคัญดังนี้

ตัวแปรต้น : สารดูดซับ ได้แก่ ถ่านกัมมันต์และเรซิ่น, สภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ pH, ระยะเวลาสัมผัส

ตัวแปรตาม : ปริมาณเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์

ตัวแปรควบคุม : คุณภาพน้ำสังเคราะห์

1.4 สมมติฐาน

ในสภาวะที่เหมาะสมถ่านกัมมันต์และเรซิ่นมีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดได้มากกว่าร้อยละ 80

1.5 ขอบเขตการศึกษา

1. สุ่มตัวอย่างน้ำสังเคราะห์ที่มีเหล็กและความกระด้างทั้งหมด เพื่อใช้ในงานวิจัย

2. งานวิจัยนี้เป็นการทดลองการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดจากน้ำสังเคราะห์ด้วยถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่นในระดับห้องปฏิบัติการ (Laboratory scale) โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์ โดยดำเนินการศึกษา 2 พารามิเตอร์ ได้แก่

   2.1 ค่า pH ที่เหมาะสม

   2.2 เวลาสัมผัสที่เหมาะสม

3. ศึกษาประสิทธิภาพของการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์ โดยวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กโดยใช้วิธีวิเคราะห์เหล็ก ด้วยวิธี ฟีแนนโทรลีนและวิธีวิเคราะห์ความกระด้างทั้งหมด ด้วยวิธีการไตเตรตด้วยอีดีทีเอ (EDTA Titrimetric Method)

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

น้ำสังเคราะห์ หมายถึง น้ำที่ผู้วิจัยจัดเตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการโดยมีส่วนประกอบของเหล็กและความกระด้าง ซึ่งน้ำสังเคราะห์จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำจากแหล่งน้ำบ่อตื้น

ถ่านกัมมันต์ (activated carbon)หมายถึง ถ่านที่ทำจากกะลามะพร้าวเป็นถ่านที่มีสมบัติพิเศษเนื่องจากมีขนาด = 12-40 mesh มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 1,000-1,100 ตารางเมตรต่อกรัม Iodine Number = 950 mg/g, moisture = 3%, ash =3.4%, pH =10.4, Hardness =99.4%

สารกรองเรซิ่น หมายถึง สารกรองที่ทำมาจาก Polystyrene Sulphonate มีลักษณะเป็นเม็ดทรงกลมขนาดเล็กสีเหลือง มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม Iodine Number = 250 mg/g

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมดของถ่านกัมมันต์และเรซิ่น

2. ทราบถึงประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมด

3. เป็นแนวทางในการนำถ่านกัมมันต์และเรซิ่นมาประยุกต์ใช้ในเครื่องกรองน้ำต่อไป

1.8 ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย

การศึกษาการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดจากน้ำสังเคราะห์ ด้วยถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น ได้เริ่มต้นทำการศึกษามาตั้งแต่เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2554 จนถึงเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ มีชื่อภาษาอังกฤษว่า แอคทิฟคาร์บอน (active carbon) หรือ แอกทิเวตเทต คาร์บอน (activated carbon) เป็นถ่านที่มีสมบัติพิเศษที่ได้รับการเพิ่มคุณภาพหรือประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการใช้เทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีสมบัติหรืออำนาจในการดูดซับสูง เนื่องจากมีรูพรุนขนาดเล็กเกิดขึ้นจำนวนมาก ความพรุนของก้อนถ่านจะมีค่าตั้งแต่ 1,000-1,100 ตารางเมตรต่อกรัม

การผลิตถ่านกัมมันต์โดยทั่วไป แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่านโดยทั่วไปมักใช้วิธีเผาที่ไม่มีอากาศเพื่อไม่ให้วัตถุดิบกลายเป็นเถ้า ซึ่งอุณหภูมิในการเผาประมาณ 200 – 400 องศาเซลเซียส และขั้นตอนการนำถ่านไปเพิ่มคุณภาพด้วยเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ ที่เรียกว่าการกระตุ้น (activation) แบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ การกระตุ้นทางเคมี และการกระตุ้นทางกายภาพ

1. การกระตุ้นทางเคมี เป็นการกระตุ้นด้วยการใช้สารเคมี เช่น แคลเซียมคลอไรด์ สังกะสีคลอไรด์ กรดฟอสฟอริก เป็นต้น ซึ่งสามารถแทรกซึมได้ทั่วถึง ทำให้ส่วนที่ไม่บริสุทธิ์ละลายหมดไปได้เร็วขึ้นจากนั้นนำ ไปเผาในถังที่มีออกซิเจนเป็นเวลาหลายชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิเผาประมาณ 600 - 700 องศาเซลเซียส แต่มีข้อเสียตรงที่ต้องล้างสารเคมีที่ใช้ในการกระตุ้น ซึ่งติดมากับถ่านกัมมันต์ออกให้หมดไม่ให้เหลือตกค้างอยู่เลย เพื่อความปลอดภัยในการนำไปใช้งาน

2. การกระตุ้นทางกายภาพ เป็นการกระตุ้นด้วยการใช้แก๊สหรือไอน้ำ ซึ่งใช้อุณหภูมิในการเผากระตุ้นค่อนข้างสูงประมาณ 800-1000 องศาเซลเซียส

2.1.1 ชนิดของถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ สามารถแบ่งออกไดเป็น 2 ประเภท คือ

1) ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Powder activated carbon หรือ PAC) เป็นการเติมผงถ่านกัมมันต์อาจจะทำพร้อมกับการเติมโคแอกกูแลนต์ก็ได้ ถ่านกัมมันต์จะรวมตัวอยู่กับตะกอนแขวนลอยในน้ำกลายเป็นฟลอคซึ่งสามารถแยกออกจากน้ำได้โดยการตกตะกอนหรือการกรอง ด้วยเหตุนี้ผงถ่านกัมมันต์จึงนิยมเติมก่อนกระบวนการตกตะกอนหรือกระบวนการกรองน้ำ ในกรณีที่น้ำมีสีและความขุ่นต่ำ อาจแก้ไขโดยการเติมผงถ่านกัมมันต์ประมาณ 5-20 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วกรองออกด้วยเครื่องกรองน้ำ

2) ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด (Granular activated carbon หรือ GAC) ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของเม็ดทรายกรองน้ำ (ดังภาพที่ 2.1) แต่เปราะและเบากว่าทรายกรองน้ำ ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดสามารถบรรจุในถังแล้วให้น้ำไหลผ่านในลักษณะที่คล้ายกับการกรองน้ำ ซึ่งสามารถกำจัดน้ำที่มีสีและบีโอดีในน้ำเสียที่ไหลผ่านได้ดีโดยน้ำเสียจะไหลผ่านชั้นถ่านกัมมันต์ด้วยอัตราความเร็วประมาณ 5-10 เมตรต่อชั่วโมง เวลาสัมผัสระหว่างน้ำเสียกับถ่านกัมมันต์จะอยู่ในช่วง 10-30 นาที น้ำเสียที่จะเข้าถังถ่านกัมมันต์ต้องกำจัดตะกอนแขวนลอยออกให้มากที่สุดก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้อำนาจการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ลดลงเนื่องจากถูกอุดตันเร็วเกินไป ในทางปฏิบัติที่เป็นไปได้มักใช้ถังถ่านกัมมันต์เป็นวิธีกำจัดสีที่ตกค้างมาจากกระบวนการอื่นๆ เช่น อาจมีกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางชีววิทยากำจัดน้ำเสียก่อน จากนั้นจึงมีถังถ่านกัมมันต์กำจัดน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวมาแล้ว เป็นต้น ด้วยวิธีดังกล่าวถังถ่านกัมมันต์จึงรับภาระน้อยลง ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ใช้และเสื่อมสภาพแล้วสามารถนำไปทำรีเจนเนอเรชั่นและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ข้อดีนี้ถือเป็นข้อดีประการหนึ่งของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด แต่อย่างไรก็ตามการฟื้นฟูสภาพต้องเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงมาก ทำให้ถ่านกัมมันต์บางส่วนป่นกลายเป็นผงละเอียดจนใช้การไม่ได้

ภาพที่ 2.1 ถ่านกัมมันต์

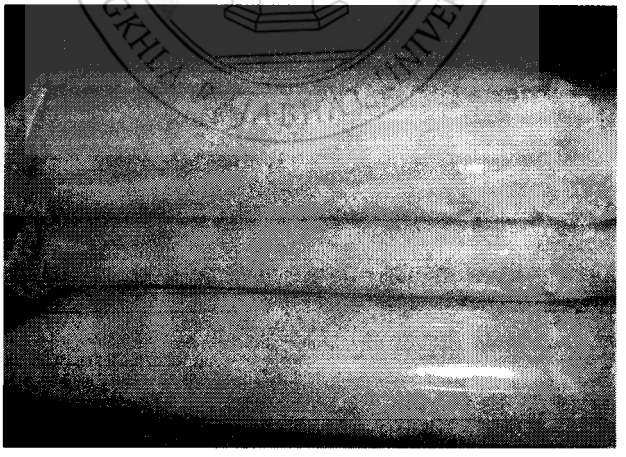
2.1.2 การฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ (Regeneration)

ข้อดีของการใช้ถ่านกัมมันต์ คือ การที่สามารถนำถ่านกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่ได้อีกหลังจากที่มีการปรับปรุงสภาพ ดังนั้น เพื่อเป็นการประหยัดทรัพยากรถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ใช้แล้วควรนำไปฟื้นฟูสภาพเพื่อฟื้นความสามารถการดูดติดผิวและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ใช้แล้สามารถนำไปฟื้นฟูสภาพได้ตลอดไป แต่ทุกๆครั้งที่มีการฟื้นฟูสภาพ

ต้องมีการเติมถ่านกัมมันต์ใหม่จำนวนหนึ่งเพื่อทดแทนถ่านกัมมันต์ไม่ควรเกิน 5 % ของทั้งหมด การฟื้นฟูสภาพมักใช้วิธีเผาในเตาอุณหภูมิสูงซึ่งควบคุมปริมาณออกซิเจนและความชื้นได้ การฟื้นฟูสภาพด้วยวิธีเคมีและวิธีชีวภาพก็อาจใช้ได้แต่ไม่ได้ผลเท่าวิธีที่ใช้ความร้อนสูง

2.2 สารกรองเรซิ่น

เป็นสารกรองที่ทำมาจาก Polystyrene Sulphonate มีลักษณะเป็นเม็ดทรงกลมขนาดเล็กสีเหลือง มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม (ดังภาพที่ 2.2) สารกรองใช้หลักการทำงานแลกเปลี่ยนประจุระหว่างตัวสารกรองกับประจุในน้ำเป็นชนิด Anion ทำหน้าที่กำจัดหรือจับสารละลายประจุลบมี Ionic Form เป็นชนิด OH Regenerate ด้วย NaOH ใช้ในงานระบบ DI หรือผลิตน้ำบริสุทธิ์โดยทั่วไปในการฟื้นสภาพ เรซิ่นจะใช้สารละลายเกลือแกงความเข้มข้นตามที่ผู้ผลิตกำหนด โดยให้ค่อย ๆ ไหลผ่าน หรือโดยแช่เรซิ่นในสารละลายดังกล่าวเป็นระยะเวลาหนึ่ง (1-2 ชั่วโมง) แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดให้หมดความเค็ม เรซิ่นที่ผ่านการใช้งานและการฟื้นสภาพมาหลายครั้งแล้ว จะมีความสามารถแลกเปลี่ยนไอออนลดลง จึงต้องทำการเปลี่ยนสารเรซิ่นใหม่ โดยสเปคของผู้ผลิตระบุให้ อยู่ประมาณ 3-5 ปี ขึ้นอยู่กับสภาพและปริมาณการใช้น้ำของแต่ละแห่ง (สันทัด, 2549)



ภาพที่ 2.2 สารกรองเรซิ่น

2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

2.3.1 ธรรมชาติของตัวดูดซับ

พื้นที่ผิวเป็นสมบัติอย่างหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถของตัวดูดซับในการดูดซับ เมื่อพื้นที่ผิวของตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพื้นที่ผิวของตัวดูดซับเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะบ่งบอกได้ถึงความสามารถในการดูดซับ โครงสร้างของรูพรุนก็มีส่วนช่วยให้พื้นที่ผิวมีความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น แต่ถ้าตัวดูดซับมีรูพรุนมากๆพื้นที่ผิวที่ใช้ในการดูดซับจะอยู่ในรูพรุนขนาดของตัวดูดซับจะไม่มีผลกับความสามารถในการดูดซับ

2.3.2 ธรรมชาติของตัวถูกดูดซับ

ความสามารถในการละลายน้ำของโมเลกุลตัวถูกดูดซับมีผลต่อการดูดซับ ซึ่งแนวโน้มของการดูดซับบนพื้นผิวตัวดูดซับจะลดลง เมื่อโมเลกุลตัวถูกดูดซับละลายน้ำได้ดี เพราะว่าก่อนที่จะเกิดกระบวนการดูดซับจะต้องมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของตัวถูกดูดซับกับโมเลกุลของน้ำ เพื่อให้โมเลกุลตัวถูกดูดซับหลุดออกจากน้ำไปเกาะบนพื้นผิวของตัวดูดซับ โมเลกุลของตัวถูกดูดซับขนาดใหญ่มีความสามารถในการละลายน้ำลดลง จึงมีแนวโน้มที่จะถูกดูดซับบนพื้นผิวตัวดูดซับมากขึ้น

2.3.3 อัตราเร่งการปั่นกวน

อัตราเร็วในการดูดซับขึ้นอยู่กับการขนส่งโมเลกุลของระบบ ขั้นตอนนี้ประกอบด้วยการแพร่ผ่านฟิล์มและการแพร่เข้าสู่โพรงซึ่งแล้วแต่การปั่นกวนของระบบ ถ้าการปั่นกวนต่ำฟิล์มน้ำซึ่งล้อมสารดูดซับจะมีความหนามากและเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลตัวถูกดูดซับเข้าไปหาตัวดูดซับ ในทางตรงกันข้ามถ้าการปั่นกวนสูงทำให้ความหนาของชั้นฟิล์มจะลดลง ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว ดังนั้นการแพร่เข้าสู่โพรงจะเป็นขั้นตอนในการกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ

2.3.4 อุณหภูมิ

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้การแพร่ผ่านของสารที่ถูกดูดซับลงไปยังรูพรุนของตัวดูดซับเร็วขึ้นแต่จะส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับลดลง

2.3.5 ผลของ pH ต่อประสิทธิภาพการดูดซับ

การดูดซับขึ้นกับสภาพความเป็นขั้วของพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ เมื่อสารละลายมีสภาพความเป็นกรด (pH ต่ำ) ส่งผลให้เกิดไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) บนพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ทำให้กระบวนการดูดซับไอออนลบเกิดได้มากขึ้น และเมื่อมีสารละลาย pH เพิ่มขึ้นมีผลทำให้มี OH^- บนพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้น และสามารถดูดซับไอออนบวกได้มากขึ้น แต่ถ้าสารละลายมี pH สูงกว่า 9 จะทำให้โลหะไอออนตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์ และโลหะไอออนจะถูกดูดซับได้น้อยลง

พื้นผิวของตัวดูดซับที่มีสินแร่เป็นองค์ประกอบโดยเฉพาะสินแร่พวกโลหะออกไซด์ เช่น โลหะออกไซด์ของเหล็ก และอะลูมิเนียม มีสมบัติในการให้และรับโปรตอนกับสารละลาย ทำให้เกิดขั้วบนพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ การมีประจุบนพื้นผิวของตัวดุดซับขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลาย ค่า pH ของสารละลายที่ทำให้ประจุบนพื้นผิวของตัวดูดซับมีค่าเท่ากับศูนย์ เรียกว่า pH_0 ตารางที่ 2.1 แสดง pH_0 ของสินแร่ที่ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับธรรมชาติ

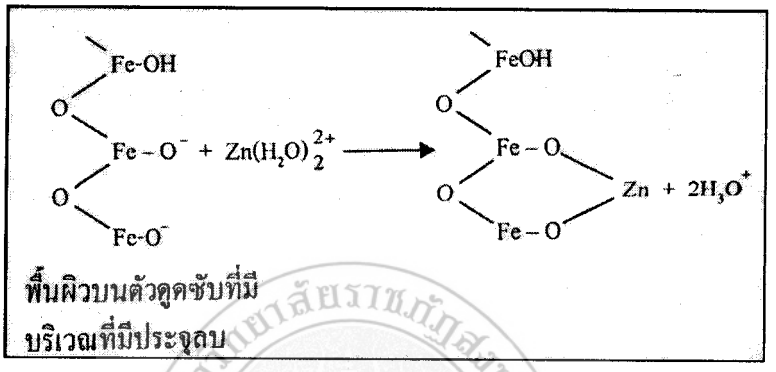
ตารางที่ 2.1 แสดง pH_0 ของสินแร่ที่ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับธรรมชาติ

สินแร่	pH_0
Quartz SiO_2	2.0
MnO_2	2.0-4.5
Fe_2O_3	6.5-9.0
Goethite, FeOOH	7.5
Heamatite	8.5
Alumina, $Al(OH)_3$	5.0-9.0
Humic material	4.0-5.0
calcite, $CaCO_3$	8.0-9.5

ที่มา : vanLoon, G.W. and Duffy, S.J. (2000)

