รายงานผลงานวิจัย
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* (Nordstedt) Geiteler เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้

MASS CULTURE OF *SPIRULINA PLATENSIS* FOR IMPROVEMENT OF DORMITORY EFFLUENT MAEJO UNIVERSITY

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2544 จำนวนเงิน 107,500 บาท

หัวหน้าโครงการ	จงกล	พรมยะ
ผู้ร่วมโครงการ	เกรียงศักดิ์	เม่งอำพัน
	สุฤทธิ์	สมบูรณ์ชัย

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์
วันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2545

243/46

ถอนออกจากสมุดทะเบียน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คำนิยม

รายงานผลงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ซึ่งได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัยประจำปี 2544 จำนวนเงิน 107,500 บาท (หนึ่งแสนเจ็ดพันห้าร้อยบาทถ้วน) ในการทำวิจัยในครั้งนี้ขอขอบพระคุณคณาจารย์ ข้าราชการ เจ้าหน้าที่และนักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ ตลอดจนสถานที่ทำการวิจัย ขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องและคณะผู้ร่วมทำงานที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลือ ทำให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

คณะผู้วิจัย

กองหอสมุดกลาง
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญภาพ	ข
สารบัญตารางภาคผนวก	ค
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
วันเวลาและสถานที่ทำการวิจัย	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
อุปกรณ์การทำวิจัย	7
แผนการดำเนินงานและวิธีการวิจัย	9
ผลของการวิจัย	11
วิจารณ์ผลการวิจัย	21
สรุปผลการวิจัย	25
ข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	29

ลิขสิทธิ์ของ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางโภชนาการ *S. platensis* ค่าเป็นร้อยละ ของน้ำหนักแห้ง 24

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	อุณหภูมิของน้ำ (^{o}C) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระยะเวลา 1 เดือน	15
2	ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO; mg/l) และความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD_5 ; mg/l) เมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระยะเวลา 1 เดือน	16
3	ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD ; mg/l) และออร์โธฟอสเฟต (PO_4-P ; mg/l) เมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระยะเวลา 1 เดือน	17
4	แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N ; mg/l) และค่าไนเตรท-ไนโตรเจน (NH_3-N ; mg/l) เมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระยะเวลา 1 เดือน	18
5	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (Moisture ; %) เปอร์เซ็นต์เถ้า (Ash ; %) เปอร์เซ็นต์เยื่อใย (Fiber ; %) เปอร์เซ็นต์โปรตีน (Protein ; %) เปอร์เซ็นต์ไขมัน (Fat ; %) และเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate ; %) เมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษามหาวิทยาลับแม่โจ้ ระยะเวลา 1 เดือน	19
6	คลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll-a ; μg/l) และมวลชีวภาพ (Biomass ; g/l) เมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระยะเวลา 1 เดือน	20

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติใช้ Analysis of variance (ANOVA) : ผลผลิตเบื้องต้น คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพเคมี ชีวภาพ และคุณค่าทางโภชนาการบางประการของ *S. platensis* เมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำเสียความเข้มข้น 40 , 70 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 30 วัน	30
2 ค่าเฉลี่ยและผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลผลิตเบื้องต้น คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพเคมี ชีวภาพ และคุณค่าทางโภชนาการบางประการของ *S. platensis* แต่ละหน่วยทดลอง เมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำเสียความเข้มข้น 40 , 70 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 30 วัน	31
3 ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลผลิตเบื้องต้น คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพเคมี ชีวภาพของ *S. platensis* เมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบกันทุก ๆ 3 วัน ตลอดการเพาะเลี้ยง ระยะเวลา 30 วัน	32
4 ค่าร้อยละการเพิ่มขึ้นและลดลงของคุณภาพน้ำทางเคมีและชีวภาพเมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำเสียความเข้มข้น 40 , 70 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 30 วัน	33

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้

MASS CULTURE OF *SPIRULINA PLATENSIS* FOR IMPROVEMENT OF DOMITORY EFFLUENT MAEJO UNIVERSITY

จงกล พรมยะ เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน สุฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย

JONGKON PROMYA KEANGSAK MENGUMPAN SURIT SOMBOONCHAI

ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง

คณะผลิตกรรมการเกษตร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* (Nordstedt) Geiteler เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในความเข้มข้น 40 , 70 และ 100 % เป็นเวลา 30 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ คุณค่าทางโภชนาการบางประการและผลผลิตเบื้องต้นของ *S. platensis* ทุก 3 วัน

คุณภาพของน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % ตลอดการเพาะเลี้ยงมีค่าตามลำดับดังนี้ Water temperature 28.10 ± 1.52 (^{o}C) pH 10.20 ± 0.28 , 10.11 ± 0.25 และ 10.23 ± 0.35 (units) DO 5.94 ± 1.43 , 6.02 ± 1.39 และ 5.96 ± 1.52 mg/l BOD_5 3.18 ± 1.8๖ , 4.03 ± 1.09 และ 4.01 ± 0.89 mg/l COD 102.51 ± 52.10 , 95.36 ± 52.53 และ 119.88 ± 45.36 mg/l NH_3-N 1.640 ± 0.45 , 1.35 ± 0.37 และ 1.44 ± 0.56 mg/l NO_3-N 0.65 ± 0.24 , 0.54 ± 0.15 และ 0.68 ± 0.07 mg/l PO_4-P 0.52 ± 0.09 , 0.48 ± 0.12 และ 0.49 ± 0.12 mg/l เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงพบว่าน้ำเสีย 40 % มีการลดลงของ BOD_5 79.05 % PO_4-P 36.07 % NH_3-N 48.44 % และ NO_3-N 1.54 % แต่ค่า COD เพิ่มขึ้น 23.36 % น้ำเสีย 70 % มีการลดลงของ PO_4-P 50.00 % NH_3-N 53.51 % และ NO_3-N 60.53 % แต่ค่า BOD_5 และ COD เพิ่มขึ้น 43.98 % และ 31.88 % น้ำเสีย 100 % มีการลดลงของ PO_4-P 39.22 % NH_3-N 68.48 % และ NO_3-N 18.31 % แต่ค่า BOD_5 และ COD เพิ่ม

ขึ้น 66.56 และ 10.45 % การวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่าค่าเฉลี่ย NH_3-N และ PO_4-P ในความเข้มข้น 40 , 70 และ 100 % มีค่าน้อยกว่าชุดควบคุม และค่า COD และ PO_4-P หลังการเพาะเลี้ยงมีค่าน้อยกว่าก่อนการเพาะเลี้ยงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ส่วนคุณค่าทางโภชนาการของ *S. platensis* เมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มีค่าความชื้น 9.58 ± 0.22 , 8.02 ± 0.83 และ 8.52 ± 1.42 % เถ้า 11.06 ± 4.54 , 14.24 ± 2.91 และ 9.14 ± 2.71 % เยื่อใย 0.55 ± 0.13 , 0.33 ± 0.04 และ 0.22 ± 0.06 % โปรตีน 25.307 ± 3.98 , 27.43 ± 10.78 และ 55.28 ± 13.94 % คาร์โบไฮเดรต 49.55 ± 10.16 , 43.04 ± 11.10 และ23.13 ± 13.08 % ไขมัน 3.95 ± 1.82 , 6.95 ± 2.70 และ 3.72 ± 0.38 % (น้ำหนักแห้ง) เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของ *S. platensis* พบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังนี้ *S. platensis* เพาะเลี้ยงในน้ำเสีย 100 % จะมีค่าเฉลี่ยของปริมาณโปรตีนมากกว่าในน้ำเสีย 70 และ 40 % และปริมาณเยื่อใยของ *S. platensis* ในน้ำเสีย 40 % จะมีปริมาณมากกว่าในน้ำเสีย 70 และ 100 % ตามลำดับ

ผลผลิตเบื้องต้นของสาหร่าย *S. platensis* ที่เพาะเลี้ยงในน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % ได้ Biomass 0.74 ± 0.08 , 0.77 ± 0.15 และ 1.03 ± 0.08 g/l (น้ำหนักแห้ง) Chlorophyll-a 47.74 ± 8.32 , 51.77 ± 7.43 และ 57.46 ± 1.98 µg/l ตามลำดับ โดย Biomass และ Chlorophyll-a ในน้ำเสีย 100 % มีค่ามากกว่าในน้ำเสีย 40 และ 70 % อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

สรุปได้ว่าน้ำเสียจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ใช้เพาะเลี้ยง *S. platensis* คุณภาพน้ำเมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงพบว่าค่า NH_3-N , NO_3-N และ PO_4-P ในน้ำเสีย 70 % มีค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงมากกว่าในน้ำเสีย 40 % และ 100 % ตามลำดับ คุณค่าทางโภชนาการของ *S. platensis*โดยเฉพาะโปรตีนมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในน้ำเสีย 100% (55.28 ± 13.94 %) และผลผลิตเบื้องต้นสูงที่สุดในน้ำเสีย 100 % (1.03 ± 0.08 g/l)

Abstract

Mass Culture of *Spirulina platensis* (Nordstedt) Geiteler for improvement of dormitory effluent Maejo University. The waste water were diluted into 40 , 70 and 100 % prior to use. Cultivation was cried out for 30 days. Water quality nutritional values and primary production of *S. platensis* were monitored every 3 days.

Regarding physico-chemical properties of *S. platensis* cultivated in 40 , 70 and 100 % waste water. Water temperature 28.10 ± 1.52 ^{0}C , pH 10.20 ± 0.28 , 10.11 ± 0.25 and 10.23 ± 0.35 units , DO 5.94 ± 1.43 , 6.02 ± 1.39 and 5.96 ± 1.52 mg/l , BOD_5 3.18 ± 1.80 , 4.03 ± 1.09 and 4.01 ± 0.89 mg/l , COD 102.51 ± 52.10 , 95.36 ± 52.53 and 119.88 ± 45.36 mg/l , NH_3-N 1.640 ± 0.45 , 1.35 ± 0.37 and 1.44 ± 0.56 mg/l , NO_3-N 0.65 ± 0.24 , 0.54 ± 0.15 and 0.68 ± 0.07 mg/l , PO_4-P 0.52 ± 0.09 , 0.48 ± 0.12 and 0.49 ± 0.12 mg/l , respectivety. By the end of the cultivation, in 40 % waste water *S. platensis* had removed 79.05 % of BOD_5 , 36.07 % of PO_4-P , 48.44 % of NH_3-N and 1.54 % of NO_3-N were removed but COD increased 23.36 % , At 70 % dilution, 50.00 % of PO_4-P , 53.51 % of NH_3-N and 60.53 % of NO_3-N were removed by BOD_5 และ COD increased by 43.98 % and 31.88 % , While the 100 % dilution, 39.22 % of PO_4-P , 68.48 % of NH_3-N and 18.31 % of NO_3-N were removed but BOD_5 และ COD increased by 66.56 and 10.45 % Statistical analysis confirmed that mean NH_3-N and PO_4-P in 40 , 70 and 100 % waste water were lower than in controls 40 , 70 and 100 % but COD and PO_4-P in the waste water after the *S. platensis* cultivation were lower than before ($P < 0.05$)

Concerning nutritional values of the algae in 40 , 70 and 100 % waste water after treatment moisture was : 9.58 ± 0.22 , 8.02 ± 0.83 and 8.52 ± 1.42 % , ash 11.06 ± 4.54 , 14.24 ± 2.91 and 9.14 ± 2.71 % , crude fiber 0.55 ± 0.13 , 0.33 ± 0.04 and 0.22 ± 0.06 % , crude protein 25.307 ± 3.98 , 27.43 ± 10.78 and 55.28 ± 13.94 % , crude carbohydrate 49.55 ± 10.16 , 43.04 ± 11.10 and 23.13 ± 13.08 % , crude fat 3.95 ± 1.82 , 6.95 ± 2.70 and 3.72 ± 0.38 % as percent dry weight. Mean crude protein in 100 % waste water were higher than in 40 and 70 % : and curde fiber in 40 % waste water was lower than in 70 and 100 % waste water ($P < 0.05$).

