



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

ผลของการให้แสงไฟและการเติมอากาศต่อการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์เซลล์ของแพลงก์ตอนพืช

(*Chaetoceros* sp.)

Effect of Illumination and Aeration on Growth and Cell Content of
Phytoplankton (*Chaetoceros* sp.)

สุภาวช์ จิตรักษ์ (Supawat Chitruk)¹ จิตติมา กันตนามัลกุล (Chittima Kantanamalakul)²

มณฑิชา พุทซาคำ (Monticha Putsakum)³

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช 2) ความสมบูรณ์เซลล์ของแพลงก์ตอนพืช 3) ต้นทุนค่าไฟฟ้าในการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด มี 4 ทรีตเมนต์ๆ ละ 3 ซ้ำ ทรีตเมนต์ที่ 1 (กลุ่มควบคุม) เปิดแสงไฟและเติมอากาศต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน ทรีตเมนต์ที่ 2, 3 และ 4 เปิด-ปิดแสงไฟและเติมอากาศจนครบ 12, 8 และ 6 ชั่วโมงต่อวัน ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า 1) ทรีตเมนต์ที่ 1 และ 2 มีปริมาณความหนาแน่นเซลล์ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งมากกว่าทรีตเมนต์ที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) 2) ทุกทรีตเมนต์มีความสมบูรณ์เซลล์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และ 3) ทรีตเมนต์ที่ 2, 3 และ 4 ลดต้นทุนค่าไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ที่ 1 ประมาณ 16.29%, 21.72% และ 24.43% ตามลำดับ

คำสำคัญ : แพลงก์ตอนพืช ความสมบูรณ์เซลล์ ความหนาแน่นเซลล์

Abstract

This research aims to study 1) the growth of phytoplankton, 2) completion of phytoplankton cells and 3) the cost of electricity in the culture of phytoplankton. The experimental design was a completely randomized design (CRD) with 4 treatments and 3 replications. Treatment 1 (control group) was illumination and aeration continuously for 24 hrs./day. Treatment 2, 3 and 4 were illumination and aeration alternately included 12 hrs./day, 8 hrs./day and 6 hrs./day, respectively. The results found that there were no significant difference in cell density between treatment 1 and treatment 2, which were higher significance than treatment 3 and treatment 4 ($p<0.05$). 2) Cell content of 4 treatments were not significant difference ($p>0.05$). And 3) treatment with 2, 3 and 4 reduced electricity costs when compared to treatment 1 about 16.29%, 21.72% and 24.43%, respectively.

Keywords : *Chaetoceros* sp., Cell content, Cell density

1 นักศึกษาหลักสูตรเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช torflux@gmail.com

