



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การปรับสภาพดินฟอกสีใช้แล้วจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเพื่อใช้ปรับปรุง
คุณภาพน้ำมันทอดซ้ำ

Reactivation of used bleaching clay from palm oil industry
for recycled frying oil

นางพอใจ ถามากร

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2558

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การปรับสภาพดินฟอกสีใช้แล้วจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเพื่อใช้ปรับปรุง
คุณภาพน้ำมันทอดซ้ำ
Reactivation of used bleaching clay from palm oil industry
for recycled frying oil

นางพอใจ ถามากร

RCH

พ 485 ก

๕๕๕๑

เลขหมู่.....

145617

เลขทะเบียน.....

รับเดือนปี 10 ส.ค. 2560

12833344

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2558

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การปรับสภาพดินฟอกสีใช้แล้วจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเพื่อใช้ปรับปรุง
คุณภาพน้ำมันทอดซ้ำ

Research Title Reactivation of used bleaching clay from palm oil industry for
recycled frying oil

แหล่งเงิน เงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2558 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 541,800 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี 10 เดือน ตั้งแต่ 1 ต.ค. 2557 ถึง 30 ก.ค. 2559

หัวหน้าโครงการวิจัย นางพอใจ งามากร (Mrs Porjai Thamakorn)

หน่วยงานต้นสังกัด คณะอุตสาหกรรมเกษตร (Faculty of Agro-Industry)

บทคัดย่อ

ในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มจะใช้ดินฟอกสี (bleaching Clay) ในกระบวนการฟอกสี
น้ำมันดิบ และใช้ได้เพียงครั้งเดียวซึ่งเป็นปัญหาการกำจัดของเสียของโรงงานอุตสาหกรรม การศึกษา
นี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับสภาพดินฟอกสีใช้แล้วเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยศึกษาการนำไปใช้
ปรับปรุงคุณภาพน้ำมันทอดใช้แล้ว การศึกษาปริมาณน้ำมันทั้งหมดในดินฟอกสีใช้แล้ว พบว่ามีน้ำมัน
อยู่ร้อยละ 32.31 การกำจัดน้ำมันออกจากดินฟอกสีใช้แล้วก่อนนำไปปรับสภาพ พบว่าการใช้
อัตราส่วนดินฟอกสีใช้แล้วต่อเฮกเซน 1:2 เขย่าด้วยเครื่องเขย่า (50 รอบต่อนาที) ที่อุณหภูมิ 50
องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที สามารถสกัดน้ำมันออกมาได้ร้อยละ 22.24 การปรับสภาพดินใช้แล้ว
ด้วยการเผาที่ 400, 500, 600, 700 และ 800 องศาเซลเซียส เวลา 15, 30 และ 90 นาที และนำดิน
มาผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 3 นอร์มัล พบว่าการเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 700 องศา
เซลเซียส ดินยังคงมีสีดำถึงเทา เนื่องจากสารอินทรีย์ยังถูกเผาไหม้ไม่หมด ตัวอย่างดินเผาที่ 700
องศาเซลเซียสเวลา 90 นาทีที่ทั้งผ่านการแช่กรดและไม่แช่กรด ดินมีสีขาวสว่างที่สุด ในขณะที่การเผาที่
800 องศาเซลเซียส ไม่มีสีดำจากสารอินทรีย์แต่มีสีคล้ำเนื่องจากการไหม้ของดิน จากการศึกษาพื้นที่
ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนด้วยวิธี BET ของดินปรับสภาพเผาที่ 700 และ 800 องศาเซลเซียส
เวลา 90 นาที พบว่าการแช่กรดสามารถเพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนของดินฟอกสีปรับ
สภาพ และดินปรับสภาพเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส มีค่าพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนต่ำกว่า
การเผาที่ 700 องศาเซลเซียส กล่าวคือที่อุณหภูมิเผา 700 และ 800 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที
ดินปรับสภาพที่ผ่านการแช่กรดมีพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุน 191.7 ตรม/กรัม 0.3090 ลบซม/กรัม
และ 86.81 ตรม/กรัม 0.1816 ลบซม/กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่า ที่ไม่แช่กรดมีค่า 112.7 ตรม/
กรัม 0.2322 ลบซม/กรัม และ 44.44 ตรม/กรัม 0.1266 ลบซม/กรัม ตามลำดับ การศึกษาการใช้ดิน
ฟอกสีที่ปรับสภาพด้วยการเผาที่ 700 องศาเซลเซียสทั้งผ่านและไม่ผ่านการแช่กรดมาใช้ในการ
ปรับปรุงน้ำมันทอดใช้แล้วในปริมาณร้อยละ 2, 4, 6 และ 8 พบว่าดินฟอกสีปรับสภาพไม่สามารถลด
ค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันใช้แล้ว แต่สามารถลดค่าความเป็นกรด (ลดได้ร้อยละ 3.95-15.25)
ปริมาณสารประกอบมีขี้ (ลดได้ร้อยละ 7.69-34.62), ค่า *p*-anisidine (ลดได้ร้อยละ 2.20-11.87)
และพบชัดเจนถึงการปรับปรุงค่าสีของน้ำมันทอดใช้แล้ว ซึ่งดินฟอกสีใช้แล้วที่ผ่านการล้างด้วยกรด
แสดงให้เห็นการปรับปรุงที่ดีขึ้นของสีน้ำมันใช้แล้วมากกว่าดินฟอกสีที่ไม่ผ่านการแช่กรด และการใช้
ดินฟอกสีปรับสภาพปริมาณเพิ่มขึ้นทำให้ร้อยละการปรับปรุงค่าคุณภาพต่างๆสูงขึ้นตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Bleaching clay is commonly used for bleaching crude palm oil in refinery oil factory. Its one time used causes waste treatment problem in oil production industry. The objective of this research was to reactivate spent bleaching clay for recycling of frying used oil. The total oil content in bleaching clay was found to be 32.31%. The de-oiling process by using hexane as a solvent in a ratio of spent clay to hexane 1:2 and shaking thoroughly at 50°C, for 30 min could extract 22.24% of the total amount oil. Incineration of spent clay at 400, 500, 600, 700, and 800°C, for 15, 30, and 90 min, thereafter washing with 3 N of hydrochloric acid was the studied reactivated conditions. Incinerated clays at temperature below 700°C were found to be black to grey color due to the remaining of burning organic compounds. The spent clay sample incinerated at 700°C had got a brighter white color both of the with and without acid treatment. However, incinerated clay at 800°C was absent from darker residue of organic compounds but not as bright as 700°C because of burning clay itself. Analysis result on specific surface area and pore volume by BET method of reactivated clay samples incinerated at 700 and 800°C for 90 min was shown that acid treatment (191.7 m²/g, 0.3090 cm³/g and 86.81 m²/g, 0.1816 cm³/g, respectively) got higher values than of the non-acid treatment (112.7 m²/g, 0.2322 cm³/g and 44.44 m²/g, 0.1266 cm³/g, respectively). In addition, incinerated samples at 800°C possessed lower values of the two parameters than at 700°C. Improvement of used frying palm oil by using reactivated spent clay with and without acid treatments in amount of 2, 4, 6, and 8% was found no ability to lower the peroxide value of used oil. It was success in reduction of acid value (3.95-15.25%), total polar compounds (7.69-34.62%), *p*-anisidine value (2.20-11.87%). It was obviously shown the color improvement of used frying oil better in acid treated reactivated spent bleaching clay than in non-acid treated one.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ น.ส.จิราภา พรหมเรียน น.ส.ฉวีรัตน์ ทักษะวาสน์ และนายศุภกร ผลพุทธ นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่มีความอุตสาหะในการช่วยให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์อย่างดี ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวก ทำให้การทำงานราบรื่นไม่มีอุปสรรค และการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากแหล่งทุนงบประมาณ ประจำปี 2558 ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญภาพ.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	1
1.4 สมมติฐานของการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ดินพอกสี.....	3
2.2 การดูดซับ.....	5
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	10
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	10
3.2 วัสดุดิบ.....	10
3.3 สารเคมี.....	10
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	11
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	13
4.1 ผลการหาปริมาณน้ำมันในดินพอกสีใช้แล้ว.....	13
4.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนระหว่างดินพอกสีใช้แล้วต่อเฮกเซนในการสกัดน้ำมัน.....	13
4.3 ผลการศึกษาสภาวะการปรับสภาพดินพอกสีใช้แล้ว.....	14
4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับของดินพอกสีปรับสภาพกับน้ำมันปาล์มทอด.....	19
อาหารใช้แล้ว.....	19
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	24
เอกสารอ้างอิง.....	26
ภาคผนวก.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความแตกต่างระหว่างการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี	7
4.1 ผลความชื้นและน้ำหนักสูญเสีระหว่างเผาของดินใหม่และดินใช้แล้วและการคำนวณ ตัวแปรเพื่อคำนวณปริมาณน้ำมันทั้งหมดในดินฟอสไฟท์ใช้แล้ว	13
4.2 ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากอัตราส่วนระหว่างดินฟอสไฟท์ใช้แล้วต่อเฮกเซนต่างกัน	14
4.3 ลักษณะของดินฟอสไฟท์ใช้แล้วที่ผ่านการปรับสภาพโดยเผาที่อุณหภูมิ 400, 500, 600, 700, และ 800 องศาเซลเซียส เวลา 15, 30, และ 90 นาที และปรับสภาพด้วยการแช่กรดและ.. ไม่แช่กรดไฮโดรคลอริก	16
4.4 พื้นที่ผิวจำเพาะ ปริมาตรรูพรุน และขนาดรูพรุนของดินฟอสไฟท์ปรับสภาพเผาที่อุณหภูมิ 700 และ 800 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที ทั้งแบบแช่กรดและไม่แช่กรด.....	19
4.5 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันทอดใช้แล้วที่ปรับปรุงด้วยดินฟอสไฟท์ใช้แล้วปรับสภาพแบบ เผาไม่แช่กรดและเผาแช่กรด	20
4.6 ร้อยละการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันทอดใช้แล้วที่ปรับปรุงด้วยดินฟอสไฟท์ใช้แล้ว ปรับสภาพแบบเผาไม่แช่กรดและเผาแช่กรด	20
4.7 คุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนืด (อุณหภูมิ 26+1 องศาเซลเซียส) และสีของน้ำมันทอด ใช้แล้วที่ปรับปรุงด้วยดินฟอสไฟท์ใช้แล้วปรับสภาพแบบเผาไม่แช่กรดและเผาแช่กรด.....	23

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของมอนต์มอริลโลไนต์.....	4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในดินฟอกสี (bleaching clay) มีองค์ประกอบหลักคือ เบนโทไนต์ (bentonite) ซึ่งเป็นสารประกอบอลูมิเนียมซิลิเกตในกลุ่มสเมกไทต์ (smectite) ซึ่งมีคุณสมบัติในการฟอกสี และดูดซับสิ่งเจือปน ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์มเพื่อการบริโภค มีการฟอกสีของน้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil) จากสีส้มให้เป็นสีเหลืองอ่อนโดยใช้ดินฟอกสี ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง ปริมาณ 23 ตัน/ปี ในอดีตนำไปใช้ทำปุ๋ยหรือผสมอาหารสัตว์ แต่ปัจจุบันไม่อนุญาตให้ใช้แล้ว จึงต้องกำจัดทำลายหรือฝังกลบ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาด้านสภาพแวดล้อม ซึ่งหากสามารถวิจัยการนำมาใช้ใหม่ของดินฟอกสีใช้แล้ว (spent clay) จะช่วยลดต้นทุนการผลิตของโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม และลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมดังกล่าวได้

อาหารแปรรูปด้วยวิธีการทอดเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสที่เป็นที่ยอมรับ ระหว่างการทอดมีน้ำมันที่ใช้แล้วจากการทอดปริมาณมาก การปรับปรุงน้ำมันทอดที่ใช้แล้วให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ จะสามารถลดต้นทุนการผลิตของผู้ประกอบการได้

ดังนั้นแนวคิดของโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการนำดินฟอกสีที่ใช้แล้วมาปรับสภาพกำจัดน้ำมันที่ติดมาจากกระบวนการฟอกสีน้ำมันดิบ แล้วนำดินฟอกสีดังกล่าวนำไปใช้ความร้อนและสารเคมีเพื่อปรับสภาพ นำกลับมาทดลองดูดซับสารประกอบที่เกิดขึ้นในน้ำมันทอดอาหาร รวมทั้งการปรับปรุงสี เพื่อให้สามารถนำน้ำมันกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งแนวทางการวิจัยนี้เป็นการลดของเสียดินฟอกสีจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์มและน้ำมันทอดใช้แล้วจากกระบวนการแปรรูปอาหารทอดไปได้พร้อมกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสัดส่วนการใช้สารสกัดเฮกเซนที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากดินฟอกสีใช้แล้ว

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของสภาวะการเผา (อุณหภูมิและเวลา) และการล้างกรด ต่อลักษณะของดินฟอกสีใช้แล้วปรับสภาพ

