



การศึกษาศักยภาพของฟางข้าวในการกำจัดโซเดียมคลอไรด์ในน้ำเสียสังเคราะห์

A study of removal potential of NaCl in Synthetic Wastewater Using Rice Straw

ปราโมทย์ มณีโชติ, ประสันต์ ชุ่มใจหาญ*

Pramote Maneechote, Prasan Choomjaihan*

หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร, 10520

Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

*Corresponding author: Tel: 02-329-8337, E-mail: prasan.ch@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนของน้ำเสียโดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนของสารละลายเกลือสูงส่งผลก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมอย่างมาก การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้วัสดุดูดซับชีวภาพจากฟางข้าวในการกำจัด NaCl ออกจากสารละลาย และหาศักยภาพการกำจัด NaCl และหาสัดส่วนการใช้ฟางข้าวที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วย NaOH ที่ความเข้มข้นของสารละลาย 20 และ 35 g/l ทำการศึกษาดูอุณหภูมิสารละลายแตกต่างกัน 3 ระดับได้แก่ ที่อุณหภูมิห้อง, ที่อุณหภูมิคงที่ 90°C และ ที่อุณหภูมิลดลงจาก 90°C สัดส่วนวัสดุดูดซับต่อปริมาตรของสารละลาย 0.01, 0.03 และ 0.05 g/ml และที่ระยะเวลาในการดูดซับตั้งแต่ 0 ถึง 150 min จากการทดลองพบว่าศักยภาพการกำจัดเกลือของฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วย NaOH ดีกว่าฟางข้าวที่ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพ และที่สภาวะอุณหภูมิคงที่ 90°C มีศักยภาพในการกำจัด NaCl ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ที่สภาวะอุณหภูมิลดลงจาก 90°C และที่ อุณหภูมิห้องมีศักยภาพการกำจัด NaCl ต่ำที่สุด การกำจัด NaCl ด้วยอุณหภูมิสารละลายคงที่ 90°C และแบบอุณหภูมิสารละลายแบบลดลงจาก 90°C สามารถกำจัด NaCl ได้อย่างรวดเร็วในช่วงแรก และเริ่มลดลงเมื่อเวลาผ่านไปนานกว่า 60 และ 100 min ตามลำดับ จากการทดลองทำให้เห็นมิติใหม่ของการใช้ฟางข้าว และวิธีการในการจัดการสารละลาย NaCl ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: การกำจัดเกลือ, โซเดียมคลอไรด์, ฟางข้าว, ฟางข้าวปรับสภาพ

Abstract

The contamination of water; particularly, salt solution, has been distributed to the environment which affects the living animals and surround environment. This experiment aims to use the bio-absorber from rice straw to remove the NaCl from the salt solution and to examine the percentage of removal (% RE) of salt from solution with non-treated and NaOH treated rice straw at the 20 and 35 g/l of salt concentration. The experiment was performed at three different conditions of solution temperatures, ambient temperature, constant temperature at 90°C and gradually decreasing temperature from 90°C, respectively. The ratios of bio-absorber to volume of salt solution were 0.01, 0.03 and 0.05 g/ml, respectively, and the soaking periods were 0 to 150 min. The results showed that constant temperature at 90°C gave higher potential of NaCl removal, following by of gradually decreasing temperature from 90°C, and ambient temperature resulted lowest NaCl removal. The NaCl removal of constant temperature at 90°C and gradually decreasing temperature from 90°C were progressively removed in first 60 and 100 min; after that the NaCl removal were decreased. This experiment demonstrated the new application of using bio-absorber for water purification.

Keywords: Salt Removal, NaCl, Rice Straw, Modified Rice Straw

1 บทนำ

การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในปัจจุบันทำให้มีการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีการปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาล้างน้ำทั้งทางดิน ทางน้ำ และทางอากาศ ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อมนุษย์จนยากจะแก้ไข หนึ่งในปัญหาเหล่านี้คือการปนเปื้อนของเกลือ (NaCl) ในแหล่งน้ำ ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศต่างๆ แหล่งที่มาของเกลือมีได้หลายทางได้แก่โรงงานฟอกย้อม พื้นที่การผลิตเกลือแกล่ง น้ำทิ้งจากกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร รวมทั้งการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล

ปัจจุบันมีหลายวิธีที่ใช้ในการกำจัดสารที่ปนเปื้อนในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมได้แก่ วิธีการตกตะกอนด้วยสารเคมี การแลกเปลี่ยนไอออน การออกซิไดส์ด้วยโอโซน เทคโนโลยีเมมเบรน การดูดซับด้วยถ่านคาร์บอน/ถ่านกัมมันต์ ซึ่งวิธีการเหล่านี้เป็นวิธีการยุ่งยากและใช้ต้นทุนสูง (จรรยาลักษณ์ ปาปะโพธิ์ และอุรา ทิพราช, 2549) วิธีการล่าสุดที่นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้แก่ การใช้วิธีทางชีวภาพซึ่งจะมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อย แต่ยังไม่ประสบผลสำเร็จถึงขั้นนำมาใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากต้องใช้กับระบบที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติสูง อีกหนึ่งทางเลือกที่เป็นที่สนใจในการนำมาใช้เพื่อบำบัดน้ำเสียคือการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นวัสดุดูดซับต้นทุนต่ำเนื่องจากวัสดุดังกล่าวมีโครงสร้างที่เหมาะสมต่อการใช้เป็นสารดูดซับที่มีอยู่ในปริมาณมากและราคาถูก (Tarley and Arruda, 2004)

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการเพาะปลูกข้าวเป็นอันดับ 1 ของประเทศ ส่งผลให้มีฟางข้าวเหลือใช้ประมาณ 25.64 ล้านตันต่อปี (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน, 2552) ฟางข้าวประกอบไปด้วยเซลลูโลส 37.4% เฮมิเซลลูโลส 44.9% ลิกนิน 4.9% silicon ash (13.1%) (Hills and Roberts, 1981) อีกทั้งในฟางข้าวมีรูพรุนและเส้นใยเพื่อใช้ในการดูดซับและการแลกเปลี่ยนไอออนกับโลหะหนักที่อยู่ในรูปสารละลายได้ (นพวรรณ ขจรกิริติกุล และคณะ, 2548) (สุพรรณษา มีถาวร, 2556)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และประสิทธิภาพในการนำฟางข้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นตัวดูดซับเกลือจากสารละลายเกลือแกล่ง