Biomass of *S. platensis* cultivated in 40 , 70 and 100 % waste water : 0.74 ± 0.08 , 0.77 ± 0.15 and 1.03 ± 0.08 g/l (dry weight) , respectively and Chlorophyll-a 47.74± 8.32 , 51.77± 7.43 and 57.46 ± 1.98 μg/l respectively.

Biomass and Chlorophyll-a in 100 % waste water were significantly higher than those in 40 and 70 % waste water ($P < 0.05$)

In conclusion : By the end of the cultivation : NH_3-N , NO_3-N and PO_4-P in 70 % waste water, *S. platensis* had percent removed were higher in 40 and 100 %, respectively. The nutritional values of *S. platensis* in particular mean of crude protein was highest when grown in 100 % of waste water (55.28 ± 13.94 %) and highest primary production was achieved with 100 % waste water (1.03 ± 0.08 g/l)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คำนำ

น้ำเสียเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่กำลังทวีความรุนแรงขึ้นอย่างมากในประเทศไทยเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและการพัฒนาประเทศจากเกษตรกรรมเป็นอุตสาหกรรมขนาดต่าง ๆ ส่งผลให้มีปริมาณน้ำเสียเพิ่มขึ้นมากเกินขีดความสามารถของธรรมชาติจะปรับสภาพน้ำให้ดีขึ้นได้ ทำให้เกิดความสูญเสียแก่ทรัพยากรทางน้ำและเป็นการทำลายเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก แต่สาเหตุที่ทุกคนกำลังให้ความสนใจและมองว่าเป็นสาเหตุหลักของปัญหาน้ำเสียที่เกิดขึ้นนี้ คือ โรงงานอุตสาหกรรมรวมถึงน้ำทิ้งจากที่พักอาศัยหรือบ้านเรือน

หอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้มีการสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจัดว่าเป็นการแก้ปัญหาลดกลิ่นและสารอาหารต่าง ๆ ได้ระดับหนึ่งเท่านั้น จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี บ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยภาควิชาเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่ปี 2540 – 2542 ได้ค่าเฉลี่ยดังนี้ NO_3-N , PO_4-P , BOD_5 และ COD เท่ากับ 0.024 – 0.025 , 1.649 – 1.774 , 16.0 และ 124.8 mg/l ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ยังเกินค่ามาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรมไทยกำหนดน้ำทิ้งและน้ำในแม่น้ำลำคลอง ค่า BOD_5 เกิน 10 mg/l จัดเป็นน้ำเสียและน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม มีค่า COD ไม่เกิน 100 mg/l (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) ซึ่งยังต้องการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยชีววิธี

ดังเช่นการเพาะเลี้ยง *Spirulina* sp. ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งสาคู เมื่อวิเคราะห์น้ำได้ค่าเฉลี่ย C : N : P เท่ากับ 24.00 : 0.14 : 1.00 มีอัตราการเจริญโดยเฉลี่ย 0.51 μg/day เมื่อเติมอาหารพวก inorganic kosaric medium ได้ค่าอัตราการเจริญเท่ากับ 0.54 μg/day เมื่อเก็บผลผลิตได้ค่า Biomass 0.02 g/l เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของ *S. platensis* ได้ค่า โปะตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เฉลี่ย 68 , 23 และ 11 % ตามลำดับ สามารถลดค่า COD , NH_3-N , PO_4-P ได้ 98.00 , 99.90 และ 99.40 % ตามลำดับ (Pang et al., 2000) และการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกรในความเข้มข้น 30 % มีการลดลงของค่า COD 90.90 % , PO_4-P 58.38 % , NH_3-N 99.90 % และ NO_3-N 52.94 % ผลผลิตเบื้องต้นของ *S. platensis* ในน้ำเสีย 50 % ได้ค่า 0.32 g/l (น้ำหนักแห้ง) เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการบางประการได้โปรตีน 51.00 % โดยน้ำหนักแห้ง (จงกล, 2543)

การบำบัดน้ำเสียด้วยสาหร่าย *Spirulina platensis* เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถหมุนเวียนเอาธาตุอาหารและสารประกอบอื่น ๆ ในน้ำทิ้งมาใช้ในการสร้างผลผลิตเบื้องต้นให้ได้มวลของ

สาหร่ายในปริมาณมาก เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนของสัตว์น้ำ น้ำที่มีมลพิษอาจเปลี่ยนเป็นน้ำที่ปราศจากมลพิษแล้วสามารถหมุนเวียนนำไปเลี้ยงสัตว์น้ำได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษา ทั้งด้านกายภาพ เคมี ก่อน หลังและระหว่างบำบัดโดยสาหร่าย *Spirulina platensis*
2. เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการบางประการของสาหร่าย *S. platensis* เมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษา
3. เพื่อศึกษาผลผลิตเบื้องต้นของสาหร่าย *S. platensis* เมื่อเพาะเลี้ยงแบบ Mass culture ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษา

วันเวลาและสถานที่ทำการวิจัย

เริ่มการทดลองเดือนเมษายน 2544 และสิ้นสุดการทดลองเดือนกันยายน 2545 ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารและบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่าย ที่ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงคุณค่าทางโภชนาการบางประการและผลผลิตเบื้องต้นของ *S. platensis*
2. ทราบระดับความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษาที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายแบบ Mass culture
3. ช่วยลดมลพิษของน้ำทิ้ง
4. ช่วยลดมลภาวะของแหล่งน้ำธรรมชาติและรักษาสมดุลย์ของระบบนิเวศน์และเป็นข้อมูลในการศึกษาต่อไป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

อุปกรณ์ทำการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

1. สารเคมี

1.1 Aceton 90 %

1.2 Ammonium Cloride Stock Solution

1.3 Ammonium Molybdate reagent

1.4 Catalyst

1.5 Digestion Solution

1.6 Feroin indicator

1.7 Ferrous ammonium sulfate

1.8 Nessler reagent

1.9 Petroleum ether

1.10 Phenoldisulfonic acid solution

1.11 Phenolphthatein indicator

1.12 Screened methylred indicator

1.13 Sodium hydroxide (1.25 %)

1.14 Sodium hydroxide (6N)

1.15 Sodium hydroxide (0.1N)

1.16 Stabilizer reagent (EDTA reagent)

1.17 Standard nitrate solution

1.18 Standnous chloride reagent

1.19 Sulfuric acid (0.1N)

1.20 Sulfuric acid (1.25 %)

1.21 Sulfuric acid reagent

1.22 Zinc sulfate solution

2. เครื่องแก้ว

2.1 กระบอกตวงขนาดต่าง ๆ

2.2 จานเลี้ยงเชื้อ (Petridish)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

2.3 หลอดทดลอง (Test tube)

2.4 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

2.5 บิกเกอร์ (Beaker)

2.6 ปิเปต (Pepette)

2.7 ขวดบีโอดี (BOD bottle)

2.8 บิวเรต (Burette)

2.9 หลอดหยด (Dropper)

2.10 ขวดน้ำเกลือขนาด 2 ลิตร

2.11 กระดาษกรอง Millipore AA filter paper

2.12 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

2.13 ผ้ากรองไนลอนขนาด 100 μm

3. วัสดุอุปกรณ์อื่น ๆ

3.1 เครื่องมือ

3.1.1 เครื่อง Spetrophotometer

3.1.2 เครื่องวัดความเป็นกรด – ด่าง (pH meter)

3.1.3 เครื่องวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO meter)

3.1.4 เครื่องวัดออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD Prob meter)

3.1.5 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง (Electrical balance)

3.1.6 เครื่องปั๊มอากาศ (Air pump)

3.1.7 เครื่องกรองสูญญากาศ (Suction pump)

3.1.8 เครื่องดูดความชื้น (Desicator)

3.1.9 ตู้อบแห้งอุณหภูมิสูง (Hot air oven)

3.1.10 ตู้ถ่ายเชื้อ (Transfer chamber)

3.1.11 ตู้อบ (Incubator)

3.1.12 hot plate ที่อุณหภูมิ 50 – 100 องศาเซลเซียส

3.1.13 หม้อนึ่งอัดไอ (Autocave)

3.1.14 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

3.1.15 กล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

3.1.16 กล้องถ่ายรูปพร้อมกับกล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ

ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

3.1.17 ชุดย่อยและกลั่น (Degestion and Distillation set)

3.1.18 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน

3.1.19 เครื่องย่อยเยื่อใยอาหาร (Crude fiber apparatus)

3.1.20 เตาเผา (Muffle furnace)

3.1.21 เครื่องเหวี่ยงความเร็วสูง (Centrifuge)

3.2 อุปกรณ์อื่น ๆ

3.2.1 Stock culture ของ *S. platensis*

3.2.2 น้ำเสียจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ. เชียงใหม่

3.2.3 น้ำประปาเพื่อใช้ปรับความเข้มข้นต่าง ๆ ของน้ำเสีย

3.2.4 ถังน้ำ

3.2.5 ถาดอลูมิเนียม

3.2.6 บ่อซีเมนต์เลี้ยง *S. platensis* ขนาดความจุ 200 ลิตร จำนวน 18 บ่อ

3.2.7 ถุงกรองแพลงก์ตอนพืช

แผนการดำเนินงานและวิธีการวิจัย

ขั้นตอนการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษา

1. การเตรียมหัวเชื้อสาหร่าย (algal inoculum)

1.1 นำสาหร่ายเพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร Zarrouk's เป็นเวลา 2 สัปดาห์ กรองสาหร่ายด้วยชุดกรองสาหร่าย แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น ใช้สาหร่าย 30 กรัม ปรับปริมาณให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เพื่อใช้เป็นสาหร่ายตั้งต้นในการเพาะเลี้ยงต่อไป

1.2 นำสาหร่ายที่เตรียมไว้มาใส่ลงในขวดแก้วขนาด 2 – 4 ลิตร ต่อมาขยายหัวเชื้อสาหร่ายในบ่อซีเมนต์กลมความจุของน้ำ 200 ลิตร จำนวน 1 บ่อ ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในขวดแก้วและบ่อซีเมนต์ มีการเพาะเลี้ยงดังนี้

- น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษา	20	%
- $NaHCO_3$	6	g/l
- K_2HPO_4	0.5	g/l
- $NaNO_3$	1.5	g/l

กองจดหมายกลาง มหาวิทยาลัยแม่โจ้

- ปุ๋ย NPK (16:16:16) 0.6 g/l

ปรับ pH 10 ± 0.5 โดย NaOH (จงกล, 2543 ปรับปรุงจาก สุพัตรา, 2533)

