ผลของสารสกัดทางชีวภาพจากฟางข้าวไทยต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายพิษ *Cylindrospermopsis raciborskii* NUPLKC32

Effect of the Extracts from Thai Rice Straw on Growth Inhibition of Toxic *Cylindrospermopsis raciborskii* NUPLKC32

ปฏิพัทธ์ สันป่าเป้า[1], กิจษิพัณธ์ หนูแสง[1], สุพัฒน์ พลซา[1], ปิยวัฒน์ ปองผดุง[1] และวิทยา ทาวงศ์[1*]
Pathipat Sanpapao[1], Kitsiphan Nusaeng[1], Supat Ponza[1], Piyawat Pongpadung[1] and Wittaya Tawong[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของสาหร่ายพิษ *Cylindrospermopsis raciborskii* NUPLKC32 ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดฟางข้าว วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลประกอบด้วยสารสกัดจากฟางข้าว 3 สายพันธุ์ (สุพรรณบุรี กข1 และปทุมธานี) ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 6 ระดับ (0 ชุดควบคุม, 1, 5, 10, 20 และ 30 g/L) ผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากฟางข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี และ กข1 ที่ความเข้มข้น 10 ถึง 30 g/L สามารถลดจำนวนเซลล์สาหร่ายได้ร้อยละ 99.4-100.0 ภายใน 14 วัน ขณะที่สารสกัดฟางข้าวจากสายพันธุ์ปทุมธานีสามารถลดจำนวนเซลล์ได้ร้อยละ 98.8 ($p<0.05$)ที่ความเข้มข้น 30 g/L แต่พบว่าลักษณะเซลล์สาหร่ายที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสารสกัดจากฟางข้าวพบการแตกหักของเส้นไตรโครม จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติแบบสองทาง พบว่าสายพันธุ์ข้าวและความเข้มข้นของสารสกัดฟางข้าวในระดับที่แตกต่างกันมีอิทธิพลร่วมกันต่อการเจริญเติบโตของ *C. raciborskii* NUPLKC32 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และ พบว่าสารสกัดจากฟางข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่ความเข้มข้น 30 g/L มีปริมาณแทนนินสูงสุด โดยสารสกัดจากฟางข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรีมีปริมาณแทนนินสูงสุดเท่ากับ 1.39±0.05 mg/L จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดฟางข้าวจากสายพันธุ์สุพรรณบุรีและ กข 1 ที่ความเข้มข้น 10–30 g/L สามารถใช้ยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายพิษ *C. raciborskii* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการควบคุม หรือการกำจัดสาหร่ายพิษ ที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม แต่ควรศึกษาถึงผลกระทบของสารสกัดฟางข้าวไทยกับสาหร่ายชนิดอื่น ๆ ต่อไป

คำสำคัญ: สารสกัดฟางข้าว, สาหร่ายพิษ, *Cylindrospermopsis*, ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ, การเจริญเติบโต

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

[1]Department of Agricultural Sciences, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author: wittayat@nu.ac.th

Abstract

This study was aimed to investigate the growth performance of toxic *Cylindrospermopsis raciborskii* NUPLKC32 cultivated by medium mixing the rice straw extracts. Factorial experiment was designed with the rice straw extracts from three rice strains (Suphan Buri; KJHSB, RD1 and Phatum Thani; KJHPT) and six different concentrations (0 control, 1, 5, 10, 20 and 30 g/L). The results showed that the cell numbers of *C. raciborskii* NUPLKC32 were reduced from 99.4 to 100.0% at the KJHSB and RD 1 straw extracts of 10 to 30 g/L, within 14 days, while cell number was reduced only 98.8 ($p<0.05$) % at the KJHPT straw extract of 30 g/L ($p<0.05$). When compared with the control, the trichomes of cells cultivated by rice straw extract of each strain were mostly broken and short. The results of two-way ANOVA exhibited that the interaction between rice strains and concentrations of rice straw extracts affected significantly on the growth of *C. raciborskii* NUPLKC32 ($p<0.05$). The tannin contents were highest at the concentration of 30 g/L rice straw extracts. The maximal tannin content (1.39±0.05 mg/L) was found in the KJHSB straw extract. Considering the results of this present, the rice straw extracts of KJHSB and RD1 strains at the concentration of 10-30 g/L could efficiently inhibit the growth of toxic *C. raciborskii* NUPLKC32 and these extracts should be developed to natural products in the future.