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมฟางข้าว

เก็บฟางข้าวจากนาแห่งหนึ่งในเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร โดยเลือกเฉพาะส่วนของลำต้น ตัดให้มีขนาด 1-2 cm จากนั้นนำไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำปราศจากไอออนจน pH ของน้ำล้างประมาณ 6-7 นำเข้าเตาอบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลานาน 24 h แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

ในโถดูดความชื้นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท

2.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 3 molar

นำ NaOH ปริมาณ 120 g ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 ml เติมน้ำปราศจากไอออน 150 ml ผสมให้ NaOH ละลาย ก่อนถ่ายเทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 ml เติมน้ำปราศจากไอออนจนถึงขีดวัดปริมาตรแล้วเขย่า ก็จะได้สารละลายมาตรฐาน NaOH ความเข้มข้นประมาณ 3 molar

2.3 การปรับสภาพฟางข้าวด้วยสารละลาย NaOH

นำฟางข้าวขนาด 1-2 cm ปริมาณ 100 g ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 2,000 ml จากนั้นนำสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 3 molar ปริมาณ 1,000 ml เติมลงไป แช่ทิ้งไว้ 24 h กรองฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพ และล้างทำความสะอาดด้วยน้ำปราศจากไอออนจน pH ของน้ำล้างมีค่าประมาณ 6-7 นำไปเข้าเตาอบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 24 h แล้วนำมาไว้ในโถดูดความชื้นจนเย็นตัวถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้นเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท

2.4 การทดลองการดูดซับเกลือแกล่งโดยใช้ฟางข้าว

2.4.1 การทดลองการดูดซับเกลือแกล่งที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 g/L ที่สถานะอุณหภูมิห้อง

นำสารละลายเกลือแกล่งความเข้มข้น 20 g/L ปริมาณ 100 ml เติมลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml นำไปวางที่อุณหภูมิห้องแล้วใส่ฟางข้าวที่ยังไม่ได้ทำการปรับสภาพปริมาณ 1 3 และ 5 g ลงไปในบีกเกอร์ กรองสารละลายผ่านตะแกรงที่เวลาต่าง ๆ ได้แก่ 0 10 30 60 100 และ 150 min แล้วเก็บไว้ในขวดเก็บตัวอย่าง โดยนำฟางข้าวที่ผ่านการทดลองไปอบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 24 h แล้วนำมาไว้ในโถดูดความชื้นจนเย็นตัวถึงอุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท จากนั้นทำการทดลองเช่นเดิมแต่เปลี่ยนเป็นฟางข้าวปรับสภาพด้วยสารละลาย NaOH ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.4.2 การทดลองการดูดซับเกลือแกล่งที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 g/L ที่สถานะ 90°C

นำสารละลายเกลือแกล่งความเข้มข้น 20 g/L ปริมาณ 100 ml เติมลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml นำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 100°C รอจนสารละลายในบีกเกอร์มีอุณหภูมิ 90°C จึงใส่ฟางข้าวที่ยังไม่ได้ทำการปรับสภาพปริมาณ 1 3 และ 5 g ลงไปในบีกเกอร์ จากนั้นจึงนำบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่เวลาต่าง ๆ ได้แก่ 0 10 30 60 100 และ 150 min กรองสารละลายผ่านตะแกรง แล้วเก็บไว้ในขวดเก็บตัวอย่าง โดยนำฟางข้าวที่ผ่านการทดลองไปอบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 24 h แล้วนำมาไว้ในโถดูดความชื้นจนเย็นตัวถึงอุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท

จากนั้นทำการทดลองเช่นเดิมแต่เปลี่ยนเป็นฟางข้าวปรับสภาพด้วยสารละลาย NaOH ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.4.3 การทดลองการดูดซับเกลือแอมโมเนียมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 g/L ที่สถานะอุณหภูมิลดลงจาก 90°C

นำสารละลายเกลือแอมโมเนียมความเข้มข้น 20 g/L ปริมาณ 100 ml เติมลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml นำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 100°C รอจนสารละลายในบีกเกอร์มีอุณหภูมิ 90°C จึงใส่ฟางข้าวที่ยังไม่ได้ทำการปรับสภาพปริมาณ 1 3 และ 5 g ลงไปในบีกเกอร์ จากนั้นจึงนำบีกเกอร์ทั้งหมดออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง กรองสารละลายผ่านตะแกรงที่เวลาต่าง ๆ ได้แก่ 0 10 30 60 100 และ 150 min แล้วเก็บไว้ในขวดเก็บตัวอย่าง โดยนำฟางข้าวที่ผ่านการทดลองไปอบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 24 h แล้วนำมาไว้ในโถดูดความชื้นจนเย็นตัวถึงอุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท จากนั้นทำการทดลองเช่นเดิมแต่เปลี่ยนเป็นฟางข้าวปรับสภาพด้วยสารละลาย NaOH ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.4.4 การทดลองการดูดซับเกลือแอมโมเนียมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 35 g/L ที่สถานะอุณหภูมิห้อง

นำสารละลายเกลือแอมโมเนียมความเข้มข้น 35 g/L ปริมาณ 100 ml เติมลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml นำไปวางที่อุณหภูมิห้อง แล้วใส่ฟางข้าวที่ยังไม่ได้ทำการปรับสภาพปริมาณ 1 3 และ 5 g ลงไปในบีกเกอร์ กรองสารละลายผ่านตะแกรงที่เวลาต่าง ๆ ได้แก่ 0 10 30 60 100 และ 150 min แล้วเก็บไว้ในขวดเก็บตัวอย่าง โดยนำฟางข้าวที่ผ่านการทดลองไปอบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 24 h แล้วนำมาไว้ในโถดูดความชื้นจนเย็นตัวถึงอุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท จากนั้นทำการทดลองเช่นเดิมแต่เปลี่ยนเป็นฟางข้าวปรับสภาพด้วยสารละลาย NaOH ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.4.5 การทดลองการดูดซับเกลือแอมโมเนียมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 35 g/L ที่สถานะอุณหภูมิคงที่ 90°C

