



การศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้ม
ในการลดสีและค่า COD ของน้ำเสียจากบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด

A Study on Activated Carbon from Bagasse and Charcoal Adsorption Efficiency in
Decolorization and COD of Sugar Factory Wastewater from Rajburi Sugar Co., Ltd.

ยุพาพิน ดอนปัญญา
ลิตติมา บัวหอม
จุฑาทิพย์ ยงพฤกษา

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2555

ชื่อปริญญาโท
การศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากขาน้อยและถ่านหุงต้ม
ในการลดสีและค่า COD ของน้ำเสียจากบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด

ชื่อ - สกุล
นางสาวยุพาพิน ดอนปัญญา
นางสาวฐิติมา บัวหอม
นางสาวจุฑาทิพย์ ยงพฤษชา

ชื่อปริญญา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา
วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา
นายกิตติศ ตั้งสัจจวงศ์

คณะกรรมการสอบปริญญาโทได้ให้ความเห็นชอบปริญญาโทฉบับนี้แล้ว

นางสาววรรณุช ดีละมัน

ประธานกรรมการ

ผศ. ณัฐชัมย์ ลักษณะอำนวยพร

กรรมการ

นายกิตติศ ตั้งสัจจวงศ์

กรรมการ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

อนุมัติให้ปริญญาโทนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญาบัตร	การศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้ม ในการลดสีและค่า COD ของน้ำเสียจากบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด
ชื่อ - สกุล	นางสาวยุพาพิน ดอนปัญญา นางสาวฐิติมา บัวหอม นางสาวจุฑาทิพย์ ยงพุกษา
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการใช้ถ่านกัมมันต์อย่างกว้างขวางในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ และกระบวนการบำบัดมลพิษทางอากาศ โดยคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับค่าความสกปรกต่าง ๆ ได้ ทั้ง สี กลิ่น สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ หรือการบำบัดมลพิษทางอากาศ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยที่เริ่มจะมีปริมาณค่อนข้างมากในประเทศ เพื่อใช้เป็นสารดูดซับค่าความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลทราย และเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ให้กลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองแบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ 1) บรรจุถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากชานอ้อย 2) บรรจุถ่านหุงต้มตามท้องตลาด และนำน้ำเสียทั้ง 3 ระดับความเข้มข้น คือ ร้อยละ 10 , 50 และ 100 มาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ก่อนบำบัด หลังจากนั้นนำน้ำเสียมาผ่านทั้ง 2 ชุดการทดลอง เก็บน้ำตัวอย่างช่วงเวลา 30 , 60 และ 90 นาที มาทำการวิเคราะห์หาค่าสี และค่าซีไอดี ทำจนครบ 3 ช่วงเวลา และ 3 ระดับความเข้มข้นของน้ำเสีย

จากการทดลองใช้ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยด้วยน้ำเสียร้อยละ 10 พบว่า ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยสามารถดูดซับค่าสีได้ไม่แตกต่างกัน แม้จะใช้ช่วงเวลาในการกรองน้ำแตกต่างกัน โดยสามารถดูดซับสีได้น้อยกว่า 5 Pt-Co และเมื่อพิจารณาการลดค่าซีไอดี พบว่าเมื่อใช้เวลามากขึ้น น้ำที่ได้จากการกรองด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยมีค่าซีไอดีลดลง เมื่อทดลองกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นร้อยละ 50 พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาในการกรองมากขึ้นประสิทธิภาพในการดูดซับสีกลับน้อยลง (10 , 15 และ 20 Pt-Co) แต่สามารถทำให้ค่าซีไอดีลดลง และเมื่อทดลองกรองน้ำเสีย

ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 พบว่า เมื่อใช้เวลามากขึ้น ประสิทธิภาพในการดูดซับสีกลับน้อยลง (25 , 30 และ 35) แต่สามารถลดค่าซีไอได้ดีมากขึ้น สำหรับถ่านหุงต้ม เมื่อนำน้ำเสียที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ถ่านหุงต้มสามารถดูดซับค่าสีได้ 5 Pt-Co ทุกช่วงของเวลาของการกรอง และสามารถลดค่าซีไอได้ดีตามลำดับช่วงเวลา 4,300 , 4,000 และ 3,800 ตามลำดับ เมื่อทดลองกับน้ำที่มีความเข้มข้นร้อยละ 50 พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการดูดซับสีกลับลดลง แต่ในทางกลับสามารถลดค่าซีไอได้ดีมากขึ้น 7,330 , 6,500 , และ 6,030 ตามลำดับ และเมื่อนำไปกรองน้ำเสียที่มีความเข้มข้นร้อยละ 100 พบว่า เมื่อใช้เวลาในการกรองเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการกรองกลับลดลง แต่สามารถลดค่าซีไอได้ดีมากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกรองระหว่างถ่านกัมมันต์จากขานอ้อย กับถ่านหุงต้ม พบว่า ถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยสามารถดูดซับสีได้ดีกว่าถ่านหุงต้มร้อยละ 0.25 ในระดับความเข้มข้นของน้ำเสียร้อยละ 10 และสามารถลดค่าซีไอได้ดีมากกว่าโดยเฉลี่ยร้อยละ 43.75 เมื่อทดลองกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 50 พบว่า ถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยสามารถดูดซับค่าสีได้ดีกว่าถ่านหุงต้มโดยเฉลี่ยร้อยละ 55 และสามารถลดค่าซีไอได้ดีกว่าร้อยละ 19.34 และเมื่อทดสอบกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้น 100 พบว่า ถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยสามารถดูดซับสีได้ดีกว่าถ่านหุงต้มโดยเฉลี่ยร้อยละ 54.17 และสามารถลดค่าซีไอโดยเฉลี่ยได้ดีกว่าร้อยละ 7.83



Independent Study Title	A Study on Activated Carbon from Bagasse and Charcoal Adsorption Efficiency in Decolorization and COD of Sugar Factory Wastewater from Rajburi Sugar Co., Ltd.
Name and Surname	Yupapin Donpunya Titima Buahom Juthatip Yongprouksa
Degree	Bachelor of Science
Major program	Environmental Science and Natural Resources Faculty of Science and Technology
Academic Year	2012

ABSTRACT

The current time, activated Carbon spaciosly have been used in the process of wastewater Treatment and Air Pollution Treatment because of it can absorb various materials such as colors, smells and organic materials both in the wastewater or air pollution

In this research the researcher interest to study the activated carbon from bagasse as become more quantity in the country to use for reducing the pollution of wastewater at Sugar Company and recycling the leaving materials.

This study is the Experimental Research being divided into 2 kinds of charcoal: 1) synthesizing activated carbon from bagasse 2) charcoal. The three contents of waste water: 10 , 50, and 100 percent are used for analyzing and testing at three periods of time: 30 , 60, and 90 minutes. The example of the wastewater were analyzed the color and COD.

The using activated carbon from the bagasse with the content of wastewater at 10% shown that it could not absorb the color differently at every periods of time, the color remained lower than 5 Pt-Co and it could reduce more COD at the more periods of time. At the content of waste water 50% shown that the more using time for absorbing the color the quality of absorbing become lower (10 , 15 and 20 Pt-Co) but it became more reduce COD, while the absorbing the color at the content of waste water 100% found that when used the more time, quality of absorbing the color became lower (25 , 30 and 35) while the quality of reducing the COD became increase.

The charcoal at the content of wastewater 10%, its' absorbing color was 5 Pt-Co at the all periods of time but the result of reducing the COD was increase: 4,300 , 4,000 and 3,800 respectively. As the testing the content of waste water at 50% shown that the more using the time its' quality of absorbing the color became lower, while the quality of reducing the COD became decrease: 7,330 , 6,500 , and 6,030 respectively. As studying the content of waste water 100% found that the more using the time for treatment the waste water, its' quality became decrease but it could more reduced COD.

The comparison between the activated carbon from bagasse and the charcoal shown that the activated carbon from bagasse can absorb the color better than the charcoal at 0.25 Pt-Co and could more reduce COD than the charcoal 43.5 % by average at the content of waste water 10%. While the waste water 50% the activated carbon from bagasse could more absorb the color than the charcoal at 55% and can more reduced the COD than the charcoal 19.34% averagely. For the content of waste water 100 % the activate carbon from bagasse could more absorb the color than the charcoal at 54.17% and reduced the COD 7.83% by averaging.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจากคณาจารย์หลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ กิตติศ ตังส์จวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ วรณัฐ ดีละมัน ประธานกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณัฐชมัย ลักษณะอันวยพร กรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ ที่สละเวลาในการช่วยเหลือ ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ บริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด ที่อนุเคราะห์ให้ทุนอุดหนุน คือ ฐานอ้อย และน้ำเสีย ในการทำการวิจัย ขอขอบพระคุณครอบครัววอดอนปัญญาที่ได้อนุเคราะห์ สถานที่ในการทำการวิจัยและเป็นสถานที่สำหรับรวบรวมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ขอขอบพระคุณ อาจารย์ มาโนช หลักฐานดี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและ ทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล-พระนคร ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการวิจัย รวมทั้งอุปกรณ์ในการทำการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณะครูบาอาจารย์ที่เคยอบรม สั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชา ให้ความรู้ความสามารถต่างๆ ให้แก่คณะผู้วิจัยทั้งในอดีตและปัจจุบันทุกท่าน จนคณะผู้วิจัยสำเร็จ การศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้มอบทุนอุดหนุน งบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปี งบประมาณ พ.ศ. 2556 เพื่อเป็นทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เมตตา อบรมสั่งสอน ให้มีความรู้จนถึง ปัจจุบันรวมถึงเพื่อนๆ วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ รุ่น 2 ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกาย และกำลังใจในการศึกษาวิจัยทดลอง จนปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จ สมบูรณ์

นางสาวยุพาพิน ดอนปัญญา

นางสาวฐิติมา บัวหอม

นางสาวจุฑาทิพย์ ยงพฤกษา

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ก)
บทคัดย่อภาษาไทย	(ข)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ง)
สารบัญ	(ฉ)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญแผนภูมิ	(ฐ)
สารบัญภาพ	(ฎ)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 กรอบแนวคิดในการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.6 นิยามศัพท์	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 อ้อย	6
2.2 โรงงานน้ำตาล	7
2.2.1 กระบวนการผลิตน้ำตาล	8
2.2.2 ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล	11
2.2.2.1 ชานอ้อย (Bagasse)	11
2.2.2.2 กากน้ำตาล (Molasses)	11
2.2.2.3 กากตะกอนหมักกรอง (Filter Cake)	12

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3 ถ่านกัมมันต์	12
2.3.1 ความหมายของถ่านกัมมันต์	12
2.3.2 วัตถุประสงค์สำหรับผลิตถ่านกัมมันต์และขาน้อย	12
2.3.3 การผลิตถ่านกัมมันต์	13
2.3.4 ชนิดของถ่านกัมมันต์	14
2.3.4.1 แบ่งตามลักษณะรูปร่าง	14
2.3.4.2 แบ่งตามชนิดของตัวกระตุ้น	15
2.3.4.3 แบ่งตามขนาดของรูพรุนของถ่านกัมมันต์	15
2.3.4.4 แบ่งตามความหนาแน่นของถ่านกัมมันต์	15
2.3.4.5 แบ่งตามชนิดของสารที่ถูกดูดซับ	15
2.3.5 การนำถ่านกัมมันต์ไปใช้ประโยชน์	16
2.3.5.1 ถ่านกัมมันต์ประเภทที่ใช้กับการดูดซับแก๊สหรือไอ	16
2.3.5.2 ประเภทที่ใช้กับของเหลว	16
2.4 ถ่านหุงต้ม	17
2.4.1 ความหมายของถ่าน	17
2.4.2 ชนิดของถ่าน	17
2.4.2.1 ถ่านสีดำ (ถ่านที่เผาโดยทั่วไป)	17
2.4.2.2 ถ่านแข็ง (ถ่านที่เผาโดยกรรมวิธีพิเศษ)	17
2.4.3 คุณสมบัติถ่านที่ดี	17
2.4.4 ขั้นตอนการเผาถ่าน	18
2.5 การกรอง	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7.2.3 หลักการวิเคราะห์ซีไอดีโดยวิธีฟลักซ์ แบบปิด/การตีเตรท	30
2.7.3 ความขุ่น (Turbidity)	33
2.7.3.1 ความหมายของความขุ่น	33
2.7.3.2 วิธีการวิเคราะห์	33
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 รูปแบบการวิจัย	36
3.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	36
3.3 ขั้นตอนการเตรียมงานวิจัย	38
3.3.1 ขั้นตอนเตรียมการ	38
3.3.2 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุกรอง	38
3.3.3 ขั้นตอนการทดลอง	39
3.3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์	40
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล	
4.1 ผลการวิเคราะห์	42
4.1.1 สมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในการวิเคราะห์	42
4.1.2 ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้ม ในการบำบัดน้ำเสียจาก บริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด ในแต่ละระดับความเข้มข้น	44
4.1.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าสี และซีไอดี ของถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม	58

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	68
5.2 ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก ก	72
ภาคผนวก ข	88
ภาคผนวก ค	92
ประวัติผู้วิจัย	105



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ	27
2.2 แสดงปริมาณของตัวอย่างและสารละลายอื่น ๆ ที่ต้องใช้ในการหาค่าซีโอดี	32
4.1 สมบัติของน้ำเสียจากบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด	43
4.2 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ของ ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย	44
4.3 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ของถ่านหุงต้ม	45
4.4 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 ของ ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย	49
4.5 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 ของถ่านหุงต้ม	50
4.6 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 100 ของ ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย	54
4.7 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 100 ของถ่านหุงต้ม	55
4.8 ผลการทดลองในการลดค่าสีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 10	59
4.9 ผลการทดลองการลดซีโอดีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 10	60
4.10 ผลการทดลองในการลดค่าสีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 50	62
4.11 ผลการทดลองในการลดค่าซีโอดีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 50	63
4.12 ผลการทดลองในการลดค่าสีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 100	65

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 ประสิทธิภาพในการลดค่าซีไอดีคิดเป็นร้อยละของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 100	66



สารบัญแนภูมิ

แผนภูมิ	หน้า
1.1 กรอบแนวความคิดเดิม	3
1.2 กรอบแนวความคิดใหม่	4
2.1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ	9
2.2 แสดงกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์	10
2.3 ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์	14
3.1 ขั้นตอนการทดลอง	40



สารบัญภาพ

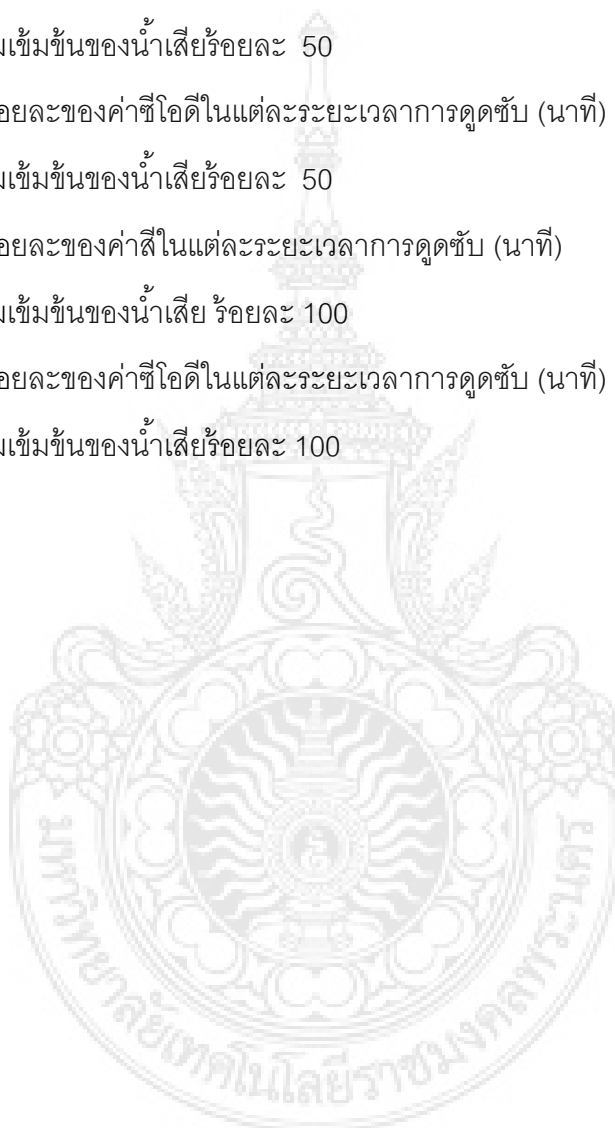
ภาพที่	หน้า
3.1 กระบอกทดลอง	36
3.2 ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากชานอ้อย	37
3.3 ถ่านหุงต้มตามท้องตลาด	37
3.4 กระบอกทดลองที่ติดตั้งแล้ว	39
3.5 กระบอกทดลองที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากชานอ้อย	39
3.6 กระบอกทดลองที่บรรจุถ่านหุงต้มตามท้องตลาด	40
4.1 บ่อน้ำเสีย บริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด	42
4.2 แสดงค่าสีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10	46
4.3 แสดงค่าพีเอชระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10	46
4.4 แสดงค่าความขุ่นระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10	47
4.5 แสดงค่าซีโอดีที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10	47
4.6 น้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ผ่านการดูดซับด้วย ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย	48
4.7 น้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านหุงต้ม	48
4.8 แสดงค่าสีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50	50
4.9 แสดงค่าพีเอชระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.10 แสดงค่าความชุ่มระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50	51
4.11 แสดงค่าซีไอดีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50	52
4.12 น้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ผ่านการดูดซับด้วย ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย	52
4.13 น้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านหุงต้ม	53
4.14 แสดงค่าสีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสีย ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 100	55
4.15 แสดงค่าพีเอชระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 100	56
4.16 แสดงค่าความชุ่มระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 100	56
4.17 แสดงค่าซีไอดีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสียที่ ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 100	57
4.18 น้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 100 ที่ผ่านการดูดซับด้วย ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย	57
4.19 น้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 100 ที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านหุงต้ม	58
4.20 แสดงร้อยละของสีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาที่) ที่ความเข้มข้น ของน้ำเสียร้อยละ 10	59
4.21 แสดงร้อยละของค่าซีไอดีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาที่) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียร้อยละ 10	61

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.22 แสดงร้อยละของค่าสีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาที่) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียร้อยละ 50	62
4.23 แสดงร้อยละของค่าซีไอดีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาที่) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียร้อยละ 50	64
4.24 แสดงร้อยละของค่าสีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาที่) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสีย ร้อยละ 100	65
4.25 แสดงร้อยละของค่าซีไอดีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาที่) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียร้อยละ 100	67



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันมีการใช้ถ่านกัมมันต์อย่างกว้างขวางในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Water & Wastewater Treatment) และกระบวนการบำบัดมลพิษทางอากาศ (Air Pollution Treatment) โดยคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับค่าความสกปรกต่าง ๆ ได้ ทั้งที่อยู่ในรูปของแก๊ส และของเหลวเช่น การดูดซับสารตะกั่ว (Pb^+) สังกะสี สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ หรือการบำบัดมลพิษทางอากาศ เช่น แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการบำบัดมลพิษได้ ทั้งมลพิษน้ำ และมลพิษทางอากาศ (สมร หิรัญประดิษฐ์กุล, 2554:12)

ถ่านกัมมันต์ที่ขายตามท้องตลาดผลิตมาจากวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ (Carbonaceous precursor) เช่น ลิกไนต์, ถ่านหิน, พีท, ไม้, กะลามะพร้าวและกะลาปาล์ม, กากกาแฟ, แกลบและเศษวัสดุโพลีเอทิลีน (Polyurethane Waste) เป็นต้น และคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถนำมาใช้ในการเตรียมถ่านกัมมันต์โดยทั่วไปจะเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง ปริมาณคาร์บอนสูง ปริมาณขี้เถ้า (Ash) ต่ำและราคาไม่แพง (สมร หิรัญประดิษฐ์กุล, 2554:12)

โดยในงานศึกษานี้ได้ทำการศึกษาลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากชานอ้อย ซึ่งชานอ้อยเป็นชีวมวลเหลือใช้ที่มีปริมาณมากในประเทศ ทั้งนี้ชานอ้อยจะมีคุณลักษณะเป็นเศษวัสดุติดปลายสุดท้ายของอ้อยที่เหลือจากการหีบเอาน้ำอ้อยออกจากพ่อนอ้อยแล้ว ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตน้ำตาล จึงได้ทำการศึกษา และสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยที่เริ่มจะมีปริมาณค่อนข้างสูงในประเทศเพื่อใช้เป็นสารดูดซับค่าความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลทราย และเป็นการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ประโยชน์

นอกจากนี้ จากการศึกษาวิธีการผลิตถ่านกัมมันต์พบว่า มีวิธีการค่อนข้างซับซ้อน และต้องใช้สารเคมีร่วมในกระบวนการผลิตซึ่งมีความยุ่งยาก ดังนั้นในการศึกษางานวิจัยนี้จะทำการทดลองสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์ที่ไม่มีการใช้สารเคมีในการผลิต เพื่อให้ขั้นตอนในการทำถ่านกัมมันต์ง่ายขึ้น และไม่ซับซ้อน โดยจะเปรียบเทียบการดูดซับค่าความสกปรกกับถ่านหุงต้มตามท้องตลาดเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาวัสดุดูดซับต่อไปในอนาคต

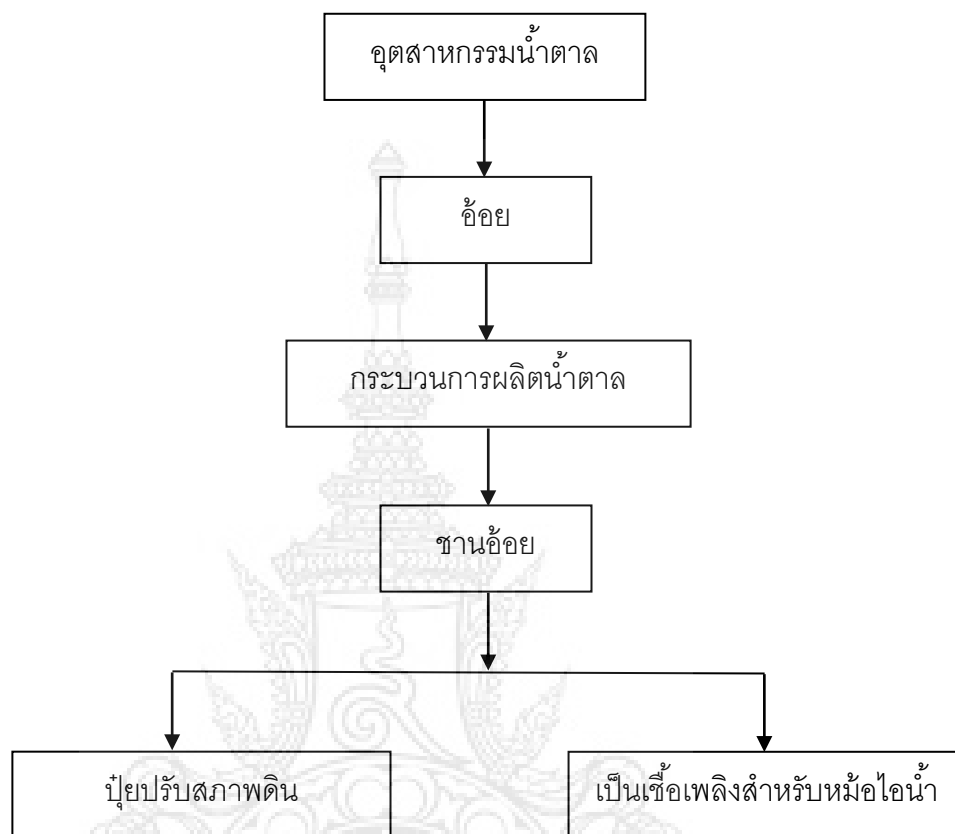
1.2 วัตถุประสงค์โครงการ

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับสี และลดค่าซีไอดี ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากชานอ้อย
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสี และลดค่าซีไอดี ของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้มที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด

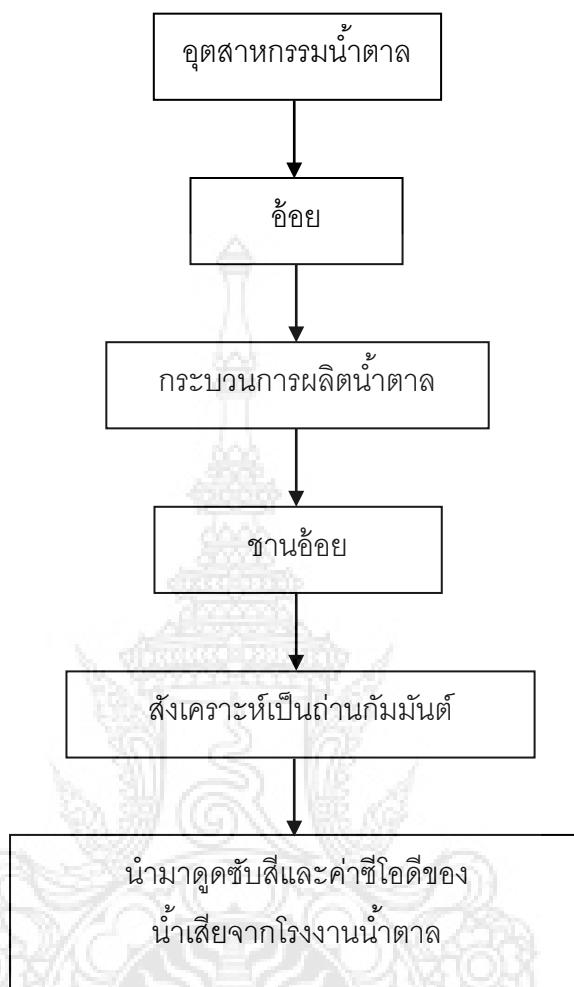
1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยโดยวิธีการเผาถ่านแบบไม่ใช้สารเคมีร่วมในการผลิต
2. สร้างกระบอกทดลองต้นแบบชนิด Column 1 ชุด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตรยาว 150 เซนติเมตร เพื่อใช้ในการทดลองแบบต่อเนื่อง
3. วิเคราะห์ค่าสี , พีเอช , ความขุ่น , ค่าซีไอดี ก่อนทดลอง และหลังทดลองการดูดซับ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัด โดยน้ำเสียที่นำมาทดลองการดูดซับนี้เป็นน้ำเสียจริงจากบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด
4. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับระหว่างถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากชานอ้อยกับถ่านหุงต้ม

1.4 กรอบแนวคิดในการศึกษา



แผนภูมิที่ 1.1 กรอบแนวความคิดเดิม



แผนภูมิที่ 1.2 กรอบแนวความคิดใหม่

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำวัตถุดิบที่เหลือทิ้งทางอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลมาทำให้เกิดประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียได้
2. ทำให้ทราบถึงความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากขาน้อย
3. สามารถพัฒนาโครงการวิจัยนี้ไปปรับใช้กับการบำบัดน้ำเสียในชุมชนได้
4. ช่วยลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์วัสดุดูดซับซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

1.6 นิยามศัพท์

1. ขาน้อย (Bagasse) หมายถึง ส่วนของลำต้นน้อยที่หีบเอาน้ำน้อยหรือน้ำตาลออกแล้ว
2. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) หมายถึง ปริมาณ ออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ
3. ค่าสี (Color) หมายถึง คุณลักษณะของน้ำเสียที่มีสีเปลี่ยนไปจากเดิม เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำตาล
4. ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) หมายถึง ถ่านที่มีสมบัติพิเศษที่ได้รับการเพิ่มคุณภาพหรือประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อให้มีสมบัติหรืออำนาจในการดูดซับ เนื่องจากมีรูพรุน (Pores) ขนาดเล็กเกิดขึ้นจำนวนมาก
5. ถ่านหุงต้ม (Charcoal) หมายถึง ไม้ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง ไม้แห้งทุกชนิด และทุกขนาด อาจใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือฟืนได้ทั้งสิ้น
6. การดูดซับ (Adsorption Process) หมายถึง กระบวนการกักพวงสารละลายหรือสารแขวนลอยขนาดเล็กซึ่งละลายอยู่ในน้ำให้อยู่บนผิวของสารอีกชนิดหนึ่ง
7. ความขุ่น (Turbidity) หมายถึง ภาวะที่ของไหลมีความขุ่นหรือมัวเพราะได้รับการปนเปื้อนจากอนุภาคต่าง ๆ หรือสารแขวนลอยหลากหลายขนาด
8. น้ำเสียจากโรงงานน้ำตาล (Waste water From Sugar Factory) หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ และกระบวนการผลิตของโรงงานน้ำตาล จนน้ำมีสภาพเปลี่ยนไปจากเดิม
9. หีบสกัด หมายถึง ขั้นตอนหรือกระบวนการหีบลำต้นน้อยให้น้ำน้อยไหลออกมา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเด็นหลักของการศึกษาครั้งนี้มีความเกี่ยวข้องกับความรู้เรื่องต่าง ๆ หลายเรื่องซึ่งต้องนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจารณาอ้างอิงและวิเคราะห์ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ อย่างชัดเจน ภายในบทนี้จึงกำหนดหัวข้อความรู้หลัก ๆ ไว้ทั้ง 8 หัวข้อ คือ

- 2.1 อ้อย
- 2.2 โรงงานน้ำตาล
- 2.3 ถ่านกัมมันต์
- 2.4 ถ่านหุงต้ม
- 2.5 การกรอง
- 2.6 น้ำเสีย
- 2.7 ค่าพารามิเตอร์
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อ้อย

อ้อยเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในสกุล Saccharum เป็นพืชในตระกูลเดียวกับข้าวฟ่าง ข้าวโพด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Saccharum officinarum ชอบอากาศร้อน แสงแดดจัด และ ชุ่มชื้น การปลูกอ้อยมี 2 ลักษณะ คือการปลูกอ้อยต้นฤดูฝน และการปลูกอ้อยปลายฝนหรือการปลูกอ้อยข้ามแล้ง

อ้อยประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นสารละลายหรือน้ำอ้อยโดยสมบูรณ์ และส่วนที่ไม่ละลาย เช่น กากอ้อย และเส้นใยต่าง ๆ

อ้อยที่ปลูกในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ อ้อยชนิดเปลือกแข็ง (ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาล) และอ้อยเปลือกอ่อน (สุธา ไอยราคม, 2554: 7) ในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงพันธุ์อ้อยโดยมีหน่วยงานที่ดำเนินการหลายหน่วยงานได้แก่ กรมวิชาการเกษตร สำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บริษัทมิตรผล วิจัยการดำเนินงานตั้งแต่การผสมพันธุ์คัดเลือกพันธุ์ และทดสอบพันธุ์ โดยทำการคัดเลือกในสภาพแวดล้อมในแหล่งปลูกอ้อยของประเทศไทย พันธุ์อ้อยที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์จะมีลักษณะ ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรที่ดีเด่นแตกต่างกันขึ้นกับสภาพแวดล้อมที่ทดสอบ และคัดเลือกพันธุ์ ชาวไร่จึงจำเป็นต้องเลือกพันธุ์โดยอาศัยคำแนะนำจากเอกสารแนะนำสายพันธุ์ เพื่อให้ได้พันธุ์อ้อยที่เหมาะสมท้องถิ่นของตน (กรมวิชาการเกษตร, 2547: 13)

2.2 โรงงานน้ำตาล

ประเทศไทยมีโรงงานน้ำตาลรวมทั้งสิ้น 47 โรงงาน โดยแบ่งตามภูมิภาคต่าง ๆ ได้ดังนี้ ภาคเหนือ 9 โรงงาน ภาคตะวันออก 5 โรงงาน และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 16 โรงงาน ภาคกลาง 17 โรงงาน (สำนักคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2552: 1)

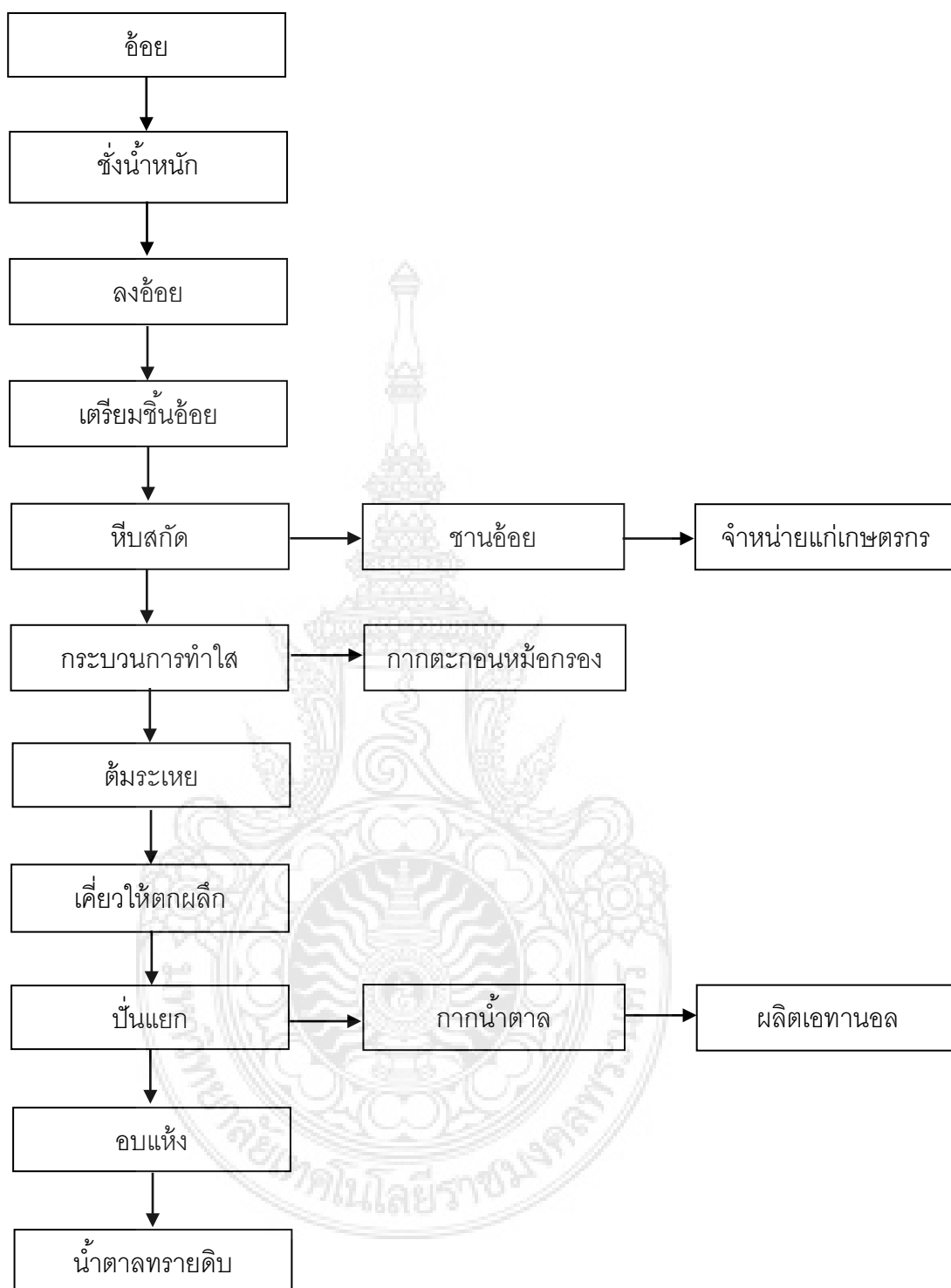
ทางโครงการได้รับความอนุเคราะห์ทางด้านวัตถุดิบ คือ กากอ้อย และน้ำเสียน ในการทำการทดลองจากบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด

บริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด ตั้งอยู่ เลขที่ 9 หมู่ 6 ตำบลเบิกไพร อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี 70110 เริ่มผลิตน้ำตาลในปี พ.ศ. 2528 ภายใต้เครื่องหมายการค้า “ตราผึ้ง” มีกำลังการผลิต 14,000 ตันต่อวัน ผลิตภัณฑ์ของโรงงาน ได้แก่ น้ำตาลทรายดิบ , น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์

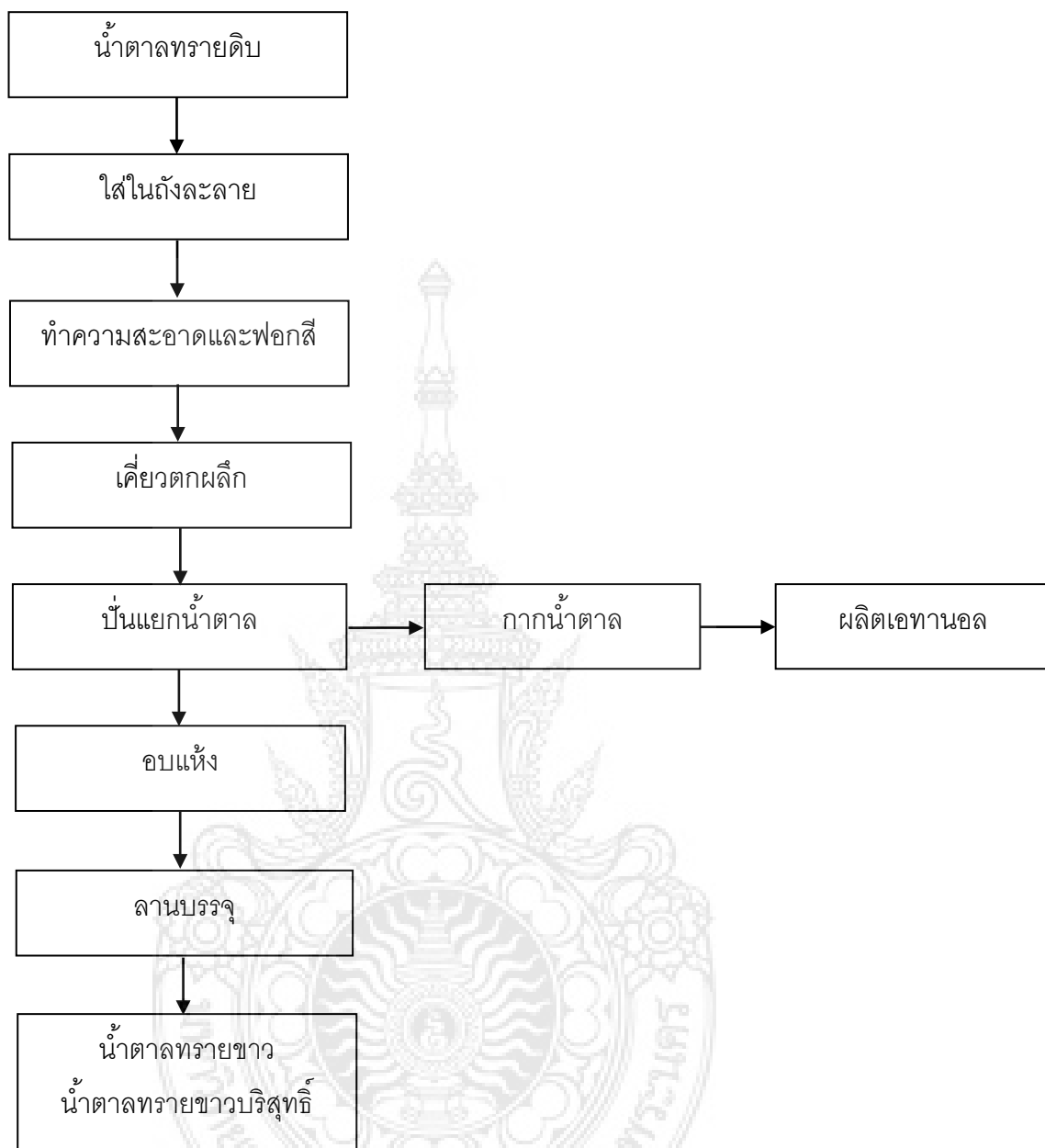
2.2.1 กระบวนการผลิตน้ำตาล

จากการศึกษากระบวนการผลิตน้ำตาลของบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด สามารถสรุปได้ดังนี้ กระบวนการผลิตน้ำตาลจะเริ่มจากโรงงานรับซื้อพันธุ์อ้อยจากเกษตรกร จากนั้นซึ่งนำหน่ออ้อยและส่งอ้อยไปตามสายพานเพื่อลำเลียงไปยังชุดลูกหีบอ้อยแล้วหีบสกัดเพื่อแยกน้ำออกจากอ้อยในขั้นตอนนี้จะได้น้ำอ้อยมาจากกระบวนการผลิต โดยน้ำอ้อยที่ได้จะนำไปเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตของหม้อไอน้ำและนำมากรองไว้เพื่อจำหน่ายให้แก่เกษตรกร และอุตสาหกรรมทางการเกษตรต่อไป น้ำอ้อยที่ได้จะถูกส่งผ่านตะแกรงกรองขานอ้อยเข้าสู่หม้อคั้นน้ำอ้อย จากนั้นจะส่งไปยังหม้อร้อนที่มีอุณหภูมิ 100 – 103 องศาเซลเซียส และจะส่งไปยังถังพักน้ำใสเพื่อให้ น้ำอ้อยตกตะกอน น้ำอ้อยที่ล้นออกจากถังนี้จะเรียกว่า น้ำอ้อยใส ส่วนตะกอนที่ก้นถังจะถูกดูดออกมาแล้วส่งไปยังสายพานเพื่อลำเลียงออกจากกระบวนการผลิต น้ำอ้อยใสที่ได้จะส่งไปยังหม้อต้มระเหย เพื่อให้ น้ำอ้อยตกผลึกเป็นเม็ดน้ำตาล จากนั้นจะปั่นแยกเม็ดน้ำตาลออกจากน้ำ ในขั้นตอนนี้จะได้น้ำตาลออกมาด้วย โดยกากน้ำตาลที่ได้ออกมานั้นทางบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด จะนำไปผลิตเป็นเอทานอลต่อไป ส่วนเม็ดน้ำตาลที่ได้จะถูกนำไปพักแล้วตากแห้งจะได้เป็นน้ำตาลดิบ เพื่อนำไปผลิตน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ต่อไป ดังแสดงไว้ในแผนภูมิ 2.1 และ 2.2





แผนภูมิที่ 2.1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ



แผนภูมิที่ 2.2 แสดงกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์

2.2.2 ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาล

2.2.2.1 ชานอ้อย (Bagasse) ชานอ้อยในประเทศไทยประมาณร้อยละ 80 – 90 จะใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงในโรงงานน้ำตาลและอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ (แก้วใจ อ้อชัยภูมิ, 2549: 4) ชานอ้อยเป็นสารประกอบลิกโนเซลลูโลสเช่นเดียวกับฟางข้าว ซึ่งพบว่าชานอ้อยมีลิกนินและเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบอยู่ถึงร้อยละ 19.5 และ 47 (แก้วใจ อ้อชัยภูมิ, 2549: 14) มีลักษณะเป็นเส้นใยของลำต้นอ้อยที่ได้จากการบีบคั้นน้ำออก (สุธา ไอยราคม, 2544: 9) โดยที่ชานอ้อยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือ

- นำมาเผาเพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำในการผลิตไอน้ำมาต้มเคี่ยวน้ำตาล และเป็นเชื้อเพลิงสำหรับกระบวนการผลิตเอทานอล

- ใช้ผลิตปุ๋ยหมัก

- นำไปอัดคัล้ายแผ่นไม้อัดเพื่อใช้ในการก่อสร้างและเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ

(สิริวัลภ์ เรื่องช่วย และคณะ, 2550: 23)

2.2.2.2 กากน้ำตาล (Molasses) เป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายของโรงงานน้ำตาล Molasses เป็นภาษาลาติน มาจากคำว่า Mel ที่แปลว่า น้ำผึ้ง มีวิวัฒนาการทางภาษาจนเป็นคำว่า Melaza ในภาษาฝรั่งเศส และ Molasses ในภาษาเยอรมันและดัตช์ กากน้ำตาลเป็นของเหลวสุดท้ายที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย โดยการตกตะกอนหลาย ๆ ครั้ง (ยุพกนิษฐ์ พวงวีระกุล, 2548: 5) มีสถานะเป็นของเหลวสีดำเหนียวข้น และไม่สามารถตกผลึกได้อีก อ้อย 1 ต้นจะให้กากน้ำตาล 50 – 58 กิโลกรัม อัตราการผลิตขึ้นอยู่กับปริมาณ และคุณภาพของ โดยกากน้ำตาลสามารถแบ่งได้ตามวิธีการผลิตน้ำตาลเป็น 3 ชนิด (อมรรัตน์ บุญมี, 2549: 21) ดังนี้

- Blackstrap Molasses หมายถึง กากน้ำตาลที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาว กากน้ำตาลชนิดนี้เหลือน้ำตาลร้อยละ 50 – 60

- Refinery Molasses หมายถึง กากน้ำตาลที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายบริสุทธิ์ เหลือน้ำตาลร้อยละ 48

- Invert Molasses หมายถึง กากน้ำตาลที่ได้จากการทำน้ำอ้อยให้เข้มข้น โดยการระเหย

2.2.2.3 กากตะกอนหม้อกรอง (Filter Cake) มีลักษณะเป็นตะกอนที่มีเศษชานอ้อยละเอียดผสมปะปนอยู่เป็นจำนวนมากลักษณะเหมือนมูลควายมีความชื้นประมาณร้อยละ 70 เมื่อแห้งจะติดไฟง่าย และดับยาก (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2545: 49) นอกจากนั้นกากตะกอนหม้อกรองยังมีปริมาณธาตุอาหารอยู่มาก เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม (สิริวัลย์ เรืองช่วย และคณะ, 2550: 24) จากการสำรวจโรงงานน้ำตาลที่มีกำลังการผลิต 10,000 ตันต่อวัน พบว่าอ้อยเข้าหีบร้อยละ 100 จะผลิตน้ำตาลได้ประมาณร้อยละ 10 ได้ชานอ้อยประมาณร้อยละ 25 – 30 กากน้ำตาลประมาณร้อยละ 5 และกากตะกอนหม้อกรองประมาณร้อยละ 0.1 – 1.0 (แก้วใจ อ้อชัยภูมิ, 2549: 12) โดยสุปราณี จอมขันเงิน (2545) ได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับกากตะกอนหม้อกรองโรงงานน้ำตาลไว้ว่าเป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงงานน้ำตาลซึ่งหมายถึงกากตะกอนที่ได้จากการกรองแยกน้ำอ้อยในกระบวนการทำน้ำใส ในกากตะกอนหม้อกรองจากโรงงานน้ำตาลประกอบไปด้วยหิน ททราย และขี้เถ้าของเกลือไนโตรเจน ลักษณะที่ดีของกากตะกอนหม้อกรอง คือมีลักษณะสีคล้ำมีเส้นใยของชานอ้อยปะปนอยู่มิให้น้ำหนักเบา ในส่วนประกอบของกากตะกอนหม้อกรองจะพบฟอสฟอรัสจึงเหมาะแก่การใช้ทำปุ๋ยและปรับสภาพดิน

2.3 ถ่านกัมมันต์

2.3.1 ความหมายของถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ (Active Carbon หรือ Activated Carbon) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอาวัตถุดิบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักมาผ่านกระบวนการก่อกัมมันต์จนได้ผลิตภัณฑ์สีดำ ที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีคุณสมบัติในการดูดซับสูง

2.3.2 วัตถุดิบสำหรับผลิตถ่านกัมมันต์และชานอ้อย

ถ่านกัมมันต์สามารถผลิตจากวัตถุดิบโดยตรง หรือเริ่มจากวัตถุดิบที่เป็นถ่านแล้วก็ได้ วัตถุดิบที่ใช้ผลิตจะพิจารณาจากอินทรีย์วัตถุ เช่น ไม้เนื้ออ่อน และไม้เนื้อแข็ง , ถ่าน , กะลามะพร้าว , แกลบ , ชานอ้อย , ชังข้าวโพด , ดินพรุ , กระจุก , เลือด , กากน้ำตาล , เม็ดกาแฟ , วัชพืช , ถ่านพีท , บิทูมินัส , น้ำมันดิบ , ยางสน , ยางมะตอย , กากปิโตรเลียม , ลิกไนต์ , แอนทราไซต์ และถ่านไม้ เป็นต้น

ส่วนวัตถุดิบในรูปของถ่านนั้นพบว่าได้มาจากการเผาอินทรีย์วัตถุซึ่งเรียกว่า ถ่านสังเคราะห์ (Artificial Char) เป็นส่วนใหญ่ อาจใช้ถ่านที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น แกรไฟต์ และ แอนทราไซต์

ถ่านที่ได้จากอินทรีย์วัตถุแบ่งเป็น

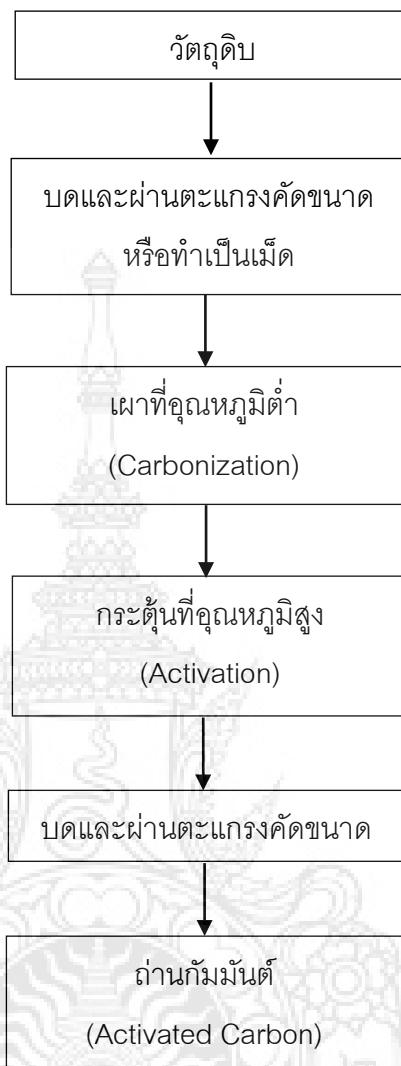
- ถ่านสังเคราะห์เนื้อแข็ง (Hard Artificial Char) เช่น ถ่านน้ำตาล, ถ่านที่ได้จากเมล็ดผลไม้ (Fruit Pitcher) , ถ่านไม้ที่เผาที่ความดันสูง (High - Pressure Wood Charcoal)

- ถ่านสังเคราะห์เนื้ออ่อน (Soft Artificial) เช่น ถ่านไม้ , ถ่านชานอ้อย , ถ่านแกลบ , ถ่านหินน้ำมัน (Oil Shale Char) และถ่านกากน้ำตาล (Molasses Char)

2.3.3 การผลิตถ่านกัมมันต์

กรรมวิธีการผลิตถ่านกัมมันต์มีหลายวิธี มีการวิจัยและพัฒนาการผลิตถ่านกัมมันต์ทั้งในและต่างประเทศ แต่การผลิตภายในประเทศส่วนใหญ่ยังคงจำกัดอยู่ในห้องปฏิบัติการ ส่วนในต่างประเทศได้พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตจนถึงระดับอุตสาหกรรมแล้ว โดยการผลิตจะขึ้นอยู่กับว่าต้องการใช้ถ่านกัมมันต์ที่มีคุณสมบัติอย่างไร และใช้วัตถุดิบชนิดใด กรรมวิธีโดยทั่วไปแสดงในแผนภูมิที่ 2.3





แผนภูมิที่ 2.3 ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์

2.3.4 ชนิดของถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์สามารถแบ่งออกโดยใช้หลักต่าง ๆ มากมาย ขึ้นอยู่กับความสะอาดของผู้ใช้ ตัวอย่างการแบ่งชนิดของถ่านกัมมันต์ได้แก่

2.3.4.1 แบ่งตามลักษณะรูปร่าง

- ประเภทเป็นผง (Powder) เป็นถ่านกัมมันต์ที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 150 มิลลิเมตร ไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 โดยน้ำหนัก มีลักษณะเป็นผง ใช้สำหรับฟอกสีในของเหลว ดูดกลิ่นในสารละลายได้หลายชนิด

- ประเภทเป็นเม็ด (Pellet) เป็นถ่านกัมมันต์ที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 150 มิลลิเมตร ไม่เกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก มีลักษณะเป็นเม็ดซึ่งได้จากการอัดผ่านเครื่องอัดหรืออาจทำเป็นเม็ดโดยใช้สำหรับทำก๊าซให้บริสุทธิ์หรือการทำให้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วบริสุทธิ์ นอกจากนี้ยังใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการปฏิกิริยาของก๊าซและใช้ทำหน้าที่ปกป้องกันก๊าซพิษต่าง ๆ

2.3.4.2 แบ่งตามชนิดของตัวกระตุ้น

- Chemical Activated Carbon ถ่านกัมมันต์ที่ใช้สารเคมีเป็นตัวกระตุ้น เช่น $ZnCl_2$ และ $NaCl$ ถ่านพวกนี้มักเป็นถ่านที่มีรูพรุนขนาดใหญ่

- Physical Activated Carbon คือ ถ่านที่ใช้ก๊าซออกซิไดส์เป็นตัวกระตุ้น เช่น ไอน้ำ, คาร์บอนไดออกไซด์ ถ่านกัมมันต์ที่ได้จะมีรูพรุนขนาดเล็ก นิยมใช้ในการดูดซับก๊าซ และไอระเหย

2.3.4.3 แบ่งตามขนาดของรูพรุนของถ่านกัมมันต์

- Micro Pores เป็นถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุน ประมาณ 1.5 นาโนเมตร มักนำไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการดูดซับก๊าซ และไอระเหย

- Transitional Pores เป็นถ่านที่มีรัศมีของรูพรุนประมาณ 1.5 ถึง 100 นาโนเมตร มักนำไปใช้ประโยชน์ในปฏิกิริยาที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Reaction) ดูดซับสารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ เช่น การฟอกสี

- Macro Pores เป็นถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนมากกว่า 100 นาโนเมตร โดยปกติไม่มีความสำคัญในการดูดซับสารต่าง ๆ แต่เป็นตัวช่วยให้สารที่ถูกดูดซับสามารถเคลื่อนที่ผ่านไปยังรูพรุนเล็กได้ง่ายขึ้น มักนำไปใช้ประโยชน์ในการฟอกสี และการผลิตยา

2.3.4.4 แบ่งตามความหนาแน่นของถ่านกัมมันต์

- ความหนาแน่นต่ำ มักใช้ประโยชน์ในสภาวะที่เป็นสารละลาย เช่น ฟอกสีน้ำตาลดิบ หรือทำน้ำให้บริสุทธิ์

- ความหนาแน่นสูง ใช้ในการดูดซับก๊าซหรือไอระเหย

2.3.4.5 แบ่งตามชนิดของสารที่ถูกดูดซับ

- Gas Adsorbents หมายถึง ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการดูดซับก๊าซพิษกลิ่น และไอของสารอินทรีย์ ส่วนมากเป็นถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นถ่านประเภท Hard Artificial Char ซึ่งเป็นถ่านที่ได้จากเมล็ดผลไม้ และถ่านไม้ที่เผาด้วยความดันสูง

- Color Adsorbents หมายถึง ถ่านกัมมันต์ที่ใช้เป็นตัวฟอกสี ส่วนมากเป็นถ่านกัมมันต์ที่เกิดจากการเผาถ่านประเภท Soft Artificial Char ซึ่งเป็นถ่านที่ได้จากถ่านไม้ ถ่านชานอ้อย ถ่านจากแกลบ ถ่านจากหินน้ำมัน และถ่านจากกากน้ำตาล

- Metal Adsorbents หมายถึง ถ่านกัมมันต์ที่เป็นตัวแยกพวกโลหะต่าง ๆ เช่น ถ่านที่ใช้ในการแยกทอง , เงิน , แพลทินัมจากแร่ นอกจากนี้ยังมีแบ่งตามสภาวะที่ใช้เช่น Liquid - Phase Carbon , Gas - Phase Carbon

2.3.5 การนำถ่านกัมมันต์ไปใช้ประโยชน์

ในอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ มีการใช้ถ่านกัมมันต์กันอย่างแพร่หลาย หน้าที่ของถ่านกัมมันต์ในแต่ละโรงงานจะแตกต่างกันไปตัวอย่าง เช่น

2.3.5.1 ถ่านกัมมันต์ประเภทที่ใช้กับการดูดซับแก๊สหรือไอ

- ใช้ในอุตสาหกรรมทำหน้าที่กักเก็บแก๊สพิษ ทั้งนี้เพราะถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับแก๊สพิษ และไอของสารอินทรีย์ได้

- ใช้แยกแก๊สโซลีนออกจากแก๊สธรรมชาติ

- ใช้แยกไอระเหยของตัวทำละลายที่ใช้แล้วเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่โดยถ่านกัมมันต์จะดูดซับไอระเหยเหล่านั้นที่อุณหภูมิห้องและคายออกที่ความดันของไอต่ำ

- กำจัดแก๊สเจือปนออก เช่น ไฮโดรเจน ซีลีเนียม อะเซทิลีน แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ สารประกอบออร์แกนิกซัลเฟอร์ เป็นต้น

- กำจัดกลิ่นจากอากาศ ในเครื่องปรับอากาศ ทำให้กลิ่นเหม็นลดน้อยลง

- ใช้ดูดซับกัมมันตภาพรังสีออกมาจากปฏิกรณ์นิวเคลียร์สำหรับหน่วยปฏิบัติการให้การสลายตัวเกิดขึ้นสมบูรณ์ขณะที่ยังถูกจับไว้ในเบดของถ่านกัมมันต์ (Activated carbon bed)

2.3.5.2 ประเภทที่ใช้กับของเหลว (ฟอกสีและทำให้ของเหลวบริสุทธิ์) ซึ่งใช้ใน

อุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น

- ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมผลิตอาหารเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

- ใช้ในทางการแพทย์ อุตสาหกรรมเคมีและยา

- ใช้ทำน้ำดื่มให้บริสุทธิ์ เป็นการกำจัดรส สี และกลิ่น นอกจากนี้ยังใช้ในการบำบัดน้ำเสีย (สมร หิรัญประดิษฐ์กุล, 2554: 14)

- ใช้แยกโลหะ จากสารละลายที่ต้องการ เช่น การแยกทองหลังการสกัดจากแร่ด้วยวิธีไซยาไนด์ เป็นต้น ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาหรือตัวรองรับสารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst support) เช่น ตัวรองรับสารเร่งปฏิกิริยาสำหรับปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน (Hydrogenation) เป็นต้น (สมร หิรัญประดิษฐ์กุล, 2554: 15)

2.4 ถ่านหุงต้ม

2.4.1 ความหมายของถ่าน

ไม้ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง ไม้แห้งทุกชนิด และทุกขนาดอาจใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ สำหรับชี้เสี่ยที่มีขนาดเล็กต้องอัดให้เป็นก้อนเพื่อความสะดวกในการหยิบ ฟืนมีข้อเสีย คือ เมื่อติดไฟแล้วมีควันและให้ความร้อนต่ำ

2.4.2 ชนิดของถ่าน

เราสามารถแบ่งประเภทของถ่านชนิดต่าง ๆ ออกเป็นสองประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

2.4.2.1 ถ่านสีดำ (ถ่านที่เผาโดยทั่วไป) โดยทั่วไปแล้วถ่านสีดำจะนุ่ม และมีเปลือกไม้ติดอยู่ ถ่านสีดำติดไฟง่ายและมีพลังความร้อนในการเผาผลาญพอที่จะหลอมละลายโลหะ และเหล็กได้ ถ่านเกือบทั้งหมดที่มีการผลิตทั่วโลกจะมีความคล้ายคลึงกันกับถ่านนี้ เผาที่อุณหภูมิระหว่าง 500 - 700 องศาเซลเซียส

2.4.2.2 ถ่านแข็ง (ถ่านที่เผาโดยกรรมวิธีพิเศษ) ส่วนถ่านแข็งจะแข็ง และไม่มีเปลือกไม้ติดอยู่ถ่านสีขาวจะให้พลังความร้อนสูงเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1000 องศาเซลเซียส เมื่อทดลองหักถ่านดู จะเห็นผิวหน้าที่เรียบและแข็ง ถ่านนำถ่านนี้ไปเคาะดูจะได้ยินเสียงดังกังวานเหมือนโลหะ สามารถเผาไหม้ได้เป็นเวลานาน

2.4.3 คุณสมบัติถ่านที่ดี

- มีความหนาแน่น
- ให้ความร้อนสูง
- ไม่มีควันเมื่อติดไฟ
- ไม่แตกสะเก็ดระหว่างติดไฟ

2.4.4 ขั้นตอนการเผาถ่าน

ขั้นตอนการเผาถ่านมี 4 ช่วง ดังนี้

2.4.4.1 ไล่ความชื้น หรือคายความร้อน

เริ่มจุดไฟเตา บริเวณที่อยู่หน้าเตา ใส่เชื้อเพลิงให้ความร้อนกระจายเข้าสู่เตาเพื่อไล่อากาศเย็น และความชื้นที่อยู่ในเตา และในเนื้อไม้ ควันที่ออกมาจากปล่องควันจะเป็นสีขาว มีกลิ่นเหม็นซึ่งเป็น กลิ่นของกรดประเภทเอทานอล ที่อยู่ในเนื้อไม้ อุณหภูมิบริเวณปากปล่องควันประมาณ 70 - 75 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 150 องศาเซลเซียส ใส่เชื้อเพลิงต่อไปควันสีขาวตรงปล่องจะเพิ่มขึ้น อุณหภูมิบริเวณปากปล่องควันประมาณ 70-75 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 200 - 250 องศาเซลเซียส ควันมีกลิ่นเหม็นจุน

2.4.4.2 เมื่อไม้กลายเป็นถ่าน หรือปฏิกิริยาคายความร้อน

เมื่อเผาไปอีกระยะหนึ่ง ควันสีขาวจะเริ่มบางลง และเปลี่ยนเป็นสีเทา อุณหภูมิบริเวณปากปล่องควัน ประมาณ 80 - 85 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 300 - 400 องศาเซลเซียส ไม้ที่อยู่ในเตาจะคายความร้อนที่สะสมเอาไว้เพียงพอที่จะทำให้อุณหภูมิในเตาจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงนี้ค่อย ๆ ลดการป้อนเชื้อเพลิงหน้าเตาจนหยุดการป้อนเชื้อเพลิง และเริ่มเก็บน้ำส้มควันไม้ หลังจากการหยุดการป้อนเชื้อเพลิงหน้าเตาจะต้องควบคุมอากาศโดยการหรี่หน้าเตาหรือลดพื้นที่หน้าเตาลงให้เหลือช่องพื้นที่หน้าเตา ประมาณ 20 - 30 ตารางเซนติเมตร สำหรับให้อากาศเข้า เพื่อรักษาระดับของอุณหภูมิในเตาไว้ให้นานที่สุด และยืดระยะเวลาการเก็บน้ำส้มควันไม้ให้นานที่สุด โดยช่วงที่เหมาะสมกับการเก็บน้ำส้มควันไม้ควรมีอุณหภูมิ บริเวณปากปล่องควัน ประมาณ 85 - 120 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นช่วงที่สารในเนื้อไม้ถูกขับออกมาจากนั้นควันก็เปลี่ยนจากควันสีเทาเป็นสีน้ำเงิน จึงหยุดเก็บน้ำส้มควันไม้ อุณหภูมิบริเวณปากปล่องควัน ประมาณ 100 - 200 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 400 - 450 องศาเซลเซียส

2.4.4.3 ช่วงทำถ่านให้บริสุทธิ์

ขั้นตอนนี้ในช่วงที่ไม้จะเปลี่ยนเป็นถ่าน ต้องทำการเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยการเปิดหน้าเตาประมาณ 1 ใน 3 ของหน้าเตาทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เมื่อควันสีน้ำเงินเป็นสีฟ้า แสดงว่าไม้เริ่มเป็นถ่านใกล้หมด จากนั้นควันสีฟ้าอ่อนลงและจะกลายเป็นควันใสแทนเมื่อมีควันใสเริ่มทำการปิดหน้าเตา โดยใช้ดินเหนียวปิดรอยรั่ว และรอยต่อ จากนั้นทำการปิดปล่องควันให้สนิท และอุดรูรั่วทั้งหมดไม่ให้อากาศผ่านเข้าไป

2.4.4.4 ช่วงทำการให้ถ่านในเตาเย็นลง

เกลี่ยดินบนเตาออกให้เห็นหลังเตา เพื่อระบายความร้อนในเตา จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน หรือประมาณ 8 ชั่วโมงเป็นอย่างน้อย เพื่อให้ถ่านดับสนิท แล้วจึงเริ่มการเปิดเตาเพื่อนำถ่านออกจากเตา และนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปด้วยเหตุนี้เองเตาเผาถ่านจึงมีความสำคัญในการเผาถ่านเป็นอย่างยิ่ง หากเตาที่ดีมีประสิทธิภาพในการเผา ก็จะสามารถทำให้ควันที่เกิดจากการเผามีน้อยทำให้การสร้างมลภาวะที่เกิดขึ้นมีน้อยลง

กระบวนการผลิตเผาถ่านเริ่มจากการวางเรียงเศษไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่าน โดยเว้นช่องว่างข้างใต้สำหรับการป้อนความร้อนเพื่อเริ่มกระบวนการเผา และต่อท่อไว้เพื่อให้ก๊าซที่เกิดขึ้นระบายออกมาข้างนอก แล้วนำวัสดุแผ่นโลหะที่ไม่ใช้แล้ว กั้นโดยรอบกองไม้ เมื่อเกิดการลุกไหม้มากพอสมควรแล้ว จึงนำเศษถ่านไม้ที่เหลือทิ้งหรือขี้เถ้ามากลบให้มิดเพื่อจำกัดอากาศในการเกิดปฏิกิริยา ในระหว่างกระบวนการการผลิตจะมีควันสีขาวพุ่งออกมาเป็นระยะ ๆ ซึ่งเกิดจากการปลดปล่อยสารระเหย (Volatiles) ที่มีอยู่ในเศษไม้ หรือเชื้อเพลิงแข็งอื่น ๆ ทุกชนิด ควันเหล่านี้ทำให้เกิดอาการเม็นเวียนศีรษะหากสูดเข้าไปมาก ๆ ยังอาจบดบังทัศนวิสัยในการขับขี่ ก่อให้เกิดอันตรายกับยานพาหนะอีกด้วยควันที่เกิดขึ้นเหล่านี้มีก๊าซเป็นองค์ประกอบหลากหลาย รวมถึงก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และก๊าซไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่ (Polyaromatic Hydrocarbon) เป็นการเพิ่มการปล่อย “ ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) ออกสู่บรรยากาศส่งผลให้รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ถูกกักเก็บอยู่ในบริเวณผิวโลกมากขึ้น อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของพื้นผิวโลกจึงเพิ่มขึ้นเกิดภาวะโลกร้อน และควันของการเผาถ่านเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจและสุขภาพ

2.5 การกรอง

2.5.1 หลักของการกรอง

น้ำที่ผ่านกระบวนการตกตะกอนส่วนใหญ่แล้วจะมีอนุภาคเล็ก ๆ จับตัวกันเป็นตะกอนแขวนลอย ที่เรียกว่า ฟล็อก (Floc) ซึ่งจะผ่านเข้าเครื่องกรอง พวกอนุภาคตะกอนเล็กเหล่านี้จะแทรกผ่านเข้าไปในช่องว่างของชั้นสารกรองที่ชั้นผิวหน้า ซึ่งทำให้ตะกอนมาพอกพูนเกาะบนผิวส่วนบนของชั้นสารกรองมากขึ้น เมื่ออนุภาค และตะกอนเล็กเหล่านี้ไปอุดอยู่ในสารกรองอัตราการไหลของน้ำผ่านสารกรองจะลดลง การอุดตันของสารกรองจะเกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอทั้งผิวหน้าบริเวณไหนที่อุดตันน้อยกว่าน้ำจะไหลกรองผ่านได้มากกว่า อนุภาค และตะกอนจะแทรกเข้าไป

ในสารกรองได้เล็กไม่เกิน 2-3 นิ้ว เพราะฉะนั้นการกรองจะเกิดขึ้นที่ผิวหน้าเล็กเพียง 1-2 นิ้ว เท่านั้น (เกรียงศักดิ์ ศรีสุข, 2539: 23-25) พวกตะกอนเล็ก ๆ ที่ไปเกาะอยู่ในช่องว่างของสารกรองจะทำให้หน้าที่ของตัวกรองสำหรับอนุภาคอื่น ๆ ต่อกันไปอีกจึงจำเป็นต้องคัดเลือกสารกรองที่มีขนาดโตพอเหมาะเพื่อให้ตะกอนต่าง ๆ สามารถแทรกตัวลงไปเนื้อสารกรองได้ ถ้าตะกอนแทรกตัวลงไปในสารกรองไม่ได้เลยจะตกค้างบนผิวหน้า ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการกรองลดต่ำลง เพราะจะทำให้แรงดันที่ต้องใช้ในการกรองเพิ่มขึ้น ช่วงเวลาที่ใช้งานในการกรองน้ำจะลดลง

