



การใช้สารไคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าวในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ

สาหร่าย *Microcystis* spp. ในบ่อดทดลอง

Application of Chitosan and Rice Straw Extract to Inhibit Growth of

Microcystis spp. in Experimental Ponds

ณัฐพล ขาวสวน¹ สุทธรธรรม สุพรรณ¹ และ สิริแข พงษ์สวัสดิ์^{1*}

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

*E-mail: sirikhae_p@rmUTT.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการใช้สารไคโตซานมาประยุกต์ใช้ร่วมกับสารสกัดจากฟางข้าวซึ่งสารทั้งสองชนิดเป็นสารประกอบที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้ มีความปลอดภัยและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 บ่อกวนคุมไม่ได้เติมสารไคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าว และชุดการทดลองที่ 2 เติมสารไคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าว สัดส่วน 3:1 ทำการวิเคราะห์ปริมาณเซลล์สาหร่าย คุณภาพน้ำด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ จากการศึกษาพบว่าจำนวนเซลล์ของสาหร่าย *Microcystis* spp. ลดลงร้อยละ 75.89 เมื่อพิจารณาคุณภาพตามมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้น 1.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ลดลง 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณความเข้มข้นของแข็งที่ละลายในน้ำลดลงร้อยละ 39.1 และมีค่าอยู่ในระดับไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน สารอาหารทั้งสามชนิด ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ลดลงร้อยละ 74.39 ปริมาณออร์โทฟอสเฟต ลดลงร้อยละ 35.4 และปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน มีค่าลดลงร้อยละ 36.82 โดยผลการทดลองในแต่ละชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คำสำคัญ: ไคโตซาน สารสกัดจากฟางข้าว สาหร่าย *Microcystis* spp. การยับยั้ง คุณภาพน้ำ

Received: May 31, 2016

Revised: June 29, 2016

Accepted: June 29, 2016

Abstract

This research focuses on the elimination of algal *Microcystis* spp. using chitosan and rice straw extract together. These compounds can inhibit the growth of algal species. It is safe when applied and does not cause any adverse effects on the environment. Two experiment ponds were used in this study. The first experiment pond studied non-concentrations of chitosan and rice straw extract. The second experiment pond studied chitosan and rice straw extract at ratio 3:1. Samples were analyzed algal cell and water quality. The result showed that algal cells of *Microcystis* spp. were reduced by 75.89 %. Considering the quality of surface water showed that Dissolved Oxygen was increased 1.7 mg/l. Biochemical Oxygen Demand was increased up to 0.2 mg/l. Total Dissolved Solids was reduced 39.1%. The levels did not exceed the quality standards for surface water. Three types of nutrients namely ammonia-nitrogen was decreased 74.39%. Orthophosphate was decreased 35.4%. Nitrate-nitrogen was decreased 36.82%. The results of individual experiments were statistically different at the significant level of <0.05.

Keywords: Chitosan, Rice Straw Extract, *Microcystis* spp., Inhibit, Water Qualit

1. บทนำ

ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) หมายถึงปรากฏการณ์ที่แหล่งน้ำที่มีปริมาณธาตุอาหารจำพวกสารประกอบฟอสฟอรัสและไนโตรเจน ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตสำหรับแพลงตอนพืชและสาหร่าย [1] สามารถเจริญเติบโตแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วในแหล่งน้ำนั้น [2] โดยในแหล่งน้ำที่เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันส่วนใหญ่มักจะพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นชนิดเด่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาหร่าย *Microcystis* spp. [3] สาหร่ายชนิดนี้เป็นสาหร่ายที่ผลิตสารพิษในแหล่งน้ำจืดก่อให้เกิดปัญหาต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ในแหล่งน้ำและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยแหล่งน้ำในการอุปโภคและบริโภคและยังก่อให้เกิดปัญหาด้านมนุษย์ [4] สารพิษที่มักเป็นปัญหาสำคัญได้แก่สารพิษในกลุ่มไมโครซิสติน (microcystins) [3] ซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่อผิวและสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ [5] แต่ถ้ำร่างกายได้รับ

สารพิษในปริมาณที่สูงจะส่งผลต่อตับทำให้เกิดตับอักเสบและเร่งการเกิดมะเร็งของตับ (hepatic tumor promotor) [3] สารพิษของสาหร่ายชนิดนี้นอกจากจะเกิดขึ้นกับมนุษย์แล้ว ยังมีผลเกิดขึ้นโดยตรงกับสัตว์น้ำที่อาศัยในแหล่งน้ำที่มีสาหร่ายชนิดนี้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยสารพิษจะสามารถสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อสัตว์ ทำให้สัตว์น้ำตายได้ [6]

สารไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ตามธรรมชาติ ที่อยู่ในรูปของ D - glucosamine ได้จากการทำปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิติลของไคติน [7] พบมากในสัตว์พวกที่มีเปลือกแข็ง โดยเป็นองค์ประกอบอยู่ในเปลือกนอกของสัตว์พวกกุ้ง ปู และแมลง [8] นอกจากนี้ยังพบสารไคโตซานที่เป็นองค์ประกอบในเซลล์เชื้อจุลินทรีย์จำพวกเชื้อรา [10] โดยไคโตซานในเศษเปลือกกุ้งและเปลือกปู พบประมาณร้อยละ 14-27 และร้อยละ 13-15 ตามลำดับ [8] ไคโตซานเป็นสารชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติมีความปลอดภัยในการนำมาใช้กับมนุษย์