นำสารละลายเกลือแอมโมเนียมความเข้มข้น 35 g/L ปริมาณ 100 ml เติมลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml นำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 100°C รอจนสารละลายในบีกเกอร์มีอุณหภูมิ 90°C จึงใส่ฟางข้าวที่ยังไม่ได้ทำการปรับสภาพปริมาณ 1 3 และ 5 g ลงไปในบีกเกอร์ จากนั้นจึงนำบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่เวลาต่าง ๆ ได้แก่ 0 10 30 60 100 และ 150 min กรองสารละลายผ่านตะแกรง แล้วเก็บไว้ในขวดเก็บตัวอย่าง โดยนำฟางข้าวที่ผ่านการทดลองไปอบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 24 h แล้วนำมาไว้ในโถดูดความชื้นจนเย็นตัวถึงอุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท จากนั้นทำการทดลองเช่นเดิมแต่เปลี่ยนเป็นฟางข้าวปรับสภาพด้วยสารละลาย NaOH ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.4.6 การทดลองการดูดซับเกลือแอมโมเนียมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 35 g/L ที่สถานะอุณหภูมิลดลงจาก 90°C

นำสารละลายเกลือแอมโมเนียมความเข้มข้น 35 g/L ปริมาณ 100 ml เติมลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml นำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 100°C รอจนสารละลายในบีกเกอร์มีอุณหภูมิ 90°C จึงใส่ฟางข้าวที่ยังไม่ได้ทำการปรับสภาพปริมาณ 1 3 และ 5 g ลงไปในบีกเกอร์ จากนั้นจึงนำบีกเกอร์ทั้งหมดออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง กรองสารละลายผ่านตะแกรงที่เวลาต่าง ๆ ได้แก่ 0 10 30 60 100 และ 150 min แล้วเก็บไว้ในขวดเก็บตัวอย่าง โดยนำฟางข้าวที่ผ่านการทดลองไปอบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 24 h แล้วนำมาไว้ในโถดูดความชื้นจนเย็นตัวถึงอุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท จากนั้นทำการทดลองเช่นเดิมแต่เปลี่ยนเป็นฟางข้าวปรับสภาพด้วยสารละลาย NaOH ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2.5 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดเกลือแอมโมเนียมจากสารละลาย

การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดเกลือแอมโมเนียมออกจากสารละลายโดยใช้วัสดุดูดซับสามารถศึกษาได้จาก 2 ส่วน คือ ส่วนแรกการศึกษาปริมาณเกลือแอมโมเนียมที่เหลืออยู่ในสารละลาย สำหรับส่วนที่สองคือศึกษาจากปริมาณเกลือแอมโมเนียมที่ถูกดูดซับไว้ในวัสดุดูดซับโดยตรวจสอบได้จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียมในวัสดุดูดซับ

2.5.1 การศึกษาปริมาณการกำจัดเกลือแอมโมเนียมออกจากสารละลาย

การหาค่าการกำจัดเกลือแอมโมเนียมโดยนำสารละลายมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายเกลือแอมโมเนียมที่เหลืออยู่ด้วยเครื่อง Auto-Titrator อ้างอิงตามวิธีของ สกาว พงษ์ขวัญ. (2558) โดยนำถ้วยพลาสติกเปล่ามาแล้วชั่งสารละลายเกลือแอมโมเนียมที่ผ่านการดูดซับ เติมน้ำกลั่นปริมาณ 40-60 ml จากนั้นนำมาวัดค่าปริมาณโซเดียมคลอไรด์โดยเครื่อง Auto-Titrator โดยการไตเตรทด้วยซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO_3) เพื่อให้ทำปฏิกิริยากับ Cl^- ตกตะกอนเป็นซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl) เครื่องจะทำการหยดสารซิลเวอร์ไนเตรทลงในตัวอย่างโดยอัตโนมัติ จากนั้นเครื่องทำการหาจุดยุติจากกราฟ (ซิลเวอร์ไอออนทำปฏิกิริยาพอดีกับคลอไรด์ไอออน) และนำปริมาณซิลเวอร์ไนเตรทที่ใช้มาคำนวณหาร้อยละของโซเดียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักตัวอย่าง แล้วจดบันทึกค่าที่แสดงที่หน้าจอ จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การกำจัดตามสมการที่(1)

$$\% \text{Removal} = 100 - \left(\left(\frac{C_0 - C_t}{C_0} \right) \times 100 \right) \quad (1)$$

C_0 คือ ความเข้มข้นเกลือแอมโมเนียมเริ่มต้น

C_t คือ ความเข้มข้นเกลือแอมโมเนียมที่เวลาใดๆ

2.5.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของฟางที่ผ่านการดูดซับ

การหาค่าปริมาณเถ้าอ้างอิงตามวิธีของสุพรรณฯ มีถาวร (2556) โดยนำฟางอบลดความชื้นที่ผ่านการทดลองใส่ในถ้วยกระเบื้องซึ่งน้ำหนักถ้วยและฟางข้าวก่อนเผา จากนั้นนำไปเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffer furnace) ยี่ห้อ JSR รุ่น JSMF-45T ที่อุณหภูมิ 600°C เป็นเวลา 10 hr แล้วนำมาเก็บไว้ในโถดูดความชื้นรอให้เย็นตัว จากนั้นชั่งน้ำหนักหลังการเผา เพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักฟางข้าวก่อนและหลังการเผา

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟางข้าว

การศึกษาลักษณะทางกายภาพช่วยอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากผลของการเตรียมฟางข้าวเป็นวัสดุดูดซับ และฟางข้าวที่ปรับสภาพด้วยสารละลาย NaOH แสดงใน Figure 1 พิจารณาจากภาพถ่ายจะเห็นว่าฟางข้าวที่ไม่ผ่านการปรับสภาพมีการเกาะยึดกันระหว่างเส้นใยอย่างเป็นระเบียบมีช่องว่าง

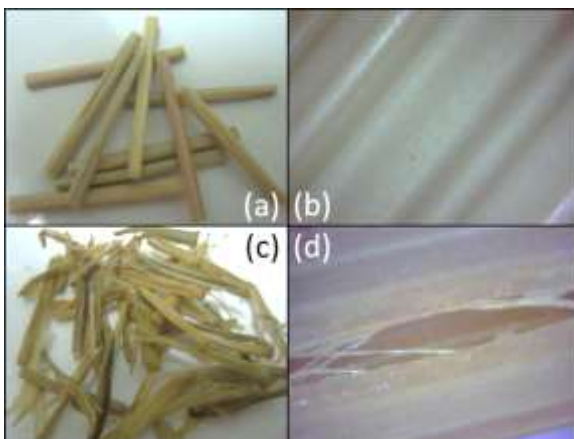


Figure 1 Non-treated rice straw (a), Non-treated rice straw under microscope (x500) (b), NaOH treated rice straw (c) and NaOH treated rice straw under microscope (x500) (d).