2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช kee39@yahoo.com

3 รองศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช mputsakum@yahoo.com



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

บทนำ

ปัจจุบันการผลิตหัวเชื้อแพลงก์ตอนพืชในห้องปฏิบัติการ ได้รับความสนใจและทำการผลิตในเชิงการค้ากันมากขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่ในภาคใต้ที่มีการเพาะอนุบาลลูกกุ้งทะเล เช่น พังงา ภูเก็ต กระบี่ สงขลา เป็นต้น การเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชเพื่อเป็นอาหารในการอนุบาลลูกกุ้งวัยอ่อนที่นิยม คือ แพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม (Diatom) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด รวมทั้งคิโตเซอรอส (*Chaetoceros* sp.) (ลัดดา, 2544; ทิพาพร และนงลักษณ์, 2550; วาสนา และวุฒิชัย, 2555) ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มของไดอะตอม ชนิดที่ได้รับความนิยมใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งทะเลวัยอ่อนระยะซุเอีย (zoea stage) มากที่สุด เนื่องจากมีขนาดที่เหมาะสม เพาะขยายพันธุ์ได้ปริมาณมากและง่าย มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Lavens and Sorgeloos, 1996) อย่างไรก็ตาม การผลิตหัวเชื้อแพลงก์ตอนพืชในห้องปฏิบัติการต้องควบคุมคุณภาพ สภาพแวดล้อมให้เหมาะสมและมีค่าใช้จ่ายในการผลิตสูง จึงได้มีการพยายามในการปรับปรุงและพัฒนาวิธีการ และอุปกรณ์การเลี้ยง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่าย โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาเติบโตของหัวเชื้อ และมีคุณภาพดี การให้แสงไฟและการเติมอากาศเป็นปัจจัยหนึ่งในการผลิตหัวเชื้อคิโตเซอรอส ซึ่งแสงที่ส่องลงไปเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างอาหารหรือกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช ส่วนการเติมอากาศเป็นการเพิ่มก๊าซออกซิเจนในน้ำและทำให้น้ำเกิดการหมุนเวียน ส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชไม่ตกตะกอน เซลล์ได้รับแสงไฟอย่างทั่วถึง ทำให้การเจริญเติบโตดี แต่การให้แสงไฟและอากาศตลอด 24 ชั่วโมง อาจมากเกินไปจนสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า โดยเฉพาะห้องปฏิบัติการซึ่งดำเนินการธุรกิจจำหน่ายหัวเชื้อแพลงก์ตอนพืช การลดระยะเวลาการให้แสงไฟและเติมอากาศลง สำหรับการวิจัยในครั้งนี้จึงต้องการเปรียบเทียบรูปแบบการให้แสงไฟและเติมอากาศที่แตกต่างกัน โดยจัดรูปแบบการให้แสงไฟและเติมอากาศลงในระบบการเพาะเลี้ยงช่วงเวลาหนึ่งสลับกับการงดให้แสงไฟและเติมอากาศช่วงเวลาหนึ่ง เปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงในรูปแบบเดิมแสงไฟและลมตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยงอย่างต่อเนื่อง โดยศึกษาการเจริญเติบโตและคุณภาพของหัวเชื้อ รวมไปถึงต้นทุนการผลิตหัวเชื้อคิโตเซอรอสในรูปแบบดังกล่าว

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชที่ให้แสงไฟและเติมอากาศในรูปแบบต่างๆ
2. เพื่อศึกษาความสมบูรณ์เซลล์ของแพลงก์ตอนพืชที่ให้แสงไฟและเติมอากาศในรูปแบบต่างๆ
3. เพื่อศึกษาดัชนีต้นทุนค่าไฟฟ้าในการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืชที่ให้แสงไฟและเติมอากาศในรูปแบบต่างๆ



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design ; CRD) มี 4 ทรีตเมนต์ แต่ละทรีตเมนต์มี 3 ซ้ำ หน่วยการทดลองคือ กีโตเซอร์อส ดังนี้ทรีตเมนต์ที่ 1 เปิดแสงไฟและเติมอากาศต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน (ชุดควบคุม) ทรีตเมนต์ที่ 2 เปิดแสงไฟและเติมอากาศ 2 ชั่วโมงติดต่อกัน สลับกับปิดแสงไฟและไม่เติมอากาศ จนได้รับแสงไฟและเติมอากาศครบ 12 ชั่วโมงต่อวัน ทรีตเมนต์ที่ 3 เปิดแสงไฟและเติมอากาศ 2 ชั่วโมงติดต่อกัน สลับกับปิดแสงไฟและไม่เติมอากาศ จนได้รับแสงไฟและเติมอากาศครบ 8 ชั่วโมงต่อวัน ทรีตเมนต์ที่ 4 เปิดแสงไฟและเติมอากาศ 2 ชั่วโมงติดต่อกัน สลับกับปิดแสงไฟและไม่เติมอากาศ จนได้รับแสงไฟและเติมอากาศครบ 6 ชั่วโมงต่อวัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงเวลาในการเปิดแสงไฟและเติมอากาศในรอบวันของแต่ละทรีตเมนต์

ทรีตเมนต์	การเปิด-ปิดแสงไฟและการเติมอากาศในรอบวัน			
	ทรีตเมนต์ที่ 1 (ชุดควบคุม)	ทรีตเมนต์ที่ 2	ทรีตเมนต์ที่ 3	ทรีตเมนต์ที่ 4
ระยะเวลา	24	06.00 – 08.00 10.00 – 12.00 14.00 – 16.00 18.00 – 20.00 22.00 – 24.00 02.00 – 04.00	06.00 – 08.00 12.00 – 14.00 18.00 – 20.00 24.00 – 02.00	06.00 – 08.00 14.00 – 16.00 22.00 – 24.00
รวมระยะเวลา (ชั่วโมงต่อวัน)	24	12	8	6