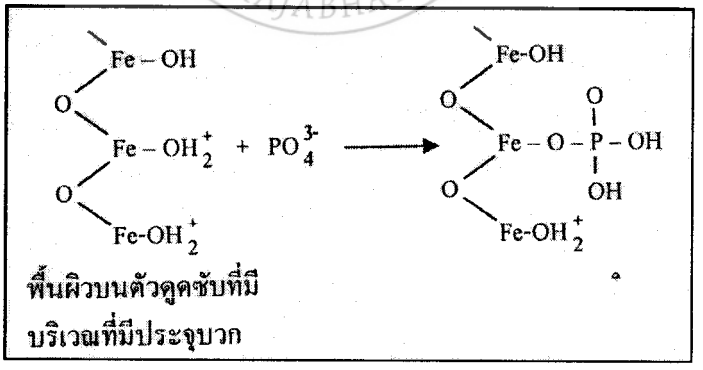
เมื่อค่า pH ของสารละลายมีค่าเท่ากับ pH_0 ของตัวดูดซับ พื้นผิวบนตัวดูดซับมีบริเวณที่มีประจุบวกเท่ากับบริเวณที่มีประจุลบ ดังนั้นค่า pH_0 ของตัวดูดซับจะใช้เป็นตัวชี้บอกถึงจำนวนพื้นที่ผิวที่มีประจุบนตัวดูดซับ (นิพนธ์และคณิตา, 2550)

ถ้า pH ของสารละลายมีค่ามากกว่า pH_0 ของตัวดูดซับ ตัวดูดซับมีพื้นที่ผิวที่มีประจุลบมากกว่าพื้นที่ผิวที่มีประจุบวก ทำให้พื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีความสามารถในการจับกับตัวถูกดูดซับที่มีประจุบวก เช่น โลหะไอออนบวก หรือมีสมบัติในการแลกเปลี่ยนของสารที่มีประจุบวก ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การจับของตัวดูดซับที่มีประจุบวกกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับที่มีประจุลบ

ถ้า pH ของสารละลายมีค่าน้อยกว่า pH_0 ของตัวดูดซับ พื้นผิวบนตัวดูดซับมีบริเวณที่มีประจุบวกมากกว่าพื้นที่ผิวที่มีประจุลบ ทำให้พื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีความสามารถในการจับกับตัวถูกดูดซับที่มีประจุลบ เช่น PO_4^{3-}, AsO_4^{3-}, SO_4^{2-}, MoO_4^{2-}, COO^- เป็นต้น หรือกล่าวได้ว่ามีสมบัติในการแลกเปลี่ยนสารที่มีประจุลบ ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การจับของตัวดูดซับที่มีประจุลบกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับที่มีประจุบวก

2.4 คุณสมบัติของน้ำดิบ

2.4.1 คุณสมบัติทากายภาพ

2.4.1.1 ความขุ่น ความขุ่นของน้ำเกิดจากสารแขวนลอยในน้ำ เช่น ดินโคลน ทรายละเอียด และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจำพวกสาหร่ายเซลล์เดียว แพลงตอนและไดอะตอม สารดังกล่าวสามารถทำให้แสงเกิดการหักเหในน้ำและอาจดูดแสงเอาไว้มิให้ผ่านทะลุ จึงทำให้มองเห็นน้ำมีลักษณะขุ่น เนื่องจากความขุ่นสามารถสังเกตได้ง่าย จึงเป็นปัจจัยสำคัญเบื้องต้นในการตัดสินว่าผู้บริโภคต้องการใช้น้ำหรือไม่ และเนื่องจากความขุ่นเป็นพารามิเตอร์ที่วัดได้ง่าย

2.4.1.2 สีในธรรมชาติส่วนใหญ่เกิดจากพืชและใบไม้ที่เน่าเสียและมักมีสีชา อย่างไรก็ตาม สีของน้ำอาจเป็นสีที่เกิดจากน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ การที่น้ำมีสีปกติทำให้น้ำไม่น่าใช้ ดังนั้นการกำจัดสีออกจากน้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการผลิตน้ำประปา

2.4.1.3 อุณหภูมิ น้ำธรรมชาติมักมีอุณหภูมิอยู่ที่ช่วงปกติ เนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำประปาไม่ทำให้อุณหภูมิผิดปกติจึงไม่มีการกล่าวถึงขีดจำกัดของอุณหภูมิไว้ในมาตรฐานน้ำดิบ อย่างไรก็ตามต้องตระหนักไว้ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงได้ และยังมีอิทธิพลต่อกรรมวิธีในกรผลิตน้ำประปาอีกหลายประเภท

2.4.2 คุณสมบัติทางเคมี

2.4.2.1 pH (ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง) การวัดค่า pH เป็นการวัดความเข้มข้นของ H^+ เกิดขึ้นเนื่องจากการแตกตัวของกรดในน้ำ และอาจถูกละลายโดยสารละลายด่าง น้ำที่มีpHสูงกว่า7 ถือว่าเป็นด่าง ส่วนน้ำที่มีpHต่ำกว่า 7ถือว่าเป็นกรด

2.4.2.2 ความเป็นด่าง (Alkalinity) น้ำที่มีความเป็นด่างสูงเป็นน้ำที่มีความสามารถในการต้านทานความเปลี่ยนแปลงค่า pH ได้ดี โดยค่า pH ไม่ลดลง นอกจากนี้ความเป็นด่างยังมีบทบาทสำคัญในกระบวนการ

2.4.2.3 ความกระด้าง (Hardness) ความกระด้างของน้ำเป็นคุณสมบัติที่ไปทำลายความสามารถในการเกิดฟองสบู่ ดังนั้น น้ำกระด้างจึงหมายถึงน้ำที่ทำปฏิกิริยากับสบู่แล้วทำให้เกิดฟองสบู่ได้ยาก เกิดตะกรันอุดตันในหม้อต้มน้ำและภาชนะอื่นๆสิ้นเปลืองสบู่โดยไม่จำเป็นเกิดคราบสกปรกติดอยู่ตามภาชนะและทำให้รสชาติของน้ำไม่ปกติ ต้นเหตุที่ทำให้น้ำมีความกระด้างเนื่องจากมีเกลือพวกไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ซัลเฟต (SO_3^{-2}) คลอไรด์ (Cl^-) และไนเตรต (NO_3^-) ของธาตุแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ละลายเจือปนอยู่ในน้ำ เช่น แคลเซียมไบคาร์บอเนต ($Ca(HCO_3)_2$) แมกนีเซียมไบคาร์บอเนต ($Mg(HCO_3)_2$) เป็นต้น น้ำกระด้าง

ทำให้เกิดฟองสบู่ได้ยาก เพราะความกระด้างเมื่อทำปฏิกิริยากับสบู่จะรวมตัวกันเกิดเป็นสารประกอบใหม่ขึ้น ซึ่งจะไม่ละลายน้ำและไม่ทำให้มีฟองเกิดขึ้น (เกรียงศักดิ์, 2549) ความกระด้างของน้ำ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ความกระด้างชั่วคราว (Temporary Hardness) เกิดจากเกลือคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตของธาตุแคลเซียมและธาตุแมกนีเซียมที่ละลายอยู่ในน้ำ

2. ความกระด้างถาวร (Permanent Hardness) เกิดจากเกลือซัลเฟตและคลอไรด์ของธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม การแก้ความกระด้างชนิดนี้ต้องใช้วิธีการทางเคมี เช่น การเติมปูนขาวกับโซดาซักผ้า เพื่อทำให้เกลือดังกล่าวตกตะกอนลงมาเนื่องจากน้ำจากแหล่งต่างๆในธรรมชาติมีความกระด้างไม่เท่ากัน จึงสามารถที่จะแบ่งความกระด้างออกเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ระดับความกระด้าง

ระดับความกระด้าง	ค่าความกระด้าง mg/L as $CaCO_3$
น้ำกระด้าง (Soft water)	0-75
น้ำกระด้างเล็กน้อย (Slightly)	75-150
น้ำกระด้าง (Hard water)	150-300
น้ำกระด้างมาก (Very hard water)	มากกว่า 300

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

2.4.2.4 เหล็ก (Iron)

น้ำในธรรมชาติอาจจะมีเหล็กและแมงกานีสอยู่ตามลำพัง หรืออยู่รวมกันโดยเฉพาะน้ำใต้ดินจะมีเหล็กอยู่ด้วยเสมอ เหล็กที่อยู่ในน้ำมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ เฟอรัส (Fe^{+2}) เป็นรูปที่สามารถละลายน้ำได้ และเฟอริก (Fe^{+3}) ซึ่งเป็นรูปที่ไม่ละลายน้ำแต่จะตกตะกอนเป็นคราบติดอยู่กับภาชนะ เหล็กในรูปเฟอรัสเมื่อได้รับ O_2 จะทำปฏิกิริยากลายเป็นรูปเฟอริกตกตะกอนลงมา เรียกว่าสนิมเหล็ก เป็นตะกอนที่มีสีแดงและเมื่อตั้งทิ้งไว้จะกลายเป็นสีแดงขุ่นจะก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันของเครื่องสูบน้ำ ท่อน้ำ เครื่องสุขภัณฑ์มีคราบของเหล็กเกาะจับอยู่ สีของน้ำเป็นสนิมเหล็ก ร่างกายของมนุษย์ถ้าได้รับเหล็กในปริมาณมากเกินไปร่างกายไม่สามารถขับออกได้หมดและจะถูกสะสมไว้ที่ตับทำให้เกิดโรคที่เกี่ยวกับตับได้ ในขณะเดียวกันเหล็กก็มีประโยชน์ในการช่วยสร้างเม็ดโลหิตแดงในร่างกาย

ชัยยศ (2537) ศึกษาคุณภาพน้ำบ่อตื้นในจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า มีค่าเหล็กอยู่ระหว่าง 0.1-6.0 mg/L ค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 32-704 mg/L และนพพร (2536) ทำการศึกษาคุณภาพน้ำบ่อตื้นในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา พบว่า ค่าเหล็กอยู่ระหว่าง 0.04-2.08 mg/L ค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 8-292 mg/L และจากการศึกษาการประเมินศักยภาพมลสารของน้ำบาดาลบ่อตื้นในแหล่งชุมชนบริเวณขอบทะเลสาบสงขลาตอนล่างจำนวน 35 บ่อ จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจะพบว่ามีเหล็กอยู่ในช่วง 0.06-17.23 mg/L และความกระด้างทั้งหมดอยู่ในช่วง 30-500 mg/L เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค ดังตารางที่ 2.3 แล้วจะมีค่าเกินเกณฑ์ของมาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค

พารามิเตอร์	หน่วย	คุณภาพน้ำดื่มของ WHO (ปี 2547)	คุณภาพน้ำบริโภคในชนบท*	คุณภาพน้ำประปากรมอนามัย (ปี 2543)**
สี (Colour)	แพลตตินั่มโคบอลท์	15	15	15
ความขุ่น(Turbidity)	NTU	5	10	10
ปริมาณสารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย	mg/L (ppm)	1000	1000	1000
ความกระด้าง(Hardness)	mg/L (ppm)	500	300	500
เหล็ก (Fe)	mg/L (ppm)	0.3	0.5	0.5
มังกานีส (Mn)	mg/L (ppm)	0.1	0.3	0.3
ทองแดง (cu)	mg/L (ppm)	1.0	1.0	1.0
สังกะสี (Zn)	mg/L (ppm)	5.0	5.0	3.0
ตะกั่ว (Pb)	mg/L (ppm)	0.05	0.05	0.03
โครเมี่ยม (Cr)	mg/L (ppm)	0.05	0.05	0.05
แคดเมี่ยม (Cd)	mg/L (ppm)	0.005	0.005	0.003
สารหนู (As	mg/L (ppm)	0.05	0.05	0.01
ปรอท (Hg)	mg/L (ppm)	1.0	1.0	1.0
ซัลเฟต (SO_4^{2-})	mg/L (ppm)	400	400	250
คลอไรด์ (Cl)	mg/L (ppm)	250	250	250
ไนเตรต (NO_3^-)	mg/L (ppm)	10	10	50
ฟลูออไรด์ (F)	mg/L (ppm)	1.0	1.0	0.7
คลอรีนอิสระตกค้าง	mg/L (ppm)	-	0.2-0.5	0.2-0.5***
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	mpm/100 mL	0	10	0
ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	mpm/100 mL	0	0	0
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5

ที่มา : (http://www.waterindex.com/doc1-standard%20water%20parameter.htm)

*กำหนดโดยคณะกรรมการการบริหารโครงการจัดการให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณาจักร

**ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปา ปี 2543

***กำหนดให้มีปลายท่อ 0.2-0.5 mg/L ใช้ในระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปา

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิชชุลดา และคณะ(2554) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 5 mg/L โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้โกงกาง จากการศึกษาพบว่า ถ่านไม้โกงกางที่ได้รับการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ที่อัตราส่วนถ่านไม้โกงกางต่อซิงค์คลอไรด์ 1:2 โดยน้ำหนัก เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ประมาณ 964 mg/g และสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับโครเมียมและนิกเกิลคือค่า pH 7 และ 9 เวลาสัมผัส 30 และ 60 นาที ตามลำดับ ที่สภาวะดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียมและนิกเกิลสูงสุดร้อยละ 99.67 และ 86.37 นอกจากนี้ไอโซเทอมที่เหมาะสมต่อการดูดซับโครเมียมและนิกเกิล คือ ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชและแบบบีอีทีตามลำดับ

ธิดารัตน์ และคณะ(2554) ได้ศึกษาประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเมล็ดกาแฟและจากกะลามะพร้าวในการดักจับคลอโรฟอร์มในน้ำประปา วิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยลดปริมาณคลอโรฟอร์มในน้ำประปาได้อย่างมีประสิทธิภาพและใช้ต้นทุนต่ำ คือการดักจับโดยถ่านกัมมันต์ ซึ่งเป็นการนำทรัพยากรเศษเหลือใช้มาสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยการทดลองก่อนหน้าพบว่าถ่านกัมมันต์เมล็ดกาแฟมีศักยภาพในการดักจับสีจากน้ำทิ้งโรงงานปาล์มได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของถ่านกัมมันต์เมล็ดกาแฟมาใช้ในการดักจับคลอโรฟอร์มที่ปนเปื้อนในน้ำประปา และทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดกาแฟ และกะลามะพร้าวเมื่อนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์แล้ว จะให้เปอร์เซ็นผลผลิตปริมาณสูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น และพบว่าถ่านกัมมันต์เมล็ดกาแฟที่ผลิตขึ้นทั้ง 4 ชนิด และกะลามะพร้าว 2 ชนิด สามารถดักจับคลอโรฟอร์มในน้ำได้ โดยผลการวิเคราะห์พบว่าถ่านกัมมันต์ทุกชนิดจะมีผลในการดักจับคลอโรฟอร์มดีที่สุดที่ 21 ชั่วโมง หลังจากนั้นค่าจะค่อนข้างเสถียรที่ 24 ชม. และถ่านกัมมันต์เมล็ดกาแฟที่กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส มีผลในการดักจับคลอโรฟอร์มในน้ำได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ชนิดอื่น ถ่านกัมมันต์เมล็ดกาแฟที่ผลิตขึ้นเองนั้นมีศักยภาพในการดักจับคลอโรฟอร์มสูงกว่าถ่านกัมมันต์กะลามะพร้าวที่มีขายตามท้องตลาดทั้งสองชนิดในการดักจับคลอโรฟอร์ม โดยถ่านกัมมมันต์ที่มีศักยภาพสูงสุด คือกระตุ้นที่ 400 องศาเซลเซียส ใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ คือ 1.6 g หรือความสูงเท่าหลอดฉีดยาขนาด 10 mL อัตราการไหล 50 ลูกบาศก์เมตร/นาที จะให้ศักยภาพในการดักจับคลอโรฟอร์มสูงที่สุด รองลงมาคือ 0.87 กรัม หรือความสูง 2/3 ของหลอดฉีดยา ที่อัตราการไหล 50 ลูกบาศก์เมตร/นาที

อรวรรณ และคณะ(2545) ได้ศึกษาการดูดซับไอออนเหล็กบนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากชานอ้อย เปลือกลูกยาง และกะลามะพร้าวที่อุณหภูมิห้องโดนวิธีอะตอมมิกแอบซอร์บชั่น สเปกโทรสโกปีโดยเริ่มจากการเตรียมถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย เปลือกลูกยางและกะลามะพร้าวด้วยวิธีคาร์บอ

ไนเซชัน และกระตุ้นด้วย $ZnCl_2$ การดูดซับไอออนเหล็กบนถ่านกัมมันต์เหล่านี้ มีพฤติกรรมแบบเลงเมียร์ ไอโซเทอมซึ่งอธิบายว่าไอออนเหล็กปกคลุมจนเต็มพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์แบบชั้นเดียว ปริมาณไอออนเหล็กที่ถูกดูดซับสูงสุดบนถ่านกัมมันต์เหล่านี้มีค่าเท่ากับ 0.66 มิลลิโมลต่อกรัม 0.41 มิลลิโมลต่อกรัม และ 0.18 มิลลิโมลต่อกรัม สำหรับถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย เปลือกลูกยาง และกะลามะพร้าว ตามลำดับ จากการศึกษาการดูดซับที่เกิดขึ้นกับอุณหภูมิพบว่า เป็นกระบวนการคายความร้อนที่มีค่าความร้อนของการดูดซับเท่ากับ -8.9 กิโลจูลต่อโมล -9.7 กิโลจูลต่อโมล และ-5.7 กิโลจูลต่อโมล สำหรับถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย เปลือกลูกยางและกะลามะพร้าว ตามลำดับ

สรัญญา และคณะ(2551) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับซัลไฟด์ไอออนในน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์กะลามะพร้าว ซึ่งเป็นการศึกษาการดูดซับซัลไฟด์ไอออนในน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์ 2 ชนิด คือ ถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนที่ผลิตจากกะลามะพร้าวและถ่านกัมมันต์ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนที่ผลิตจากกะลามะพร้าว โดยทำการทดลองแบบแบทช์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่างๆในการดูดซับ ได้แก่ pH ระยะเวลาปั่นกวน ระยะเวลาสัมผัส ความเข้มข้นของซัลไฟด์ไอออน และปริมาณของถ่านกัมมันต์ พร้อมทั้งศึกษาการดูดซับซัลไฟด์ไอออนโดยผ่านคอลัมน์และการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์หลังจากผ่านการใช้งานแล้ว ผลการศึกษาพบว่า ถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิดมีสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับซัลไฟด์ที่ pH 4 ระยะเวลาปั่นกวนและระยะเวลาสัมผัสเท่ากับ 30 นาที ความเข้มข้นของซัลไฟด์ 1,000 mg/L ปริมาตร 100 mL ปริมาณของถ่านกัมมันต์ 1 กรัม ซึ่งผลการศึกษานี้ใช้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวยังแสดงสภาวะสมดุลที่สอดคล้องกับสมการไอโซเทอร์ของแลงเมียร์อีกด้วย เมื่อนำถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิด มาดูดซับโดยให้ไหลผ่านคอลัมน์ตลอด พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนสามารถดูดซับซัลไฟด์ไอออนได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนที่ร้อยละ 94.63 และ 89.91 ตามลำดับ และผลของการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ที่ใช้งานแล้ว พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนสามารถฟื้นฟูสภาพได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนจึงเหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้อีก