น้อย แต่ฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วย NaOH มีลักษณะพื้นผิวหยาบไม่เป็นมันเงาและมีรอยแตกโดยทั่วไปบนพื้นผิว ลักษณะเช่นนี้เกิดจากสารละลาย NaOH กำจัดสารประเภทลิกนินและซิลิโคนซึ่งเป็นสารเคลือบผิวออกจากผิวของฟางข้าวทำให้ผิวของฟางข้าวหยาบขึ้นและขาดความเป็นมันเงา (Sagnik et al, 2011) ทำให้เกิดช่องว่างภายในหรือความพรุนเพิ่มขึ้น

3.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดเกลือแอมโมเนียมจากสารละลาย

3.2.1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดเกลือแอมโมเนียมจากสารละลายที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 และ 35 g/l

Figure 2 แสดงผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเกลือแอมโมเนียมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 และ 35 g/l ที่สถานะอุณหภูมิห้องพบว่าตลอดช่วงระยะเวลาการทดลองมีประสิทธิภาพการกำจัดเกลือแอมโมเนียมที่น้อยมากทั้งฟางข้าวที่ปรับสภาพและฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพ ถึงแม้ปริมาณฟางข้าวที่เพิ่มขึ้นก็ไม่ได้ส่งผลกระทบทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นตามไปด้วย

Figure 3 แสดงผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเกลือแอมโมเนียมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 และ 35 g/l ที่สถานะอุณหภูมิคงที่ 90°C พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดเกลือแอมโมเนียมของทั้งสองสถานะสอดคล้องกัน คือพบว่ามีอัตราการกำจัดที่สูงตลอดระยะเวลาการทดลองทั้งฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพและฟางข้าวที่ปรับสภาพ เนื่องจากการให้ความร้อนจะช่วยกระตุ้นการดูดซับได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ (Toson, et al., 2012) ที่อธิบายว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงขึ้นด้วย และประสิทธิภาพการกำจัดจะเริ่มลดลงเมื่อถึงเวลา 100 min โดยเมื่อฟางข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดเพิ่มขึ้นด้วย (Nasuha et al., 2010), (Yousefi et al., 2011) และพบว่าฟางข้าวที่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพการดูดซับสูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพตลอดทุกช่วงเวลาการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองของ อัญชลี นันดี (2558) ที่อธิบายไว้ว่าเปลือกส้มและขาน้อยที่ปรับสภาพด้วย NaOH และ CaCl_2 มีประสิทธิภาพการดูดซับทองแดงและนิกเกิลสูงกว่าเปลือกส้มและขาน้อยที่ไม่ปรับสภาพ โดยอธิบายว่า NaOH จะเข้าไปกำจัดลิกนินและเฮมิเซลลูโลส

สำหรับ Figure 4 แสดงผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเกลือแอมโมเนียมที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 และ 35 g/l ที่สถานะอุณหภูมิลดลงจาก 90°C พบว่าในช่วงแรกมีประสิทธิภาพการกำจัดเกลือแอมโมเนียมในอัตราที่สูงทั้งฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพและฟางข้าวที่ปรับสภาพจนถึงเวลา 60 min ประสิทธิภาพการกำจัดเกลือแอมโมเนียมจะเริ่มมีอัตราที่ลดลง (Yahaya et al., 2011) เนื่องจากในช่วงแรกพื้นที่ในการดูดซับมีมากทำให้การดูดซับเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วแต่เมื่อเวลาผ่านไป NaCl จะเข้าไปเกาะบนพื้นที่ผิวของฟางข้าวทำให้การดูดซับใหม่เป็นไปได้ยากขึ้น (ธิดาพร ฤทธิธร และคณะ, 2556) และพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณฟางข้าวเพิ่มขึ้น (Guo, et al., 2016) เนื่องจากมีพื้นที่ในการสัมผัสเพิ่มขึ้น และฟางข้าวที่ปรับสภาพก็ยังมีประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพตลอดทุกช่วงเวลาการทดลอง (Wang et al., 2001) ยังสอดคล้องกับผลการทดลองของ (Zhu et al., 2007) ที่ระบุว่าประสิทธิภาพการดูดซับของต้นถั่วเหลืองที่ปรับสภาพสูงกว่าต้นถั่วเหลืองที่ไม่ปรับสภาพ