Keywords: Rice straw extract, Toxic cyanobacteria, *Cylindrospermopsis*, Natural product, Growth performance

บทนำ

ปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบันส่งผลต่อการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อ่างเก็บน้ำหรือแหล่งน้ำนิ่งอื่น ๆ เป็นต้น โดยสาหร่ายเหล่านี้สามารถผลิตสารพิษซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ รวมทั้งผลิตสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เป็นปัญหาในการผลิตน้ำประปา สำหรับอุปโภค และบริโภค สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Cylindrospermopsis raciborskii* พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำของประเทศไทย Patipat *et al*. (2017) พบว่าสาหร่าย *Cylindrospermopsis* sp. เป็นสาหร่ายชนิดเด่นภายในอ่างเก็บน้ำแม่ถาง จังหวัดแพร่ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่ถูกใช้ประโยชน์จากมนุษย์ โดยคิดเป็นร้อยละ 18.3 ของปริมาณสาหร่ายทั้งหมด พบในปริมาณสูงช่วงปลายร้อนถึงฤดูฝน เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำ อีกทั้งมีความสามารถในการปรับตัวได้ดีในหลายๆ สภาวะแวดล้อม (Piccini *et al*., 2011) สาหร่ายชนิดนี้มีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่มีอย่างจำกัด สามารถผลิตสารพิษได้แก่ กลุ่มสารพิษที่เร่งการเกิดมะเร็งตับ Cylindrospermopsin (CYN) และกลุ่มสารพิษที่มีผลต่อระบบประสาท Saxitoxin (SXT) (Briand *et al*., 2004; Gemelgo *et al*., 2008) โดยสารพิษจะสะสมในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำและถ่ายทอดตามห่วงโซ่อาหารทำให้ สัตว์น้ำ และมนุษย์ ได้รับผลกระทบจากการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนของสาหร่ายพิษเหล่านี้ในการอุปโภคบริโภคหรือใช้เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย (Soares *et al*., 2004; Guzman - Guillèn *et al*., 2015; Kinnear, 2010) ส่วนใหญ่วิธีกำจัดสาหร่ายนิยมใช้สารเคมี ได้แก่

sodium hypochlorite, potassium permanganate, copper sulfate, urea และ potassium sulfate (Pongudom *et al*., 2014) แต่วิธีการทางเคมียังเป็นที่กังวลต่อปัญหาด้านสารตกค้างสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นการใช้สารสกัดจากธรรมชาติในการกำจัดสาหร่ายจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ฟางข้าวเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากการทำนาข้าว สามารถนำมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากมีสารประกอบ phydroxybenzoic acid, p-coumaric acid, ferulic acid, vanillic acid, salicylic acid, syringic acid และbenzoic acid (Park *et al*., 2009) ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญและกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายได้ (Welch *et al*., 1990) โดยมีรายงานว่าสารสกัดจากฟางข้าวบาร์เลย์ (*Hordeum vulgare* L.) มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายบางชนิด (Ball *et al*., 2001; Brownlee *et al*., 2003) และจากการศึกษาของ Sun *et al*. (2002) พบว่าปริมาณสารประกอบฟีโนลิคในฟางข้าว (*Oryza sativa* L.) มีปริมาณใกล้เคียงกันกับในฟางข้าวบาร์เลย์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ridge and Pillinger (1996) ที่ได้ศึกษาการยับยั้งการเจริญของสาหร่าย *Microcystis* sp. พบว่าการใช้สารสกัดจากฟางข้าวในปริมาณ 2-8 g/L สามารถลดจำนวนของเซลล์สาหร่าย *Microcystis* sp. ได้ร้อยละ 98 และปริมาณของสารสกัดที่สามารถกำจัดสาหร่ายได้สูงสุดคือ 10 g/L (Xi *et al*., 2010) รวมถึง Park *et al*. (2009) พบว่าการใช้สารสกัดจากฟางข้าวในปริมาณ 100 – 1,000 mg/L สามารถลดเซลล์สาหร่ายได้ร้อยละ 84 จากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากฟางข้าวสามารถยับยั้งการเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินได้ แต่อย่างไรก็ตามฟางข้าวแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการกำจัดสาหร่ายได้แตกต่างกัน