1.2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของดินฟอกสีใช้แล้วที่ผ่านการปรับสภาพ ในการปรับปรุงคุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำมันปาล์มทอดอาหารใช้แล้ว

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

นำดินฟอกสีใช้แล้วจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มบริโภค มาศึกษาสัดส่วนสารสกัดเฮกเซนที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันให้ได้ปริมาณสูงสุดจากดินฟอกสีใช้แล้ว ศึกษาผลของสภาวะการเผา (อุณหภูมิและเวลา) และการล้างกรด ต่อลักษณะของดินฟอกสีใช้แล้วปรับสภาพ ได้แก่ ขนาดอนุภาค ขนาดและปริมาตรรูพรุน เป็นต้น และนำดินฟอกสีปรับสภาพมาศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันทอดอาหารใช้แล้วเพื่อปรับปรุงคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

ดินฟอกสี คือ ดินซึ่งมีคุณสมบัติในการฟอกสีน้ำมัน สามารถนำมาใช้ได้จากสภาพในธรรมชาติ หรือนำมาผ่านกรรมวิธีเพื่อประสิทธิภาพการฟอกสี (activation) ดินฟอกสีสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ ฟูลเลอร์ส เอิร์ธ (fuller's earth) เป็นดินซึ่งมีส่วนประกอบของซิลิกา (SiO_2) ต่ออะลูมินา (Al_2O_3) ระหว่าง 4 ถึง 6 และมีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 7.5 ดินนี้ในสภาพธรรมชาติ นำมาใช้ฟอกสีได้ และเบนโทไนต์ (bentonite) เป็นดินซึ่งมีแร่แคลเซียมมอนต์มอริลโลไนต์ (calcium montmorillonite) ผสมอยู่ มีอัตราส่วนของอะลูมินาต่อซิลิกา ระหว่าง 1 : 2 ถึง 1 : 8 เมื่อนำดินนี้มาผ่านกรรมวิธีเพิ่มประสิทธิภาพการฟอกสีโดยใช้สารอินทรีย์และอนินทรีย์เข้าไปกระตุ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของดิน จะทำให้มีความสามารถในการดูดซับสารและฟอกสีน้ำมันได้ (นงพงา, 2544) ในงานวิจัยนี้จะนำดินฟอกสีที่ผ่านการใช้แล้วมาใช้ตัวทำละลายอินทรีย์สกัดน้ำมันที่ค้างอยู่ออกมา และนำมาผ่านกรรมวิธีเพิ่มประสิทธิภาพ เพื่อให้มีความสามารถในการดูดซับสี และสารประกอบมีขั้วออกมาจากน้ำมันทอดอาหารได้ ช่วยปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันทอดทั้งทางด้านกายภาพและเคมี โดยใช้ต้นทุนที่ต่ำ และสามารถลดต้นทุนในการเปลี่ยนน้ำมันทอดอาหารในระดับอุตสาหกรรมได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 การสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ของดินฟอกสีในอุตสาหกรรมน้ำมันบริโภค ทำให้ลดต้นทุน และช่วยรักษาสภาพแวดล้อมในการทิ้งดินฟอกสีที่ใช้แล้วเพียงครั้งเดียว

1.5.2 การสามารถนำน้ำมันทอดซ้ำมาปรับปรุงคุณภาพเพื่อการนำกลับไปใช้ใหม่ ทำให้ลดต้นทุน และเกิดความปลอดภัยกับผู้บริโภค

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดินฟอกสี

ดินฟอกสีมีคุณสมบัติในการดูดซับที่ดี เนื่องด้วยมีองค์ประกอบซิลิเกต (silicate) หรือ อะลูมิเนียมซิลิเกต (aluminium Silicate) ที่ซับซ้อนมีขนาดอนุภาคที่เล็กมาก มีธาตุอะลูมิเนียม ซิลิกอน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลักทางเคมี โดยโครงสร้างจะมีลักษณะเป็นแผ่นหรือชั้น ซ้อนๆกัน ซึ่งเกิดจากการเรียงซ้อนกันของชั้นอะลูมินา และซิลิกา ในระหว่างชั้นนี้จะมีไอออนบวกของ ธาตุโลหะ เช่น โซเดียม (Na^+) แคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) และเหล็ก ($\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$) แทรกอยู่ โดยตัวอย่างของดินฟอกสีประเภทนี้ เช่น เบนโทไนท์ (bentonite) และมอนต์มอริลโลไนต์ (montmorillonite) เป็นต้น

2.1.1 เบนโทไนท์

เบนโทไนท์ คือดินที่กำเนิดจากเถ้าภูเขาไฟเป็นชื่อสามัญทั่วไป ดินชนิดนี้ประกอบด้วยแร่ดิน เหนียวชนิดมอนต์มอริลโลไนต์เป็นองค์ประกอบหลัก รองลงมาได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ เหล็ก ออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ จากองค์ประกอบนี้เองทำให้ดินเบนโทไนต์มีสมบัติในการดูดซับที่ดี และสามารถเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนได้ อย่างไรก็ตามสมบัติของดินก็ยังคงแตกต่างกันไป ในเรื่องของ ความสามารถในการดูดซับและความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทาง เคมีของมอนต์มอริลโลไนต์ ตัวอย่างเช่น มอนต์มอริลโลไนต์ที่มีไอออนโซเดียมแทนที่อยู่ในโครงสร้าง เป็นปริมาณมาก จะมีสมบัติในการดูดซับน้ำและเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนกับสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่า มอนต์มอริลโลไนต์ที่มีไอออนแคลเซียมหรือโพแทสเซียมแทนที่ “ดินเบนโทไนต์” ที่มีการใช้งานมาก ในอุตสาหกรรม สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้ โซเดียมเบนโทไนต์, แคลเซียมเบนโทไนต์ และ แคลเซียม-แมกนีเซียมเบนโทไนต์

โซเดียมเบนโทไนต์เมื่อดูดซับน้ำแล้วสามารถในการพองตัวได้มาก 15-20 เท่าจากปริมาตรเดิม มีสมบัติเป็นตัวหล่อลื่นและกันการแพร่ผ่าน โดยนิยมใช้เป็นหัวเจาะโคลน และใช้ดูดหรือยาแนวขอบ เชื้อนทำนบ สำหรับแคลเซียมและแคลเซียม-แมกนีเซียมเบนโทไนต์ มีความสามารถในการพองตัวได้ น้อยกว่าโซเดียมเบนโทไนท์ ดังนั้นจึงนิยมใช้เป็นสารฟอกสี หรือเป็นสารติเทอ์เจนต์ในการดูดซับ น้ำมันจากพืชและสัตว์ นอกจากนี้ยังมีการนำไปตัดแปรโดยทำปฏิกิริยากับกรดได้แอคติเวตเคลย์ (activated clays) สำหรับใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือทำปฏิกิริยากับโซดาไฟเปลี่ยนจากแคลเซียม เป็นโซเดียมเบนโทไนท์

แหล่งดินเบนโทไนท์ที่สำคัญของโลกอยู่ที่เมืองไวโอมิง (Wyoming) ประเทศสหรัฐอเมริกา รองลงมาได้แก่ กลุ่มประเทศอิสระที่แยกตัวจากรัสเซียเดิม (CIS) ประเทศกรีซ เยอรมัน ญี่ปุ่น และ ตุรกี โดยคิดเป็นร้อยละ 84 ของกำลังการผลิตโลกในปี 1995 และจากการสำรวจแหล่งดินเบนโทไนท์ พบว่ามีปริมาณสำรองอยู่ 1452 ล้านตัน ในขณะที่มีปริมาณการใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 9.8 ล้านตันต่อปี ในปี 1997-1998 พบว่า ราคาเฉลี่ยของดินดิบชนิดนี้อยู่ที่ 98 เหรียญสหรัฐต่อตัน และเมื่อผ่าน กระบวนการต่างๆ แล้วราคาจะอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ 50 ถึง 250 เหรียญสหรัฐต่อตัน ขึ้นอยู่กับสมบัติ ปริมาณและความต้องการ สำหรับประเทศไทยดินเบนโทไนท์นี้จะพบมากในอำเภอชัยบาดาล จังหวัด

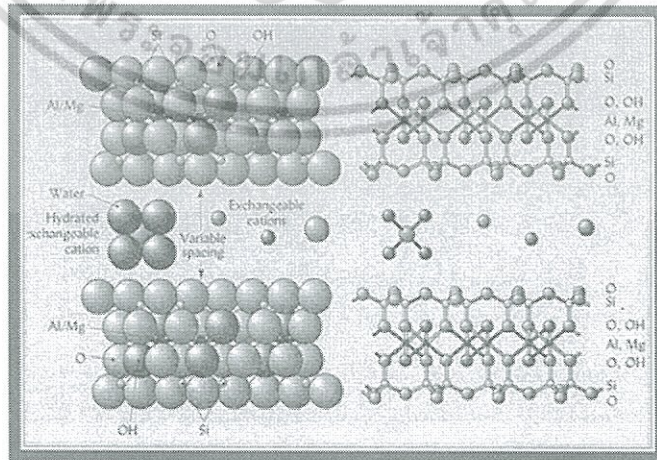
เอกสารนี้ลิขสิทธิ์ เป็นชนิดแคลเซียมเบนโทไนท์ (สรินทร, ม.ป.ป.) เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 มอนต์มอริลโลไนต์

มอนต์มอริลโลไนต์อยู่ในกลุ่มดินสเมคไทต์ (smectite) เป็นแร่ดินเหนียว ประกอบด้วยอนุภาคพิเศษที่ดี ลักษณะของดินมอนต์มอริลโลไนต์ที่ดีที่สุดจะประกอบด้วยสารผลึกชั้นสูงและบริสุทธิ์จากแร่ดินที่ได้รับการขูดขึ้นมาจากเปลือกโลก (500 ล้าน – 200 ล้านปีที่ผ่านมา) ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนผลึกมอนต์มอริลโลไนต์มีลักษณะเป็นแผ่นหกเหลี่ยมที่มีชั้นที่ซ้อนกันซ้ำแล้วซ้ำอีก ในหนึ่งแผ่นมีขนาด 200 ~ 300 นาโนเมตรในขณะที่ความหนามีเพียง 1 นาโนเมตร และซ้อนทับกันเข้าไปเข้ามาหากเราสามารถกระจายพื้นที่ของชั้นที่ซ้ำซ้อนของผลึกเหล่านี้ ในหนึ่งผลึกคริสตัลจะมีความกว้างเท่ากับพื้นผิวของสนามเทนนิส 3 สนาม

ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของมอนต์มอริลโลไนต์ คือมีลักษณะเป็นแผ่นหรือเกล็ด ขนาดเล็กๆ ซ้อนกัน 3 ชั้น มีแผ่นกลางเป็นแผ่นของกลุ่มโมเลกุล อะลูมิเนียมไฮดรอกซิลโมเลกุลแปดระนาบ octahedral aluminum hydroxyl อยู่ตรงกลางระหว่าง แผ่นของกลุ่มโมเลกุลซิลิคอนออกไซด์ โมเลกุลสี่เหลี่ยมปิรามิด siliconoxygen tetrahedral โดยที่อะตอมของอะลูมิเนียมบางส่วน จะถูกแทนที่ด้วยอะตอมของแมกนีเซียม หรืออะตอมของธาตุเหล็ก ซึ่งจะช่วยสร้างประจุลบ บนระนาบด้านฐานของโมเลกุลซิลิกา และจะมีการสร้างสมดุลโดยการแลกเปลี่ยนประจุบวกกับแผ่นที่อยู่ติดกันในมอนต์มอริลโลไนต์ตามธรรมชาติประจุบวกเหล่านี้มักจะเป็นแคลเซียมโซเดียม หรือแมกนีเซียม ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศและสภาวะแวดล้อมในช่วงเวลาที่ก่อตัว ส่วนแรงยึดกันระหว่างผลึกของมอนต์มอริลโลไนต์เป็นเพียงแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der waals force) เท่านั้นจึงสามารถจับน้ำเข้าไปได้ง่าย ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการบวม “swells out” จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้มีการนำมอนต์มอริลโลไนต์ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ เช่น นำไปใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาใช้เป็นตัวดูดซับ ตลอดจนใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ หรือใช้ในกระบวนการ clarification ของเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เช่น เหล้า เบียร์ ไวน์ ซึ่งกระบวนการนี้ใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องดื่มเพื่อให้ไปจับกับสิ่งเจือปนต่างๆ จากนั้นจึงกรองเพื่อแยกมอนต์มอริลโลไนต์ออก (คชินท์, 2554)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของมอนต์มอริลโลไนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากดินฟอกสีแล้วยังมี bleaching agent ชนิดอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติในการดูดซับ และสามารถใส่ดูดซับสารสี และสิ่งเจือปนในกระบวนการผลิตน้ำมันพืชเพื่อการบริโภคได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น แอคติเวตคาร์บอน (activated carbon) และซิลิกา (silica) แต่ดินฟอกสีถือเป็นตัวดูดซับที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากมีคุณสมบัติช่วยในการปรับปรุงคุณภาพน้ำมัน ทำให้สีของน้ำมันสว่างขึ้น โดยจะไปกำจัดสารสีและสิ่งเจือปนต่างๆ ตัวอย่างเช่น สบู่ ฟอสโฟลิปิด และสารประกอบโพลีอะโรมาติก เป็นต้น