2.5.2 ทฤษฎีทั่วไปของการกรองน้ำ

ในการออกแบบและควบคุมระบบกรองน้ำ จำเป็นต้องใช้ทฤษฎีทั่วไปของการกรองน้ำ เข้ามาเป็นปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบกรองน้ำ ซึ่งสามารถอธิบายได้ 2 หัวข้อ ดังนี้ (ยูภาพรณ วีระ, 2550: 26-30)

2.5.2.1 ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับระบบกรองน้ำ ระบบกรองน้ำที่วิศวกรเป็นผู้ออกแบบจำเป็นต้องพิจารณาถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการกรองน้ำซึ่งสรุปไว้ดังนี้

1. ประจุของชั้นสารกรอง
2. ขนาดและความหนาแน่นของสารกรอง
3. ความพรุนของสารกรอง
4. ค่าสูญเสียความดันเนื่องจากสารกรอง
5. ประสิทธิภาพของเครื่องกรองน้ำ
6. คุณลักษณะของน้ำที่ไหลเข้าสู่เครื่องกรองน้ำ เช่น ความแข็งแรงของตะกอน ประจุในน้ำ ฯลฯ
7. อัตราการกรอง
8. ความลึกของชั้นกรอง
9. ค่าสูญเสียความดันที่ยอมให้มีได้ในระบบกรองน้ำ

2.5.2.2 กลไกของการกรองน้ำ คือ วิธีการเคลื่อนที่ของตะกอนต่าง ๆ ในน้ำที่ผ่านเข้าไปหาสารกรอง และวิธีการจับตะกอนต่าง ๆ ในน้ำให้เกาะติดอยู่บนสารกรอง กลไกของการกรองน้ำที่มีอยู่ 3 กลไก คือ

1. กลไกทางกายภาพ กลไกของการกรองน้ำทางกายภาพ จะอาศัยหลักกลศาสตร์มาอธิบาย ซึ่งมีกลไกอยู่ 4 แบบ ดังนี้

- การติดค้างอยู่บนสารกรอง (Straining) ตะกอนจะติดค้างอยู่บนช่องว่างระหว่างสารกรอง ซึ่งมี 2 แบบ ได้แก่ แบบที่มีขนาดของตะกอนใหญ่กว่าช่องว่างระหว่างสารกรอง และแบบที่มีขนาดของตะกอนเล็กกว่าช่องว่างระหว่างสารกรอง

- การตกตะกอน (Sedimentation) คือ ตะกอนได้ตกลงบนสารกรองในชั้นกรอง

- การเบียดเข้าหาสารกรอง (Interception) คือ ตะกอนได้เคลื่อนที่ไปในแนวทิศทางเดียวกับกระแส น้ำ และตะกอนเหล่านี้จะเคลื่อนที่ไปพบผิวของสารกรอง

- Inertial Impaction คือ ตะกอนที่มีน้ำหนักมากจนไม่สามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับกระแส น้ำ ดังนั้นตะกอนหนักเหล่านี้จะตกลงบนสารกรองเสียก่อน

2. กลไกทางกายภาพและเคมี กลไกของการกรองน้ำที่เกิดจากทั้งทางกายภาพและเคมี จะมีการทำงานได้ดีกว่ากลไกของการกรองน้ำที่เกิดจากทางกายภาพเพียงอย่างเดียว เพราะการกรองนี้เกิดขึ้นได้เกือบทั่วทั้งชั้นกรองทำให้ประสิทธิภาพในการใช้สารกรองมีมาก กลไกของการกรองน้ำแบบนี้ต้องอาศัยหลักฟิสิกส์มาอธิบาย โดยแบ่งออกเป็น 4 แบบ ดังนี้

- การดูดติดผิวทางเคมี (Chemical adsorption) คือ การดูดติดผิวที่อาศัยการยึดเหนี่ยวทางเคมี โดยจะมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นในการดูดติดผิวระหว่างตะกอนกับสารกรอง การดูดติดผิวแบบนี้จะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อมีอุณหภูมิสูง

- การดูดติดผิวทางกายภาพ (Physical adsorption) คือ การดูดติดผิวที่อาศัยแรงต่าง ๆ ยึดเหนี่ยวไม่ให้ออกออกจากกันระหว่างตะกอนกับสารกรอง การดูดติดผิวแบบนี้จะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อมีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งตรงข้ามกับการดูดติดผิวทางเคมี สำหรับการดูดติดผิวทางกายภาพจะประกอบด้วยแรง 3 ลักษณะ ได้แก่

- Electrostatic Forces คือ แรงที่เกิดขึ้นกับตะกอนที่มีประจุไฟฟ้าซึ่งจะเกิดขึ้นบนสนามไฟฟ้าสถิต บริเวณสารกรอง

- Electro kinetic Forces คือ แรงที่เกิดขึ้นกับตะกอนที่มีประจุไฟฟ้าโดยตะกอนนี้จะเคลื่อนที่บนสารกรองอยู่ตลอดเวลา

- Vander waals Forces คือ แรงดึงดูดระหว่างตะกอนกับสารกรอง ซึ่งไม่เกาะติดบนผิวที่หนึ่งที่ใดโดยเฉพาะ แต่จะเกาะติดบนผิวโดยที่มีการเคลื่อนที่แบบอิสระอยู่ตลอดเวลาแต่ต้องอยู่ในขอบเขตของวัตถุทั้งสอง

- แรงติดแน่น (Adhesion Forces) คือ แรงติดแน่นให้ตะกอนประเภทสารตกตะกอน (Flocculant) ติดแน่นกับผิวของสารกรองที่ตะกอนนี้ไหลผ่านมาพบ แต่เนื่องจาก

แรงเข้าน้ำที่เกิดจากการไหลของน้ำผ่านชั้นกรอง ได้เกาะพวกตะกอนบางส่วนก่อนที่ตะกอนส่วนนี้จะเกาะติดแน่นบนผิวสารกรอง ซึ่งทำให้น้ำได้ไหลพาตะกอนนี้เคลื่อนที่ผ่านชั้นกรองไปลึกขึ้นจนอาจหลุดออกจากชั้นกรอง และไหลไปปนกับน้ำที่ผ่านระบบกรองน้ำแล้ว ซึ่งมีผลให้น้ำที่ออกมาปริมาณตะกอนมากขึ้น

- Coagulation - Flocculation คือ การเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งทำให้ตะกอนต่าง ๆ ในน้ำได้มีโอกาสเกาะตัวซึ่งกันและกัน ทำให้ตะกอนเหล่านี้มีขนาดใหญ่ขึ้น และจะมีผลให้เกิดการดักตะกอนโดยสารกรองในชั้นกรองได้ ซึ่งอาศัยกลไกการกรองน้ำแบบต่าง ๆ ได้แก่ Straining Sedimentation , Interception , Inertial Impaction และ Adhesion Forces

3. กลไกทางชีวเคมี กลไกการกรองน้ำที่เกิดจากชีวเคมี คือ พวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้เติบโตอยู่ภายในชั้นกรอง ซึ่งจะลดขนาดของช่องว่างที่อยู่ภายในชั้นกรอง และทำให้เกิดตะกอนในชั้นกรองได้

2.5.2.3 สารกรองที่มีคุณสมบัติในการกรองที่ดี

- ป้องกันไม่ให้ตะกอนหรืออนุภาคแขวนลอยไหลผ่านสารกรองได้
- ดักและจับตะกอนหรืออนุภาคแขวนลอยเหล่านี้ไว้อย่างเหมาะสมเพื่อจะง่ายในการล้างกลับ
- สามารถดักจับตะกอนหรืออนุภาคแขวนลอยไว้ได้มากที่สุด โดยไม่อุดตันได้ง่าย

2.5.2.4 การกรองแบบสารกรองหลายชนิด (Multimedia Filtration)

กล่าวถึงสารกรองที่นิยมใช้มากในการกรองน้ำมี 4 ชนิด

1. ทราย (Fine Sand) ทรายที่ใช้กรองน้ำส่วนใหญ่จะเป็นทรายซิลิกา นอกจากนั้นกรวดและทรายที่ใช้สำหรับการกรองน้ำต้องไม่มีหินปูน (Limestone) ซึ่งมีเนื้ออ่อนและละลายน้ำได้ดีปะปนอยู่ เพราะเมื่อมีการใช้งานมีการล้างและกวนมากจะทำให้มีการสึกกร่อน และทำให้มีขนาดเล็กลงได้ วิธีทดสอบว่าในกรวด และทรายมีหินปูนปนอยู่มากแค่ไหน ทำได้โดยแช่ในกรดเกลือเข้มข้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักควรหายไปไม่เกินร้อยละ 5

2. ถ่านแอนทราไซต์ (Anthracite) ใช้ในกรณีที่ใช้ทรายเป็นสารกรองไม่ได้ เพราะจะทำให้ซิลิกาออกมาในกรณีที่มีน้ำมีความร้อนหรือความเป็นกรดต่างสูง ถ่านแอนทราไซต์ที่มีขนาดเท่ากับทรายละเอียดจะมีประสิทธิภาพเท่ากัน ถ่านแอนทราไซต์มีข้อดี คือ ดักจับตะกอน และอนุภาคต่าง ๆ ได้มากกว่าทราย เพราะมีลักษณะรูปร่างเกลี้ยงกลมกว่า ใช้น้ำล้างในตอนล้างกลับน้อยกว่า ยืดอายุการใช้งานของเครื่องกรอง สามารถกรองได้ดีที่อัตราการกรองสูงขึ้น

3. หินปูน (Calcite or Calcium Carbonate) คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะใช้กรองน้ำ ถ่านน้ำดิบมีค่าความเป็นกรด - ด่างต่ำกว่า 6.8 หินปูนจะทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแคลเซียมไบคาร์บอเนต ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารกรองด้วยเช่นกัน

4. ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) สามารถกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำได้ ด้วยการดูดติดผิว ซึ่งเกิดขึ้นที่พื้นที่ผิว (Surface Area) ของถ่าน ซึ่งมีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 500 - 1,400 ตารางเมตรต่อกรัม ถ่านนี้สามารถกำจัดสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดกลิ่น รส และสีในน้ำได้ดี เพราะบนพื้นที่ผิวจะมีรูพรุนอยู่มากมาย ซึ่งมีขนาดเท่ากับโมเลกุลของสารที่จะดูดติดผิวเหล่านี้ โมเลกุลสารต่าง ๆ จะแพร่กระจายเข้าไปอยู่ในรูเล็ก ๆ เหล่านี้ได้ (คุณภาพธรณี วีระ, 2550 : 26 -30)

2.6 น้ำเสีย

2.6.1 ลักษณะน้ำเสีย

น้ำเสีย ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปน และปนเปื้อนอยู่ในของเหลว น้ำเสียจากแหล่งต่างๆ จะมีลักษณะของสมบัติที่แตกต่างกันออกไป รายละเอียดของลักษณะน้ำเสียเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับวิศวกรในการออกแบบเพื่อให้ได้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพสูง และสำหรับผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียให้สามารถควบคุมระบบให้ใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องเหมาะสม (ระบบบำบัดมลพิษน้ำ, 2549: 5 - 4)

2.6.2 ประเภทของน้ำเสีย (Types of wastewater)

การแบ่งประเภทน้ำเสียสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.6.2.1 การแบ่งประเภทของน้ำเสียตามแหล่งกำเนิด (Classification by source of wastewater)

การแบ่งประเภทของน้ำเสียตามแหล่งกำเนิดมักเป็นที่นิยมใช้กันมาก ทั้งนี้เนื่องจากทำให้ทราบถึงแหล่งที่มาของน้ำเสีย รวมทั้งสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียด้วย การแบ่งประเภทของน้ำเสียโดยวิธีการนี้สามารถแบ่งน้ำเสียได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. น้ำเสียชุมชน (Domestic wastewater)

น้ำเสียชุมชนหรืออาจจะเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า น้ำโสโครก (Sewage) ได้แก่ น้ำทิ้งที่มาจากชุมชน บ้านเรือนที่พักอาศัย อาคาร ร้านค้า ภัตตาคาร โรงแรม เป็นต้น โดยน้ำเสียดังกล่าวมักเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ น้ำเสียส่วนนี้มักปนเปื้อนสิ่งสกปรกจำพวกสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร อุจจาระ ปัสสาวะ นอกจากนี้ยังมีผงซักฟอก สบู่ และสารลดแรงตึงผิวที่เป็นส่วนประกอบในผงซักฟอก สบู่ ตลอดจนจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งอาจจะมีน้ำที่เป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ทั่วไป (สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2552: 3 - 4)

2. น้ำเสียเกษตรกรรม (Agricultural wastewater)

น้ำเสียจากการเกษตรเป็นน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาจากพื้นที่ที่มีกิจกรรมเกี่ยวกับการเกษตรไม่ว่าจะเป็นพื้นที่เพาะปลูกหรือพื้นที่เลี้ยงสัตว์ สิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียที่มาจากพื้นที่เลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่มักจะเป็นสารอินทรีย์ซึ่งมาจากเศษอาหารสัตว์และสิ่งขับถ่ายออกจากตัวสัตว์ ซึ่งน้ำเสียส่วนนี้มักมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง ส่วนน้ำเสียที่มาจากพื้นที่เพาะปลูกมักมีการปนเปื้อนของสารเคมี ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าวัชพืช ที่ถูกใช้ในพื้นทีเพาะปลูก ดังนั้นน้ำเสียจากการเกษตรกรรมมักจะมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์เป็นจำนวนมาก รวมทั้งสารเคมีด้วย (สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2552: 4)

3. น้ำเสียอุตสาหกรรม (Industrial wastewater)

น้ำเสียอุตสาหกรรมจะเป็นน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนสิ่งสกปรกที่แตกต่างกัน และปริมาณของสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนก็แตกต่างกันด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรม วัตถุประสงค์ที่ใช้ตลอดจนขบวนการผลิตที่ใช้ โดยสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนอาจเป็นสารอินทรีย์

สารอินทรีย์ หรืออาจเป็นทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ก็ได้ น้ำเสียอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการผลิตและจากกิจกรรมของพนักงานในโรงงานด้วยผสมกัน แต่โรงงานบางแห่งที่แยกน้ำเสียทั้ง 2 ส่วนออกจากกันอย่างเด่นชัด และมีการบำบัดแยกออกจากกันโดยเด็ดขาด (สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2552: 4)

2.6.2.2 การแบ่งประเภทของน้ำเสียตามลักษณะสมบัติของสิ่งสกปรก (Classification of wastewater by type of impurities)

การจำแนกชนิดของน้ำเสีย วิธีการนี้อาศัยแบ่งตามลักษณะของสิ่งปนเปื้อน โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. น้ำเสียอินทรีย์ (Organic wastewater)

น้ำเสียอินทรีย์เป็นน้ำเสียที่มีสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนเป็นสารอินทรีย์ซึ่งจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ น้ำเสียประเภทนี้ได้แก่ น้ำเสียชุมชน น้ำเสียอุตสาหกรรมอาหารและแปรรูปอาหาร น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ และน้ำเสียจากห้องเย็น เป็นต้น

2. น้ำเสียอนินทรีย์ (Inorganic wastewater)

น้ำเสียอนินทรีย์เป็นน้ำเสียที่มีสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนเป็นสารอนินทรีย์ซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ น้ำเสียประเภทนี้ได้แก่ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเลียมเคมี อุตสาหกรรมผลิตสารเคมี อุตสาหกรรมกระดาษ ใยสังเคราะห์ อุตสาหกรรมฟอกย้อม เป็นต้น

2.6.3 ลักษณะของน้ำเสีย

สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

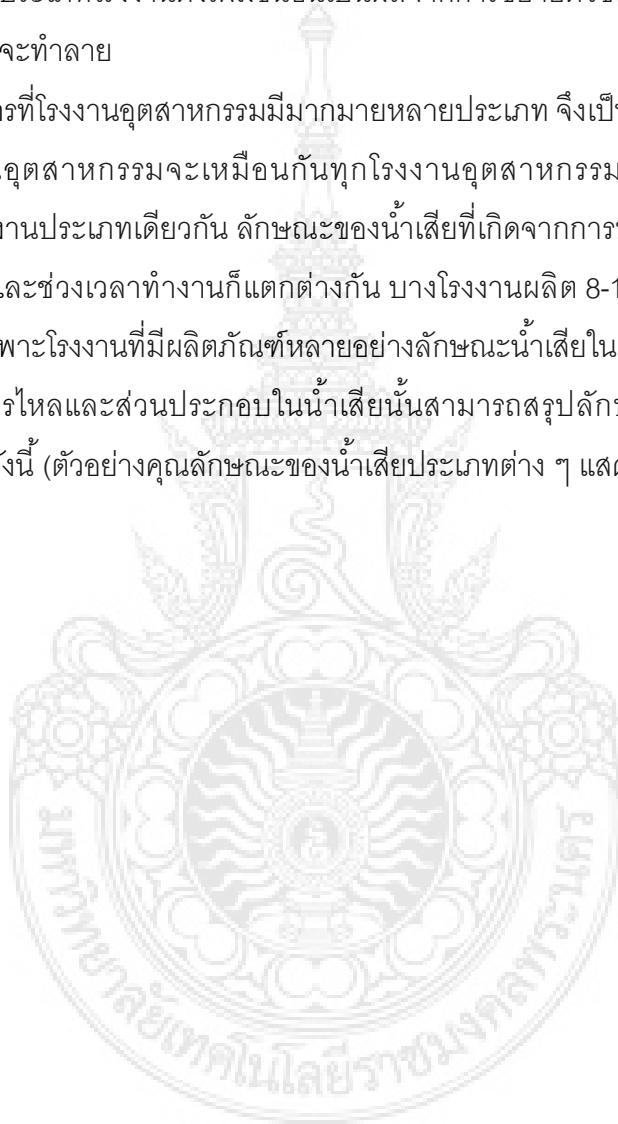
2.6.3.1 ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ คือ สสารที่อยู่ในน้ำเสียที่จำแนกออกได้ในรูปของของแข็งชนิดต่าง ๆ กลิ่น อุณหภูมิ สี และความ

2.6.3.2 ลักษณะน้ำเสียทางเคมี คือ สสารที่อยู่ในน้ำเสียที่จำแนกออกได้ในรูปของสารอินทรีย์ (Organics) เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันและน้ำมัน นิยมทำการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของ บีโอดี , ซีโอดี , ทีโอดี และสารอนินทรีย์ (Inorganic)

2.6.3.3 ลักษณะน้ำเสียทางชีวภาพ คือ น้ำเสียที่มีส่วนประกอบทางชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย รา สาหร่าย โปรโตซัว ไวรัส เป็นต้น

ประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่ประเทศอุตสาหกรรม รายได้จากภาคอุตสาหกรรมได้ทำรายได้ให้กับประเทศมากกว่าภาคการเกษตรอย่างน้อย 2 เท่า ในขณะที่เศรษฐกิจของประเทศมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปัญหาสิ่งแวดล้อมก็ได้เพิ่มมากขึ้น ปัญหามลพิษน้ำไม่ได้หยุดอยู่ที่ค่าความสกปรกในรูปบีโอดี ได้ขยายครอบคลุมไปถึงโลหะหนัก สารพิษ สารอันตรายอื่น ๆ เนื่องจากการที่มีประเภทโรงงานตั้งเพิ่มขึ้นอันเป็นผลจากการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมลสารเหล่านี้ยากที่จะทำลาย

จากการที่โรงงานอุตสาหกรรมมีมากมายหลายประเภท จึงเป็นไปได้ที่ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะเหมือนกันทุกโรงงานอุตสาหกรรมจะเหมือนกันทุกโรงงาน แม้กระทั่งในโรงงานประเภทเดียวกัน ลักษณะของน้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานนั้นยังแตกต่างกัน และช่วงเวลาทำงานก็แตกต่างกัน บางโรงงานผลิต 8-12 ชั่วโมง บางโรงงานผลิต 24 ชั่วโมง โดยเฉพาะโรงงานที่มีผลิตภัณฑ์หลายอย่างลักษณะน้ำเสียในแต่ละเวลา ก็จะแตกต่างกัน ทั้งอัตราการไหลและส่วนประกอบในน้ำเสียนั้นสามารถสรุปลักษณะน้ำเสียตามประเภทอุตสาหกรรมได้ดังนี้ (ตัวอย่างคุณลักษณะของน้ำเสียประเภทต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2.1)



ตารางที่ 2.1 ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ

ประเภทโรงงาน	บีโอดี (มก./ล.)		ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย
กระดาษ	100-1,000	530	100-1,300	830
สบู่	200-3,000	1,180	100-3,000	560
ผงชูรส	200-2,000	890	-	-
สุรา-แอลกอฮอล์	5,000-60,000	29,000	1,00-10,000	7,800
น้ำอัดลม	150-2,400	740	50-400	190
นม	200-3,600	1,125	100-1,10	450
น้ำตาล	200-3,900	1,320	100-600	320
สิ่งทอ	60-900	230	0-500	160
ห้องเย็น	250-4,000	1,560	100-700	410
เครื่องกระป๋อง	500-12,700	3,560	100-3,000	760
วุ้นเส้น	600-4,500	1,840	-	-
เส้นหมี่	1,000-14,000	3,620	1,000-30,000	8,400
ไม้แป้ง แปะแซ	1,000-11,000	5,235	500-5,000	1,700

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2542

2.7 ค่าพารามิเตอร์

2.7.1 สี (Color)

โรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่นโรงงานกระดาษ โรงงานฟอกย้อม มักมีปัญหาเรื่องของสีในน้ำเสีย นอกจากนี้การเกิดสาหร่ายปริมาณมากๆ ในแหล่งน้ำจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องสีในน้ำสีของน้ำในแหล่งน้ำมีผลเสียนอกจากจะทำให้แหล่งน้ำไม่น่าดู แล้วยังกั้นขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงมาได้น้ำทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง นอกจากนี้สีที่เกิดจากสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย

2.7.1.1 การตรวจวัดสีของน้ำโดย Spectrophoto meter

- เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Spectrophoto meter
2. เครื่องปั่นตักตะกอน (centrifuge)
3. กระจกทึบ
4. Cell

- สารเคมี

1. ละลาย 1.246 กรัม โพแทสเซียมคลอโรแพลทตินัม (K_2PtCl_6) และ 1.0 กรัม ผล็กโคบอลต์คลอไรด์ ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$) ในน้ำกลั่นที่มีกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc.HCl) อยู่ 100 มิลลิลิตร เขย่าแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร สารละลายสตีคมาตรฐานนี้มีความเข้มข้นของสีเท่ากับ 500 หน่วยสี (units)

2. การเตรียมกราฟมาตรฐานสีดังนี้

เตรียมอนุกรมของสารละลายสีมาตรฐานที่มีความเข้มข้นของสี 5 , 10 , 15 , 20 , 25 , 30 , 35 , 40 , 45 , 50 , 60 และ 70 หน่วยสี

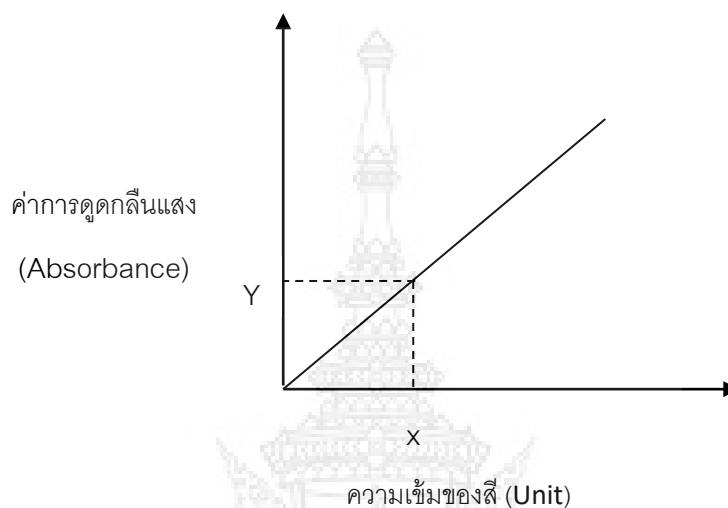
โดยการปิเปต 0.5 , 1.0 , 1.5 , 2.0 , 2.5 , 3.0 , 2.5 , 3.0 , 3.5 , 4.0 , 4.5 , 5.0 , 6.0 และ 7.0 มิลลิลิตร ของสารละลายสตีคมาตรฐานของสี ตามลำดับ แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) เช่นเดียวกับตัวอย่างพล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้นของสีเป็น Unit กับค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)

- วิธีการ

1. ให้หาความยาวคลื่นที่สีมาตรฐานดูดกลืนได้ดีที่สุด ใช้ความยาวคลื่นนี้ในการตรวจวัดด้วย Spectrophotometer
2. รินตัวอย่างน้ำใส่ลงใน cell ของเครื่อง Spectrophotometer ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ
3. ใช้กระจกทึบเช็ด cell ให้แห้ง
4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่นในข้อ 1.

- การคำนวณ

คำนวณหาความเข้มข้นของสี (Units) โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน



$Y =$ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

$X =$ ปริมาตรความเข้มข้นของสีที่ตรวจวัดได้ หน่วยเป็น Unit

2.7.2 ซีโอดี (COD)

2.7.2.1 ความหมาย

ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand ; COD) เป็นการวัดปริมาณออกซิเจนเทียบเท่า (Oxygen Equivalent) ที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์ในตัวอย่างอย่างสมบูรณ์ด้วยตัวออกซิไดซ์อย่างแรง (Strong Chemical Oxidant) ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยหลักการที่ใช้ในการออกซิไดซ์ คือ สารประกอบอินทรีย์เกือบทุกชนิด (ยกเว้นสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนบางชนิด) จะถูกออกซิไดซ์โดยตัวออกซิไดซ์อย่างแรง (Strong Oxidizing Agents) (โพแทสเซียม หมายถึง 1)

การวิเคราะห์ค่าซีโอดีนั้นในปฏิบัติการการออกซิเดชันสารอินทรีย์ จะต้องใช้ตัวออกซิไดซ์ที่แรงพอในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในตัวอย่าง ซึ่งมีสารหลายชนิดที่ใช้เป็นตัวออกซิไดซ์ได้ เช่น Potassium Dichromate, Potassium Permanganate เป็นต้น แต่ตัวออกซิไดซ์ที่นิยมใช้

กันอย่างกว้างขวางคือ Potassium Dichromate ทั้งนี้เนื่องจาก Potassium Dichromate เป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงมากและสามารถใช้กับตัวอย่างได้หลายชนิดรวมทั้งง่ายต่อการใช้ และการดำเนินการวิเคราะห์ด้วย โดยทั่วไปการออกซิไดซ์สารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 95 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณในทางทฤษฎี (ไพฑูริย์ หมายมั่นสมสุข: กรมโรงงานอุตสาหกรรม)

2.7.2.2 วิธีการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ค่าซีโอดีมี 3 วิธี คือ

- 1) วิธีรีฟลักซ์แบบเปิด (Open Reflux Method)
- 2) วิธีรีฟลักซ์แบบปิด/การติเตรท (Closed Reflux, Titrimetric Method)
- 3) การวิเคราะห์ซีโอดีโดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด/เปรียบเทียบสี (Closed Reflux, Colorimetric Method) (ไพฑูริย์ หมายมั่นสมสุข: กรมโรงงานอุตสาหกรรม: 2)

ซึ่งในโครงการนี้ได้เลือกใช้การวิเคราะห์หาซีโอดีแบบวิธีรีฟลักซ์แบบปิด/การติเตรท (Closed Reflux , Titrimetric Method)

2.7.2.3 หลักการวิเคราะห์ซีโอดีโดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด/การติเตรท (Close Reflux, Titrimetric Method)

หลักการการวิเคราะห์ค่าซีโอดีโดยวิธีการรีฟลักซ์แบบปิดจะเหมือนกับวิธีการรีฟลักซ์แบบเปิด แต่มีข้อดีคือสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่ายจะสามารถถูกออกซิไดซ์ได้มากกว่าในระบบปิดเมื่อเทียบกับการรีฟลักซ์ในระบบเปิดเพราะมีเวลาสัมผัสกับสารออกซิไดซ์ได้นานกว่า ก่อนทำการทดลองควรตรวจสอบว่าปิดหลอดแก้วว่า มีรอยแตกตรงรอยต่อของ TFE liner หรือไม่ การเลือกขนาดของหลอดที่ใช้ขึ้นอยู่กับความไว (sensitivity) ที่ต้องการ สำหรับตัวอย่างน้ำที่มีค่าซีโอดีต่ำควรใช้หลอดแก้วขนาด 25 x 150 มิลลิเมตร เพราะจะต้องใช้ปริมาตรตัวอย่างน้ำที่มาก

- เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการรีฟลักซ์ (Reflux Apparatus) ประกอบด้วย

1. ขวดกลมก้นแบน (Flat-bottom Flask) ขนาด 250 หรือ 500 มิลลิลิตร
2. เครื่องควบแน่น (Condenser) ซึ่งมี Jacket ขนาด 300 มิลลิเมตร
3. เตาชนิด Hot Plate หรือ Heating Mantle ซึ่งสามารถให้กำลังไฟได้ไม่น้อยกว่า

1.4 วัตถุประสงค์ตาราง เมตร

- การวิเคราะห์

1. กรณีที่น้ำตัวอย่างมีค่าซีไอดีมากกว่า 50 แต่ไม่เกิน 900 มิลลิกรัมออกซิเจนต่อลิตรใส่เมอร์คิวริซัลเฟต ประมาณ 0.4 กรัม ลงในขวดรีฟลักซ์ เติมตัวอย่างน้ำหรือตัวอย่างน้ำที่เจือจางแล้ว จำนวน 20.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
2. เติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.0417 M จำนวน 10.0 มิลลิลิตร แล้วค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเอเจนท์ จำนวน 30.0 มิลลิลิตรลงไป
3. ใส่ลูกแก้ว (Glass Bead) ลงไป 5 - 6 เม็ด เพื่อป้องกันมิให้เกิดการเดือดอย่างรุนแรงผสมสารละลายในขวดให้เข้ากัน
4. นำขวดรีฟลักซ์นี้ไปต่อกับเครื่องควบแน่น ใช้ปีกเกอร์เล็ก ๆ ปิดที่ปลายเปิดด้านบนของเครื่องควบแน่นเพื่อป้องกันสารอื่น ๆ จากภายนอกหลุดเข้าไป
5. รีฟลักซ์หรือต้มให้เดือดเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมงหรือน้อยกว่านี้ถ้าทดสอบแล้วว่าให้ผลที่เท่ากัน
6. ล้างเครื่องควบแน่นด้วยน้ำเพียงเล็กน้อยก่อนถอดชุดเครื่องควบแน่นออกจากขวดรีฟลักซ์ เติมน้ำกลั่นลงไปในขวดรีฟลักซ์จนสารละลายผสมมีปริมาตรประมาณ 150 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็นที่ อุณหภูมิห้อง
7. ติเตรทด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.25 M โดยใช้เฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์ (1 - 2 หยด แต่ควรจะใช้ในปริมาณที่เท่ากันทุกครั้ง) สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองส้มและน้ำตาลแดงเมื่อถึงจุดยุติ
8. ทำแบบจำลองควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยใช้ น้ำกลั่นแทนตัวอย่างในปริมาณที่เท่ากับการใช้ตัวอย่างและใช้สารละลายรีเอเจนท์ต่าง ๆ เหมือนและเท่ากับที่ใช้กับตัวอย่างทุกประการ รวมทั้งต้องทำการรีฟลักซ์เช่นเดียวกัน
9. ควรทำการวิเคราะห์หาค่าซีไอดีของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลทหรือสารละลายมาตรฐานกลูโคสก็ได้เพื่อตรวจสอบการวิเคราะห์และคุณภาพของสารเคมีที่ใช้

10. การคำนวณหาค่าซีไอดี

$$\text{COD} = (A-B)(8000M)/C$$

เมื่อ COD = ค่าซีไอดี หน่วยเป็นมิลลิกรัมออกซิเจนต่อลิตร

A = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการติเตรทแบลงค์ หน่วยเป็นมิลลิลิตร

B = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการติเตรทตัวอย่าง หน่วยเป็นมิลลิลิตร

M = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต หน่วยเป็นโมลาร์

C = ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้ หน่วยเป็นมิลลิลิตร

11. ในกรณีที่ต้องการใช้ปริมาณตัวอย่างที่แตกต่างไปจากนี้ให้ใช้สารละลายรีเอเจนต์ต่าง ๆ ตาม ตารางที่ 2.2 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณของตัวอย่างและสารละลายอื่น ๆ ที่ต้องใช้ในการหาค่าซีไอดี

Sample Size (ml)	Std. Dichromate 0.0417 M (ml)	Sulfuric Acid Reagent (ml)	HgSO ₄ (g)	Fe (NH ₄) ₉ (SO ₄) ₃ (M)	Final Volume (ml)
10.0	5.0	15	0.2	0.05	70
20.0	10.0	30	0.4	0.10	140
30.0	15.0	45	0.6	0.15	210
40.0	20.0	60	0.8	0.20	280
50.0	25.0	75	1.0	0.25	350

กรณีที่น้ำตัวอย่างมีค่าซีไอดีมากกว่า 900 มิลลิกรัมออกซิเจนต่อลิตรจะต้องทำการเจือจางตัวอย่างให้มีค่าซีไอดีอยู่ในช่วง 50 - 900 มิลลิกรัมต่อลิตรก่อน แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าซีไอดีเช่นเดียวกับในข้อ (1) (3) กรณีที่น้ำตัวอย่างมีค่าซีไอดีน้อยกว่า 50 มิลลิกรัมออกซิเจนต่อลิตร

ให้ทำการวิเคราะห์ในลักษณะเช่นเดียวกับในข้อ (1) แต่เปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน ต่างๆ ดังนี้

- สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.025 M
- สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.00417 M

2.7.3 ความขุ่น (Turbidity)

2.7.3.1 ความหมายของความขุ่น

ความขุ่น หมายถึง สารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำที่กั้นหรือขวางแสงแดด น้ำที่มีความขุ่นสูงจะทำให้ยากต่อการกรองน้ำในกระบวนการผลิตน้ำประปา และต้องใช้ปริมาณคลอรีนมากกว่าปกติในกระบวนการฆ่าเชื้อโรค การวัดความขุ่นสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว ดังนั้นในงานด้านการบำบัดน้ำเสียอาจใช้ค่าความขุ่นประมาณค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ซึ่งใช้เวลาในการวัดนานกว่า ซึ่งวิธีวิเคราะห์ความขุ่น มีดังนี้

