

**การบำบัดน้ำเสียโรงงานผักกาดทองด้วยการสร้างตะกอนร่วมและการกรองด้วยชั้นวัสดุปลูกของระบบ
หยาบกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมที่มีตัวดูดซับถ่านกะลามะพร้าว**

**Pickled Mustard Green Factory Wastewater Treatment by Coagulation and Filtration with
Growing Material Layer of Grass Filtration System and Constructed Wetland with
Coconut Shell Charcoal Adsorbent**

สุภาวดี เจริญรูป (Supawadee Charoenroop)* คณิตา ตั้งคณานุกรักษ์ (Kanitta Tungkananuruk)**

ดร.นิพนธ์ ตั้งคณานุกรักษ์ (Dr.Nipon Tungkananuruk)***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสี ความขุ่นและซีโอดีของน้ำเสียจากโรงงานผักกาดทองด้วยกระบวนการสร้างตะกอนร่วม ร่วมกับการกรองด้วยชั้นวัสดุปลูกของระบบหยาบกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม โดยใช้ถ่านกะลามะพร้าวเป็นตัวดูดซับ ผลการทดลองแบบจาร์เทสต์ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการสร้างตะกอนร่วมในการบำบัดสีและความขุ่นได้ดีที่สุด คือ ที่ pH 8.0 โดยใช้สารละลายสารส้มเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 18 มิลลิตร โดยให้ประสิทธิภาพการบำบัดสีและความขุ่นสูงสุดที่ร้อยละ 77.06 และ 92.77 ตามลำดับ ผลการทดลองแบบแบตช์ พบว่า ถ่านกะลามะพร้าว 18 กรัมต่อน้ำเสียที่ผ่านบำบัดด้วยกระบวนการสร้างตะกอนร่วม 50 มิลลิตร และระยะเวลาสัมผัส 5 วัน ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสี (85.00) ความขุ่น (84.34) และซีโอดี (80.00) ดีที่สุด กลไกการดูดซับสอดคล้องกับทั้งไอโซเทอร์มของแลงเมียร์และฟรุนดลิช นอกจากนั้นอัตราส่วนโดยน้ำหนักของถ่านกะลามะพร้าวต่อดินเท่ากับ 1:40 ให้ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด ผลการทดลองแบบการไหลต่อเนื่อง พบว่า ระบบหยาบกรองน้ำเสียให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสี ความขุ่นและซีโอดีที่ร้อยละ 86.00, 73.37 และ 95.00 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate the optimum condition of color turbidity and COD reduction from Pickled Mustard Green factory wastewater by coagulation process and filtration with growing material layer of grass filtration system and constructed wetland with coconut shell charcoal adsorbent. Jar test experiments showed that the highest efficiency of coagulant to reduce color and turbidity was at the condition of pH 8.0 and 18 ml of 10 mg/ml alum solution and the removal percentage of color and turbidity were 77.06 and 92.77 respectively. Batch experiments showed that the highest adsorption efficiency percentage of color (85.00) turbidity (84.34) and COD (80.00) were achieved at 18 g. of coconut shell carbon per 50 ml of coagulation treated wastewater and 5 days of contact time. Also, adsorption model was conformed to Langmuir and Freundlich isotherm. Furthermore, the ratio by weight of coconut shell carbon and soil at 1:40 gave the highest removal efficiency. By the continuous flow experiments, packing growing materials and wastewater treatment were investigated by simulating the grass filtration and the constructed wetland system. The results revealed that the removal efficiency percentage of color, turbidity and COD from the grass filtration system were 86.00, 73.37 and 95.00 respectively and which higher than the removal efficiency from constructed wetland.

คำสำคัญ: น้ำเสียโรงงานผักกาดทอง กระบวนการสร้างตะกอนร่วม ระบบหยาบกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม

Key Words: Pickled mustard green factory wastewater, Coagulation process, Grass filtration system and constructed wetland

* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทนำ

ผักกาดเขียวปลี (Green mustard หรือ Chinese mustard หรือ Leaf mustard) เป็นผักกาดที่อยู่ในตระกูล Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica juncea* L. ไม่นิยมบริโภคสดเนื่องจากมีรสขมและเผ็ด แต่จะมีคุณภาพดีหลังจากการนำมาดอง ผักกาดดองจะมีรสเปรี้ยว ซึ่งผลิตได้จากการคลุกเคล้าวัตถุดิบกับเกลือ แล้วนำไปอัดให้แน่นในภาชนะ ปล่อยให้ทิ้งไว้ให้เกิดการหมัก (วิชัย, 2521) โดยกระบวนการในการผลิตมักจะอาศัยน้ำเป็นตัวกลางเกือบทุกขั้นตอน ทำให้ต้องใช้ปริมาณมากในกระบวนการผลิต โรงงานผักกาดดองนับวันจะมีการพัฒนาและเติบโตขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้ปริมาณของน้ำที่เพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของโรงงาน น้ำทิ้งจากโรงงานผักกาดดองก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียได้ เนื่องจากเป็นกิจการในระดับครัวเรือน ส่วนใหญ่ไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งลักษณะของน้ำทิ้งเป็นน้ำที่มีค่า COD สูง เนื่องจากของเสียที่มาจากกระบวนการผลิตมีสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่สูง มีจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักสร้างสารประกอบจำพวกกรด แอลกอฮอล์และอื่นๆ ขึ้น ซึ่งสารเหล่านี้มีฤทธิ์ในการยับยั้งหรือชะลอการเจริญของจุลินทรีย์อื่น ที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียของผักกาดเขียวปลี ส่งผลให้ปริมาณของน้ำเสียมีความเป็นกรดและ COD เพิ่มขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ที่จะนำระบบบำบัดน้ำเสียแบบห้ำกรองน้ำเสียและระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม มาช่วยบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผักกาดดองซึ่ง