ณัฐฌา(2545) ได้ศึกษาผลของpHที่มีต่อการกำจัดเหล็ก แมงกานีส และความกระด้างของน้ำขุมเหมืองลิกไนต์บ้านปู อำเภอลี้ จังหวัดลำพูนในครั้งนี้กระทำโดยการนำน้ำตัวอย่างจากขุมเหมือง BP2 ซึ่งมีค่าpH 3.30 มาปรับpHให้เป็น 7, 8, 9, 10, 11 และ12 ด้วยปูนขาวโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนต ในขณะที่ทำการเติมสารด่างได้ทำการกวนเร็ว และกวนช้าตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาที แล้วดูดน้ำใสไปเพื่อหาปริมาณเหล็ก แมงกานีส ซัลเฟตและความกระด้าง ผลการศึกษาพบว่า ไม่ว่าจะใช้ปูนขาว โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมคาร์บอเนต ค่าpH ที่เหมาะสมในการกำจัดเฉพาะเหล็กเท่ากับ 7 โดยปริมาณเหล็กที่เหลือมีค่าอยู่ในช่วง 0.16-0.17 mg/L และการ

ใช้ปูนขาวในการกำจัดจะค่าใช้จ่ายถูกที่สุด ส่วนค่าpHที่เหมาะสมในการใช้ปูนขาวและโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการกำจัดทั้งเหล็กและแมงกานีส คือ 10 โดยปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่เหลือมีค่าอยู่ในช่วง 0.14-0.1 mg/L และ 0.58-0.67 mg/Lตามลำดับและการกำจัดด้วยปูนขาวเสียค่าใช้จ่ายถูกที่สุดเช่นเดียวกัน สำหรับการใช้โซเดียมคาร์บอเนตในการปรับpH นอกจากจะสามารถกำจัดทั้งเหล็กและแมงกานีสแล้วยังไม่สามารถกำจัดความกระด้างไว้ด้วย โดยจะสามารถกำจัดได้ดีที่สุดที่ pH 11 ซึ่งจะเหลือปริมาณเหล็ก แมงกานีสและความกระด้างอยู่ 0.078, 0.70 และ 120 mg/L as $CaCO_3$ ตามลำดับ การใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ สามารถกำจัดความกระด้างได้เพียงเล็กน้อย ส่วนการใช้ปูนขาวไม่สามารถกำจัดความกระด้างได้เลย

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. pH meter
2. สเปคโทรโฟโตมิเตอร์
3. หลอดเนสเลอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร และ 100 มิลลิลิตร
4. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. ชุดกรอง
6. กรวยแยก ขนาด 250 มิลลิลิตร
7. บิวเรตต์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
8. ขวดรูปกรวย ขนาด 250 มิลลิลิตร
9. แผ่นอคิลิค
10. สารกรองเรซิ่น มีพื้นที่ผิว 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม Iodine Number = 250 mg/g
11. ถ่านกัมมันต์ที่ทำจากกะลามะพร้าว ขนาด = 12-40 mesh มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 1,000-1,100 ตารางเมตรต่อกรัม Iodine Number = 950 mg/g, moisture = 3%, ash =3.4%, pH =10.4, Hardness =99.4%
12. กรวด-ทราย

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและวิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมน้ำสังเคราะห์

น้ำสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการเตรียมขึ้นโดยมีความกระด้างทั้งหมด 1,000 mg/L และเหล็กปริมาตร 2 mg/L ดังแสดงส่วนประกอบในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของน้ำสังเคราะห์

ส่วนประกอบ	ปริมาตร
แคลเซียม	2.497 g
แมกนีเซียม	10.141 g
เหล็ก	351.075 mg

ทดสอบวิเคราะห์คุณภาพน้ำสังเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำสังเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ความกระด้างทั้งหมด	วิธีการไตเตรตด้วยอีดีทีเอ (EDTA Titrimetric Method)
เหล็ก	วิธี ฟีแนนโทรลีน (Phenanthroline Method)

ที่มา : http://www.mwa.co.th/quality.html การประปานครหลวง

3.2.2 การศึกษาต่อสภาวะที่เหมาะต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมด

ในการทดลองครั้งนี้จะทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมดดังนี้

1.ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมด

ในการศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมดจะทดลองความเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำสังเคราะห์ 3 ค่า คือ pH 5.0, 7.0 และ 9.0 เพื่อหาค่า pH ที่เหมาะสมต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมด

2. เวลาสัมผัสที่เหมาะสม (Contact Time)

เมื่อได้ค่า pH ที่เหมาะสมแล้ว จะเลือกใช้ค่า pH นั้นในการศึกษาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมต่อการดูดซับ โดยจะแปรเปลี่ยนระยะเวลาสัมผัส 5 ค่า คือ 15, 30, 45, 60 และ 90 นาที

3.2.3 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์

ในการศึกษาจะแบ่งชุดทดลองเป็น 3 ชุด ดังนี้

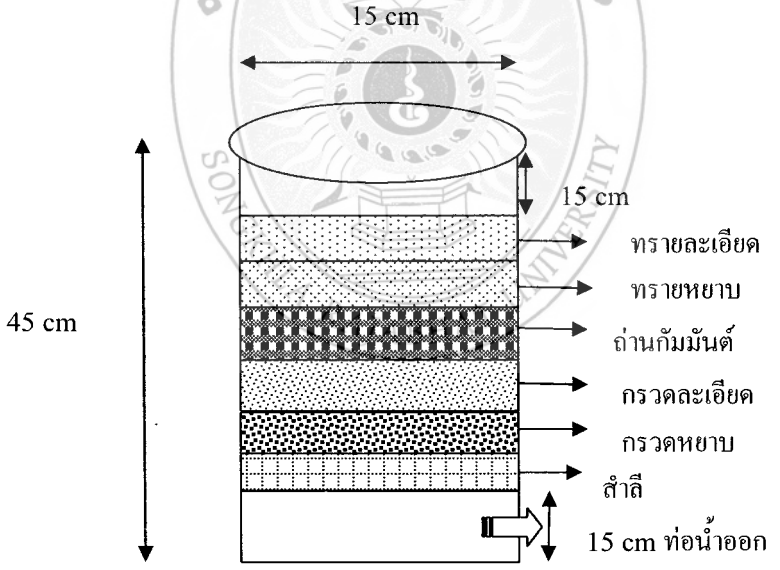
ชุดที่ 1: ใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียว 400 กรัม (พื้นที่ผิวประมาณ $400x10^3$ ตารางเมตร) ดังภาพที่ 1

ชุดที่ 2: ใช้เรซิ่นอย่างเดียว 1,334 กรัม (พื้นที่ผิวประมาณ 1,334x300 ตารางเมตร) ดังภาพที่ 2

ชุดที่ 3: ใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น โดยถ่านกัมมันต์ใช้ 300 กรัมส่วนเรซิ่นใช้ 334 กรัม (พื้นที่ผิวรวมประมาณ ($300x10^3$) + (334x300) ตารางเมตร) ดังภาพที่ 3

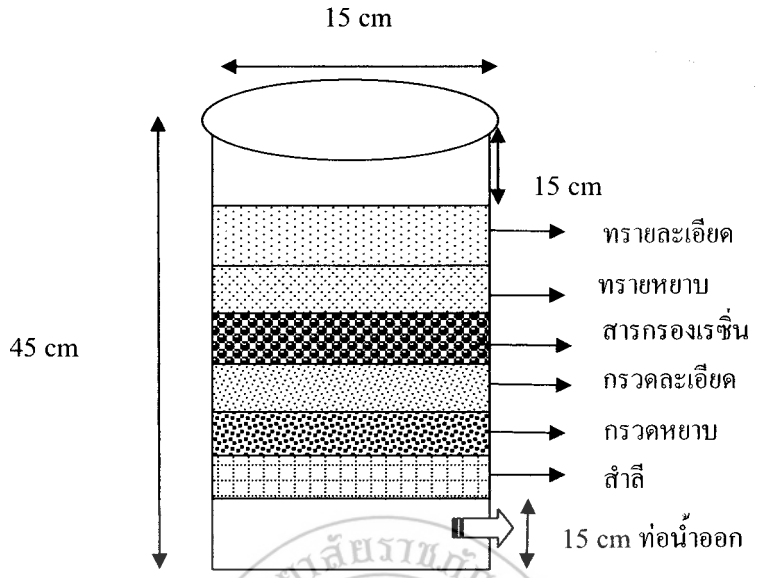
3.2.4 การพัฒนาเครื่องกรองน้ำ

น้ำที่ผ่านจากเครื่องกรองน้ำแต่ละชุดแล้วจะต้องนำน้ำมาวิเคราะห์หาเหล็กและความกระด้างทั้งหมดอีกครั้ง เพื่อจะได้นำชุดเครื่องกรองที่ดีที่สุดจาก ข้อ 3 มาพัฒนาเป็นเครื่องกรองน้ำต่อไป ดังภาพที่ 3.1



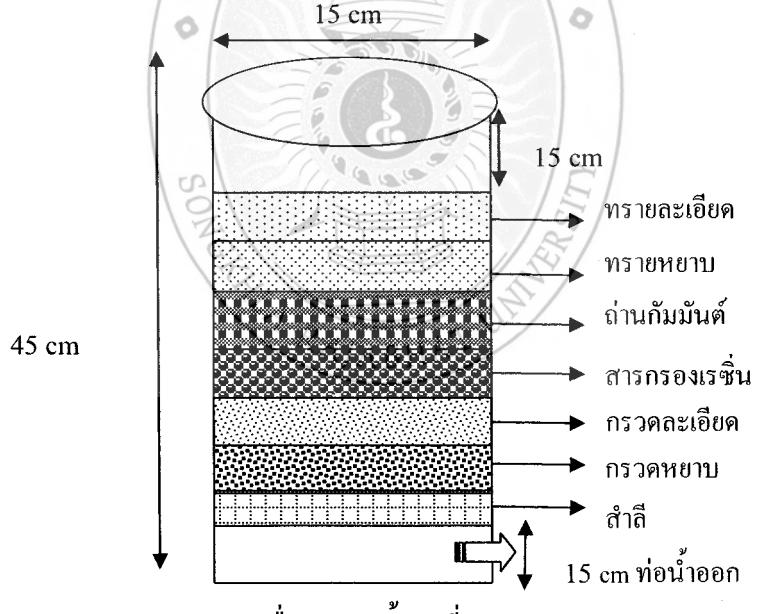
ก. เครื่องกรองน้ำชุดที่ 1

ภาพที่ 1 ใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียว



ข. เครื่องกรองน้ำชุดที่ 2

ภาพที่ 2 ใช้สารกรองเรซิ่น



ค. เครื่องกรองน้ำชุดที่ 3

ภาพที่ 3 ใช้ถ่านกัมมันต์ร่วกับเรซิ่น

ภาพที่ 3.1 ชุดเครื่องกรองน้ำ

บทที่ 4
ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยเรื่อง การกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ โดยการวิจัยนี้จะใช้น้ำสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของเหล็ก 2 mg/L และความกระด้างทั้งหมด 1,000 mg/L ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ ค่า pH คือ pH 5, 7 และ 9 และระยะเวลาสัมผัสที่เหมาะสม คือ 15, 30, 45, 60 และ 90 นาที และศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์และสารกรองเรซิ่นในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ ด้วยถ่านกัมมันต์และเรซิ่น โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ ค่า pH 5, 7 และ 9 และระยะเวลาสัมผัสที่เหมาะสม คือ 15, 30, 45, 60 และ 90 นาที

4.1.1 สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็ก

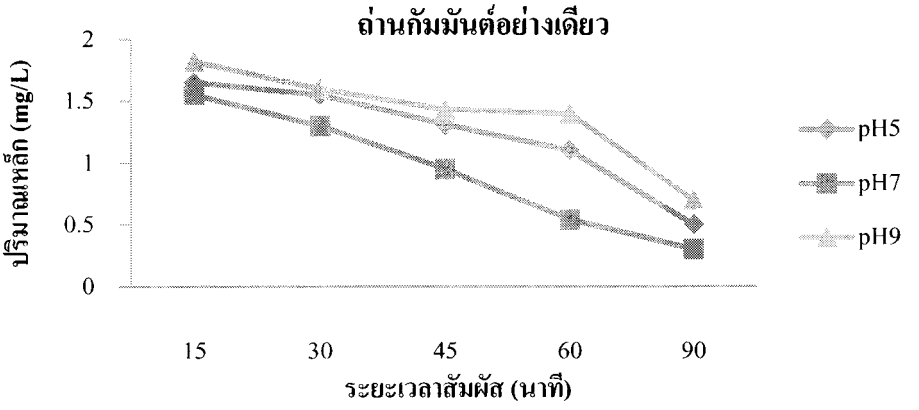
- จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็ก โดยใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียว จะเห็นว่า น้ำสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของเหล็กเท่ากับ 2 mg/L พบว่า เมื่อระยะเวลาสัมผัสเพิ่มขึ้น ค่าความเข้มข้นของเหล็กลดลง ในสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็กที่ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที โดยค่าเหล็กลดลงเหลือ 0.3 mg/L ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา (กรมอนามัย, 2543) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังภาพที่ 4.1 (ก)

- จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็ก โดยใช้สารกรองเรซิ่นอย่างเดียว จะเห็นว่า น้ำสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของเหล็กเท่ากับ 2 mg/L พบว่า เมื่อระยะเวลาสัมผัสเพิ่มขึ้นค่าความเข้มข้นของเหล็กลดลง ในสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็กที่ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที โดยค่าเหล็กลดลงเหลือ 1.08 mg/L ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา (กรมอนามัย, 2543) และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังภาพที่ 4.1 (ข)

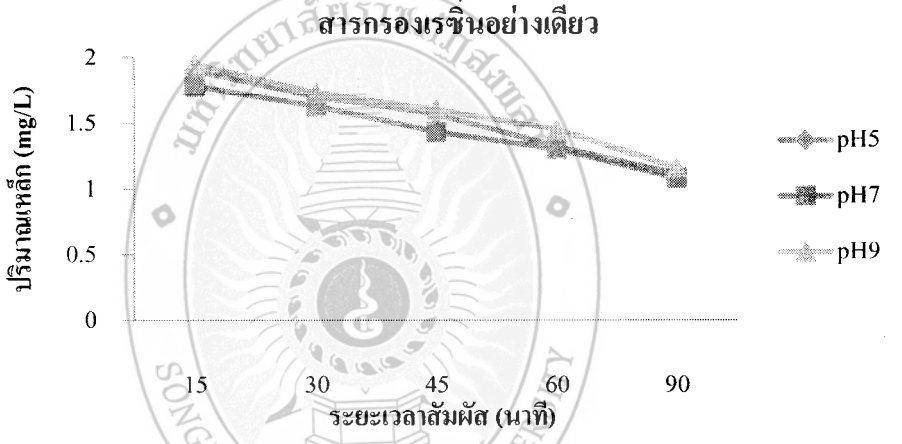
- จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็ก โดยใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น จะเห็นว่า น้ำสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของเหล็กเท่ากับ 2 mg/L พบว่า เมื่อระยะเวลาสัมผัส

เพิ่มขึ้นค่าความเข้มข้นของเหล็กลดลง ในสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็กที่ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที โดยค่าเหล็กลดลงเหลือ 0.3 mg/L ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา (กรมอนามัย, 2543) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังภาพที่ 4.1 (ค)

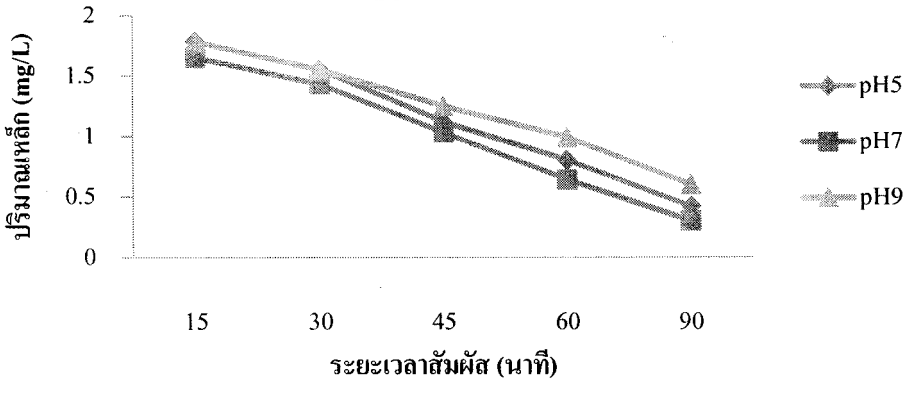
เพิ่มขึ้นค่าความเข้มข้นของเหล็กลดลง ในสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็กที่ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที โดยค่าเหล็กลดลงเหลือ 0.3 mg/L ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา (กรมอนามัย, 2543) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังภาพที่ 4.1 (ค)



(ก) การใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียวในการกำจัดเหล็ก



(ข) การใช้สารกรองเรซิ่นอย่างเดียวในการกำจัดเหล็ก



(ค) การใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่นในการกำจัดเหล็ก

ภาพที่ 4.1 การใช้ถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการกำจัดเหล็ก

จากทดลองพบว่าระยะเวลาสัมผัสเพิ่มขึ้น ความสามารถในการกำจัดเหล็กมีค่ามากขึ้น เนื่องจาก น้ำสังเคราะห์ได้สัมผัสและมีการดูดติดผิวกับสารกรองมากขึ้น