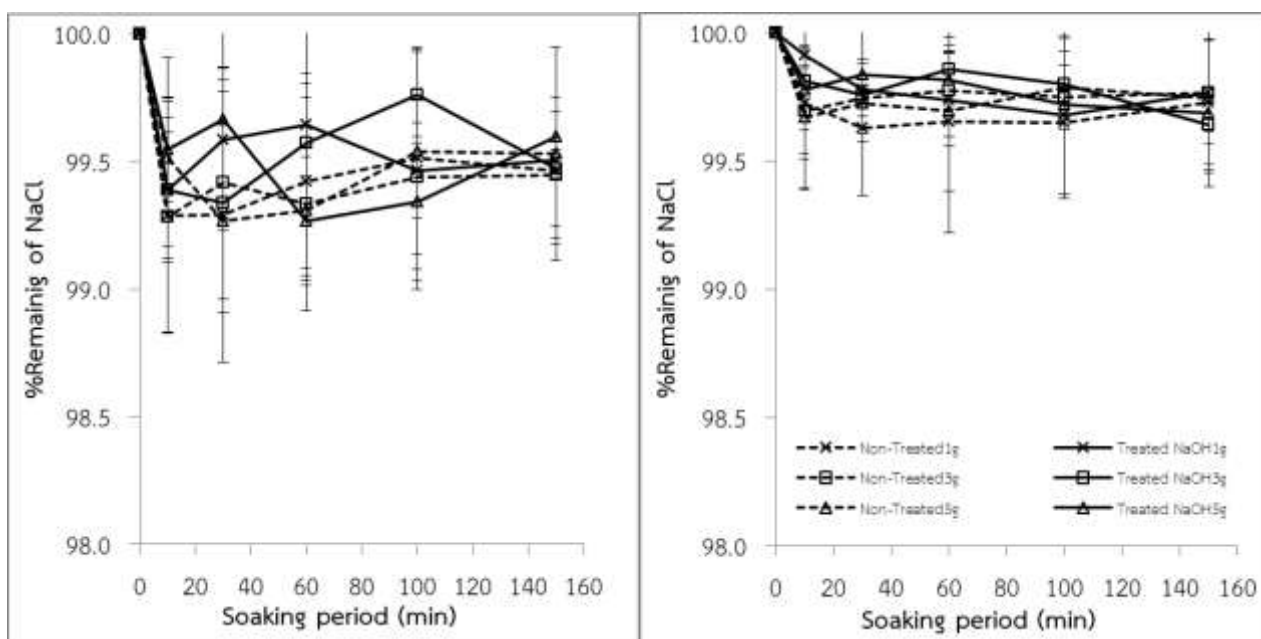


Figure 2 Percentage of NaCl remaining in solution with ambient temperature condition at the solution concentration of 20g/l (left) and 35g/l (right).

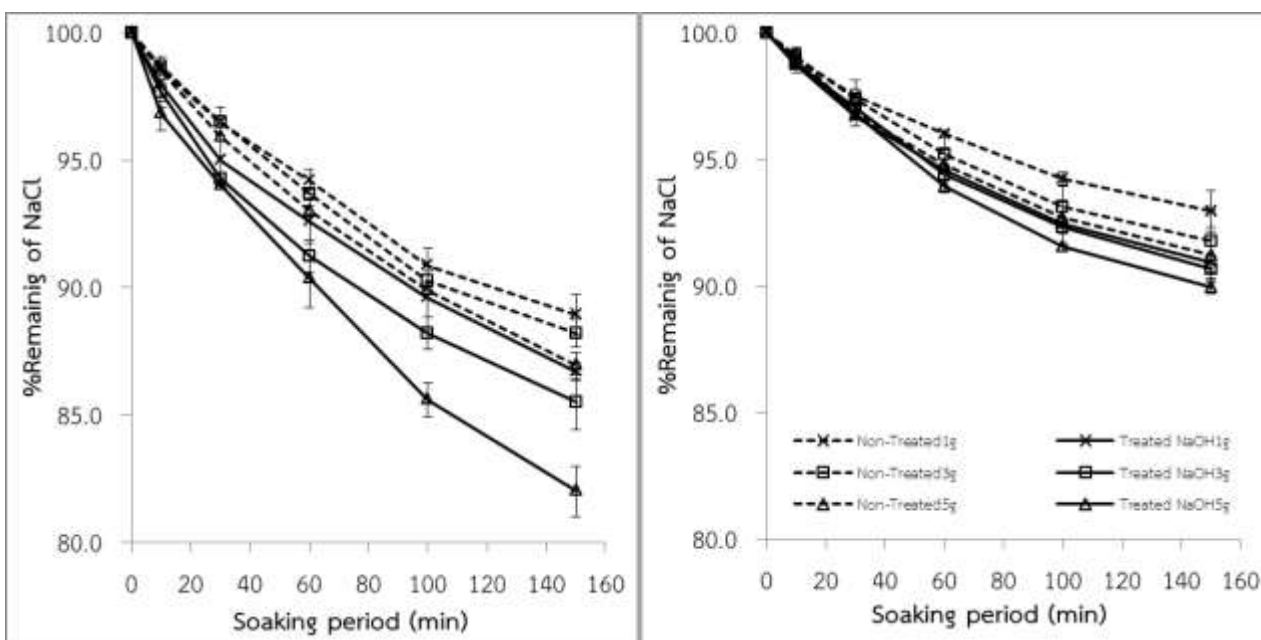


Figure 3 Percentage of NaCl remaining in solution with constant temperature 90°C condition at the solution concentration of 20g/l (left) and 35g/l (right).

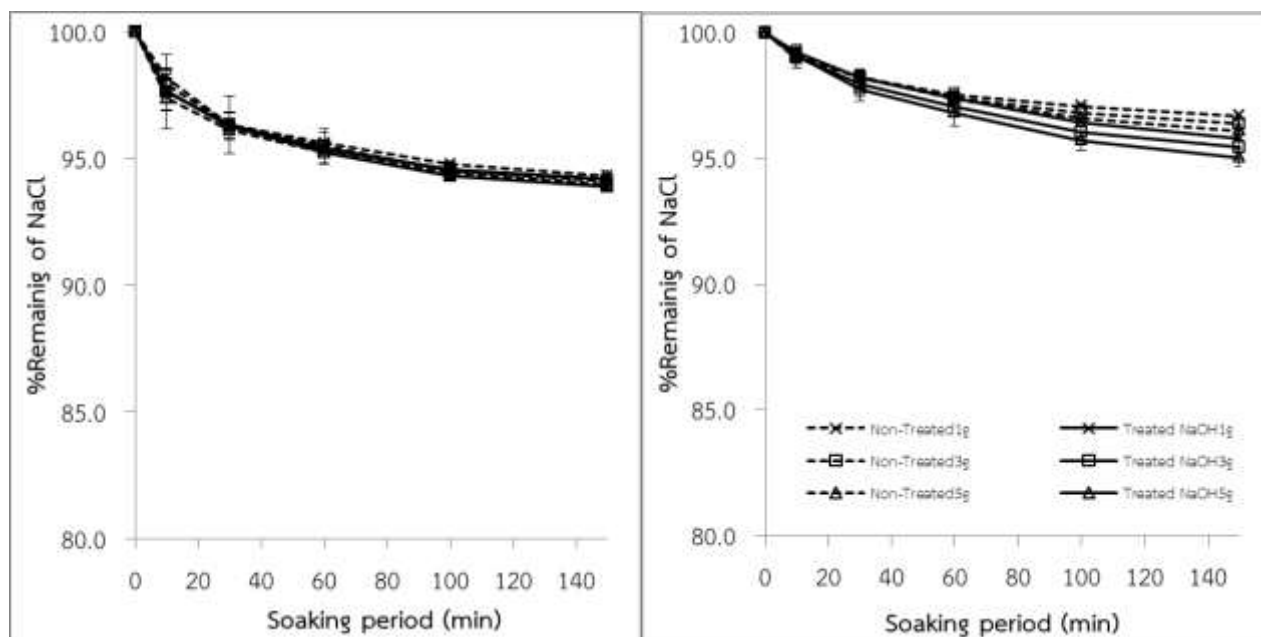


Figure 4 Percentage of NaCl remaining in solution with gradually decreasing temperature from 90°C condition at the solution concentration of 20g/L (left) and 35g/L (right).