ทั้ง 2 วิธีนี้เป็นวิธีที่อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติช่วยธรรมชาติ แต่เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานผักกาดดองมีความเป็นกรดและสารอินทรีย์สูง ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดที่ 2 โดยวิธีการสร้างตะกอนร่วมด้วยสารส้มหรือปูนขาว และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดและ COD ของระบบบำบัดที่ 2 โดยการใส่ตัวดูดซับกละเมะพร้าวเป็นวัสดุเพาะปลูกในแปลงพืช นอกจากนี้ยังศึกษาถึงชนิดของพืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบห้ำกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำ

เทียมด้วยกัน 2 ชนิด คือ กกกลมและธูปฤาษี เนื่องจากพืชทั้ง 2 ชนิดเจริญเติบโตง่าย ทนต่อสารพิษ สามารถปรับตัวเข้ากับลักษณะสมบัติของน้ำเสียได้ดี

ผู้วิจัยคาดว่าจากผลการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผักกาดดองระดับครัวเรือนและความเป็นไปได้ในการดัดแปลงใช้ในโรงงานขนาดใหญ่ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผักกาดดองด้วยกระบวนการสร้างตะกอนร่วม (Coagulation) โดยวิธีจาร์เทสต์ (Jar Test) เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด สี และความขุ่น
2. ศึกษาประสิทธิภาพของระบบห้ำกรองน้ำเสียและระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม โดยใช้ถ่านกละเมะพร้าวเป็นตัวดูดซับ เพื่อช่วยลดสี ความขุ่นและซีโอดี

วิธีการวิจัย

1. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากโรงงานผักกาดดอง พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความขุ่น (turbidity) ความเค็ม (salinity) สภาพการนำไฟฟ้า (conductivity, EC) ของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (Total Dissolved Solids, TDS) อุณหภูมิ (temperature) และค่าสี (color) ทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง pH meter เครื่อง Turbidity meter เครื่อง Salinity meter เครื่อง EC meter เครื่อง Digital TDS meter เครื่อง Thermometer และเครื่อง Spectrophotometer ตามลำดับ ส่วนค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) และซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) ทำการวิเคราะห์โดยวิธี 5 Days Incubation และวิธี Closed reflux and titration ตามลำดับ

2. ศึกษาการปรับสภาพความเป็นกรด สีและความขุ่นด้วยกระบวนการสร้างตะกอนร่วม (Coagulation) โดยวิธีจาร์เทสต์ (Jar Test) ที่ความเร็วรอบในการกวนเร็วเท่ากับ 100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 3 นาที กวนช้าเท่ากับ 40 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 นาที ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ชนิดและปริมาณสารสร้างตะกอน (สารละลายปูนขาว: 5, 10, 15, 20, 25, 30 มิลลิลิตร และสารละลายสารส้ม: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 มิลลิลิตร) และ pH (6-10)

3. ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยการดูดซับด้วยถ่านกัมมาะพร้าว ทำการทดลองแบบเบดซ์ ปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณถ่านกัมมาะพร้าว (1-21 กรัม) และระยะเวลาสัมผัส (1-6 ชั่วโมง และ 1-7 วัน) ใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยกระบวนการสร้างตะกอนร่วมจากข้อ 2. ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ในแต่ละครั้งการทดลอง และศึกษาความสอดคล้องของสมการการดูดซับกับไอโซเทอร์มของการดูดซับแบบแลงเมียร์ (Langmuir Isotherm) หรือไอโซเทอร์มแบบฟรอนด์ลิช (Freundlich Isotherm) โดยนำผลการทดลองที่ศึกษาได้จากการแปรผันกับปริมาณถ่านกัมมาะพร้าว มาเขียนไอโซเทอร์มการดูดซับ

4. ศึกษาอัตราส่วนระหว่างถ่านกัมมาะพร้าวต่อดินโดยการทดลองแบบเบดซ์ อัตราส่วนระหว่างถ่านกัมมาะพร้าวต่อดินที่ศึกษา คือ 1:10, 1:20, 1:30, 1:40, 1:50, 1:60 และ 1:70 โดยน้ำหนัก ใช้น้ำเสียที่ผลการบำบัดด้วยกระบวนการสร้างตะกอนร่วมจากข้อ 2. ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในแต่ละครั้งการทดลอง และระยะเวลาการแช่เท่ากับที่ศึกษาได้จากข้อ 3 นำมาหาประสิทธิภาพในการบำบัดสี ความขุ่น และซีโอดี