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากฟางข้าวไทยที่เหลือจากการเพาะปลูกในประเทศไทยจำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์สุพรรณบุรี สายพันธุ์ กข. 1 และสายพันธุ์ปทุมธานี ต่อการเจริญของสาหร่ายพิษ *C. raciborskii* โดยผลที่ได้จากการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการควบคุม หรือการกำจัดสาหร่ายพิษ ที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

วิธีการดำเนินงาน

การเตรียมตัวอย่าง

ทำการคัดแยกสาหร่าย *C. raciborskii* NUPLKC32 จากแหล่งน้ำที่อยู่ในสภาวะยูโทฟิเคชั่น โดยใช้วิธีการ Micro pipetting และนำสาหร่ายมาเพาะเลี้ยงเพิ่มปริมาณเซลล์ในอาหารสูตร CT (Anderson, 2005) นำไปเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ ในช่วงเวลาการให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 25 °C จากการทดสอบทางเคมี และเทคนิคทางอณูชีววิทยาเบื้องต้นพบว่าสาหร่าย *C. raciborskii* NUPLKC32 สามารถผลิตสารพิษกลุ่ม Cylindrospermopsin ได้ (ข้อมูลไม่ได้ถูกแสดง)

การเตรียมสารสกัดฟางข้าว

นำฟางข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ฟางข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี (KJHSB) สายพันธุ์ กข (RD1) และสายพันธุ์ปทุมธานี (KJHPT) ที่แห้งสนิท ตัดให้ได้ชิ้นขนาด 1 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักฟางข้าวแต่ละสายพันธุ์แบ่งเป็น 6 ความเข้มข้น ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม), 1, 5, 10, 20 และ 30 g/L ตามลำดับ ทำการสกัดโดยใช้แช่ในน้ำ เป็นเวลา 14 วัน นำมากรองพร้อมใช้ในการทดลอง

ดำเนินการทดลอง

นำสารสกัดฟางข้าวแต่ละชนิด แต่ละความเข้มข้น มาใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย โดยเติมสารอาหารตามสูตร CT (Anderson, 2005) และนำไปผ่านการฆ่าเชื้อ จากนั้นเติมหัวเชื้อสาหร่ายเพื่อให้มีปริมาณสาหร่ายเริ่มต้นสำหรับการทดลองเท่ากับ 1×10^4 unit/L นำไปเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น

เก็บข้อมูลและการวิเคราะห์

ตรวจวัดปริมาณสารแทนนินก่อนการทดลองตามวิธีการของ Suwanpakdee *et al*. (2016) และนับเซลล์สาหร่ายทุก ๆ 2 วัน เพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตเป็นระยะเวลา 14 วัน คำนวณร้อยละการลดลงของจำนวนเซลล์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Two way ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ด้วย โปรแกรม R

ผลการทดลอง

จากการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายพิษ *C. raciborskii* NUPLKC32 โดยใช้สารสกัดฟางข้าวที่ต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ ฟางข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี (KJHSB) สายพันธุ์กข 1 (RD 1) และสายพันธุ์ปทุมธานี (KJHPT) ที่ความเข้มข้นต่างกัน 6 ระดับ คือ 0, 1, 5, 10, 20 และ 30 g/L เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน พบว่าการใช้สารสกัดจากฟางข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่อัตราความเข้มข้น 1 และ 5 g/L ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์สาหร่ายพิษ *C. raciborskii* NUPLKC32 เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนเซลล์ ขณะที่สารสกัดฟางข้าวจากสายพันธุ์สุพรรณบุรี และสายพันธุ์กข 1 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเซลล์สาหร่าย *C. raciborskii* NUPLKC32 ที่อัตราความเข้ม 10, 20 และ 30 g/L ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดฟางข้าวสายพันธุ์ปทุมธานีสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ใช้ทดสอบที่อัตราความเข้มข้น 20 และ 30 g/L ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบลักษณะการเจริญเติบโตของสาหร่ายพบว่าสาหร่ายมีการเจริญในระยะปรับตัว (lag phase) ช่วงวันที่ 1-3 หลังจากนั้นจำนวนเซลล์จะเริ่มลดลง ตั้งแต่วันที่ 4 เป็นต้นไป และจำนวนเซลล์ลดลงต่ำสุดในวันที่ 14 (Figure 1 และ Table 1)

ร้อยละของการลดลงของจำนวนเซลล์สาหร่ายที่ได้รับสารสกัดฟางข้าว เมื่อสิ้นสุดการทดลอง 14 วัน พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดฟางข้าวเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้การเจริญของเซลล์สาหร่ายลดลงอย่างต่อเนื่อง และพบว่าความเข้มข้นของสารสกัดจากฟางข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรี และ สายพันธุ์กข 1 ในอัตราส่วนความเข้มข้น 10 – 30 g/L มีประสิทธิภาพในการกำจัดเซลล์สาหร่าย *C. raciborskii* NUPLKC32 เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ได้มากกว่าร้อยละ 99.9 (Figure 2) ขณะที่ฟางข้าวพันธุ์ปทุมธานี มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเซลล์สาหร่ายที่ทดสอบต่ำกว่าฟางข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี และพันธุ์ กข 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Figure 2) เมื่อตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาของเซลล์สาหร่ายพิษ *C. raciborskii* NUPLKC32 พบว่าสาหร่ายที่ได้รับสารสกัดจากฟางข้าวที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นจะเกิดการแตกหักของเซลล์แบ่งเป็นท่อนขนาดเล็ก (Figure 3-b) ขณะที่สาหร่ายในชุดควบคุมมีลักษณะเซลล์เป็นเส้นสายยาวปกติ (Figure 3-a) และพบว่า อัตราส่วนความเข้มข้นของสารสกัดฟางข้าวที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารสกัดแทนนินเพิ่มขึ้น โดยสารสกัดฟางข้าวสายพันธุ์สุพรรณบุรีในอัตราส่วนความเข้มข้นที่ 20 และ 30 g/L มีปริมาณสารแทนนินเท่ากับ 1.05±0.10 และ 1.39±0.05 mg/L ตามลำดับ สูงกว่าสารสกัดฟางข้าวสายพันธุ์กข1 (0.81±0.09 และ 1.03±0.05 mg/L ตามลำดับ) และ

สายพันธุ์ปทุมธานี (0.84±0.04 และ 0.99±0.03 mg/L ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) (Figure 4)

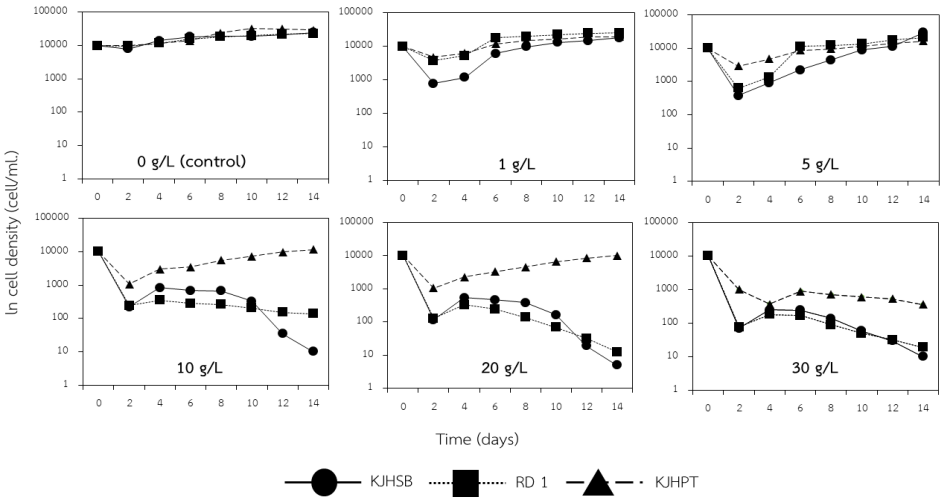


Figure 1 Effects of various concentrations of rice straw aqueous extract on the growth *C. raciborskii* NUPLKC32

Table 1 Cell density of *C. raciborskii* NUPLKC32 after exposed the rice straw extract for 14 days

Concentration (g/L)	Strain of Straw rice ($\times 10^3$ cell/ml)		
	KJHSB	RD 1	KJHPT
0 (control)	24.6±0.5	23.1±0.0	29.6±0.3
1	18.0±1.3	25.1±1.3	19.2±1.2
5	29.2±2.8	20.8±1.5	16.3±0.4
10	0.01±0.0	0.14±0.0	11.79±0.0
20	0.03±0.0	0.05±0.0	9.98±0.0
30	0.01±0.0	0.01±0.0	0.36±0.0

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของ 2 ปัจจัย (Two way ANOVA) พบว่าสายพันธุ์ของฟางข้าวไทยแต่ละสายพันธุ์ไม่มีอิทธิพลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของส่าหร่ายที่ใช้ทดสอบ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดฟางข้าว และสายพันธุ์ของฟางข้าวร่วมกับปริมาณความเข้มข้นของสารสกัดฟางข้าวมีอิทธิพลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย *C. raciborskii* NUPLKC32 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (Table 2)

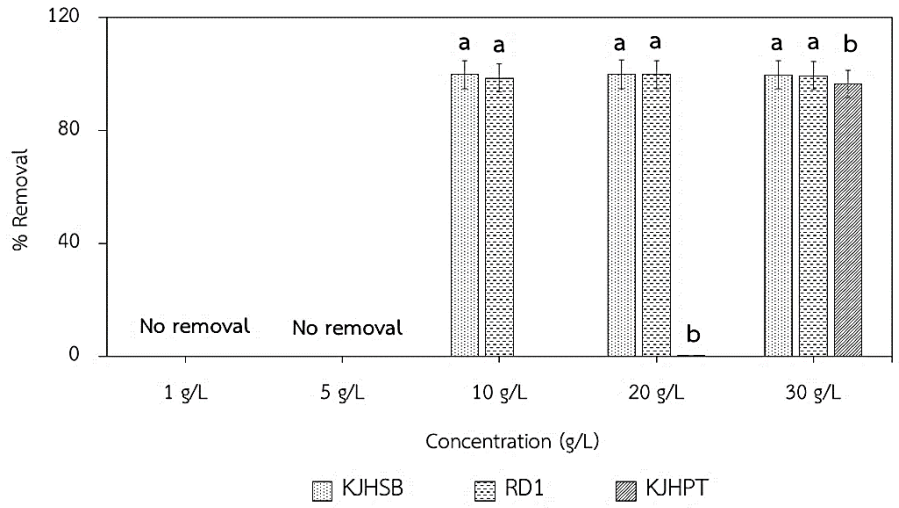


Figure 2 Percentage removal of *C. raciborskii* NUPLKC32 with different levels of rice straw extract

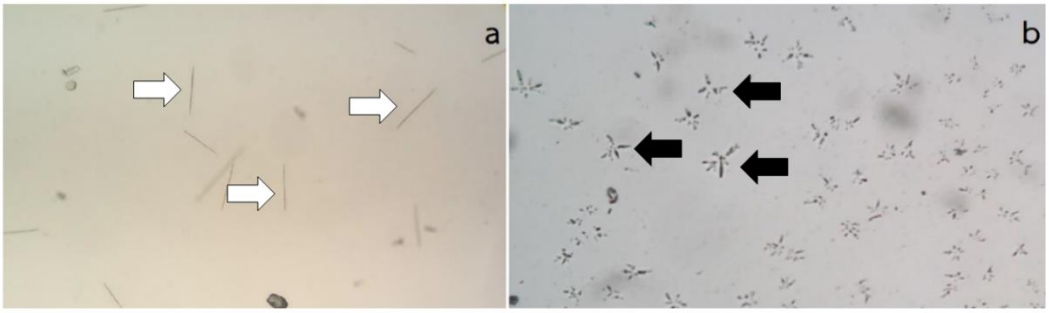


Figure 3 Morphological feature of *C. raciborskii* NUPLK32 used in this study. a: white arrows indicate the normal trichrome after the exposure to rice straw aqueous extract for 0 days; b: black arrows indicate the broken trichrome after the exposure to rice straw aqueous extract for 14 days.

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบของสารกัดฟางข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี (KJHSB) พันธุ์กข 1 (RD1) และพันธุ์ปทุมธานี (KJHPT) ต่อการเจริญของสาหร่าย *C. raciborskii* NUPLKC32 ที่อัตราส่วนความเข้มข้นต่างกัน ได้แก่ 0, 1, 5, 10, 20 และ 30 g/L พบว่าสารสกัดฟางข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี และ กข 1 ที่อัตราส่วนความเข้มข้น 20 และ 30 g/L มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเซลล์สาหร่ายอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เนื่องจากสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ปลดปล่อยจากฟางข้าวที่มีความเข้มข้นมาก รวมถึงมีสีคล้ำ และมีความขุ่นมาก ส่งผลทำให้ไปยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย ทำให้สาหร่ายไม่สามารถดำรงชีวิตได้และตายในที่สุด (Luo *et al*., 2016) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Nisa *et al*. (2011) ที่พบว่าฟางข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าวพันธุ์ กข 6 มีปริมาณสารประกอบ

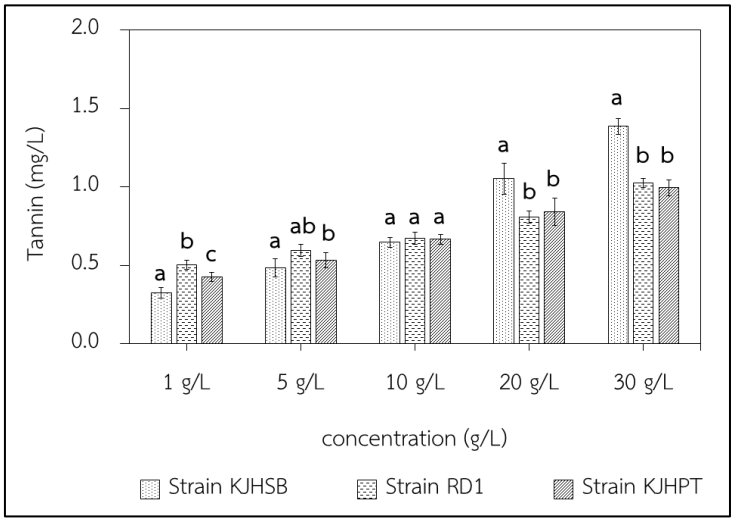


Figure 4 Concentrations of tannin from in different types of rice straw samples

ฟีโนลิกรวม (total phenolic compound) สารแทนนินและสารฟาโวนอย์ (flavonoids) ในปริมาณสูง โดยสารเหล่านี้ในฟางข้าวไปยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง ส่งผลกระทบต่อการสร้างแคโรทีนอยด์ เมื่อแคโรทีนอยด์ลดลงจะทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตออกซิเดชัน(photo-oxidation) ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอลดลงตามไปด้วย (Srisom, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับ Ball *et al*. (2001) ที่พบว่าสารที่ได้จากการย่อยสลายของฟางข้าวบาร์เลย์สามารถยับยั้งไซยาโนแบคทีเรีย *Microcystis* sp. และสาหร่ายสกุล *Scenedesmus* sp. โดยทำให้เกิดการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ดังนั้นสารประกอบในฟางข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์จึงมีแนวโน้มที่จะสามารถยับยั้งการเจริญของสาหร่าย *C. raciborskii* NUPLKC32 ได้ดีเช่นเดียวกับการใช้สารสกัดจากฟางข้าวบาเลย์ เมื่อนำสารสกัดฟางข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ได้แก่ สุพรรณบุรี กข 1 และปทุมธานี มาวิเคราะห์ปริมาณสารแทนนิน (tannin) พบว่าฟางข้าวพันธุ์สุพรรณบุรีมีปริมาณแทนนินมากกว่าสายพันธุ์กข 1 และพันธุ์ปทุมธานี ส่วนงานวิจัยของ Nisa *et al*. (2001) พบว่าปริมาณแทนนินในฟางข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ พันธุ์กข 6 มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (1 g/L) หลังจากที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นฟางข้าวบางชนิดอาจมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพกลุ่มอื่นที่สามารถยับยั้งการเจริญของสาหร่าย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Choe and Jung (2001) รายงานว่า สารสกัดจากฟางข้าวบาร์เลย์ ต้นจิงจูฉ่าย และต้นเบญมาศสามารถยับยั้งการเจริญของ *Microcystis* sp. ได้โดยมีสารประกอบเอสเทอร์เป็นกลุ่มสารหลักในการยับยั้งการเจริญของสาหร่าย และสารประกอบฟีนอลจะช่วยเพิ่มการยับยั้งการเจริญของสาหร่ายด้วย ดังนั้นเป็นจึงเป็นไปได้ว่าปริมาณสารแทนนินในสารสกัดจากฟางข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์มีผลต่อการลองลงของปริมาณเซลล์สาหร่ายพิษ *C. raciborskii* NUPLKC32 จากการศึกษาครั้งนี้แสดงได้ว่าสารสกัดจากฟางข้าวทั้ง 3 ชนิด มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย *C.raciborskii* NUPLKC32 ได้ แต่อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาโครงสร้างของสารสกัดฟางข้าวอย่างละเอียดมากขึ้น รวมทั้งการศึกษาผลกระทบต่อสาหร่ายชนิดอื่นๆ ร่วมด้วยต่อไปเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงต่อไป

Table 2 Results of Two-ways ANOVA showing the different strain and concentrations of rice straw extracts.

Source	Sum of Sq	df	Mean Sq	F	Sig.
Strain	48097433	2	24048716	1.3	0.27
Concentration	3963484913	4	990871228	56.1	0.00**
Strain * Concentration	769891921	8	96236490	5.4	0.00**

Note: significant codes: '***' :0.001 '**' :0.01 '*' :0.05

สรุปผลการทดลอง

สารสกัดจากฟางข้าว 2 สายพันธุ์ คือฟางข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี และพันธุ์กข 1 มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของสาหร่ายพิษ *C. raciborskii* NUPLKC32 ได้มากกว่าร้อยละ 99 ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 10 g/L ขึ้นไป ขณะที่ฟางข้าวพันธุ์ปทุมธานีสามารถยับยั้งการเจริญของสาหร่ายได้ดีสุดที่ความเข้มข้น 30 g/L และสารสกัดจากฟางข้าว 3 ชนิดมีสารแทนนินเป็นองค์ประกอบที่ขัดขวางการสังเคราะห์แสง ส่งผลให้เกิดการแตกหักของเซลล์ของสาหร่าย ดังนั้นจากผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาและพัฒนาการควบคุมการเจริญของสาหร่ายพิษในแหล่งน้ำของไทย และสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในระดับเชิงพาณิชย์ที่สามารถกำจัดสาหร่ายพิษชนิดอื่นในแหล่งน้ำต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือวิทยาศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

Anderson, R.A. (2005). *Algal culturing techniques*. Elsevier science and technology books. London: Academic Press.

Ball, A.S., M. Williams, D. Vincent, and J. Robinson. (2001). Algal growth control by a barley extract. *Bioresource Technology, 7*(2), 177–181.

Briand, J. F., C. Leboulanger, J. F. Humbert, C. Beranrd, and P. Dufour. (2004). *Cylindrospermopis raciborskii* (Cyanobacteria) invasion at mid latitudes: selection, wide physiological tolerance, or global warming. *Journal of Phycology, 40*(2), 231–238.

Brownlee, E. F., S. G. Sellner, and K. G. Sellner. (2003). Effects of barley straw (*Hordeum vulgare*) on freshwater and brackish phytoplankton and cyanobacteria. *Journal of Applied Phycology, 15*(6), 525–531.

Choe, S., and I. Jung. (2001). Growth Inhibition of freshwater algae by ester compounds released from rotted plants. *Applied Chemistry, 5*(2), 204–207.

Gemelgo, M. C. P., C. L. Sant' Anna, A. Tucci, and H. R. Barbosa. (2008). Population dynamics of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba

Raju, a cyanobacteria toxic species, in water supply reservoirs in São Paulo, Brazil. *Hoehnea, 35*(2), 297–307.

Guzman - Guillèn, R., I. Manzano, I. M. Moreno, A. I. P. Ortega, R. Moyano, A. Blanco, and A. M. Cameán. (2015). Cylindrospermopsin induces neurotoxicity in tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) exposed to *Aphanizomenon ovalisporum*. *Aquatic Toxicology, 161*, 17–24.

Kinnear, S. (2010). Cylindrospermopsin: A decade of progress on bioaccumulation research. *Marine Drugs, 8*(3), 542–564.

Luo, L., H. He, C. Yang, S. Wen, G. Zeng, M. Wu, Z. Zhou, and W. Lou. (2016). Nutrient removal and lipid production by *Coelastrella* sp. in anaerobically and aerobically treated swine wastewater. *Bioresource Technology, 216*, 135–141.

Nisa C., S. Srisom, and W. Narong. (2011). Growth inhibition of bloom-forming algae and cyanobacteria by rice straw. Bangkok: *Proceedings of the 5th Botanical Conference of Thailand*. [in Thai]

Park, M. H., I. M. Chung, A. Ateeque, B. H. Kim, and S. J. Hwang. (2009). Growth inhibition of unicellular and colonial *Microcystis* strains (Cyanophyceae) by compounds isolated from rice (*Oryza sativa*) hulls. *Aquatic Botany, 90*(4), 309–314.

Ponza, P., S. Ponza, P. Pongpadung, and W. Tawong. (2017). Species diversity of phytoplankton and relationship with water quality in Mae Thang reservoir, Phrae province. *Khon Kaen Agriculture Journal, 45*(4), 663–674. [in Thai]

Pongudom, P., N. Whangchai, C. Chitmanat, and U. Sompong. (2014). Microbiological degradation of off-flavor (Geosmin and MIB) isolated from aquaculture system. *Proceedings of 52nd Kasetsart University Annual Conference*: Fisheries, Agricultural Extension and Home Economics. (pp. 130–137). Bangkok. [in Thai]

Piccini, C., L. Aubriot, A. Fabre, V. Amaral, M. GonzálezPiana, and A. Gianni. (2011). Genetic and ecophysiological differences of South American *Cylindrospermopsis raciborskii* isolates support the hypothesis of multiple ecotypes. *Harmful Algae,10*(6), 644–653.

Ridge, I., and J. M. Pillinger. (1996). Towards understanding the nature of algal inhibitors from barley straw. *Hydrobiologia, 340*, 301–305.

Srisom, S. (2006). Carbon metabolism. In Lily Kaweeta, Mali Na Nakorn, Srisom Suwanwong, and Suriya Tantivivat, *Plant physiology* (pp. 97–152). Bangkok: Kasetsart University, Bangkok. [in Thai]

Soares, R. M., V. F. Magalhaes, and M. F. O. Azevedo. (2004). Accumulation and depuration of microcystins (cyanobacteria toxins) in *Tilapia rendalli* (Cichlidae) under laboratory conditions, *Aquatic Toxicology, 70*(1), 1–10.

Sun, R. C., X. F. Sun, S. Q. Wang, W. Zhu, and X. Y. Wang. (2002). Ester and ether linkages between hydroxycinnamic acids and lignins from wheat, rice and barley straws, maize stem and fast-growing poplar wood. *Industrial Crops and Products, 15*(3), 179–188.

Suwanpakdee, S., N. Whangchai, C. Chitmanat, U. Sompong, S. Tongsiri, P. Pimolrat, R. Gutierrez, and N. Nomura. (2016) Study of the effect of gypsum and rice straw extract on the control of earthy-musty odor in tilapia culture pond. *Walailak Journal of Science and Technology, 13*(7), 555 - 569

Welch, I. M., P. R. F. Barrett, M. T. Gibson, and I. Ridge. (1990). Barley straw as an inhibitor of algal growth I: studies in the Chesterfield Canal. *Journal of Applied Phycology, 2*, 231–239.

Xi, X., Y. Chen, X. Liang, L. Lou, and X. Tang. (2010). Effects of Tibetan hulless barley on bloomforming cyanobacterium (*Microcystis aeruginosa*) measured by different physiological and morphologic parameters. *Chemosphere, 81*(9), 1118-1123.