ไม่เกิดผลเสีย มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม [11] จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีการนำสารไคโตซานมาใช้ประโยชน์ เช่น ด้านการเกษตรกรรม ด้านการแพทย์ ด้านการประมง ด้านการบำบัดน้ำรวมไปถึงด้านการปรับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทำให้ปัจจุบันมีผู้ใช้สารชนิดนี้กันอย่างแพร่หลาย คุณสมบัติของสารไคโตซานเป็นสารที่มีความปลอดภัยในการใช้กับมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อม [12] โดยเฉพาะในด้านสิ่งแวดล้อมนั้นสารไคโตซานมีคุณสมบัติที่สามารถดูดซับและจับตะกอนในน้ำและทำให้เกิดการตกตะกอนลงสู่ก้นแหล่งน้ำ [14] จากงานวิจัยที่ได้ศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Microcystis* spp. ในสาธารณรัฐประชาชนจีน ในปี 2009 พบว่าการใช้สารไคโตซานผสมกับตะกอนดินในอัตราส่วน 1:1 สามารถที่จะลดปริมาณสาหร่ายได้ ร้อยละ 83.9 ในเวลา 15 วัน [13]

ในประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการปลูกข้าวเป็นจำนวนมาก พันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกในประเทศก็มีหลายพันธุ์ อัตราการผลิตข้าวในประเทศก็มีอัตราที่เพิ่มขึ้น [9] ในแต่ละปีพบว่ามีฟางข้าวที่เหลือจากกระบวนการผลิตและมีปริมาณ คอซังข้าวที่ตกค้างอยู่ในนาข้าวมีปริมาณที่สูงมาก [15] เนื่องจากอัตราผลิตข้าวในแต่ละปีทำให้มีฟางข้าวเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตมากมาย [16] ฟางข้าวที่เหลือสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เพราะเป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย [17] จากการสกัดฟางข้าวพบว่าในสารสกัดจากฟางข้าวประกอบด้วยสารต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ [18] โดยสารที่พบส่วนใหญ่คือ *p*-hydroxybenzoic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid, vanillic acid, salicylic acid, syringic acid และ benzoic acid [19] ซึ่งสารดังกล่าวนี้มีคุณสมบัติสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชและ

สาหร่ายได้ [20] จากงานวิจัยที่ได้ศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Microcystis* spp. ในสาธารณรัฐประชาชนจีน ในปี 2010 พบว่า การใช้สารสกัดจากฟางข้าวในปริมาณ 2-8 กรัมต่อลิตรสามารถลดจำนวนของเซลล์สาหร่าย *Microcystis* spp. ได้ร้อยละ 98 [21] และปริมาณของสารสกัดที่สามารถกำจัดสาหร่ายได้สูงสุด คือ 10 กรัมต่อลิตร [22] และจากงานวิจัย ในสาธารณรัฐเกาหลี ในปี 2009 พบว่า การใช้สารสกัดจากฟางข้าวในปริมาณ 100-1,000 มิลลิกรัมกรัมต่อลิตรสามารถลดเซลล์สาหร่ายได้ร้อยละ 84 [19]

จากประสิทธิภาพของสารไคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าวซึ่งเป็นสารที่ออกฤทธิ์ในการกำจัดสาหร่ายพิษ งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นความสำคัญในการนำสารทั้งสองชนิดมาใช้ร่วมกันโดยหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสารทั้งสองชนิดเพื่อนำมาใช้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Microcystis* spp. ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและบ่อทดลองในภาคสนาม เนื่องจากสารทั้งสองมีความปลอดภัยเมื่อนำมาใช้กับสิ่งแวดล้อมและเป็นการนำวัสดุที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกด้วย

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมสารเคมี

เตรียมสารไคโตซานเกรดอุตสาหกรรมจากบริษัท มารินไบโอริชอสเซส โดยชั่งสารไคโตซาน 100 มิลลิกรัม ละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1% โดยปริมาตร 10 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้วจนเป็นสารละลายเนื้อเดียวกันแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

นำสกัดจากฟางข้าวพันธุ์ กข 31 (RD 31) สามารถเตรียมโดยการนำฟางข้าวมาตัดเป็นท่อนความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร แล้วไปตากแห้งที่

อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นจึงนำฟางข้าวหนัก 200 กรัมผสมกับน้ำ รีเวอร์ส ออสโมซิส (Reverse Osmosis = RO) นอกจากจะเป็นน้ำที่ผ่านการแยกสารแขวนลอยและสารอาหารออกจากน้ำแล้ว ยังเป็นน้ำที่สะอาดบริสุทธิ์ปราศจากโลหะหนัก เชื้อไวรัส และแบคทีเรียที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย เหมาะที่จะนำมาใช้ในงานวิจัย [24] ปริมาตร 1 ลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน กรองเอาเฉพาะสารละลายจากน้ำฟางข้าวด้วยกระดาษกรอง GF/C

2.2 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารโคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าวในการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Microcystis* spp.