5. การทดลองแบบการไหลต่อเนื่อง (continuous flow) ทำการทดลองโดยใช้คอลัมน์แก้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร บรรจุชั้นวัสดุปลูกเลียนแบบพื้นที่เพาะปลูกของระบบบำบัดน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลม

ผักเบี้ย โดยบรรจุชั้นกรวด 9.6 เซนติเมตร ทรายหยาบ 4.2 เซนติเมตร ทรายละเอียด 2.8 เซนติเมตร และอัตราส่วนระหว่างถ่านกัมมาะพร้าวต่อดินที่เหมาะสมเท่ากับที่ศึกษาได้จากข้อ 4 สูง 16.5 เซนติเมตรโดยการทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

การจำลองการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ทำการทดลองโดยเติมน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยกระบวนการสร้างตะกอนร่วม 200 มิลลิลิตร (ข้อ 2) ลงในคอลัมน์ที่บรรจุวัสดุปลูก แช่ขังนานเป็นเวลา (ชั่วโมง) เท่ากับที่ศึกษาได้จากข้อ 3 เก็บน้ำที่ไหลผ่านออกจากคอลัมน์ นำมาหาประสิทธิภาพการบำบัดสี ความขุ่นและซีโอดี ทำการทดลองซ้ำจนกระทั่งคุณภาพน้ำมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม และการจำลองการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบห้วยการกรองน้ำเสียทำการทดลองเช่นเดียวกับระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม แต่เปลี่ยนระยะเวลาการแช่ขังนานเป็นเวลา (วัน) เท่ากับที่ศึกษาได้จากข้อ 3 โดยเก็บน้ำที่ไหลผ่านออกจากคอลัมน์ นำไปวิเคราะห์และปล่อยให้วัสดุปลูกในคอลัมน์แห้ง 2 วัน

ผลการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสี ความขุ่น และซีโอดีของน้ำเสียจากโรงงานผักกาดคอง โดยกระบวนการสร้างตะกอนร่วม (Coagulation) ร่วมกับระบบห้วยการกรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ได้อธิบายผลการทดลองแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้ คือ ส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียของโรงงานผักกาดคองก่อนได้รับการบำบัด ส่วนที่สองเป็นการปรับสภาพความเป็นกรด สีและความขุ่น ด้วยกระบวนการสร้างตะกอนร่วม (Coagulation) โดยวิธีจาร์เทสต์ (Jar Test) ส่วนที่สามเป็นการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยการดูดซับด้วยถ่านกัมมาะพร้าว ส่วนที่สี่เป็นการศึกษาอัตราส่วนระหว่างถ่านกัมมาะพร้าวต่อดิน และส่วนที่ห้าเป็นการทดลองแบบการไหลต่อเนื่องมีรายละเอียดดังนี้

1. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจากโรงงาน ผักกาดทอง

เนื่องจากของเสียที่มาจากกระบวนการผลิตมีสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่สูง มีจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก สร้างสารประกอบจำพวกกรด แอลกอฮอล์และอื่นๆขึ้น ส่งผลให้น้ำเสียมีค่าซีโอดีและความเป็นกรดสูง ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียของโรงงานผักกาดทอง พบว่า ค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ฝ่ายตรวจและบังคับการ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2555) และค่าสีที่ตรวจวัดได้โดยเทียบกับการฟมาตรฐานแพลตตินัม-โคบอลต์เท่ากับ 258.52 Pt-Co Unit ซึ่งถือว่าเกินค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคที่กำหนดให้ไม่เกิน 5-15 Pt-Co Unit (การประปาส่วนภูมิภาค, 2553) เมื่อพิจารณาด้วยสายตายังเป็นสีที่น้ำฟุ้งรังเกียจ สำหรับค่าความขุ่นที่ตรวจวัดได้ เท่ากับ 1,148 NTU ซึ่งถือว่ามีความขุ่นสูงมาก เนื่องจากแหล่งน้ำโดยทั่วไปไม่ควรมีความขุ่นเกิน 100 NTU เพราะจะส่งผลกระทบต่อการใช้งานของสัตว์และพืชน้ำเนื่องจากคั่งค้างสำหรับการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำและการหาอาหารของสัตว์น้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2557) ดังตารางที่ 1

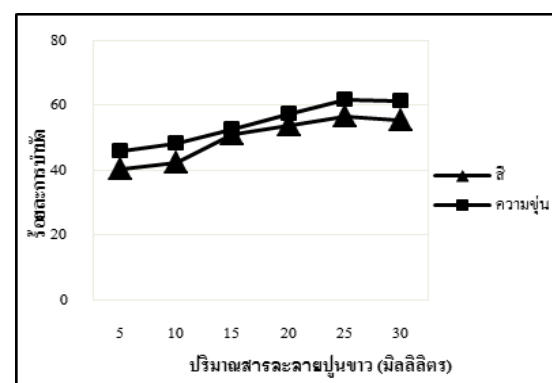
ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำเสียจากโรงงานผักกาดทอง

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำ โรงงาน ผักกาดทอง	ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง โรงงาน อุตสาหกรรมและ นิคมอุตสาหกรรม
pH	4.5	5.5 – 9.0
สี (Pt-Co Unit)	258.52	5 - 15
EC (μS/cm.)	85,500	-
TDS (mg/L)	56,400	ไม่เกิน 3,000
ความเค็ม (mg/L)	22	2,000
ความขุ่น (NTU)	1,148	100
ซีโอดี (mg/L)	5,840	ไม่เกิน 120
บีโอดี (mg/L)	2,145	ไม่เกิน 20
อุณหภูมิ (C°)	28.5	ไม่เกิน 40

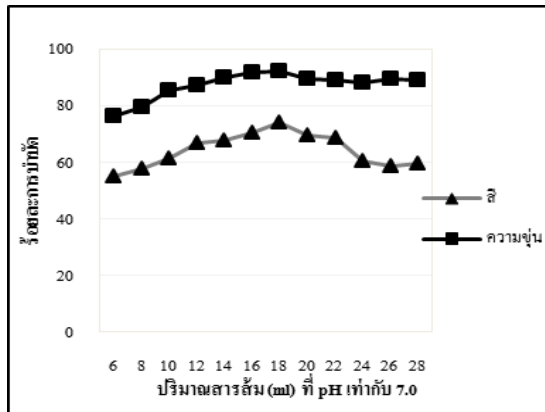
2. การปรับสภาพความเป็นกรด สีและความ ขุ่นด้วยกระบวนการสร้างตะกอนร่วม (Coagulation) โดยวิธีจาร์เทสต์ (Jar test)

2.1 ชนิดและปริมาณสารสร้างตะกอน

ผลการทดลองชนิดและปริมาณสารสร้างตะกอนของสารละลายปูนขาวและสารละลายสารส้มที่เหมาะสมกับการบำบัดสีและความขุ่น โดยปรับ pH เท่ากับ 7.0 ด้วย 1 N NaOH พบว่า สารละลายสารส้มมีประสิทธิภาพในการสร้างตะกอนได้ดีกว่าสารละลายปูนขาว อีกทั้งยังส่งผลในการบำบัดสีและความขุ่น โดยพบว่า ปริมาณสารละลายสารส้ม 18 มิลลิลิตร สามารถบำบัดสีและความขุ่นได้ดีที่สุดที่ร้อยละ 74.31 และ 92.25 ตามลำดับ จากรูปที่ 1 สำหรับสารละลายปูนขาว เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายปูนขาว ประสิทธิภาพการบำบัดสีและความขุ่นเพิ่มขึ้นในช่วงของการเติมสารละลายปูนขาวที่ 5-25 มิลลิลิตร และเมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายปูนขาวจนถึง 30 มิลลิลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดเริ่มลดลง ในส่วนของสารละลายสารส้ม เมื่อเติมปริมาณสารละลายสารส้มที่ 6-18 มิลลิลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดสีและความขุ่นเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายสารส้มที่ 20 มิลลิลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดเริ่มลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งในส่วนของความขุ่นและลดลงอย่างชัดเจนในส่วนของสีซึ่งแสดงให้เห็นในรูป ที่ 2



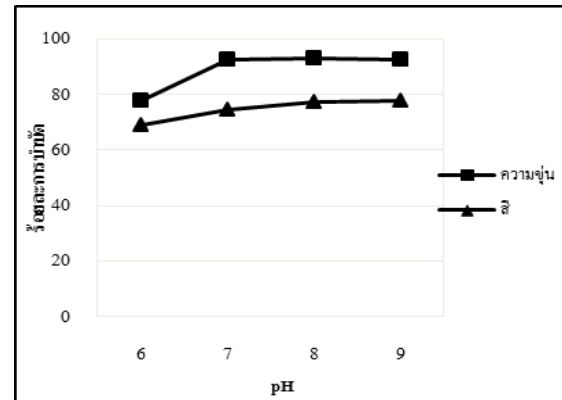
รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารละลายปูนขาว (มิลลิลิตร) กับร้อยละการบำบัดสีและความขุ่น



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารละลายสารส้ม (มิลลิลิตร) กับร้อยละการบำบัดสีและความขุ่น

2.2 pH

จากผลการทดลองในการหาชนิดและปริมาณสารสร้างตะกอนที่เหมาะสมในข้อ 2.1 พบว่า สารละลายสารส้มมีประสิทธิภาพในการสร้างตะกอน บำบัดสีและความขุ่นได้ดีกว่าสารละลายปูนขาว ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกสารละลายสารส้มเป็นสารสร้างตะกอนในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผักกาดทอง โดยทำการศึกษาค่า pH ที่เหมาะสม ดังนี้ โดยศึกษา pH ตั้งแต่ 6 จนถึง 9 และใช้สารละลายสารส้ม 18 มิลลิลิตร พบว่า สารละลายสารส้มที่ pH เท่ากับ 8.0 สามารถบำบัดสีและความขุ่นได้ดีที่สุด คือ ร้อยละ 77.06 และ 92.77 ตามลำดับ ส่วนสารละลายสารส้มที่ pH เท่ากับ 9.0 มีประสิทธิภาพการบำบัดสีและความขุ่นได้ดีที่สุด คือ ร้อยละ 77.58 และ 92.47 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเลือกปรับ pH 8.0 จะประหยัดสารเคมีกว่าที่ pH 9.0 และเป็นสถานะที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต เมื่อปล่อยน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการบำบัดลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ดังนั้น จึงเลือก pH ที่เหมาะสมที่สุดคือ pH 8.0 ดังรูปที่ 3