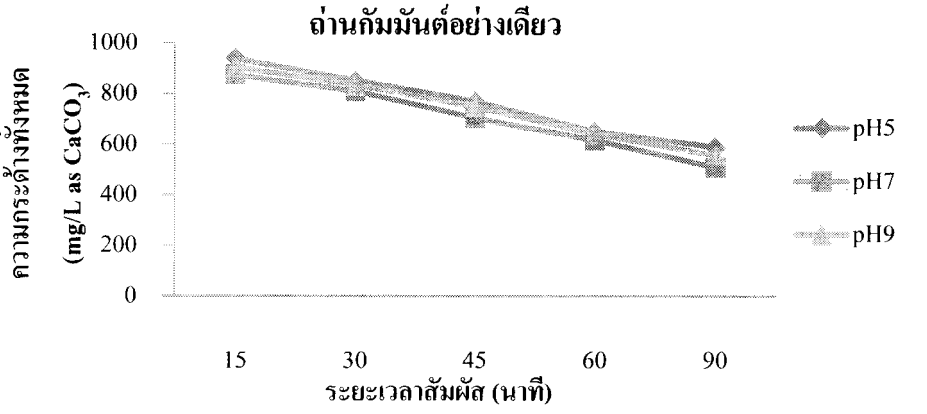
ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็ก คือ ที่ pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที โดยใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียวและถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น จะให้ค่าการกำจัดเหล็กที่ดีกว่าการใช้สารกรองเรซิ่นอย่างเดียว

4.1.2 สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด

- จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด โดยใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียว จะเห็นว่า น้ำสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของความกระด้างทั้งหมดเท่ากับ 1,000 mg/L พบว่า เมื่อระยะเวลาสัมผัสเพิ่มขึ้นค่าความเข้มข้นของความกระด้างทั้งหมดลดลง ในสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดความกระด้างทั้งหมดที่ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที โดยค่าความกระด้างทั้งหมดลดลงเหลือ 510 mg/L ซึ่งไม่ผ่านในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา (กรมอนามัย, 2543) และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังภาพที่ 4.2 (ก)

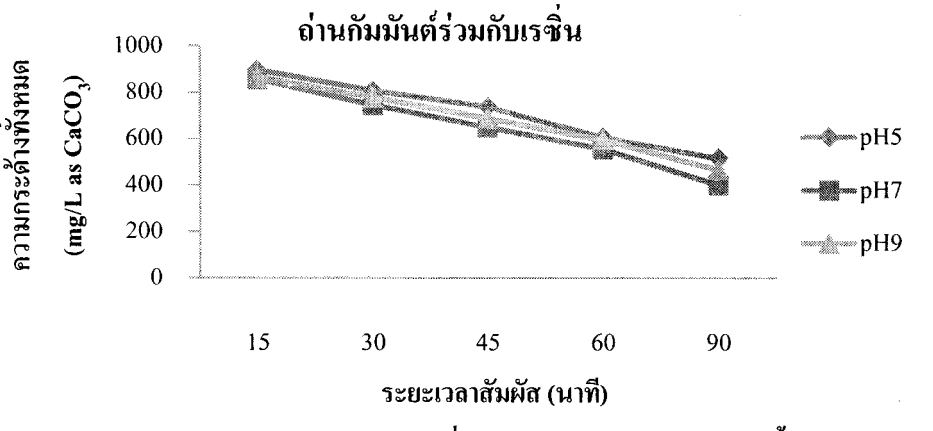
- จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด โดยใช้สารกรองเรซิ่นอย่างเดียว จะเห็นว่า น้ำสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของความกระด้างทั้งหมดเท่ากับ 1,000 mg/L พบว่า เมื่อระยะเวลาสัมผัสเพิ่มขึ้นค่าความเข้มข้นของความกระด้างทั้งหมดลดลง ในสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดความกระด้างทั้งหมดที่ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที โดยค่าความกระด้างทั้งหมดลดลงเหลือ 303.2 mg/L ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา (กรมอนามัย, 2543) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังภาพที่ 4.2 (ข)

- จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด โดยใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น จะเห็นว่า น้ำสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของความกระด้างทั้งหมดเท่ากับ 1,000 mg/L พบว่า เมื่อระยะเวลาสัมผัสเพิ่มขึ้นค่าความเข้มข้นของความกระด้างทั้งหมดลดลง ในสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดความกระด้างทั้งหมดที่ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที โดยค่าความกระด้างทั้งหมดลดลงเหลือ 400 mg/L ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา (กรมอนามัย, 2543) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังภาพที่ 4.2 (ค)



(ก) การใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียวในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด

(ข) การใช้สารกรองเรซิ่นอย่างเดียวในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด



(ค) การใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่นในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด

ภาพที่ 4.2 การใช้ถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

จากทดลองพบว่าระยะเวลาสัมผัสเพิ่มขึ้น ความสามารถในการกำจัดความกระด้างทั้งหมดมีค่ามากขึ้น เนื่องจาก น้ำสังเคราะห์ได้สัมผัสและมีการดูดติดผิวกับสารกรองมากขึ้น

ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด คือ ที่ pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที โดยใช้สารกรองเรซิ่นอย่างเดียวและถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น จะให้ค่าการกำจัดความกระด้างทั้งหมดที่ดีกว่าการใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียว

4.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดโดยใช้ถ่านกัมมันต์และเรซิ่น

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดโดยใช้ถ่านกัมมันต์และเรซิ่น โดยประสิทธิภาพคิดจากสูตร

เหล็ก

$$\frac{A-B \times 100}{A}$$

เมื่อ A = ความเข้มข้นของเหล็กในน้ำก่อนกรอง

B = ความเข้มข้นของเหล็กในน้ำหลังกรอง

ความกระด้างทั้งหมด

$$\frac{A-B \times 100}{A}$$

เมื่อ A = ความเข้มข้นของความกระด้างทั้งหมดในน้ำก่อนกรอง

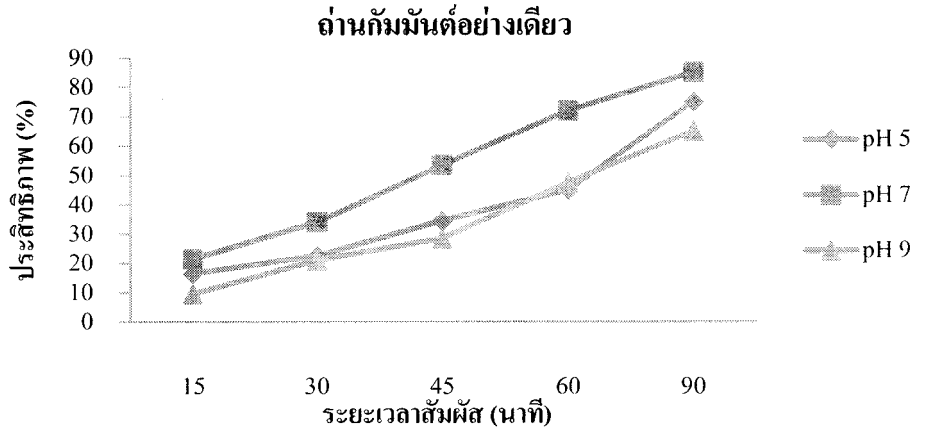
B = ความเข้มข้นของความกระด้างทั้งหมดในน้ำหลังกรอง

4.2.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก

- จากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก โดยใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียว จะเห็นว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 85 ในสภาวะที่เหมาะสมที่ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที ดังภาพที่ 4.3 (ก)

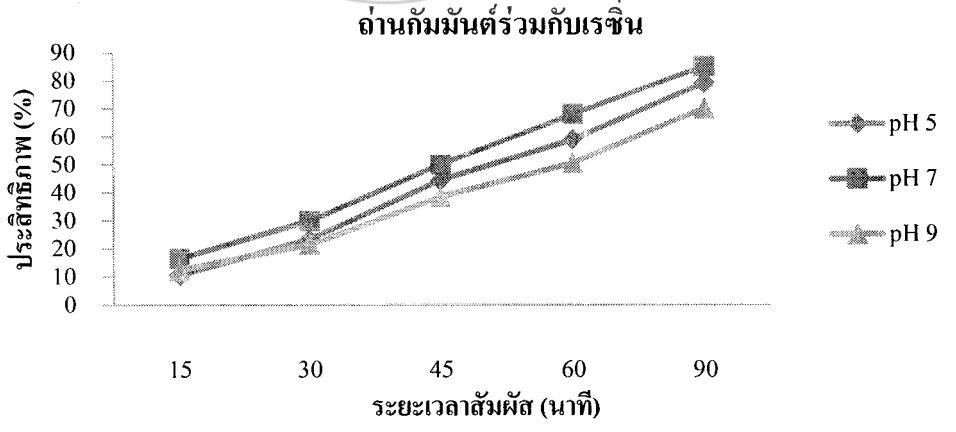
- จากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก โดยใช้สารกรองเรซิ่นอย่างเดียว จะเห็นว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 46 ในสภาวะที่เหมาะสมที่ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที ดังภาพที่ 4.3 (ข)

- จากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก โดยใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น จะเห็นว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 85 ในสภาวะที่เหมาะสมที่ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที ดังภาพที่ 4.3 (ค)



(ก) ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ในการกำจัดเหล็ก

(ข) ประสิทธิภาพของสารกรองเรซิ่นในการกำจัดเหล็ก



(ค) ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่นในการกำจัดเหล็ก

ภาพที่ 4.3 ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการกำจัดเหล็ก

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กโดยใช้ถ่านกัมมันต์และเรซิ่น ในน้ำสังเคราะห์ พบว่า การใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียวมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการกำจัดเหล็ก ได้เท่ากับร้อยละ 85 ในสภาวะที่เหมาะสมค่า pH เท่ากับ 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที

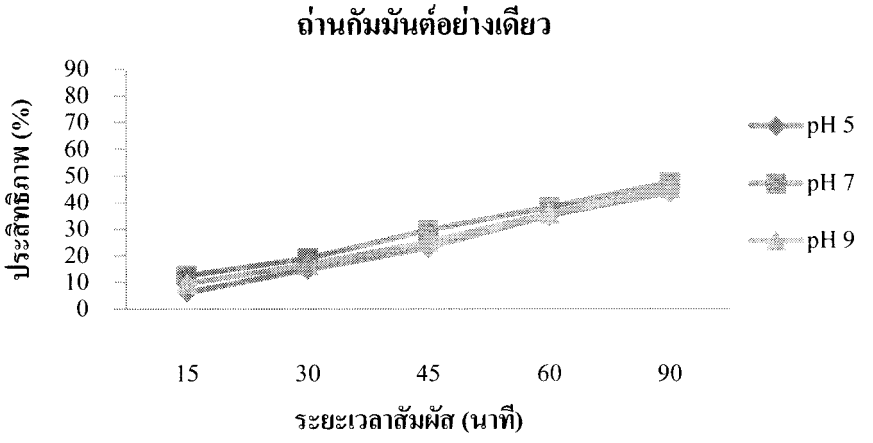
4.2.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด

- จากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด โดยใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียว จะเห็นว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างทั้งหมดมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 48 ในสภาวะที่เหมาะสมที่ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที ดังภาพที่ 4.4 (ก)

- จากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด โดยใช้สารกรองเรซิ่นอย่างเดียว จะเห็นว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างทั้งหมดมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 70 ในสภาวะที่เหมาะสมที่ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที ดังภาพที่ 4.4 (ข)

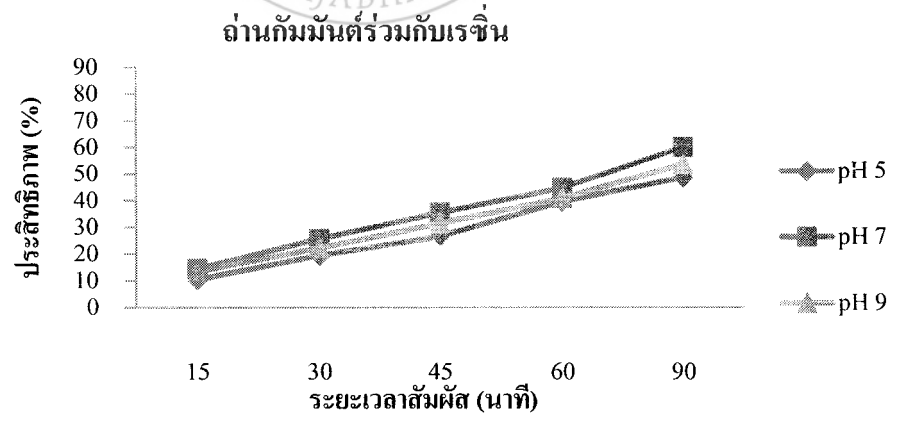
- จากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด โดยใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น จะเห็นว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างทั้งหมดมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 60 ในสภาวะที่เหมาะสมที่ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที ดังภาพที่ 4.4 (ค)

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY



(ก) ประสิทธิภาพของสารกรองเรซิ่นในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด

(ข) ประสิทธิภาพของสารกรองเรซิ่นในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด



(ค) ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่นในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด

ภาพที่ 4.4 ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด โดยใช้ถ่านกัมมันต์และเรซิ่น ในน้ำสังเคราะห์ พบว่า การใช้สารกรองเรซิ่นอย่างเดียวมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด ได้เท่ากับร้อยละ 60 ในสภาวะที่เหมาะสมค่า pH เท่ากับ 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ โดยการวิจัยจะใช้น้ำสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของเหล็ก 2 mg/L และความกระด้างทั้งหมด 1,000 mg/L ในการทดลองครั้งนี้จะทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมด คือ ค่า pH ที่เหมาะสมจะทดลองความเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำสังเคราะห์ 3 ค่า คือ pH 5, 7 และ 9 เพื่อหาค่า pH ที่เหมาะสม เมื่อได้ค่า pH ที่เหมาะสมแล้ว จะเลือกใช้ค่า pH นั้นในการศึกษาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมต่อการดูดซับโดยแปรเปลี่ยนระยะเวลาสัมผัส 5 ค่า คือ 15, 30, 45, 60 และ 90 นาที จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์ โดยใช้ชุดการทดลอง 3 ชุด ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียวในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์ พบว่า ในชุดการทดลองนี้สามารถกำจัดปริมาณของเหล็กในน้ำสังเคราะห์ได้ดีกว่าความกระด้างทั้งหมด ในสภาวะที่เหมาะสมที่ ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กโดยใช้ถ่านกัมมันต์ ร้อยละ 85 ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด ร้อยละ 48 ตามลำดับ

ชุดการทดลองที่ 2 ใช้สารกรองเรซิ่นอย่างเดียวในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์ พบว่า ในชุดการทดลองนี้สามารถกำจัดปริมาณของความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์ได้ดีกว่าเหล็ก ในสภาวะที่เหมาะสมที่ ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที ประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างทั้งหมดโดยใช้สารกรองเรซิ่น ร้อยละ 70 ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก ร้อยละ 46

ชุดการทดลองที่ 3 ใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่นในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์ พบว่า ในชุดการทดลองนี้สามารถกำจัดปริมาณของเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์ได้ดี ในสภาวะที่เหมาะสมที่ ค่า pH 7 ระยะเวลาสัมผัส 90 นาที ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กร้อยละ 85 ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด ร้อยละ 60

ดังนั้น จากการวิจัยพบว่า การใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น มีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ และมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาพัฒนาเป็นเครื่องกรองน้ำเพื่อใช้ในอุปโภคต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาอายุการใช้งานของถ่านกัมมันต์และสารกรองเรซิ่นในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ

2. ควรมีการศึกษาโดยใช้น้ำในแหล่งน้ำจริงแทนการใช้น้ำสังเคราะห์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพที่แท้จริงของระบบ

3. ถ้าตัวอย่างน้ำมีความเข้มข้นของเหล็กอย่างเดียวควรใช้ถ่านกัมมันต์ในการกำจัดเหล็ก ถ้าตัวอย่างน้ำมีความเข้มข้นของความกระด้างทั้งหมดเพียงอย่างเดียวควรใช้สารกรองเรซิ่นในการกำจัดความกระด้างทั้งหมด แต่ถ้าตัวอย่างน้ำที่มีทั้งเหล็กและความกระด้างทั้งหมดควรใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่นเพื่อให้การกำจัดมีประสิทธิภาพดีขึ้น

4. ควรมีการศึกษาโดยการใส่ถ่านกัมมันต์ก่อนสารกรองเรซิ่นในชุดการชุดลองที่ 3 เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ

5. ควรมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดเพิ่มเติม เช่น ระยะเวลาในการเขย่า ปริมาณของสารกรองและระยะเวลาปั่นกวน เป็นต้น

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรม

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2536. **วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.** หจก.สยามสเตชั่นเนอรี่ซัพพลายส์. หน้า 368

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2549. **วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม**. หจก.สยามสเตชั่นเนอรี่ซัพพลายส์. หน้า 220

ปราณี พันธุมสินชัย และศักดิ์ชัย สุริยจันทราทอง. 2550. **ความรู้พื้นฐานวิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ: สมาคม. หน้า 386

สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, เจิดจรรย์ ศิริวงศ์, พนาลี ชีวกิดาการ, ภทรธร เอื้อยกฤดาธการ และธันวดี เตชะภัททวรกุล. 2553. **คุณภาพน้ำและการจัดการ.** ศูนย์เครือข่ายมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 381

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2540. **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 351

สมศักดิ์ วรดามิน. 2549. **น้ำดื่มในอุดมคติ**. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 437

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์. 2550. **หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 281

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2528. **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2532. **วิศวกรรมประปา เล่ม 2**. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรวรรณ ศิริโชติ, วรรณา อินนาจิตร, แหลมทอง ชื่นชม, ดวงพร ชวนชิต และกนกรัตน์ นาวีการ. 2545. **การดูดซับไอออนเหล็กบนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากชานอ้อย เปลือกลูกยาง และกะลามะพร้าว.** ว. สงขลานครินทร์ วทท. ปีที่ 24 ฉบับที่ 2 เม.ย.-มิ.ย. หน้า 236-242

นงลักษณ์ ธัญญะวานิช. 2527. **การศึกษาคุณภาพน้ำบ่อตื้น ในจังหวัดยโสธร.** หน้า 109-110

นพพร ขิมมากทอง. 2536. **การศึกษาคุณภาพน้ำบ่อตื้นในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา**. หน้า 75

โกมล ศวะบวรและคณะ. 2543. **การประปาเบื้องต้น**. มหาวิทยาลัยมหิดล: กรุงเทพฯ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

สรัญญา ธนสัมฤทธิ์ม, นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และวิทยา ปั้นสกุล. 2551. **ประสิทธิภาพการดูดซับซัลไฟด์ไอออนในน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์กะลามะพร้าว.** วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 36 ฉบับที่ 4 ต.ค.-ธ.ค. หน้า 327-337

ชัยยศ อุเด็น. 2537. **คุณภาพน้ำบ่อตื้นสำหรับบริโภคในชนบท กรณีศึกษา: อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช**. หน่วยวิจัยชีวธรณีเคมีและการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

วิชชุลดา ชัยพร, ภัสราทิพย์ ลือสิริพาณิชย์ และสุพรรณี สุขกมล. 2554. **การกำจัดโครมียมและนิเกิลจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้โกงกาง**. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพฯ.