ใช้หัวเชื้อสาหร่ายตั้งต้น 20 % โดยปริมาตร ให้อากาศโดยใช้เครื่องปั๊มอากาศ ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำ และป้องกันไม่ให้สาหร่ายตกตะกอน ความเข้มแสงประมาณ 5,000 ลักซ์ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง วัดการเจริญโดยวัดค่า optical density (OD) ที่ความยาวคลื่นแสง 560 nm เมื่อค่า OD = 1 แล้วใช้เป็นหัวเชื้อสาหร่ายต่อไป

2. เพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำเสียจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยใช้บ่อซีเมนต์กลมให้มีสาหร่ายชนิดเดียวหรือ Unialgal culture

2.1 นำน้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียจากหอพักนักศึกษา มาตกตะกอนในบ่อซีเมนต์ ปริมาตรความจุของน้ำประมาณ 1 – 2 ตัน ใช้เวลาตกตะกอนประมาณ 2 สัปดาห์

2.2 จากนั้นใช้ผ้าขาวบางกรองตะกอนออก และวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี เช่น อุณหภูมิของน้ำและอากาศ , pH , DO , BOD_5 , COD , NH_3-N , NO_3-N และ PO_4-P (โดยวิธีของ APHA , AWW and WPCF, 1985 ; ศิริเพ็ญ, 2543)

2.3 มีการวางแผนการวิจัยแบบ CRD (Completely Randomized Design) แบ่งเป็น 3 treatment ซึ่งมีน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % (T1, T2 , T3) แต่ละ treatment มี 3 ซ้ำ และชุดควบคุม ทำการเพาะเลี้ยงใช้เวลา 30 วัน ใช้บ่อซีเมนต์ปริมาตร 200 ลิตร จำนวน 18 บ่อ

2.4 เตรียมน้ำเสียข้อ 2.1 ที่ผ่านการกรองเติมในบ่อซีเมนต์ทั้ง 18 บ่อ ใช้ความจุของน้ำ 150 ลิตร ปรับ pH โดยใช้ NaOH ให้อยู่ในช่วง 10 ± 0.5 ทำการเติมระบบอากาศตลอดการเพาะเลี้ยง

<u>ขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ *S. platensis*</u>

1. เติมสาหร่ายตั้งต้นในข้อ 1.2 (ที่วัดค่าความหนาแน่นของเซลล์ที่ความยาวคลื่นแสง 560 nm เมื่อวัดค่า OD = 1) บ่อละ 20 % หรือมีค่า OD เริ่มต้น 0.35 ขึ้นไป ตรวจวัดการเจริญทุกวัน ช่วงเวลา 10.00 – 11.00 น. โดยการวัดค่า Chlorophyll-a และค่า OD ระหว่างการบำบัดน้ำด้วยสาหร่าย ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้านกายภาพและเคมีทุก ๆ 3 วัน รวมทั้งกรองสาหร่ายที่ตายออกจากบ่อจนสาหร่ายได้ค่า Chlorophyll-a และค่า OD สูงสุดประมาณ 0.6 – 0.7 เก็บมวล ชีวภาพ (biomass) 80 % โดยการดูดน้ำจากบ่อ กรองด้วยผ้าไลลอนขนาดตา 60 – 100 ไมครอน นำไปตากแห้งจะมีลักษณะเป็นแผ่นเล็ก ๆ แล้วชั่งน้ำหนักและบันทึกไว้ บรรจุในถุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ห้ามใช้

พลาสติกเพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ ใช้วิธีวัดค่า โปรตีน , ไขมัน , คาร์โบไฮเดรต ความชื้น ,เถ้า และเยื่อใย (นิวุฒิและสุฤทธิ์, 2539)

2. น้ำที่ได้จากการกรองสาหร่าย นำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี เป็นข้อมูลหลังการบำบัดด้วยสาหร่าย สาหร่ายที่เหลือในบ่ออีก 20 % เป็นสาหร่ายตั้งต้นสำหรับการเพาะเลี้ยงในครั้งต่อไป

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Single factor ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยวิธี Tukey ' multiple range test ใช้โปรแกรม SPSS 9.0.0

ผลของการวิจัย

เมื่อทำการเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ความเข้มข้นต่างกัน ได้ผลการศึกษามีความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ

อุณหภูมิของน้ำ (Water temperature) ตลอดการเพาะเลี้ยงมีค่าเฉลี่ย 28.10 ± 1.52 องศาเซลเซียส (ภาพ 1)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยง pH มีค่าเฉลี่ย 10.20 ± 0.28 ชุดควบคุมมีค่า 8.97 ± 0.38 ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 10.11 ± 0.25 ชุดควบคุมมีค่า 8.72 ± 0.46 และน้ำเสีย 100 % มีค่า 10.23 ± 0.35 ชุดควบคุมมีค่า 8.79 ± 0.49 (ภาพ 1) เมื่อนำมาเปรียบเทียบทางสถิติพบว่า pH ทั้ง 3 ความเข้มข้นมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($P < 0.05$) (ตาราง 2,3)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ในน้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยง DO มีค่าเฉลี่ย 5.94 ± 1.43 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 4.47 ± 0.75 mg/l ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 6.02 ± 1.39 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 4.07 ± 1.05 mg/l และน้ำเสีย 100 % มีค่า DO 5.96 ± 1.52 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 4.59 ± 0.69 mg/l (ภาพ 2) เมื่อนำมาเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าทั้ง 3 ความเข้มข้นมีค่า DO เฉลี่ยมากกว่าชุดควบคุมที่ความเข้มข้น 70 % อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($P < 0.05$) และค่าเฉลี่ยของ DO ตลอดการเพาะเลี้ยงในวันที่ 10 มีค่าน้อย

กว่า DO ในวันที่ 1 , 4 , 13 และ 7 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($P < 0.01$) (ตาราง 2,3)

ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD_5) ในน้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยง BOD_5 มีค่าเฉลี่ย 3.18 ± 1.80 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 1.69 ± 0.65 mg/l ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 4.03 ± 1.10 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 1.85 ± 0.60 mg/l และน้ำเสีย 100 % มีค่า 4.01 ± 0.88 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 1.51 ± 0.60 mg/l (ภาพ 2) ทั้ง 3 ความเข้มข้นตลอดการเพาะเลี้ยงมีค่า BOD_5 มากกว่าชุดควบคุม (ตารางที่ 1,2) เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงพบว่าน้ำเสีย 40 % มีค่า BOD_5 ลดลง 79.05 % ส่วนน้ำเสีย 70 % และ 100 % มีค่า BOD_5 เพิ่มขึ้น 43.98 % และ 66.56 % ตามลำดับ (ตารางภาคผนวก 4) เมื่อนำค่าเฉลี่ย BOD_5 ไปเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าทั้ง 3 ความเข้มข้นมีค่ามากกว่าชุดควบคุมที่ ($P < 0.01$) และค่าเฉลี่ยทุก ๆ 3 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง 2,3,4)

ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) ในน้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยง COD มีค่าเฉลี่ย 102.51 ± 52.10 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 36.08 ± 25.54 mg/l ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 95.36 ± 52.53 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 35.22 ± 25.18 mg/l และน้ำเสีย 100 % มีค่า 119.88 ± 45.36
mg/l ชุดควบคุมมีค่า 29.18 ± 16.46 mg/l (ภาพ 3) เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงพบว่าน้ำเสีย 40 % , 70 % และ 100 % มีค่า COD เพิ่มขึ้น 23.36 % , 31.88 % และ 10.45 % ตามลำดับ (ตารางภาคผนวก 4) เมื่อนำค่าเฉลี่ย COD ไปเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าทั้ง 3 ความเข้มข้นมีค่ามากกว่าชุดควบคุมที่ ($P < 0.01$) และค่าเฉลี่ยทุก ๆ 3 วัน พบว่าวันที่ 6 ของการเพาะเลี้ยงมีค่า COD มากกว่าวันที่ 9 , 12 , 3 และ 0 ตามลำดับที่ ($P < 0.05$) (ตาราง 2,3,4)

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในน้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยง NH_3-N มีค่าเฉลี่ย 1.64 ± 0.45 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 2.43 ± 0.25 mg/l ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 1.35 ± 0.37 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 2.27 ± 0.22 mg/l และน้ำเสีย 100 % มีค่า 1.44 ± 0.56 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 2.42 ± 0.19 mg/l (ภาพ 3) เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงพบว่าน้ำเสีย 40 % , 70 % และ 100 % มีค่า NH_3-N ลดลง 48.44 % , 53.51 % และ 68.48 % ตามลำดับ (ตารางภาคผนวก 4) เมื่อนำค่าเฉลี่ย NH_3-N ไปเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าทั้ง 3 ความเข้มข้นมีค่ามากกว่าชุดควบคุมที่ ($P < 0.01$) และค่าเฉลี่ยทุก ๆ 3 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง 2,3,4)

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N) ในน้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยง NO_3-N มีค่าเฉลี่ย 0.65 ± 0.24 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 1.10 ± 0.95 ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า $0.54 \pm$

0.15 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 0.67 ± 0.20 mg/l และน้ำเสีย 100 % มีค่า 0.68 ± 0.07 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 0.44 ± 0.19 mg/l (ภาพ 4) เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงพบว่าน้ำเสีย 40 % , 70 % และ 100 % มีค่า NO_3-N ลดลง 1.54 % , 60.53 % และ 18.31 % ตามลำดับ (ตารางภาคผนวก 4) เมื่อนำค่าเฉลี่ย NO_3-N ไปเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าทั้ง 3 ความเข้มข้นและชุดควบคุมรวมทั้งค่าเฉลี่ยทุก ๆ 3 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง 2,4)

ออร์โธฟอสเฟต (PO_4-P) ในน้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยง PO_4-P มีค่าเฉลี่ย 0.52 ± 0.09 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 0.65 ± 0.11 mg/l ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 0.48 ± 0.12 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 0.66 ± 0.08 mg/l และน้ำเสีย 100 % มีค่า 0.49 ± 0.11 mg/l ชุดควบคุมมีค่า 0.65 ± 0.10 mg/l (ภาพ 3) เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงพบว่าน้ำเสีย 40 % , 70 % และ 100 % มีค่า PO_4-P ลดลง 36.07 % , 50.00 % และ 39.22 % ตามลำดับ (ตารางภาคผนวก 4) เมื่อนำค่าเฉลี่ย PO_4-P ไปเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าทั้ง 3 ความเข้มข้นมีค่าน้อยกว่าชุดควบคุมที่ ($P < 0.05$) และค่าเฉลี่ยทุก ๆ 3 วัน พบว่าหลังสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงมีค่าเฉลี่ยของ PO_4-P น้อยกว่าก่อนและระหว่างการเพาะเลี้ยงอย่างมีนัยสำคัญที่ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2,3,4)

คุณค่าทางโภชนาการของ *S. platensis*

ความชื้น (Moisture) น้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยงมีค่าความชื้นเฉลี่ย 9.58 ± 0.22 % (น้ำหนักแห้ง) ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 8.02 ± 0.83 % (น้ำหนักแห้ง) และน้ำเสีย 100 % มีค่า 8.52 ± 1.42 % (น้ำหนักแห้ง) (ภาพ 5) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าทั้ง 3 ความเข้มข้น ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง 2,3)

เถ้า (Ash) น้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยงมีปริมาณเถ้า 11.06 ± 4.54 % (น้ำหนักแห้ง) ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 14.24 ± 2.91 % (น้ำหนักแห้ง) และน้ำเสีย 100 % มีค่า 9.14 ± 2.71 % (น้ำหนักแห้ง) (ภาพ 5) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าทั้ง 3 ความเข้มข้น ค่าเปอร์เซ็นต์เถ้าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง 2,3)