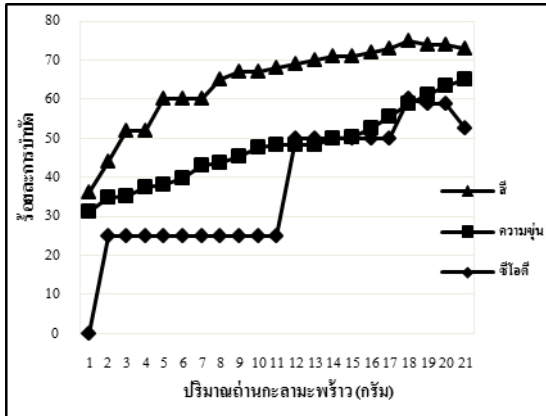
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH ของสารละลายสารส้มกับร้อยละการบำบัดสีและความขุ่น

3. การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

โดยการดูดซับด้วยถ่านกะลามะพร้าว

3.1 ปริมาณถ่านกะลามะพร้าว

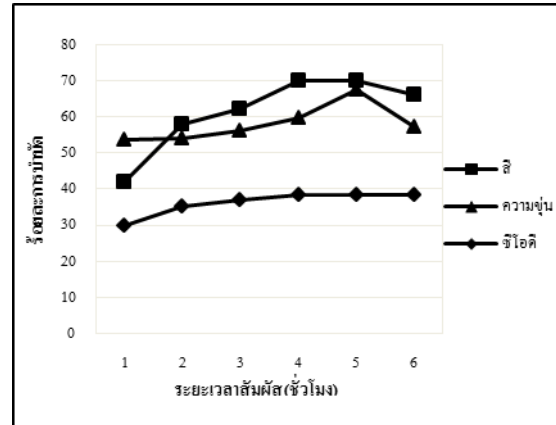
จากการแปรผัน ปริมาณ ถ่านกะลามะพร้าวตั้งแต่ 1 กรัมจนถึง 21 กรัมต่อปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารละลายสารส้ม 50 มิลลิลิตร ที่ระยะเวลาสัมผัส 60 นาที พบว่า ที่ปริมาณถ่านกะลามะพร้าว 18 กรัม ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสี ความขุ่นและซีโอดีได้ดีที่สุดร้อยละ 75.00 , 58.76 และ 60.00 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4 อธิบายได้ว่า การเพิ่มปริมาณถ่านกะลามะพร้าว เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับ มลสารต่างๆ แต่ปริมาณมลสารที่ถ่านกะลามะพร้าวดูดซับได้ในแต่ละการทดลองมีปริมาณคงที่ ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับขึ้นเรื่อยๆ จึงไม่ทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับเพิ่มขึ้นและอาจเกิดการคายซับร่วมด้วย ทำให้ร้อยละการดูดซับมีแนวโน้มลดลง



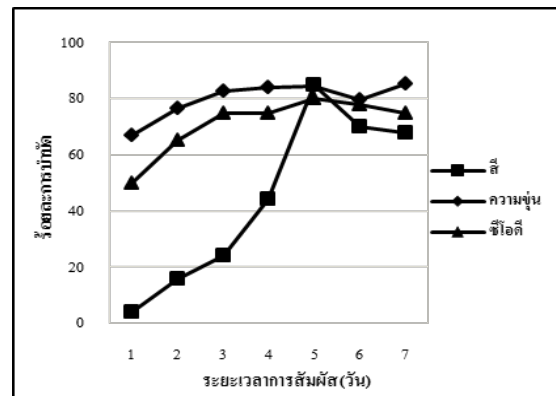
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณถ่านกะลามะพร้าว (กรัม) กับร้อยละการบำบัดสี ความขุ่น และซีโอไซด์ที่ระยะเวลาสัมผัส 60 นาที