3.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของฟางที่ผ่านการดูดซับ

3.3.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของฟางที่ผ่านการดูดซับที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 และ 35 g/L

การเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของวัสดุดูดซับแสดงถึงการถ่ายเทมวลสารของเกลือแกงจากสารละลายไปสู่วัสดุดูดซับ โดยเฉลี่ยฟางข้าวมีสัดส่วนของปริมาณเถ้าเฉลี่ย 0.132 g/น้ำหนักฟางแห้ง (g).

Figure 5 แสดงผลการศึกษาค่าสัดส่วนปริมาณเถ้า จากการทดลองที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 และ 35 g/L ที่สถานะอุณหภูมิห้อง พบว่าตลอดช่วงระยะเวลาการทดลองมีค่าสัดส่วนปริมาณเถ้าที่ต่ำและใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการทดลองทั้งฟางข้าวที่ปรับสภาพและฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพ รวมทั้งปริมาณฟางข้าวที่เพิ่มขึ้นก็ไม่ได้ส่งผลทำให้สัดส่วนปริมาณเถ้าสูงขึ้นตามไปด้วย

จากกราฟที่แสดงใน Figure 4 (left) และ 5 (right) แสดงผลการศึกษาค่าสัดส่วนปริมาณเถ้า จากการทดลองที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 และ 35 g/L ที่สถานะอุณหภูมิลดลงจาก 90°C พบว่าในช่วงแรกมีค่าสัดส่วนของปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพและฟางข้าวที่ปรับสภาพ จนถึงเวลา 100 min จะเริ่มมีอัตราที่ลดลง เนื่องจากในช่วงแรกให้การดูดซับใหม่เป็นไปได้อย่างขึ้นและพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณฟางข้าวจะมีผลให้สัดส่วนเถ้าลดลง เนื่องจากเมื่อปริมาณฟางข้าวเพิ่มขึ้นทำให้สัดส่วนของสารละลายต่อวัสดุดูดซับมีค่าลดลง

พื้นที่ในการดูดซับมีมากทำให้การดูดซับเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วแต่พบว่าเมื่อปริมาณสารดูดซับเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าประสิทธิภาพการดูดซับสูงขึ้นแต่ค่าการดูดซับต่อหน่วยลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าฟางข้าวที่ปรับสภาพมีสัดส่วนปริมาณเถ้าสูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพตลอดระยะเวลาการดูดซับเนื่องจากฟางข้าวที่ปรับสภาพจะมีพื้นที่หรือช่องว่างในการดูดซับสูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ(สุพรรณ มีถาวร, 2556)

Figure 6 แสดงผลการศึกษาค่าสัดส่วนปริมาณเถ้าจากการทดลองที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 และ 35 g/L จากกราฟการทดลองที่อุณหภูมิคงที่ 90°C พบว่าสัดส่วนของปริมาณเถ้ามีอัตราที่สูงตลอดระยะเวลาการดูดซับทั้งฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพและฟางข้าวที่ปรับสภาพ เนื่องจากการให้ความร้อนจะช่วยกระตุ้นการดูดซับให้สูงขึ้น และสัดส่วนของปริมาณเถ้าจะเริ่มลดลงเมื่อถึงเวลา 100 min พบว่าเมื่อปริมาณฟางข้าวเพิ่มขึ้นจะมีผลให้สัดส่วนเถ้าลดลง เนื่องจากเมื่อปริมาณฟางข้าวเพิ่มขึ้นทำให้อัตราส่วนระหว่างฟางข้าวต่อสารละลายมีค่าลดลง (Gong, et al., 2005)โดยเมื่อฟางข้าวมีปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้สัดส่วนของปริมาณเถ้าลดลงด้วย และพบว่าฟางข้าวที่ปรับสภาพมีประสิทธิภาพการดูดซับสูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ปรับสภาพตลอดทุกช่วงเวลาการทดลอง

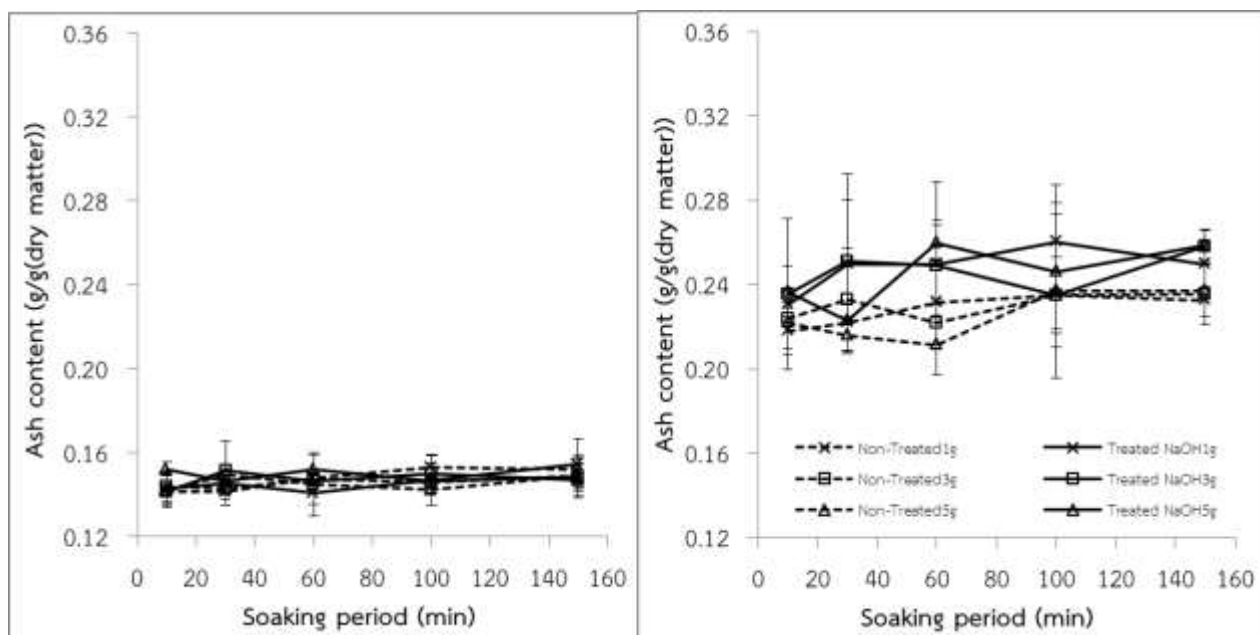


Figure 5 Amount of ash content in rice straw under ambient temperature condition at the solution concentration of 20g/l (left) and 35g/l (right).