เตรียมตัวอย่างสาหร่าย *Microcystis* spp. โดยเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่าย *Microcystis* spp. ใส่ในโหลแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร เติมน้ำโคโตซานอย่างเดียวน้ำสกัดจากฟางข้าวอย่างเดียวและสารโคโตซานผสมสารสกัดจากฟางข้าวในอัตราส่วน 1:3, 1:2, 1:1, 2:1 และ 3:1 ความเข้มข้น 10 % [22] แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 8 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุมชุดที่ไม่ได้เติมน้ำโคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าว

ชุดการทดลองที่ 2 ชุดควบคุมชุดที่เติมน้ำโคโตซานอย่างเดียว

ชุดการทดลองที่ 3 ชุดควบคุมชุดที่เติมน้ำสกัดจากฟางข้าวอย่างเดียว

ชุดการทดลองที่ 4 เติมน้ำโคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าว อัตราส่วน 1:3

ชุดการทดลองที่ 5 เติมน้ำโคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าว อัตราส่วน 1:2

ชุดการทดลองที่ 6 เติมน้ำโคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าว อัตราส่วน 1:1

ชุดการทดลองที่ 7 เติมน้ำโคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าว อัตราส่วน 2:1

ชุดการทดลองที่ 8 เติมน้ำโคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าว อัตราส่วน 3:1

นำชุดการทดลองไว้ในที่มีแสงธรรมชาติเป็นเวลา 30 วัน ศึกษาจำนวนเซลล์ของสาหร่าย *Microcystis* spp. โดยนำมาแยกเซลล์ให้ออกจากกันเป็นเซลล์เดี่ยว ๆ ด้วยเครื่อง อัลตราโซนิค แล้วนำมานับจำนวนเซลล์โดยใช้ Haemocytometer ทุก ๆ 3 วัน

2.3 การศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Microcystis* spp. ในบ่อทดลองในภาคสนาม

นำอัตราส่วนที่ดีที่สุดของสารโคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าวคืออัตราส่วน 3:1 ปริมาตร 10 % จากการทดลองในห้องปฏิบัติการมาทดสอบในบ่อทดลองในภาคสนามโดย นำตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปริมาตร 500 ลิตร ใส่ในบ่อทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุด ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 บ่อควบคุมไม่ได้เติมน้ำโคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าว

ชุดการทดลองที่ 2 เติมน้ำโคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าวอัตราส่วน 3:1

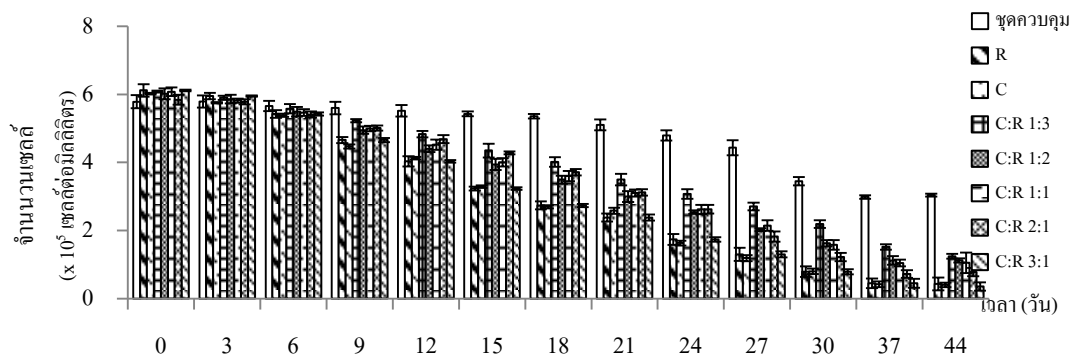
ทำการทดลองในเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม 2559 ระยะเวลาทำการทดลอง 44 วัน

2.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทำการเก็บตัวอย่างในแต่ละชุดการทดลองด้วยขวดไฮเดนซีพีอี (high density polyethylene : HDPE) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C ทุก ๆ 3 วัน นำตัวอย่างศึกษาปริมาณเซลล์สาหร่าย *Microcystis* spp. ทำการนับ

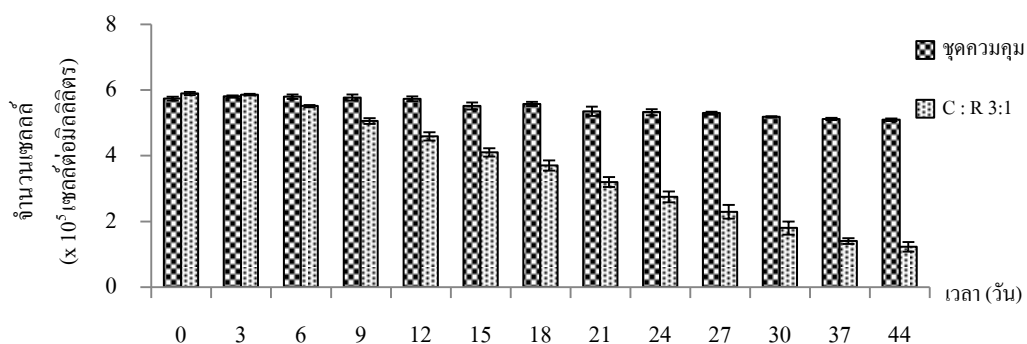
จำนวนเซลล์สาหร่ายโดยนำมาแยกให้เป็นเซลล์เดี่ยว ๆ ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกแล้วนับจำนวนเซลล์ด้วย Haemocytometer และทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า ความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายในน้ำ (Total Dissolved Solids) โดยใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Conductivity/TDS meter) ของ HACH Model Senlon 5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen)

ปริมาณความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand) วิเคราะห์โดยวิธี Azide modification ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen) วิเคราะห์โดยวิธี Nesslerization ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) วิเคราะห์โดยวิธี Ascorbic acid และปริมาณไนเตรดไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen) ทำการวิเคราะห์โดยวิธี Cadmium reduction โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์ละ 3 ชั่วโมง



รูปที่ 1 ปริมาณเซลล์ *Microcystis* spp. ในแต่ละชุดการทดลอง

C = สารโคโคซาน, R = สารสกัดจากฟางข้าว



รูปที่ 2 ปริมาณเซลล์ *Microcystis* spp. ในแต่ละบ่อทดลอง

C = สารโคโคซาน, R = สารสกัดจากฟางข้าว

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติหาความแตกต่างของคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS รุ่น SPSS 15.0 โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way Analysis of Variance)

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

3.1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารไคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าวในการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Microcystis* spp.

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสารไคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าวในอัตราส่วนที่ต่างกัน คือ 1:3, 1:2, 1:1, 2:1 และ 3:1 โดยการนับจำนวนเซลล์ของสาหร่าย พบว่าความเข้มข้นของสารผสมระหว่างสารไคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าวในอัตราส่วน 3:1 สามารถกำจัดเซลล์สาหร่าย *Microcystis* spp. ได้ดีที่สุดร้อยละ 84.90 รองลงมาคือการเติมสารไคโตซานอย่างเดียว การเติมสารสกัดจากฟางข้าวอย่างเดียว และความเข้มข้นของสารผสมระหว่างสารไคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าว 2:1, 1:1, 1:2 และ 1:3 สามารถกำจัดเซลล์สาหร่าย *Microcystis* spp. ได้ ร้อยละ 82.84, 80.70, 79.73, 75.16, 61.14 และ 51.30 ตามลำดับ หลังจากทำการทดลองเป็นเวลา 44 วัน (รูปที่ 1) โดยชุดการทดลองทั้ง 8 ชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

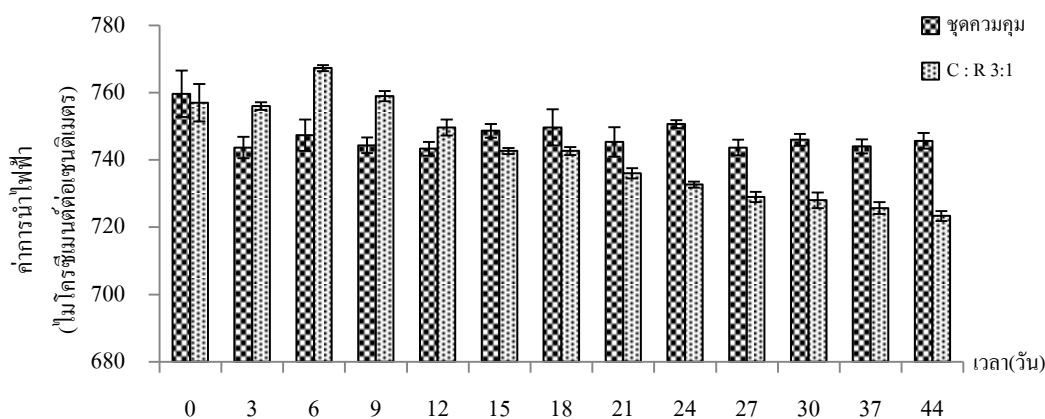
3.2 การยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Microcystis* spp. ในบ่อทดลอง

จากการศึกษาการกำจัดสาหร่าย *Microcystis* spp. โดยใช้สารผสมระหว่างสารไคโตซานและสารสกัดจากฟางข้าว อัตราส่วน 3:1 พบว่า เซลล์สาหร่าย *Microcystis* spp. มีปริมาณ 5.89×10^5 เซลล์

ต่อมิลลิลิตรและมีปริมาณลดลงหลังผ่านการยับยั้งแล้วปริมาณลดลงเท่ากับ 1.23×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ปริมาณเซลล์สาหร่าย *Microcystis* spp. ลดลงร้อยละ 75.89 หลังจากทำการทดลองเป็นเวลา 44 วัน (รูปที่ 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Park *et al.* [19] ที่ศึกษาการกำจัด *Microcystis* spp. โดยใช้สารสกัดจากฟางข้าว ในสาธารณรัฐเกาหลี พบว่าการใช้สารสกัดจากฟางข้าวความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัมต่อลิตรสามารถลดเซลล์สาหร่ายได้ร้อยละ 84 ในระยะเวลา 10 วัน และงานวิจัยของ Pei *et al.* [23] ที่ศึกษาการกำจัดสาหร่าย *Microcystis* spp. โดยใช้สารไคโตซานในสาธารณรัฐประชาชนจีน พบว่าการใช้สารไคโตซานสามารถลดเซลล์สาหร่ายได้ร้อยละ 42-93 ในระยะเวลาการทดลอง 10 วัน แต่จากงานวิจัยของ Xi *et al.* [22] ศึกษาการกำจัด *Microcystis* spp. โดยใช้สารสกัดจากฟางข้าวในสาธารณรัฐประชาชนจีน พบว่าสามารถลดเซลล์สาหร่ายได้ร้อยละ 99.78 ในระยะเวลาการทดลอง 8 วัน และงานวิจัยของ Pan *et al.* [13] ศึกษาการกำจัด *Microcystis* spp. โดยใช้สารไคโตซานร่วมกับดินในสาธารณรัฐประชาชนจีน พบว่าสามารถลดเซลล์สาหร่ายได้ร้อยละ 99 ภายในระยะเวลาเพียง 16 ชั่วโมง สารไคโตซานมีประสิทธิภาพการกำจัดแพลงก์ตอนพืชรวมทั้งตะกอนชีวภาพที่เกิดจากแพลงก์ตอนพืช [7] สามารถใช้เป็นสารกระตุ้นให้เกิดการตกตะกอนได้ดี [11] โดยโครงสร้างประกอบไปด้วยอนุภาคที่เป็นประจุบวกสามารถที่จะดึงดูดเซลล์ของสาหร่ายแล้วทำให้สาหร่ายตกลงสู่ก้นแหล่งน้ำได้ [8] และสารไคโตซานสามารถละลายได้ในกรดอ่อน มีผลต่อความเป็นกรดด่างของแหล่งน้ำ [13] การใช้สารชนิดนี้จะช่วยลดความเป็นกรดด่างของน้ำได้ แต่การใช้สารชนิดนี้ที่ความเข้มข้นสูงเกินไปจะมีผลทำให้สภาพแหล่งน้ำมีความเป็น

กรดเพิ่มมากขึ้น ในอัตราส่วน 4:1 [14] ทำให้น้ำมีค่าความเป็นกรดต่ำกว่า 7 เนื่องจากการใช้กรดเพื่อละลายสารโคโคซานมีปริมาณเพิ่มขึ้น [10] นอกจากนี้สารเคมีที่สกัดจากฟางข้าว มีคุณสมบัติ

สามารถยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชและสาหร่าย [24] ทำให้สาหร่ายไม่สามารถดำรงชีวิตได้และตายในที่สุด [25]



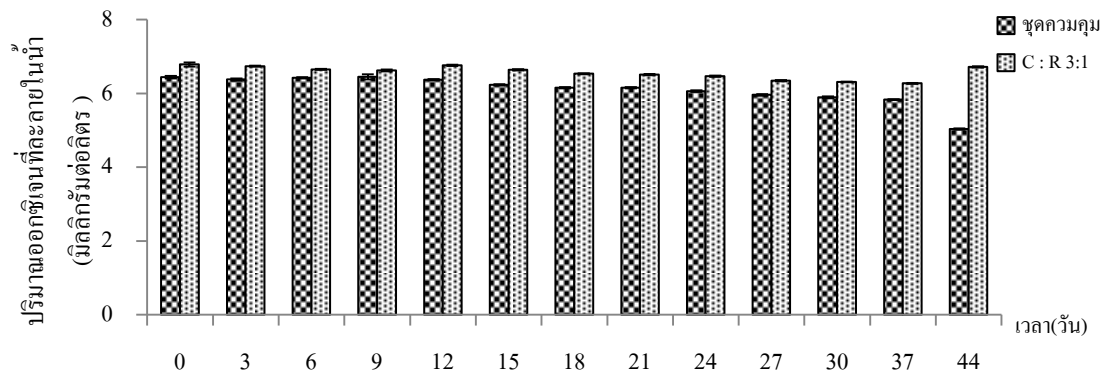
รูปที่ 3 ค่าการนำไฟฟ้าในแต่ละบ่อทดลอง

C = สารโคโคซาน, R = สารสกัดจากฟางข้าว

3.3 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ

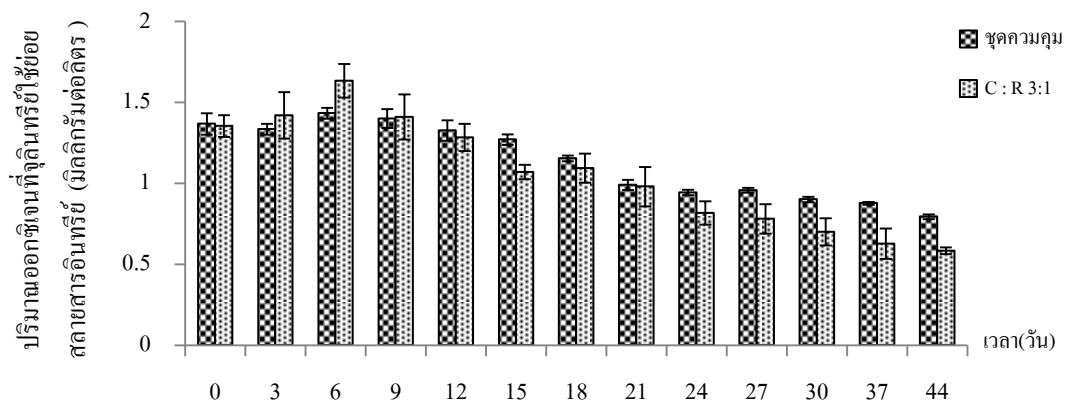
จากการศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อทดลองโดยใช้สารโคโคซานและสารสกัดจากฟางข้าวในการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Microcystis* spp. พบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 6 ของการทดลองและมีแนวโน้มลดลงหลังจากการทดลองวันที่ 6 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 757 ไมโครซีเมนตต่อเซนติเมตรและลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 44 มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 723 ไมโครซีเมนตต่อเซนติเมตร (รูปที่ 3) แต่อย่างไรก็ตามค่าการนำไฟฟ้ายังมีค่าเกินมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน เนื่องจากน้ำที่นำมาใช้ในการกำจัดสาหร่ายไม่มีการไหลเวียนและมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในปริมาณที่สูงมาก [26] ปริมาณความ

เข้มข้นของของแข็งที่ละลายในน้ำ (Total Dissolved Solids) มีปริมาณลดลงหลังผ่านการกำจัดจาก 371 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 233.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 44 TDS ที่มีค่าความเข้มข้นสูง บ่งบอกการเจริญของสารปนเปื้อน อย่างเช่น สารอาหารและโลหะหนักที่ปนมากับน้ำ [27] ค่า TDS ในแหล่งน้ำไม่ควรมีค่าเกิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 500 ppm [5] ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) หลังทดสอบด้วยสารโคโคซานและสารสกัดจากฟางข้าวพบว่า มีค่าลดลง จาก 6.78 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 6.22 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 4) เนื่องจากปริมาณสาหร่ายที่ลดลงส่งผลให้ออกซิเจนที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง



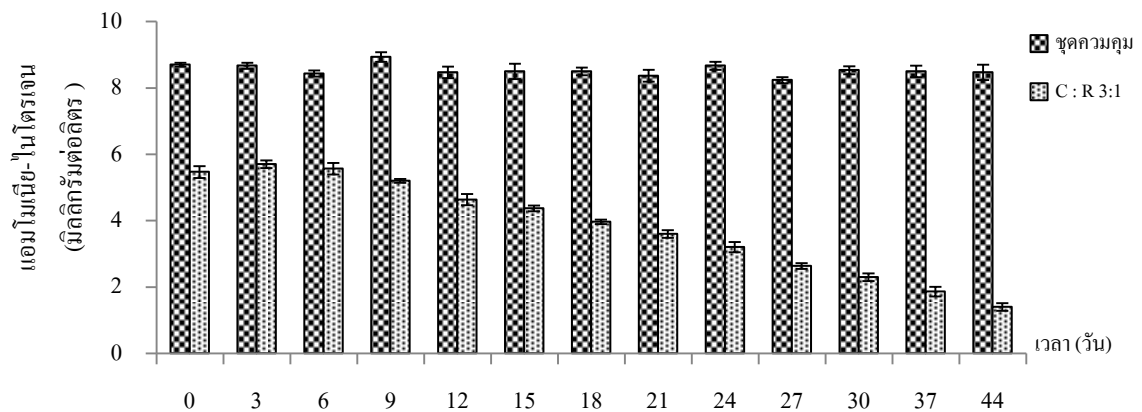
รูปที่ 4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen) ในแต่ละบ่อทดลอง

C = สารโคโคซาน, R = สารสกัดจากฟางข้าว



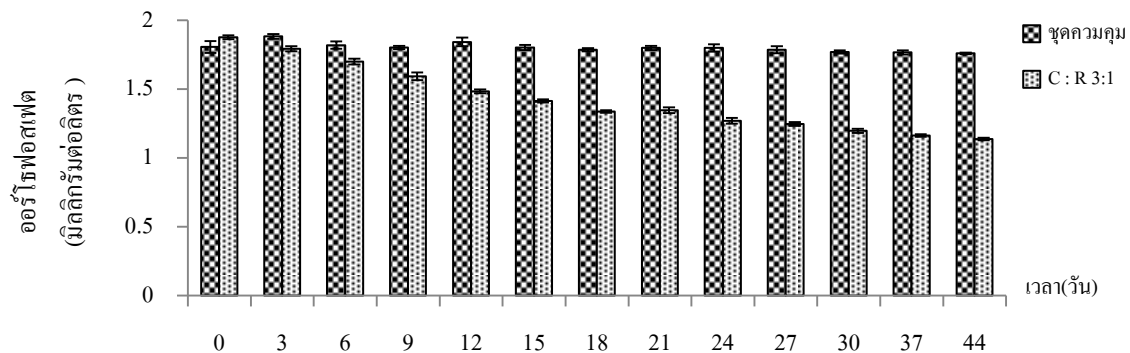
รูปที่ 5 ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand) ในแต่ละบ่อทดลอง

C = สารโคโคซาน, R = สารสกัดจากฟางข้าว



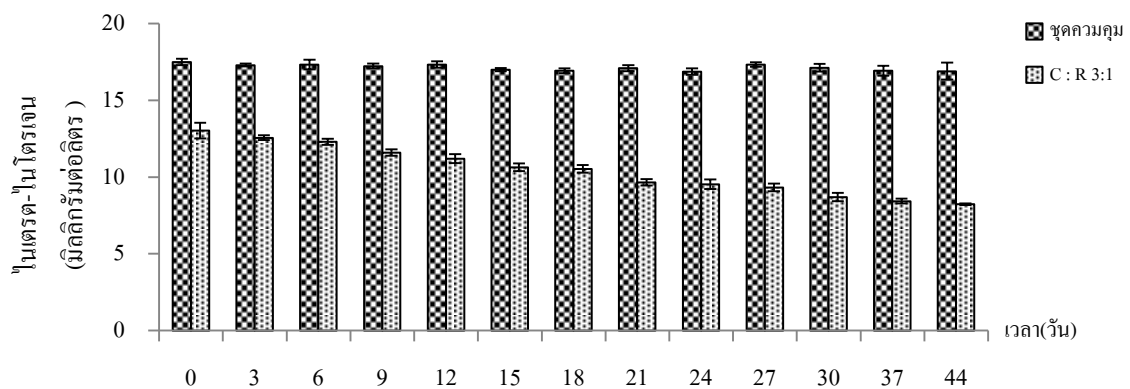
รูปที่ 6 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen) ในแต่ละบ่อทดลอง

C = สารโคโคซาน, R = สารสกัดจากฟางข้าว



รูปที่ 7 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) ในแต่ละบ่อทดลอง

C = สารไคโตซาน, R = สารสกัดจากฟางข้าว



รูปที่ 8 ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen) ในแต่ละบ่อทดลอง

C = สารไคโตซาน, R = สารสกัดจากฟางข้าว

ของสาหร่ายลดลงตามไปด้วย [28] สอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand) ที่มีค่าลดลง จาก 1.35 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 0.58 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 5) โดยพารามิเตอร์ทั้งสองมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภท 4 ที่กำหนดไว้คือปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ไม่ควรต่ำกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไม่ควรเกิน 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร [4] จากการศึกษาปริมาณ

สารอาหารในแหล่งน้ำ โดยหลังจากทดลองเป็นเวลา 44 วัน พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าลดลง จาก 8.46 mg/l เหลือ 1.4 mg/l คิดเป็นร้อยละ 74.39 แต่ยังคงมีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ที่กำหนดไว้คือไม่ควรเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร [6] (รูปที่ 7) สอดคล้องกับปริมาณออร์โธฟอสเฟตที่ลดลงจาก 1.76 มิลลิกรัมต่อลิตรเหลือ 1.14 มิลลิกรัมต่อลิตรคิดเป็นร้อยละ 35.4 (รูปที่ 6) และปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนลดลงจาก 16.9 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 8.2 มิลลิกรัมต่อ

ลิตริกิดเป็นร้อยละ 36.82 (รูปที่ 8) ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายของเซลล์สาหร่าย *Microcystis* spp. ที่ตายลง [29] ถูกย่อยสลายด้วยเชื้อจุลินทรีย์เปลี่ยนเป็นสารอนินทรีย์โดยเฉพาะไนเตรตและฟอสฟอรัส [30] ทำให้แหล่งน้ำมีปริมาณสารอาหารเพิ่มมากขึ้น [31] แต่กระบวนการกำจัดสารอาหารด้วยสารประกอบโคโคซาน [32] สารชนิดนี้มีความสามารถในการดักจับสารอาหาร [33] รวมถึงสารแขวนลอยและไขมันต่าง ๆ ที่ละลายในแหล่งน้ำ [34] ทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพดีขึ้น [35] สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการอุปโภคและบริโภคต่อไป [36] การลดลงของสารอาหารแต่ยังเกินค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินเนื่องจากน้ำตัวอย่างที่นำมาใช้ในการทดลองมีปริมาณสารอาหารเริ่มต้นในปริมาณที่สูง ทำให้ไม่สามารถกำจัดได้หมดภายในเวลา 44 วัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yan *et al.* [11] ที่ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสาหร่ายรัฐประชาชนจีน พบว่าการใช้สารโคโคซานสามารถลดไนเตรตในโตรเจนได้ร้อยละ 39.4 และลดออร์โทฟอสเฟตได้ ร้อยละ 53.9 ในระยะเวลาการทดลอง 40 วัน แต่งานวิจัยของ Lochmatter *et al.* [37] ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสาหร่ายรัฐสวิส พบว่าการกำจัดสารอาหารในแหล่งน้ำโดยวิธีทางชีวภาพสามารถลดปริมาณไนเตรตในโตรเจนได้ ร้อยละ 73-77 และลดฟอสฟอรัสได้ร้อยละ 98 ภายในระยะเวลาการทดลอง 60-150 วัน ส่งผลให้สารอาหารอยู่ในระดับไม่เกินค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน

4. สรุปผลการวิจัย (Conclusions)

จากการศึกษาผลของการใช้สารโคโคซานและสารสกัดจากฟางข้าวในการกำจัดสาหร่าย *Microcystis* spp. ในบ่อทดลองพบว่าสารโคโคซานและสารสกัดจากฟางข้าวมีประสิทธิภาพในการ

กำจัดเซลล์สาหร่ายให้ลดลงได้ร้อยละ 75.89 และจากการศึกษาคุณภาพน้ำพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าลดลงในวันสุดท้ายของการทดลองแต่ยังอยู่ในระดับไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภท 4 ส่วนค่าการนำไฟฟ้ามีค่าลดลงจาก 757 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตรเหลือ 723 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตรและความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายในน้ำ) มีปริมาณลดลงจาก 371 มิลลิกรัมต่อลิตรเหลือ 233.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินเช่นเดียวกัน ส่วนปริมาณสารอาหารทั้งสามชนิดมีค่าลดลงในวันสุดท้ายของการทดลอง แต่ยังมีปริมาณสูงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 4

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] น. สหนาวิน, จ. ตอฤทธิ, ปราบกฤการณัฐ โทรฟิเคชัน (Eutrophication).วารสารคณะพลศึกษา. 15 (ฉบับพิเศษ) (2555): 154-159.
- [2] ส. พงษ์สวัสดิ์, ส. สุพรรณ, ว. แฉ่งประเสริฐ. การศึกษาประสิทธิภาพและผลกระทบของการใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟตในการกำจัดสาหร่ายพิษในแหล่งน้ำของกองทัพอากาศ ณ ที่ตั้งดอนเมือง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 18 (2556): 153-165.
- [3] ย. พิรพรพิศาล. สาหร่ายวิทยา (Phycology). เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2549.

- [4] ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8. เรื่อง กำหนดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. (2537, 24 กุมภาพันธ์). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 111 ตอนที่ 16ง. 2537.
- [5] ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25. เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน. (2547, 20 ตุลาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 121 ตอนพิเศษ 119ง. 2547.
- [6] ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด. (2548, 7 พฤศจิกายน). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง. 2548.
- [7] ภ. เมธะกานนท์, อ. เพ็ญพูนชาติ, ก. คงสุวรรณ. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ ไคติน-ไคโตซาน. เอ็มเทค เทคโนโลยีสืบค้น. 2543.
- [8] ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. เรื่องนำรู้ไคติน-ไคโตซาน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 2546.
- [9] นิรนาม. การไคลอบตอซังเพื่อปรับปรุงดินและเพิ่มผลผลิตข้าว. กลุ่มระบบงานวิจัย กองแผนงาน ร่วมกับกลุ่มวิจัยและพัฒนา อินทรีวิทย์เพื่อการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. 2554.
- [10] K.N. Aye, W.F. Stevens. Improved Chitin production by pretreatment of shrimp shells. *Chem. Technol Biotech.* **79** (2004): 421-425.
- [11] Q. Yan, Y. Yuhe, F. Weisong, P. Gang. Plankton Community Succession in Artificial Systems Subjected to Cyanobacterial Blooms Removal using Chitosan-Modified Soils. *Microb Ecol.* **58** (2009): 47-55.
- [12] B.S. Andreas, D. Sarah. Chitosan-based drug delivery systems Pharmaceuticals and Biopharmaceutics dextrans of controlled size using engineered dextranase. *Biocat Biotrans.* **26** (2012): 463-469.
- [13] G. Pan, B. Yang, D. Wang, H. Chen, B. Tian, M. Zhang, X. Yuan, J. Chen. In-lake algal bloom removal and submerged vegetation restoration using modified local soils. *Ecol Engin.* **37** (2011): 302-308.
- [14] N. Chaosuan, S. Pongswat, S. Supan. "Removal of *Microcystis* spp. by Chitosan and Rice Straw Extract". in The International Conference on Science and Technology (TICST 2015). Pathumthani, Thailand. 2015. 256-265.
- [15] A.S. Ball, M. Williams, D. Vincent, J. Robinson. Algal growth control by a barley extract. *Bio Technol.* **77** (2001): 177-181.
- [16] M.H. Park, M.S. Han, C.Y. Ahn, H.S. Kim, B.D. Yoon, H.M. Ho. Growth inhibition of bloom-forming cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* by rice straw extract. *Appl Microb.* **43** (2006): 377-312.
- [17] P.R.F. Barrett, J.C. Curnow, J.W. Littlejohn. The control of diatom and cyanobacterial blooms in reservoirs using barley straw. *Hydrobiol.* **340** (1996): 307-311.

- [18] E.L. Rice, C.Y. Lin, C.Y. Huang. Effects of decaying rice straw on growth and nitrogen fixation of a bluegreen alga. *Bot. Bull. Acadimia Sinica*. **21** (1980): 111–117.
- [19] M.H. Park, I.M. Chung, A. Ateeque, B.H. Kim, S.J. Hwang. Growth inhibition of unicellular and colonial *Microcystis* strains (Cyanophyceae) by compounds isolated from rice (*Oryza sativa*) hulls. *Aqua Bot.* **90** (2009): 309–314.
- [20] I.M. Welch, P.R.F. Barrett, M.T. Gibson, I. Ridge. Barley straw as an inhibitor of algal growth I: studies in the Chesterfield Canal. *Appl Phyco*. **2** (1990): 231–239.
- [21] I. Ridge, J.M. Pillinger. Towards understanding the nature of algal inhibitors from barley straw. *Hydrobiol.* **340** (1996): 301–305
- [22] X. Xi, Y. Chen, X. Liang, L. Lou, X. Tang.. Effects of Tibetan hulless barley on bloomforming cyanobacterium (*Microcystis aeruginosa*) measured by different physiological and morphologic parameters. *Chem.* **81** (2010): 1118–1123.
- [23] H. Pei, C.X. Ma, W.R. Hu, F. Sun. The behaviors of *Microcystis aeruginosa* cells and extracellular microcystins during chitosan flocculation and flocs storage processes. *Bio Technol.* **151** (2014): 314–322.
- [24] M.T. Gibson, I.M. Welch, P.R.F. Barrett, I. Ridge. Barley straw as an inhibitor of algal growth II: laboratory studies. *Appl Phyco*. **2** (1990): 241–248.
- [25] A.K. Lam, E.E. Prepas, D. Spink, S.E. Hrudey. Chemical control of hepatotoxic phytoplankton blooms: implications for human health. *Water Res.* **29** (1995): 1845–1854.
- [26] S.R. Carpenter, D. Ludwig, W.A. Brock. Management of eutrophication for lakes subject to potentially irreversible change. *Ecol. Appl.* **9** (1999): 751–771.
- [27] S.R. Carpenter. Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **105** (2008):11039–11040.
- [28] X. Jin, C. Zhaosheng, Y. Feng, Z. Qingru. Effects of lanthanum (III) and EDTA on the growth and competition of *Microcystis aeruginosa* and *Scenedesmus quadricauda*. *Limnol.* **39** (2009): 86–93.
- [29] G. Mulderij, W.M., Mooij, A.J.P. Smolder, D.E. Van. Allelopathic inhibition of phytoplankton by *Stratiotes aloides*. *Aqua bot.* **82** (2005): 284–296.
- [30] A. Guzzon, A. Bohn, M. Diociaiuti, P. Albertano. Cultured phototrophic biofilms for phosphorus removal in wastewater treatment. *Water Res.* **42** (2008): 4357–4367.

- [31] M. D. Greca, P. Monaco, A. Pollio, L. Previtera. Structure-activity relationships of penylpropanoids as growth inhibitors of the green alga *Selenastrum capricornutum*. *Phytochem* . **31** (1992): 4119–4123.
- [32] D. Planas, F. Sarhan, L. Dube, H. Godmaire, C. Cadieux. Ecological significance of phenolic compounds of *Myriophyllum spicatum*. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **21** (1981): 1492–1496.
- [33] S. Miyachi, I. Iwasaki, Y. Shiraiwa, S. Yoshihiro. Historical perspective on microalgal and cyanobacterial acclimation to low and barnyard grass. *Agron.* **24** (2004): 1162–1167.
- [34] T.G. Shu, B.L. Yuan, S.R. Wang. Studies on the removal of *Mircocystis aeruginosa* by low-power ultrasonic. *Huaqiao Univ. (Nat. Sci.)*. **29** (2008): 72–75.
- [35] K. Spiros, S. Antje, P. Michiel. Sonic cracking of blue-green algae. *Appl.Acoust.* **70** (2009): 1306–1312.
- [36] APHA, AWWA & WPCF. ***Standard methods for the examination of water and wastewater***. 19th ed. Washington D.C.: American Public Health Association. 1992.
- [37] S. Lochmatter, C. Holliger. Optimization of operation conditions for the startup of aerobic granular sludge reactors biologically removing carbon, nitrogen, and phosphorous. *Water Res.* **59** (2014): 58–70.