2.1.3 การนำดินฟอกสีที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์

ดินฟอกสีที่ใช้แล้วเป็นของเหลือทิ้งจากขั้นตอนการกำจัดสีในกระบวนการผลิตน้ำมันเพื่อใช้บริโภค โดยทางโรงงานอุตสาหกรรมจะซื้อดินฟอกสีจากแหล่งผลิตมาใช้ในการฟอกสี และหลังจากที่ใช้ในกระบวนการกำจัดสีน้ำมันแล้ว ดินฟอกสีจะถูกนำไปกำจัดโดยการฝังกลบเป็นส่วนใหญ่ซึ่งอาจติดไฟได้ง่ายและทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ เนื่องจากในดินฟอกสีที่ใช้แล้วจะมีน้ำมัน สารสี และสิ่งเจือปนอื่นๆ ตกค้างอยู่ด้วย

ในแต่ละปีจะมีดินฟอกสีที่ใช้แล้วเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น ประเทศมาเลเซียผลิตน้ำมันปาล์มได้ปีละประมาณ 17 ล้านตัน ต้องใช้ดินฟอกสีมากกว่า 150,000 ตัน ในการกำจัดสี ดังนั้นจึงมีดินฟอกสีที่เหลือทิ้งจำนวนมาก และจะนำไปกำจัดด้วยการฝังกลบเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามเนื่องจากดินฟอกสีจะมีน้ำมันบางส่วนตกค้างอยู่ประมาณ 20-35%

ตัวอย่าง การนำดินฟอกสีที่กลับไปใช้ในกระบวนการกำจัดสีอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม สกัดน้ำมันออกมาหรือนำไปเผาที่อุณหภูมิสูง 400-600 องศาเซลเซียส (Al-Zahrani and Daous, 2000) ก่อนนำกลับไปใช้ใหม่ อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการกำจัดสีอาจลดลงไปบ้างเล็กน้อย สำหรับน้ำมันที่ตกค้างอยู่ในดินฟอกสีจะมีคุณภาพต่ำ แต่สามารถนำกลับสู่กระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ได้อีกครั้ง โดยใช้ไอน้ำหรือแก๊สไนโตรเจนเป่าเพื่อไล่น้ำมันออก

นอกจากนี้ยังสามารถสกัดน้ำมันที่ตกค้างอยู่ในดินฟอกสีกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลได้ เช่น การใช้เฮกเซนสกัดน้ำมันที่ตกค้างอยู่ในดินฟอกสีที่ผ่านการกำจัดสีแล้วจากกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง โดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของดินฟอกสีต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1: 4 และใช้เวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง สามารถสกัดน้ำมันออกมาได้ประมาณ 21% จากนั้น นำน้ำมันมาทำปฏิกิริยา transesterification เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของเมทิลเอสเทอร์ หรือ ไบโอดีเซล พบว่า สามารถเตรียมไบโอดีเซลได้ อยู่ระหว่าง 85-90% และไบโอดีเซลที่ได้มีคุณสมบัติตามมาตรฐานของ EN 14214 และ ASTM D6751 (Huang and Chang, 2009)

2.2 การดูดซับ

การดูดซับเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับตัวสาร หรือความเข้มข้นของสารที่บริเวณพื้นผิวหรือระหว่างผิวหน้า (Interface) กระบวนการนี้สามารถเกิดที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่าง 2 สภาวะใดๆ เช่น ของเหลวกับของเหลว ก๊าซกับของเหลว ก๊าซกับของแข็ง หรือของเหลวกับของแข็ง โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่ถูกดูดจับเรียกว่าสารถูกดูดซับ (adsorbate) ส่วนที่ทำหน้าที่ดูดซับเรียกว่า สารดูดซับ (adsorbent) (Pradthana, 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 กลไกของกระบวนการดูดซับ

การดูดซับ (adsorption) เป็นกระบวนการที่แก๊สหรือสารละลายหรือสารแขวนลอยขนาดเล็กซึ่งละลายอยู่ในน้ำให้อยู่บนผิวของสารอีกชนิดหนึ่ง โดยที่สารละลายหรือสารแขวนลอย ขนาดเล็กนี้เรียกว่า adsorbate ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของสารที่ถูกดูดติดเรียกว่า adsorbent การดูดติดผิวนี้จะเป็นการดูดติดแบบระหว่างสถานะ (phase) ต่างๆทั้งสามสถานะ คือ ของเหลว (liquid) ก๊าซ (gas) และ ของแข็ง (solid) ซึ่งมีได้ทั้งแบบ ของเหลว-ของเหลว ก๊าซ-ของเหลว ก๊าซ-ของแข็ง และ ของเหลว-ของแข็ง โดยในที่นี้จะพิจารณาถึงเฉพาะแบบ ของเหลว-ของแข็ง (liquid-solid interface) ในการดูดติดผิวโมเลกุลของสารละลายหรือสารแขวนลอยก็จะถูกกำจัดออกจากน้ำและไปเกาะติดอยู่บนตัวดูดซับ โมเลกุลของสารส่วนใหญ่จะเกาะจับอยู่กับผิวภายในโพรงของตัวดูดซับและมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เกาะอยู่ที่ผิวภายนอก การถ่ายเทโมเลกุลจากน้ำไปหาตัวดูดซับเกิดขึ้นได้จนถึงสมดุลจึงหยุด ณ จุดสมดุล ความเข้มข้นของโมเลกุลในน้ำจะเหลือน้อยเพราะโมเลกุลส่วนใหญ่เคลื่อนที่ไปเกาะจับอยู่กับตัวดูดซับโดยในการเกาะติดจะมี driving force อยู่ 2 แบบ คือ การดูดซับทางกายภาพ และ การดูดซับทางเคมี

2.2.2 ประเภทของการดูดซับ

ปัจจัยสำคัญในการบอกชนิดของกระบวนการดูดซับจะพิจารณาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับผิวของสารดูดซับ ถ้าแรงยึดเหนี่ยวเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals forces) จะเป็นการดูดซับทางกายภาพ (physical adsorption) แต่ถ้าแรงยึดเหนี่ยวทำให้เกิดพันธะเคมีระหว่างโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับผิวของสารดูดซับจะเรียกว่า การดูดซับทางเคมี (chemical adsorption)

2.2.2.1 การดูดซับทางกายภาพ เป็นการดูดซับที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลอย่างอ่อนคือ แรงแวนเดอร์วาลส์ ซึ่งเกิดจากการรวมแรง 2 ชนิด คือ แรงกระจาย (dispersion force) และแรงไฟฟ้าสถิต (electrostatic force) การดึงดูดด้วยแรงที่อ่อนทำให้การดูดซับประเภทนี้มีพลังงานการคายความร้อนค่อนข้างน้อย คือ ต่ำกว่า 20 กิโลจูลต่อโมลและสามารถเกิดการผันกลับของกระบวนการได้ง่าย ซึ่งเป็นข้อดี เพราะสามารถฟื้นฟูสภาพของตัวดูดซับได้ง่ายด้วย สารที่ถูกดูดซับสามารถเกาะอยู่รอบ ๆ ผิวของสารดูดซับได้หลายชั้น (multilayer) หรือในแต่ละชั้นของโมเลกุลสารถูกดูดซับจะติดอยู่กับชั้นของโมเลกุลของสารถูกดูดซับในชั้นก่อนหน้า โดยจำนวนชั้นจะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสารถูกดูดซับ และจะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายในสารละลาย

2.2.2.2 การดูดซับทางเคมี การดูดซับประเภทนี้เกิดขึ้นเมื่อตัวถูกดูดซับกับตัวดูดซับทำปฏิกิริยาเคมีกัน ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของตัวถูกดูดซับเดิม คือมีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมหรือกลุ่มอะตอมเดิมแล้วมีการจัดเรียงอะตอมไปเป็นสารประกอบใหม่ขึ้น โดยมีพันธะเคมีซึ่งเป็นพันธะที่แข็งแรง มีพลังงานกระตุ้นเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ความร้อนของการดูดซับมีค่าสูงประมาณ 50-400 กิโลจูลต่อโมล หมายความว่า การกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากผิวตัวดูดซับจะทำได้ยาก คือไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้ (irreversible) และการดูดซับประเภทนี้จะเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว (monolayer) เท่านั้น ซึ่งการดูดซับทางกายภาพและทางเคมีมีข้อแตกต่างกันหลายอย่างดังแสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างระหว่างการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี

ตัวแปร	การดูดซับทางกายภาพ	การดูดซับทางเคมี
1. ค่าความร้อนของการดูดซับ	น้อยกว่า 20 กิโลจูลต่อโมล	50-400 กิโลจูลต่อโมล
2. อุณหภูมิที่เกิดการดูดซับ	ต่ำ	สูง
3. แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล	แรงแวนเดอร์วาลส์	พันธะเคมี
4. การผันกลับของปฏิกิริยา	ผันกลับได้	ส่วนใหญ่ไม่ผันกลับ
5. การดูดซับบนแก๊ส- ของแข็ง	เกิดได้เกือบทุกชนิด	เกิดเฉพาะบางระบบ

2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ มีดังนี้

2.2.3.1 พื้นที่ผิวของตัวดูดซับ ความสามารถในการดูดซับจะแปรผันโดยตรงกับพื้นที่ผิวสัมผัส คือ ถ้าตัวดูดซับมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากความสามารถในการดูดซับก็จะมากขึ้น แต่ถ้าตัวดูดซับมีพื้นที่ผิวสัมผัสน้อย ความสามารถในการดูดซับก็จะน้อยลง นอกจากนี้ขนาดของรูพรุน (pore size) ก็มีผลต่อความสามารถในการดูดซับเช่นกัน โดยหากตัวดูดซับมีขนาดรูพรุนที่เล็กก็จะมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง ความสามารถในการดูดซับก็จะเพิ่มขึ้น และสำหรับดินฟอสฟอรัสที่ใช้ในการดูดซับสินแร่ สามารถจำแนกประเภทของดินฟอสฟอรัสตามขนาดรูพรุนได้ 3 ประเภท คือ (Gregg, 1982)

1. Micropores คือ ดินฟอสฟอรัสที่มีขนาดรูพรุนน้อยกว่า 2 นาโนเมตร
2. Mesopores คือ ดินฟอสฟอรัสที่มีขนาดรูพรุนระหว่าง 2-50 นาโนเมตร และ
3. Macropores คือ ดินฟอสฟอรัสที่มีขนาดรูพรุนมากกว่า 50 นาโนเมตร

2.2.3.2 ขนาดของตัวถูกดูดซับ ขนาดโมเลกุลของตัวดูดซับเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยขนาดโมเลกุลของตัวดูดซับจะแปรผกผันกับความสามารถในการดูดซับ คือ หากตัวดูดซับมีขนาดที่พอดีหรือเล็กกว่าขนาดรูพรุนของตัวดูดซับเล็กน้อย จะส่งผลให้แรงดึงดูดบริเวณพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างตัวดูดซับกับตัวถูกดูดซับมีค่ามาก ความสามารถในการดูดซับจะมากขึ้นด้วย

2.2.3.3 เวลาในการดูดซับ ความสามารถในการดูดซับจะมีมากขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับจนถึงช่วงระยะเวลาหนึ่ง ความสามารถในการดูดซับจะมีค่าคงที่ เนื่องจากถึงจุดสมดุลของการดูดซับ ซึ่งจะเป็นช่วงเวลาที่ความสามารถในการดูดซับสูงสุด และหลังจากนี้ความสามารถในการดูดซับจะคงที่เมื่อใช้ระยะเวลาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาในการดูดซับขึ้นอยู่กับชนิดของตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับ ซึ่งควรมีการศึกษาถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในระดับปฏิบัติการ ก่อนที่จะนำไปใช้จริง เพื่อให้กลไกการดูดซับมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.2.3.4 อุณหภูมิ ในกรณีของการดูดซับทางกายภาพ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิความสามารถในการดูดซับบริเวณพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับจะลดลง เนื่องจากการดูดซับเป็นปฏิกิริยาแบบคายความร้อน นอกจากนี้อุณหภูมียังมีผลต่อความสามารถในการละลายของตัวถูกดูดซับด้วย โดยขึ้นอยู่กับชนิดของตัวดูดซับ เช่น ตัวถูกดูดซับบางชนิดจะมีความสามารถในการละลายน้ำลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ดังนั้นค่าของอุณหภูมิจึงมีผลต่อตัวถูกดูดซับประเภทนี้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปรับปรุงคุณภาพแร่ดินเหนียวด้วยวิธีการกระตุ้นด้วยกรด เป็นวิธีการแบบดั้งเดิมที่นิยมใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็นตัวดูดซับของแร่ดินเหนียวสำหรับใช้ฟอกสีน้ำมันพืช นิรมล วรสิษฐ์ (2547) ศึกษาการใช้เบนโทไนด์ซึ่งเป็นสารธรรมชาติฟอกสีคล้ำและกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแล้วหลายครั้ง นำเบนโทไนด์ธรรมชาติ 2 ชนิด สีม่วงแดง และสีเหลืองอ่อน จากแหล่งจังหวัดลพบุรี มาปรับปรุงคุณภาพโดยรีฟลักซ์ด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น พบว่าทำให้คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเบนโทไนด์เปลี่ยนแปลงไป คือ มีพื้นที่ผิวจำเพาะเพิ่มขึ้นจาก 46.01 เป็น 251.36 ตารางเมตรต่อกรัม และมีอัตราส่วนของ $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ สูงขึ้น คือ ชนิดสีม่วงแดง มีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นจาก 2.54 ต่อ 1 เป็น 6.14 ต่อ 1 และชนิดสีเหลืองอ่อน เพิ่มขึ้นจาก 5.00 ต่อ 1 เป็น 13.20 ต่อ 1 จากนั้นนำเบนโทไนด์ที่ผ่านการปรับปรุงมาฟอกสีน้ำมันปาล์มที่ทอดแล้วหลายครั้ง พบว่า สามารถฟอกสีน้ำมันจากสีดำนดำเป็นสีส้มเหลืองและใสขึ้น ค่าเปอร์ออกไซด์และความเป็นกรดของน้ำมันลดลง ด้านองค์ประกอบของกรดไขมัน สีของน้ำมัน และความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมันที่ยังไม่ได้ใช้ นอกจากนี้ยังสามารถดูดซับสารปนเปื้อนและสารพิษ เช่น เบนโซ (เอ) ไพรีน ออกไปได้บางส่วน