เยื่อใย (Fiber) น้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยงมีปริมาณเยื่อใย 0.55 ± 0.13 % (น้ำหนักแห้ง) ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 0.33 ± 0.04 % (น้ำหนักแห้ง) และน้ำเสีย 100 % มีค่า 0.22 ± 0.06 % (น้ำหนักแห้ง) (ภาพ 5) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าที่ความเข้มข้นของน้ำเสีย 40 % มีค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์เยื่อใยมากกว่าน้ำเสีย 70 % และ 100 % ตามลำดับ (ตาราง 2,3)

โปรตีน (Protein) น้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยงมีปริมาณโปรตีน 25.31 ± 3.98 % (น้ำหนักแห้ง) ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 27.43 ± 10.78 % (น้ำหนักแห้ง) และน้ำเสีย 100 % มี

ค่า 55.28 ± 13.94 % (น้ำหนักแห้ง) (ภาพ 5) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าที่ความเข้มข้นของน้ำเสีย 100 % มีค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนมากกว่าน้ำเสีย 70 % และ 40 % ตามลำดับ (ตาราง 2,3)

ไขมัน (Fat) น้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยงมีปริมาณไขมัน 3.95 ± 1.82 % (น้ำหนักแห้ง) ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 6.95 ± 2.70 % (น้ำหนักแห้ง) และน้ำเสีย 100 % มีค่า 3.72 ± 0.38 % (น้ำหนักแห้ง) (ภาพ 5) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าทั้ง 3 ความเข้มข้น ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตาราง 2,3)

คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) น้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยงมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 49.55 ± 10.10 % (น้ำหนักแห้ง) ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 43.04 ± 11.10 % (น้ำหนักแห้ง) และน้ำเสีย 100 % มีค่า 23.13 ± 13.08 % (น้ำหนักแห้ง) (ภาพ 5) เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าทั้ง 3 ความเข้มข้น ค่าเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 2,3)

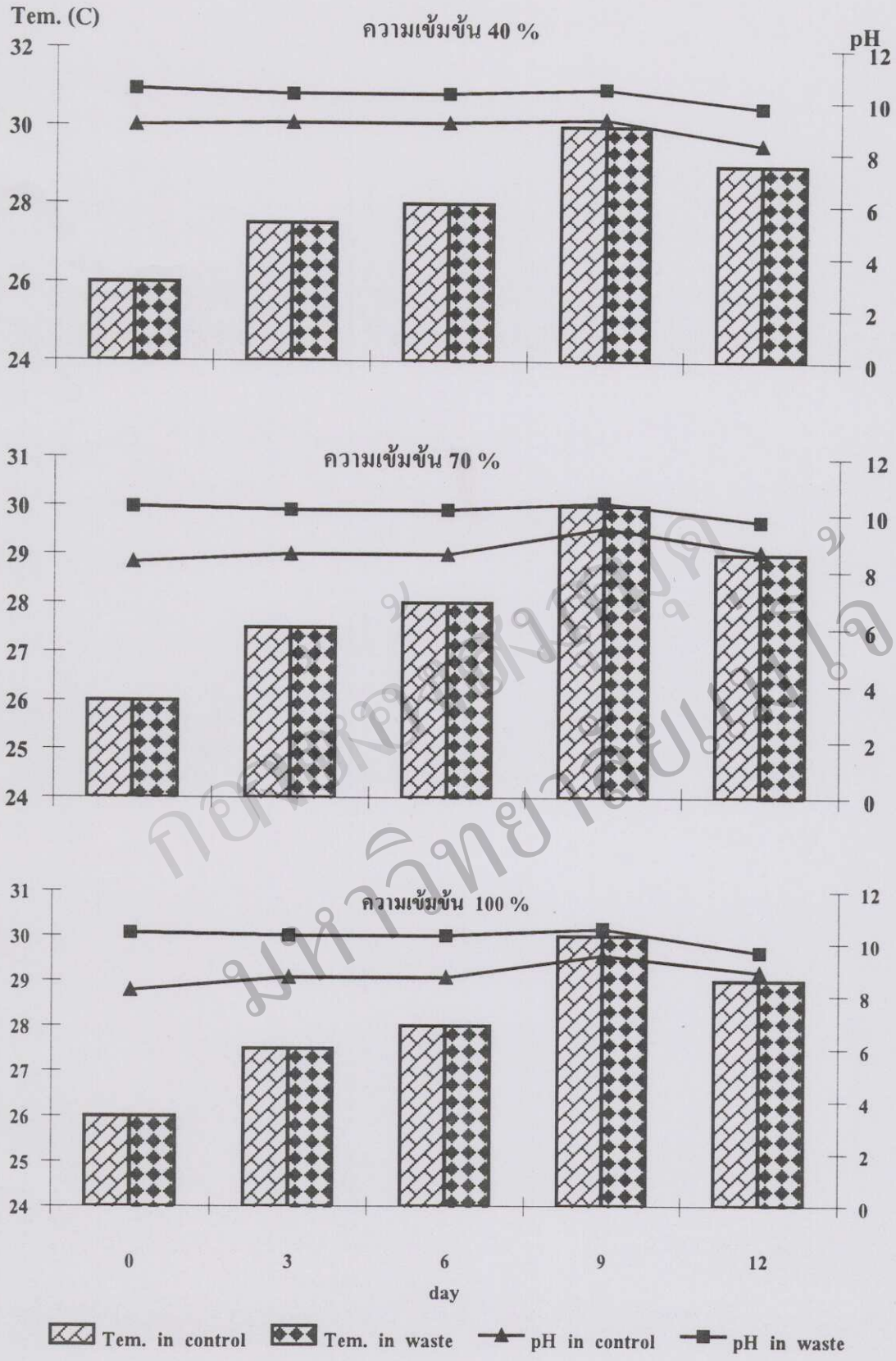
ผลผลิตเบื้องต้นของ *S. platensis* ในรูปของมวลชีวภาพและคลอโรฟิลล์-เอ

มวลชีวภาพ (Biomass) น้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยงมีปริมาณมวลชีวภาพ 0.74 ± 0.08 g/l (น้ำหนักแห้ง) ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 0.77 ± 0.13 g/l (น้ำหนักแห้ง) และน้ำเสีย 100 %

มีค่า 1.03 ± 0.08 g/l (น้ำหนักแห้ง) (ภาพ 6) เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณมวลชีวภาพในน้ำเสีย 100 % มีค่ามากกว่าในน้ำเสีย 70 % และ 40% ตามลำดับ และค่ามวลชีวภาพทุก ๆ 3 วันหลังการเพาะเลี้ยงมีค่ามากกว่าระหว่างและก่อนการเพาะเลี้ยงตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ (ตาราง 2,3,4)

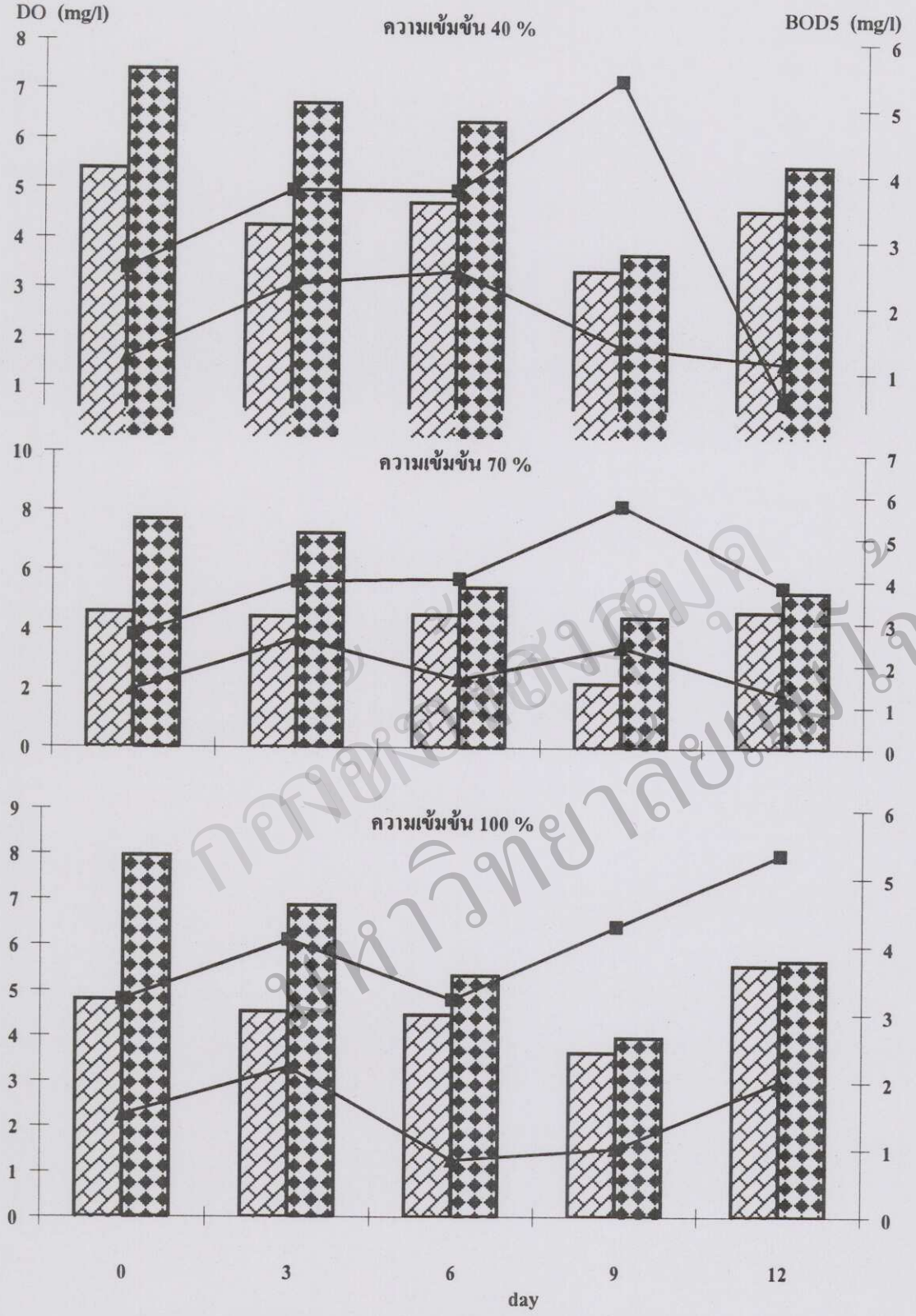
คลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll-a) น้ำเสีย 40 % ตลอดการเพาะเลี้ยงมีปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ 47.74 ± 8.32 μg/l ชุดควบคุมมีค่า 41.58 ± 2.21 μg/l ส่วนน้ำเสีย 70 % มีค่า 51.77 ± 7.49 μg/l ชุดควบคุมมีค่า 42.30 ± 2.13 μg/l และน้ำเสีย 100 % มีค่า 57.46 ± 1.98 μg/l ชุดควบคุมมีค่า 44.59 ± 3.38 μg/l (ภาพ 6) เมื่อนำค่าไปเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ในน้ำเสีย 100 % มีค่ามากกว่าในน้ำเสีย 70 % , 40 % รวมทั้งชุดควบคุมตามลำดับ และค่าปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ทุก ๆ 3 วัน ระหว่างการเพาะเลี้ยงมีค่ามากกว่าก่อนและหลังการเพาะเลี้ยง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$ (ตารางที่ 2,3,4)

ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยแม่โจ้



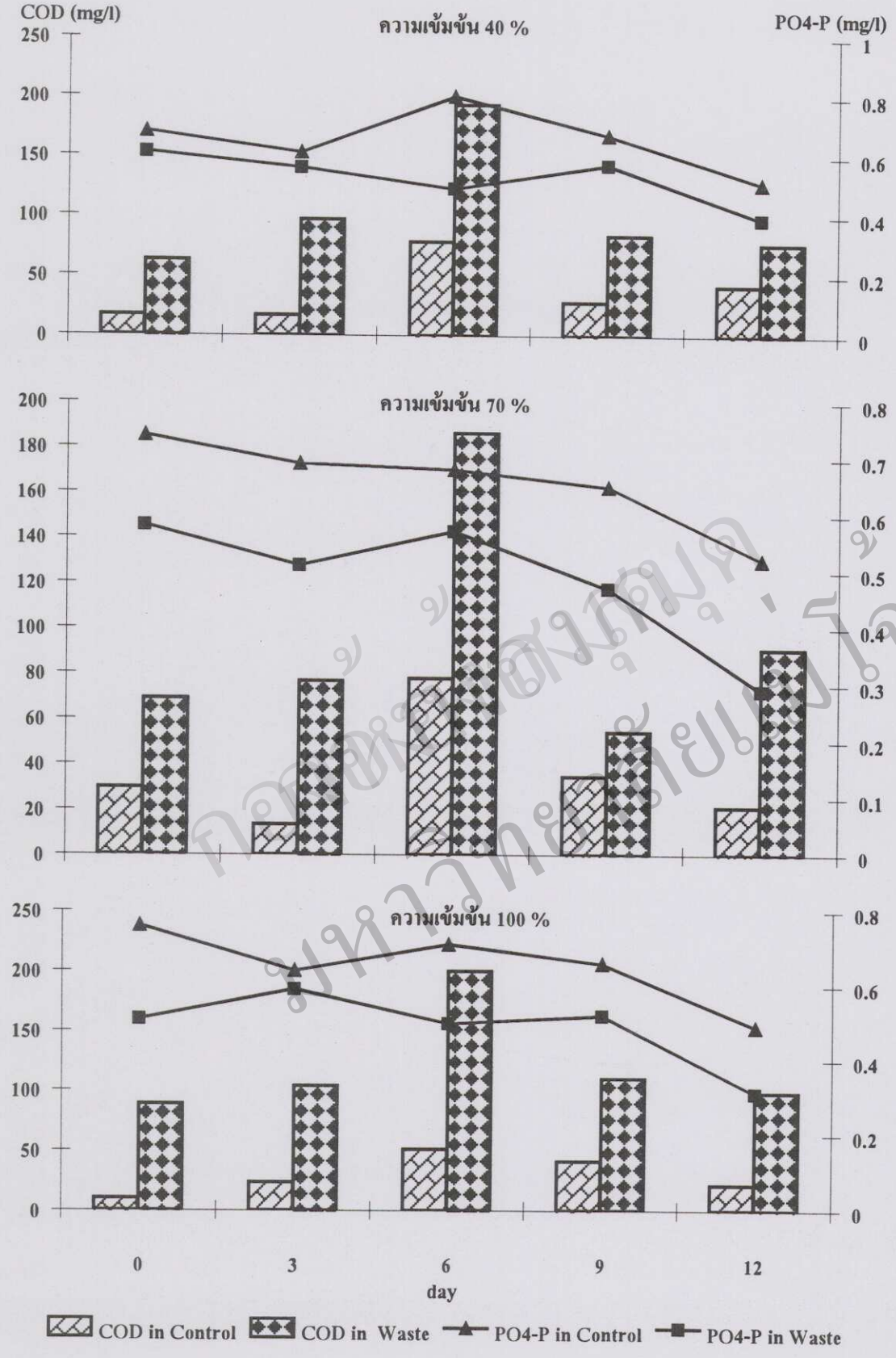
ภาพที่ 1 อุณหภูมิของน้ำ (C) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (Ph) เมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระยะเวลา 1 เดือน

ลิขสิทธิ์ของ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

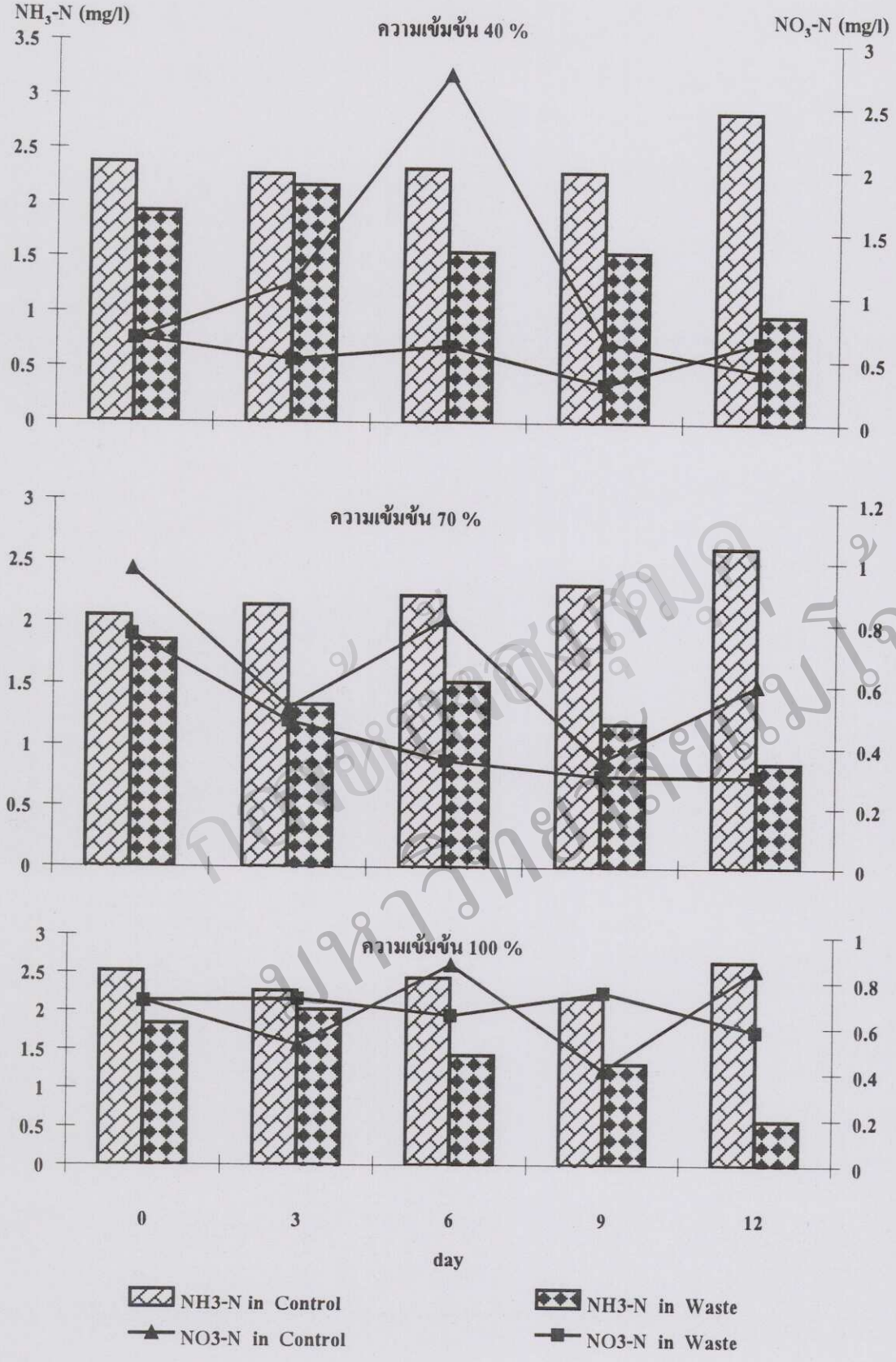


ภาพที่ 2 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO ; mg/l) และความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD_5 : mg/l) เมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ เวลา 1 เดือน

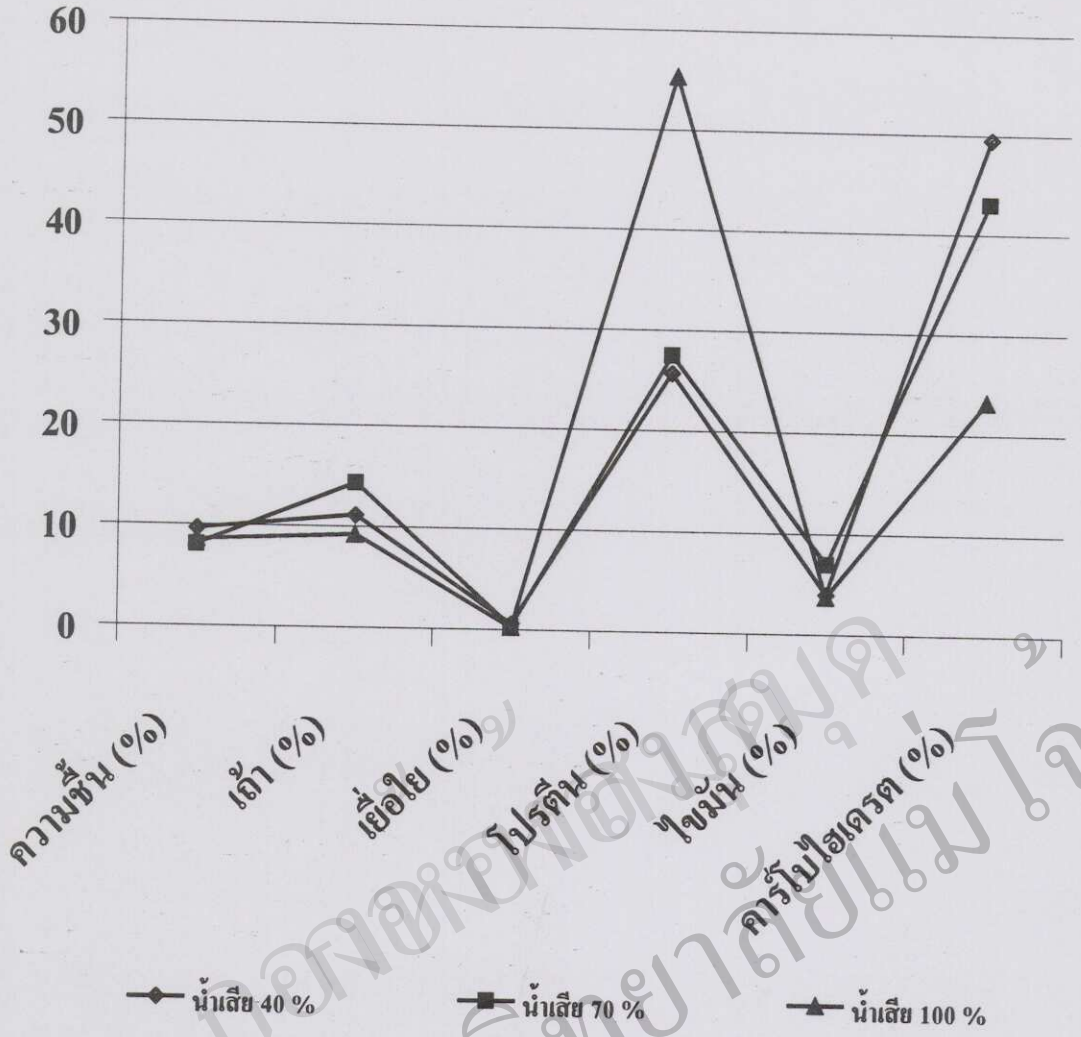
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้