2.7.3.2 วิธีการวิเคราะห์

1. กดปุ่ม Calibrate เพื่อเข้าสู่โหมดการสอบเทียบ
2. ทำการ Invert สารละลายมาตรฐานให้เข้ากัน ใส่สารละลายมาตรฐานความขุ่น 20 NTU (StabiCal Standard) และปิดฝาเครื่องวัด
3. กดปุ่ม Read หน้าจอจะแสดงค่าความคงที่ (Stabilizing) และจากนั้นจะแสดงค่าความขุ่น
4. ทำตามขั้นตอนที่ 2 และ 3 โดยใช้สารละลายมาตรฐานความขุ่น 100 NTU และ 800 NTU (StabiCal Standard) ตามลำดับ
5. กดปุ่ม Done เพื่อดูผลและรายละเอียดการสอบเทียบ
6. กดปุ่ม Store เพื่อบันทึกผลการสอบเทียบหลังจากการสอบเทียบเรียบร้อยแล้ว เข้าสู่โหมดการตรวจสอบเทียบ (Verify Cal) โดยอัตโนมัติ
7. ใส่น้ำตัวอย่างลงใน cuvet ปริมาณ 10 ม.ล. ปิดฝาให้แน่น
8. เช็ด cuvet ให้สะอาดด้วยผ้าสำหรับเช็ดหลอด เพื่อลบรอยนิ้วมือหรือหยด silicone oil ลงไปเล็กน้อยที่บริเวณด้านนอก cuvet และเช็ดด้วยผ้า
9. วางหลอด cuvet ลงไปที่เครื่องวัดแล้วปิดฝาเครื่อง

10. กดปุ่ม READ เพื่ออ่านค่า (ในกรณีที่ต้องการวัดค่าความชื้นแบบต่อเนื่องให้ กดปุ่ม READ ค้างไว้ เครื่องจะเริ่มอ่านค่าแรก โดยใช้เวลาประมาณ 10 วินาที และอ่านค่าต่อเนื่อง จนกระทั่งหยุดกดปุ่ม READ)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พินพิมล สิงชีวงค์ (2537) ได้ทำการศึกษาถึงการผลิตถ่านกัมมันต์และการนำไปใช้ประโยชน์ในการกำจัดสี โดยใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลคือชานอ้อยมาทำเป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยนำชานอ้อยซึ่งเก็บไว้นาน 7-8 เดือน มาเผาในเตาเผาไฟฟ้าในบรรยากาศของ N_2 โดยควบคุมอัตราการไหลที่ 1 l/min อุณหภูมิของเตาเผาที่ใช้ศึกษาคือ 350 - 650 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการเผา 0-75 min ถ่านที่ได้จากขั้นตอนนี้ถูกนำมาบดคัดขนาดให้มีขนาด < 60 mesh จากนั้นนำมากระตุ้นในก๊าซผสมของ N_2 และ CO_2 (0.13 %vol) ที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส โดยปริมาณความชื้นในถ่านมีค่าในช่วงร้อยละ 5-63 และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น 0-40 min นำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มาทดสอบคุณสมบัติเฉพาะ จากผลการทดลองพบว่า ใน Activated Process ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากถ่านที่มีความชื้นร้อยละ 63 และใช้เวลาในการกระตุ้น 30 min. จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงที่สุดเมื่อศึกษาด้วย Molasses test ความสามารถในการดูดซับจะลดลงอย่างรวดเร็วถ้ามีการ regeneration มากกว่า 3 ครั้ง

สรัญญา ธนสัมฤทธิ์ (2551) ได้ทำการศึกษากการดูดซับซัลไฟด์ไฮออนในน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์ซึ่งเลือกใช้ถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนและที่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนมาทำการทดลองในคอลัมน์ โดยให้ปริมาตรสารละลายมาตรฐานซัลไฟด์ไฮออนที่ไหลผ่านคอลัมน์เท่ากันเป็น 50 มิลลิลิตร พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนสามารถดูดซับซัลไฟด์ไฮออนได้ร้อยละ 94.63 ซึ่งดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนได้ร้อยละ 89.91 ผลจากการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนและที่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนหลังการใช้งาน พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ไม่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนและที่ผ่านกระบวนการเพิ่มรูพรุนมีประสิทธิภาพการดูดซับซัลไฟด์ไฮออนลดลงจากการใช้งานครั้งแรกตามจำนวนครั้งของการฟื้นฟูสภาพ

สุนันทา ตาดต่าย (2543) ได้ทำการทดลองการบำบัดน้ำชะล้างมูลฝอยโดยขบวนการดูดซับด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอน โดยได้ใช้น้ำจากบ่อฝังของโรงบำบัด 1 อ่อนนุช กรุงเทพมหานคร มาผ่านคอลัมน์ของถ่านแอคติเวเต็ดคาร์บอนที่มีอัตราน้ำล้นผิว 3 ค่า คือ 0.0167 , 0.0111 และ

0.0083 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ และปรับ pH ของน้ำชะล้างมูลฝอยเริ่มต้น 3 ค่า คือ pH 5, 7 และ 9 โดยมีความสูงของชั้นถ่านที่ทดลอง 3 ระดับ คือ 20, 50 และ 80 ซม. จากการทดลองพบว่าที่อัตราน้ำล้างผิว 0.0083 ลบ.ม./ตร.ม.-นาที่ pH ของน้ำชะล้างมูลฝอยเริ่มต้นเท่ากับ 5 และความสูงของชั้นถ่าน 80 ซม. จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี และฟอสเฟตสูงที่สุด และมีอายุการใช้งานนานที่สุด โดยในชั่วโมงแรกสามารถกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 85 และกำจัดฟอสเฟตได้ร้อยละ 36

พลวัฐฐ์ โสภณากิจโกศล (2554) ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว โดยกระตุ้น ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก เพื่อนำมาใช้ในการดูดซับโลหะโครเมียม (VI) ที่ปนเปื้อน ในน้ำเสียจากอุตสาหกรรม ทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์ ได้แก่ อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเผาให้เป็นถ่านและการเผากระตุ้น และวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ในการดูดซับโครเมียม (VI) พบว่าถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับโครเมียม (VI) ได้ดีที่สุด เมื่อสารละลายโครเมียมมีค่าความเป็นกรด - ด่างเริ่มต้นเท่ากับ 2.5

อรภัทร พุฒปาโมกษ์ (2540) ได้ศึกษาการกำจัดคลอรีนที่หลงเหลืออยู่ในน้ำโดยการดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์โดยถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในเชิงพาณิชย์มี 3 ชนิด ได้แก่ DEO 8/30, PHO 8/30 และ HRO 8/30 ความเข้มข้นของคลอรีนในน้ำก่อนและหลังจากผ่านกระบวนการดูดซับได้ถูกวัดโดยใช้ Oxidation Reduction Potential (ORP) และ spectrophotometer สำหรับความเข้มข้นของคลอรีนต่ำกว่า 5 ppm สมดุลการดูดซับเป็นแบบเส้นตรงค่าคงที่สมดุลการดูดซับสำหรับคาร์บอนกัมมันต์ชนิด PHO 8/30 และ DEO 8/30 เป็น 0.0016 และ 0.7849 (มก./ล)/หนึ่งส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ จากผลการศึกษาการไหลผ่านทะลุของคลอรีนในคอลัมน์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว พบว่าความลึกของเบดไม่ควรต่ำกว่า 4-5 นิ้ว ในขณะที่ต้องการระยะเวลาพักเก็บในเบดของคาร์บอน 2-2.5 นาทีเป็นอย่างน้อย ผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับพารามิเตอร์ที่ใช้ในทางปฏิบัติในการออกแบบหอดูดซับโดยใช้คาร์บอนกัมมันต์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 รูปแบบการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้มในการลดสีและค่า COD ของน้ำเสียจากบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด

3.2 วัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 กระจกทดลองทำด้วยท่ออะคริลิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร ด้านล่างมีท่อต่อเป็นท่อน้ำออก (ดังภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 กระจกทดลอง

3.2.2 ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากชานอ้อย (ดังภาพที่ 3.2)



ภาพที่ 3.2 ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากชานอ้อย

3.2.3 ถ่านหุงต้ม (ดังภาพที่ 3.3)



ภาพที่ 3.3 ถ่านหุงต้มตามท้องตลาด

3.2.4 เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าสี
ในน้ำตัวอย่าง

3.2.5 เครื่องวัดความขุ่น (Turbidity) ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าความขุ่นในน้ำตัวอย่าง

3.2.6 ขวดพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่าง ขนาด 600 ml และ 1500 ml

3.2.7 การวิเคราะห์ซีโอติโดยวิธีฟลักซ์แบบปิด เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่

- ภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย (digest vessel)
- เครื่องให้ความร้อนแก่หลอดทดลอง (heating block)
- เครื่องให้ความร้อนหรือเตาอบ (block heater or oven)
- เครื่องเชื่อมแอมพูล (ampule sealer)

3.2.8 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ซีไอดีโดยวิธีฟลักซ์แบบปิด ได้แก่

- น้ำยาล่อยสลายสารละลายโพแทสเซียม (Potassium Dichromate Digestion Solution) ความเข้มข้น 0.0167 โมลาร์
- กรดซัลฟิวริกเอเจนต์
- เพอโรอินอินดิเคเตอร์
- กรดซัลฟามิค
- สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลทหรือสารละลายมาตรฐานกลูโคส

3.3 ขั้นตอนการเตรียมงานวิจัย

3.3.1 ขั้นตอนเตรียมการ

- 3.3.1.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง
- 3.3.1.2 สังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยเพื่อทำการทดลองเบื้องต้น (Pre Test)
- 3.3.1.3 ตั้งกรอบแนวคิด
- 3.3.1.4 กำหนดพื้นที่ศึกษา คือ บริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด เลขที่ 9 หมู่ 6 ตำบลเบิกไพร-เขาวง อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี 70110

3.3.2 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุกรอง (สังเคราะห์ชานอ้อยให้เป็นถ่านกัมมันต์)

- 3.3.2.1 เตรียมภาชนะที่มีฝาปิดแล้วจุดไฟด้วยเศษไม้ เพื่อให้เกิดเปลวไฟสำหรับเผาชานอ้อย
- 3.3.2.2 นำชานอ้อยมาบรรจุลงในกระป๋องอะลูมิเนียมแล้วปิดรูกระป๋องด้วยดินเหนียวให้สนิท
- 3.3.2.3 จากนั้นนำกระป๋องที่บรรจุชานอ้อยใส่ลงไปในภาชนะที่จุดไฟไว้ แล้วพลิกกระป๋องดูเป็นระยะเพื่อให้ชานอ้อยไหม้กลายเป็นถ่านอย่างทั่วถึง
- 3.3.2.4 สังเกตกระป๋องจะมีน้ำหนักเบาและมีการยุบตัว แสดงว่าชานอ้อยได้ไหม้กลายเป็นถ่านแล้ว ใช้ระยะเวลาเผาประมาณ 30 นาที
- 3.3.2.5 หลังจากนั้นนำถ่านที่สังเคราะห์จากชานอ้อยไปล้างทำความสะอาดแล้วจึงนำไปใช้

3.3.3 ขั้นตอนการทดลอง

ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 3.4 แล้วดำเนินการทดลองตามที่แสดงในแผนภูมิที่ 3.1 ใช้ชุดกระบอกทดลองที่ทำด้วยท่ออะคริลิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 150 เซนติเมตร โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 2 ชุด ดังนี้



ภาพที่ 3.4 กระบอกทดลองที่ติดตั้งแล้ว

ชุดการทดลองที่ 1 (ดังภาพที่ 3.5)

บรรจุถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากชานอ้อยลงในกระบอกทดลองให้มีความสูง 100 เซนติเมตร



ภาพที่ 3.5 กระบอกทดลองที่บรรจุถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากชานอ้อย

ชุดการทดลองที่ 2 (ดังภาพที่ 3.6)

บรรจุถ่านหุงต้มตามท้องตลาดลงในกระบอกทดลองให้มีความสูง 100 เซนติเมตร



ภาพที่ 3.6 กระบอกทดลองที่บรรจุถ่านหุงต้มตามท้องตลาด

3.3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์

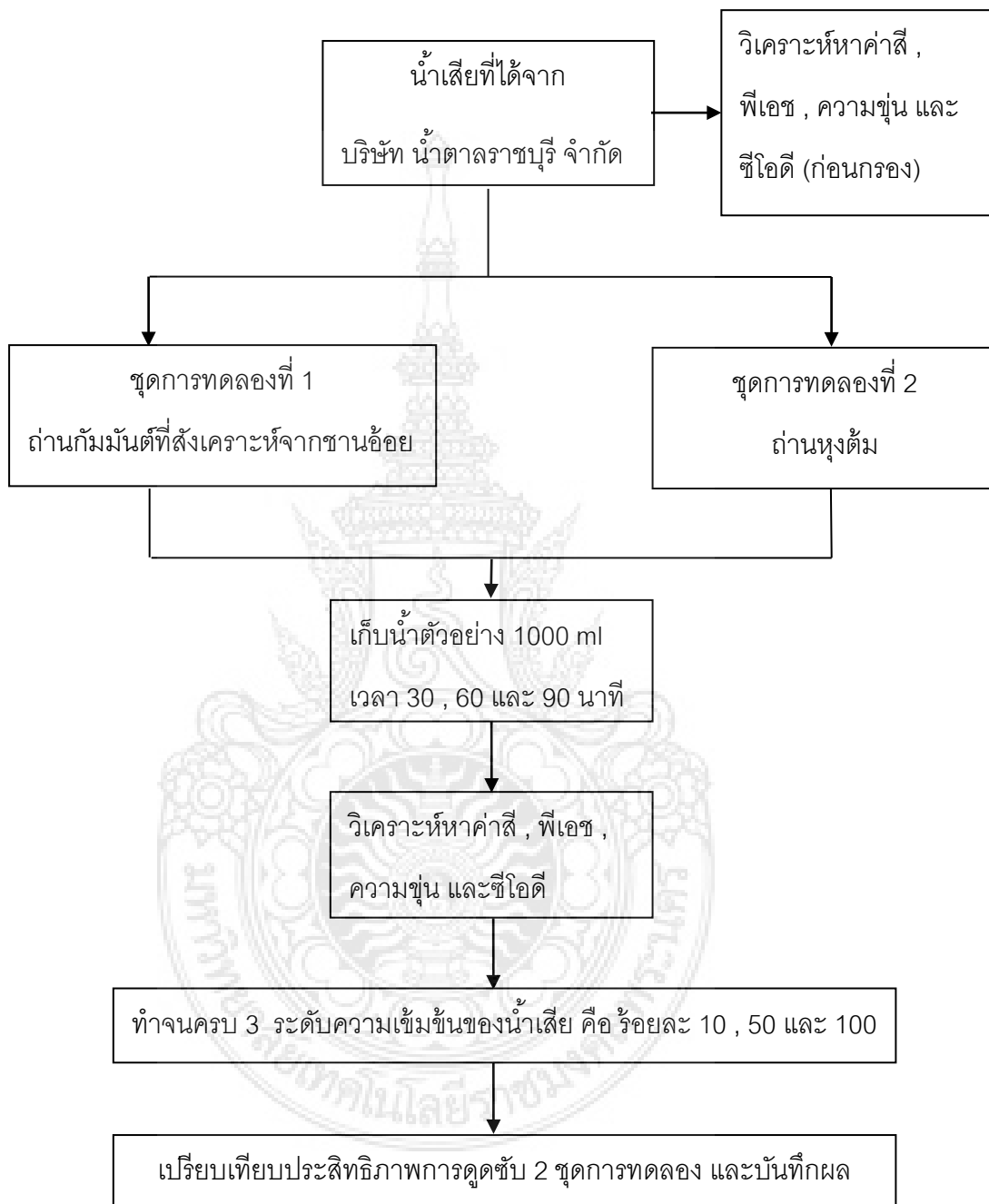
3.3.4.1 เก็บน้ำตัวอย่างก่อนเข้าสู่ชุดกระบอกทดลอง

3.3.4.2 นำน้ำเสียตัวอย่างเทลงในชุดกระบอกทดลองปริมาตร 3000 ml เก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการกรองทุก ๆ 30 นาที ปริมาณ 1000 ml จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาค่าสี , พีเอช , ความขุ่น และซีไอดี

3.3.4.4 ทำจนครบ 3 ระดับความเข้มข้นของน้ำเสีย คือ ร้อยละ 10 , 50 , 100

3.3.4.5 บันทึกผล และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับของสารกรองทั้ง

2 แบบ



แผนภูมิที่ 3.1 ขั้นตอนการทดลอง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์

การทดลองของโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับสี และค่าซีไอดีของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากชานอ้อย และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสี และค่าซีไอดีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ทั้งนี้สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 หัวข้อหลัก ๆ ได้ ดังต่อไปนี้

4.1.1 สมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในการวิเคราะห์

4.1.2 ประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในการบำบัดน้ำเสียจาก บริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด ในแต่ละระดับความเข้มข้น คือ ร้อยละ 10 , 50 และ 100

4.1.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับค่าสี และลดค่าซีไอดีของถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม

4.1.1 สมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในการวิเคราะห์

น้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย เป็นน้ำเสียจากบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด โดยมีลักษณะทางกายภาพ คือ น้ำมีสีน้ำตาลดำ กลิ่นเหม็น และค่าซีไอดีสูง ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 บ่อน้ำเสีย บริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด

เนื่องจากน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัยนี้มีความเข้มข้นมาก ทางผู้วิจัยจึงได้แบ่งการทดลองเป็น 3 ชุด โดยแบ่งตามระดับความเข้มข้นของน้ำเสียก่อนบำบัดเป็น 3 ระดับคือ ร้อยละ 10 , 50 และ 100 โดยผู้วิจัยได้ทำการเจือจางน้ำเสียในอัตราส่วน น้ำกลั่น ต่อ น้ำเสีย (มล.) คือ 900 : 100 , 500 : 500 และ 0 : 1000 ตามลำดับ เพื่อทำการศึกษาว่า ในน้ำเสียที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันนี้ ในช่วงระยะเวลาดูดซับใดสามารถลดสี และค่าซีโอดีได้ดีกว่ากันโดยน้ำเสียแต่ละระดับความเข้มข้นมีสมบัติทั่วไป ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติของน้ำเสียจากบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด

ดัชนีคุณภาพ	หน่วย	ระดับความเข้มข้น ของน้ำเสีย (ร้อยละ)	ค่าที่ตรวจวัดได้
สี (Color)	Pt-Co	10	40
	Pt-Co	50	100
	Pt-Co	100	200
พีเอช (pH)	-	10	7.03
	-	50	6.82
	-	100	6.46
ความขุ่น (Turbidity)	NTU	10	52.7
	NTU	50	331
	NTU	100	> 800
ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand ;COD)	มก./ล.	10	4,800
	มก./ล.	50	8,668
	มก./ล.	100	11,060

***หมายเหตุ ค่าความขุ่น ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง 2100Q/QIS

ค่าซีโอดี ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เองด้วยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด/การติเตรท
(Closed Reflux, Titrimetric Method)

4.1.2 ประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้มในการบำบัดน้ำเสียในแต่ละระดับความเข้มข้นคือ ร้อยละ 10 , 50 และ 100 จากบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด

4.1.2.1 ประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้มในการบำบัดน้ำเสียระดับความเข้มข้นร้อยละ 10

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มทางผู้วิจัยได้วิเคราะห์น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วเป็นจำนวน 4 พารามิเตอร์ คือ สี (Pt-Co) , พีเอช , ความขุ่น (NTU) และซีไอดี (มก./ล.)

จากการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับน้ำเสียในระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้ ค่าสีของน้ำเสียก่อนบำบัดสามารถวัดได้มีค่า เท่ากับ 40 Pt-Co เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการดูดซับที่ 30 , 60 และ 90 นาที ด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยจะสังเกตได้ว่า มีการลดลงของค่าสี โดยทั้ง 3 ระยะเวลาการดูดซับ มีค่า น้อยกว่า 5.0 Pt-Co (ตารางที่ 4.2) ผลการวัดค่าพีเอช พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าพีเอชเท่ากับ 7.03 เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยค่าพีเอชลดลงเหลือ 7.03 , 7.02 และ 7.02 (ตารางที่ 4.2) ผลการทดลองวัดค่าความขุ่น พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าความขุ่นเท่ากับ 52.7 NTU เมื่อน้ำเสียผ่าน การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยค่าความขุ่นลดลงเหลือ 2 , 2 และ 3 NTU ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) และผลการทดลองในการลดค่าซีไอดี พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าซีไอดีเท่ากับ 4,800 มก./ล. เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยค่าซีไอดีลดลงเหลือ 2,200 , 2,000 และ 1,600 มก./ล. ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย

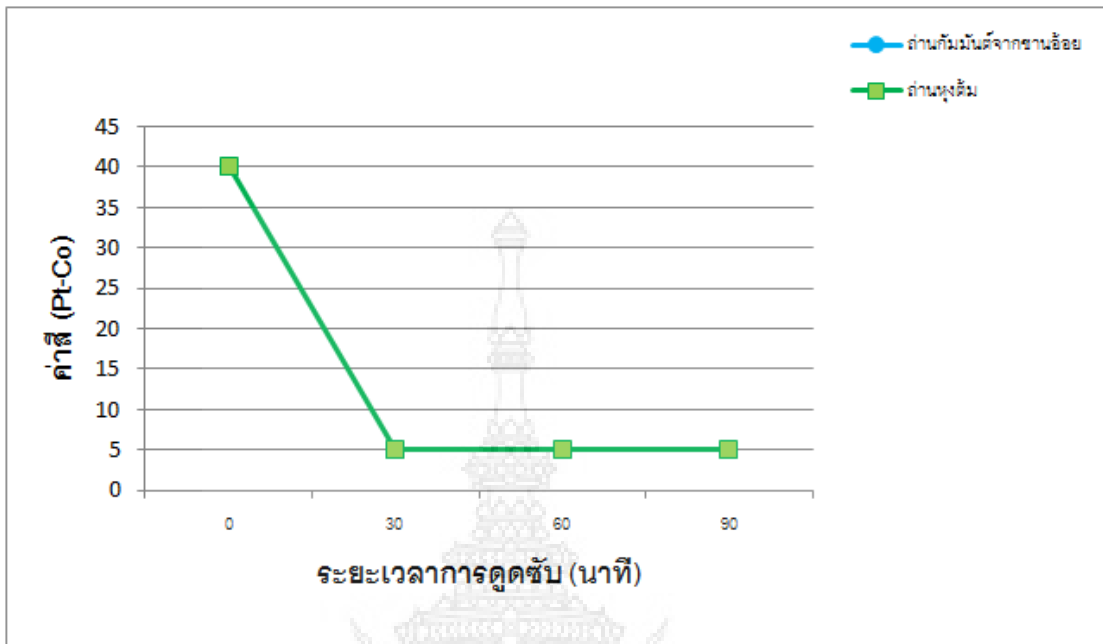
ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย	ระยะเวลาการดูดซับ (นาที)				มาตรฐานน้ำทิ้ง
	0	30	60	90	
ค่าสี (Pt-Co)	40	< 5	< 5	< 5	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
พีเอช	7.03	7.03	7.02	7.02	5.5 - 9.0
ความขุ่น (NTU)	52.7	2	2	3	< 50
ซีไอดี (มก./ล.)	4,800	2,200	2,000	1,600	< 120

จากการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับน้ำเสียในระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้ ค่าสีของน้ำเสียก่อนบำบัด สามารถวัดได้มีค่าเท่ากับ 40 Pt-Co เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการกรองที่ 30 , 60 และ 90 นาที ด้วยถ่านหุงต้มจะสังเกตได้ว่าการลดลงของค่าสี โดยทั้ง 3 ระยะเวลาการดูดซับ มีค่าเท่ากับ 5 Pt-Co (ตารางที่ 4.3) ผลการวัดค่าพีเอช พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าพีเอชเท่ากับ 7.03 เมื่อน้ำเสียผ่านการกรองด้วยถ่านหุงต้มค่าพีเอชคือ 7.03 , 7.05 และ 7.05 (ตารางที่ 4.3) ผลการทดลองวัดค่าความขุ่น พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าความขุ่นเท่ากับ 52.7 NTU เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วย ถ่านหุงต้มค่าความขุ่นลดลงเหลือ 12 , 16 และ 22 NTU ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) และผลการทดลองในการลดค่าซีโอดี พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าซีโอดีเท่ากับ 4,800 มก./ล. เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วย ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย ค่าซีโอดีลดลงเหลือ 4,300 , 4,000 และ 3,800 มก./ล.ตามลำดับดังตารางที่ 4.3

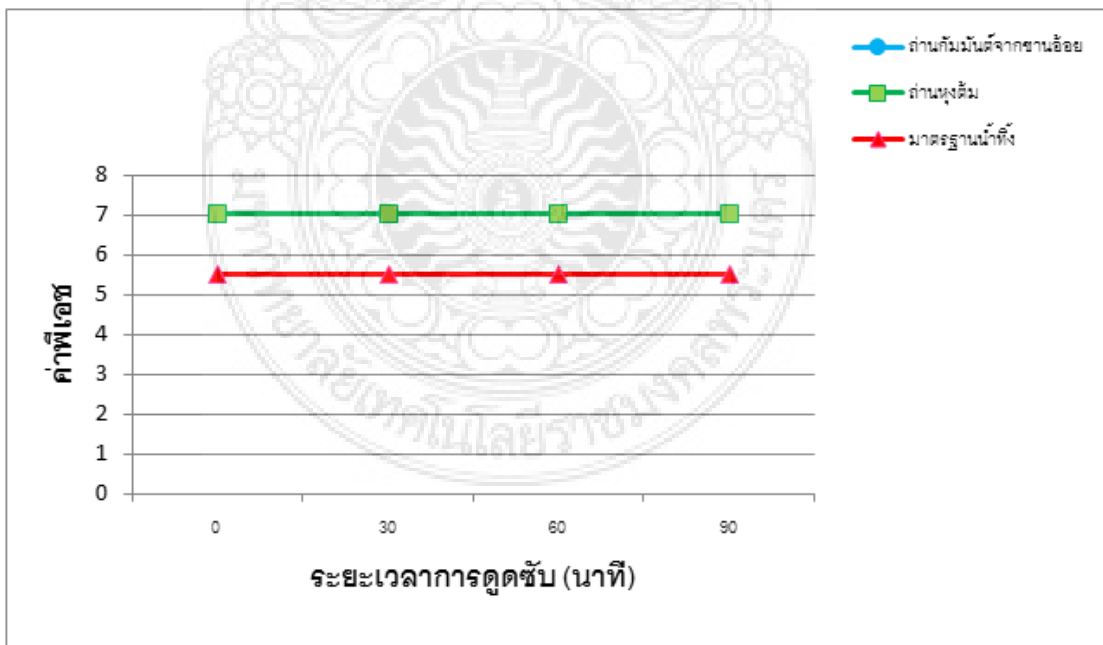
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ของถ่านหุงต้ม

ถ่านหุงต้ม	ระยะเวลาการดูดซับ (นาที)				มาตรฐานน้ำทิ้ง
	0	30	60	90	
ค่าสี (Pt-Co)	40	5	5	5	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
พีเอช	7.03	7.03	7.05	7.05	5.5 - 9.0
ความขุ่น (NTU)	52.7	12	16	22	< 50
ซีโอดี (มก./ล.)	4,800	4,300	4,000	3,800	< 120

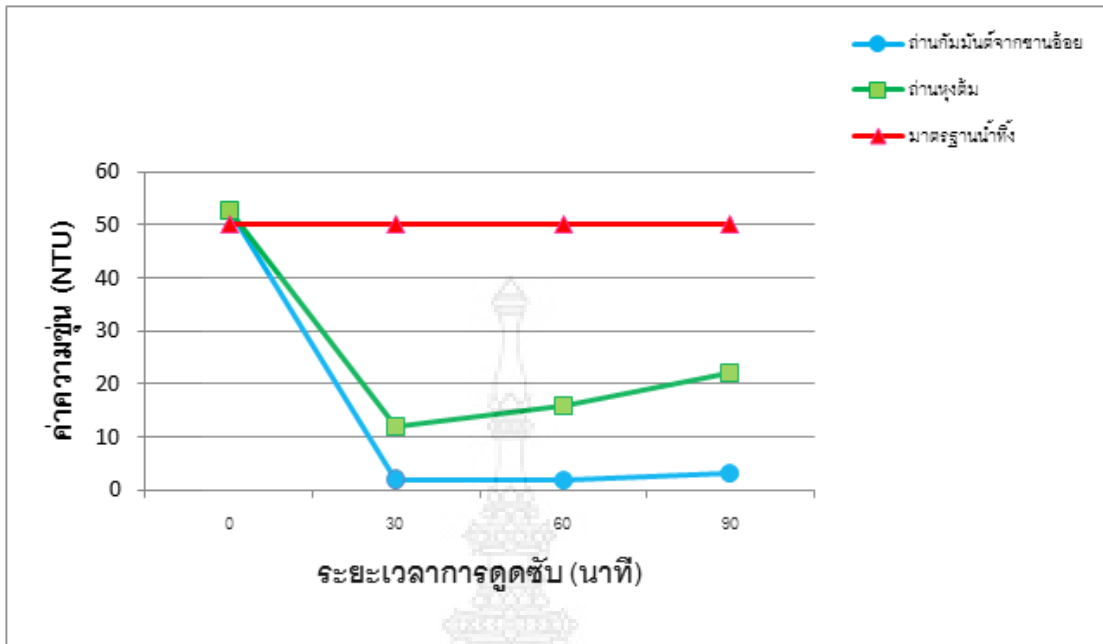
จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 สามารถแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสียระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 ได้ดังภาพที่ 4.2 , 4.3 , 4.4 และ 4.5



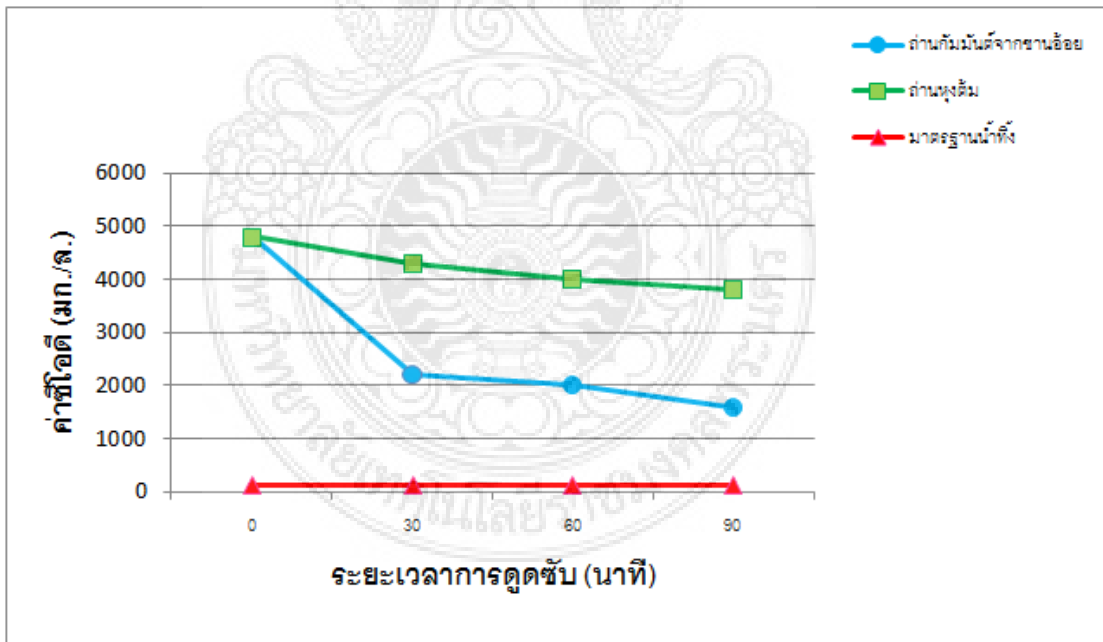
ภาพที่ 4.2 แสดงค่าสีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 ค่าสีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยน้อยกว่า 5 จึงไม่สามารถระบุค่าได้



ภาพที่ 4.3 แสดงค่าพีเอชระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10



ภาพที่ 4.4 แสดงค่าความขุ่นระหว่างถ่อกัมมันต์จากซานอ้อย และถ่านहुงต้มในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10



ภาพที่ 4.5 แสดงค่าซีไออดีที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่อกัมมันต์จากซานอ้อย และถ่านहुงต้มในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10

น้ำเสียก่อนบำบัดที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 เมื่อผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในช่วงระยะเวลาการดูดซับที่ 30 , 60 และ 90 นาที น้ำเสียมีสีที่เปลี่ยนแปลงจากน้ำเสียก่อนบำบัด ดังภาพที่ 4.6 และ 4.7



ภาพที่ 4.6 น้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย



ภาพที่ 4.7 น้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านหุงต้ม

4.1.2.2 ประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในการบำบัดน้ำเสียระดับความเข้มข้นร้อยละ 50

จากการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับน้ำเสียในระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 ของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยสามารถสรุปผลการทดลองได้ ดังต่อไปนี้ คือ การดูดซับสีของน้ำเสียก่อนบำบัด พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดวัดสีได้เท่ากับ 100 Pt-Co เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยที่ระยะเวลา 30 , 60 และ 90 นาที ค่าสีที่วัดได้ คือ 10 , 15 และ 20 Pt-Co (ตารางที่ 4.4) ผลการวัดค่าพีเอชของน้ำเสียในระดับความเข้มข้นนี้ พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.82 เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย

ค่าพีเอชลดลงเหลือ 6.77 , 6.74 และ 6.73 (ตารางที่ 4.4) ผลการทดลองวัดค่าความขุ่น พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าความขุ่นเท่ากับ 331 NTU เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย ค่าความขุ่นได้ลดลงเป็น 14 , 15 และ 16 NTU (ตารางที่ 4.4) และผลการทดลอง การลดค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าซีโอดี เท่ากับ 4,800 มก./ล. เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยที่ระยะเวลา 30 , 60 และ 90 นาที ค่าซีโอดีลดลงเหลือ 5,330 , 5,000 และ 4,500 มก./ล. ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 ของถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย

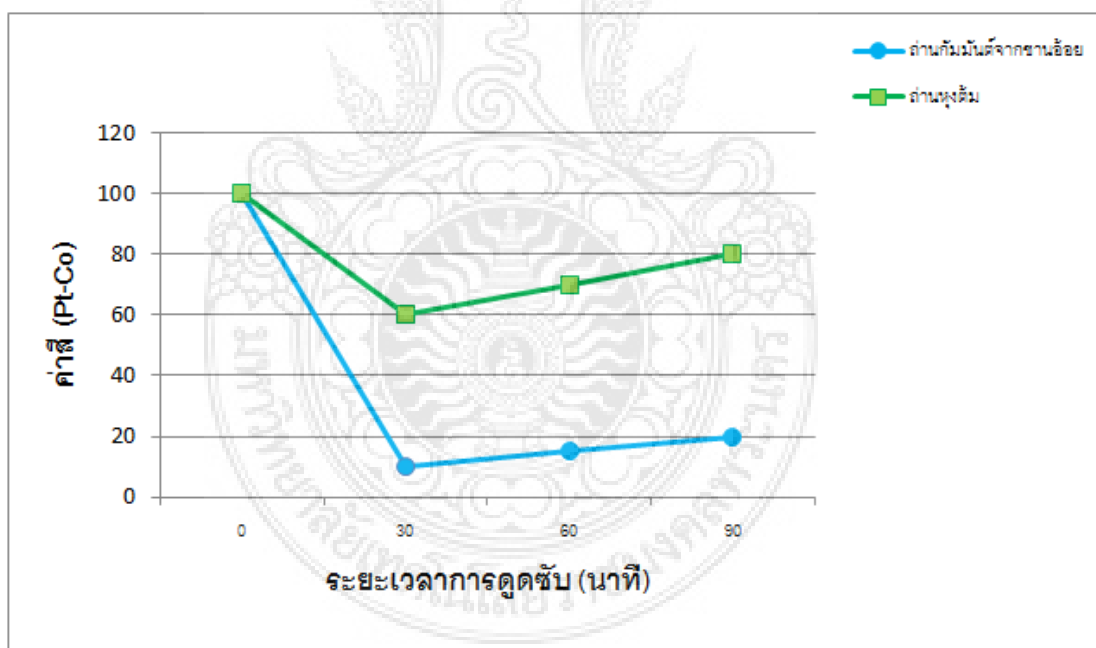
ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย	ระยะเวลาการดูดซับ (นาที)				มาตรฐานน้ำทิ้ง
	0	30	60	90	
ค่าสี (Pt-Co)	100	10	15	20	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
พีเอช	6.82	6.77	6.74	6.73	5.5 - 9.0
ความขุ่น (NTU)	331	14	15	16	< 50
ซีโอดี (มก./ล.)	8,668	5,300	5,000	4,500	< 120

จากการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับน้ำเสียในระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 ของถ่านหุงต้มสามารถสรุปผลการทดลองได้ ดังต่อไปนี้การดูดซับสีของน้ำเสียก่อนบำบัด พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดวัดสีได้เท่ากับ 100 Pt-Co เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อยที่ระยะเวลา 30 , 60 และ 90 นาที ค่าสีที่วัดได้ คือ 60 , 75 และ 80 Pt-Co (ตารางที่ 4.5) ผลการวัดค่าพีเอชของน้ำเสียในระดับความเข้มข้นนี้ พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.82 เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย ค่าพีเอชลดลงเหลือ 6.81 , 6.79 และ 6.79 (ตารางที่ 4.5) ผลการทดลองวัดค่าความขุ่น พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัด มีค่าความขุ่นเท่ากับ 331 NTU เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย ค่าความขุ่นได้ลดลงเป็น 106 , 124 และ 127 NTU (ตารางที่ 4.5) และผลการทดลองการลด ค่าซีโอดีของน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าซีโอดีเท่ากับ 4,800 มก./ล. เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยที่ระยะเวลา 30 , 60 และ 90 นาที ค่าซีโอดีลดลงเหลือ 7,330 , 6,500 และ 6,030 มก./ล. ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.5

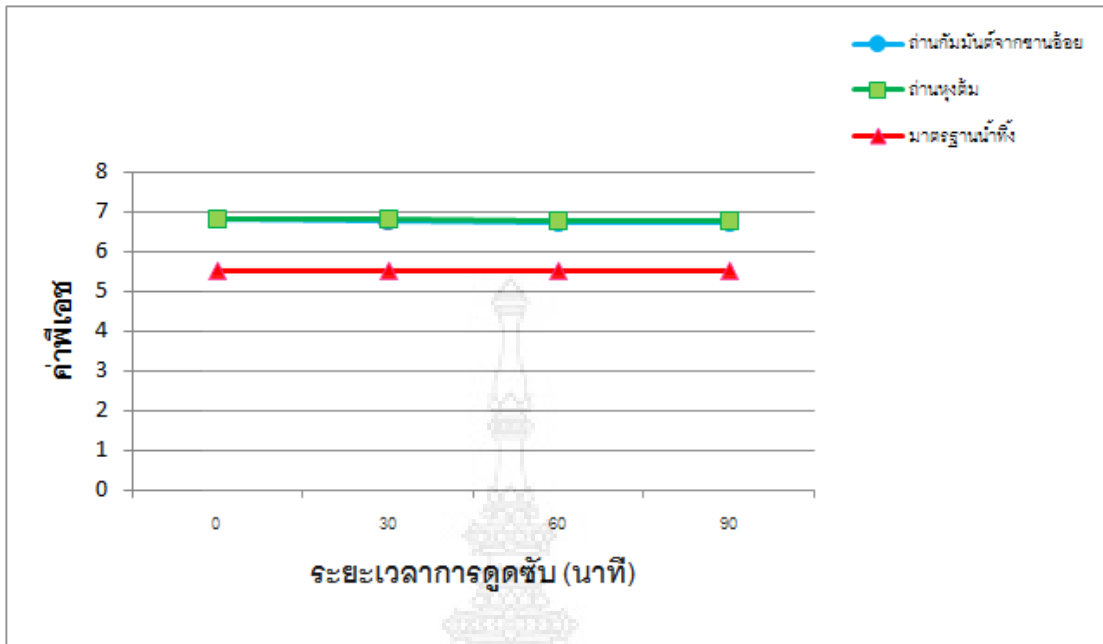
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 ของถ่านหุงต้ม

ถ่านหุงต้ม	ระยะเวลาการดูดซับ (นาที)				มาตรฐานน้ำทิ้ง
	0	30	60	90	
ค่าสี (Pt-Co)	100	60	70	80	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
พีเอช	6.82	6.81	6.79	6.79	5.5 - 9.0
ความขุ่น (NTU)	331	106	124	127	< 50
ซีไอดี (มก./ล.)	8,668	7,330	6,500	6,030	< 120

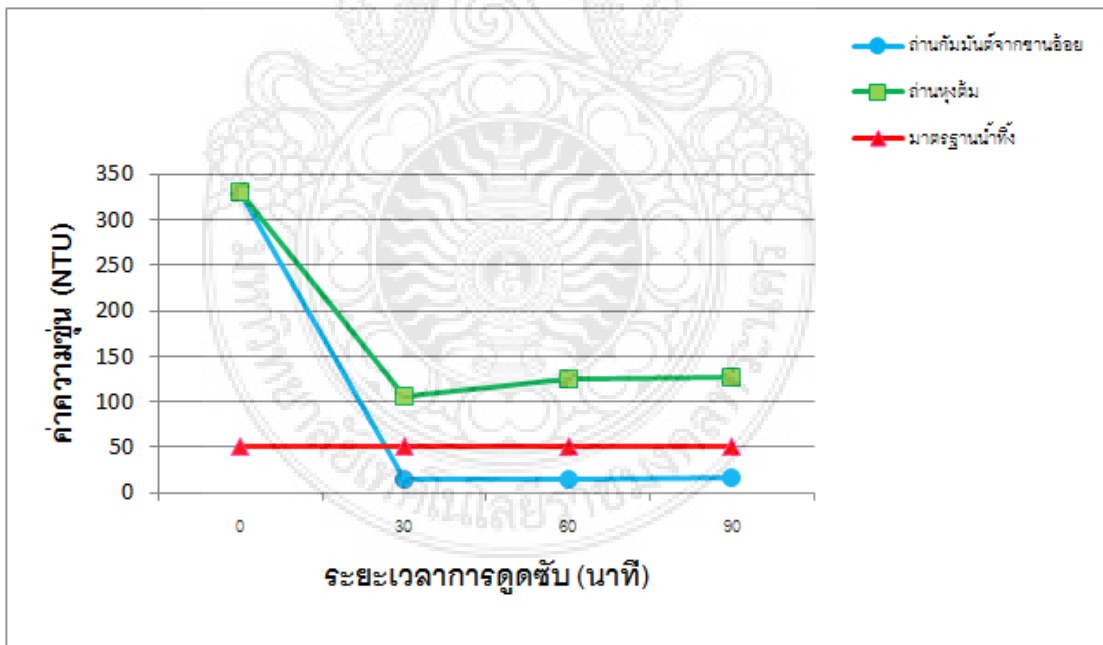
จากตารางที่ 4.4 และ 4.5 สามารถแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยและถ่านหุงต้มในน้ำเสียระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 ได้ดังภาพที่ 4.8 , 4.9 , 4.10 และ 4.11



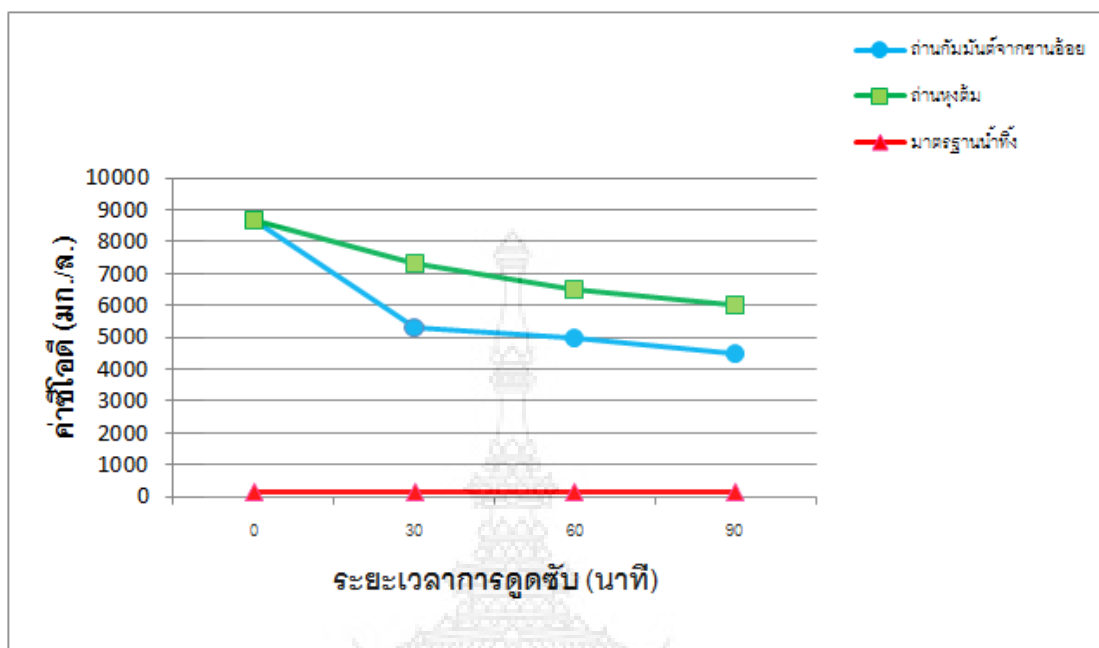
ภาพที่ 4.8 แสดงค่าสีระหว่างถ่านกัมมันต์จากขานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50



ภาพที่ 4.9 แสดงค่าพีเอชระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50



ภาพที่ 4.10 แสดงค่าความขุ่นระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้มในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50



ภาพที่ 4.11 แสดงค่าซีไอดีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50

น้ำเสียก่อนบำบัดที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 เมื่อผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้มในช่วงระยะเวลาการดูดซับที่ 30 , 60 และ 90 นาที น้ำเสียมีสีที่เปลี่ยนแปลงจากน้ำก่อนบำบัด ดังภาพที่ 4.12 และ 4.13



ภาพที่ 4.12 น้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย



ภาพที่ 4.13 น้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านหุงต้ม

4.1.2.3 ประสิทธิภาพการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในการบำบัดน้ำเสียระดับความเข้มข้นร้อยละ 100

จากการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับน้ำเสียในระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 ของ ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยสามารถสรุปผลการทดลองได้ ดังต่อไปนี้ คือ ค่าสีของน้ำเสียก่อนบำบัด วัดได้เท่ากับ 200 Pt-Co เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยที่ระยะเวลา 30 , 60 และ 90 นาที ค่าสีที่วัดได้ 25 , 30 และ 35 Pt-Co (ตารางที่ 4.6) ผลการวัดค่าพีเอชของน้ำเสีย พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.46 เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อยสามารถวัดค่าพีเอชได้ 6.73 , 6.62 และ 6.54 (ตารางที่ 4.6) ผลการทดลอง วัดค่าความขุ่นของน้ำเสียก่อนบำบัด พบว่า มีค่าความขุ่นมากกว่า 800 NTU เมื่อน้ำเสียผ่าน การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย สามารถวัดค่าความขุ่นได้ 36 , 66 และ 73 NTU (ตารางที่ 4.6) และผลการทดลองในการลดค่าซีไอดีของน้ำเสีย พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าซีไอดี เท่ากับ 20,000 มก./ล. เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยที่ระยะเวลา 30 , 60 และ 90 นาที ค่าซีไอดีลดลงเหลือ 16,000 , 14,000 และ 13,500 มก./ล. ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.6

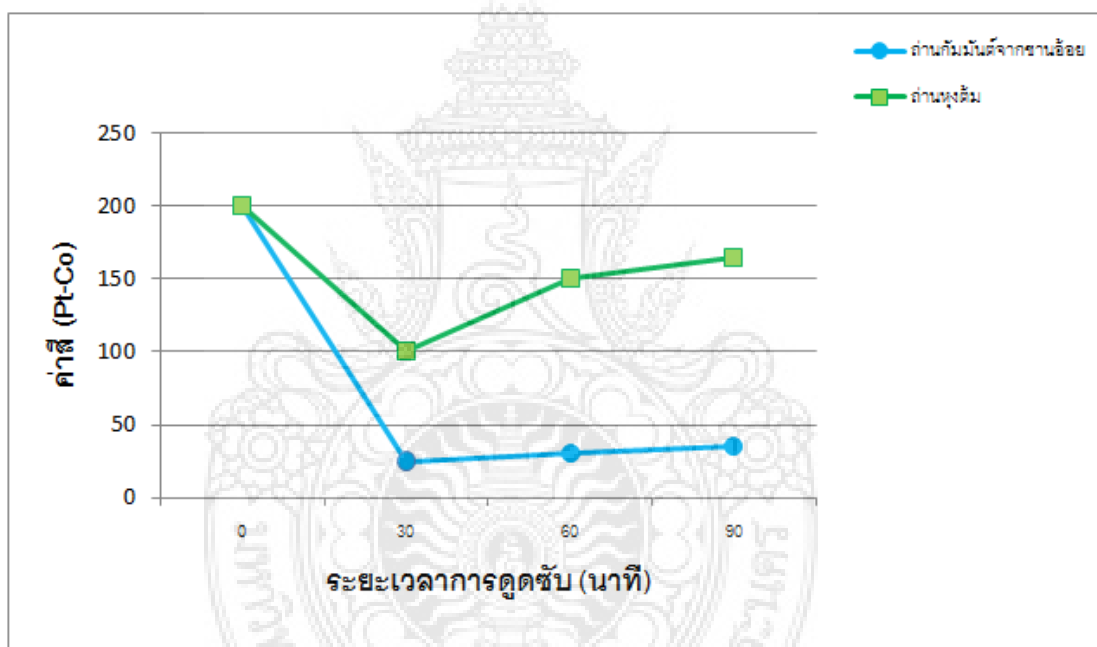
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 100 ของถ่านกัมมันต์
จากชานอ้อย

ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย	ระยะเวลาการดูดซับ (นาที)				มาตรฐานน้ำทิ้ง
	0	30	60	90	
ค่าสี (Pt-Co)	200	25	30	35	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
พีเอช	6.46	6.73	6.62	6.54	5.5 - 9.0
ความขุ่น (NTU)	> 800	36	66	73	< 50
ซีโอดี (มก./ล.)	20,000	16,000	14,000	13,500	< 120

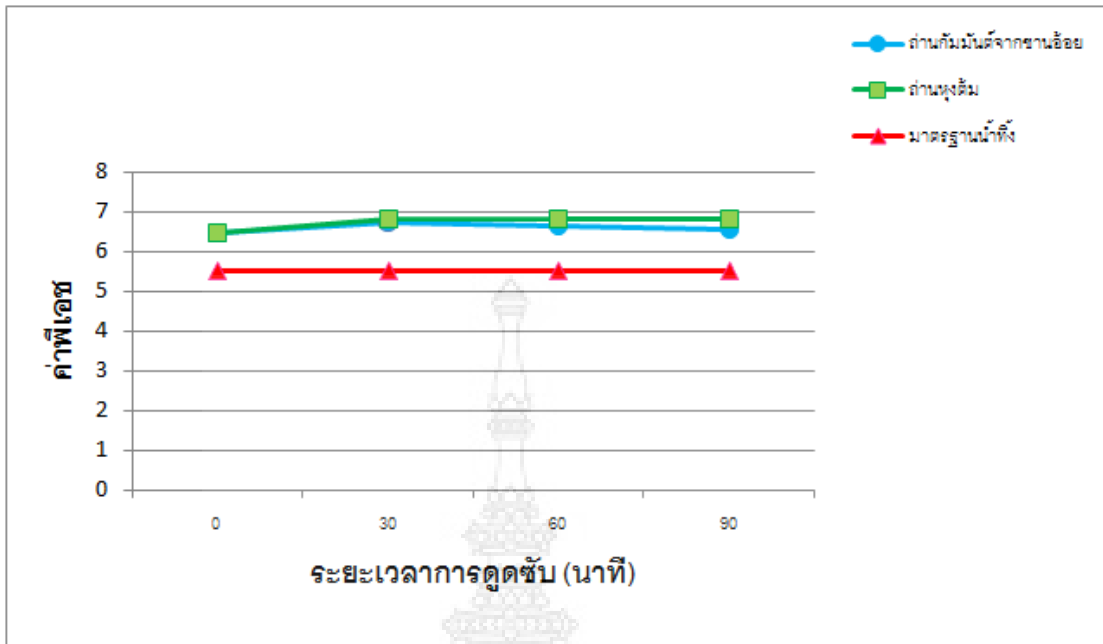
จากการทดลองประสิทธิภาพการดูดซับน้ำเสียในระดับความเข้มข้นร้อยละ 50 ของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยสามารถสรุปผลการทดลอง ได้ดังต่อไปนี้ ค่าสีของน้ำเสียก่อนบำบัดวัดได้เท่ากับ 200 Pt-Co เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยที่ระยะเวลา 30 , 60 และ 90 นาที ค่าสีที่วัดได้ 100 , 150 และ 165 Pt-Co (ตารางที่ 4.7) ผลการวัดค่าพีเอชของน้ำเสีย พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.46 เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยสามารถวัดค่าพีเอชได้ 6.80 เท่ากันทั้ง 3 ช่วงระยะเวลาการดูดซับ (ตารางที่ 4.7) ผลการทดลองวัดค่าความขุ่นของ น้ำเสียก่อนบำบัด พบว่า มีค่าความขุ่นมากกว่า 800 NTU เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย สามารถวัดค่าความขุ่นได้ 268 , 271 และ 275 NTU (ตารางที่ 4.7) และผลการทดลองในการลดค่าซีโอดีของน้ำเสีย พบว่า น้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าซีโอดีเท่ากับ 20,000 มก./ล. เมื่อน้ำเสียผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยที่ระยะเวลา 30 , 60 และ 90 นาที ค่าซีโอดีลดลงเหลือ 18,000 , 16,000 และ 14,200 มก./ล. ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 100 ของถ่านหุงต้ม

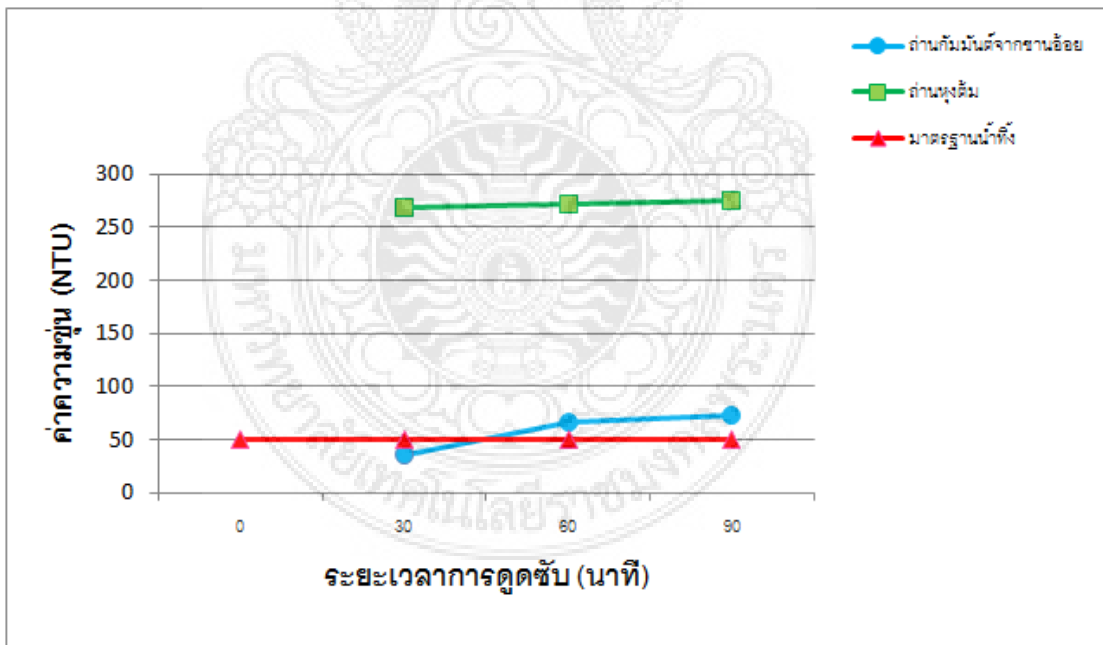
ถ่านหุงต้ม	ระยะเวลาการดูดซับ (นาท)				มาตรฐานน้ำทิ้ง
	0	30	60	90	
ค่าสี (Pt-Co)	200	100	150	165	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
พีเอช	6.46	6.80	6.80	6.80	5.5 - 9.0
ความขุ่น (NTU)	> 800	268	271	275	< 50
ซีไอดี (มก./ล.)	20,000	18,000	16,000	14,200	< 120



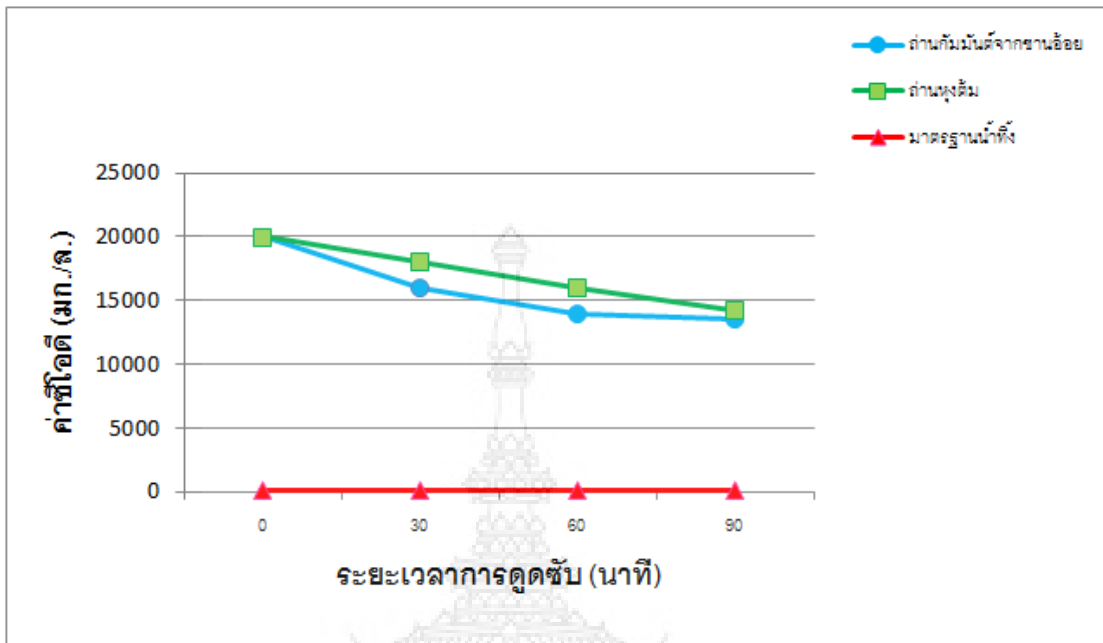
ภาพที่ 4.14 แสดงค่าสีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 100



ภาพที่ 4.15 แสดงค่าพีเอชระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 100



ภาพที่ 4.16 แสดงค่าความขุ่นระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้มในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 100 เนื่องจากค่าความขุ่นของน้ำก่อนบำบัด มากกว่า 800 NTU จึงไม่ระบุค่าได้



ภาพที่ 4.17 แสดงค่าซีโอดีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 100

น้ำเสียก่อนบำบัดที่ความเข้มข้นร้อยละ 100 เมื่อผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้มในช่วงระยะเวลาการดูดซับที่ 30 , 60 และ 90 นาที น้ำเสียมีสีที่เปลี่ยนแปลงจากน้ำก่อนบำบัด ดังภาพที่ 4.14 และ 4.15



ภาพที่ 4.18 น้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 100 ที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย



ภาพที่ 4.19 น้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 100 ที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านหุงต้ม

4.1.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าสี และซีไอดีของถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม

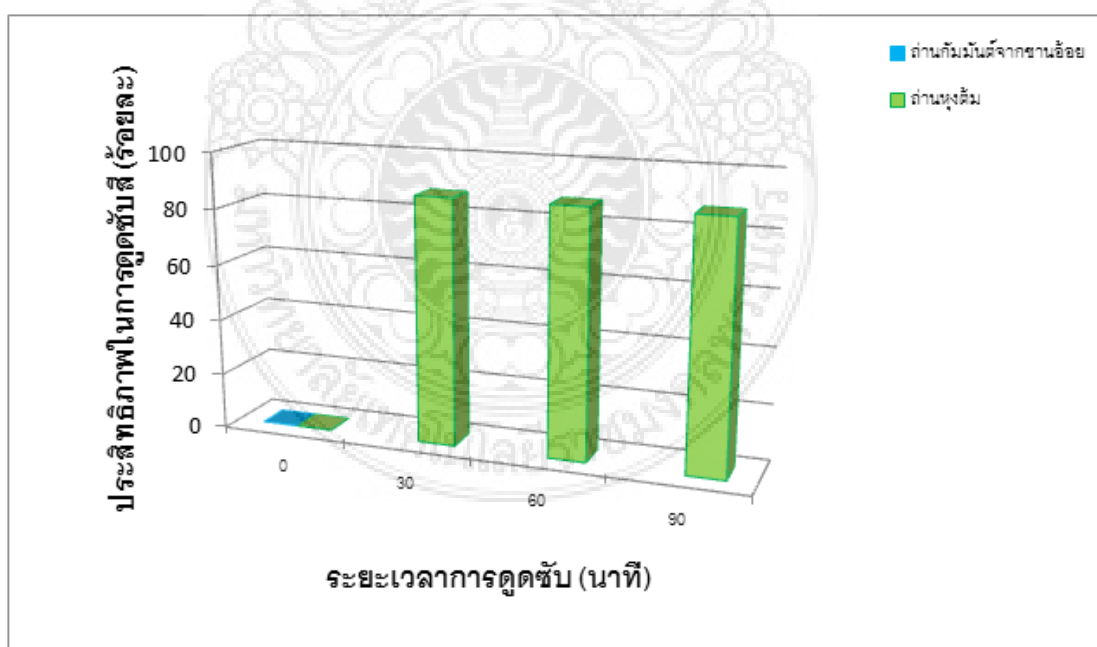
4.1.3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าสี และค่าซีไอดี ของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียระดับความเข้มข้นร้อยละ 10

จากตารางที่ 4.2 และ 4.3 ได้แสดงผลค่าสีที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม ซึ่งสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าสีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้ม โดยน้ำเสียก่อนบำบัดสามารถวัดค่าได้ 40 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 100 พบว่าถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยสามารถดูดซับค่าสีในระยะเวลา 30 , 60 และ 90 นาที วัดค่าสีได้น้อยกว่า 5 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ น้อยกว่า 87.5 เท่ากัน เมื่อเทียบกับถ่านหุงต้มพบว่า ในระยะเวลาการดูดซับที่ 30 , 60 และ 90 นาที ถ่านหุงต้มสามารถวัดสีได้เท่ากับ 5 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 87.5 ทั้ง 3 ช่วงเวลา ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองในการลดค่าสี ของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้ม ในน้ำเสีย ความเข้มข้นร้อยละ 10

ระยะเวลาการดูดซับ (นาที)	สี (Pt-Co)		คิดเป็นร้อยละ	
	ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย	ถ่านหุงต้ม	ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย	ถ่านหุงต้ม
0	40	40	0	0
30	< 5	5	< 87.5	87.5
60	< 5	5	< 87.5	87.5
90	< 5	5	< 87.5	87.5

จากตารางที่ 4.8 สามารถแสดงผลการวัดสีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยกับถ่านหุงต้ม โดยคิดเป็นร้อยละ เนื่องจากร้อยละ ของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยน้อยกว่า 87.5 จึงไม่สามารถระบุค่าได้ ดังภาพที่ 4.20



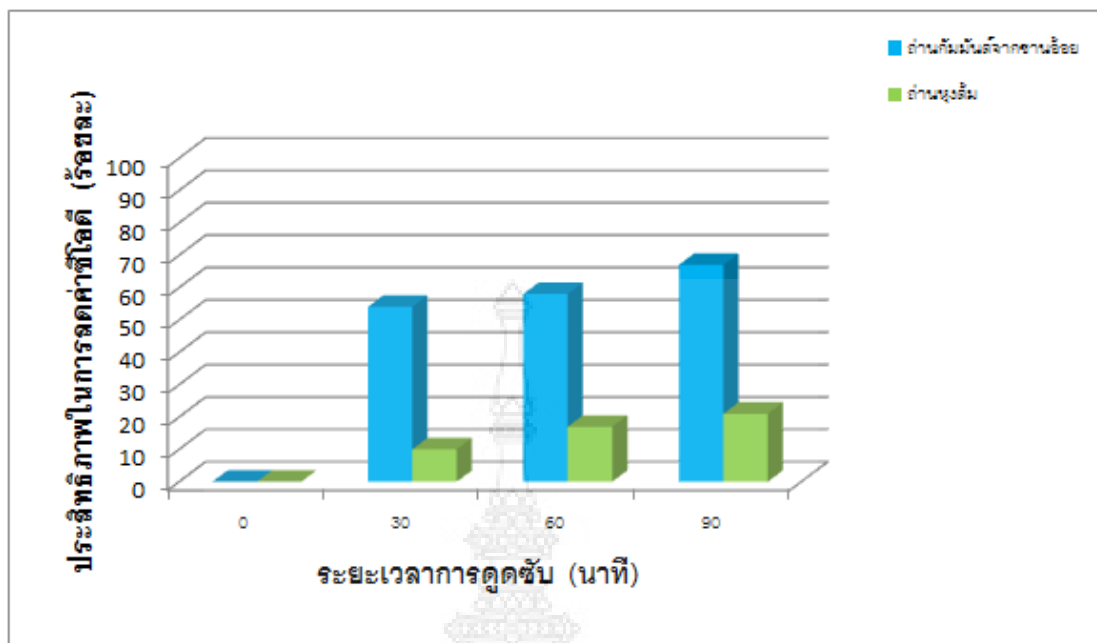
ภาพที่ 4.20 แสดงร้อยละของสีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาที) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสีย ร้อยละ 10

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าซีไอดีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และ ถ่านหุงต้มในน้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าซีไอดีเท่ากับ 4,800 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 100 พบว่า ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยในระยะเวลา 30 นาที สามารถลดค่าซีไอดีได้ 2,200 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 54 เมื่อเทียบกับถ่านหุงต้มสามารถลดค่าซีไอดีได้ 4,300 มก./ล. คิดร้อยละ 10 ช่วงเวลาการดูดซับที่ 60 นาที ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย สามารถลดค่าซีไอดีได้ 2,000 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 58 เมื่อเทียบกับถ่านหุงต้มลดค่าซีไอดีได้ เพียง 4,000 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 17 และช่วงเวลาการดูดซับที่ 90 นาที ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อยลดค่าซีไอดีได้ 1,600 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 67 เมื่อเทียบกับถ่านหุงต้ม ลดค่าซีไอดีได้ 3,800 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 20.83 ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการลดซีไอดีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้มในน้ำเสีย ความเข้มข้นร้อยละ 10

ระยะเวลาการดูดซับ (นาที)	ค่าซีไอดี (มก./ล.)		คิดเป็นร้อยละ	
	ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย	ถ่านหุงต้ม	ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย	ถ่านหุงต้ม
0	4,800	4,800	0	0
30	2,200	4,300	54	10
60	2,000	4,000	58	17
90	1,600	3,800	67	21

จากตารางที่ 4.9 สามารถแสดงผลของค่าซีไอดีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย กับถ่านหุงต้มโดยคิดเป็นร้อยละ ได้ดังภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.21 แสดงร้อยละของค่าซีไอโอดีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาที) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียร้อยละ 10

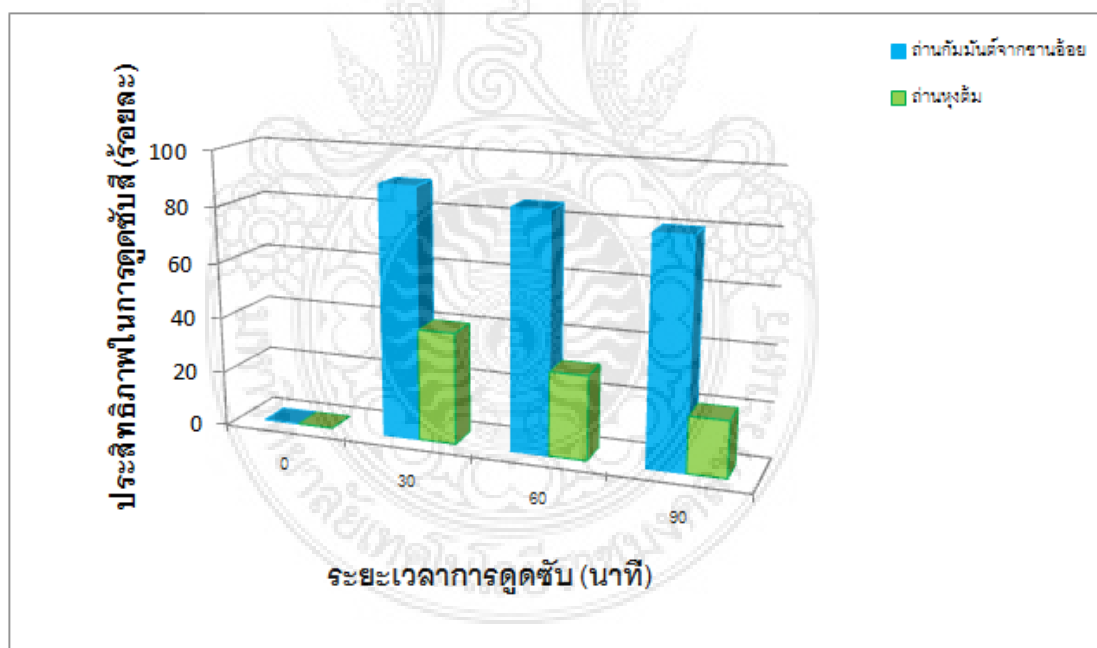
4.3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าสี และค่าซีไอโอดี ของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้มในน้ำเสียระดับความเข้มข้นร้อยละ 50

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าสีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้ม ได้ดังต่อไปนี้ โดยวัดค่าสีของน้ำเสียก่อนบำบัดได้ 100 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 100 พบว่า ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยสามารถดูดซับค่าสีในระยะเวลา 30 นาที ค่าสีที่วัดได้ คือ 10 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับถ่านหุงต้มที่วัดค่าสีได้ 100 Pt-Co โดยคิดเป็นร้อยละ 50 ในช่วงเวลาการดูดซับที่ 60 นาที ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยมีค่าสีที่วัดได้ คือ 15 Pt-Co ซึ่งสามารถดูดซับค่าสีได้ร้อยละ 70 เมื่อเทียบกับถ่านหุงต้มที่วัดค่าสีได้ 85 Pt-Co จึงลดค่าสีได้เพียงร้อยละ 30 และช่วงเวลาการดูดซับที่ 90 นาที ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยวัดค่าสีได้ 20 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 80 เมื่อเทียบกับถ่านหุงต้มที่วัดค่าสีได้ 80 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 20 ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองในการลดค่าสีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม
ในน้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 50

ระยะเวลาการดูดซับ (นาทีก)	สี (Pt-Co)		คิดเป็นร้อยละ	
	ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย	ถ่านหุงต้ม	ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย	ถ่านหุงต้ม
0	100	100	0	0
30	10	60	90	40
60	15	70	85	30
90	20	80	80	20

จากตารางที่ 4.9 สามารถแสดงผลของค่าสีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยกับ
ถ่านหุงต้มโดยคิดเป็นร้อยละ ได้ดังภาพที่ 4.22



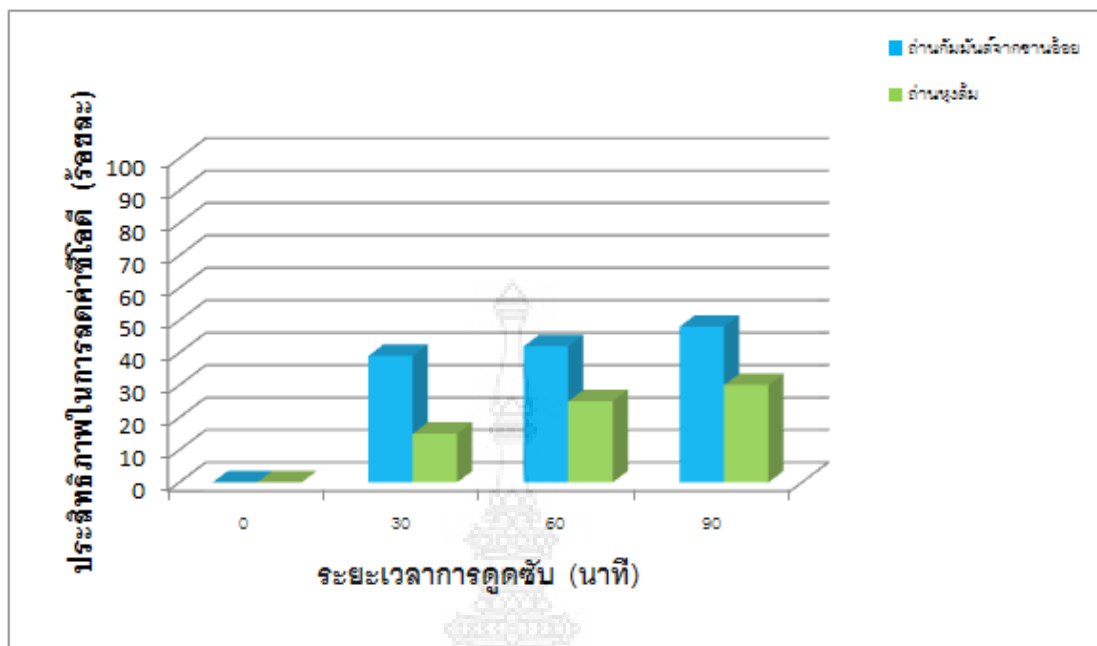
ภาพที่ 4.22 แสดงร้อยละของค่าสีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาทีก) ที่ความเข้มข้นของ
น้ำเสียร้อยละ 50

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าซีไอดีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้ม ในน้ำเสีย ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าซีไอดีเท่ากับ 8,668 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 100 พบว่า ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยสามารถลดค่าซีไอดีในระยะเวลา 30 นาที ได้ 5,330 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 39 เมื่อเทียบกับถ่านหุงต้มค่าซีไอดี เท่ากับ 7,330 มก./ล. คิดเป็น ร้อยละ 15.44 ช่วงเวลาการดูดซับที่ 60 นาที ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยสามารถลดค่าซีไอดี ได้ 5,000 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 42 เมื่อเทียบกับถ่านหุงต้มที่ลดค่าซีไอดีได้ 6,500 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 25.01 และช่วงเวลาการดูดซับที่ 90 นาที ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยลดค่าซีไอดี ได้ 4,500 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 48 เมื่อเทียบกับถ่านหุงต้มลดค่าซีไอดีได้ 6,030 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 30 ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองในลดค่าซีไอดีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 50

ระยะเวลาการดูดซับ (นาที)	ค่าซีไอดี (มก./ล.)		คิดเป็นร้อยละ	
	ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย	ถ่านหุงต้ม	ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย	ถ่านหุงต้ม
0	8,668	8,668	0	0
30	5,330	7,330	39	15
60	5,000	6,500	42	25
90	4,500	6,030	48	30

จากตารางที่ 4.11 สามารถแสดงผลของค่าซีไอดีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยกับ ถ่านหุงต้มโดยคิดเป็นร้อยละ ได้ดังภาพที่ 4.23



ภาพที่ 4.23 แสดงร้อยละของค่าซีไอดีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาที) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียร้อยละ 50

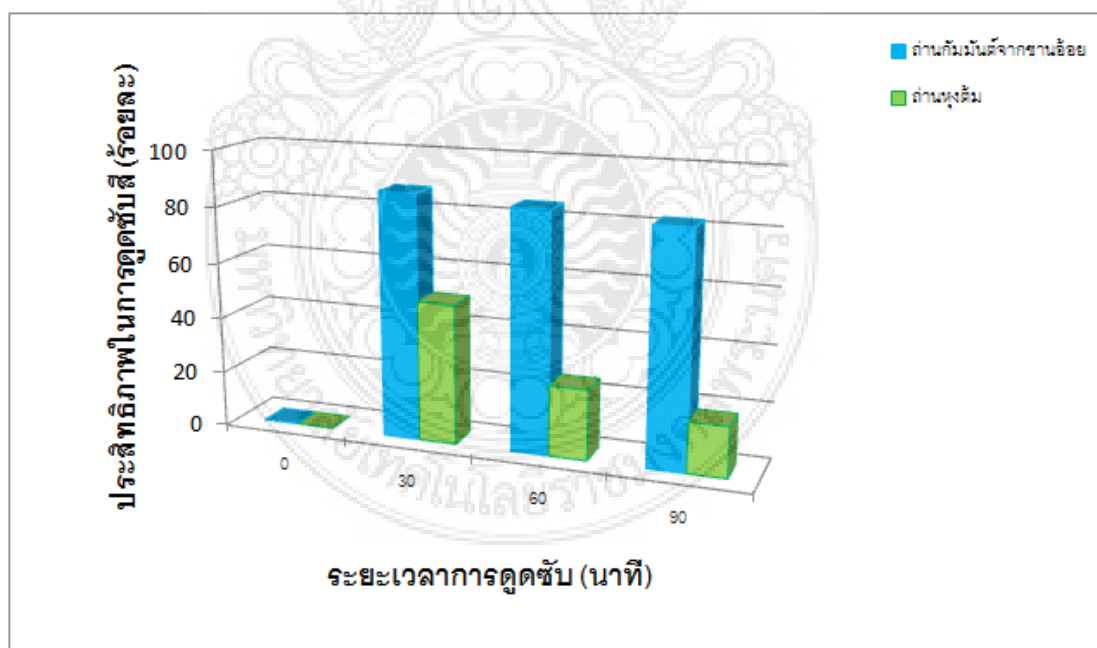
4.3.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าสี และค่าซีไอดี ของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้ม ในน้ำเสียระดับความเข้มข้นร้อยละ 100

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าสีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยและถ่านหุงต้ม ได้ ดังต่อไปนี้ โดยน้ำเสียก่อนบำบัดสามารถวัดสีได้ 200 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 100 พบว่า ถ่านกัมมันต์จาก ชานอ้อยสามารถดูดซับค่าสีในระยะเวลา 30 นาที ค่าสีที่วัดได้ คือ 25 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 87.5 เมื่อเทียบกับถ่านหุงต้มที่วัดค่าสีได้ 100 Pt-Co โดยคิดเป็นร้อยละ 50 ในช่วงเวลาการดูดซับที่ 60 นาที ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยมีค่าสีที่วัดได้ คือ 30 Pt-Co ซึ่งสามารถดูดซับค่าสีได้ร้อยละ 85 เมื่อเทียบกับถ่านหุงต้มที่วัดค่าสีได้ 150 Pt-Co จึงลดค่าสีได้เพียงร้อยละ 25 และช่วงเวลาการดูดซับที่ 90 นาที ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยวัดค่าสีได้ 35 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 82.5 เมื่อเทียบกับ ถ่านหุงต้มที่วัดค่าสีได้ 165 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 18 ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองในการลดค่าสีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และถ่านหุงต้ม
ในน้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 100

ระยะเวลาการดูดซับ (นาทื)	สี (Pt-Co)		คิดเป็นร้อยละ	
	ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย	ถ่านหุงต้ม	ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย	ถ่านหุงต้ม
0	200	200	0	0
30	25	100	87.5	50
60	30	150	85	25
90	35	165	82.5	18

จากตารางที่ 4.12 สามารถแสดงผลของค่าสีไอทีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยกับ
ถ่านหุงต้มโดยคิดเป็นร้อยละ ได้ดังภาพที่ 4.23



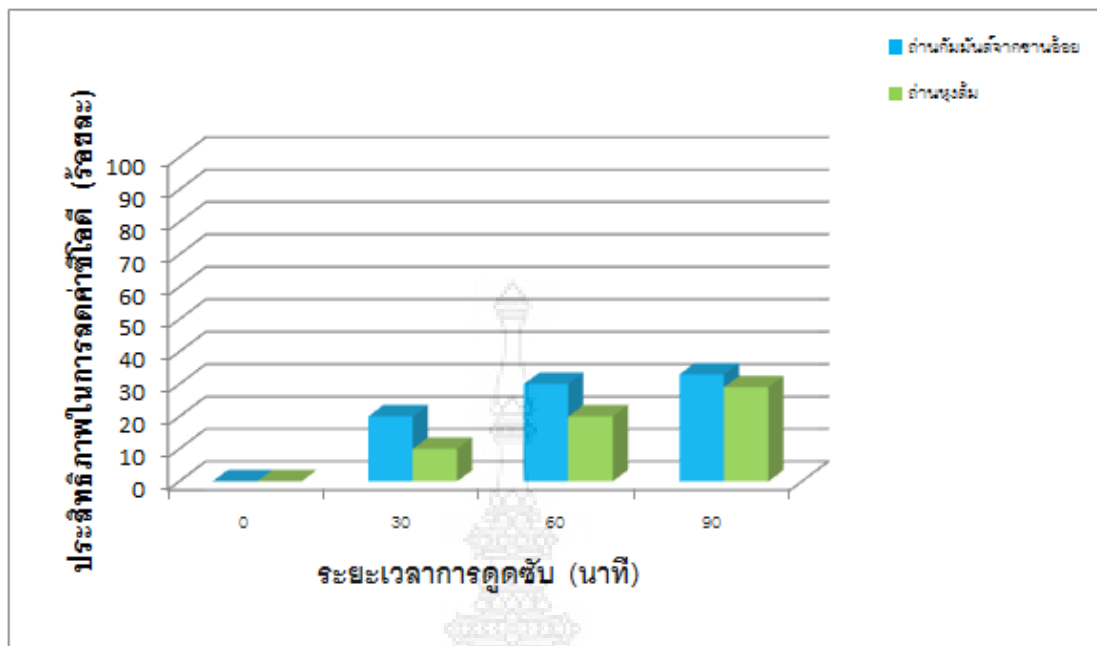
ภาพที่ 4.24 แสดงร้อยละของค่าสีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาทื) ที่ความเข้มข้น
ของน้ำเสีย ร้อยละ 100

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และ ถ่านหุ้ดต้มน้ำเสีย ความเข้มข้นร้อยละ 100 โดยน้ำเสียก่อนบ้ำบัดมีค่าซีโอดีเท่ากับ 20,000 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 100 พบว่า ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยสามารถลดค่าซีโอดีใน ระยะเวลา 30 นาที ได้ 16,000 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับถ่านหุ้ดต้มน้ำเสียสามารถลด ค่าซีโอดีได้ 18,000 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 10 ช่วงเวลาการดูดซับที่ 60 นาที ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อยสามารถลดค่าซีโอดีได้ 14,000 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับถ่านหุ้ดต้มน้ำเสียลด ค่าซีโอดีได้ 16,000 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 20 และช่วงเวลาการดูดซับที่ 90 นาที ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อยลดค่าซีโอดีได้ 13,500 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 33 เมื่อเทียบกับถ่านหุ้ดต้มน้ำเสียลดค่า ซีโอดีได้ 14,200 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 29 ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีคิดเป็นร้อยละของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย และ ถ่านหุ้ดต้มน้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 100

ระยะเวลาการดูดซับ (นาที)	ค่าซีโอดี (มก./ล.)		คิดเป็นร้อยละ	
	ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย	ถ่านหุ้ดต้มน้ำเสีย	ถ่านกัมมันต์ จากชานอ้อย	ถ่านหุ้ดต้มน้ำเสีย
0	20,000	20,000	0	0
30	16,000	18,000	20	10
60	14,000	16,000	30	20
90	13,500	14,200	33	29

จากตารางที่ 4.13 สามารถแสดงผลของค่าซีโอดีระหว่างถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยกับ ถ่านหุ้ดต้มน้ำเสียโดยคิดเป็นร้อยละ ได้ดังภาพที่ 4.24



ภาพที่ 4.25 แสดงร้อยละของค่าซีไอดีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาที) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียร้อยละ 100

4.2 การอภิปรายผล

การนำชานอ้อยมาสังเคราะห์เป็นถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีการเผาถ่านแบบไม่ใช้สารเคมีร่วมเปรียบเทียบกับถ่านหุ่ยตามท้องตลาดเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดสี และค่าซีไอดีของน้ำเสียจากบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากชานอ้อยมีประสิทธิภาพในการลดสี และค่าซีไอดี ได้ดีกว่าถ่านหุ่ยตามท้องตลาด โดยความเข้มข้นของน้ำเสียที่ร้อยละ 50 ระยะเวลาที่ 30 นาที ค่าสีของน้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าเท่ากับ 100 Pt-Co เมื่อผ่านการดูดซับแล้วลดลงเหลือ 10 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 90 ส่วนความเข้มข้นของน้ำเสียที่ร้อยละ 10 ระยะเวลาที่ 90 นาที ค่าซีไอดีของน้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าเท่ากับ 4,800 มก./ล. เมื่อผ่านการดูดซับแล้วลดลงเหลือ 1,600 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 67 ผลการทดลองนี้จึงสอดคล้องกับการทดลองของพิณพิมล สิงขรวรงค์ (2537) ที่กล่าวว่า ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ในช่วงแรกสามารถดูดซับสีได้มากกว่าครั้งแต่เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์ไปนาน ๆ เข้าประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์เริ่มลดลง

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยและถ่านหุงต้มในการลดสีและค่าซีไอดี ของน้ำเสียจากบริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับสี และค่าซีไอดีของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากขานอ้อย ผู้วิจัยสามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะไว้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ร้อยละ 10 ช่วงระยะเวลาที่ 30 , 60 และ 90 นาที ถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยสามารถลดค่าสีได้ดีเท่ากับ โดยน้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าเท่ากับ 40 Pt-Co เมื่อผ่านการดูดซับแล้วลดลงเหลือน้อยกว่า 5 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 87.75 โดยลักษณะสีของน้ำคือ สี , ไม่มีสี

5.1.2 ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ร้อยละ 10 ช่วงระยะเวลาที่ 90 นาที ถ่านกัมมันต์จากขานอ้อย สามารถลดค่าซีไอดีได้ดีที่สุด โดยน้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าเท่ากับ 4,800 มก./ล. เมื่อผ่านการดูดซับแล้วลดลงเหลือ 1,600 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 67

5.1.3 ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ร้อยละ 50 ช่วงระยะเวลาที่ 30 นาที ถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยสามารถลดค่าสีได้ดีที่สุด โดยน้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าเท่ากับ 100 Pt-Co เมื่อผ่านการดูดซับแล้วลดลงเหลือ 10 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 90 โดยลักษณะสีของน้ำมีสีขุ่น และเหลืองอ่อน

5.1.4 ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ร้อยละ 50 ระยะเวลาที่ 90 นาที ถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยสามารถลดค่าซีไอดีได้ดีที่สุด โดยน้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าเท่ากับ 8,668 มก./ล. เมื่อผ่านการดูดซับแล้วลดลงเหลือ 4,500 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 48

5.1.5 ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ร้อยละ 100 ช่วงระยะเวลาที่ 30 นาที ถ่านกัมมันต์จากขานอ้อยสามารถลดค่าสีได้ดีที่สุด โดยน้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าเท่ากับ 200 Pt-Co เมื่อผ่านการดูดซับแล้วลดลงเหลือ 25 Pt-Co คิดเป็นร้อยละ 33 โดยลักษณะสีของน้ำมีสีขุ่น และเหลืองอ่อน

5.1.6 ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ร้อยละ 100 ระยะเวลาที่ 90 นาที ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยสามารถลดค่าซีไอได้ดีที่สุด โดยน้ำเสียก่อนบำบัดมีค่าเท่ากับ 20,000 มก./ล. เมื่อผ่านการดูดซับแล้วลดลงเหลือ 13,500 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 33

5.1.7 ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยมีประสิทธิภาพในการลดสี และค่าซีไอในน้ำเสียจาก บริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด ได้ จึงเป็นหนึ่งในทางเลือกให้กับอุตสาหกรรมน้ำตาลที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับเรื่องสี และค่าซีไอในน้ำเสีย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่ต้องการทำการศึกษาค้นคว้าในครั้งต่อไปดังนี้

5.2.1.1 ศึกษาวิธีการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยแบบไร้สารเคมีร่วมโดยให้ได้ปริมาณมากขึ้น และใช้เวลาน้อยลง

5.2.1.2 ศึกษาการเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยที่กระตุ้นด้วยสารเคมี

5.2.1.3 ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแห่งอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547. “**อ้อย.**” กรมวิชาการเกษตร.

กรุงเทพมหานคร.

เกรียงศักดิ์ ศรีสุข. 2550. “**ธรณีวิทยาของน้ำบาดาลและทะเลทราย.**” ภาควิชาเทคโนโลยี
คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

แก้วใจ อ้อชัยภูมิ. 2549. “**การผลิตแห้งเพาะชำจากกากตะกอนหม้อกรองโรงงานน้ำตาล.**”
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาวิทยาศาสตร์. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พลวัฐฐ์ ไสภณากิจโกศล. 2554. “**การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวเพื่อใช้ในการดูดซับ
โลหะโครเมียม.**” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. บัณฑิตวิทยาลัย.
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พิณพิมล สิงขรวงศ์. 2537. “**การผลิตถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย.**” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2545. “**ปุ๋ยอินทรีย์.**” อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง. กรุงเทพมหานคร.

ยุพาวรรณ วีระ. 2550. “**การทำน้ำสะอาดจากน้ำท่วมโดยกระบวนการกรองดูดติด
ผิวถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด ชนิดผง และถ่านแกลบ.**” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต. สาขาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ยุพกนิษฐี พวงวีระกุล. 2548. “**การผลิตแอลกอฮอล์แบบเร็วจากกากน้ำตาล.**” รายงานการ
วิจัย. มหาวิทยาลัยรังสิต. “ระบบบำบัดมลพิษน้ำ.” 2549.

สิริวัลภ์ เรื่องช่วย และคณะ. 2550 “**การดูดซับตะกั่วในน้ำเสียโรงงานน้ำตาลโดยใช้
ถ่านชานอ้อย.**” รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

สมร หิรัญประดิษฐ์กุล. 2554. “**การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดสบู่ดำ.**” รายงาน
การวิจัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สมร หิรัญประดิษฐ์กุล. 2554. “การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดสบู่ดำ.” รายงาน

การวิจัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สันต์ ศิริอนันต์ไพบูลย์. 2552. “ระบบบำบัดน้ำเสีย.” สำนักพิมพ์ท็อป. กรุงเทพมหานคร.

สร้อยญา ธนสัมฤทธิ์. 2551. “การดูดซับซัลไฟด์ไอออนในน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์.”

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุธา ไอยราคม. 2544. “ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียในปุ๋ยหมักกาก

ตะกอนจากโรงงานน้ำตาล.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาเทคโนโลยีการวางแผน

สิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชนบท. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยมหิดล.

สุนันทา ตาดต่าย. 2543. “การบำบัดน้ำชะล้างมูลฝอยโดยขบวนการดูดซับด้วยแอคติเวต

เต็ดคาร์บอน.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. บัณฑิต

วิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อมรรัตน์ บุญมี. 2549. “การบำบัดน้ำเสียโรงงานกลั่นเอทานอลจากกากน้ำตาลด้วยระบบ

UASB.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. บัณฑิตวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อรภัทร พุดมปาโมกษ์. 2540. “การกำจัดคลอรีนออกจากน้ำโดยการดูดซับด้วยคาร์บอน

กัมมันต์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. บัณฑิตวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก



ผลการทดลอง





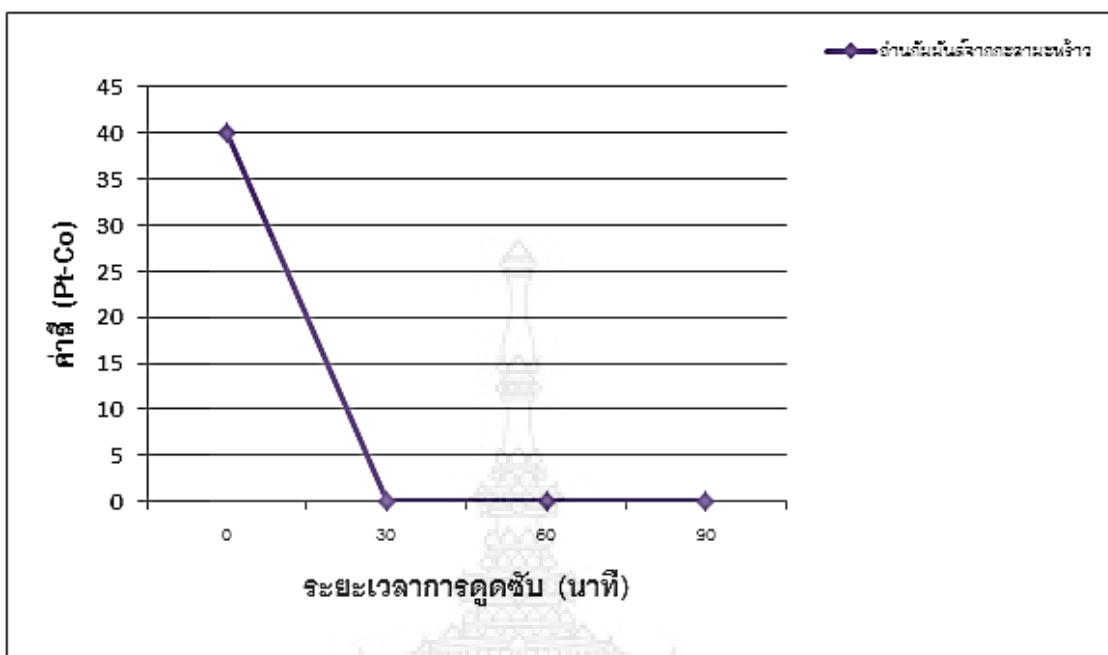
ภาพผนวกที่ ก1 ถ่านกัมมันต์สำหรับกรองน้ำ (กะลามะพร้าว)



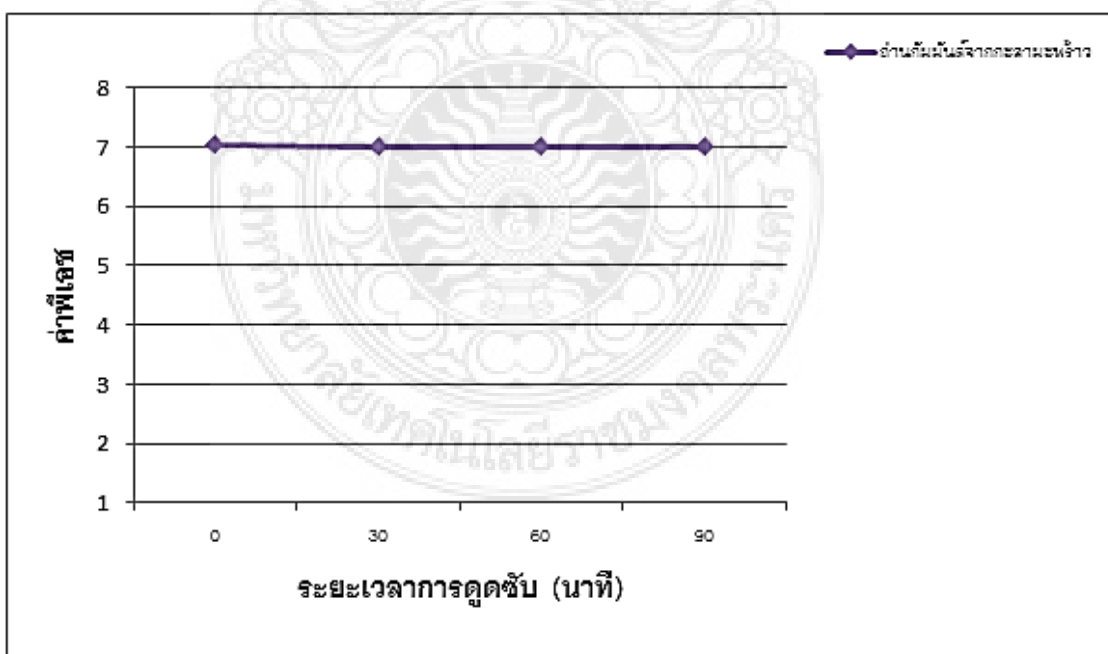
ภาพผนวกที่ ก2 ครอบทดลองที่บรรจุถ่านกัมมันต์สำหรับกรองน้ำ (กะลามะพร้าว)

ตารางผนวกที่ ก1 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ของถ่านกัมมันต์
จากกะลามะพร้าว

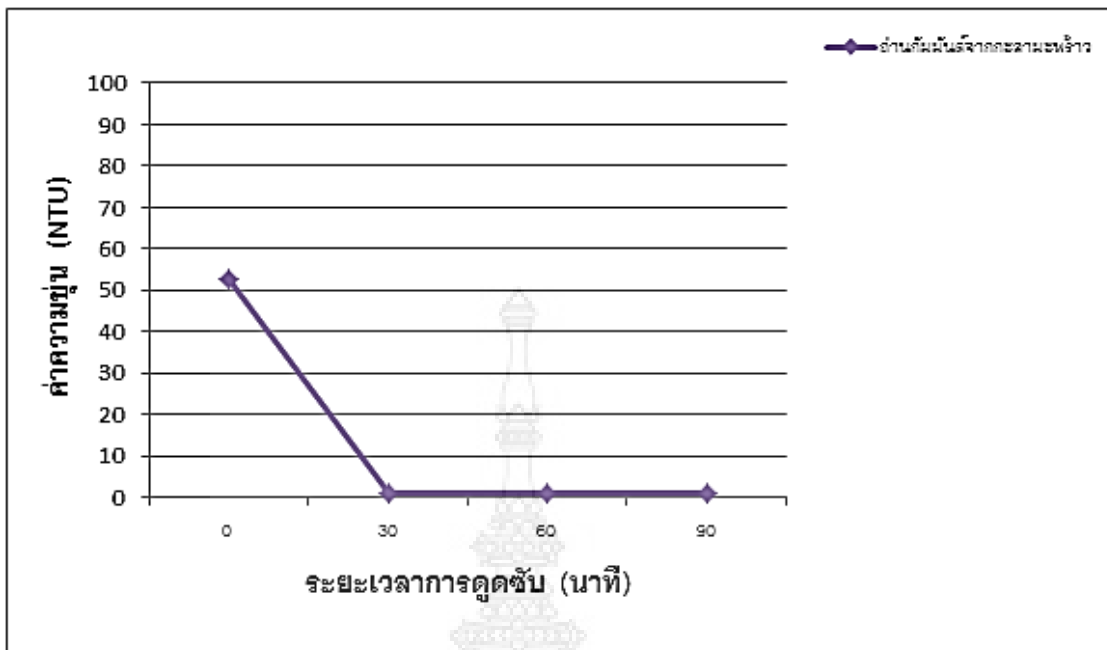
ถ่านกัมมันต์ จากกะลามะพร้าว	ระยะเวลาการดูดซับ (นาที)				มาตรฐานน้ำทิ้ง
	0	30	60	90	
ค่าสี (Pt-Co)	40	< 5	<5	< 5	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
พีเอช	7.03	7.00	7.00	7.00	5.5 - 9.0
ความขุ่น (NTU)	52.7	1	1	1	< 50
ซีไอดี (มก./ล.)	4,800	2,800	2,000	1,600	< 120



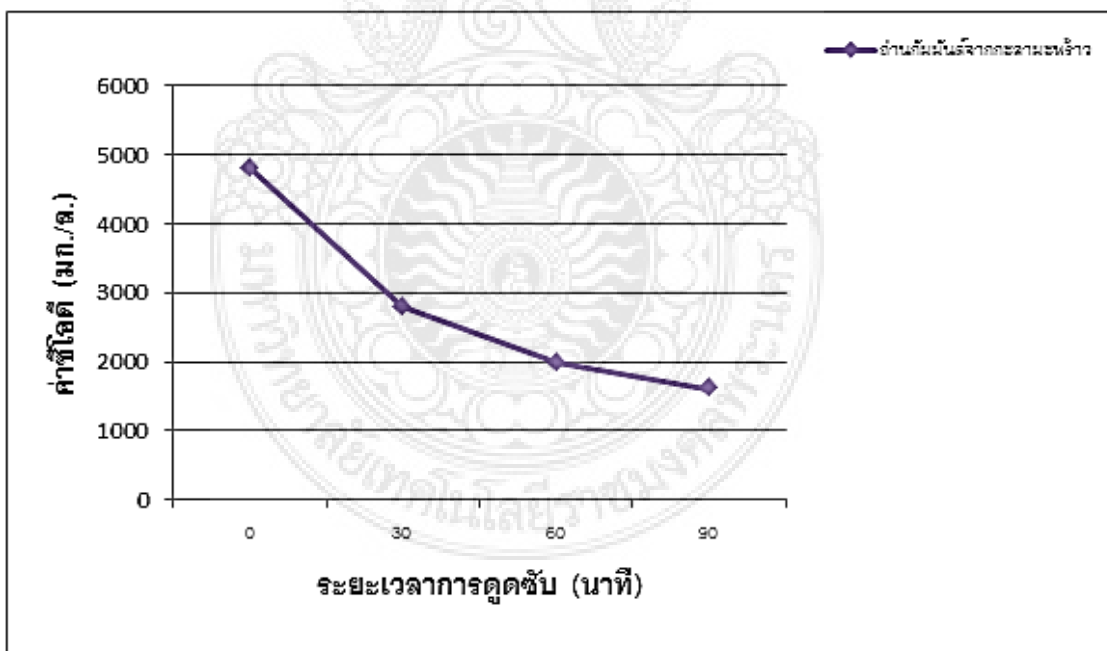
ภาพผนวกที่ ก3 แสดงผลค่าดีของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10



ภาพผนวกที่ ก4 แสดงผลค่าพีเอชของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10



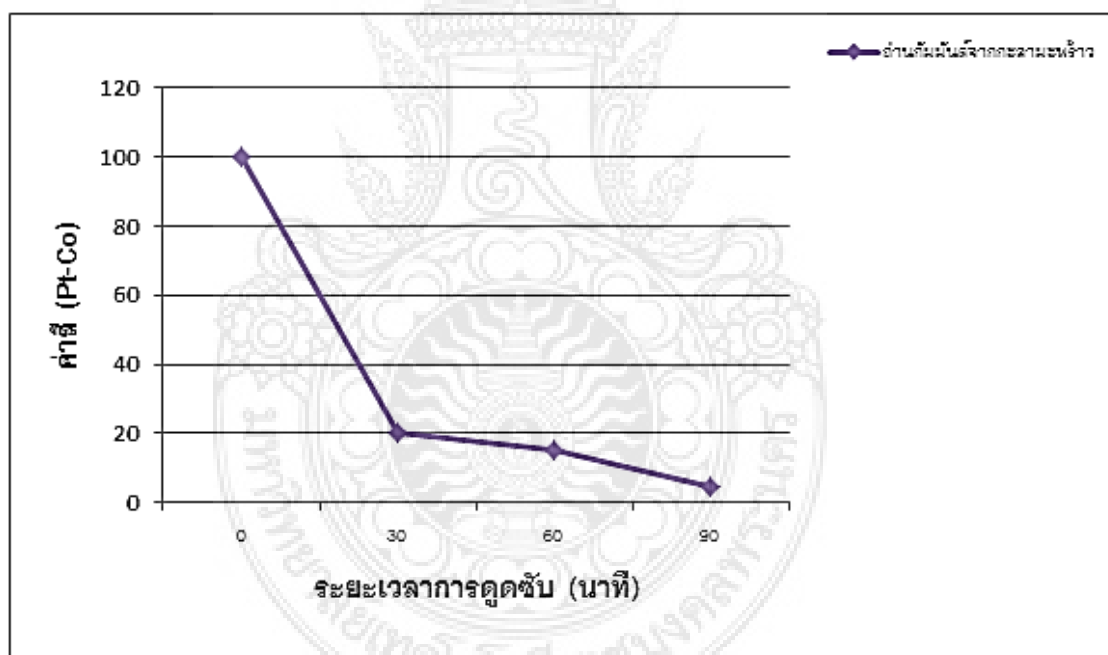
ภาพผนวกที่ ก5 แสดงผลค่าความขุ่นของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10



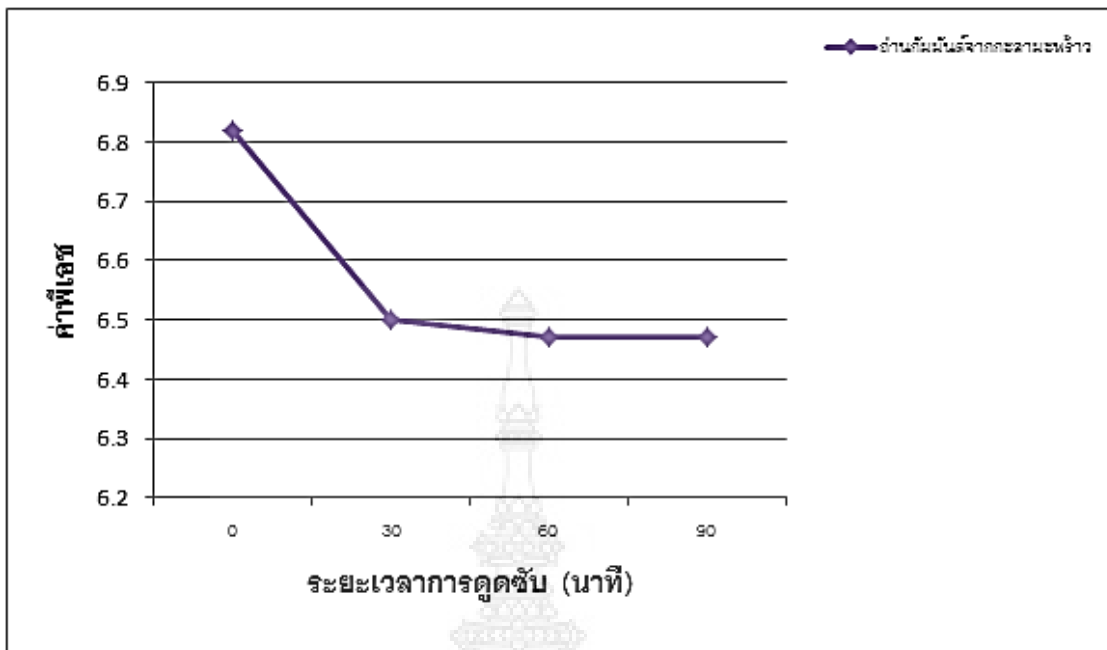
ภาพผนวกที่ ก6 แสดงผลค่าซีไอดีของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10

ตารางผนวกที่ ก2 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 ของถ่านกัมมันต์
จากกะลามะพร้าว

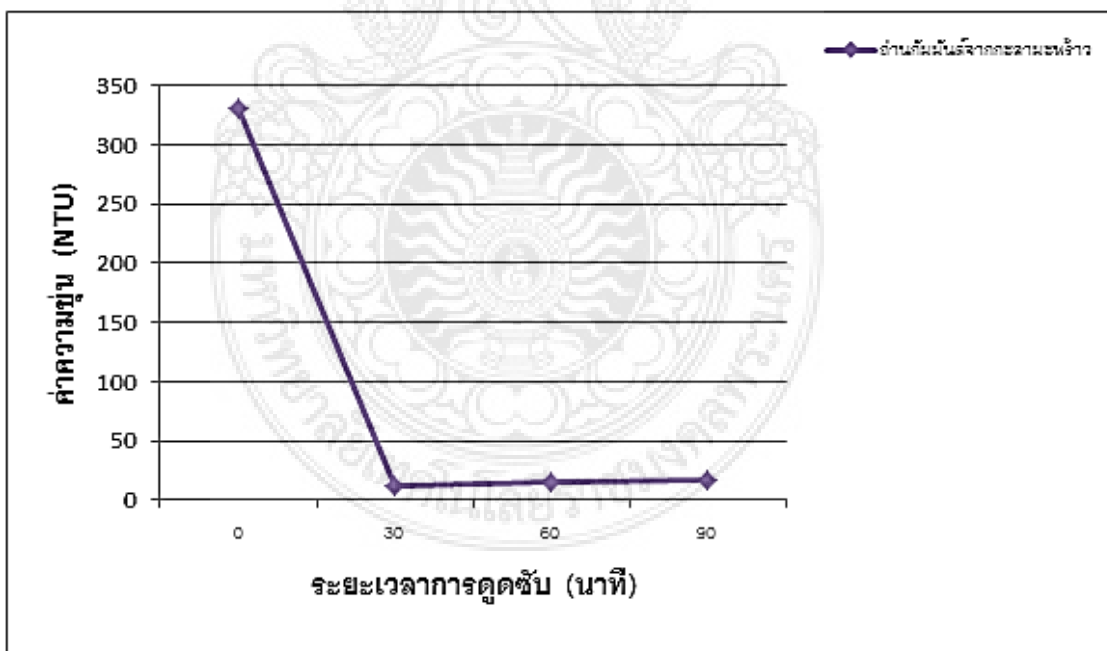
ถ่านกัมมันต์ จากกะลามะพร้าว	ระยะเวลาการดูดซับ (นาที)				มาตรฐานน้ำทิ้ง
	0	30	60	90	
ค่าสี (Pt-Co)	100	20	15	25	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
พีเอช	6.82	6.50	6.47	6.47	5.5 - 9.0
ความขุ่น (NTU)	331	12	15	17	< 50
ซีไอดี (มก./ล.)	8,668	5,450	4,800	4,500	< 120



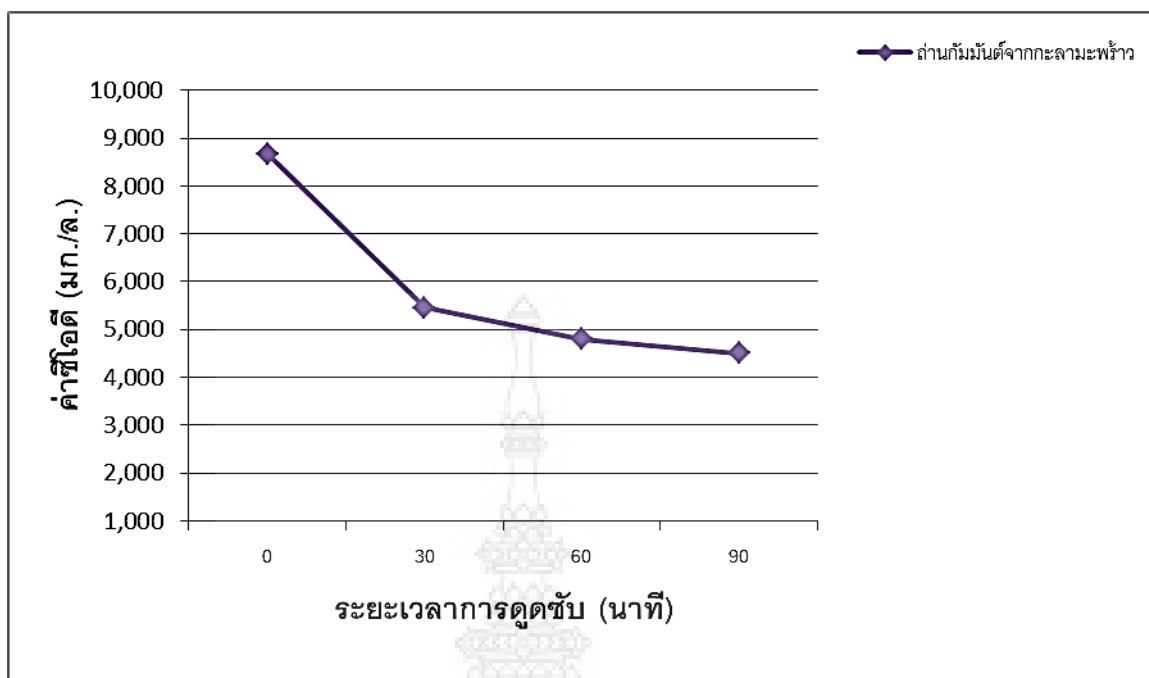
ภาพผนวกที่ ก7 แสดงผลค่าสีของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้น
ร้อยละ 50



ภาพผนวกที่ ก8 แสดงผลค่าพีเอชของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในน้ำเสียที่ระดับความชื้นร้อยละ 50



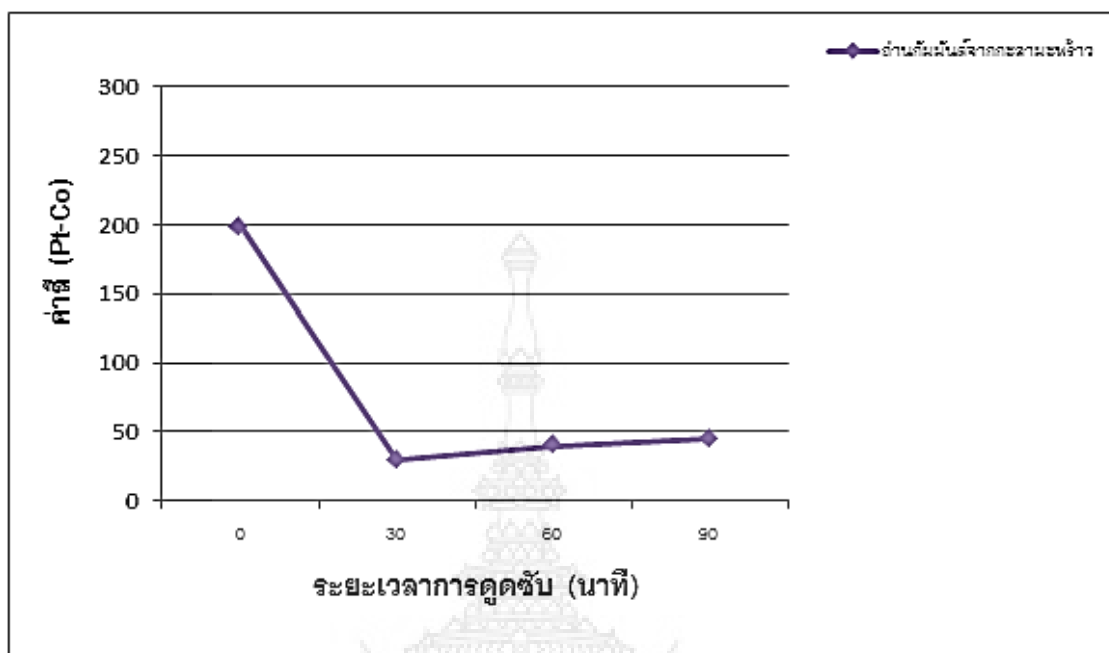
ภาพผนวกที่ ก9 แสดงผลค่าความขุ่นของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในน้ำเสียที่ระดับความชื้นร้อยละ 50



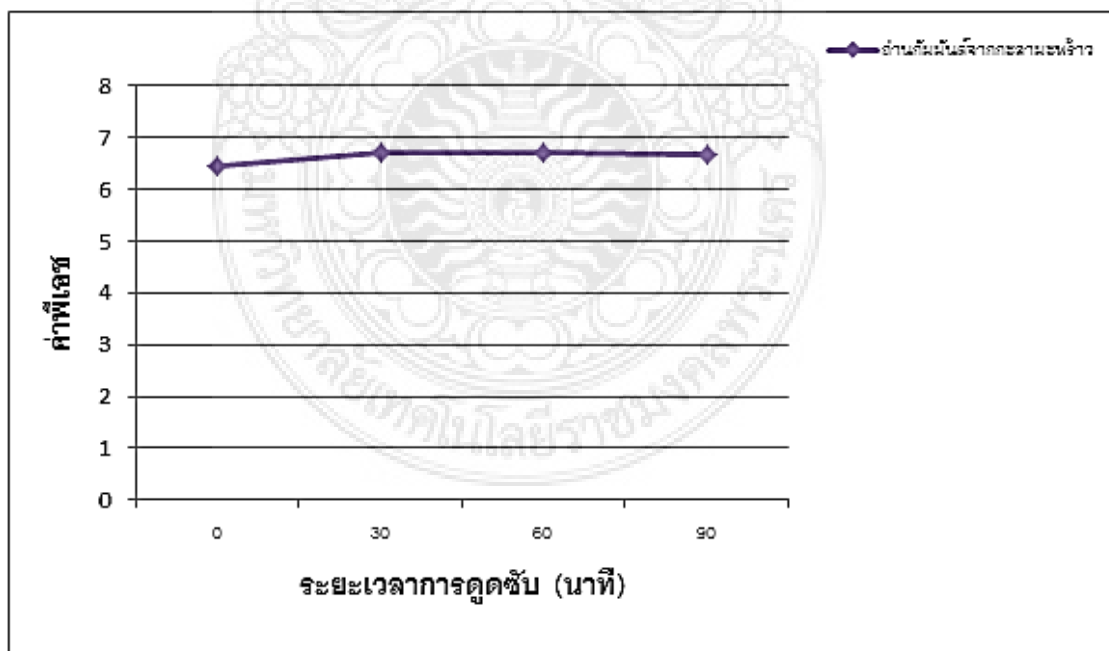
ภาพผนวกที่ ก10 แสดงผลค่าซีไอดีของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 50

ตารางผนวกที่ ก3 ผลการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้นร้อยละ 100 ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว

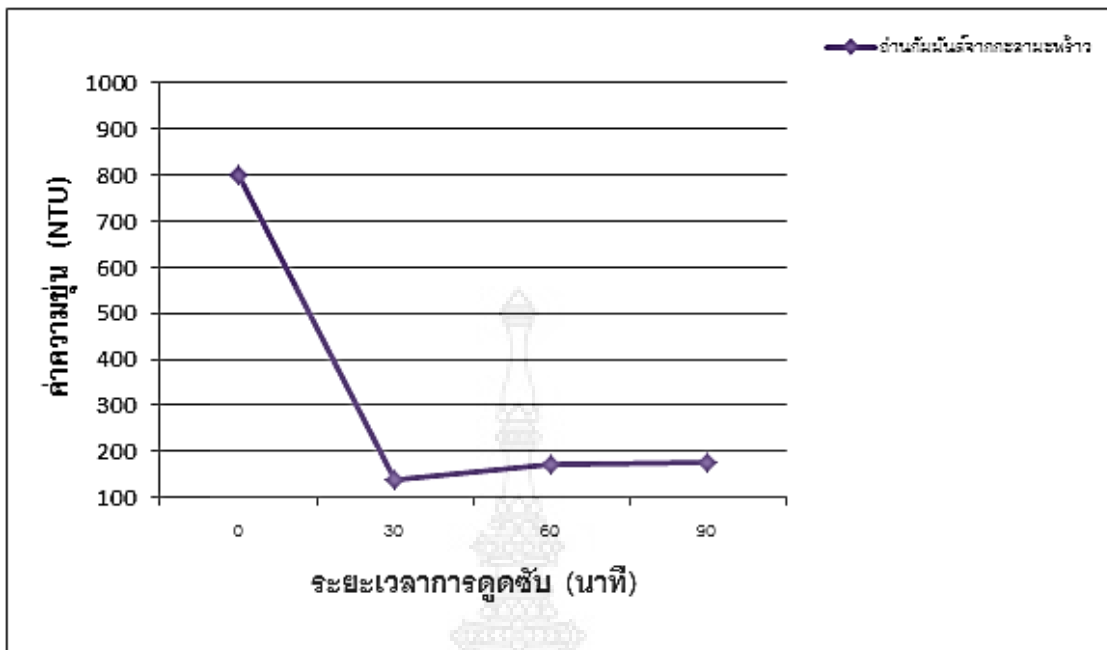
ถ่านกัมมันต์ จากกะลามะพร้าว	ระยะเวลาการดูดซับ (นาที)				มาตรฐานน้ำทิ้ง
	0	30	60	90	
ค่าสี (Pt-Co)	200	30	40	45	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
พีเอช	6.46	6.74	6.72	6.68	5.5 - 9.0
ความขุ่น (NTU)	>800	139	173	177	< 50
ซีไอดี (มก./ล.)	20,000	18,000	17,500	14,000	< 120



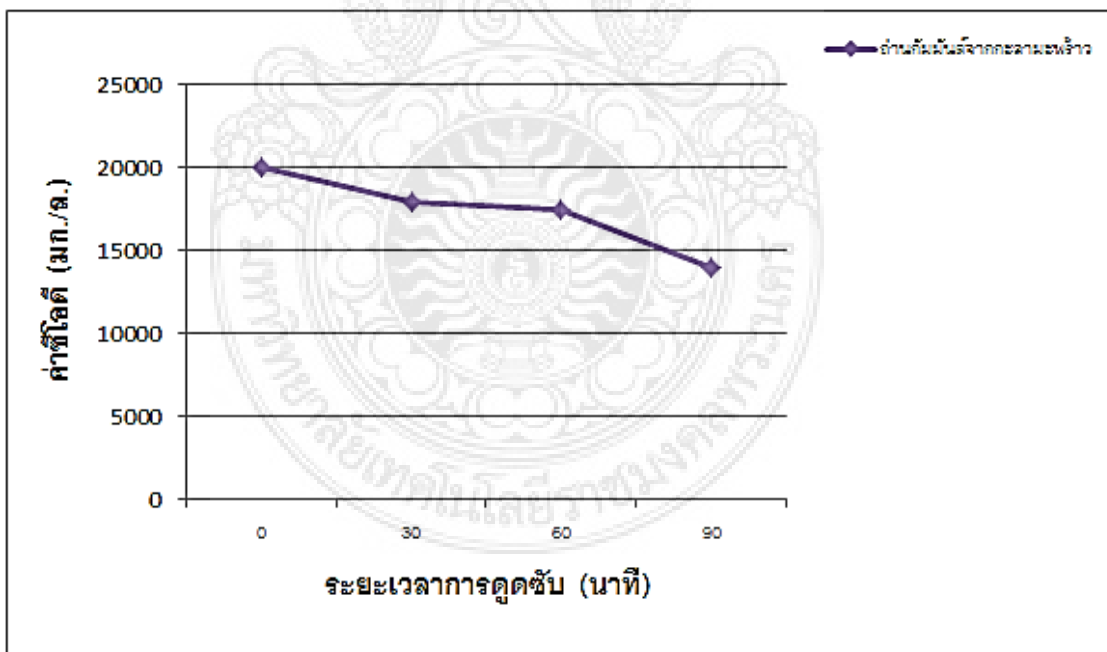
ภาพผนวกที่ ก11 แสดงผลค่าสีของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 100



ภาพผนวกที่ ก12 แสดงผลค่าพีเอสของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ในน้ำเสียที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 100



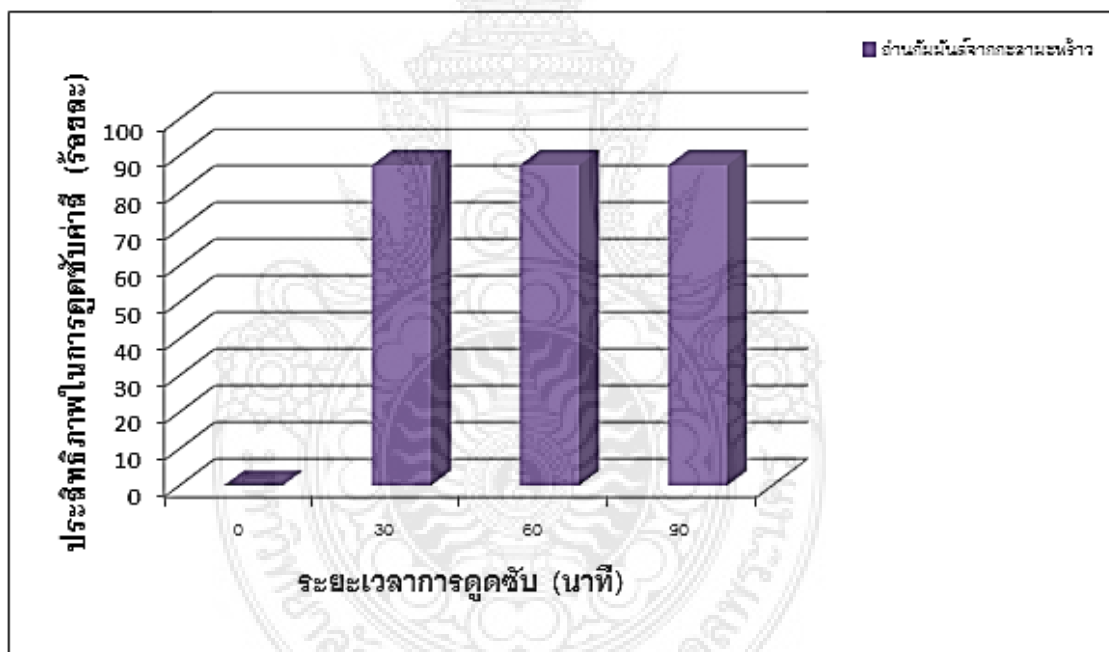
ภาพผนวกที่ ก13 แสดงผลค่าความขุ่นของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ในน้ำเสียที่ระดับ
ความเข้มข้นร้อยละ 100



ภาพผนวกที่ ก14 แสดงผลค่าซีโอดีของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ในน้ำเสียที่ระดับ
ความเข้มข้นร้อยละ 100

ตารางผนวกที่ ก4 ผลการทดลองในการลดค่าสี ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในน้ำเสีย
ความเข้มข้นร้อยละ 10

ระยะเวลาการดูดซับ (นาทีก)	ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	
	สี (Pt-Co)	คิดเป็นร้อยละ
0	40	0
30	5	87.5
60	5	87.5
90	5	87.5

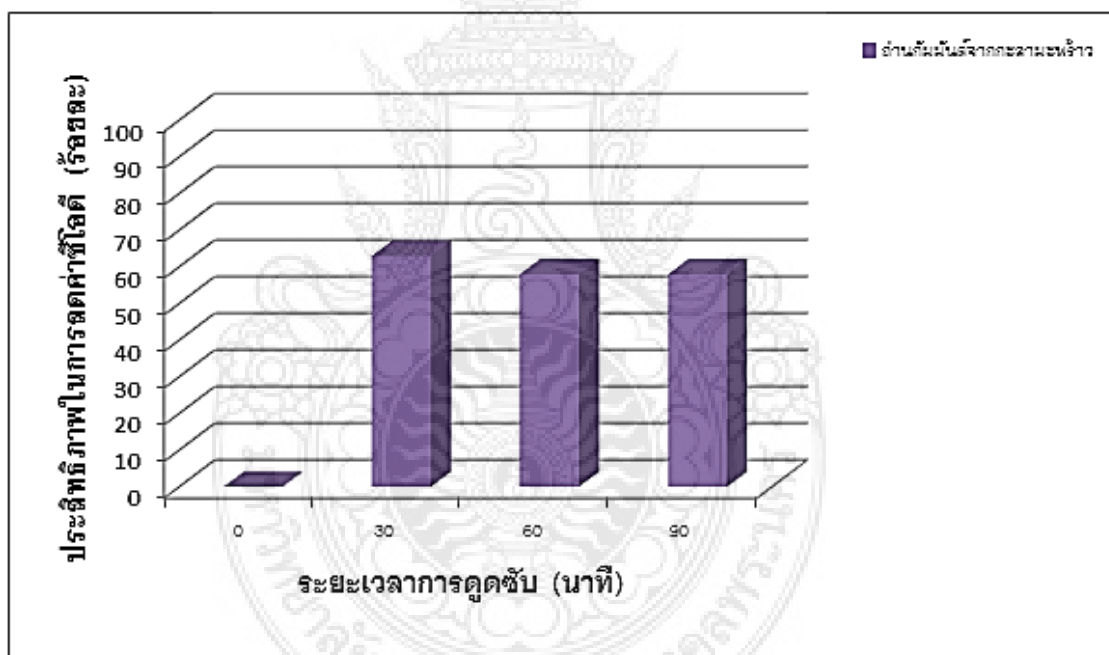


ภาพผนวกที่ ก15 แสดงร้อยละของค่าสีไอดีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาทีก) ที่ความเข้มข้น
ของน้ำเสียร้อยละ 10

ตารางผนวกที่ ก5 ผลการทดลองในการลดค่าซีโอดีของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในน้ำเสีย

ความเข้มข้นร้อยละ 10

ระยะเวลาการดูดซับ (นาทิต)	ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	
	ค่าซีโอดี (มก./ล.)	คิดเป็นร้อยละ
0	4,800	0
30	1,800	63
60	2,000	58
90	2,000	58

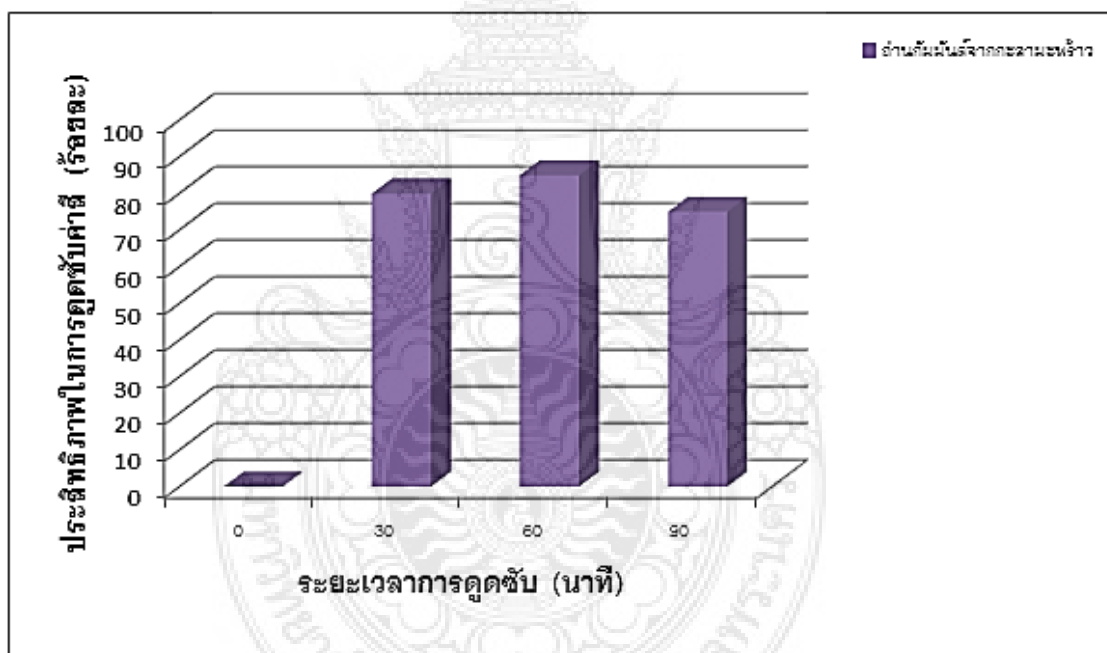


ภาพผนวกที่ ก16 แสดงร้อยละของค่าซีโอดีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาทิต) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียร้อยละ 10

ตารางผนวกที่ 6 ผลการทดลองในการลดค่าสี ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในน้ำเสีย

ความเข้มข้นร้อยละ 50

ระยะเวลาการดูดซับ (นาทีก)	ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	
	สี (Pt-Co)	คิดเป็นร้อยละ
0	100	0
30	20	80
60	15	85
90	25	75

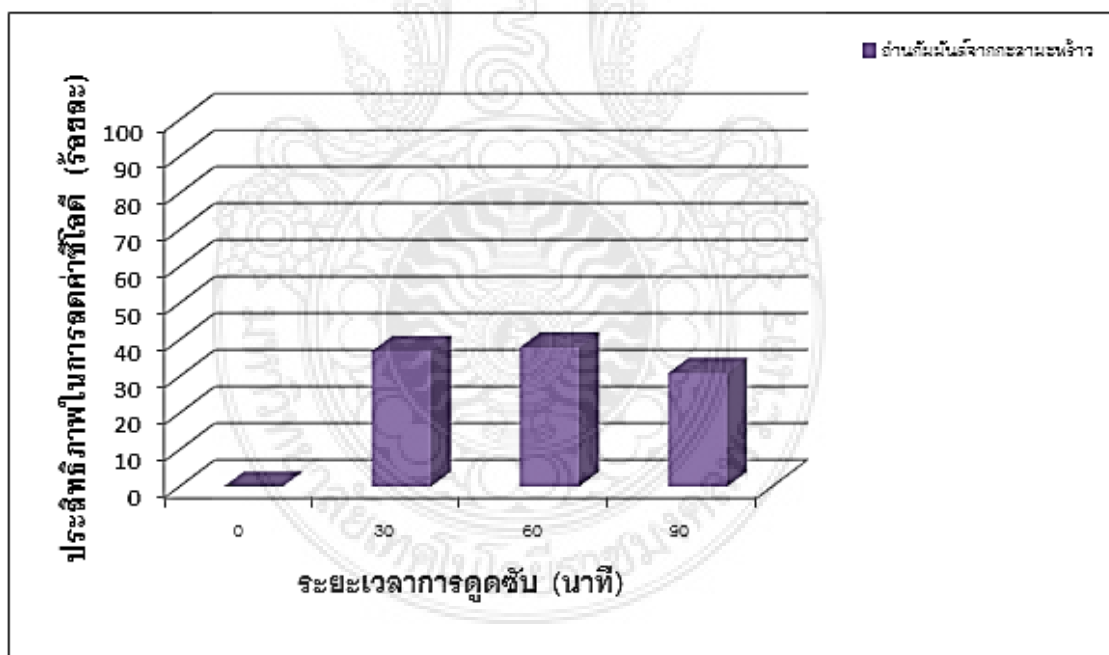


ภาพผนวกที่ 17 แสดงร้อยละของค่าสีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาทีก) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียร้อยละ 50

ตารางผนวกที่ ก7 ผลการทดลองในการลดค่าซีไอดี ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในน้ำเสีย

ความเข้มข้นร้อยละ 50

ระยะเวลาการดูดซับ (นาทีก)	ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	
	ค่าซีไอดี (มก./ล.)	คิดเป็นร้อยละ
0	8,668	0
30	5,450	37
60	5,400	38
90	6,000	31



ภาพผนวกที่ ก18 แสดงร้อยละของค่าซีไอดีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาทีก) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียร้อยละ 50

ตารางผนวกที่ ก8 ผลการทดลองในการดูดซับค่าสี ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในน้ำเสีย
ความเข้มข้นร้อยละ 100

ระยะเวลาการดูดซับ (นาทื)	ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	
	สี (Pt-Co)	คิดเป็นร้อยละ
0	200	0
30	30	85
60	40	80
90	45	78

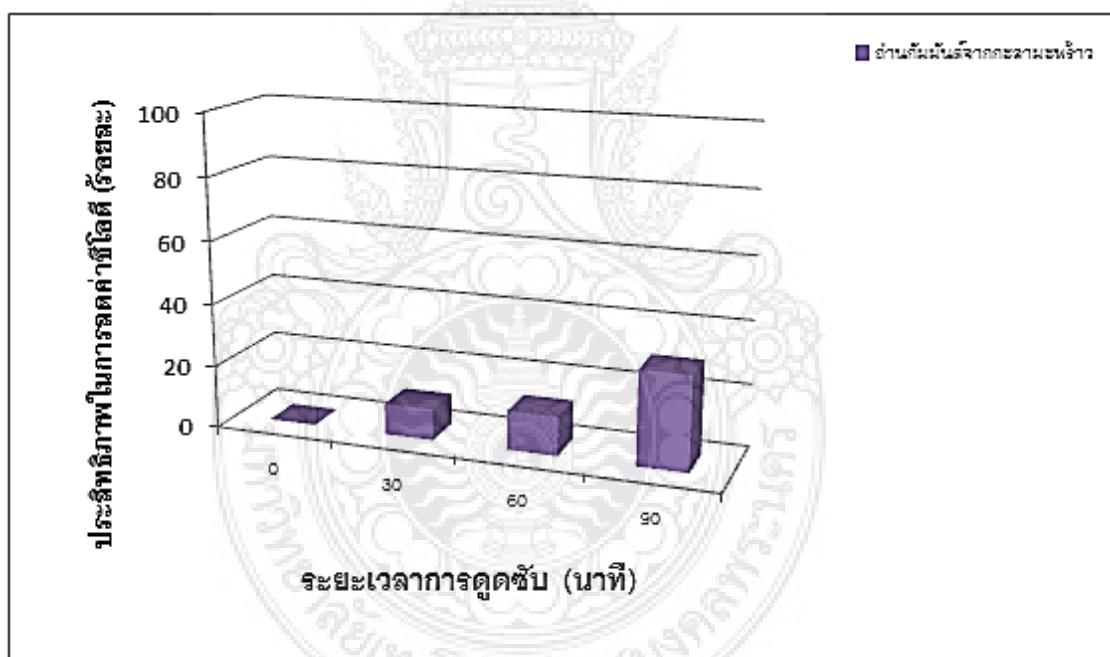


ภาพผนวก ก19 แสดงร้อยละของค่าสีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ(นาทื) ที่ความเข้มข้น
ของน้ำเสียร้อยละ 100

ตารางผนวกที่ ก9 ผลการทดลองในการดูดซับค่าสี ของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวในน้ำเสีย

ความเข้มข้นร้อยละ 100

ระยะเวลาการดูดซับ (นาทีก)	ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว	
	ค่าซีไอดี (มก./ล.)	คิดเป็นร้อยละ
0	20,000	0
30	18,000	10
60	17,500	13
90	14,000	30



ภาพผนวกที่ ก20 แสดงร้อยละของค่าซีไอดีในแต่ละระยะเวลาการดูดซับ (นาทีก) ที่ความเข้มข้นของน้ำเสียร้อยละ 100

ภาคผนวก ข



มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม



ตารางผนวกที่ ข1 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
pH	-	5.5 – 9.0
TDS	mg/l	1.ไม่เกิน 3,000มก./ล. หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงาน อุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล. 2. น้ำทิ้งซึ่งจะระบายออกจากโรงงาน ลงสู่แหล่งน้ำกร่อยที่มี ความเค็มเกิน 2,000 มก./ล.หรือลงสู่ทะเล ค่า TDS ในน้ำทิ้งจะ มากกว่า TDS ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล.
SS	mg/l	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้แล้วแต่ ประเภทของแหล่งรรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงาน อุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.
อุณหภูมิ	°C	ไม่เกิน 40 °C
สีและกลิ่น	-	เมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำแล้วไม่เป็นที่รังเกียจ
ซัลไฟด์	mg/l as H ₂ s	ไม่เกิน 1 มก./ล.
ไซยาไนด์	mg/l as HCN	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.
สังกะสี	mg/l	ไม่เกิน 5. มก./ล.
โครเมียมเฮกซะวาเลนท์	mg/l	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.
โครเมียมไตรวาเลนท์	mg/l	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.
อาร์เซนิก	mg/l	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.
ทองแดง	mg/l	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
ปรอท	mg/l	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.
แคดเมียม	mg/l	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.

ตารางผนวกที่ ข1(ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
แบเรียม	mg/l	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
เซเลเนียม	mg/l	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.
ตะกั่ว	mg/l	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.
นิกเกิล	mg/l	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
แมงกานีส	mg/l	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.
น้ำมันและไขมัน	mg/l	ไม่เกิน 5 มก./ล. หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 15 มก./ล.
ฟอร์มาลดีไฮด์	mg/l	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
สารประกอบฟีนอล	mg/l	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
Pesticide	mg/l	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีที่กำหนด
ค่าบีโอดี	mg/l	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.
ค่าทีเคเอ็น	mg/l	ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.
ค่าซีโอดี	mg/l	ไม่เกิน 120 มก./ล. หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 400 มก./ล.

ที่มา : (สุนันทา ตาดต่าย, 2539 : 99-100 อ้างจาก ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2539)

ภาคผนวก ค



กระบวนการดูดซับ (adsorption process)



แอคติเวตคาร์บอนเป็นถ่านที่มีความพรุน (porosity) สามารถทำได้จาก ถ่านหิน ถ่านไม้ กะลามะพร้าว หรือถ่านแกรไฟต์ ความพรุนที่เพิ่มขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากการกระตุ้นด้วยสารเคมี หรือการกระตุ้นทางกายภาพ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างผลึกของถ่านเพิ่มขึ้นการกระตุ้นที่เหมาะสม จะได้รูพรุนเป็นจำนวนมาก ทำให้ถ่านมีพื้นที่ผิวภายใน (internal surface area) เพิ่มขึ้น ทำให้สามารถดูดซับสีและกลิ่นได้มากกว่าถ่านธรรมดา(สุนันทา ตาดต่าย, 2543:11)

1. กลไกการดูดซับ

เมื่อโมเลกุลของสารใดๆ ในของเหลว เคลื่อนตัวมาสัมผัสบริเวณผิวของของแข็ง ซึ่งเป็นผลจากแรงดึงดูดของตัวดูดซับ (adsorbent) ที่มีผลต่อโมเลกุลนั้นมากกว่าพลังงานจลน์ (kinetic energy) ของโมเลกุล (van der waals' force) ขั้นตอนนี้เป็น การดูดซับทางฟิสิกส์ การเกาะตัวของโมเลกุลของของเหลวจะเพิ่มขึ้นเป็นขั้นๆ ตามความเข้มข้นของสารละลาย จากนั้นจะเกิดการดูดซับทางเคมีขึ้น โดยมีพลังงานหนึ่งที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของตัวดูดซับ และดูดซับกลายเป็นสารประกอบเคมีใหม่ขึ้น ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนกลับได้ (irreversible) สำหรับการดูดซับทางฟิสิกส์สามารถแปรสภาพกลับได้ ขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล(สุนันทา ตาดต่าย, 2543:13)

2. อัตราการดูดซับ (rate of adsorption)

มันสิน(2527)กล่าวว่าอัตราเร็วและขีดความสามารถในการดูดซับขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

2.1 พีเอช อัตราการดูดซับจะเร็วและมากขึ้นเมื่อพีเอชลดลง เนื่องจากมีไฮโดรเจนไอออนเพิ่ม และไฮโดรเจนไอออนยังสามารถเกาะติดผิวคาร์บอนได้ ทำให้คาร์บอนมีสภาพเป็นกลาง (neutralized) เสมอและเนื่องจากคาร์บอนมีสภาพเป็นอนโพลาร์ค่อนข้างลบเล็กน้อย จึงทำให้โมเลกุลอนโพลาร์ของสารในน้ำมากเกาะที่ผิวคาร์บอนได้ดี

2.2 อุณหภูมิ อัตราเร็วของการดูดซับจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของอุณหภูมิ และลดลงตามการลดลงของอุณหภูมิแต่ขีดความสามารถในการดูดซับจะมีความลดลงในอุณหภูมิสูง และจะมีค่าเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาการดูดซับเป็นแบบ exothermic

2.3 จำนวนของคาร์บอนอะตอมของสารอินทรีย์ ถ้ามีคาร์บอนมากการดูดซับจะมากขึ้น

2.4 ขนาดและพื้นที่ผิว ขนาดของคาร์บอนมีอิทธิพลต่อการดูดซับในทางตรงกันข้าม กล่าวคือ อัตราการดูดซับเป็นสัดส่วนผกผันกับขนาดของคาร์บอน ดังนั้นคาร์บอนผงจึงมีอัตราเร็วในการดูดซับสูงกว่าคาร์บอนเกล็ด ส่วนพื้นที่ผิวของคาร์บอนนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรง

กับขีดความสามารถในการดูดติดผิว (adsorptive capacity) นั่นคือ คาร์บอนที่มีพื้นที่ผิวมากย่อมดูดโมเลกุลได้มากกว่าคาร์บอนที่มีพื้นที่น้อย หนึ่งเนื่องจากพื้นที่ผิวส่วนใหญ่ของคาร์บอนแบบผงและแบบเกล็ดจึงมีพื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักใกล้เคียงกัน ซึ่งหมายความว่ามีความสามารถในการดูดติดผิวใกล้เคียงกัน แต่อัตราเร็วต่างกัน

2.5 ขนาดของสารที่ถูกดูดติดบนผิวของคาร์บอน การดูดติดผิวจะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อสารที่ถูกดูดซับมีขนาดเล็กกว่าโพรงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะแรงระหว่างสารและคาร์บอนจะมีมากที่สุดถ้าสารที่ถูกดูดซับมีขนาดใหญ่กว่าจะไม่สามารถเข้าไปในรูพรุนได้ ทำให้การดูดซับต่ำลง (สุนันทา ตาดต่าย, 2543:13-15อ้างจากมันสิน, 2527)

3. สมดุลของการดูดซับ

สมดุลเกิดขึ้นเมื่อสารที่ถูกดูดซับ (adsorbate) เคลื่อนย้ายจากน้ำเข้ามายังตัวดูดซับ (adsorbent) จนกระทั่งความเข้มข้นของ adsorbate ในน้ำเท่ากับความเข้มข้นใน adsorbent โดยที่อุณหภูมิหนึ่งๆนั้นสามารถใช้ adsorption isotherm เป็นตัวแทนในการอธิบายสมดุลที่เกิดขึ้น (สุนันทา ตาดต่าย, 2543 : 15 อ้างจาก sandstorm, 2522)

4. adsorption isotherm

adsorption isotherm คือความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารที่ถูกดูดซับต่อหน่วยน้ำหนักของตัวดูดซับ และความเข้มข้นของสารที่เหลืออยู่ในน้ำ แล้วนำไปพล็อตบนกราฟแบบลอการิทึม โดยให้ความเข้มข้นของสารที่เหลืออยู่ในน้ำเป็นแกนนอน และปริมาณสารที่ถูกดูดซับไปต่อน้ำหนักของตัวดูดซับเป็นแกนตั้ง เส้นโค้งที่เกิดจากการลากผ่านจุดที่ได้จากการทดลองทั้งหมดเรียกว่า adsorption isotherm ซึ่งมีประโยชน์มากในการหาความสามารถในการดูดซับของสิ่งสกปรกในน้ำ และเพื่อเปรียบเทียบชนิดของตัวดูดซับที่ดีที่สุด

จาก isotherm test สามารถเลือกชนิดถ่านที่เหมาะสมได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้อาจยังไม่เพียงพอสำหรับการออกแบบ จะต้องมีการทดลองแบบต่อเนื่องในหลอดทดลอง เพื่อหาอายุการใช้งานของถ่านชนิดที่เลือกเอาไว้แล้วว่ามีอายุยาวนานเท่าไรจึงจะเสื่อมคุณภาพ(สุนันทา ตาดต่าย, 2543:15-16อ้างจาก เสริมพล,2518)

5. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

5.1 ความดันป้อน อัตราเร็วในการดูดซับอาจขึ้นอยู่กับ film diffusion หรือ pore diffusion ซึ่งแล้วแต่ความดันป้อนของระบบ ถ้าน้ำมีความดันป้อนต่ำ พิล์มน้ำซึ่งล้อมรอบตัวดูดซับ จะมีความหนามากและเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของตัวดูดซับเข้าไปหาตัวดูดซับ ดังนั้นการแพร่ผ่านชั้นฟิล์มเป็นปัจจัยกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ ในตรงกันข้ามถ้าความดันป้อนสูงจะเกิดฟิล์มบาง ทำให้โมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ผ่านฟิล์มน้ำเข้าหาตัวดูดซับได้รวดเร็วกว่าการเคลื่อนที่เข้าไปในรูพรุน ในการนี้การแพร่ผ่านรูพรุนจะเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วในการดูดซับ

5.2 ขนาดและพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ ความสามารถในการดูดซับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะ นั่นคือตัวดูดซับที่มีพื้นที่ผิวมากจะดูดโมเลกุลของตัวถูกดูดซับได้มากกว่าตัวดูดซับที่มีพื้นที่ผิวน้อย และอัตราการดูดซับเป็นอัตราส่วนผกผันกับขนาดตัวดูดซับ เช่นคาร์บอนผง (powder activated carbon, PAC) มีอัตราเร็วในการดูดซับสูงกว่าคาร์บอนแบบเกล็ด (granular activated carbon, GAC)

5.3 ขนาดและลักษณะของตัวถูกดูดซับ ขนาดของสารหรือโมเลกุลมีความสำคัญมากต่อการดูดซับ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นในโพรงของตัวดูดซับ เช่น คาร์บอน การดูดซับจะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อสารมีขนาดเล็กกว่าช่องว่างภายในพอดิ (พอดิเข้าไปในช่องว่างได้) ทั้งนี้เพราะว่าแรงดึงดูดระหว่างตัวถูกดูดซับและตัวดูดซับจะมีความมากที่สุด โมเลกุลขนาดเล็กจะถูกดูดเข้าไปในช่องว่างภายในก่อน จากนั้นโมเลกุลขนาดใหญ่กว่าจึงถูกดูดเข้าไปบ้าง อาจกล่าวได้ว่าความสามารถในการดูดซับจะแปรผกผันกับขนาดโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ นั่นคือเมื่อน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับจะลดลง

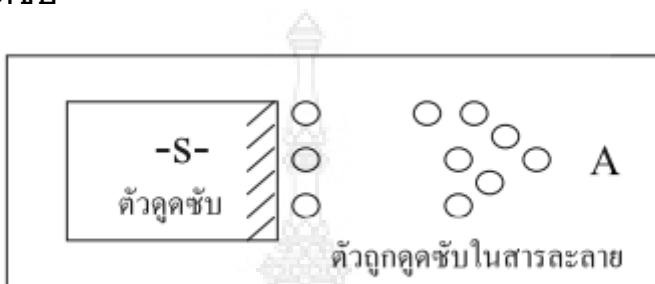
5.4 ความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกดูดซับ ความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลายเป็นปัจจัยสำคัญในการดูดซับ การดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลายในตัวทำละลายลดลง เนื่องจากในการดูดซับตัวถูกละลายจะต้องถูกแยกออกจากตัวทำละลาย ในที่นี้คือ น้ำ ดังนั้นสารที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อยจะสามารถถูกดูดซับได้ดี

5.5 พีเอช มีอิทธิพลต่อการแตกตัวเป็นไอออนและการละลายน้ำของสารต่างๆ ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อ การดูดซับด้วย นอกจากนี้ไฮโดรเจนไอออนเองก็เป็นไอออนที่สามารถเกาะติดผิวของตัวดูดซับได้ดี

5.6 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่ออัตราเร็วและขีดความสามารถในการดูดซับ กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทำให้การแพร่ผ่านของสารที่ถูกดูดซับลงไปยังรูพรุนของตัวดูดซับได้เร็วขึ้น แต่จะส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับกับพื้นที่ผิวของตัวดูดซับลดลง

5.7 เวลาสัมผัส เป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดติดผิว และอายุการใช้งานของตัวดูดซับ โดยที่เวลาสัมผัสมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการดูดซับเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น ซึ่งถ้าเวลาสัมผัสเลยจากช่วงนี้แล้วก็จะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดติดผิวเลย

6. สมดุลการดูดซับ



ภาพผนวกที่ ค1 การเคลื่อนย้ายโมเลกุลตัวถูกดูดซับไปยังตัวดูดซับ
ที่มา : นิพนธ์ และคณิตา (2550)

เมื่อเติมตัวดูดซับปริมาณหนึ่งลงไป ในสารละลายที่มีโมเลกุลตัวถูกดูดซับเข้มข้นตอนต้น C_0 ในช่วงเริ่มต้นโมเลกุลตัวถูกดูดซับบางส่วนไปเกาะติดกับพื้นผิวตัวดูดซับเมื่อระยะเวลาผ่านไปจะมีจำนวนโมเลกุลตัวถูกดูดซับไปเกาะติดกับพื้นผิวตัวดูดซับเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันโมเลกุลตัวถูกดูดซับบางส่วนที่เกาะติดกับพื้นผิวจะคายซับออกมา พบว่าอัตราการคายซับจะเกิดน้อยกว่าอัตราการดูดซับ เมื่อปล่อยให้กระบวนการดูดซับดำเนินไปจนกระทั่งอัตราการดูดซับเท่ากับอัตราการคายซับ ระบบเข้าสู่สมดุล ณ สภาวะสมดุลของการดูดซับ จะได้ว่าจำนวนโมเลกุลของตัวถูกดูดซับและจำนวนโมเลกุลตัวถูกดูดซับที่คายซับออกมามีปริมาณคงที่

ปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นผิวของดูดซับ = ปริมาณตัวถูกดูดซับที่หลุดออกมาจากตัวดูดซับ

$$qW = V(C_0 - C) \text{ ----- (4)}$$

- เมื่อ q = เป็นปริมาณตัวถูกดูดซับที่ถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับต่อมวลตัวดูดซับ (เป็นหน่วยปริมาณตัวถูกดูดซับต่อมวลตัวถูกดูดซับ เช่น mol/kg, mol/g และ mg/kg)
- W = เป็นมวลของตัวดูดซับที่ใช้ (หน่วยเป็นน้ำหนัก เช่น kg)

V = เป็นปริมาณของสารละลายที่มีตัวถูกละลายอยู่ (หน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตรหรือลิตร)

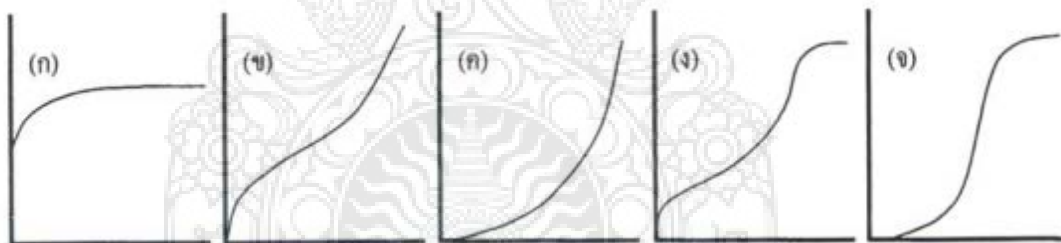
C_0 = เป็นความเข้มข้นของตัวถูกละลายก่อนการดูดซับที่อยู่ในสารละลาย (เป็นหน่วยความเข้มข้นเช่น mol/l)

C = เป็นความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่เหลืออยู่ในสารละลาย (หน่วยเป็น ความเข้มข้น เช่น mol/l)

7. ไอโซเทอรั่มของการดูดซับ

ไอโซเทอรั่มของการดูดซับ เป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตัวดูดซับบนพื้นผิวตัวดูดซับต่อปริมาณตัวดูดซับ (q) กับความเข้มข้นของตัวดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลาย (C) ที่สภาวะสมดุล ณ อุณหภูมิคงที่

รูปภาพที่พล็อตระหว่างค่า q ในแกนตั้งและค่า C ในแกนนอนจะให้รูปแบบพื้นฐานของ ไอโซเทอรั่มของการดูดซับ 5 แบบ ดังภาพที่ 4



ภาพผนวกที่ ค2 ไอโซเทอรั่มของการดูดซับแบบพื้นฐาน

ที่มา : Maron and Prutton(1961)

จากภาพที่ 6.2รูป (ก) จัดเป็นไอโซเทอรั่มของการดูดซับที่เกิดขึ้นเป็นแบบชั้นเดียว ส่วนรูป (ข) ถึง (จ) เป็นไอโซเทอรั่มของการดูดซับเป็นแบบหลายชั้น

สมการไอโซเทอรั่มของการดูดซับจะอาศัยแบบจำลองการดูดซับทางคณิตศาสตร์ในที่นี่ จะกล่าวถึง 2 สมการที่นิยมใช้กัน ดังนี้

7.1 สมการการดูดซับของฟรุนดิช (Freundlich adsorption isotherm) คือไอโซเทอร์มของการดูดซับภายใต้สมมติฐานที่ว่าพื้นผิวของตัวดูดซับเป็นแบบวิวิธพันธ์ (heterogeneous adsorption surface พื้นผิวไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด) มีรูปแบบของสมการเป็นดังนี้

$$q = KC^{1/n} \text{-----(5)}$$

K และ n เป็นค่าคงที่ของฟรุนดิช (Freundlich constant) ของแต่ละระบบที่กำลังศึกษาหรือทดลอง และ n ใช้อธิบายลักษณะเส้นกราฟไอโซเทอร์มของการดูดซับ โดยทั่วไป n จะมีค่ามากกว่าหนึ่ง

เมื่อจัดรูปสมการที่ (5) ให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรง โดยใส่ลอการิทึมทั้งสองข้างของสมการจะได้

$$\text{Log } q = \text{log } K + \frac{1}{n} \text{log } C \text{----- (6)}$$

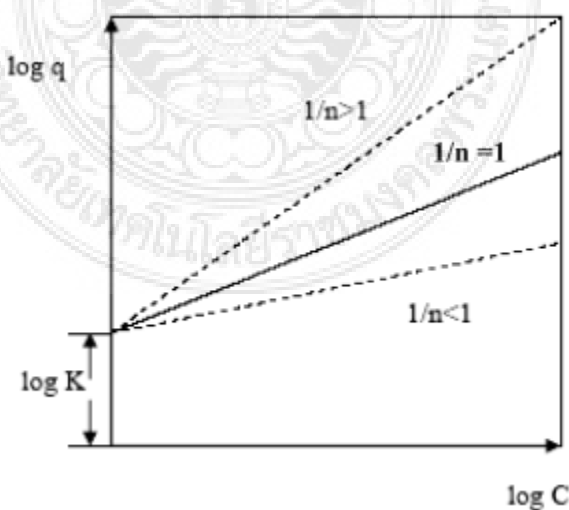
เมื่อ q = ปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นที่ผิวตัวดูดซับต่อปริมาณของตัวดูดซับ (ความสามารถการดูดซับ) (mg/g)

K = ค่าคงที่การดูดซับ

$\frac{1}{n}$ = ความชันของกราฟ

C = ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล (mg/l)

เมื่อพล็อตกราฟระหว่าง $\text{log } q$ กับ $\text{log } C$ จะได้กราฟเส้นตรงที่มีความชันเท่ากับ $\frac{1}{n}$ และมีจุดตัดเท่ากับ $\text{log } K$



ภาพผนวกที่ ค3 กราฟความชันระหว่าง $\text{log } q$ และ $\text{log } C$
ที่มา : นิพนธ์ และคณิตา (2550)

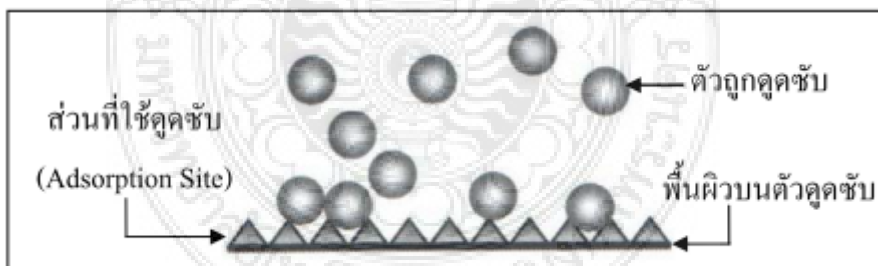
ถ้า $\frac{1}{n} = 1$ ไอโซเทอรัมของการดูดซับเป็นแบบเส้นตรง

ถ้า $\frac{1}{n} = 1$ บอกถึงความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับจะต่ำในทุกค่าของความเข้มข้น C หรือกล่าวว่ามีปริมาณพื้นผิวบนตัวดูดซับในปริมาณจำกัดในการดูดซับ

ถ้า $\frac{1}{n} = 1$ บอกถึงความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับจะดูดซับได้มาก หรือกล่าวว่ามีบริเวณพื้นที่ผิวของตัวดูดซับมีปริมาณมากในการดูดซับ

เมื่อพล็อตกราฟระหว่างค่า q และ C จากสมการที่ (5) จะไม่สามารถบอกถึงปริมาณของตัวถูกดูดซับถูกดูดซับได้มากที่สุด (adsorption maxima) เนื่องจากตัวถูกดูดซับสามารถจะเกิดการซ้อนทับกันได้

7.2 สมการการดูดซับของแลงเมียร์(Langmuir adsorption isotherm) ได้มีข้อกำหนดว่าพื้นผิวบนตัวดูดซับเป็นแบบเดียวกันหมด (monogeneous adsorption surface) มีกลไกของการดูดซับเหมือนกัน การดูดซับของตัวถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับเป็นแบบชั้นเดียวตัวถูกดูดซับจะจัดเรียงตัวเพียงชั้นเดียวบนพื้นผิวตัวดูดซับ (ดังภาพที่ 7) โดยที่โมเลกุลตัวถูกดูดซับไม่เกิดการซ้อนทับกับ พื้นผิวบนตัวดูดซับจะมีจำนวนจำกัดและเมื่อตัวถูกดูดซับถูกดูดซับไว้แล้วจะไม่มีการเคลื่อนที่ (เคลื่อนย้าย) หรือเปลี่ยนตำแหน่งกันกับตัวถูกดูดซับอื่นบนพื้นผิวตัวดูดซับ พื้นผิวตัวดูดซับจะถูกปกคลุมด้วยตัวถูกดูดซับมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้นจนมีตัวถูกดูดซับถูกดูดซับจนอิ่มตัว (ถูกดูดซับได้มากที่สุด)

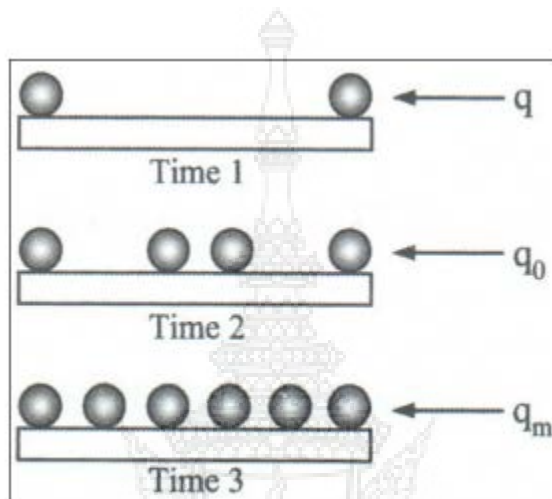


ภาพผนวกที่ ค4 แบบจำลองพื้นผิวตัวดูดซับของสมการแลงเมียร์
ที่มา : นิพนธ์ และคณิตา (2550)

จากความรู้เรื่องสมดุลการดูดซับ (2.6) ถือว่าการดูดซับได้มากที่สุดเท่ากับหนึ่งรูปแบบของสมการแลงเมียร์

รูปแบบสมการของแลงเมียร์จะใช้

$$q = \frac{q_m KC}{1+KC} \text{----- (7)}$$



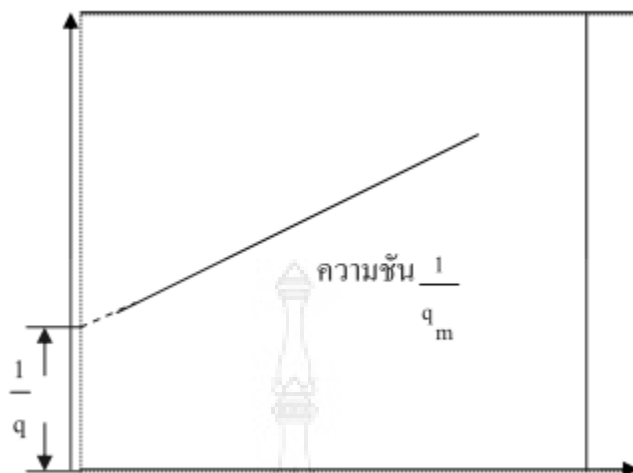
ภาพผนวกที่ ค5 การดูดซับของแลงเมียร์เมื่อตัวดูดซับถูกดูดซับจนอิ่มตัว
ที่มา : นิพนธ์ และคณิตา (2550)

เมื่อจัดรูปสมการที่ (7) ให้อยู่ในรูปสมการเส้นตรงจะได้

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{Kq_m C} \text{----- (8)}$$

- เมื่อ $q =$ ปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นที่ผิวตัวดูดซับต่อปริมาณตัวดูดซับ
(ความสามารถการดูดซับ) (mg/g)
- $q =$ ความสามารถสูงสุดในการดูดซับ (mg/g)
- $K =$ ค่าคงที่การดูดซับ
- $C =$ ความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล (mg/l)

พล็อตกราฟระหว่าง $\frac{1}{q}$ และ $\frac{1}{C}$ จะได้กราฟเส้นตรงมีค่าความชันเท่ากับ $\frac{1}{Kq_m}$ และจุดตัดเท่ากับ $\frac{1}{q_m}$



ภาพผนวกที่ ค6 กราฟแสดงความชันระหว่าง $\frac{1}{q}$ และ $\frac{1}{c}$
ที่มา : นิพนธ์ และคณิตา (2550)

8. สารที่มีความสามารถในการดูดซับ อาจแบ่งได้ 5 ประเภท

8.1 ประเภทสารอินทรีย์ เช่น ดินเหนียวชนิดต่างๆ แมกนีเซียมออกไซด์ และแอกติเวเตดซีลีคา (zeolite) สารธรรมชาติมักมีพื้นที่ผิวประมาณ 50 – 200 ตารางเมตร/กรัม แต่สารสังเคราะห์อาจมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงมาก อย่างไรก็ตามมีข้อเสีย คือ จับโมเลกุลหรือคอลลอยด์ได้เพียงไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์จากตัวดูดซับประเภทสารอินทรีย์มีขีดจำกัดมาก

8.2 ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 500 – 1,400 ตารางเมตร/กรัม เป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพและมีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางในด้านต่างๆ เช่น ฟอกสี ใช้ในการดูดซับกลิ่นและรส ใช้ในการดูดซับตะกอนในโรงงานเบียร์ เป็นต้น

8.3 ประเภทสารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารแลกเปลี่ยนไอออน (resin) ชนิดพิเศษที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อดูดซับสารอินทรีย์ต่างๆ สารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300 – 500 ตารางเมตรต่อกรัม

8.4 วัสดุชีวภาพ (biomaterials) ส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ชี้อ้อยไคโตซาน (chitosan) กาแฟที่ใช้แล้ว ชา และชาเขียวที่ใช้แล้ว ฟางข้าว (rice straw) เปลือกไม้ (bark) ถั่วแกลบดำ เป็นต้น

8.5 สารดูดซับชีวภาพ (biosorbent) ได้แก่ เซลล์จุลินทรีย์ เช่น เซลล์ของแบคทีเรีย ยีสต์ หรือราสายพันธุ์ต่างๆ และสาหร่าย (สรัญญา ธนสัมฤทธิ์, 2551:13-25)

9. การประเมินและเลือกใช้ชนิดของถ่าน

การใช้ถ่านแอกติเวตเต็ดคาร์บอน เพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด จะต้องมีการคัดเลือก แอกติเวตเต็ดคาร์บอนที่เหมาะสมและรูปแบบของกาดำเนินงานโดยทำการทดลองวิเคราะห์ คุณสมบัติของถ่าน คุณลักษณะทางด้านฟิสิกส์และเคมีของน้ำเสีย คุณภาพของน้ำทิ้งที่ต้องการ วิธีการบำบัดตลอดจนความสะดวกในการควบคุมระบบ เป็นต้น

ลักษณะของถ่านที่เป็นตัวกำหนดในการใช้งาน ได้แก่

1. พื้นที่ผิว เป็นตัวกำหนดความสามารถในการดูดซับถ่านที่มีพื้นที่ผิวมากมีความสามารถในการดูดซับมาก
2. ความหนาแน่นปรากฏ (apparent density) เป็นตัวกำหนดความสามารถในการปรับคืนสภาพของถ่าน
3. ความหนาแน่นก้อน (bulk density) เป็นตัวกำหนดปริมาณของถ่านในการใช้งาน
4. ขนาดใช้งาน (effective size) เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (mean particle diameter) และสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (uniformity coefficient) ใช้ในการกำหนดภาวะทางชลศาสตร์ (hydraulic load) ของหลอดทดลอง (adsorber column)
5. ปริมาตรความพรุน (pore volume) เป็นตัวกำหนดการดูดติดโมเลกุลของน้ำเสีย
6. การหาขนาดของถ่านผ่านชั้นตะแกรง (sieve analysis) ใช้เป็นตัวตรวจสอบขนาดของถ่านที่นำมาใช้งาน
7. ค่าการดักกรอง (abrasion number) ใช้ในการประเมินความคงทนต่อการขัดสี
8. ปริมาณร้อยละของเถ้า (ash percent) แสดงถึงกากของ activated carbon ว่ามากน้อยเพียงใด
9. ความชื้น (moisture) แสดงปริมาณของน้ำในถ่านที่ได้จากการผลิต และจะนำไปใช้งานต่อไป
10. ไอโอดีน นัมเบอร์ (iodine number) เป็นตัวกำหนดความสามารถของถ่านในการดูดซับสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ
11. molasses number เป็นตัวกำหนดความสามารถของถ่านในการดูดซับสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง
12. ขนาดของรูพรุน (pore size) เป็นการกำหนดความสามารถในการดูดติดโมเลกุลจำเพาะบางชนิด

10. การฟื้นฟูสภาพคาร์บอนที่เสื่อมสภาพแล้ว (carbon regeneration)

คาร์บอนแบบเกล็ดที่ใช้แล้ว สามารถนำไปฟื้นฟูสภาพเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ซึ่งในทุกครั้งที่มีการฟื้นฟูสภาพจะต้องมีการเติมคาร์บอนใหม่จำนวนหนึ่ง เพื่อทดแทนคาร์บอนที่กลายเป็นผลไปในช่วงการฟื้นฟูสภาพ โดยการสูญเสียคาร์บอนไม่ควรเกินร้อยละ 5 ของคาร์บอนทั้งหมด การฟื้นฟูสภาพมักใช้การเผาในเตาที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 800 - 950 องศาเซลเซียส ซึ่งควบคุมปริมาณออกซิเจนและความชื้นได้ (สุนันทา ตาดต่าย, 2543:19-21อ้างจาก มั่นสิน,2527)



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - นามสกุล นางสาวยุพาพิน ดอนปัญญา

วัน เดือน ปีเกิด 24 เมษายน 2534

ภูมิลำเนา อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

- | | | |
|------|-------------------|---|
| 2545 | ประถมศึกษา | โรงเรียนอนุบาลนนทบุรี
จังหวัดนนทบุรี |
| 2548 | มัธยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) นนทบุรี
จังหวัดนนทบุรี |
| 2551 | มัธยมศึกษาตอนปลาย | โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) นนทบุรี
จังหวัดนนทบุรี |
| 2555 | ปริญญาตรี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
จังหวัดกรุงเทพมหานคร |

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - นามสกุล นางสาวฐิติมา บัวหอม

วัน เดือน ปีเกิด 19 มิถุนายน 2534

ภูมิลำเนา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

- | | | |
|------|-------------------|--|
| 2545 | ประถมศึกษา | โรงเรียนวัดทองสุทธาราม
จังหวัดกรุงเทพมหานคร |
| 2548 | มัธยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนโยธินบูรณะ 2 (สุวรรณสุทธารามวิทยา)
จังหวัดกรุงเทพมหานคร |
| 2551 | มัธยมศึกษาตอนปลาย | โรงเรียนโยธินบูรณะ 2 (สุวรรณสุทธารามวิทยา)
จังหวัดกรุงเทพมหานคร |
| 2555 | ปริญญาตรี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
จังหวัดกรุงเทพมหานคร |

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - นามสกุล นางสาวจุฑาทิพย์ ยงพฤกษา

วัน เดือน ปีเกิด 17 กรกฎาคม 2533

ภูมิลำเนา อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

- | | | |
|------|-------------------|--|
| 2545 | ประถมศึกษา | โรงเรียนวัดสร้อยทอง
จังหวัดกรุงเทพมหานคร |
| 2548 | มัธยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนโยธินบูรณะ 2 (สุวรรณสุทธารามวิทยา)
จังหวัดกรุงเทพมหานคร |
| 2551 | มัธยมศึกษาตอนปลาย | โรงเรียนโยธินบูรณะ 2 (สุวรรณสุทธารามวิทยา)
จังหวัดกรุงเทพมหานคร |
| 2555 | ปริญญาตรี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
จังหวัดกรุงเทพมหานคร |