ธรรมนุญ อุดมมัน และสมชัย อัครทิวา (2551) ศึกษาการปรับสภาพดินฟอกสีที่ใช้แล้วเพื่อใช้เป็นตัวดูดซับสีของน้ำมันปาล์มดิบและสีย้อมรีแอคทีฟ พบว่าดินฟอกสีที่ใช้แล้วจะถูกนำไปทิ้งทำให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากมีปริมาณน้ำมันปาล์มและความเป็นกรดสูง ดินฟอกสีมีองค์ประกอบหลักคือ เบนโทไนด์ ซึ่งเป็นสารประกอบบะลูมิโนซิลิเกตในกลุ่ม สเมกไทต์ (smectite) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ โซเดียมสเมกไทต์ (Na-smectite) แคลเซียม-แมกนีเซียมสเมกไทต์ (Ca-Mg smectite) และฟูลเลอร์สเอิร์ธ (fuller's earth) โดยแคลเซียม-แมกนีเซียมสเมกไทต์ และฟูลเลอร์สเอิร์ธสามารถใช้ในการฟอกสีน้ำมันพืชได้

นิรมล วรสิษฐ์ (2553) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพแร่ดินขาวจากแหล่งระนองเพื่อใช้ฟอกสีน้ำมันรำข้าว พบว่าแร่ดินขาวหรือเคโอลิไนต์สามารถปรับปรุงคุณภาพได้ โดยใช้วิธีทางกายภาพ (physical treatment) ร่วมกับวิธีทางเคมี (chemical treatment) การปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพซึ่งเป็นขั้นตอนแรกโดยการบดด้วย ball mill จะทำให้โครงสร้างของแร่ดินขาวถูกทำลาย หลังจากนั้นเมื่อนำแร่ดินขาวที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกายภาพมาทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก หรือกรดออกซาลิกที่ความเข้มข้นต่างๆ ณ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง กรดซัลฟิวริกจะทำให้ได้แร่ดินขาวที่มีประสิทธิภาพในการฟอกสีน้ำมันรำข้าวได้ดีที่สุด แร่ดินขาวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงซึ่งมีปริมาณรูพรุนสูงชัน จากการศึกษาการกระจายขนาดของรูพรุนของแร่ดินขาวที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วพบว่ามีขนาดของรูพรุนชนิดเมโซพอร์ในช่วง 3.0-4.5 นาโนเมตร สมบัติดังกล่าวนี้เหมาะสำหรับดูดซับโมเลกุลของเม็ดสีที่มีในน้ำมันรำข้าว

ชลิตา พัวเนียว และคณะ (2554) ศึกษาผลของปริมาณดินฟอกสีและอุณหภูมิ ต่อประสิทธิภาพการดูดซับของดินฟอกสีในขั้นตอนการฟอกสีของกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มบริโภค พบว่าปริมาณดินฟอกสีและอุณหภูมิมีผลต่อความสามารถในการดูดซับสีของดินฟอกสีที่ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณเบต้าแคโรทีนในน้ำมันปาล์ม โดยเมื่อปริมาณดินฟอกสีมากขึ้นแต่อุณหภูมิลดลง ทำให้ความสามารถในการดูดซับมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับไอโซเทอมการดูดซับชนิด อันเฟเวอระเบิล (unfavorable isotherm) และปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction)

Lee และคณะ (2000) ศึกษาตัวทำละลายแอลกอฮอล์และไฮโดรคาร์บอนหลายชนิดในการสกัดน้ำมันที่หลงเหลืออยู่ในดินฟอกสีที่ใช้แล้วจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม พบมีปริมาณน้ำมันในดินไม่มากนักใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอกสีมากกว่าร้อยละ 40 ประสิทธิภาพของการสกัดโดยแอลกอฮอล์ (ยกเว้นเมธานอล) สูงกว่าสารไฮโดรคาร์บอนแต่อัตราการสกัดในช่วงต้นต่ำกว่า น้ำมันที่สกัดได้โดยแอลกอฮอล์ มีค่ากรดไขมันอิสระ ค่า Totox (anisidine + 2 x peroxide value) ค่าสี สูงกว่าแสดงถึงคุณภาพน้ำมันที่ต่ำกว่า น้ำมันที่สกัดได้จากตัวทำละลายทุกชนิดมีคุณภาพต่ำกว่าน้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil) ทั้งนี้หากต้องการนำดินฟอกสีไปใช้ใหม่ ควรใช้แอลกอฮอล์เนื่องจากสามารถกำจัดสารปนเปื้อนออกได้มากกว่า

Tsai และคณะ (2002) พบว่า การปรับปรุงดินฟอกสีที่ใช้แล้วโดยกระบวนการ pyrolysis ในเตาเผาแบบหมุนได้ (Rotary furnace) ภายใต้บรรยากาศก๊าซเฉื่อย (N_2) ช่วยให้ดินมีพื้นที่ผิวและรูพรุนน้อยกว่าดินที่ยังไม่ผ่านการฟอกสีและการล้างด้วยกรดจะเป็นการนำสิ่งตกค้างออกจากรูพรุน ทำให้ดินมีขนาดพื้นที่ผิวในรูพรุนมากขึ้น ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการนำดินไปดูดซับน้ำมันได้ดีขึ้น

Nursulihatimarsyila และคณะ (2010) ศึกษาการนำมาใช้ใหม่ของดินฟอกสีจากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ใช้ตัวทำละลายเฮกเซนในการสกัดน้ำมันที่ติดอยู่ในดินฟอกสี โดยศึกษาผลของสัดส่วนของแข็งต่อตัวทำละลาย พบว่าเมื่อลดสัดส่วนดังกล่าวลงทำให้ได้ปริมาณน้ำมันสกัดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามน้ำมันที่ได้มีคุณสมบัติต่ำกว่าน้ำมันปาล์มดิบ ดินฟอกสีที่ถูกสกัดน้ำมันออกทุกสัดส่วนการสกัดมีประสิทธิภาพการฟอกสีใกล้เคียงกัน



บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 กระดาษกรองเบอร์ 1	Whatman, England
3.1.2 กระดาษกรองเบอร์ 4	Whatman, England
3.1.3 กระดาษกรองเบอร์ 5	Whatman, England
3.1.4 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง	Ohaus (ARC 2140), USA
3.1.5 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง	Ohaus (ARC 120), USA
3.1.6 เครื่องระเหย (rotary Evaporator)	BüchiRotavapor (R11), USA
3.1.7 เครื่องวัดสารประกอบมีซัลเฟอร์	Ebro TM Electronic (FOM 310), Germany
3.1.8 เครื่องวัดสี	Hunter lab (Color Queat XE), USA
3.1.9 เครื่องวัดความหนืด	Brookfield (DV-III), USA
3.1.10 เครื่องเขย่า	Incubator Shaker (NB-205VL), Korea
3.1.11 เตาไฟฟ้า (hotplate)	Clifton (Cerastir), England
3.1.12 เตาเผา (furnace)	DAIHAN, Korea
3.1.13 เครื่องแก้ว	

3.2 วัสดุดิบ

- 3.2.1 ดินฟอสเฟตใหม่ ได้รับการอนุเคราะห์จาก บริษัท ลำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
- 3.2.2 ดินฟอสเฟตที่ผ่านการใช้แล้ว บริษัท ลำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
- 3.2.3 น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดปลาจากร้านขายปลาทอด บริเวณตลาดลาดกระบัง ซึ่งทอดแบบท่วม และเปลี่ยนน้ำมันเมื่อมีน้ำมันสีคล้ำ

3.3 สารเคมี

3.3.1 เอทิลแอลกอฮอล์ 95%	
3.3.2 สตาร์ช	MERCK, Germany
3.3.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์	MERCK, Germany
3.3.4 กรดอะซิติก	LAB-SCAN, Thailand
3.3.5 คลอโรฟอร์ม	LAB-SCAN, Thailand
3.3.6 โปแทสเซียมไอโอไดด์	MERCK, Germany
3.3.7 โซเดียมไฮดรอกไซด์	CARLO ERBA, France
3.3.8 ฟีนอล์ฟทาลีน	CARLO ERBA, France
3.3.9 เฮกเซน	MERCK, Germany
3.3.10 ไอโซออกเทน	MERCK, Germany
3.3.11 พาราแอนนิซิติน	MERCK, Germany

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในดินฟอกสีใช้แล้ว

เผาดินฟอกสีใหม่และดินฟอกสีใช้แล้ว 10.00 กรัม ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงและนำดินฟอกสีใช้แล้วไปหาความชื้น โดยอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง นำข้อมูลไปคำนวณหาปริมาณน้ำมันในดินฟอกสีใช้แล้ว

3.4.2 การศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างดินฟอกสีใช้แล้วต่อเฮกเซนในการสกัดน้ำมันจากดินฟอกสีใช้แล้ว

ใช้อัตราส่วนระหว่างดินฟอกสีต่อเฮกเซนที่ 1:1, 1:2 และ 1:3 ในการสกัดไขมัน ผสมดินฟอกสีและเฮกเซนตามอัตราส่วน ปิดฝาด้วยจุกดำ นำไปเข้าเครื่อง Incubator shaker เขย่าควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียสความเร็วรอบ 130 rpm เวลา 30 นาที แล้วนำมากรองเฮกเซนด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วเติมเฮกเซนในอัตราส่วนเดิม ทำการสกัดซ้ำ 3 ครั้ง นำเฮกเซนที่สกัด 3 ส่วนมารวมกัน นำไประเหยเฮกเซนออกด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (rotary Evaporator) คำนวณหาร้อยละไขมันที่สกัดได้ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.4.3 การศึกษาสภาวะการปรับสภาพดินฟอกสีด้วยวิธีการเผา

ทำการเผาดินฟอกสีใช้แล้วที่สกัดไขมันใน crucible ปริมาตร 75 มิลลิลิตร ปริมาณ 10 กรัม ต่อ 1 crucible ในเตาเผาที่อุณหภูมิต่างกัน คือ 400, 500, 600, 700 และ 800 องศาเซลเซียส (ใส่ตัวอย่างในเตาเผาเมื่ออุณหภูมิเตาเผาอยู่ในระดับที่ต้องการ) ที่เวลา 15, 30 และ 90 นาที ดินฟอกสีที่ผ่านการเผาที่สภาวะต่างๆ นำมาผ่านกรรมวิธีแช่กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 3 นอร์มอล อัตราส่วนต่อดินฟอกสี 5:1 กวนเป็นเวลา 30 นาที นำมากรองและนำดินมาล้างด้วยน้ำกลั่น 5 ครั้ง แล้วนำไปอบแห้ง ที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับดินที่ไม่ผ่านการแช่กรด นำตัวอย่างดินฟอกสีปรับสภาพวิเคราะห์พื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุน (specific surface area and total pore volume) โดยวิธี BET

3.4.4 การทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับของดินฟอกสีที่ปรับสภาพแล้วกับน้ำมันทอดที่ใช้แล้ว

ใช้น้ำมันทอดใช้แล้ว 100 กรัม นำไปให้ความร้อนให้มีอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำดินฟอกสีที่ปรับปรุงแล้วจากข้อ 3.4.3 ความเข้มข้นร้อยละ 2, 4, 6, และ 8 ผสมกับน้ำมัน กวนอย่างสม่ำเสมอเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำน้ำมันไปกรอง ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำมันเปรียบเทียบกับดินฟอกสีใหม่ โดยวัดค่าคุณภาพ ดังนี้