ภาพที่ 3 ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD ; mg/l) และค่าออร์โธฟอสเฟต (PO_4-P ; mg/l) เมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ เวลา 1 เดือน

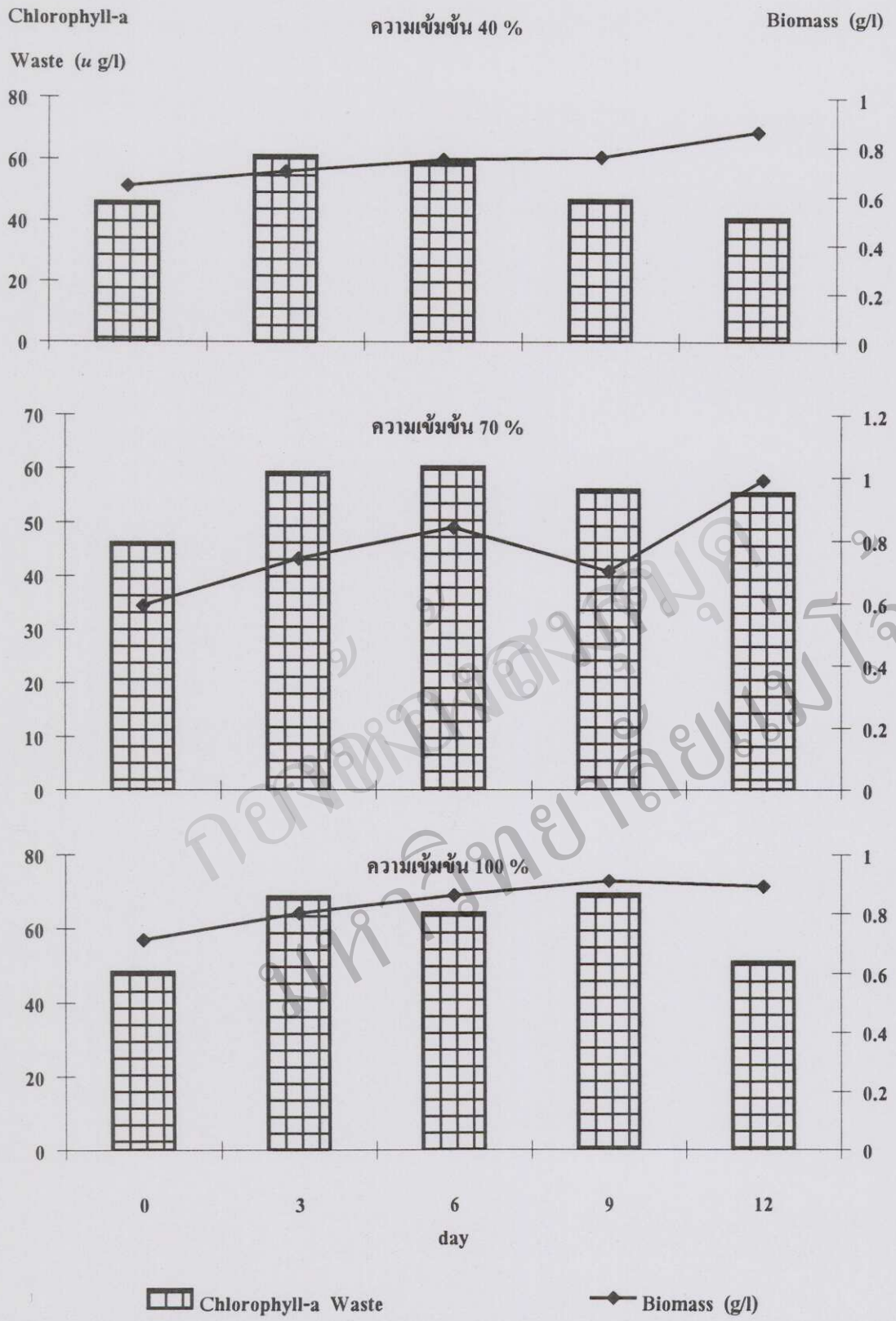


ภาพที่ 4 แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N ; mg/l) และค่าไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N ; mg/l) เมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระยะเวลา 1 เดือน



ภาพที่ 5 เปอร์เซ็นต์ความชื้น (Moisture ; %) เปอร์เซ็นต์เถ้า (Ash ; %) เปอร์เซ็นต์เยื่อใย (Fiber ; %) เปอร์เซ็นต์โปรตีน (Protein ; %) เปอร์เซ็นต์ไขมัน (Fat ; %) และเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate ; %) เมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระยะเวลา 1 เดือน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้



ภาพที่ 6 คลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll-a ; *u* g/l) และมวลชีวภาพ (Biomass ; g/l) เมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระยะเวลา 1 เดือน

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % ระยะเวลา 1 เดือน พบว่า *S. platensis* มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการบางประการของสาหร่ายดังนี้

คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิของน้ำมีค่า 28.10 ± 1.52 องศาเซลเซียส (ภาพ 1) อุณหภูมิของน้ำไม่มีความแตกต่างในวันเดียวกันทุกความเข้มข้น แตกต่างแต่ละวันทำการเพาะเลี้ยงประมาณ ± 2 องศาเซลเซียส ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์สภาพปกติที่ *S. platensis* สามารถเจริญอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 15 – 50 องศาเซลเซียส (Nakamura, 1982) โดยมีค่าใกล้เคียงกับการเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในสภาพกลางแจ้ง โดยใช้สูตรน้ำเสียจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกรที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน มีอุณหภูมิของน้ำ 26.77 – 27.18 องศาเซลเซียส (จงกล, 2543) ซึ่งอุณหภูมิของน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง กรมควบคุมมลพิษกำหนดค่าอุณหภูมิของน้ำไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตลอดการเพาะเลี้ยงมีค่า pH ที่ความเข้มข้นน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มีค่า pH 10.20 ± 0.28 , 10.11 ± 0.25 และ 10.23 ± 0.35 ตามลำดับ(ภาพ 1) ก่อนการเพาะเลี้ยงมีค่าเป็นด่างเพราะมีการปรับค่า pH โดย NaOH 6 N ในช่วง 10 ±0.5 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของ *S. platensis* มีค่า 9 – 11 (จีระพรรณ, 2532 ; เยาวลักษณ์, 2534 ; Nakamura, 1982) โดยค่า pH จากการเพาะเลี้ยงมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร ที่ระดับความเข้มข้น 10 , 30 และ 50 % ซึ่งมีค่า pH 9.75 – 10.20 (จงกลและศิริเพ็ญ, 2543) แต่ต่างกับการเพาะเลี้ยง *Spirulina* sp. ในน้ำเสียจากโรงงานปุ๋ยเคมี ซึ่งมีค่า pH 8.3 (Anaga and Abu, 1996)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ตลอดการเพาะเลี้ยงมีค่า DO ที่ความเข้มข้นของน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มีค่า 5.94 ± 1.43 mg/l , 6.02 ± 1.39 mg/l และ 5.96 ± 1.52 mg/l ตามลำดับ (ภาพ 2) แม้จะมีค่า DO บางช่วงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำมีค่า 5 mg/l ถ้าค่า DO ต่ำกว่า 3 mg/l จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (ไมตรีและจารุวรรณ, 2530) ถ้าค่า DO 0.063 mg/l จะทำให้อัตราการเจริญของ *S. platensis*

ลดลง 36 % (Marguez *et al.*,1995) แต่ในการเพาะเลี้ยงมีค่าสูงกว่า 0.063 mg/l จึงไม่มีผลกระทบ

ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD_5) ตลอดการเพาะเลี้ยงน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มีค่า BOD_5 3.18 ± 1.80 mg/l , 4.03 ± 1.10 mg/l และ 4.01 ± 0.88 mg/l (ภาพ 2) เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงน้ำเสีย 40 % มีค่า BOD_5 ลดลง 79.05 % ส่วนน้ำเสีย 70 % และ 100 % มีค่า BOD_5 เพิ่มขึ้น 43.98 % และ 66.56 % ตามลำดับ (ตารางภาคผนวก 4) ซึ่งการลดลงของ BOD_5 ในน้ำเสีย 40 % มีค่าสูงกว่าการเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำกากว่าเหล้า 0.5 % สามารถลดค่า BOD_5 46.43 % (ยุวดีและคณะ, 2535) จากผลการเพาะเลี้ยงค่า BOD_5 เพิ่มขึ้นในน้ำเสีย 70 % และ 100 % นั้นอาจเนื่องมาจากการตายของ *S. platensis* ซึ่งเก็บผลผลิตไม่หมด แต่ปริมาณค่า BOD_5 มีค่าเหมือนกับการเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำเสียจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร มีค่า BOD_5 เพิ่มขึ้นในน้ำเสีย 30 % และ 50 % เท่ากับ 127.27 และ 272.92 % (จงกล, 2543) ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งการระบายน้ำลงทางชลประทานกำหนดให้ค่า BOD_5 ไม่เกิน 20 mg/l (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) ผลการเพาะเลี้ยงค่า BOD_5 อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง

ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) ตลอดการเพาะเลี้ยงน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มีค่า COD 102 ± 52.10 mg/l , 95.36 ± 52.53 mg/l และ 119.88 ± 45.36 mg/l (ภาพ 3) เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยง พบว่าน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มีค่า COD เพิ่มขึ้น 23.36 % , 31.88 % และ 10.45 % ตามลำดับ (ตารางภาคผนวก 4) ซึ่งมีค่ามากกว่าการเพาะเลี้ยง *Spirulina* sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงานยางสามารถลดค่า COD ได้ 31.50 % (พิมพรรณ, 2532) จากผลการเพาะเลี้ยงมีค่าร้อยละการเพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากปริมาณสารอินทรีย์มากเกินกว่าจะออกซิไดซ์ได้หมด ค่า COD ส่วนใหญ่ยังต่ำกว่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม กำนดให้ค่า COD ไม่เกิน 200 mg/l (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ตลอดการเพาะเลี้ยงน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มีค่า NH_3-N 1.64 ± 0.45 mg/l , 1.35 ± 0.37 mg/l และ 1.44 ± 0.56 mg/l (ภาพ 4) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นของไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 1.3 – 6.5 mg/l (ศิริเพ็ญ, 2543) เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงพบว่าน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มีค่า NH_3-N ลดลง 48.44 % , 53.51 % และ 68.48 % ตามลำดับ (ตารางภาคผนวก 4) ซึ่งค่าร้อยละการลดลงน้อยกว่าการเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกรที่น้ำเสีย 10 % , 30% และ 50 % มีค่า NH_3-N ลดลง 99.81 % , 99.90 % และ 99.87 % ตามลำดับ (จงกล, 2543) ซึ่งเป็นเพราะแหล่งน้ำเสียมีคุณภาพน้ำทางเคมีต่างกัน การเพาะ

เลี้ยงครั้งนี้มีค่า NH_3-N สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง แบ่งตามการใช้ประโยชน์ประเภท 4 กำหนดให้ค่า NH_3-N ไม่เกิน 0.5 mg/l