ธิดารัตน์ ผลพิบูลย์, ศิวัช พงษ์เพียจันทร์, อรมาศ สุทธินุ่น, อรุณี อิ้วเจริญ และอาคม ปาโส. 2554. **การศึกษาประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเมล็ดกาแฟและจากกะลามะพร้าวในการดักจับคลอโรฟอร์มในน้ำประปา.** หน่วยวิจัยชีวธรณีเคมีและการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

ณัฐฌา ศุภพิพัฒน์. 2545. **การศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อการกำจัดเหล็ก แมงกานีสและความกระด้างของน้ำขุมเหมืองบ้านปู.** ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่.

ภาคผนวก ก

วิธีการทดลอง

ภาคผนวก ก

วิธีการทดลอง

การวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก (Phenanthroline Method)

1. หลักการ

เหล็กถูกทำให้อยู่ในรูปที่ละลายหรือถูกรีดิวซ์ให้ไปอยู่ในรูป Fe^{2+} โดยการเติม Hydraxylamineและต้มด้วยกรด หลังจากนั้นควบคุม pH ให้อยู่ในช่วง 3.2-3.3 โดย Ammonium acetate buffer และทำปฏิกิริยากับ Phenanthroline เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีส้มแดง ซึ่งสามารถวัดความเข้มของสีที่เกิดขึ้น โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 nm

วิธีนี้ใช้หาตัวอย่างน้ำที่มีเหล็ก 0.02-4.0 มก./ล.

2. เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1 เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 nm ขนาดช่องแสง 1 ซม.

2.2 Hot Plate

2.3 glass bead

2.4 Erlenmeyer flask ขนาด 150 มล.

2.5 Volumetric flask ขนาด 50 มล.

2.6 Pipet ขนาด 50 มล.

3. การเตรียม สารละลายและวิธีเตรียม

3.1 Stock Iron solution

ละลาย 1.404 กรัม Ferrous ammonium sulfate ในน้ำกลั่น

⇩ ใส่ลงใน Volumtric flask ขนาด 1,000 มล.

เติม 50 มล. น้ำกลั่น และเติม 20 มล. conc. H_2SO_4

⇩

ค่อยๆหยด 0.1 N $KMnO_4$ จนเกิดสีชมพูอ่อนๆและสีไม่หายไป

⇩

เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มล.

สารละลายนี้ 1.00 มล. มีปริมาณเหล็ก 0.2 มล.

3.2 0.1 M $KMnO_4$ (Potassium Permanganate)

สารละลาย 0.316 กรัม Potassium Permanganate ในน้ำกลั่น และเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มล.

3.3 Hydroxylamine solution

ละลาย 10 กรัม Hydroxylamine solution ใน 100 มล.น้ำกลั่น

3.4 Ammonium acetate Buffer

สารละลาย 250 กรัม Ammonium acetate ($NH_4C_2H_3O_2$) ใน 150 มล.น้ำกลั่น แล้วเติม 700 มล. Acial acetic acid พร้อมคนให้เข้ากัน

3.5 Phenanthroline Solution ($C_{12}H_8N_2H_2O$)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ละลาย 0.1 กรัม 1,10 – Phenanthroline monohydrate ใน 100 มล.น้ำกลั่นทำการละลายโดยหยด conc.HCl 2-3 หยด **หรือ** ทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (อย่าให้เดือด) พร้อมกับกวนให้ละลาย

4. วิธีวิเคราะห์

Total iron

Pipet 50 มล. น้ำตัวอย่าง (ที่เขย่าผสมกันดีแล้ว)

⇩ ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 150 มล.

เติม มล. conc.HCl เขย่าให้ผสมกัน

⇩

เติม Hydroxyl hydrochloride มล. เขย่าให้ผสมกัน

⇩ ใส่ glass bead 3-4 เม็ด

นำไปต้มให้เดือดบน Hot Plate จนปริมาตรลดลงเหลือ ประมาณ 10 มล.

⇩ ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

เติม 10 มล.Ammonium acetateBuffer พร้อมเขย่าเทใส่ลงใน Volumetric flask 50 มล.

⇩

เติม 4 มล.Phenanthroline พร้อมเขย่า

⇩ เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 50 มล.

วัดค่า Absorbance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 nm

Total Hardness (ความกระด้างทั้งหมด)

1. สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐาน EDTA เข้มข้น 0.01 M

ละลาย EDTA di-sodium (Na_2 EDTA) 3.723 g ในน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตรในขวดวัดปริมาตร เก็บสารละลายในขวด Polyethylene หรือขวดแก้ว Borosilicate glass หากเก็บในขวดแก้วธรรมดา EDTA สามารถดึงไอออนบวกจากแก้วเข้าไปในสารละลายได้

2. สารละลายบัฟเฟอร์

ชั่ง Na_2 EDTA จำนวน 1.179 g และชั่ง ($MgSO_4$) 780 mg หรือ $MgCl_2.6H_2O$ 644 mg ละลายสารทั้งสองด้วยน้ำกลั่น 50 mL เติมสารละลายนี้ลงในแอมโมเนียมคลอไรด์ 16.9 g และ Conc.NH_4OH 143 mL ผสมให้เข้ากันปรับปริมาตรให้เป็น 250 mL เก็บในขวดพลาสติกและปิดฝาให้สนิท

3. อีริโอโครม แบลคที อินดิเคเตอร์

ผสม EBT 0.5 g และ NaCl 100 g เข้าด้วยกันเป็นผงแห้งสำหรับใช้เป็นอินดิเคเตอร์

4. สารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต

ชั่ง $CaCO_3$ จำนวน 1 g (อบแห้งที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง) ในขวดรูปกรวยวางกรวยไว้ที่คอขวดค่อยๆเติม HCl (1+1) ทีละน้อยจน $CaCO_3$ ละลายหมด เติมน้ำกลั่น 200 mL ต้มให้เดือด 2-3 นาที ทิ้งให้เย็น เติมเมทธิลเรด อินดิเคเตอร์ 2-3 หยด ปรับให้เป็นสีส้มกลางๆด้วย NH_4OH 3 N หรือ HCl (1+1) ปรับปริมาตรให้ได้ 1000 mL (สารละลายมาตรฐานนี้ 1.00 mL สมมูลกับ 1.00 mg $CaCO_3$)

5. 0.1% Methyl red indicator

ละลาย Methyl red 0.1 g ใน 95% Ethanol แล้วปรับปริมาตรครบ 100 mL

6. (1+1) Hydrochloric acid

ค่อยๆเติม conc.HCl ลงในน้ำกลั่นในปริมาตรที่เท่าๆกัน คนให้ทั่วกัน ปล่อยให้เย็นแล้วถ่ายเก็บใส่ขวดสารเคมี

7. 3 N Ammonium hydroxide

เจือจาง conc.NH_4OH 100 mL ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 500 mL

2.เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่
2. บิวเรต
3. กระบอกตวง
4. ขาตั้ง

3.วิธีการวิเคราะห์

1. ตวงน้ำตัวอย่าง 50 mL
2. เตรียมแบลงค์โดยใช้น้ำกลั่น 50 mL
3. เติมสารละลายบัฟเฟอร์ 2 mL ผสมให้เข้ากัน
4. เติมอีริโอโครมแบลคที อินดิเคเตอร์ 0.4 mg หรือเพียงเล็กน้อย
5. ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน EDTA 0.01 M จนเปลี่ยนสีจากสีม่วงแดงเป็นสีฟ้า

4. การคำนวณ

$$\text{ความกระด้าง (mg/L)} = \frac{\text{Ax 100}}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (mL)}}$$

A = ปริมาตร EDTA ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำตัวอย่าง (mL)

การเตรียมน้ำสังเคราะห์

น้ำสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการเตรียมขึ้นโดยมีความกระด้างทั้งหมด 1,000 mg/L และเหล็กปริมาตร 2 mg/L มีวิธีการคิดดังนี้

1. การเตรียมน้ำกระด้างทั้งหมด

เตรียม Ca^{2+} 1,000 ppm ให้มีปริมาตร 1,000 mL

ถ้ามี Ca^{2+} 40.078 g/mol ในสาร $CaCO_3$ 100.09 g/mol

ต้องการ Ca^{2+} 1 g/L จะต้องใช้ $CaCO_3$ 1 g x100.09 g/mol

$$\frac{}{40.078 \text{ g/mol}}$$

$$= 2.497 \text{ g}$$

เตรียม Mg^{2+} 1,000 ppm ให้มีปริมาตร 1,000 mL

ถ้ามี Mg^{2+} 24.305 g/mol ในสาร $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 246.47 g/mol

ต้องการ Mg^{2+} 1 g/L จะต้องใช้ $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 1 g x 246.47 g/mol

$$\frac{}{24.305 \text{ g/mol}}$$

$$= 10.141 \text{ g}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

2. การเตรียมเหล็ก

มี Fe^{2+} 55.847 g/mol ใน $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$ 392.13 g/mol

เตรียม Fe^{2+} 100 mg/L ต้องใช้ $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H2O$ 392.13 g/mol

$$\frac{100 \text{ mg/L} \times 392.13 \text{ g/mol}}{55.847 \text{ g/mol}}$$

$$= 702.15 \text{ mg/L}$$

เตรียม Fe^{2+} 1,000 mL ต้องใช้ $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$ 702.15 g/mol

เตรียม Fe^{2+} 500 mL ต้องใช้ $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$ 500 mL x702.15mg

$$\frac{}{1{,}000 \text{ mL}}$$

$$= 351.075 \text{ mg}$$

เราต้องการให้เหล็กมีปริมาณเป็น 2 mg/L จะต้องเจือจางโดยใช้สูตร ดังนี้

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 2 \text{ ppm} \times 5{,}000 \text{ mL}$$

$$= \frac{2 \text{ ppm} \times 5{,}000 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

$$= 100 \text{ mL}$$

ต้องปีเปต Fe^{2+} 100 ppm มา 100 mL ปรับปริมาตรเป็น 5,000 mL แสดงว่าในขวดเก็บจะมี Fe^{2+} 100 mL + H_2O 4,000 mL

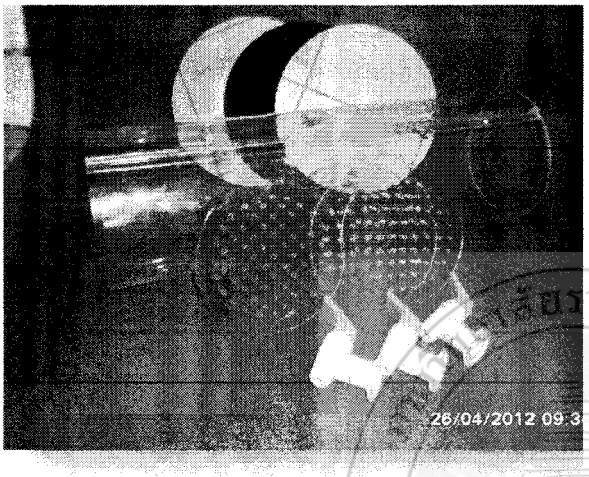
ภาคผนวก ข

ภาพประกอบการวิจัย

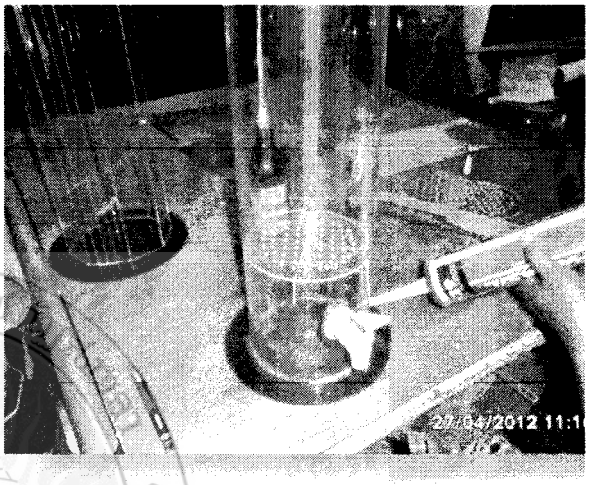
ภาคผนวก ข

ภาพประกอบการวิจัย

ขั้นตอนการทำชุดกรองน้ำ



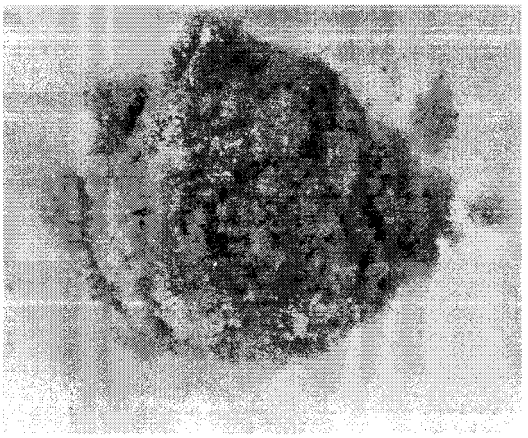
ภาพที่ ผข-1 ส่วนประกอบของเครื่อง



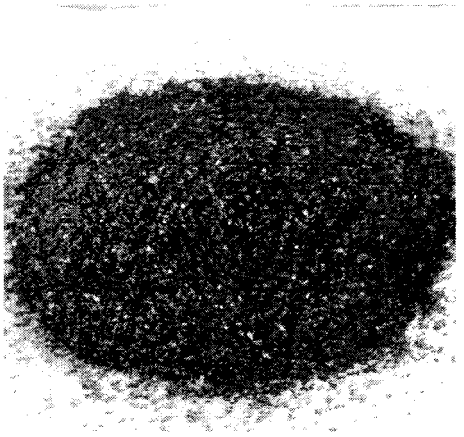
ภาพที่ ผข-2 การประกอบชุดกรอง

ภาพที่ ผข-3 เครื่องกรองน้ำ

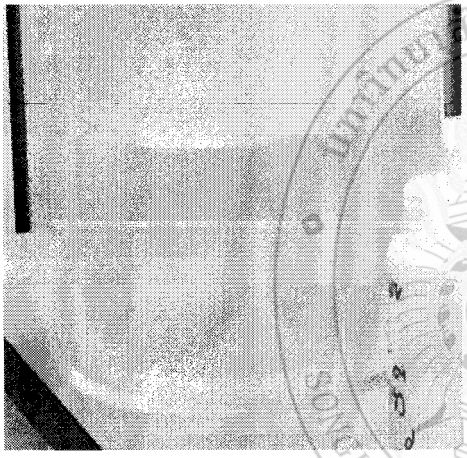
ภาพที่ ผข-4 เครื่องกรองน้ำที่พร้อมใช้งาน



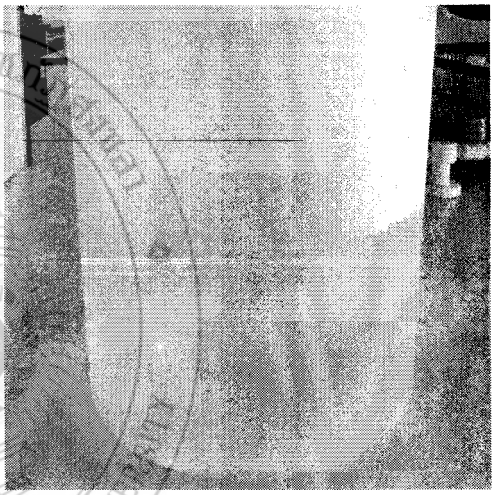
ภาพที่ ผข-5 สารกรองเรซิ่น



ภาพที่ ผข-6 ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว



ภาพที่ ผข-7 ลักษณะน้ำก่อนกรอง



ภาพที่ ผข-8 ลักษณะน้ำหลังกรอง

ภาคผนวก ค

แบบเสนอโครงการวิจัย

แบบเสนอโครงการวิจัย
โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วิจัยเฉพะทางสิ่งแวดล้อม (4003001)

1. ชื่อโครงการวิจัย การกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ ด้วยถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น

Removal of Iron and Total Hardness in Water with Activated Carbon and Resin.

2. ปีการศึกษาที่ทำการวิจัย 2554

3. สาขาที่ทำการวิจัย วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

4. ประวัติของผู้วิจัย

4.1 นางสาวกัลยา อีนหมัน ศึกษาระดับปริญญาตรี
ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
Miss Kanlaya Aeanmun, Education of Bachelor Degree 4, Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University.

4.2 นางสาวสิรินภัส สุวรรณคีรี ศึกษาระดับปริญญาตรี
ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
Miss Sirinapat Suwankeeree, Education of Bachelor Degree 4, Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University.

5. รายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัย

5.1 ความเป็นมาและสาเหตุของปัญหา

น้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ สัตว์ และ พืช โดยเฉพาะมนุษย์ได้มีการนำน้ำมาใช้หลายรูปแบบ เช่น การอุปโภค บริโภค การเกษตรและอุตสาหกรรม ในชนบทแหล่งน้ำใต้ดินที่นำมาบริโภคส่วนใหญ่เป็นบ่อขุดระดับตื้น ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่มีอยู่ตามธรรมชาติ โดยมักเป็นบ่อที่ขุดโดยใช้แรงงานคน มีความลึกไม่มากนัก และมักอยู่ใกล้ๆบ้านเรือนหรือชุมชนและพบว่าประชาชนในชนบท ร้อยละ 95.3 นิยมการบริโภคน้ำจากบ่อตื้น และเป็นน้ำที่ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาก่อน (เกรียงศักดิ์, 2549) สำหรับน้ำบ่อตื้นในประเทศไทยหลายพื้นที่ที่มีลักษณะใส และดูน่าดื่ม แต่ความใสของน้ำไม่ได้บ่งบอกว่าน้ำสะอาด หรือปลอดภัยสำหรับน้ำดื่ม

สำหรับภาคใต้ของประเทศไทยประชาชนยังนิยมการบริโภคหรืออุปโภคน้ำบ่อตื้น เนื่องจากมีความสะดวกในการจัดหาและค่าใช้จ่ายน้อย แต่ในทางกลับกันน้ำบ่อตื้นก็ยังคงมีอันตรายต่อสุขภาพ เนื่องจากน้ำมีความกระด้างซึ่งเกิดจากแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่มาก หากดื่มน้ำที่มีความกระด้างสูงอาจทำให้เกิดโรคนิ่ว นอกจากนี้น้ำบ่อตื้นส่วนใหญ่จะมีสนิมเหล็กอยู่ค่อนข้างสูง แม้ว่าเหล็กเป็นธาตุอาหารของมนุษย์เพราะช่วยทำให้เม็ดเลือดมีสีแดง แต่ถ้าร่างกายได้รับเหล็กมากเกินไปและไม่สามารถขับถ่ายออกได้หมด เหล็กจะถูกสะสมไว้ที่ตับ ทำให้เป็นโรคเกี่ยวกับตับได้ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการดูดซับเหล็กและความกระด้างและนำถ่านกัมมันต์และเรซิ่นมาประยุกต์ใช้ในเครื่องกรองน้ำเพื่อให้น้ำมีคุณภาพที่ดีขึ้น

5.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ
3. พัฒนาเครื่องกรองน้ำโดยใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น

5.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมดของถ่านกัมมันต์และเรซิ่น

2. ทราบถึงประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์และเรซิ่นในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมด

3. เป็นแนวทางในการนำถ่านกัมมันต์และเรซิ่นมาประยุกต์ใช้ในเครื่องกรองน้ำต่อไป

5.4 การประมวลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.4.1 ถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ มีชื่อภาษาอังกฤษว่า แอคทิฟคาร์บอน (active carbon) หรือ แอกทิเวตเทต คาร์บอน (activated carbon) เป็นถ่านที่มีสมบัติพิเศษที่ได้รับการเพิ่มคุณภาพหรือประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการใช้เทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีสมบัติหรืออำนาจในการดูดซับสูง เนื่องจากมีรูพรุนขนาดเล็กเกิดขึ้นจำนวนมาก ความพรุนของก้อนถ่านจะมีค่าตั้งแต่ 1,000-1,100 ตารางเมตรต่อกรัม

การผลิตถ่านกัมมันต์โดยทั่วไป แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่านโดยทั่วไปมักใช้วิธีเผาที่ไม่มีอากาศเพื่อไม่ให้วัตถุดิบกลายเป็นเถ้า ซึ่งอุณหภูมิในการเผาประมาณ 200 – 400 องศาเซลเซียส และขั้นตอนการนำ ถ่านไปเพิ่มคุณภาพด้วยเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ ที่เรียกว่าการกระตุ้น (activation) แบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ การกระตุ้นทางเคมี และการกระตุ้นทางกายภาพ

1. การกระตุ้นทางเคมี เป็นการกระตุ้นด้วยการใช้สารเคมี เช่น แคลเซียมคลอไรด์ สังกะสีคลอไรด์ กรดฟอสฟอริก เป็นต้น ซึ่งสามารถแทรกซึมได้ทั่วถึง ทำ ให้ส่วนที่ไม่บริสุทธิ์ละลายหมดไปได้เร็วขึ้นจากนั้นนำ ไปเผาในถังที่มีออกซิเจนเป็นเวลาหลายชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิเผาประมาณ 600 - 700 องศาเซลเซียส แต่มีข้อเสียตรงที่ต้องล้างสารเคมีที่ใช้ในการกระตุ้น ซึ่งติดมากับถ่านกัมมันต์ออกให้หมดไม่ให้เหลือตกค้างอยู่เลย เพื่อความปลอดภัยในการนำ ไปใช้งาน

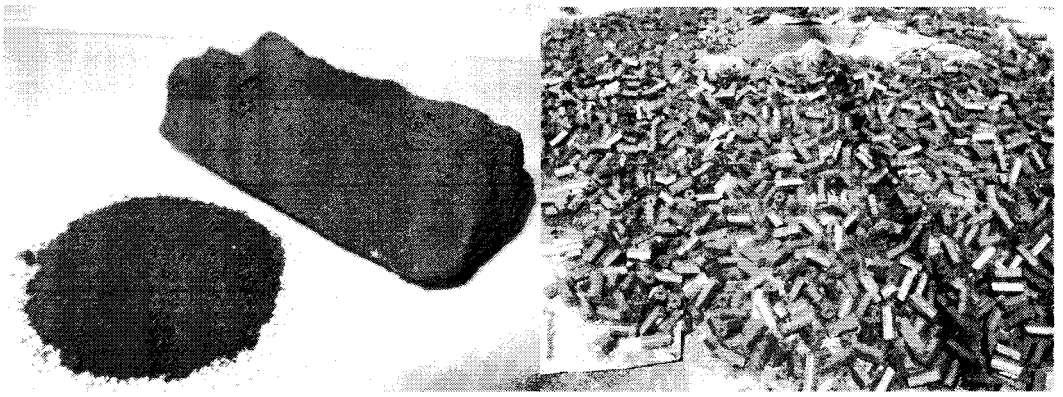
2. การกระตุ้นทางกายภาพ เป็นการกระตุ้นด้วยการใช้แก๊ส หรือไอน้ำ ซึ่งใช้อุณหภูมิในการเผากระตุ้น ค่อนข้างสูงประมาณ 800-1000 องศาเซลเซียส

5.4.1.1 ชนิดของถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ สามารถแบ่งออกไดเป็น 2 ประเภท คือ

1) ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Powder activated carbon หรือ PAC) เป็นการเติมผงถ่านกัมมันต์อาจจะทำพร้อมกับการเติมโคแอกกูแลนต์ก็ได้ ถ่านกัมมันต์จะรวมตัวอยู่กับตะกอนแขวนลอยในน้ำกลายเป็นฟลอคซึ่งสามารถแยกออกจากน้ำได้โดยการตกตะกอนหรือการกรอง ด้วยเหตุนี้ผงถ่านกัมมันต์จึงนิยมเติมก่อนกระบวนการตกตะกอนหรือกระบวนการกรองน้ำ ในกรณีที่น้ำมีสีและความขุ่นต่ำ อาจแก้ไขโดยการเติมผงถ่านกัมมันต์ประมาณ 5-20 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วกรองออกด้วยเครื่องกรองน้ำ

2) ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด (Granular activated carbon หรือ GAC) ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของเม็ดทรายกรองน้ำ (ดังภาพที่ 1) แต่เปราะและเบากว่าทรายกรองน้ำ ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดสามารถบรรจุในถังแล้วให้น้ำไหลผ่านในลักษณะที่คล้ายกับการกรองน้ำ ซึ่งสามารถกำจัดน้ำที่มีสีและบีโอดีในน้ำเสียที่ไหลผ่านได้ดีโดยน้ำเสียจะไหลผ่านชั้นถ่านกัมมันต์ด้วยอัตราความเร็วประมาณ 5-10 เมตรต่อชั่วโมง เวลาสัมผัสระหว่างน้ำเสียกับถ่านกัมมันต์จะอยู่ในช่วง 10-30 นาที น้ำเสียที่จะเข้าถังถ่านกัมมันต์ต้องกำจัดตะกอนแขวนลอยออกให้มากที่สุดก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้อำนาจการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ลดลงเนื่องจากถูกอุดตันเร็วเกินไป ในทางปฏิบัติที่เป็นไปได้มักใช้ถังถ่านกัมมันต์เป็นวิธีกำจัดสีที่ตกค้างมาจากกระบวนการอื่นๆ เช่น อาจมีกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางชีววิทยากำจัดน้ำเสียก่อน จากนั้นจึงมีถังถ่านกัมมันต์กำจัดน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวมาแล้ว เป็นต้น ด้วยวิธีดังกล่าวถังถ่านกัมมันต์จึงรับภาระน้อยลง ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ใช้และเสื่อมสภาพแล้วสามารถนำไปทำรีเจนเนอเรชั่นและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ข้อดีนี้ถือเป็นข้อดีประการหนึ่งของถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด แต่อย่างไรก็ตาม การฟื้นฟูสภาพต้องเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงมาก ทำให้ถ่านกัมมันต์บางส่วนป่นกลายเป็นผงละเอียดจนใช้การไม่ได้



ภาพที่ 1 ถ่านกัมมันต์

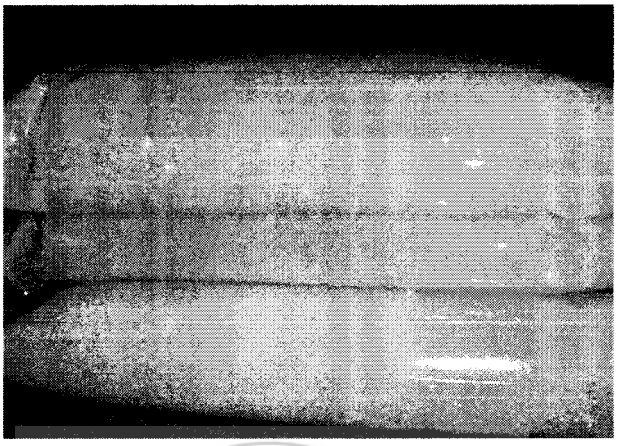
5.4.1.2 การฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ (Regeneration)

ข้อดีของการใช้ถ่านกัมมันต์ คือ การที่สามารถนำถ่านกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่ได้อีกหลังจากที่มีการปรับปรุงสภาพ ดังนั้น เพื่อเป็นการประหยัดทรัพยากร ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ใช้แล้วควรนำไปฟื้นฟูสภาพเพื่อฟื้นความสามารถการดูดติดผิวและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดที่ใช้แล้สามารถนำไปฟื้นฟูสภาพได้ตลอดไป แต่ทุกๆครั้งที่มีการฟื้นฟูสภาพต้องมีการเติมถ่านกัมมันต์ใหม่จำนวนหนึ่งเพื่อทดแทนถ่านกัมมันต์ไม่ควรเกิน 5 % ของทั้งหมด การฟื้นฟูสภาพมักใช้วิธีเผาในเตาอุณหภูมิสูงซึ่งควบคุมปริมาณออกซิเจนและความชื้นได้ การฟื้นฟูสภาพด้วยวิธีเคมีและวิธีชีวภาพก็อาจใช้ได้แต่ไม่ได้ผลเท่าวิธีที่ใช้ความร้อนสูง

5.4.2 สารกรองเรซิ่น

เป็นสารกรองที่ทำมาจาก Polystyrene Sulphonate มีลักษณะเป็นเม็ดทรงกลมขนาดเล็กสีเหลือง มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม (ดังภาพที่ 2) สารกรองใช้หลักการทำงานแลกเปลี่ยนประจุระหว่างตัวสารกรองกับประจุในน้ำเป็นชนิด Anion ทำหน้าที่กำจัดหรือจับสารละลายประจุลบมี Ionic Form เป็นชนิด OH Regenerate ด้วย NaOH ใช้ในงานระบบ DI หรือผลิตน้ำบริสุทธิ์โดยทั่วไปในการฟื้นสภาพ เรซิ่นจะใช้สารละลายเกลือแกงความเข้มข้นตามที่ผู้ผลิตกำหนด โดยให้ค่อยๆไหลผ่านหรือโดยแช่เรซิ่นในสารละลายดังกล่าวเป็นระยะเวลาหนึ่ง (1-2 ชั่วโมง) แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดให้หมดความเค็ม เรซิ่นที่ผ่านการใช้งาน และการฟื้นสภาพมาหลายครั้งแล้ว จะมีความสามารถแลกเปลี่ยนไอออนลดลง จึงต้องทำการเปลี่ยนสารเรซิ่นใหม่

โดยสเปคของผู้ผลิตระบุให้ อยู่ประมาณ 3-5 ปี ขึ้นอยู่กับสภาพและปริมาณการใช้น้ำของแต่ละแห่ง (สันทัด, 2549)



ภาพที่ 2 สารกรองเรซิ่น

5.4.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

5.4.3.1 ธรรมชาติของตัวดูดซับ

พื้นที่ผิวเป็นสมบัติอย่างหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถของตัวดูดซับในการดูดซับ เมื่อพื้นที่ผิวของตัวดูดซับเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพื้นที่ผิวของตัวดูดซับเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะบ่งบอกได้ถึงความสามารถในการดูดซับ โครงสร้างของรูพรุนก็มีส่วนช่วยให้พื้นที่ผิวมีความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น แต่ถ้าตัวดูดซับมีรูพรุนมากๆพื้นที่ผิวที่ใช้ในการดูดซับจะอยู่ในรูพรุน ขนาดของตัวดูดซับจะไม่มีผลกับความสามารถในการดูดซับ

5.4.3.2 ธรรมชาติของตัวถูกดูดซับ

ความสามารถในการละลายน้ำของโมเลกุลตัวถูกดูดซับมีผลต่อการดูดซับ ซึ่งแนวโน้มของการดูดซับบนพื้นผิวตัวดูดซับจะลดลง เมื่อโมเลกุลตัวถูกดูดซับละลายน้ำได้ดี เพราะว่าก่อนที่จะเกิดกระบวนการดูดซับจะต้องมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของตัวถูกดูดซับกับโมเลกุลของน้ำ เพื่อให้โมเลกุลตัวถูกดูดซับหลุดออกจากน้ำไปเกาะบนพื้นผิวของตัวดูดซับ โมเลกุลของตัวถูกดูดซับขนาดใหญ่มีความสามารถในการละลายน้ำลดลง จึงมีแนวโน้มที่จะถูกดูดซับบนพื้นผิวตัวดูดซับมากขึ้น

5.4.3.3 อัตราเร่งการปั่นกวน

อัตราเร็วในการดูดซับขึ้นอยู่กับการขนส่งโมเลกุลของระบบ ขั้นตอนนี้ประกอบด้วยการแพร่ผ่านฟิล์มและการแพร่เข้าสู่โพรงซึ่งแล้วแต่การปั่นกวนของระบบ ถ้าการปั่นกวนต่ำฟิล์มน้ำซึ่งล้อมสารดูดซับจะมีความหนามาก และเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลตัวถูกดูดซับเข้าไปหาตัวดูดซับ ในทางตรงกันข้ามถ้าการปั่นกวนสูงทำให้ความหนาของชั้นฟิล์มจะลดลง ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว ดังนั้นการแพร่เข้าสู่โพรงจะเป็นขั้นตอนในการกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ

5.4.3.4 อุณหภูมิ

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้การแพร่ผ่านของสารที่ถูกดูดซับลงไปยังรูพรุนของตัวดูดซับเร็วขึ้นแต่จะส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับลดลง

5.4.3.5 ผลของ pH ต่อประสิทธิภาพการดูดซับ

การดูดซับขึ้นกับสภาพความเป็นขั้วของพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ เมื่อสารละลายมีสภาพความเป็นกรด (pH ต่ำ) ส่งผลให้เกิดไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) บนพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ทำให้กระบวนการดูดซับไอออนลบเกิดได้มากขึ้น และเมื่อมีสารละลาย pH เพิ่มขึ้นมีผลทำให้มี OH^- บนพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มขึ้น และสามารถดูดซับไอออนบวกได้มากขึ้น แต่ถ้าสารละลายมี pH สูงกว่า 9 จะทำให้โลหะไอออนตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์ และโลหะไอออนจะถูกดูดซับได้น้อยลง

พื้นผิวของตัวดูดซับที่มีสินแร่เป็นองค์ประกอบโดยเฉพาะสินแร่พวกโลหะออกไซด์ เช่น โลหะออกไซด์ของเหล็ก และอะลูมิเนียม มีสมบัติในการให้และรับโปรตอนกับสารละลาย ทำให้เกิดขั้วบนพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ การมีประจุบนพื้นผิวของตัวดุดซับขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลาย ค่า pH ของสารละลายที่ทำให้ประจุบนพื้นผิวของตัวดูดซับมีค่าเท่ากับศูนย์ เรียกว่า pH_0 ตารางที่ 1.1 แสดง pH_0 ของสินแร่ที่ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับธรรมชาติ

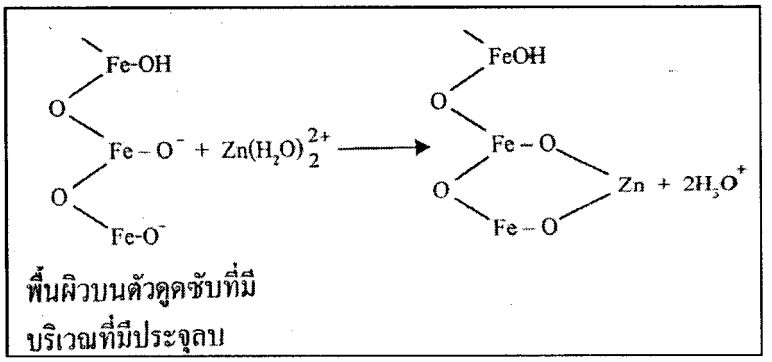
ตารางที่ 1.1 แสดง pH_0 ของสินแร่ที่ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับธรรมชาติ

สินแร่	pH_0
Quartz SiO_2	2.0
MnO_2	2.0-4.5
Fe_2O_3	6.5-9.0
Goethite, FeOOH	7.5
Heamatite	8.5
Alumina, $Al(OH)_3$	5.0-9.0
Humic material	4.0-5.0
calcite, $CaCO_3$	8.0-9.5

ที่มา : vanLoon, G.W. and Duffy, S.J. (2000)

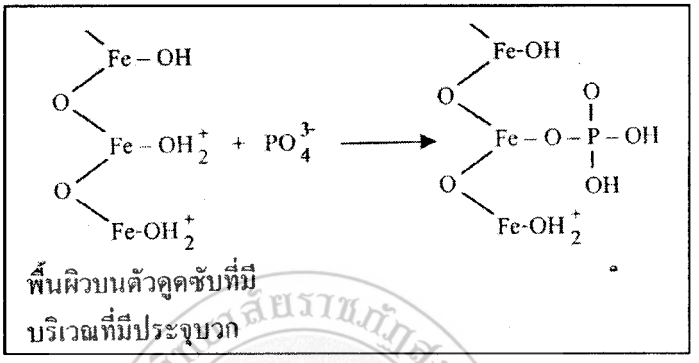
เมื่อค่า pH ของสารละลายมีค่าเท่ากับ pH_0 ของตัวดูดซับ พื้นผิวบนตัวดูดซับมีบริเวณที่มีประจุบวกเท่ากับบริเวณที่มีประจุลบ ดังนั้นค่า pH_0 ของตัวดูดซับจะใช้เป็นตัวชี้บอกถึงจำนวนพื้นที่ผิวที่มีประจุบนตัวดูดซับ (นิพนธ์และคณิตา, 2550)

ถ้า pH ของสารละลายมีค่ามากกว่า pH_0 ของตัวดูดซับ ตัวดูดซับมีพื้นที่ผิวที่มีประจุลบมากกว่าพื้นที่ผิวที่มีประจุบวก ทำให้พื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีความสามารถในการจับกับตัวถูกดูดซับที่มีประจุบวก เช่น โลหะไอออนบวก หรือมีสมบัติในการแลกเปลี่ยนของสารที่มีประจุบวก ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การจับของตัวดูดซับที่มีประจุบวกกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับที่มีประจุลบ

ถ้า pH ของสารละลายมีค่าน้อยกว่า pH_0 ของตัวดูดซับ พื้นผิวบนตัวดูดซับมีบริเวณที่มีประจุบวกมากกว่าพื้นที่ผิวที่มีประจุลบ ทำให้พื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีความสามารถในการจับกับตัวถูกดูดซับที่มีประจุลบ เช่น PO_4^{3-}, AsO_4^{3-}, SO_4^{2-}, MoO_4^{2-}, COO^- เป็นต้น หรือกล่าวได้ว่ามีสมบัติในการแลกเปลี่ยนสารที่มีประจุลบ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การจับของตัวดูดซับที่มีประจุลบกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับที่มีประจุบวก

5.4.4 คุณสมบัติของน้ำดิบ

5.4.4.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

(1) ความขุ่น ความขุ่นของน้ำเกิดจากสารแขวนลอยในน้ำ เช่น ดินโคลน ทรายละเอียด และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจำพวกสาหร่ายเซลล์เดียว แพลงตอนและไดอะตอม สารดังกล่าวสามารถทำให้แสงเกิดการหักเหในน้ำ และอาจดูดแสงเอาไว้มิให้ผ่านทะลุ จึงทำให้มองเห็นน้ำมีลักษณะขุ่น เนื่องจากความขุ่นสามารถสังเกตได้ง่าย จึงเป็นปัจจัยสำคัญเบื้องต้นในการตัดสินว่า ผู้บริโภคต้องการใช้น้ำหรือไม่ และเนื่องจากความขุ่นเป็นพารามิเตอร์ที่วัดได้ง่าย

(2) สีในธรรมชาติส่วนใหญ่เกิดจากพืชและใบไม้ที่เน่าเสีย และมักมีสีชา อย่างไรก็ตามสีของน้ำอาจเป็นสีที่เกิดจากน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ การที่น้ำมีสีปกติทำให้น้ำไม่น่าใช้ ดังนั้นการกำจัดสีออกจากน้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการผลิตน้ำประปา

(3) อุณหภูมิ น้ำธรรมชาติมักมีอุณหภูมิอยู่ที่ช่วงปกติ เนื่องจากกระบวนการผลิตน้ำประปาไม่ทำให้อุณหภูมิผิดปกติ จึงไม่มีการกล่าวถึงขีดจำกัดของอุณหภูมิไว้ในมาตรฐานน้ำดิบ อย่างไรก็ตามต้องตระหนักไว้ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงได้ และยังมีอิทธิพลต่อกรรมวิธีในกรผลิตน้ำประปาอีกหลายประเภท

5.4.4.2 คุณสมบัติทางเคมี

(1) pH (ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง) การวัดค่า pH เป็นการวัดความเข้มข้นของ H^+ เกิดขึ้นเนื่องจากการแตกตัวของกรดในน้ำ และอาจถูกละลายโดยสารละลายด่าง น้ำที่มีpH สูงกว่า7 ถือว่าเป็นด่าง ส่วนน้ำที่มีpH ต่ำกว่า 7ถือว่าเป็นกรด

(2) ความเป็นด่าง (Alkalinity) น้ำที่มีความเป็นด่างสูงเป็นน้ำที่มีความสามารถในการต้านทานความเปลี่ยนแปลงค่าpHได้ดี โดยค่าpHไม่ลดลง นอกจากนี้ความเป็นด่างยังมีบทบาทสำคัญในกระบวนการ

(3) ความกระด้าง (Hardness) ความกระด้างของน้ำเป็นคุณสมบัติที่ไปทำลายความสามารถในการเกิดฟองสบู่ ดังนั้น น้ำกระด้างจึงหมายถึงน้ำที่ทำปฏิกิริยากับสบู่ แล้วทำให้เกิดฟองสบู่ได้ยาก เกิดตะกรันอุดตันในหม้อต้มน้ำและภาชนะอื่นๆ สิ้นเปลืองสบู่โดยไม่จำเป็นเกิดคราบสกปรกติดอยู่ตามภาชนะ และทำให้รสชาติของน้ำไม่ปกติ ต้นเหตุที่ทำให้น้ำมีความกระด้าง เนื่องจากมีเกลือพวกไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ซัลเฟต (SO_3^{-2}) คลอไรด์ (Cl^-) และไนเตรต (NO_3^-) ของธาตุแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ละลายเจือปนอยู่ในน้ำ เช่น แคลเซียมไบคาร์บอเนต ($Ca(HCO_3)_2$) แมกนีเซียมไบคาร์บอเนต ($Mg(HCO_3)_2$) เป็นต้น น้ำกระด้างทำให้เกิดฟองสบู่ได้ยาก เพราะความกระด้าง เมื่อทำปฏิกิริยากับสบู่จะรวมตัวกันเกิดเป็นสารประกอบใหม่ขึ้น ซึ่งจะไม่ละลายน้ำและไม่ทำให้มีฟองเกิดขึ้น (เกรียงศักดิ์, 2549) ความกระด้างของน้ำ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ความกระด้างชั่วคราว (Temporary Hardness) เกิดจากเกลือคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตของธาตุแคลเซียมและธาตุแมกนีเซียมที่ละลายอยู่ในน้ำ

2. ความกระด้างถาวร (Permanent Hardness) เกิดจากเกลือซัลเฟตและคลอไรด์ของธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม การแก้ความกระด้างชนิดนี้ต้องใช้วิธีการทางเคมี เช่น การเติมปูนขาวกับโซดาซักผ้า เพื่อทำให้เกลือดังกล่าวตกตะกอนลงมาเนื่องจากน้ำจากแหล่งต่างๆในธรรมชาติมีความกระด้างไม่เท่ากัน จึงสามารถที่จะแบ่งความกระด้างออกเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ระดับความกระด้าง

ระดับความกระด้าง	ค่าความกระด้าง mg/L as $CaCO_3$
น้ำกระด้าง (Soft water)	0-75
น้ำกระด้างเล็กน้อย (Slightly)	75-150
น้ำกระด้าง (Hard water)	150-300
น้ำกระด้างมาก (Very hard water)	มากกว่า 300

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2549

(4) เหล็ก (Iron)

น้ำในธรรมชาติอาจจะมีเหล็กและแมงกานีสอยู่ตามลำพัง หรืออยู่รวมกันโดยเฉพาะน้ำใต้ดินจะมีเหล็กอยู่ด้วยเสมอ เหล็กที่อยู่ในน้ำมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ เฟอรัส (Fe^{+2}) เป็นรูปที่สามารถละลายน้ำได้ และเฟอริก (Fe^{+3}) ซึ่งเป็นรูปที่ไม่ละลายน้ำแต่จะตกตะกอนเป็นคราบติดอยู่กับภาชนะ เหล็กในรูปเฟอรัสเมื่อได้รับ O_2 จะทำปฏิกิริยากลายเป็นรูปเฟอริกตกตะกอนลงมา เรียกว่าสนิมเหล็ก เป็นตะกอนที่มีสีแดงและเมื่อตั้งทิ้งไว้จะกลายเป็นสีแดงขุ่น จะก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันของเครื่องสูบน้ำ ท่อน้ำ เครื่องสุขภัณฑ์มีคราบของเหล็กเกาะจับอยู่ สีของน้ำเป็นสนิมเหล็ก ร่างกายของมนุษย์ถ้าได้รับเหล็กในปริมาณมากเกินไป ร่างกายไม่สามารถขับออกได้หมดและจะถูกสะสมไว้ที่ตับทำให้เกิดโรคที่เกี่ยวกับตับได้ ในขณะเดียวกันเหล็กก็มีประโยชน์ในการช่วยสร้างเม็ดโลหิตแดงในร่างกาย

ชัยยศ (2537) ทำการศึกษาคุณภาพน้ำบ่อตื้นในจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า มีค่าเหล็กอยู่ระหว่าง 0.1-6.0 mg/L ค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 32-704 mg/L และนพพร(2536) ทำการศึกษาคุณภาพน้ำบ่อตื้นในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา พบว่า ค่าเหล็กอยู่ระหว่าง 0.04-2.08 mg/L ค่าความกระด้างอยู่ระหว่าง 8-292 mg/L และจากการศึกษาการประเมินศักยภาพมลสารของน้ำบาดาลบ่อตื้นในแหล่งชุมชนบริเวณขอบทะเลสาบสงขลาตอนล่างจำนวน 35 บ่อ จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจะพบว่ามีเหล็กอยู่ในช่วง 0.06-17.23 mg/L และความกระด้างทั้งหมดอยู่ในช่วง 30-500 mg/L เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค ดังตารางที่ 1.3 แล้วจะมีค่าเกินเกณฑ์ของมาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค

ตารางที่ 1.3 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค

พารามิเตอร์	หน่วย	คุณภาพน้ำดื่มของ WHO (ปี 2547)	คุณภาพน้ำบริโภคในชนบท*	คุณภาพน้ำประปา กรมอนามัย (ปี 2543)**
สี (Colour)	แพลตตินั่มโคบอลท์	15	15	15
ความขุ่น(Turbidity)	NTU	5	10	10
ปริมาณสารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย	mg/L (ppm)	1000	1000	1000
ความกระด้าง(Hardness)	mg/L (ppm)	500	300	500
เหล็ก (Fe)	mg/L (ppm)	0.3	0.5	0.5
มังกานีส (Mn)	mg/L (ppm)	0.1	0.3	0.3
ทองแดง (cu)	mg/L (ppm)	1.0	1.0	1.0
สังกะสี (Zn)	mg/L (ppm)	0.5	0.5	0.3
ตะกั่ว (Pb)	mg/L (ppm)	0.05	0.05	0.03
โครเมี่ยม (Cr)	mg/L (ppm)	0.05	0.05	0.05
แคดเมี่ยม (Cd)	mg/L (ppm)	0.005	0.005	0.003
สารหนู (As)	mg/L (ppm)	0.05	0.05	0.01
ปรอท (Hg)	mg/L (ppm)	1.0	1.0	1.0
ซัลเฟต (SO_4^{2-})	mg/L (ppm)	400	400	250
คลอไรด์ (Cl)	mg/L (ppm)	250	250	250
ไนเตรต (NO_3^-)	mg/L (ppm)	10	10	50
ฟลูออไรด์ (F)	mg/L (ppm)	1.0	1.0	0.7
คลอรีนอิสระตกค้าง	mg/L (ppm)	-	0.2-0.5	0.2-0.5***
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	mpm/100 mL	0	10	0
ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย	mpm/100 mL	0	0	0
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5

ที่มา : (http://www.waterindex.com/doc1-standard%20water%20parameter.htm)

*กำหนดโดยคณะกรรมการการบริหารโครงการจดการให้มีน้ำสะอาดในชนบททั่วราชอาณาจักร

**ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปา ปี 2543

***กำหนดให้มีปลายท่อ 0.2-0.5 mg/L ใช้ในระบบการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปา

5.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิชชุลดา และคณะ (2554) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 5 mg/L โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้โกงกาง จากการศึกษาพบว่า ถ่านไม้โกงกางที่ได้รับการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ที่อัตราส่วนถ่านไม้โกงกางต่อซิงค์คลอไรด์ 1:2 โดยน้ำหนัก เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ประมาณ 964 mg/g และสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับโครเมียมและนิกเกิลคือค่า pH 7 และ 9 เวลาสัมผัส 30 และ 60 นาที ตามลำดับ ที่สภาวะดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียมและนิกเกิลสูงสุดร้อยละ 99.67 และ 86.37 นอกจากนี้ไอโซเทอมที่เหมาะสมต่อการดูดซับโครเมียมและนิกเกิล คือ ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิชและแบบบีอีทีตามลำดับ

ธิดารัตน์ และคณะ(2554) ได้ศึกษาประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเมล็ดกาแฟและจากกะลามะพร้าวในการดักจับคลอโรฟอร์มในน้ำประปา เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยลดปริมาณคลอโรฟอร์มในน้ำประปาได้อย่างมีประสิทธิภาพและใช้ต้นทุนต่ำ คือการดักจับโดยถ่านกัมมันต์ ซึ่งเป็นการนำทรัพยากรเศษเหลือใช้มาสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยการทดลองก่อนหน้าพบว่าถ่านกัมมันต์เมล็ดกาแฟมีศักยภาพในการดักจับสีจากน้ำทิ้งโรงงานปาล์มได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของถ่านกัมมันต์เมล็ดกาแฟ มาใช้ในการดักจับคลอโรฟอร์มที่ปนเปื้อนในน้ำประปา และทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดกาแฟ และกะลามะพร้าวเมื่อนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์แล้ว จะให้เปอร์เซ็นผลผลิตปริมาณสูงกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น และพบว่าถ่านกัมมันต์เมล็ดกาแฟที่ผลิตขึ้นทั้ง 4 ชนิด และกะลามะพร้าว 2 ชนิด สามารถดักจับคลอโรฟอร์มในน้ำได้ โดยผลการวิเคราะห์พบว่าถ่านกัมมันต์ทุกชนิดจะมีผลในการดักจับคลอโรฟอร์มที่ดีที่สุด 21 ชั่วโมง หลังจากนั้นค่าจะค่อนข้างเสถียร ที่ 24 ชม. และถ่านกัมมันต์เมล็ดกาแฟที่กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส มีผลในการดักจับคลอโรฟอร์มในน้ำได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ชนิดอื่น ถ่านกัมมันต์เมล็ดกาแฟที่ผลิตขึ้นเองนั้นมีศักยภาพในการดักจับคลอโรฟอร์มสูงกว่าถ่านกัมมันต์กะลามะพร้าวที่มีขายตามท้องตลาดทั้งสองชนิดในการดักจับคลอโรฟอร์ม โดยถ่านกัมมันต์ที่มีศักยภาพสูงสุด คือกระตุ้นที่ 400 องศาเซลเซียส ใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ คือ 1.6 กรัม หรือความสูงเท่าหลอดฉีดยาขนาด 10 mL อัตราการไหล 50 ลูกบาศก์เมตร/นาที จะให้ศักยภาพในการดักจับคลอโรฟอร์มสูงที่สุด รองลงมาคือ 0.87 กรัมหรือความสูง 2/3 ของหลอดฉีดยา ที่อัตราการไหล 50 ลูกบาศก์เมตร/นาที

อรวรรณ และคณะ (2545) ได้ศึกษาการดูดซับไอออนเหล็กบนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากชานอ้อย เปลือกลูกยาง และกะลามะพร้าวที่อุณหภูมิห้องโดนวิธีอะตอมมิกแอบซอร์บชั่นสเปกโทรสโกปี โดยเริ่มจากการเตรียมถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย เปลือกลูกยางและกะลามะพร้าว

ด้วยวิธีคาร์บอไนเซชัน และกระตุ้นด้วย $ZnCl_2$ การดูดซับไอออนเหล็กบนถ่านกัมมันต์เหล่านี้ มีพฤติกรรมแบบเลงเมียร์ ไอโซเทอมซึ่งอธิบายว่าไอออนเหล็กปกคลุมจนเต็มพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์แบบชั้นเดียว ปริมาณไอออนเหล็กที่ถูกดูดซับสูงสุดบนถ่านกัมมันต์เหล่านี้มีค่าเท่ากับ 0.66 มิลลิโมลต่อกรัม 0.41 มิลลิโมลต่อกรัม และ 0.18 มิลลิโมลต่อกรัม สำหรับถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย เปลือกลูกยาง และกะลามะพร้าว ตามลำดับ จากการศึกษาการดูดซับที่เกิดขึ้นกับอุณหภูมิ พบว่า เป็นกระบวนการคายความร้อนที่มีค่าความร้อนของการดูดซับเท่ากับ -8.9 กิโลจูลต่อโมล -9.7 กิโลจูลต่อโมล และ-5.7 กิโลจูลต่อโมล สำหรับถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย เปลือกลูกยางและกะลามะพร้าว ตามลำดับ