3.4.4.1 Acid Value (AOCS, 1997)

3.4.4.2 Peroxide Value (AOCS, 1997)

3.4.4.3 *p*-Anisidine (AOCS, 1997)

3.4.4.4 สารประกอบมีขั้ว (Polar Compound) โดยใช้เครื่อง Ebro TM electronic

3.4.4.5 ความหนืด (Viscosity)

3.4.4.6 สี L^* , a^* , b^* , C^* และ h^*

วางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD ขนาด 2x5 นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ผลทาง

ทำการทดสอบ Duncan's New Multiple Range test (DMRT) เปรียบเทียบข้อมูลที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการหาปริมาณน้ำมันในดินพอกสีใช้แล้ว

เป็นการหาปริมาณน้ำมันทั้งหมดในดินพอกสีใช้แล้ว โดยการนำดินพอกสีใช้แล้วและดินพอกสีใหม่ เเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งขั้นตอนนี้จะสามารถกำจัดความชื้นและสารอินทรีย์ทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในดินพอกสีใหม่ และสามารถกำจัดความชื้น สารอินทรีย์และน้ำมันที่ถูกดูดซับออกจากดินพอกสีใช้แล้ว และนำดินพอกสีใหม่และดินพอกสีใช้แล้ว ไปหาความชื้นด้วยการอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ขั้นตอนนี้จะทราบองค์ประกอบเฉพาะความชื้นในดินพอกสี แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณน้ำมันที่ดูดซับในดินพอกสีใช้แล้ว ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลความชื้นและน้ำหนักสูญเสียระหว่างเผาของดินใหม่และดินใช้แล้วและการคำนวณตัวแปรเพื่อคำนวณปริมาณน้ำมันทั้งหมดในดินพอกสีใช้แล้ว

ตัวอย่าง	น้ำหนักสูญเสีย ในการเผา (% นน.เปียก) (1)	น้ำหนักดิน (% นน.เปียก) $(100-(1)) = (2)$	ความชื้น (% นน.เปียก) (3)	สารอินทรีย์ไม่รวม ความชื้น (% นน.เปียก) $(1) - (3) = (4)$	สารอินทรีย์ไม่รวม ความชื้น (% นน.ดิน) $((4)*100)/(2)$
ดินพอกสี ใหม่	15.88	84.12	8.88	7.00	8.32
ดินพอกสี ใช้แล้ว	36.47	63.53	4.16	32.31	50.86

จากตารางที่ 4.1 พบว่าสารอินทรีย์ไม่รวมความชื้นในดินพอกสีใช้แล้ว ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่ติดมากับดินใหม่และน้ำมันจากการดูดซับ เท่ากับร้อยละ 50.86 (โดยน้ำหนักดิน) เมื่อหักลบกับสารอินทรีย์ที่ติดมากับดินใหม่ร้อยละ 8.32 (โดยน้ำหนักดิน) จะได้ปริมาณน้ำมันในดินพอกสีใช้แล้วร้อยละ 42.54 (โดยน้ำหนักดิน) ซึ่งหากคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักดินพอกสีใช้แล้วทั้งหมด จะมีน้ำมันในดินพอกสีใช้แล้วร้อยละ 32.31 (โดยน้ำหนักเปียกหรือน้ำหนักทั้งหมด) ทั้งนี้สอดคล้องกับการรายงานของ Lee และคณะ (2000) กล่าวว่าดินพอกสีใช้แล้วจะมีน้ำมันอยู่ร้อยละ 30-40 ของน้ำหนักดิน

4.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนระหว่างดินพอกสีใช้แล้วต่อเฮกเซนในการสกัดน้ำมัน

การศึกษาอัตราส่วนระหว่างดินพอกสีที่ใช้แล้วต่อเฮกเซนในการสกัดน้ำมัน โดยผสมดินพอกสีต่อเฮกเซน ในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 แล้วนำไปเขย่าในเครื่อง incubator shaker ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที จากนั้นนำไปประเหยเฮกเซนออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator) แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่สกัดออกมาได้จากดินฟอกสีที่ใช้แล้วในอัตราส่วนต่างๆได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากอัตราส่วนระหว่างดินฟอกสีใช้แล้วต่อเฮกเซนต่างกัน

อัตราส่วนระหว่างดินฟอกสีต่อเฮกเซน	น้ำมันที่สกัดได้ (%)
1 : 1	19.71±0.89 ^b
1 : 2	22.24±0.10 ^a
1 : 3	21.44±0.95 ^a

หมายเหตุ ^{a, b, c} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรแตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างดินฟอกสีใช้แล้วต่อเฮกเซนจาก 1:1 เป็น 1:2 สามารถสกัดน้ำมันได้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 21.44±0.95 จากร้อยละ 19.71±0.89 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่การเพิ่มสัดส่วนเป็น 1:3 ไม่สามารถสกัดได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากดินใช้แล้วมีสารที่ดูดซับเป็นสารเหนียวในน้ำมันดิบ ทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันของเฮกเซนมีความจำกัด ไม่สามารถชะน้ำมันออกมาได้

จากการทดลอง 4.1 ผลการทดลองพบว่ามีน้ำมันในดินฟอกสีใช้แล้วร้อยละ 32.31 ดังนั้นน้ำมันร้อยละ 10-11 ยังคงเหลืออยู่ในดินใช้แล้ว (กรณีใช้อัตราส่วน 1:2 และ 1:3) โดยสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้คิดเป็นร้อยละ 66.36-68.83 ของปริมาณน้ำมันทั้งหมดที่มีอยู่ในดินใช้แล้ว

อย่างไรก็ตามมีการทดลองใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันในดินฟอกสีใช้แล้ว (Lee et al., 2000) พบว่าตัวทำละลายมีขี้ผึ้งเล็กน้อย ได้แก่ เอทานอล และ ไอโซโพรพานอล มีประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันจากดินฟอกสีใช้แล้วได้ดีกว่าตัวทำละลายไม่มีขี้ผึ้ง ได้แก่ ปิโตรเลียมอีเทอร์ เพนเทน เฮกเซน และเฮปเทน ประมาณร้อยละ 7 แต่คุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้มีคุณภาพต่ำกว่า เนื่องจากประกอบด้วย กรดไขมันอิสระ (FFA), *p*-anisidine ที่สูงกว่า เพราะมีสารประกอบมีขี้ผึ้งที่ถูกสกัดออกมาได้มากกว่า นอกจากนี้การนำกลับมาใช้ใหม่ (recovery) ของสารสกัดกลุ่มแอลกอฮอล์ต้องใช้พลังงานสูงกว่าสารสกัดกลุ่มไฮโดรคาร์บอนเนื่องจากความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (latent heat of evaporation) สูงกว่า อีกทั้งสัดส่วนของผสมน้ำกับแอลกอฮอล์ทำให้จุดเดือดเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลต่อกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ของสารเป็นไปได้ยากมากขึ้น

ดังนั้นการกำจัดน้ำมันจากดินฟอกสีใช้แล้ว ต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำมันที่สกัดและคงเหลือในดินคุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้หากต้องการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และค่าใช้จ่ายของสารสกัดรวมทั้งความยากง่ายของการนำกลับมาใช้ใหม่ประกอบกัน เนื่องจากการที่มีน้ำมันคงเหลืออยู่ในดินใช้แล้วปริมาณมากหลังจากการสกัดน้ำมัน ทำให้ขั้นตอนในกระบวนการต่อไปเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ของดินอาจไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

4.3 ผลการศึกษาสภาวะการปรับสภาพดินฟอกสีใช้แล้วด้วยวิธีการเผา

หลังจากทำการสกัดน้ำมันออกจากดินฟอกสีใช้แล้ว นำดินมาปรับสภาพด้วยวิธีการเผาโดยใช้ อุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันดังนี้ คือ อุณหภูมิ 400, 500, 600, 700 และ 800 องศาเซลเซียส เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 15, 30 และ 90 นาที โดยดินที่ผ่านการปรับสภาพด้วยการเผาแล้วจะนำมาผ่านกรรมวิธีการแช่กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 3 นอร์มอล เวลา 30 นาที

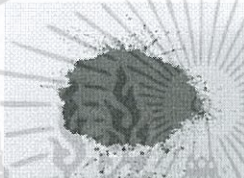
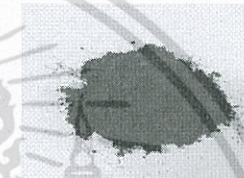







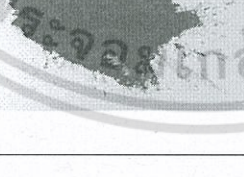
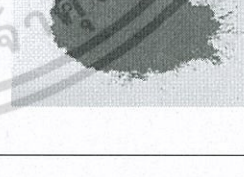
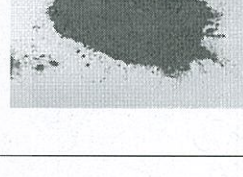
จากผลการทดลองพบว่า การปรับสภาพดินในสภาวะต่างๆ มีลักษณะสีของดินที่ผ่านการเผาแสดงดังในตารางที่ 4.3 โดยเมื่อพิจารณาจากสีพบว่า การเผาที่ 700 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที ทำให้ดินมีสีขาวขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ การเผาในสภาวะที่อุณหภูมิและเวลาที่ต่ำกว่าที่ดินจะมีสีดำ การที่ดินมีสีดำเนื่องจากสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำมันปาล์มดิบ ได้แก่ สารสีแคโรทีนอยด์ ฟอสฟาไทด์ สเตอรอล สารประกอบที่ทำให้เกิดสารเหนียว (mucilageneous compounds) กรดไขมันอิสระและสารประกอบที่เกิดการออกซิไดซ์ของกรดไขมันอิสระ และน้ำมันปาล์มที่ถูกดูดซับโดยดินฟอกสีได้เกิดการเผาไหม้ของธาตุคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบถูกเผาไหม้ยังไม่สมบูรณ์อันเนื่องจากอุณหภูมิต่ำเกินไป หรือเวลาในการเผายังไม่เพียงพอ การเผาไหม้สารอินทรีย์จนหมดสมบูรณ์จะทำให้ดินมีสีดำน้อยลง จากการทดลองพบว่าเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที พิจารณาจากสีพบว่า มีสีสว่างขึ้นมากกว่าการเผาที่ 600 องศาเซลเซียส 90 นาที แต่ในการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที มีสีที่เข้มกว่าที่ 700 องศาเซลเซียส 90 นาที อาจเนื่องมาจากสภาวะการเผาเกินทำให้ดินไหม้ และการใช้สภาวะนี้ในการเผาทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่า

จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนของดินฟอกสีปรับสภาพพบว่า การแช่กรดสามารถเพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนของดินฟอกสีปรับสภาพที่เผาที่อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน (ตารางที่ 4.4) กล่าวคือที่อุณหภูมิเผา 700 และ 800 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที ดินปรับสภาพที่ผ่านการแช่กรดมีพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุน 191.7 ตรม/กรัม 0.3090 ลบซม/กรัม และ 86.81 ตรม/กรัม 0.1816 ลบซม/กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่า ที่ไม่แช่กรดมีค่า 112.7 ตรม/กรัม 0.2322 ลบซม/กรัม และ 44.44 ตรม/กรัม 0.1266 ลบซม/กรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าการแช่กรดของดินฟอกสีที่ผ่านการเผาจะช่วยชะล้างสิ่งตกค้างในรูพรุน และเพิ่มพื้นที่ผิวการดูดซับ ซึ่งอาจสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับของดินฟอกสีที่เผาได้ นอกจากนี้ยังพบว่า การเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสทำให้พื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนของดินปรับสภาพต่ำกว่าการเผาที่ 700 องศาเซลเซียส

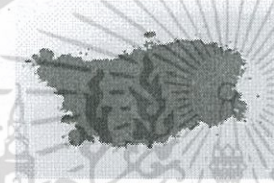
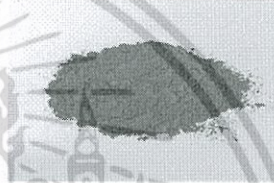
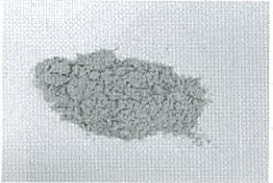


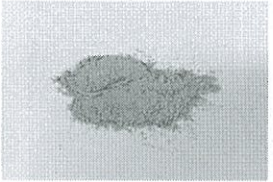


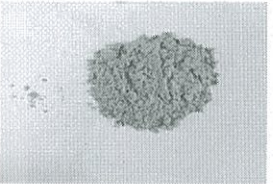


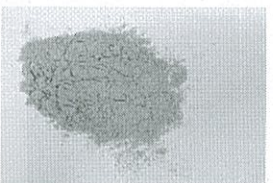
ในส่วนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูพรุนพบว่าดินฟอกสีผ่านการแช่กรดจะมีขนาดเล็กกว่าดินที่ไม่แช่กรด ซึ่งสอดคล้องกับการที่สารดูดซับมีพื้นที่ผิวมากกว่าจะมีรูพรุนขนาดเล็กมากมายทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวการดูดซับ

การทดลองในขั้นตอนนี้จึงเลือกสภาวะการเผาที่ 700 องศาเซลเซียส 90 นาที โดยนำตัวอย่างทั้งไม่ผ่านการแช่กรดและแช่กรดเป็นสภาวะการปรับสภาพดินฟอกสีใช้แล้วเพื่อใช้ในการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันทอดอาหารต่อไป

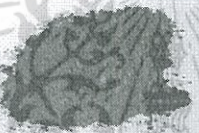

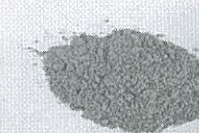



ตารางที่ 4.3 ลักษณะของดินฟอกสีใช้แล้วที่ผ่านการปรับสภาพโดยเผาที่อุณหภูมิ 400, 500, 600, 700 และ 800 องศาเซลเซียส เวลา 15, 30, และ 90 นาที ผ่านการแช่กรดและไม่แช่กรด

อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา (องศาเซลเซียส)	การปรับสภาพ	เวลาที่ใช้ในการเผา (นาที)		
		15	30	90
400	ไม่แช่กรด			
	แช่กรด			
500	ไม่แช่กรด			
	แช่กรด			

ตารางที่ 4.3 ลักษณะของดินฟอกสีใช้แล้วที่ผ่านการปรับสภาพโดยเผาที่อุณหภูมิ 400, 500, 600, 700 และ 800 องศาเซลเซียส เวลา 15, 30, และ 90 นาที ผ่านการแช่กรดและไม่แช่กรด (ต่อ)

อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา (องศาเซลเซียส)	การปรับสภาพ	เวลาที่ใช้ในการเผา (นาที)		
		15	30	90
600	ไม่แช่กรด			
	แช่กรด			
700	ไม่แช่กรด			
	แช่กรด			

ตารางที่ 4.3 ลักษณะของดินฟอกสีใช้แล้วที่ผ่านการปรับสภาพโดยเผาที่อุณหภูมิ 400, 500, 600, 700 และ 800 องศาเซลเซียส เวลา 15, 30, และ 90 นาที ผ่านการแช่กรดและไม่แช่กรด (ต่อ)

อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา (องศาเซลเซียส)	การปรับสภาพ	เวลาที่ใช้ในการเผา (นาที)		
		15	30	90
800	ไม่แช่กรด			
	แช่กรด			

ตารางที่ 4.4 พื้นที่ผิวจำเพาะ ปริมาตรรูพรุน และขนาดรูพรุนของดินฟอกสีปรับสภาพเผาที่อุณหภูมิ 700 และ 800 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที ทั้งแบบแช่กรดและไม่แช่กรด

ตัวอย่างดินฟอกสี ปรับสภาพ	พื้นที่ผิวจำเพาะ (multipoint BET) (ตรม/กรัม)	ปริมาตรรูพรุน (ลบชม/กรัม)	เส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุน (นาโนเมตร)
700 C ไม่แช่กรด	112.7	0.2322	82.40
700 C แช่กรด	191.7	0.3090	64.47
800 C ไม่แช่กรด	44.44	0.1266	114.0
800 C แช่กรด	86.81	0.1816	83.66

4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับของดินฟอกสีปรับสภาพกับน้ำมันปาล์มทอดอาหารใช้แล้ว

จากการศึกษาสภาวะในการปรับปรุงสภาพดินฟอกสีใช้แล้วในข้อ 4.3 เลือกสภาวะการเผาที่ 700 องศาเซลเซียส 90 นาที ทั้งแช่กรดและไม่แช่กรดที่สภาวะการเผาดังกล่าว นำไปปรับปรุงน้ำมันปาล์มทอดอาหารที่ผ่านการทอดปลา (จากตลาดหัวตะเข้ ลาดกระบัง) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความสามารถในการปรับปรุงน้ำมันใช้แล้ว โดยใช้ไขมันทอดใช้แล้ว 100 กรัม นำไปให้ความร้อนให้มีอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียสจากนั้นนำดินฟอกสีที่ปรับสภาพแล้วตามสภาวะข้างต้นผสมกับน้ำมัน ความเข้มข้นร้อยละ 2, 4, 6, และ 8 กวนอย่างสม่ำเสมอเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำน้ำมันไปกรองและวิเคราะห์ค่าคุณภาพน้ำมันทางเคมี ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.5

จากค่าคุณภาพของน้ำมันที่วิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด (acid value) ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ค่าพาราแอนนิซิดีน (*p*-anisidine value) และสารประกอบมีขั้ว (polar compounds) พบว่าดินฟอกสีปรับสภาพไม่สามารถปรับปรุงหรือลดค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันใช้แล้วได้ ภายหลังจากการปรับปรุงค่าเปอร์ออกไซด์มีแนวโน้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) การที่ดินปรับสภาพไม่สามารถปรับปรุงค่าเปอร์ออกไซด์อาจเนื่องมาจากในดินฟอกสีมีโลหะเป็นองค์ประกอบอยู่ ซึ่งโลหะบางตัวสามารถเร่งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันได้ถึงแม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยในระดับส่วนในร้อยล้านส่วน (ppb) ในขณะที่ดินฟอกสีปรับสภาพสามารถปรับปรุงค่าคุณภาพความเป็นกรด ค่าพาราแอนนิซิดีน และสารประกอบมีขั้วได้ (ตารางที่ 4.5) และพบว่าสามารถปรับปรุงค่าสารประกอบมีขั้วได้ดีที่สุด คือปรับปรุงได้ร้อยละ 28.30 ในดินปรับสภาพที่ไม่ได้แช่กรด และปรับปรุงได้ร้อยละ 34.62 ในดินปรับสภาพที่แช่กรด แสดงให้เห็นว่าการแช่กรดมีแนวโน้มทำให้รูพรุนของดินใช้แล้วมีประสิทธิภาพในการดูดซับเพิ่มมากขึ้น และสามารถดูดซับสารประกอบมีขั้วที่เกิดขึ้นในน้ำมันใช้แล้วทั้งจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และไฮโดรไลซิส สอดคล้องกับผลการทดลองของ Tsai และคณะ (2002) ที่พบว่าการใช้กรดล้างดินฟอกสีใช้แล้วสามารถเพิ่มพื้นที่ผิวของสารดูดซับได้เช่นกัน

การทดลองเพิ่มปริมาณสารดูดซับจากร้อยละ 2 เป็นร้อยละ 4 6 และ 8 พบว่าการเพิ่มปริมาณทำให้การปรับปรุงคุณภาพน้ำมันใช้แล้วดีขึ้นตามลำดับ การใช้ร้อยละ 8 จัดว่าเป็นปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับการใช้ดินฟอกสีใหม่ที่ใช้เพียงร้อยละ 1-2 เท่านั้น จากผลการทดลองพบว่าการปรับปรุงค่าความเป็นกรดของน้ำมันใช้แล้ว เมื่อใช้ดินใช้แล้วปรับสภาพที่อัตราร้อยละ 8 สามารถปรับปรุงได้ร้อยละ 15.25 และ 14.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันทอดใช้แล้วที่ปรับปรุงด้วยดินฟอกสีใช้แล้วปรับสภาพแบบเผาไม่แช่กรดและเผาแช่กรด

ดินฟอกสี ปรับสภาพ	ปริมาณ (ร้อยละ)	Acid value	Peroxide ^{ns} value	p-anisidine value	Polar compounds
ไม่แช่กรด	2	3.40±0.06 ^a	3.49±0.69	26.24±1.33 ^a	12.00±0.71 ^{ab}
	4	3.22±0.06 ^{ab}	3.278±0.71	25.74±0.04 ^{ab}	10.75±0.35 ^{bc}
	6	3.22±0.06 ^{ab}	2.57±0.28	24.63±0.80 ^{ab}	10.00±0.00 ^c
	8	3.00±0.13 ^b	2.92±0.60	23.78±0.65 ^b	9.50±0.71 ^c
น้ำมันทอดใช้แล้ว		3.54±0.13 ^a	2.98±0.30	26.83±0.77 ^a	13.25±0.35 ^a
แช่กรด	2	3.04±0.07 ^{ab}	4.36±0.84	26.15±0.31 ^{ab}	12.00±0.71 ^a
	4	2.86±0.07 ^b	4.38±0.54	25.07±0.16 ^{bc}	9.50±0.00 ^b
	6	2.90±0.13 ^b	4.86±0.96	24.34±0.21 ^{cd}	9.00±0.00 ^b
	8	2.90±0.13 ^b	4.97±0.26	23.60±0.22 ^d	8.50±0.00 ^b
น้ำมันทอดใช้แล้ว		3.32±0.07 ^a	3.69±0.16	26.78±1.09 ^a	13.00±0.71 ^a

หมายเหตุ ^{a, b} ค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้ในดินปรับสภาพเดียวกันที่มีตัวอักษรแตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ร้อยละการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันทอดใช้แล้วที่ปรับปรุงด้วยดินฟอกสีใช้แล้วปรับสภาพแบบเผาไม่แช่กรดและเผาแช่กรด

ดินฟอกสี ปรับสภาพ	ปริมาณ (ร้อยละ)	Acid value	Peroxide ^{ns} value	p-anisidine value	Polar compounds
ไม่แช่กรด	2	3.95	-17.11	2.20	9.43
	4	9.04	-10.00	4.06	18.87
	6	9.04	13.76	8.20	24.53
	8	15.25	2.01	11.37	28.30
แช่กรด	2	8.43	-18.16	2.35	7.69
	4	13.86	-18.70	6.39	26.92
	6	14.48	-31.71	9.11	30.77
	8	14.48	-34.69	11.87	34.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้ดินปรับสภาพไม่ແ່กรดและແ່กรดตามลำดับ และการปรับปรุงค่าพาราแอนนิซิดินปรับปรุงได้ ร้อยละ 11.37 และ 11.87 ของการใช้ดินปรับสภาพไม่ແ່กรดและແ່กรดตามลำดับ ซึ่งมีความใกล้เคียงกันมากระหว่างดินที่ไม่ແ่งกรดและແ่งกรดไฮโดรคลอริก (ตารางที่ 4.6) อย่างไรก็ตามการเพิ่มสัดส่วนการใช้ ดินฟอกสีไม่สามารถเพิ่มการปรับปรุงค่าเพอร์ออกไซด์ในน้ำมันไขแล้ว

ค่าพาราแอนนิซิดินเป็นการวัดผลิตภัณฑ์ขั้นที่สอง (secondary products) ที่เกิดจากปฏิกิริยาการ ออกซิเดชันของไขมัน ได้แก่ สารประกอบแอลดีไฮด์ และคีโตน ที่เกิดจากการสลายตัวของสารประกอบ เพอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นในไขมันจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารประกอบขั้นที่สองนี้มีความเป็นขั้วมากกว่า สารประกอบเอสเทอร์ของไขมัน เป็นสารประกอบมีขั้วที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสอดคล้องกับ ค่าการปรับปรุงในสารประกอบมีขั้วที่ดินปรับสภาพสามารถปรับปรุงได้ดี

ค่าความเป็นกรดเกิดเนื่องจากกรดไขมันที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เป็นสารที่มีความเป็นขั้วสูง กว่าเอสเทอร์ของไขมัน เป็นสารประกอบมีขั้วที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ดังนั้นจึงสอดคล้องกับค่า การปรับปรุงในสารประกอบมีขั้วที่ดินปรับสภาพสามารถปรับปรุงได้ดีเช่นกัน

คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันปาล์มไขแล้ว ปรับปรุงด้านความหนืดและสีแสดงดังตารางที่ 4.7 ดินฟอกสีปรับสภาพสามารถปรับปรุงด้านความหนืดของน้ำมันที่ผ่านการทอดอาหารได้เพียงเล็กน้อย ความหนืดของน้ำมันไขแล้วที่นำมาปรับปรุงมีค่าประมาณ 64 เซนติพอยส์ หลังการปรับปรุงโดยใช้ดินฟอก สีปรับสภาพทั้งไม่ແ่งกรดและແ่งกรดไฮโดรคลอริก ความหนืดลดลงเป็น 60-62 เซนติพอยส์ ถึงแม้การ ลดลงมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ในทางกายภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามค่าความหนืด ของน้ำมันปาล์มในช่วงอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส มีค่า 55-77 เซนติพอยส์ และในการทดลองนี้ทำ การวัดที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส

ค่า L^* แสดงถึงค่าความสว่างของสีมีค่าตั้งแต่ 0-100 หากพิจารณาเฉพาะความสว่างของตัวอย่าง น้ำมันไขแล้วมีค่า 34.51 เมื่อใช้ดินฟอกสีปรับสภาพแบบไม่ແ่งกรด สามารถปรับปรุงความสว่างได้เป็น 65.41 ในขณะที่ดินฟอกสีแบบແ่งกรดปรับปรุงได้มากกว่าเป็น 75.25 แสดงให้เห็นว่าการແ่งกรดช่วยใน ด้านประสิทธิภาพการฟอกสีของดินด้านความสว่างได้อย่างชัดเจน