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N) ตลอดการเพาะเลี้ยงน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มีค่า NO_3-N 0.65 ± 0.24 mg/l , 0.54 ± 0.15 mg/l และ 0.68 ± 0.07 mg/l (ภาพ 4) เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงพบว่าน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มีค่า NO_3-N ลดลง 1.54 % , 60.53 % และ 18.31 % ตามลำดับ (ตารางภาคผนวก 4) ซึ่งค่าร้อยละการลดลงของน้ำเสีย 70 % ใกล้เคียงกับการเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร ความเข้มข้นของน้ำเสีย 30% มีค่า NO_3-N ลดลง 52.94 % (จงกล, 2543) เมื่อเปรียบเทียบร้อยละการลดลงของ NO_3-N จากการเพาะเลี้ยงมีค่าร้อยละการลดลงของ NH_3-N มากกว่า NO_3-N เพราะ *S. platensis* จะเลือกดูด NH_3-N ไปใช้ก่อน ต่อเมื่อปริมาณ ของ NH_3-N ลดลงจึงจะใช้ NO_3-N และ NO_2-N โดยจะทำการลดออกซิเจนให้เป็น NH_3-N ก่อนจึงค่อยนำไปใช้ โดยเอนไซม์ nitrate-nitrite reductas และ NO_3-N มีความเสถียรมากกว่า NH_3-N วงจรของการเกิด NO_3-N มีมากกว่า เนื่องจากปริมาณมากมายของ bacteria ในน้ำเสียจึงทำให้ค่า NO_3-N อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน กำหนดค่า NO_3-N ไม่เกิน 5 mg/l (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (PO_4-P) ตลอดการเพาะเลี้ยงน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มีค่า PO_4-P 0.52 ± 0.09 mg/l , 0.48 ± 0.12 mg/l และ 0.49 ± 0.11 mg/l (ภาพ 3) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณ PO_4-P ที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่าย 0.1 – 2.0 mg/l (Traichaiyaporm, 1985 ; Chu, 1978) เมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงพบว่าน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มีค่า PO_4-P ลดลง 36.07 % , 50.00 % และ 39.22 % ตามลำดับ (ตารางภาคผนวก 4) ซึ่งร้อยละการลดลของค่า PO_4-P ต่ำกว่าการเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำเสียจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร น้ำเสีย 50 % มีค่า PO_4-P 2.27 – 5.70 mg/l สามารถลดพิษหรือทำอันตรายต่อสัตว์น้ำ เพียงแต่เป็นตัวการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำ เนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชน้ำและสาหร่าย (ไมตรีและจารุวรรณ, 2530)

คุณค่าทางโภชนาการของ *S. platensis*

เมื่อทำการเก็บเกี่ยวสาหร่ายในรูปสาหร่ายแห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของ *S. platensis* พบว่ามีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 1)

ตารางที่1 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทางโภชนาการของ *S.platensis* คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้ง

แหล่งน้ำเสีย	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	เยื่อใย (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	อ้างอิง
เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร ม.เชียงใหม่							
ความเข้มข้น 10 %	5.06^{b}	35.43^{a}	0.18^{a}	27.90^{c}	0.98^{b}	30.43^{a}	จงกล, 2543
ความเข้มข้น 30 %	4.90^{b}	35.85^{a}	0.07^{b}	32.47^{b}	1.15^{ab}	25.55^{a}	จงกล, 2543
ความเข้มข้น 50 %	6.01^{a}	32.13^{a}	0.05^{b}	48.90^{a}	1.38^{a}	11.47^{b}	จงกล, 2543
อาหารอนินทรีย์	-	-	-	69.5-71	8	12.5	สมศักดิ์, 2530
เพาะเลี้ยงในน้ำกากส่าเหล้าความเข้มข้น 0.5 % ผสมกับสารเคมีบางชนิด	-	-	7.38	68.63	6.75	12.99	สุพัตรา, 2533
เพาะเลี้ยงในน้ำบ่อบำบัดหอพักนักศึกษา ม.แม่โจ้							
ความเข้มข้น 40 %	9.58±0.22^{a}	11.58±0.22^{a}	0.55±0.13^{a}	25.31±3.98^{b}	3.95±1.82^{a}	49.55±10.10^{a}	จงกล, 2545
ความเข้มข้น 70 %	8.02±0.83^{a}	14.24±2.91^{a}	0.33±0.04^{b}	27.43±10.78^{b}	6.95±2.70^{a}	43.04±11.10^{a}	จงกล, 2545
ความเข้มข้น100%	8.52±1.42^{a}	9.14±2.71^{a}	0.22±0.06^{b}	55.28±13.94^{a}	3.72±0.38^{a}	23.13±13.08^{a}	จงกล, 2545

จากตาราง เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย จะเห็นได้ว่าการทดลองครั้งมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำกว่างานวิจัยของ FAO ที่รายงานโดยสมศักดิ์ (2530) และในน้ำกากส่าเหล้าความเข้มข้น 50 % ผสมกับสารเคมีบางชนิด (สุพัตรา, 2533) แต่จะมีค่าของ Parameter ต่าง ๆ ใกล้เคียงกับการเพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกรมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (จงกล, 2543) แต่การเพาะเลี้ยงครั้งนี้ *S. platensis* มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะที่น้ำเสีย 100 % สูงถึง 55.28 8 ± 13.94 % ซึ่งสูงใกล้เคียงกับโปรตีนปลาป่น สามารถใช้ทดแทนปลาป่นเพื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์น้ำได้ ในการเพาะเลี้ยงใช้น้ำเสียโดยตรงไม่เติมสารเคมีใด ๆ ช่วยลดต้นทุนการผลิต เพราะในน้ำเสียยังไม่มีสารอาหารพอเพียงสำหรับใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลผลิตเบื้องต้นของ *S. platensis*

มวลชีวภาพ (Biomass) ในน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มี Biomass 0.74 ± 0.08 g/l โดยน้ำหนักแห้ง 0.77 ± 0.13 g/l โดยน้ำหนักแห้ง และ 1.03 + 0.08 g/l โดยน้ำหนักแห้ง (ภาพ 6) จากผลการเพาะเลี้ยง น้ำเสีย 100 % มีปริมาณสารอาหารมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองเพาะเลี้ยง *S. maxima* ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกรที่น้ำเสีย 50 % ได้ผลผลิตของ *S. maxima* 2 g/l โดยน้ำหนักแห้ง (Canicares, 1993)

คลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll-a) ในน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 % มี Chlorophyll-a 47.74 ± 8.32 μg/l 51.77 ± 7.49 μg/l และ 57.46 ± 1.98 μg/l ตามลำดับ (ภาพ 6) จากผลการเพาะเลี้ยงครั้งนี้มีค่า Chlorophyll-a ใกล้เคียงกับการเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีค่า 38.6 – 69.2 μg/l (จงกล, 2543) จากผลการเพาะเลี้ยงครั้งนี้น้ำเสีย 100 % มีค่า Chlorophyll-a สูง เนื่องมาจาก *S. platensis* มีการเจริญและเพิ่มจำนวนเซลล์สอดคล้องกับมวลชีวภาพ เป็นผลทำให้มีการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งปริมาณ Chlorophyll-a จะแปรผันตามชนิด สภาพแวดล้อมและปัจจัยทางด้านสารอาหารในแหล่งน้ำนั้น ๆ (ผกาวรรณ, 2534 ; นันทนา, 2536)

สรุปผลการวิจัย

การเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดน้ำเสียหอพักนักศึกษา คุณภาพน้ำเมื่อสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงพบว่าค่า NH_3-N , NO_3-N และ PO_4-P ในน้ำเสีย 70 % มีค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงมากกว่าในน้ำเสีย 40 % และ 100 % ตามลำดับ คุณค่าทางโภชนาการของ *S. platensis* โดยเฉพาะโปรตีนมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในน้ำเสีย 100 % (55.28 ± 13.94 % โดยน้ำหนักแห้ง) และผลผลิตเบื้องต้นสูงที่สุดในน้ำเสีย 100 % (1.03 ± 0.08 g/l โดยน้ำหนักแห้ง)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

ข้อเสนอแนะ

1. การเพาะเลี้ยง *S. platensis* สภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการวัดการเจริญเติบโต และคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง

2. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในครั้งนี้มีงาน 2 ด้าน การบำบัดน้ำเสียและคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย ซึ่งเป็นหัวข้อที่กว้างพอสมควร มีผลทำให้งานออกมาสรุปยาก ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเฉพาะด้าน

3. ในการบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะค่า DO , BOD_5 และ COD จะมีค่าสูงต่ำสลับกันไป ซึ่งมีผลมาจากการตายของสาหร่าย ควรมีการเก็บผลผลิตของสาหร่ายออกให้มากกว่านี

4. ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายไม่ควรให้น้ำลึกเกิน 25 เซนติเมตร เพราะจะทำให้แสงส่องไม่ถึง

5. ในการหาคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย ควรมีการศึกษาในรายละเอียดอื่น ๆ นอกเหนือจากการวิจัยครั้งนี้ เช่น การศึกษา Carotenoid วิตามิน แร่ธาตุ ฯลฯ เพื่อเป็นแนวทางในการนำสาหร่ายไปใช้ประโยชน์

6. ความเป็นพิษเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาว่า *S. platensis* ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีความเป็นพิษหรือไม่ก่อนที่จะนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ต่อไป

7. ในการนำเชื้อสาหร่าย (Stock *S. platensis*) เติมในบ่อควรมีความหนาแน่นของเซลล์ (Optical Density ; OD) เริ่มต้นเท่ากับ 0.35 ขึ้นไป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ.2538.**เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย**. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

จงกล พรมยะ.2543.**การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* ในน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร**.วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จงกล พรมยะ ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร.2543.**Improvement of pig manure biogas digester effluent by *Spirulina platensis***. การประชุมวิชาการ Asia Pacific conference on algal Biotechnology ครั้งที่ 4 ณ ประเทศจีน, โปสเตอร์ S32.

นันทนา คชเสนี. 2536. **คู่มือปฏิบัติการนิเวศน์วิทยาน้ำจืด**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิวุฒิ หวังชัย และ สมฤทธิ์ สมบูรณ์ชัย. 2539. **บทปฏิบัติการอาหารปลา**. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ผกาวรรณ จุฬามณี. 2534. **ผลกระทบของการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำต่อศักยภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์ ในอ่างเก็บน้ำบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิมพรรณ ตันสกุล. 2532 . **การเพาะเลี้ยง *Spirulina sp*. ในน้ำทิ้งจากโรงงานยาง**. บทคัดย่องานวิจัยและตำราคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เนื่องในโอกาส 20 ปี แห่งการผลิตบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หาดใหญ่, สงขลา.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์และจารุวรรณ สมศิริ. 2530. **คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางประมง**. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ , กรุงเทพฯ.

ยุวดี พีรพรพิศาล.2535. **การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis*) ในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อม**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2537. **สาหร่ายวิทยาประยุกต์**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กองวิทยทรัพยากร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

_____ .2543. **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 2 ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมศักดิ์ ละเอียดอ่อน . 2530 . **วิชาการเลี้ยงปลาทองพันธุ์หัวสิงห์โต**. บางเขน กรุงเทพฯ.

สุพัตรา จันทร์ศิริโพธา . 2533 . **คุณค่าทางโภชนาการบางประการของสาหร่าย *Spirulina platensis* ที่เลี้ยงในน้ำกากส่าเหล้า**. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Anaga, A. and G. O Abu. 1996 . A laboratory - scale cultivation of *chlorella* and *spiurlina* using waste effluent from a fertilizer company in Nigeria. Bioresour - techol. 58 : 93 - 95.