สรัญญา และคณะ(2551) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับซัลไฟด์ไอออนในน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์กะลามะพร้าว ซึ่งเป็นการศึกษาการดูดซับซัลไฟด์ไอออนในน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์ 2 ชนิด คือ ถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนที่ผลิตจากกะลามะพร้าวและถ่านกัมมันต์ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนที่ผลิตจากกะลามะพร้าว โดยทำการทดลองแบบแบทช์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่างๆในการดูดซับ ได้แก่ pH ระยะเวลาปั่นกวน ระยะเวลาสัมผัส ความเข้มข้นของซัลไฟด์ไอออน และปริมาณของถ่านกัมมันต์ พร้อมทั้งศึกษาการดูดซับซัลไฟด์ไอออนโดยผ่านคอลัมน์และการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์หลังจากผ่านการใช้งานแล้ว ผลการศึกษาพบว่า ถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิดมีสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับซัลไฟด์ที่pH 4 ระยะเวลาปั้นกวนและระยะเวลาสัมผัสเท่ากับ 30 นาที ความเข้มข้นของซัลไฟด์ 1,000 mg/L ปริมาตร 100 mL ปริมาณของถ่านกัมมันต์ 1 กรัม ซึ่งผลการศึกษานี้ใช้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวยังแสดงสภาวะสมดุลที่สอดคล้องกับสมการไอโซเทอร์ของแลงเมียร์อีกด้วย เมื่อนำถ่านกัมมันต์ทั้ง 2 ชนิด มาดูดซับโดยให้ไหลผ่านคอลัมน์ตลอด พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนสามารถดูดซับซัลไฟด์ไอออนได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนที่ร้อยละ 94.63 และ 89.91 ตามลำดับ และผลของการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ที่ใช้งานแล้ว พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนสามารถฟื้นฟูสภาพได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนจึงเหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้อีก

ณัฐฌา (2545) ได้ศึกษาผลของpHที่มีต่อการกำจัดเหล็ก แมงกานีส และความกระด้างของน้ำขุมเหมืองลิกไนต์บ้านปู อำเภอลี้ จังหวัดลำพูนในครั้งนี้กระทำโดยการนำน้ำตัวอย่างจากขุมเหมือง BP2 ซึ่งมีค่าpH 3.30 มาปรับpHให้เป็น 7, 8, 9, 10, 11 และ12 ด้วยปูนขาวโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมคาร์บอเนต ในขณะที่ทำการเติมสารด่างได้ทำการกวนเร็ว และกวนช้าตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 30 นาที แล้วดูดน้ำใสไปเพื่อหาปริมาณเหล็ก แมงกานีส ซัลเฟตและความกระด้าง ผลการศึกษาพบว่า ไม่ว่าจะใช้ปูนขาว โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมคาร์บอเนต ค่าpHที่เหมาะสม

ในการกำจัดเฉพาะเหล็กเท่ากับ 7 โดยปริมาณเหล็กที่เหลือมีค่าอยู่ในช่วง 0.16-0.17 mg/L และการใช้ปูนขาวในการกำจัดจะค่าใช้จ่ายถูกที่สุด ส่วนค่าpHที่เหมาะสมในการใช้ปูนขาวและโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการกำจัดทั้งเหล็กและแมงกานีส คือ 10 โดยปริมาณเหล็กและแมงกานีสที่เหลือมีค่าอยู่ในช่วง 0.14-0.15 mg/L และ 0.58-0.67 mg/L ตามลำดับและการกำจัดด้วยปูนขาวเสียค่าใช้จ่ายถูกที่สุดเช่นเดียวกัน สำหรับการใช้โซเดียมคาร์บอเนตในการปรับpH นอกจากจะสามารถกำจัดทั้งเหล็กและแมงกานีสแล้วยังไม่สามารถกำจัดความกระด้างไว้ด้วย โดยจะสามารถกำจัดได้ดีที่สุดที่ pH 11 ซึ่งจะเหลือปริมาณเหล็ก แมงกานีสและความกระด้างอยู่ 0.078, 0.70 และ 120 mg/L as $CaCO_3$ตามลำดับ การใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ สามารถกำจัดความกระด้างได้เพียงเล็กน้อย ส่วนการใช้ปูนขาวไม่สามารถกำจัดความกระด้างได้เลย

5.6 ตัวแปรและนิยามปฏิบัติการ

5.6.1 ตัวแปร

ตัวแปรต้น : สารดูดซับ ได้แก่ ถ่านกัมมันต์และเรซิ่น, สภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ pH, ระยะเวลาสัมผัส

ตัวแปรตาม : ปริมาณเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์

ตัวแปรควบคุม : คุณภาพน้ำสังเคราะห์

5.6.2 นิยามปฏิบัติการ

น้ำสังเคราะห์ หมายถึง น้ำที่ผู้วิจัยจัดเตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการโดยมีส่วนประกอบของเหล็กและความกระด้าง ซึ่งน้ำสังเคราะห์จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำจากแหล่งน้ำบ่อตื้น

ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) หมายถึง ถ่านที่ทำจากกะลามะพร้าวเป็นถ่านที่มีสมบัติพิเศษเนื่องจากมีขนาด = 12-40 mesh มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 1,000-1,100 ตารางเมตรต่อกรัม Iodine Number = 950 mg/g, moisture = 3%, ash =3.4%, pH =10.4, Hardness =99.4%

สารกรองเรซิ่น หมายถึง สารกรองที่ทำมาจาก Polystyrene Sulphonate มีลักษณะเป็นเม็ดทรงกลมขนาดเล็กสีเหลือง มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม Iodine Number = 250 mg/g

5.7 สมมุติฐาน

ในสภาวะที่เหมาะสมถ่านกัมมันต์และเรซิ่นมีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดได้มากกว่าร้อยละ 80

5.8 ระเบียบวิธีการวิจัย

1. สุ่มตัวอย่างน้ำสังเคราะห์ที่มีเหล็กและความกระด้างทั้งหมด เพื่อใช้ในงานวิจัย

2. งานวิจัยนี้เป็นการทดลองการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดจากน้ำสังเคราะห์ด้วยถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่นในระดับห้องปฏิบัติการ (Laboratory scale) โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์ โดยดำเนินการศึกษา 2 พารามิเตอร์ ได้แก่

2.1 ค่า pH ที่เหมาะสม

2.2 เวลาสัมผัสที่เหมาะสม

3. ศึกษาประสิทธิภาพของการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์ โดยวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กโดยใช้วิธีวิเคราะห์เหล็ก ด้วยวิธี ฟีแนนโทรลีนและวิธีวิเคราะห์ความกระด้างทั้งหมด ด้วยวิธีการไตเตรตด้วยอีดีทีเอ (EDTA Titrimetric Method)

5.9 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. pH meter
2. สเปคโทรโฟโตมิเตอร์
3. หลอดเนสเลอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร และ 100 มิลลิลิตร
4. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. ชุดกรอง
6. กรวยแยก ขนาด 250 มิลลิลิตร
7. บิวเรตต์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
8. ขวดรูปกรวย ขนาด 250 มิลลิลิตร
9. แผ่นอคิลิค
10. สารกรองเรซิ่น มีพื้นที่ผิว 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม Iodine Number = 250 mg/g

11. ถ่านกัมมันต์ที่ทำจากกะลามะพร้าว ขนาด = 12-40 mesh มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 1,000-1,100 ตารางเมตรต่อกรัม Iodine Number = 950 mg/g, moisture = 3%, ash =3.4%, pH =10.4, Hardness = 99.4%

12. กรวด-ทราย

5.9.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและวิธีการทดลอง

(1) การเตรียมน้ำสังเคราะห์

น้ำสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการเตรียมขึ้นโดยมีความกระด้างทั้งหมด 1,000 mg/L และเหล็กปริมาตร 2 mg/L ดังแสดงส่วนประกอบในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ส่วนประกอบของน้ำสังเคราะห์

ส่วนประกอบ	ปริมาตร
แคลเซียม	2.497 g
แมกนีเซียม	10.141 g
เหล็ก	351.075 mg

ทดสอบวิเคราะห์คุณภาพน้ำสังเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำสังเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ความกระด้างทั้งหมด	วิธีการไตเตรตด้วยอีดีทีเอ (EDTA Titrimetric Method)
เหล็ก	วิธี ฟีแนนโทรลีน (Phenanthroline Method)

ที่มา : http://www.mwa.co.th/quality.html การประปานครหลวง

(2) การศึกษาต่อสภาวะที่เหมาะต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมด

ในการทดลองครั้งนี้จะทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมดดังนี้

1. ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมด

ในการศึกษาค่า pH ที่เหมาะสมต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมดจะทดลองความเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำสังเคราะห์ 3 ค่า คือ pH 5.0, 7.0, 9.0 เพื่อหาค่า pH ที่เหมาะสมต่อการดูดซับเหล็กและความกระด้างทั้งหมด

2. เวลาสัมผัสที่เหมาะสม (Contact Time)

เมื่อได้ค่า pH ที่เหมาะสมแล้ว จะเลือกใช้ค่า pH นั้นในการศึกษาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมต่อการดูดซับ โดยจะแปรเปลี่ยนระยะเวลาสัมผัส 5 ค่า คือ 15, 30, 45, 60 และ 90 นาที

(3) การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำสังเคราะห์

ในการศึกษาจะแบ่งชุดทดลองเป็น 3 ชุด ดังนี้

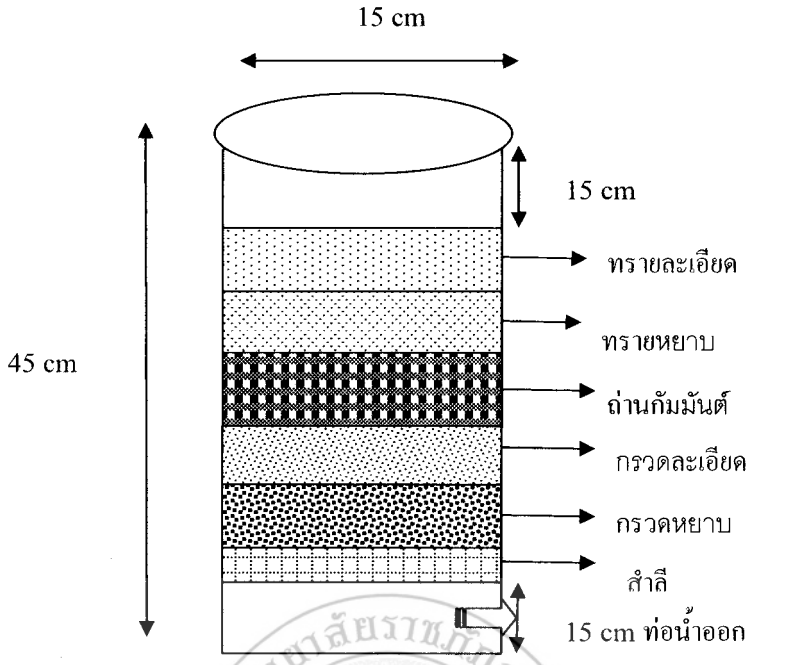
ชุดที่ 1: ใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียว 400 กรัม (พื้นที่ผิวประมาณ $400x10^3$ ตารางเมตร) ดังภาพที่ 1

ชุดที่ 2: ใช้เรซิ่นอย่างเดียว 1,334 กรัม (พื้นที่ผิวประมาณ 1,334x300 ตารางเมตร) ดังภาพที่ 2

ชุดที่ 3: ใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น โดยถ่านกัมมันต์ใช้ 300 กรัมส่วนเรซิ่นใช้ 334 กรัม (พื้นที่ผิวรวมประมาณ $(300x10^3) + (334x300)$ ตารางเมตร) ดังภาพที่ 3

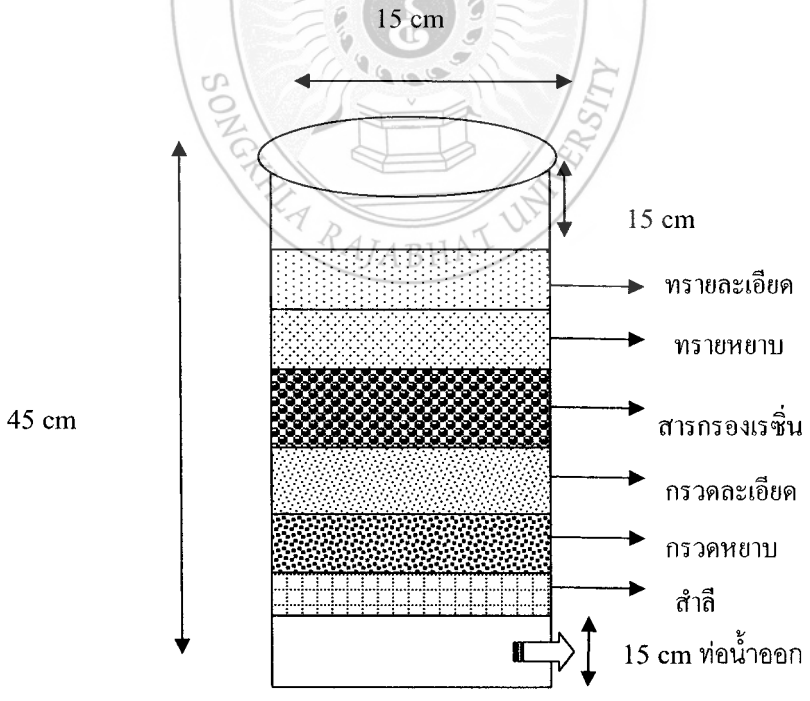
(4) การพัฒนาเครื่องกรองน้ำ

น้ำที่ผ่านจากเครื่องกรองน้ำแต่ละชุดแล้วจะต้องนำน้ำมาวิเคราะห์หาเหล็กและความกระด้างทั้งหมดอีกครั้ง เพื่อจะได้นำชุดเครื่องกรองที่ดีที่สุดจาก ข้อ 3 มาพัฒนาเป็นเครื่องกรองน้ำต่อไป ดังภาพที่ 5



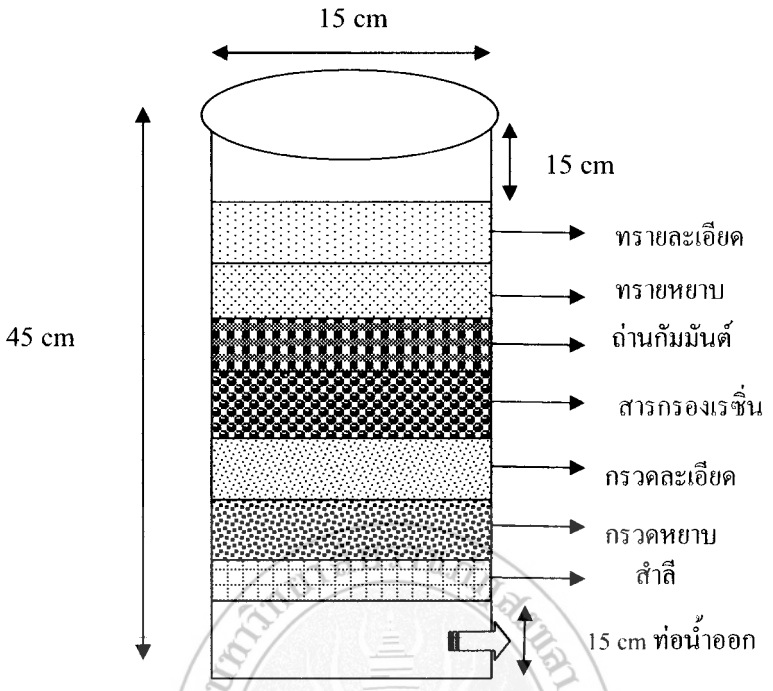
ก. เครื่องกรองน้ำชุดที่ 1

ภาพที่ 1 ใช้ถ่านกัมมันต์อย่างเดียว



ข. เครื่องกรองน้ำชุดที่ 2

ภาพที่ 2 ใช้สารกรองเรซิ่นอย่างเดียว



ค. เครื่องกรองน้ำชุดที่ 3

ภาพที่ 3 ใช้ถ่านกัมมันต์ร่วมกับสารกรองเรซิ่น

ภาพที่ 5 ชุดเครื่องกรองน้ำ

SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

5.10 ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย

การศึกษาการกำจัดเหล็กและความกระด้างทั้งหมดในน้ำ ด้วยถ่านกัมมันต์ร่วมกับเรซิ่น ได้เริ่มต้นทำการศึกษามาตั้งแต่เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2554 จนถึงเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554 ดังแสดงในตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 แสดงระยะเวลาในการดำเนินงานตลอดโครงการ

รายละเอียด	ระยะเวลาการดำเนินการ (เดือน)											
	พ.ศ. 2554-2555											
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	
1.ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูล	←	—	→									
2.เขียนเค้าโครงวิจัย		←	—	→								
3.ดำเนินการวิจัย			←	—	—	—	—	→				
4.สรุปและอภิปรายผลการวิจัย					←	—	—	—	→			
5.จัดทำรายงาน									←	—	—	→

ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2555

5.11 สถานที่ทำการวิจัย ทดลอง หรือเก็บข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5.12. งบประมาณในการวิจัย

ค่าใช้สอย	
ค่ายานพาหนะในการออกเก็บตัวอย่าง	1,000 บาท
ค่าวัสดุ	
ค่าสารเคมี	20,000 บาท
ค่าอุปกรณ์การทำเครื่องกรอง	2,500 บาท
ค่าถ่ายเอกสาร	500 บาท
ค่าพริ้นงาน	250 บาท
ค่าจัดทำรูปเล่ม	250 บาท
รวม	24,500 บาท

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY