



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

### โครงการวิจัยเรื่อง

การกำจัดสีน้ำเชื่อมโดยใช้เถ้าหนักขานอ้อย

Decolorization of Sugar Syrup by using Bagasse bottom ash

คณะผู้วิจัย

รศ. ดร. ไพฑิพย์ ชีรเวชญาณ

นางสาวสิริกัญจน์ นุ่นปุย

นางประไพ ชูรกิจ

คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ

คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน

สนับสนุนทุนวิจัยโดย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

### โครงการวิจัยเรื่อง

การกำจัดสีน้ำเชื่อมโดยใช้เถ้าหนักขานอ้อย

Decolorization of Sugar Syrup by using Bagasse bottom ash

คณะผู้วิจัย

รศ. ดร. ไพทิพย์ ชีรเวชญาณ

นางสาวสิริกาญจน์ นุ่นปุย

นางประไพ ชูรกิจ

คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

สถาบันพัฒนาและฝึกอบรม โรงงานต้นแบบ

คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน

สนับสนุนทุนวิจัยโดย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553

### Abstract

Decolorization of sugar syrup by using bagasse bottom ash (BBA) was studied in packed bed column system. Bagasse fly ash (generated as waste material from sugar mill), was used as an adsorbent for decolorization of sugar syrup. Proximate analyses of BBA were 16% volatile matter, 65% fixed carbon and 18% ash. Total surface area (BET) and average pore diameter of BBA were  $256 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$  and  $32.43 \text{ \AA}$ , respectively.

The preliminary study was found that BBA had the decolorization efficiency similar to BBA treated with  $0.1 \text{ M H}_2\text{SO}_4$  and  $0.1 \text{ M NaOH}$ . The contact time and adsorbent dosage of BBA were 1 hour and 10% (w/v), respectively. The mechanism of decolorization of color from sugar syrup by BBA was confirmed by using the adsorption isotherm of synthetic melanoidin as a model of sugar colorants. The mechanism was both physical and chemical adsorption. The IR spectra of BBA before and after decolorization of sugar syrup were found the new peak of sugar syrup. Sugar syrup and syrup color eluted from color-adsorbed on BBA activated carbon were analysed by FTIR, the results were similar to synthetic melanoidin colorants.

BBA had a decolorization efficiency of sugar syrup of 73% (color in sugar syrup left 272 ICUMSA), similar to resin had decolorization efficiency of 78% (color in sugar syrup left 223 ICUMSA) which was higher than decolorization efficiency of commercial activated carbon (AC), corncob char, chitin, and modified chitin, while BBA activated carbons at various conditions had a highest decolorization efficiency about 93-96% (color in sugar syrup left 67-47 ICUMSA). The desorption study found that the sugar color-adsorbed on BBA was able to desorb either by with distilled water (13%) or  $0.5 \text{ M NaOH}$  (84%), while syrup color-adsorbed on BBA activated carbons were desorbed with 80% methanol higher than distilled water and  $0.5 \text{ M NaOH}$ .

To decolorize sugar syrup  $1 \text{ m}^3$  by using BBA 50 kg, or resin 12.5 kg, or BBA activated carbon 0.77 kg. It indicated that BBA activated carbon can be decreased a dosage to 65 times when compared with BBA.

**Keywords:** Decolorization / Bagasse Bottom Ash / Melanoidin / Sugar Syrup / ICUMSA

## บทคัดย่อ

การกำจัดสีในน้ำเชื่อมในแพคเบคคอลลัมน์นี้ จะใช้ถ้ำลอยซานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากเตาเผาของโรงงานผลิตน้ำตาล จากการศึกษาองค์ประกอบของถ้ำลอยซานอ้อย พบว่ามีองค์ประกอบหลักดังนี้ คือ สารที่ระเหยได้ร้อยละ 16 ปริมาณคาร์บอนร้อยละ 65 และถ้ำร้อยละ 18 เมื่อวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ พบว่าถ้ำลอยซานอ้อยมีพื้นที่ผิวทั้งหมด (BET) เท่ากับ 256 ตารางเมตรต่อกรัม และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนเท่ากับ 32.42 อังสตรอม

จากการศึกษาวิธีการปรับสภาพถ้ำลอยซานอ้อยด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกและสารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นมาตรฐาน 0.1 นอร์มัล พบว่าถ้ำลอยซานอ้อยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำเชื่อมไม่แตกต่างจากถ้ำลอยซานอ้อยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ จึงใช้ถ้ำลอยซานอ้อยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพเป็นตัวดูดซับสีน้ำเชื่อมของการทดลองทั้งหมด การศึกษาเวลาและปริมาณที่เหมาะสมในการกำจัดสีโดยใช้ถ้ำลอยซานอ้อย พบว่าการกำจัดสีในน้ำเชื่อมเสถียรที่เวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง และปริมาณถ้ำลอยซานอ้อยต่อปริมาณน้ำเชื่อมเท่ากับร้อยละ 10 เมื่อศึกษาไอโซเทอมการดูดซับสี่สังเคราะห์เมลานอยดิน (ซึ่งใช้เป็นตัวแทนสีของน้ำเชื่อม) พบว่ากลไกการดูดซับสี่สังเคราะห์เมลานอยดินเป็นกลไกรวมทั้งกายภาพและเคมี การศึกษาหมู่ฟังก์ชันของสีที่ถูกดูดซับด้วยถ้ำลอยซานอ้อยโดยใช้เครื่อง FTIR พบว่ามีลักษณะคล้ายคลึงกัน และหมู่ฟังก์ชันของถ้ำลอยซานอ้อยก่อนและหลังดูดซับสีน้ำเชื่อมพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ปรากฏพีคของสีน้ำเชื่อมหลังการดูดซับ

ประสิทธิภาพการกำจัดสีโดยใช้ถ้ำลอยซานอ้อยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพเท่ากับร้อยละ 73 (ค่าสีที่เหลือในหน่วย ICUMSA เท่ากับ 272) ขณะที่เรซินมีประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเชื่อมเท่ากับร้อยละ 78 (ค่าสีที่เหลือในหน่วย ICUMSA เท่ากับ 223) ซึ่งมากกว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีด้วยถ่านกัมมันต์ ถ่านซังข้าวโพด ไคตินและไคตินดัดแปลง แต่ถ่านกัมมันต์จากถ้ำลอยซานอ้อยที่ผ่านการกระตุ้นที่สภาวะต่าง ๆ มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีในน้ำเชื่อมสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 93-96 (ค่าสีที่เหลือในหน่วย ICUMSA เท่ากับ 67-47) การศึกษาการคายการดูดซับสีน้ำเชื่อมของถ้ำลอยซานอ้อยพบว่า สีที่ถูกดูดซับสามารถคายการดูดซับด้วยน้ำ และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นมาตรฐาน 0.5 นอร์มัล เท่ากับร้อยละ 13 และ 84 ตามลำดับ ขณะที่ถ่านกัมมันต์จากถ้ำลอยซานอ้อยที่ผ่านการกระตุ้นสามารถคายการดูดซับสีน้ำเชื่อมด้วยสารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ได้มากกว่าน้ำกลั่นและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นมาตรฐาน 0.5 นอร์มัล

การนำถ้ำลอยซานอ้อยที่ดูดซับสีแล้วกลับมาใช้ใหม่ พบว่าหลังการแยกจะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก 2 รอบ คิดเป็นอัตราส่วนของถ้ำลอยซานอ้อยต่อน้ำเชื่อมเท่ากับ 50 กิโลกรัมต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร ส่วนเรซิน

สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ 4 รอบ คิดเป็นอัตราส่วนของเถ้าลอยชานอ้อยค่อน้ำเชื่อมเท่ากับ 12.5 กิโลกรัมต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร และถ่านกัมมันต์จากเถ้าลอยชานอ้อยที่ผ่านการกระตุ้นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้มากกว่า 13 ครั้ง คิดเป็นอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์จากเถ้าลอยชานอ้อยที่ผ่านการกระตุ้นค่อน้ำเชื่อมเท่ากับ 0.77 กิโลกรัมต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะช่วยลดปริมาณถ่านกัมมันต์จากเถ้าลอยชานอ้อยที่ผ่านการกระตุ้นลงถึง 65 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับเถ้าลอยชานอ้อย

คำสำคัญ: การกำจัดดี / เถ้าลอยชานอ้อย / เมลานอยคิน / น้ำเชื่อม / ICUMSA

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
สารบัญเรื่อง	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฅ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎี</b>	<b>3</b>
2.1 อ้อย (Sugarcane)	3
2.2 กระบวนการผลิตน้ำตาลอ้อย	5
2.3 สารให้สีในน้ำตาลอ้อย	9
2.4 Quantifying colorant	11
2.5 สารที่ใช้ในการกำจัดสีจากน้ำตาล (Decolorizing agents)	12
2.6 การดูดซับ (Adsorption)	13
2.7 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	23
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย</b>	<b>25</b>
3.1 การเตรียมสีสังเคราะห์จากสารละลายเมลานอยดิน (melanoidin)	25
3.2 สร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายเมลานอยดิน (melanoidin)	25
3.3 การแยกสารสีออกจากน้ำเชื่อม	26
3.4 การเตรียมถ่านหนักขานอ้อย (bagasse bottom ash)	26
3.5 การเตรียมถ่านกัมมันต์ถ่านหนักขานอ้อย (bagasse bottom ash activated carbon)	26
3.6 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของถ่านหนักขานอ้อยและถ่านกัมมันต์ถ่านหนักขานอ้อย	27

สารบัญ	หน้า
3.7 การเตรียมคอลัมน์	28
3.8 ศึกษาการปรับสภาพของแผ่นนักชานอ้อย	28
3.9 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดสีน้ำเชื่อม โดยแผ่นนักชานอ้อย	28
3.10 ศึกษาปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมในการกำจัดสีน้ำเชื่อม โดยแผ่นนักชานอ้อย	28
3.11 ไอโซเทอม และเทอร์โมไดนามิกของการดูดซับสีน้ำเชื่อม โดยแผ่นนักชานอ้อย	29
3.12 ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้ำเชื่อม โดยตัวดูดซับชนิดต่างๆ ในระบบคอลัมน์	29
3.13 ศึกษาการคายการดูดซับ	29
3.14 ศึกษาประสิทธิภาพความจุสูงสุดในการดูดซับสีน้ำเชื่อม (Breakthrough studies) โดยตัวดูดซับชนิดต่างๆ ในระบบคอลัมน์	30
3.15 ศึกษาจำนวนรอบในการนำแผ่นนักชานอ้อยกลับมาใช้ในระบบคอลัมน์ โดยเปรียบเทียบกับตัวดูดซับชนิดอื่นๆ คือ เรซิน แผ่นนักชานอ้อย และถ่านกัมมันต์แผ่นนักชานอ้อย	30
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง</b>	<b>31</b>
4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของแผ่นนักชานอ้อยและถ่านกัมมันต์แผ่นนักชานอ้อย	31
4.2 ศึกษาการปรับสภาพของแผ่นนักชานอ้อย	31
4.3 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดสีน้ำเชื่อม โดยแผ่นนักชานอ้อย	33
4.4 ศึกษาปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมในการกำจัดสีน้ำเชื่อม โดยแผ่นนักชานอ้อย	34
4.5 ไอโซเทอม และเทอร์โมไดนามิกของการดูดซับสีน้ำเชื่อม โดยแผ่นนักชานอ้อย	35
4.6 ศึกษาหมู่ฟังก์ชันของแผ่นนักชานอ้อยก่อนและหลังการดูดซับน้ำเชื่อมและเมทานอลอิน	38
4.7 ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีน้ำเชื่อม โดยตัวดูดซับชนิดต่างๆ ในระบบคอลัมน์	41
4.8 ศึกษาประสิทธิภาพความจุสูงสุดในการดูดซับสีน้ำเชื่อม (Breakthrough studies) โดยตัวดูดซับชนิดต่างๆ ในระบบคอลัมน์	49
4.9 ศึกษาจำนวนรอบในการนำ เรซิน แผ่นนักชานอ้อย และถ่านกัมมันต์แผ่นนักชานอ้อยกลับมาใช้ในระบบคอลัมน์	51
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ</b>	<b>53</b>
5.1 สรุปผลการทดลอง	53
5.2 ข้อเสนอแนะ	53
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>54</b>

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	9
2.2	19
4.1	31
4.2	32
4.3	36
4.4	37
4.5	40
4.6	41
4.7	45
4.8	47
4.9	49

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 (ก) และ (ข) แสดงลักษณะของต้นอ้อย	3
2.2 แสดงกระบวนการผลิตน้ำตาล	7
2.3 ขั้นตอนการผลิตน้ำตาลดิบ	7
2.4 แสดงการผลิตน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์	8
2.5 Maillard reactions	11
2.6 กลไกการคูดซับ	14
2.7 ลักษณะกราฟเส้นโค้งตามสมการของแลงเมอร์	19
2.8 ลักษณะกราฟเส้นตรงตามสมการของแลงเมอร์	19
2.9 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการคูดซับของตัวคูดซับสองชนิด โดยพิจารณาจากรูปแบบไอโซเทอมการคูดซับของแลงเมอร์	20
2.10 ลักษณะกราฟไอโซเทอมการคูดซับของฟรุคตลิคซ์	22
2.11 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของตัวคูดซับต่าง ๆ โดยพิจารณาจากรูปแบบไอโซเทอมการคูดซับของฟรุคตลิคซ์	23
3.1 การเตรียมสีสังเคราะห์จากสารละลายเมลานอยดิน (melanoidin)	25
3.2 ขั้นตอนการศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของถ้ำหนักขานอ้อย และถ้ำหนักขานอ้อย	27
4.1 การกระจายตัวของรูพรุนขนาดกลางของถ้ำหนักขานอ้อย ถ้ำหนักขานอ้อยที่ปรับสภาพด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกและปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์	33
4.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อมโดยถ้ำหนักขานอ้อย เรซิน และถ้ำหนักขานอ้อยทางการค้า น้ำหนักร้อยละ 10 ที่ระยะเวลาของระบบที่แตกต่างกัน	34
4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบการกำจัดสีน้ำเชื่อมโดยถ้ำหนักขานอ้อย เรซิน และถ้ำหนักขานอ้อยทางการค้า น้ำหนักร้อยละ 10 ที่ระยะเวลาของระบบที่แตกต่างกัน	34
4.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำเชื่อมโดยถ้ำหนักขานอ้อย เรซิน และถ้ำหนักขานอ้อยทางการค้าที่ปริมาณตัวคูดซับที่แตกต่างกัน	35

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบการกำจัดน้ำเชื่อม โดยเจ้าหน้าที่ ชานอ้อย เรซิน และถ่านกัมมันต์ทางการค้าที่ปริมาณตัวดูดซับที่แตกต่างกัน	35
4.6 แลงเมอร์ไอโซโทมของการดูดซับสีเมลานอยดินสังเคราะห์โดยเจ้าหน้าที่ชานอ้อยที่ อุณหภูมิ 10, 30 และ 60 องศาเซลเซียส	36
4.7 ฟรอนคลิซไอโซโทมแบบเส้นตรงของการดูดซับสีเมลานอยดินสังเคราะห์โดยเจ้า พนักงานอ้อยที่อุณหภูมิแตกต่างกัน	37
4.8 สเปกตรัมอินฟราเรดของเจ้าหน้าที่ชานอ้อยก่อนและหลังดูดซับสีจากน้ำเชื่อม	38
4.9 สเปกตรัมอินฟราเรดของน้ำเชื่อม เจ้าหน้าที่ชานอ้อยหลังดูดซับสีจากน้ำเชื่อมและสี เมลานอยดินสังเคราะห์	39
4.10 ลักษณะของน้ำเชื่อมก่อน (ก) และหลังกำจัดสีด้วยถ่านซังข้าวโพด (ข), ถ่านกัมมันต์ ทางการค้า (ค), ไคตินปรับสภาพ (ง), ไคติน (จ), เจ้าหน้าที่ชานอ้อย (ฉ) และ เรซิน (ช) ในอัตราส่วนตัวดูดซับน้ำหนักร้อยละ 10	42
4.11 การกระจายตัวของรูพรุนของเจ้าหน้าที่ชานอ้อย ถ่านกัมมันต์ทางการค้า และถ่านซัง ข้าวโพด	42
4.12 ลักษณะของน้ำเชื่อมก่อน (ก) และหลังกำจัดสีด้วยถ่านกัมมันต์ทางการค้า (ข), เจ้า พนักงานอ้อย (ค), BBA450-CO <sub>2</sub> 800-60 (ง), BBA450-Steam800-60 (จ)	44
4.13 การกระจายตัวของรูพรุนของถ่านกัมมันต์ทางการค้า เจ้าหน้าที่ชานอ้อย และถ่านกัม มันต์เจ้าหน้าที่ชานอ้อย (สภาวะที่ 1)	45
4.14 ลักษณะของน้ำเชื่อมก่อนและหลังกำจัดสีด้วยถ่านกัมมันต์เจ้าหน้าที่ชานอ้อย (สภาวะที่ 2)	46
4.15 การกระจายตัวของรูพรุนของถ่านกัมมันต์ทางการค้า เจ้าหน้าที่ชานอ้อย และถ่านกัม มันต์เจ้าหน้าที่ชานอ้อย (สภาวะที่ 2)	48
4.16 ประสิทธิภาพความจุสูงสุดของเรซินในการกำจัดสีน้ำเชื่อม	50
4.17 ประสิทธิภาพความจุสูงสุดของเจ้าหน้าที่ชานอ้อยในการกำจัดสีน้ำเชื่อม	50
4.18 ประสิทธิภาพความจุสูงสุดของถ่านกัมมันต์เจ้าหน้าที่ชานอ้อย (BBA450-Steam-800- 60) ในการกำจัดสีน้ำเชื่อม	51
4.19 จำนวนรอบในการนำเจ้าหน้าที่ชานอ้อยและเรซินกลับมาใช้ในระบบคอลัมน์เพื่อ กำจัดสีน้ำเชื่อม	52

4.20 จำนวนรอบในการนำถ้ำหนักงานอ้อยและถ้ำหนักมันต์ถ้ำหนักงานอ้อย  
(BBA450-Steam-800-60) กลับมาใช้ในระบบคอตมันต์เพื่อกำจัดสีน้ำเชื่อม

52

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

BBA	=	เจ้าหน้าที่ชานอ้อย
Å	=	อังสตรอม
Abs	=	ค่าดูดกลืนแสง
AC	=	ถ่านกัมมันต์ทางการค้า
$b$	=	ค่าคงที่ของสมการแลงเมอร์ซึ่งสัมพันธ์กับพลังงานการดูดซับ ( $\text{mg}^{-1}$ )
$B$	=	ความกว้างของคิเวทที่ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสง (cm)
$C$	=	ความเข้มข้นของสารละลายผลิตภัณฑ์ ( $\text{g } 100^{-1} \text{ ml}^{-1}$ )
$C_0$	=	ความเข้มข้นของสารละลายเมลานอยดินสังเคราะห์เริ่มต้น ( $\text{mg l}^{-1}$ )
$C_e$	=	ความเข้มข้นของสารละลายเมลานอยดินสังเคราะห์ที่เหลืออยู่ที่สภาวะสมดุล ( $\text{mg l}^{-1}$ )
$C_m$	=	ความเข้มข้นของสารละลายเมลานอยดินสังเคราะห์ ( $\text{g l}^{-1}$ )
$D$	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (Å)
ICUMSA	=	International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis (unitless)
ANOVA	=	การวิเคราะห์ความแปรปรวน
$K_f$	=	ค่าคงที่ของสมการฟรุนดลิชซึ่งสัมพันธ์กับความสามารถในการดูดซับ ( $\text{mg}^{-1}$ )
$n$	=	ค่าคงที่ของสมการฟรุนดลิชที่แสดงถึงพลังงานที่เกิดจากปฏิกิริยา (ไม่มีหน่วย)
nm	=	นาโนเมตร (1 นาโนเมตร = 10 อังสตรอม)
$^{\circ}\text{C}$	=	องศาเซลเซียส
$q_e$	=	ปริมาณของเมลานอยดินสังเคราะห์ที่สามารถถูกดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับที่สภาวะสมดุล ( $\text{mg g}^{-1}$ )
$q_{max}$	=	ปริมาณสูงสุดของตัวถูกดูดซับที่สามารถถูกดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับ ( $\text{mg g}^{-1}$ )
$S_T$	=	พื้นที่ผิวทั้งหมด ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ )
$V$	=	ปริมาตรของสารละลายเมลานอยดินสังเคราะห์ (ml)
$V_{mc}$	=	ปริมาตรรูพรุนขนาดกลาง ( $\text{cm}^3 \text{ g}^{-1}$ )
$V_{mi}$	=	ปริมาตรรูพรุนขนาดเล็ก ( $\text{cm}^3 \text{ g}^{-1}$ )
$V_T$	=	ปริมาตรรูพรุนทั้งหมด ( $\text{cm}^3 \text{ g}^{-1}$ )
$W$	=	น้ำหนักแห้งของเจ้าหน้าที่ชานอ้อย (g)