APHA, AWW and WPCF.1985.Standard Method for Examination of Water and Waste Water. 16th ed., American Public Heath Association, Washington DC.

Carnizares, R. O. 1993 . Free and Immobilized Cultures of *Spirulina maxima* for Swine Waste Treatment . Biotechnology Letters. 15 : 321 - 326.

Chung, P. 1978 . Production and Nutritive value of *Arthospira platensis* Aspival Blue green Algae Grown on Swine wastes . Journal of Animal Science. 47 : 319 - 330.

Marquez, F. J. , K. Sasaki , N. Nishio and S. Nagai. 1995. Inhibitory effect of oxygen accumulation on the growth of *Spirulina platensis*. Biotechol - lett. London , UK. 17 : 225 - 228.

Nakamura, H. 1982. Spirulina : Food for a Hungry Warld , a Pioneer's story in Aquaculture. University of the Tree Press , Boulder Cheek , California.

Phang S.M., Miah M.S., Yeoh B.G., Hashim M.2000.*Spirulina* production in a high rate pond treating SAGO STARCH factory wastewater. 4th Asia-Pacific conference on algal biotechnology, Hong Kong Convention and Exhibition Centre, China p. 81.

Tularak P., Traichaiyaporn S., Rojanapibul A.2000.Biodiversity of phytoplankton and water quality in the reservoir of Mae Ngat Somboonchol dam, Chiang Mai, Thailand. 4th Asia-Pacific conference on algal biotechnology, Hong Kong Convention and Exhibition Centre, China p. 242.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ของ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติใช้ Analysis of Variance (ANOVA) : ผลผลิตเบื้องต้นคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพเคมี ชีวภาพ และคุณค่าทางโภชนาการบางประการของ *S. platensis* เมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำเสีย 40 , 70 , 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 วัน

Parameter	Treatment		F	Sig	Day			
	Sum of Squares	Mean Square			Sum of Squares	Mean Square	F	Sig
Water Tem (^{0}C)	0	0	0.00^{ns}	1	55.20	13.80	0**	0
pH (Units)	13.98	2.80	19.79**	0	1.92	0.48	0.78^{ns}	0.55
DO (mg/l)	19.83	3.97	2.83*	0.39	25.05	6.26	5.51**	0.003
BOD_5 (mg/l)	34.42	6.89	6.49**	0.001	6.86	1.71	0.81^{ns}	0.53
COD (mg/l)	41068.79	8213.7	5.42**	0.002	28752.2	7188.07	3.69*	0.02
NH_3-H (mg/l)	6.29	6	9.53**	0	9	0.12	0.34^{ns}	0.85
NO_3-N (mg/l)	1.30	1.26	1.46^{ns}	0.24	0.49	0.26	1.45^{ns}	0.25
PO_4-P (mg/l)	0.19	0.26	3.71*	0.012	1.04	0.05	5.34**	0.003
Chlorophyll-a (μg/l)	3948.64	0.04	20.77**	0	0.20	302.69	5.38**	0
Biomass (g/l)	0.12	789.73	8.93*	0.021	1816.17	0.03	5.16*	0.016
Moisture (%)	3.80	0.01	2.07^{ns}	0.21	0.11	-	-	-
Ash (%)	39.84	1.90	1.64^{ns}	0.27	-	-	-	-
Fiber (%)	.017	19.92	11.79**	0.008	-	-	-	-
Protein (%)	1678.69	0.08	7.72*	0.02	-	-	-	-
Fat (%)	19.44	839.34	2.72^{ns}	0.15	-	-	-	-
Carbohydrate (%)	1137.39	9.71	4.29^{ns}	0.07	-	-	-	-
		568.70			-			

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าเฉลี่ยและผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลผลิตเบื้องต้น คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ และคุณค่าทางโภชนาการบางประการของ *S. platensis* แต่ละหน่วยทดลอง เมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 30 วัน

Parameter	Waste 40 %		Waste 70 %		Waste 100 %	
	Control	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment
Water Tem (^{0}C)	28.1±1.52^a	28.1±1.52^a	28.1±1.52^a	28.1±1.52^a	28.1±1.52^a	28.1±1.52^a
pH (Units)	8.978±0.3^b	10.20±0.28^a	8.72±0.46^b	10.11±0.25^a	8.79±0.49^b	10.23±0.35^a
DO (mg/l)	4.47±0.75^{ab}	5.94±1.43^a	4.07±1.05^b	6.02±1.39^a	4.59±0.69^{ab}	5.96±1.52^a
BOD_5 (mg/l)	1.69±0.65^c	3.18±1.80^{ab}	1.85±0.60^{bc}	4.03±1.10^a	1.51±0.60^c	4.01±0.88^a
COD (mg/l)	36.08±25.54^b	102.51±52.1^a	35.22±25.18^b	95.36±52.53^a	29.18±16.46^b	119.88±45.36^a
NH_3-H (mg/l)	2.43±0.25^a	1.64±0.45^b	2.27±0.22^a	1.35±0.37^b	2.42±0.19^a	1.44±0.56^b
NO_3-N (mg/l)	1.10±0.95^a	0.65±0.24^a	0.67±0.20^a	0.54±0.15^a	0.44±0.19^a	0.68±0.07^a
PO_4-P (mg/l)	0.65±0.11^a	0.52±0.09^b	0.66±0.08^a	0.48±0.12^b	0.65±0.10^{ab}	0.49±0.11^b
Chlorophyll-a (μg/l)	41.58±2.21^c	47.74±8.32^{bc}	42.30±2.13^c	51.77±7.43^b	44.59±3.38^c	57.46±1.98^a
Biomass (g/l)	-	0.74±0.08^b	-	0.77±0.13^b	-	1.03±0.08^a
Moisture (%)	-	9.58±0.22^a	-	8.02±0.83^a	-	8.52±1.42^a
Ash (%)	-	11.06±4.54^a	-	14.24±2.91^a	-	9.14±2.71^a
Fiber (%)	-	0.55±0.13^a	-	0.33±0.04^b	-	0.22±0.06^b
Protein (%)	-	25.31±3.9^b	-	27.43±10.78^b	-	55.28±13.94^a
Fat (%)	-	3.95±1.82^a	-	6.95±2.70^a	-	3.72±0.38^a
Carbohydrate (%)	-	49.55±10.16^a	-	43.04±10.10^a	-	23.13±13.08^a

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยบูรพา

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลผลิตเบื้องต้น คุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ ของ *S. platensis* เมื่อเพาะเลี้ยงในน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบกันทุก ๆ 3 วัน ตลอดการเพาะเลี้ยง ระยะเวลา 30 วัน

Parameter	Day 0	Day 3	Day 6	Day 9	Day 12
Water Tem (^{0}C)	26.00±0.00^{e}	27.50±0.00^{d}	28.00±0.00^{c}	30.00±0.00^{a}	29.00±0.00^{b}
pH (Units)	9.41±1.05^{a}	9.50±080^{a}	9.50±0.80^{a}	9.95±0.58^{a}	9.17±0.62^{a}
DO (mg/l)	6.31±1.55^{a}	5.68±1.34^{a}	5.14±0.73^{ab}	3.55±0.75^{b}	5.21±0.48^{ab}
BOD_5 (mg/l)	2.07±0.83^{a}	3.13±0.87^{a}	2.65±1.24^{a}	3.36±2.05^{a}	2.35±1.88^{a}
COD (mg/l)	45.92±31.80^{b}	54.99±41.84^{b}	130.95±68.87	58.49±31.98^{b}	58.16±34.75^{b}
NH_3-H (mg/l)	2.09±0.29^{a}	2.03±0.36^{a}	^{a}	1.81±0.52^{a}	1.76±1.05^{a}
NO_3-N (mg/l)	0.74±0.12^{a}	0.64±0.23^{a}	1.917±0.46^{a}	0.46±0.19^{a}	0.563±0.19^{a}
PO_4-P (mg/l)	0.65±0.10^{a}	0.60±0.06^{a}	1.003±0.87^{a}	0.59±0.08^{a}	0.42±0.10^{b}
Chlorophyll-a (μg/l)	46.67±2.77^{b}	52.95±10.69^{a}	0.63±0.13^{a}	49.38±10.59^{ab}	44.60±6.40^{b}
Biomass (g/l)	0.65±0.06^{c}	0.75±0.05^{bc}	52.47±9.04^{a}	0.79±0.11^{ab}	1.02±0.07^{a}
			0.82±0.06^{ab}		

กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าร้อยละการเพิ่มขึ้น (*) และลดลงของคุณภาพน้ำทางเคมีและชีวภาพ เมื่อเพาะเลี้ยง *S. platensis* ในน้ำเสีย 40 , 70 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 20 วัน

Parameter	ความเข้มข้น	ความเข้มข้น 40 %				ความเข้มข้น 70 %				ความเข้มข้น 100 %			
		ระหว่างการทดลอง			หลังการทดลองวันที่ 13	ระหว่างการทดลอง			หลังการทดลองวันที่ 13	ระหว่างการทดลอง			หลังการทดลองวันที่ 13
		วันที่ 4	วันที่ 7	วันที่ 10		วันที่ 4	วันที่ 7	วันที่ 10		วันที่ 4	วันที่ 7	วันที่ 10	
BOD_5 (mg/l)	Control	94.92*	16.95*	16.10*	4.24	87.59*	18.98*	75.18*	6.57	46.67*	44.67	33.33	33.33*
BOD_5 (mg/l)	Waste	47.43*	47.43*	113.44*	79.05	47.74*	50.38*	115.41*	43.98*	27.19*	0.00	33.44	66.56
COD (mg/l)	Control	1.65*	374.94*	70.00*	153.29*	54.84	163.86*	16.67*	29.07	136.79*	416.26*	316.57*	113.01*
COD (mg/l)	Waste	55.12*	209.76*	34.21*	23.36*	11.31*	170.43*	21.43	31.88*	16.68	125.62*	24.07*	10.45*
PO_4-P (mg/l)	Control	10.29	17.65*	1.47	25.00	6.76	0.08	12.16	29.73	15.79	6.58	13.16	35.53
PO_4-P (mg/l)	Waste	8.19	19.67	6.56	36.07	12.07	10.34	18.97	50.00	15.69*	1.96	1.96*	39.22
NH_3-N (mg/l)	Control	4.22	1.69	2.95	20.68	4.39*	3.90*	12.68*	27.32*	9.92	3.17	13.49	5.56*
NH_3-N (mg/l)	Waste	13.02*	31.77	31.77	48.44	28.11	17.84	36.22	53.51	9.78*	22.28	28.26	68.48
NO_3-N (mg/l)	Control	66.15*	321.54*	3.08	36.92	46.40	16.50	63.92	38.14	26.76	0.16	42.25	19.72
NO_3-N (mg/l)	Waste	24.62	7.69	53.85	1.54	36.84	53.95	60.53	60.53	1.41*	8.45	5.63	18.31
Biomass (g/l)	Waste	8.54*	16.46*	17.86*	32.92*	27.01*	44.10*	18.80*	68.55*	12.04	20.59*	26.89*	23.95*
Chlorophyll-a (μ g/l)	Waste	12.62	42.72	136.89*	136.89*	16.23	77.92*	83.77	82.47*	29.94	24.84*	70.06*	89.17*