3.2 ระยะเวลาการสัมผัส

ผลการทดลองระยะเวลาการสัมผัส ทั้งที่เป็นชั่วโมงและวันที่เหมาะสมกับการบำบัดสี ความขุ่นและซีโอไซด์ จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลา ตั้งแต่ 1 ชม. จนถึง 6 ชม. และ 1 วัน จนถึง 7 วัน พบว่า ที่ระยะเวลาสัมผัส 4 ชม. ให้ร้อยละการบำบัดสีที่ต่ำ แต่ให้ประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่าที่ระยะเวลาสัมผัส 5 วัน โดยพบว่า ที่ระยะเวลา 5 วัน สามารถบำบัดสี ความขุ่น และซีโอไซด์ได้ดีที่สุด ที่ร้อยละ 85.00 , 84.34 และ 80.00 ตามลำดับ ดังรูปที่ 5 อธิบายได้ว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาทำให้มีผลสารมีโอกาสสัมผัส หรือถูกดูดซับด้วยถ่านกะลามะพร้าวมากขึ้น แต่พื้นที่ของตัวดูดซับมีปริมาณจำกัด เมื่อถึงระยะเวลาหนึ่ง บริเวณพื้นผิวตัวดูดซับถูกครอบครองด้วยตัวถูกดูดซับ หรือมีผลสารจนเข้าสู่ภาวะสมดุล ทำให้อัตราการดูดซับลงที่และอาจมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเกิดการคายซับ (desorption) (นิพนธ์ และคณิตา, 2550)



(ก)



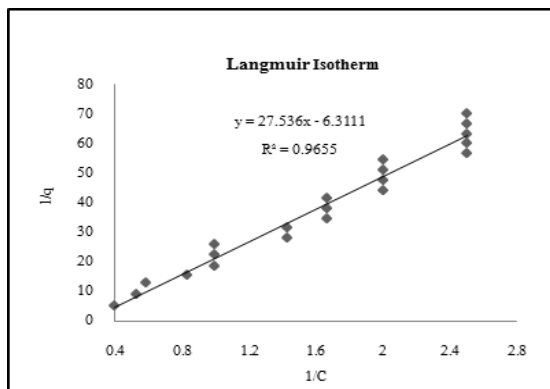
(ข)

รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการสัมผัส กับร้อยละการบำบัดสี ความขุ่น และซีโอไซด์ (ก.ชั่วโมง , ข.วัน)

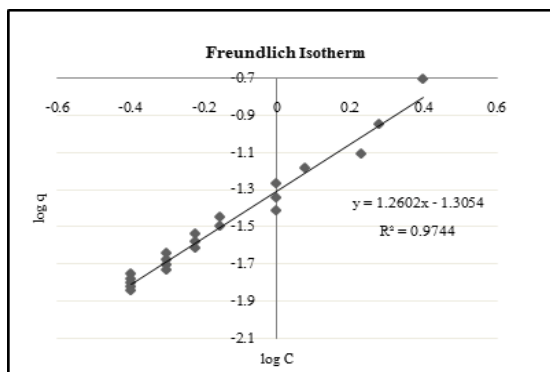
3.3 ไอโซเทอร์มการดูดซับ

จากไอโซเทอร์มแลงเมียร์และฟรุนนิชของการดูดซับของถ่านกะลามะพร้าว ซึ่งได้จากผลการทดลองข้อ 3.1 (กำหนด q หมายถึง ปริมาณตัวถูกดูดซับบนพื้นผิวตัวดูดซับต่อปริมาณของตัวดูดซับ (โมลต่อกรัม) ส่วน C หมายถึง ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลาย (โมลต่อลิตร)) พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9655 และ 0.9744 ตามลำดับ ดังรูปที่ 6 (ก) และ (ข) ตามลำดับ ซึ่งถือได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นกลไกการดูดซับจึงสอดคล้องกับทั้งไอโซเทอร์มของแลงเมียร์และฟรุนนิช นั่นคือ กลไกการ

ดูดซับของแลงเมียร์ เป็นการดูดซับของตัวถูกดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับเป็นแบบชั้นเดียว (monolayer adsorption) โมเลกุลที่ถูกดูดซับมีจำนวนที่แน่นอนและมีตำแหน่งของการดูดซับที่แน่นอน (Johnson, 1989) ส่วนกลไกการดูดซับของฟรุนดิช เป็นการดูดซับแบบหลายชั้น (multilayer adsorption) โดยโมเลกุลของตัวถูกดูดซับจะถูกดูดซับบนชั้น โมเลกุลที่ถูกดูดซับก่อนหน้านี้ และจำนวนชั้นของโมเลกุลตัวถูกดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับเพิ่มขึ้น (Buckley, 1992)



(ก)

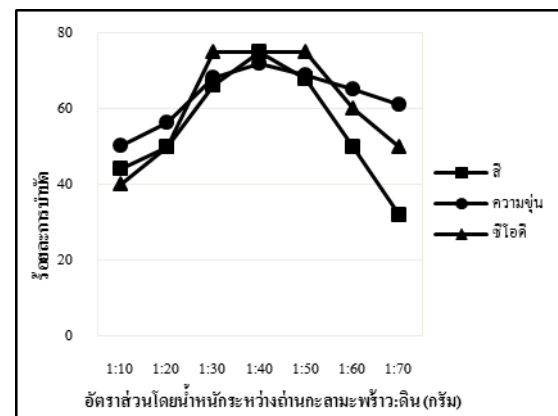


(ข)

รูปที่ 6 ไอโซเทอร์มการดูดซับแบบ (ก) แลงเมียร์ (Langmuir Isotherm) และ (ข) ฟรุนดิช (Freundlich Isotherm) ของถ่านกะลามะพร้าว ในน้ำเสียโรงงานฝักกาดอง