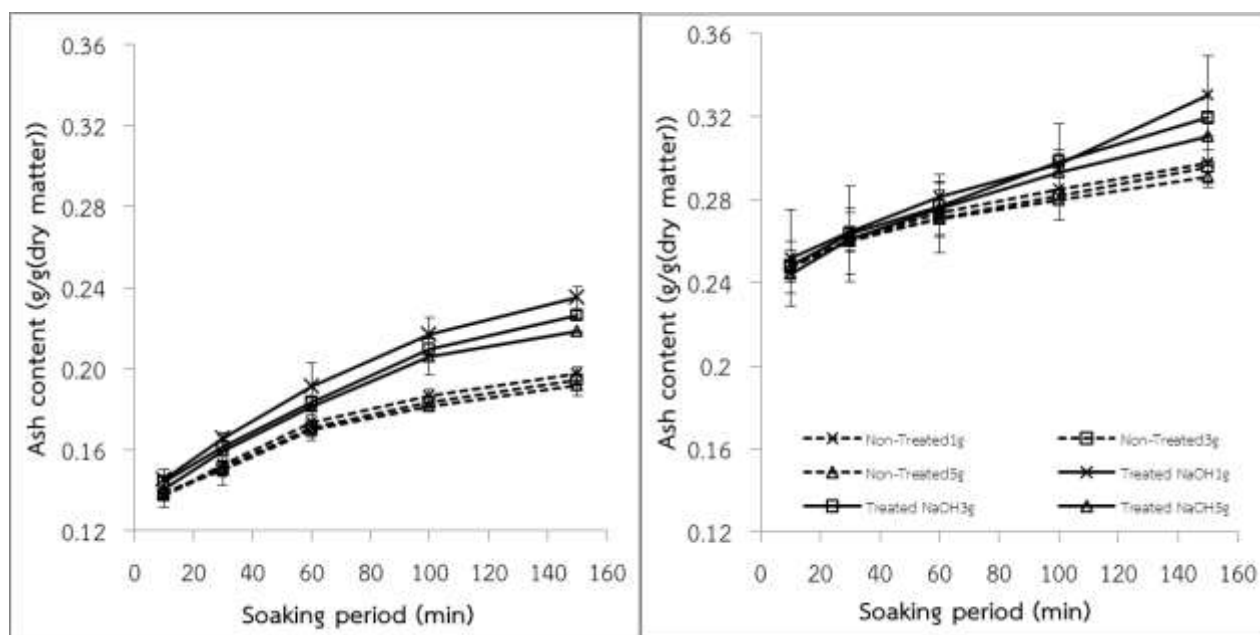


Figure 6 Amount of ash content in rice straw under constant temperature 90°C condition at the solution concentration of 20g/l (left) and 35g/l (right).

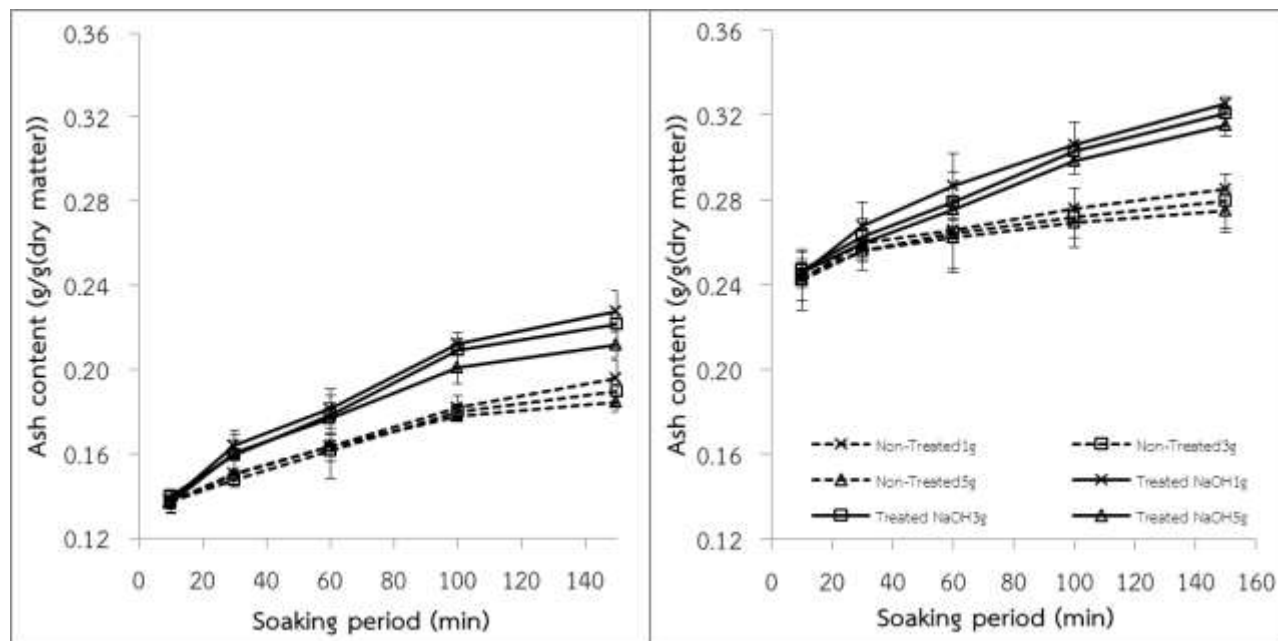


Figure 7 Amount of ash content in rice straw under gradually decreasing temperature from 90°C condition at the solution concentration of 20g/l (left) and 35g/l (right).