ค่า a^* แสดงความเป็นสีเขียวหรือแดง มีค่าตั้งแต่ -100 ถึง 100 ในกรณีที่ค่า a^* เป็นบวก แสดงว่าสี นั้นมีความเป็นสีแดง ยังมีค่าบวกมากขึ้นเท่าใด สีนั้นก็ยิ่งมีความอิ่มตัวของสีแดงมากขึ้นเท่านั้น และในกรณีที่ ค่า a^* เป็นลบ แสดงว่าสีนั้นมีความเป็นสีเขียว ยังมีค่าลบมากขึ้นเท่าใด สีนั้นก็จะมีค่าความอิ่มตัวของสี เขียวมากขึ้น ในน้ำมันไขแล้วมีค่า a^* เท่ากับ 34.51 แสดงถึงความไม่เป็นสีแดง อันเนื่องมาจากการ ทอดอาหาร อาหารทอดสัมผัสกับอุณหภูมิสูงเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) ทั้งแบบใช้ เอนไซม์และไม่ใช้เอนไซม์ เศษอาหารเกิดการไหม้ที่การทอดเวลานานที่อุณหภูมิสูง ส่งผลให้น้ำมันมีสีแดง น้ำตาล ดินฟอกสีปรับสภาพสามารถปรับปรุงค่าสีแดงลดลงเป็น 28.16 และ 15.95 ในตัวอย่างดินฟอกสี ปรับสภาพแบบไม่ແ่งกรดและແ่งกรดตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าความสว่างดินปรับสภาพແ่งกรดมีประสิทธิภาพ ในการปรับปรุงความเป็นสีแดงที่ดีกว่าดินปรับสภาพที่ไม่ແ่งกรด

การวัดสีในระบบ Hunter Lab จะให้ค่าสี b^* เป็นค่าที่บอกความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน มีค่า ตั้งแต่ -100 ถึง 100 ในกรณีที่ค่า b^* เป็นบวก แสดงว่าสีนั้นมีความเป็นสีเหลือง ยิ่งค่าบวกมากขึ้นก็จะมี ค่าความอิ่มตัวของสีเหลืองมากขึ้น และในกรณีที่ค่า b^* เป็นลบ แสดงว่าสีนั้นมิใช่ไปทางสีน้ำเงิน ยิ่งค่าลบ มากขึ้นก็จะมีค่าความอิ่มตัวของสีน้ำเงินมากขึ้น โดยทั่วไปน้ำมันปาล์มใหม่มีความเป็นสีเหลืองส้มเนื่องจาก สารสีแคโรทีนอยด์เป็นสารสำคัญ อุณหภูมิที่สูงระหว่างการทอดอาหารสามารถฟอกจางสีของแคโรทีนอยด์ ออกได้ ส่งผลให้ความเป็นสีเหลืองลดลง โดยพบว่าในน้ำมันทอดปลา มีค่า b^* 58.74 เมื่อผ่านการฟอกสีด้วยดิน ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้แล้วปรับสภาพสามารถเพิ่มค่าความเป็นสีเหลืองเป็น 94.62 ในตัวอย่างที่ใช้ดินไม่ผ่านการแช่กรด ในขณะที่เดียวกัน เพิ่มค่าความเป็นสีเหลืองเป็น 87.18 ในตัวอย่างที่ใช้ดินผ่านการแช่กรด

ค่าโครมา (chroma) เป็นค่าความเข้มของสี คำนวณจากสูตร $(a^*^2 + b^*^2)^{1/2}$ ในสเกลสี จะมีค่าเป็น 0 ที่จุดศูนย์กลางและสีจะเข้มตัวมากขึ้นเมื่อออกห่างจากศูนย์กลางมากขึ้น ซึ่งใช้เปรียบเทียบความแตกต่างเรื่องความเข้มของสีในเฉดเดียวกัน น้ำมันทอดใช้แล้วมีค่าโครมา 70.62 เมื่อผ่านการดูดซับด้วยดินปรับสภาพมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 98.72 ในตัวอย่างที่ใช้ดินไม่แช่กรด และมีค่า 88.64 ในตัวอย่างที่ใช้ดินแช่กรด

ค่า hue angle เป็นค่ามุม จะเริ่มนับค่าบนแกนด้าน $+a^*$ จะเป็นสีแดงเมื่อเป็นมุม 0 องศา ตัวอย่างน้ำมันทอดใช้แล้วมีค่า 56.28 เมื่อปรับปรุงด้วยดินไม่แช่กรดและแช่กรด ค่ามุมเพิ่มเป็น 73.43 และ 79.64 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามุมเข้าใกล้ 90 องศามากขึ้น มีความเป็นสีแดงลดลง มีความสว่างของความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น

จากผลการทดลองวัดคุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำมันปรับปรุง จะเห็นได้ว่าดินพอกสีปรับสภาพมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพด้านสีของน้ำมันทอดอาหารใช้แล้วได้ดียิ่ง สีน้ำมันภายหลังการปรับปรุงมีความสดใสใกล้เคียงน้ำมันใหม่ แต่คุณภาพทางเคมีได้รับการปรับปรุงบ้างค่า ได้แก่ ค่าความเป็นกรด ค่าพาราแอนนิซิดีน ค่าสารประกอบมีขี้ ในขณะที่ค่าเพอร์ออกไซด์ไม่ได้รับการปรับปรุง ซึ่งหากนำน้ำมันปรับปรุงไปใช้ทอดอาหารจะทำให้สารประกอบเพอร์ออกไซด์ที่ยังคงมีอยู่เมื่อถูกความร้อนก็จะสลายตัวต่อไปเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นที่ 2 (secondary products) ของปฏิกิริยาออกซิเดชันได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลต่ออาหารทอดที่จะทำให้เกิดกลิ่นหืนและอายุการเก็บรักษาลดลง ดังนั้นน้ำมันปรับปรุงจึงไม่ควรนำไปใช้ในการทอดอาหาร แต่อาจสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลได้ต่อไป

ตารางที่ 4.7 คุณสมบัติทางกายภาพด้านความหนืด (อุณหภูมิ 26±1 องศาเซลเซียส) และสีของน้ำมันทอดใช้แล้วปรับปรุงด้วยดินฟอกสีใช้แล้วปรับสภาพแบบเผาไม่แช่กรดและเผาแช่กรด

ดินฟอกสี ปรับสภาพ	ปริมาณ (ร้อยละ)	ความหนืด (cP)	L*	a*	b*	Chroma	Hue angle
ไม่แช่กรด	2	63.33±0.65 ^{ab}	40.26±0.74 ^b	38.19±0.17 ^b	67.74±1.24	77.76± 1.17 ^d	60.59±0.34 ^d
	4	62.23±1.25 ^{ab}	49.52±0.18 ^c	35.33±0.06 ^c	81.10±0.34	88.46± 0.29 ^c	66.46±0.12 ^c
	6	62.00±2.03 ^{ab}	58.05±1.98 ^d	32.74±0.12 ^d	91.04±2.46	96.74±2.27 ^b	70.21±0.56 ^b
	8	61.88±0.91 ^b	65.41±0.24 ^e	28.16±0.29 ^e	94.62±0.11	98.72±0.18 ^a	73.43±0.15 ^a
แช่กรด	2	62.72±1.75 ^{ab}	44.38±1.69 ^b	36.61±0.51 ^b	73.87±2.42	82.46±1.94 ^c	63.62±1.06 ^d
	4	61.58±1.30 ^{bc}	57.35±1.99 ^c	30.50±0.81 ^c	87.83±1.45	92.99± 1.11 ^a	70.84±0.77 ^c
	6	60.85±0.73 ^c	68.11±0.99 ^d	22.63±0.60 ^d	89.42±0.27	92.24±0.12 ^a	75.80±0.41 ^b
	8	60.07±1.50 ^c	75.25±1.77 ^e	15.95±1.57 ^e	87.18±0.50	88.64±0.77 ^b	79.64±0.94 ^a
น้ำมันทอดใช้แล้ว		63.83±0.31 ^a	34.51±0.03 ^a	39.20±0.07 ^a	58.74±0.21	70.62±0.20 ^e	56.28± 0.08 ^e

หมายเหตุ^{a, b} ค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้ดินปรับสภาพเดียวกันที่มีตัวอักษรแตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

สรุปผลการทดลอง

การทดลองนำดินฟอกสีใช้แล้วจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มบริโภค มาศึกษาสัดส่วนสารสกัดเฮกเซนที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันให้ได้ปริมาณสูงสุดจากดินฟอกสีใช้แล้ว และศึกษาผลของสภาวะการเผา (อุณหภูมิและเวลา) และการล้างกรด ต่อลักษณะของดินฟอกสีใช้แล้วปรับสภาพ และนำดินฟอกสีปรับสภาพมาศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันทอดอาหารใช้แล้วเพื่อปรับปรุงคุณภาพ ได้ข้อสรุปดังนี้

1. การหาปริมาณน้ำมันทั้งหมดในดินฟอกสีใช้แล้ว พบว่ามีปริมาณน้ำมันทั้งหมดที่ถูกดูดซับร้อยละ 32.31 (โดยน้ำหนักทั้งหมด)

2. อัตราส่วนระหว่างดินฟอกสีใช้แล้วต่อเฮกเซนในการกำจัดน้ำมันในดินฟอกสีใช้แล้ว โดยใช้อัตราส่วนที่ 1:1, 1:2 และ 1:3 พบว่าสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้ร้อยละ 19.71±0.89, 22.24±0.10 และ 21.44±0.95 ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างอัตราส่วน 1:2 และ 1:3 จึงควรใช้ที่อัตรา 1:2 เพื่อเป็นการประหยัดสารสกัดเฮกเซน

3. การศึกษาสภาวะการปรับสภาพดินฟอกสี โดยการเผาดินฟอกสีใช้แล้วที่สกัดไขมัน เผาที่อุณหภูมิ ต่างกัน คือ 400, 500, 600, 700 และ 800 องศาเซลเซียส และเวลาที่แตกต่างกันคือ 15, 30 และ 90 นาที จึงนำดินฟอกสีที่ผ่านการเผาที่สภาวะต่างๆ มาผ่านกรรมวิธีแช่กรดและไม่แช่กรด พบว่าการเผาที่ อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที สีของดินมีสภาพที่เหมาะสมที่สุดในการนำกลับมาใช้ใหม่ และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างดินที่ไม่แช่กรดและแช่กรดไฮโดรคลอริก

4. การวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนของดินฟอกสีปรับสภาพเผาที่อุณหภูมิ 700 และ 800 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที พบว่าการแช่กรดสามารถเพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนของ ดินฟอกสีปรับสภาพที่เผาที่อุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน และการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสทำ ให้พื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนของดินปรับสภาพต่ำกว่าการเผาที่ 700 องศาเซลเซียส และดินฟอก สีผ่านการแช่กรดจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูพรุนเล็กกว่าดินที่ไม่แช่กรด

5. การทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับของดินฟอกสีที่กับน้ำมันทอดที่ใช้แล้ว โดยนำดินฟอกสีที่ ปรับปรุงแล้วจากการเผาที่ 700 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที ทั้งที่ไม่แช่กรดและผ่านการแช่กรดไฮโดร คลอริก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 2, 4, 6, และ 8 ผสมกับน้ำมันปาล์มทอดปลาใช้แล้ว จากนั้นนำมา วิเคราะห์ค่าคุณภาพทางเคมีของน้ำมันปรับปรุงพบว่า ดินฟอกสีปรับสภาพไม่มีประสิทธิภาพในการ ปรับปรุงค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันใช้แล้ว ถึงแม้มีการใช้ในปริมาณมากขึ้น ในขณะที่ดินฟอกสีปรับสภาพ ไม่แช่กรดและแช่กรดที่ปริมาณการใช้ร้อยละ 8 สามารถปรับปรุงค่าความเป็นกรด ค่าพาราแอนนิซิติน และสารประกอบมีขี้ได้ร้อยละ 15.25 และ 14.48 (ค่าความเป็นกรด), ร้อยละ 11.37 และ 11.87 (ค่า พาราแอนนิซิติน), และร้อยละ 28.30 และ 34.62 (สารประกอบมีขี้) ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพในการ ปรับปรุงสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ปริมาณมากขึ้น

5. การทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับของดินฟอกสีที่กับน้ำมันทอดที่ใช้แล้ว โดยนำดินฟอกสีที่ ปรับปรุงแล้วจากการเผาที่ 700 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที ทั้งที่ไม่แช่กรดและผ่านการแช่กรดไฮโดร คลอริก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 2, 4, 6, และ 8 ผสมกับน้ำมันปาล์มทอดปลาใช้แล้ว จากนั้นนำมา วิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพด้านความหนืดและสีของน้ำมันปรับปรุงพบว่า ดินฟอกสีปรับสภาพ ปรับปรุงค่าความหนืดได้เพียงเล็กน้อย แต่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงค่าสี L^* , a^* , b^* , chroma, และ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

hue angle ของน้ำมันปรับปรุงได้อย่างดีเยี่ยม โดยมีสีกลับมาสดใสใกล้เคียงกับสีน้ำมันใหม่ ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าดินฟอกสีใช้แล้วปรับสภาพมีประสิทธิภาพในการฟอกสีน้ำมันใช้แล้วได้ แต่น้ำมันปรับปรุงยังไม่สามารถนำไปใช้ทอดอาหารซ้ำได้ เนื่องจากคุณภาพทางเคมียังไม่ได้มีการปรับปรุงที่ดีขึ้นเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าเพอร์ออกไซด์ ดังนั้นน้ำมันปรับปรุงอาจนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นแทน เช่น การใช้ผลิตไบโอดีเซล เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเปรียบเทียบการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันใช้แล้วเมื่อมีการปรับปรุงโดยใช้ดินฟอกสีใหม่และดินฟอกสีที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ชลิตา พัวเนียว, จิรัชญา ช่วยเกลี้ยง, และพรศิริ แก้วประดิษฐ์ (2554) การศึกษาไอโซเทอมการดูดซับของการฟอกสีน้ำมันปาล์มที่ผ่านการกำจัดยางเหนียว. การประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21 10-11 พฤศจิกายน 2554 อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา.
- ธรรมบุญ อุดมมัน และสมชัย อัครทิวา (2551) การปรับสภาพดินฟอกสีที่ใช้แล้วเพื่อใช้เป็นตัวดูดซับสีของน้ำมันปาล์มดิบและสีย้อมรีแอคทีฟ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17 บทนำ หน้า NP07-1.
- นงพงา จิตรกร. (2544) ดินฟอกสี. สืบค้น 30 มกราคม 2013, จาก <http://www.tistr.or.th>
- นิรมล วรสิษฐ์ (2547) การใช้เบนโทไนต์ฟอกสีคั่วในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดแล้วหลายครั้ง. วิทยานิพนธ์สาขาวิชาเคมีอินทรีย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิรมล วรสิษฐ์ (2553) Decolorisation of rice bran oil by kaolinite. วิทยานิพนธ์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Al-Zahrani, A.A. and Daous, M.A. (2000) Recycling of spent bleaching clay and oil recovery. *Trans IChemE*. 78 : 224-228.
- Chang, J.I., Tai, H.S., and Huang, T.H. (2006) Regeneration of spent bleaching earth by lye-extraction. *Environmental Progress*. 25(4) : 373-378.
- Foletto, E.L., Alves, C.C.A., Sganzerla, L.R., and Porto, L.M. (2002) Regeneration and utilization of spent bleaching clay. *Latin American Applied Research*. 32 : 205-208.
- Huang, Y.P. and Chang, J.I. (2010) Biodiesel production from residual oils recovered from spent bleaching earth. *Renewable Energy*. 35 : 269-274.
- Lee, C.G., Seng, C.E., and Liew, K.Y. (2000) Solvent efficiency for oil extraction from spent bleaching clay. *JAOCS*. Vol.77 (11), 1219-1222.
- Nursulihatimarsyila, A.W., Cheah, K.Y., Chuah, T.G., Siew, W.L., and Choong, T.S.Y. (2010) Deoiling and regeneration efficiencies of spent bleaching clay. *American Journal of Applied Sciences*. 7(3) : 434-437.
- Rossi, M., Gianazza, M., Alamprese, C., and Stanga, F. (2003) The role of bleaching clays and synthetic silica in palm oil physical refining. *Food Chemistry*. 82 : 291-296.
- Tsai, W.T., Chen, H.P., Hsieh, M.F., Sun, H.F., and Chien, S.F. (2002). Regeneration of spent bleaching earth by pyrolysis in a rotary furnace. *Journal of analytical and applied pyrolysis*. 63(1) : 157-170.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ก1. วิธีวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Acid Value) (AOAC, 1997)

1.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1.1.1 เครื่องแก้ว

1.1.2 สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ 95%

1.1.3 สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1% ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95%

1.1.4 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

1.2 วิธีวิเคราะห์

1.2.1 ชั่งตัวอย่างน้ำมันโดยใช้ปริมาณตามตารางที่ ก1 ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

ตาราง ก1 ปริมาณกรดไขมันอิสระ ปริมาณแอลกอฮอล์ และความเข้มข้นของด่าง

Acid Value range%	Sample (g)	Alcohol (mL)	Strength of alkali
0.0-0.2	56.4	50	N
0.2-1.0	28.2	50	0.1 N
1.0-30.0	7.05	75	0.25 N
30.0-50.0	7.05	100	0.25 or 1.0 N
50.0-100.0	3.525	100	1.0 N

1.2.2 เติมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ตามปริมาณที่เหมาะสมดังพิจารณาจากตารางที่ ก1 โดยสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ที่ใช้ต้องผ่านการทำเป็นกลางแล้ว (Neutralized) โดยการเติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2 มิลลิลิตร และไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนได้สารละลายสีชมพูอ่อน และนำไปทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส

1.2.3 เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2 มิลลิลิตร

1.2.4 ไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนได้สารละลายสีชมพูคงตัว 30 วินาที (ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้พิจารณาตาราง ก1)

1.2.5 บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต

1.2.6 คำนวณค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ

$$\text{Free fatty acid as palmitic, \%} = \frac{\text{ml of alkali} \times N \times 25.6}{\text{Mass of sample, g}}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

ก2. วิธีวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value ; PV) (AOCS Cd 8-53, 1997)

2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

2.1.1 เครื่องแก้ว

2.1.2 สารละลายผสมอะซิติก : คลอโรฟอร์ม (3 : 2)

2.1.3 สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว

2.1.4 สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

2.1.5 สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล

2.1.6 สารละลายน้ำเบ็งความเข้มข้น 1%

2.2 วิธีวิเคราะห์

2.2.1 ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5 ± 0.05 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.2.2 เติมสารละลายผสมอะซิติก : คลอโรฟอร์ม (3 : 2) 30 มิลลิลิตร

2.2.3 เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร

2.2.4 เขย่าสารละลายเป็นเวลา 1 นาที ในที่มืด และเติมน้ำกลั่นทันที 30 มิลลิลิตร

2.2.5 ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อนและเติมสารละลายน้ำเบ็งความเข้มข้น 1% 2 มิลลิลิตร และไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินจางหาย

2.2.6 บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต

2.2.7 ทำ blank ตามวิธีเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น แต่ไม่ใส่ตัวอย่างน้ำมัน

2.2.8 คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์

$$\text{Peroxide Value (milliequivalents peroxide/1000 g sample)} = \frac{(S - B) \times N \times 1000}{\text{Mass of sample, g}}$$

เมื่อ S = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มอล)

ก3. วิธีวิเคราะห์ค่าพาราแอนนิซิดีน (*p*-Anisidine Value ; *p*-AV) (AOCS Cd 18-90, 1997)

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

- 3.1.1 เครื่องแก้ว
- 3.1.2 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)
- 3.1.3 สารละลายไอโซออกเทน
- 3.1.4 สารละลายกรดอะซิติก
- 3.1.5 สารละลายพาราแอนนิซิดีน

3.2 วิธีวิเคราะห์

- 3.2.1 ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 0.5 ± 4.0 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร
- 3.2.2 เติมสารละลายไอโซออกเทน เขย่าให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร
- 3.2.3 ทำ blank โดยใช้สารละลายไอโซออกเทน
- 3.2.4 นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 350 นาโนเมตร
- 3.2.5 ปิเปตสารละลายตัวอย่างจากขวดวัดปริมาตร 25 มิลลิลิตร ออกมาจำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง
- 3.2.6 ปิเปตสารละลาย blank จำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองอีกหลอดหนึ่ง
- 3.2.7 เติมสารละลายพาราแอนนิซิดีน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
- 3.2.8 นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 350 นาโนเมตร
- 3.2.9 คำนวณพาราแอนนิซิดีน

$$p\text{-Anisidine Value} = \frac{25 \times (1.2 A_s - A_b)}{\text{Mass of sample, g}}$$

เมื่อ A_s = ค่าการดูดกลืนแสงหลังเติมสารละลายพาราแอนนิซิดีน

A_b = ค่าการดูดกลืนแสงก่อนเติมสารละลายพาราแอนนิซิดีน

ก4. วิธีวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบมีซัลฟิวด้วยเครื่อง Ebro TM electronic (FOM 310)

4.1 อุปกรณ์และสารเคมี

4.1.1 เครื่องแก้ว

4.1.2 เครื่องวัดสารประกอบมีซัลฟิว (Ebro TM electronic, FOM 310)

4.2 วิธีวิเคราะห์

4.2.1 กดปุ่ม On/Hold เพื่อเปิดเครื่อง

4.2.2 จุ่มหัวเซ็นเซอร์ในน้ำมันที่ร้อน 150 องศาเซลเซียส ให้อยู่ในระดับ Min/Max

4.2.3 กดหัวเซ็นเซอร์ในน้ำมันอย่างน้อย 5 วินาที จุ่มหัวเซ็นเซอร์จนมีลูกศรขึ้น

4.2.4 กดปุ่ม On/Hold เพื่ออ่านค่า

ก5. วิธีวิเคราะห์ความหนืด Brookfield Viscometer (Brookfield DV-III)

5.1 อุปกรณ์

5.1.1 Brookfield viscometer รุ่น DV-III

5.1.2 ชุด small sample adapter

5.1.3 หัววัดเบอร์ 18

5.2 วิธีวิเคราะห์

5.2.1 ปรับระดับลูกน้ำให้อยู่กึ่งกลางของกรอบ และเปิดเครื่อง (power switch) ที่ด้านหลังของฐานเครื่อง

5.2.2 กดปุ่ม motor on/off เครื่องจะทำการปรับศูนย์อัตโนมัติ เมื่อน้ำจ่อขึ้น auto zero is complete กด next

5.2.3 นำน้ำมันใส่ใน chamber ซึ่งติดตั้งเข้ากับชุด small sample adapter และควบคุมในการวัดที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส

5.2.4 ใส่หัววัดเบอร์ 18 และจุ่มในตัวอย่าง

5.2.5 กด select spindle เพื่อเลือกขนาดของหัววัด และกด select spindle อีกครั้งเพื่อตอบตกลง

5.2.6 เลือกความเร็วรอบ โดยพิจารณาความเร็วรอบจากค่าทอร์ก (torque) ที่เข้าใกล้ 100 หลังจากนั้นอ่านค่าความหนืดของตัวอย่างเป็นเซนติพอยส์ (cP)

ก6. วิธีการวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab (Color Quest XE)

เครื่องวัดสีทำงานโดยใช้หลักการของ spectrophotometry ดังนี้ ให้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงภายในตัวเครื่อง ตกกระทบบนผิวของวัตถุ อนุภาคของสีบนผิวของวัสดุจะดูดกลืนแสงบางช่วงคลื่นไว้ และสะท้อนแสงบางช่วงคลื่นออกมา และถูกบันทึกโดยชุดรับสัญญาณ (Spectrometer) และนำข้อมูลมาประมวลผลตามการตอบสนองของตามนุษย์ที่ไวต่อแสงสีแดงและสีน้ำเงิน คำนวณค่าสีออกมาเป็นตัวเลขระบบ CIE (Commission International de l'Eclairage)

6.1 วิธีวิเคราะห์

6.1.1 เปิดเครื่องทดสอบและโปรแกรมการทดสอบในคอมพิวเตอร์ ในการตรวจสอบสีของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ใช้ค่าสีระบบ CIE L* a* b* โดยการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) ด้วยการตั้งค่าต่างๆ ดังนี้ Mode เลือก TTRAN (Total transmission) ใช้วัดสีวัตถุโปร่งใส โดยจะรวมแสงที่ทะลุผ่านทั้งหมดและแสงที่กระเจิง และเลือก Illuminant/Observer เลือก D65/10°

6.1.2 ทำการ Calibration เครื่อง ก่อนการวัดครั้งแรกด้วยชุด Calibration โดยทำตามขั้นตอนที่โปรแกรมกำหนด ดังนี้

6.1.2.1 นำ black card วางที่ transmission port กด OK เมื่อทำการ standardize สมบูรณ์แล้ว นำ black card ออก

6.1.2.2 นำ cell blank วางแทนที่ black card

6.1.2.3 นำ white calibrated tile วางที่ reflectance port (วางไว้ตลอดการวัดโดยไม่เอาออก)

6.1.2.4 ทำการกดอ่านค่า cell blank โดยค่า L* ที่วัดได้จะเท่ากับ 100 หรือใกล้เคียง 100 ค่า a* และ b* จะเท่ากับ 0 หรือใกล้เคียง 0

6.1.2.5 จากนั้นเปลี่ยนจาก cell blank เป็นตัวอย่างน้ำมัน วัดค่าสีของน้ำมันในระบบ CIE L* a* b* โดยทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

L* หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

a* หมายถึง ค่าสีแดง ถ้าเป็นบวก (+)/ค่าสีเขียว ถ้าเป็นลบ (-)

b* หมายถึง ค่าสีเหลือง ถ้าเป็นบวก (+)/ค่าสีน้ำเงิน ถ้าเป็นลบ (-)

C* หมายถึง ค่าความเข้มของสี (Chroma) คำนวณจาก $C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$

H* หมายถึง มุมของสี (Hue angle) คำนวณจาก $H^* = \arctan(b^*/a^*)$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้