4. อัตราส่วนระหว่างถ่านกะลามะพร้าวต่อดิน

จากผลการทดลองแบบแบดซ์ โดยแปรผันอัตราส่วนของถ่านกะลามะพร้าวต่อดินที่อัตราส่วน 1:10, 1:20, 1:30, 1:40, 1:50, 1:60 และ 1:70 โดยน้ำหนัก ต่อปริมาตรน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยสารละลายสารส้ม 100 มิลลิลิตร พบว่า ที่อัตราส่วน 1:40 โดยน้ำหนัก มีประสิทธิภาพการบำบัดดี ความขุ่นและซีโอดีได้ดีที่สุด ที่ร้อยละ 75.00 , 72.05 และ 75.00 ตามลำดับ ดังรูปที่ 7 อธิบายได้ว่าการเพิ่มปริมาณดินทำให้พื้นที่ผิวของตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดดี ความขุ่นและซีโอดีดีขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณดินขึ้นเรื่อยๆ ประสิทธิภาพการบำบัดจะลดลงเนื่องจากบริเวณพื้นผิวตัวดูดซับถูกครอบครองด้วยตัวถูกดูดซับหรือมลสารจนเข้าสู่ภาวะสมดุล ทำให้อัตราการดูดซับมีแนวโน้มลดลง



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณถ่านกะลามะพร้าวผสมดินในอัตราส่วนต่างๆ กับร้อยละการบำบัด ดี ความขุ่นและซีโอดี

5. การทดลองแบบการไหลต่อเนื่อง

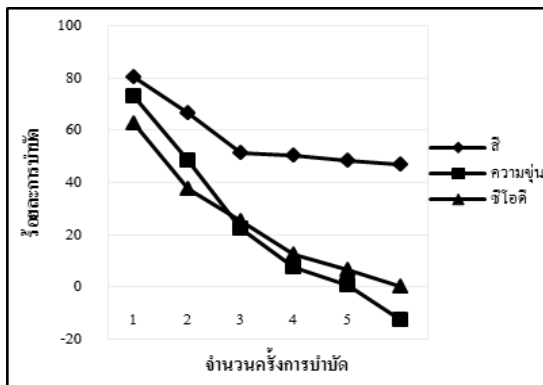
(continuous flow)

การทดลองแบบการไหลต่อเนื่องเป็นการจำลองหรือเป็นการเลียนแบบลักษณะพื้นที่ที่เพาะปลูกที่ทำหน้าที่เป็นชั้นกรองและเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียของระบบห้วยการองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมของ

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย
(มูลนิธิชัยพัฒนา, 2543)

5.1 การจำลองระบบบำบัดแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม

ผลการทดลองการจำลองระบบบำบัดแบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโดยแข่งขันน้ำเสียนาน 4 ชั่วโมงหรือการบำบัดครั้งที่ 1 (ตามผลการทดลองข้อ 3.2) พบว่า มีประสิทธิภาพการบำบัดดี ความขุ่นและซีโอดีได้ดีที่สุด คือ ร้อยละ 80.32, 72.89 และ 62.50 ตามลำดับ และหลังจากนั้นทำการบำบัดน้ำเสียเช่นเดิม พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดดี ความขุ่นและซีโอดีลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 8 อธิบายได้ว่า ระบบการบำบัดครั้งที่ 1 พื้นที่ผิวสัมผัสในการดูดซับมลสารต่างๆ ยังมีมาก เมื่อถึงระยะเวลาหนึ่ง (ระบบการบำบัดครั้งที่ 3) น้ำเสียเริ่มมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม เนื่องจากถ่านกะลามะพร้าวและดินถูกครอบครองด้วยตัวดูดซับหรือมลสารต่างๆ จนเข้าสู่ภาวะสมดุล ทำให้อัตราการดูดซับมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง

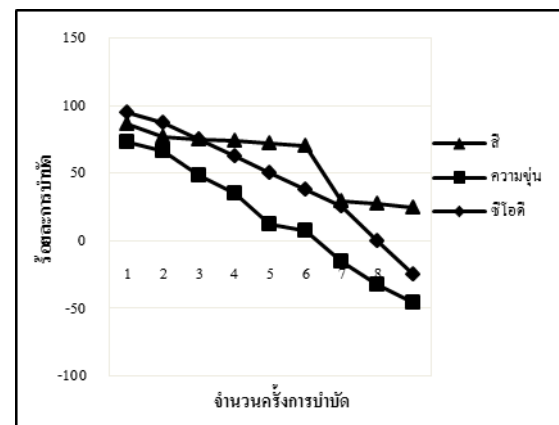


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการบำบัดน้ำเสียแบบจำลองพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมกับร้อยละ การบำบัดดี ความขุ่นและซีโอดี