4 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเกลือแอมโมเนียมโดยการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นที่เหลืออยู่ในสารละลายและปริมาณแอมโมเนียมในวัสดุดูดซับพบว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดเกลือแอมโมเนียมมีค่าเพิ่มขึ้นที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 20 g/l และ 35 g/l รวมทั้งเมื่อปริมาณฟางข้าว (dose) เพิ่มขึ้นจาก 1-5 g ก็มีผลทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงขึ้นตามไปด้วย และที่สถานะอุณหภูมิ 90°C และแบบอุณหภูมิลดลงจาก 90°C เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับมีค่าเพิ่มขึ้น ยกเว้นที่สถานะอุณหภูมิห้อง เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นไม่ได้มีผลทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับเพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดเกลือแอมโมเนียมของฟางข้าวที่ปรับสภาพมีค่าสูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ

จากการศึกษาสัดส่วนปริมาณแอมโมเนียมพบว่ามีปริมาณแอมโมเนียมเพิ่มขึ้นแสดงว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้อัตราการดูดซับมีค่าสูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาปริมาณวัสดุดูดซับพบว่าเมื่อปริมาณวัสดุดูดซับ (dose) เพิ่มขึ้นปริมาณแอมโมเนียมในวัสดุดูดซับมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากสัดส่วนของสารละลายต่อวัสดุดูดซับมีค่าลดลง โดยที่สถานะอุณหภูมิลดลงจาก 90°C และ อุณหภูมิคงที่ 90°C จะพบว่ามีค่าสัดส่วนแอมโมเนียมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา ยกเว้นที่สถานะอุณหภูมิห้องเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลทำให้ค่าสัดส่วนปริมาณแอมโมเนียมเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และจากการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนปริมาณแอมโมเนียมในวัสดุดูดซับฟางข้าวที่ผ่านการปรับสภาพด้วย NaOH มีค่าสูงกว่าฟางข้าวที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ

5 กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อวัสดุ อุปกรณ์และสถานที่สำหรับการทดลอง

6 เอกสารอ้างอิง

- จรรยาลักษณ์ ปาปะโพธิ์ และอุรา ทิพราช. (2549). ประสิทธิภาพของแกลบเผาและกลามะพร้าวเผาในการดูดซับโลหะหนักน้าย้อมสีเสื้อกบบ้านแพง จ.มหาสารคาม. วิทยาศาสตร์บัณฑิต.สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
- นพวรรณ ขจรกิตติกุล, ปาริชาติ บรรลิลิต และวรรณวรงค์ ชูประเสริฐ. (2548). การดูดซับโลหะตะกั่วโดยใช้ฟางข้าว. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ
- สกว พงษ์ขวัญ. (2558). การวิเคราะห์ปริมาณเกลือของปลาชาร์ทินในน้ำเกลือในอุตสาหกรรมผลิตปลาชาร์ทินกระป๋องด้วยเอนไซม์ฟราเรดสเปกโทรสโกปี. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
- สุพรรณ มีถาวร. (2556). การศึกษาความสามารถในการดูดซับสีของฟางข้าวในระหว่างการย้อมผ้า. ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
- ธิดาพร ฤทธิศรี, เบญจวรรณ จิตรพวน, แสงสุรีย์ ศรีสะอาด. (2556). การดูดซับทองแดงโดยใช้เชื้อยูลิปปัสปรับปรุง

- ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมคลอไรด์. ปรินญา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต. สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเคมี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,
กรุงเทพฯ
- อัญชลี นันดี. (2558). ประสิทธิภาพการดูดซับทองแดงและ
นิกเกิลไอออนในน้ำเสีย โดยใช้เปลือกส้มและขาน้อยที่
ปรับปรุงคุณภาพด้วย NaOH และ CaCl₂. ปรินญาวิทยา
ศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเคมี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,
กรุงเทพฯ
- Ding, Y., Jing, D., Gong, H., Yang, X. (2012). Biosorption
of aquatic cadmium (II) by unmodified rice straw.
Bioresource Technology 114, 20–25.
- Gong, R., Li, M., Yang, C., Sun, Y., Chen, J. (2005)
Removal of cationic dyes from aqueous solution
by adsorption on peanut hull. Journal of
Hazardous Materials.121, 247–250.
- Guo, Y., Zhu, W., Li, G., Wang, X., Zhu, L. (2016). Effect
of Alkali Treatment of Wheat Straw on Adsorption
of Cu (II) under Acidic Condition. Journal of
Chemistry, 1-1.
- Hills, D.I., Roberts, D.W. (1981). Anaerobic digestion of
dairy manure and field crop residues. Journal of
Agricultural Wastes. 3, 179-189.
- Nasuha, N., Hameed, B.H., Azam T., Din, M. (2010).
Rejected tea as a potential low-cost adsorbent for
the removal of methylene blue. Journal of
Hazardous Materials. 175, 126–132.
- Sagnik C., Shamik C., Papita D. S., (2011). Adsorption of
crystal violet from aqueous solution onto NaOH-
modified rice husk. Journal of Carbohydrate
polymer. 86, 1533-1541.
- Tarley C. R. T., Arruda M. A. Z. (2004). Biosorption of
heavy metals using rice milling by-products
Characterisation and application for removal of
metals from aqueous effluents. Journal of
Chemosphere. 54, 987-995.
- Toson, A., Akçelik, Ö., Balbaşı, M., Ergun, M. (2012).
Adsorption of Cadmium from Aqueous Solutions
onto Coffee Grounds and Wheat Straw: Equilibrium
and Kinetic Study. Gazi University Journal of
science. 25, 783-791.
- Wang, X., Xia, L., Tan, K., Zheng, W. (2001). Studies on
Adsorption of Uranium (VI) from Aqueous Solution
by Wheat Straw, Environmental Progress &
Sustainable Energy. 31, 566-577.
- Yahaya, N.E.M., Pakir, M.F., Latiffa, M., Abustana, I.,
Bellob, O.S., Ahmad, M.A. (2011). Adsorptive
Removal of Cu (II) Using Activated Carbon Prepared
From Rice Husk by ZnCl₂ Activation and
Subsequent Gasification with CO₂. International
Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS 11,
164-168.
- Yousefi, N., Fatehizadeh, A., Azizi, E., Ahmadian., M
Ahmadi, A., Rajabizadeh, A., Toolabi, A. (2011)
Adsorption of Reactive Black 5 Dye onto Modified
Wheat Straw : Isotherm and Kinetics Study. Sacha.
Journal of Environmental Studies.1, 81-91.
- Zhu, B., Fan, T., Zhang, D. (2007). Adsorption of copper
ions from aqueous solution by citric acid modified
soybean straw. Journal of Hazardous Materials
.153, 300–308.