5.2 การจำลองระบบบำบัดแบบหญ้ากรองน้ำเสีย

ผลการทดลองการจำลองระบบบำบัดแบบหญ้ากรองน้ำเสีย พบว่า ประสิทธิภาพการ

บำบัดดี ความขุ่นและซีโอดีลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงการบำบัดครั้งที่ 5 น้ำเสียเริ่มมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม แต่ยังมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่าระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม เนื่องจากมีระยะเวลาการสัมผัสถึง 5 วัน ในขณะที่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมมีระยะเวลาการสัมผัสเพียง 4 ชั่วโมง ดังนั้นจึงทำให้สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียมีโอกาสที่จะถูกกรองด้วยตัวดูดซับถ่านกะลามะพร้าวและดินได้นาน นอกจากนี้ยังทำให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสารอินทรีย์ให้เป็นสารอนินทรีย์ได้ ซึ่งการบำบัดครั้งแรก มีประสิทธิภาพในการบำบัดดี ความขุ่นและซีโอดีได้ดีที่สุด คือ ร้อยละ 86.00, 73.37 และ 95.00 ตามลำดับ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการบำบัดน้ำเสียแบบจำลองหญ้ากรองน้ำเสากับร้อยละการบำบัดดี ความขุ่นและซีโอดี

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดดี ความขุ่นและซีโอดีของน้ำเสียจากโรงงานผักกาดคองด้วยกระบวนการสร้างตะกอนร่วม โดยวิธีจาร์เทสต์ (Jar Test) ร่วมกับระบบหญ้ากรองน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม โดยใช้ถ่านกะลามะพร้าวเป็นตัวดูดซับ ผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการสร้างตะกอนร่วม ในการบำบัดดีและความขุ่นจากโรงงานผักกาดคองได้ดีที่สุด คือ ที่ pH 8.0 โดยใช้สารละลาย

สารส้ม 18 มิลลิกรัม ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อ มิลลิกรัม ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสีและความ ขุ่นสูงสุด คือ ร้อยละ 77.06 และ 92.77 ตามลำดับ ส่วน ผลการทดลองแบบเบดซ์ พบว่า สามารถบำบัด สี (85.00) ความขุ่น (84.34) และซีไอดี (80.00) โดยใช้ ถ่านกัมมาะพร้าว 18 กรัมต่อน้ำเสียจากโรงงานฝักกาด ดองที่ผ่านการบำบัดด้วยสารละลายสารส้ม 50 มิลลิกรัม และระยะเวลาสัมผัส 5 วัน กลไกการดูดซับสอดคล้อง กับทั้งไอโซเทอร์มของการดูดซับแบบแลงเมียร์ ซึ่งมี ลักษณะการดูดซับแบบชั้นเดียว และไอโซเทอร์มการ ดูดซับแบบฟรุนดลิช ซึ่งมีลักษณะการดูดซับแบบหลาย ชั้น นอกจากนี้ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของถ่าน กัมมาะพร้าวต่อดินที่ 1:40 สามารถบำบัดสี ความขุ่น และซีไอดีได้ดีที่สุด ที่ร้อยละ 75.00 , 72.05 และ 75.00 ตามลำดับ และจากผลการทดลองแบบการไหลต่อเนื่อง ซึ่งเป็นการจำลองการบำบัดน้ำเสียแบบระบบพื้นที่ชุ่ม น้ำเทียมและระบบหมุนเวียนน้ำเสียของโครงการวิจัย และพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจาก พระราชดำริ พบว่า ระบบหมุนเวียนน้ำเสีย มี ประสิทธิภาพการบำบัดสี ความขุ่น และซีไอดีได้ดีที่สุด ที่ร้อยละ 86.00 , 73.37 และ 95.00 ตามลำดับ ซึ่งมี ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่าระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ เทียมและให้ประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่าเกณฑ์ มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคม อุตสาหกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุเคราะห์สารเคมี อุปกรณ์ ตลอดจนสถานที่ในการทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2557. คุณภาพน้ำและมลพิษทาง น้ำ. ค้นเมื่อ 9 มีนาคม 2557, จาก http://www.pcd.go.th/contact/en_FAQs_water.html.
- การประสานส่วนภูมิภาค. 2553. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมน้ำบริโภค. ค้นเมื่อ 22 พฤษภาคม 2557, จาก <http://www.pwa.co.th/document/spec.html>.
- นิพนธ์ ตั้งคณาภิรักษ์ และคณิดา ตั้งคณาภิรักษ์. 2550. หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฝ่ายตรวจและบังคับการ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2555. พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพ สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 กฎ ประกาศ และระเบียบที่เกี่ยวข้องด้านการควบคุม มลพิษ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- มูลนิธิชัยพัฒนา. 2543. คู่มือเทคโนโลยีการบำบัดน้ำ เสียตามแนวพระราชดำริ. วิทยาลัย สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิชัย หุทัยชนาสน์. 2521. หลักการถนอมอาหารและ แปรรูปผักและผลไม้เบื้องต้น. ภาควิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Buckley, CA. 1992. Membrane Technology for the Treatment of Dyehouse Effluents. Wat Sci.Tech. 25: 203-209.
- Johnson, AT. 1989. The theory of Coloration of Textiles. Society of Dyes and Colorist. 90: 912-920.