ขั้นเตรียมการก่อนการทดลอง

ขั้นตอนการเตรียมน้ำ

ดื่มน้ำทะเลผ่านถุงกรองน้ำลงบ่อเก็บน้ำ ปรับคุณภาพน้ำให้มีความเค็ม 25 ppt , อัลคาไล นิตรี 130 ppm, pH 7.8-8.5 ดื่มน้ำผ่านตัวกรองน้ำ ใส่ขวดขนาด 2 ลิตรนำไปฆ่าเชื้อด้วยการ Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

การเตรียมปุ๋ย

1. ใช้คือ สูตร AGP
2. สารเคมีแต่ละชนิดละลายในน้ำกลั่นในอัตราส่วนที่กำหนด
3. นำสารละลายปุ๋ยที่ได้ไปฆ่าเชื้อด้วยการ Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที
4. ทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำไปใช้



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

ขั้นตอนการเลี้ยงหัวเชื้อทีโตะเซอรอส

ทดลองเพาะเลี้ยงทีโตะเซอรอสภายในห้องปฏิบัติการ โดยทำการเพาะเลี้ยงทีโตะเซอรอสในขวดแก้วขนาด 2 ลิตร ใช้น้ำทะเลต้มที่มีความเค็ม 25 ppt ควบคุมปริมาณเซลล์เริ่มต้นเท่ากับ 1.2×10^5 เซลล์/มล. ควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 25-27 องศาเซลเซียส ความเข้มแสงประมาณ 3,000 ลักซ์ และใช้ปุ๋ยสูตร AGP การเพาะเลี้ยงหัวเชื้อเป็นเวลา 84 ชั่วโมง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและศึกษาคุณภาพความสมบูรณ์เซลล์ของหัวเชื้อทีโตะเซอรอสตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 ของการเพาะขยาย และทุกๆ 6 ชั่วโมงจนครบชั่วโมงที่ 84 ของการเพาะขยาย ดังนี้ ตรวจสอบความหนาแน่นเซลล์ และอัตราการเจริญเติบโต

ทำการสุ่มตรวจนับความหนาแน่นเซลล์ของทีโตะเซอรอสในแต่ละชุดการทดลองในช่วงระยะเวลาการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยใช้ Hemacytometer นับเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยเขย่าตัวอย่างเพื่อไม่ให้เซลล์ตกตะกอน แล้วนำ Automatic pipette ดูดตัวอย่างมา 10 ไมโครลิตร ใส่ลงใน Hemacytometer ทิ้งไว้ประมาณ 1 นาทีเพื่อให้เซลล์ตกตะกอน จากนั้นนำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 40X นับจำนวนเซลล์และตรวจสอบความหนาแน่นเซลล์ พร้อมบันทึกข้อมูลความหนาแน่นเซลล์ในช่วงเวลา เริ่มต้น และทุกๆ 6 ชั่วโมงของการเพาะขยายจนครบชั่วโมงที่ 84 และศึกษาการเจริญเติบโตของทีโตะเซอรอส ด้วยการคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth, μ) และระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งเซลล์เป็นสองเท่า (Generation time, G) ดังนี้

1 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, μ) เป็นค่าที่บอกความเร็วของการเพิ่มจำนวนเซลล์ ยิ่งมีค่ามาก ยิ่งเพิ่มจำนวนเซลล์ได้รวดเร็ว ถ้าเซลล์ไม่มีการเจริญ ค่า μ มีค่า = 0

$$\mu = \frac{\ln(X_t) - \ln(X_0)}{t - t_0}$$

โดยที่ μ = อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

X_t = ปริมาณเซลล์เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา t ชั่วโมง

X_0 = ปริมาณเซลล์เมื่อเพาะเลี้ยงเป็นเวลา t_0 ชั่วโมง

t = เวลาที่ใช้ในการแบ่งเซลล์ในช่วง X_t

t_0 = เวลาที่ใช้ในการแบ่งเซลล์ในช่วง X_0

โดยที่เวลา t และ t_0 จะเป็นช่วงเวลาที่เซลล์เจริญอยู่ในช่วง Log phase



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

2 ระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งเซลล์เป็นสองเท่า (Generation time, G) การคำนวณหาระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งเซลล์เป็นสองเท่า คำนวณได้ดังนี้

$$G = \frac{\ln 2}{\mu}$$

μ

เมื่อ $\ln 2$ มีค่าเท่ากับ 0.693 แทนค่า จะได้

Generation time;G	=	$\frac{0.693}{\mu}$
-------------------	---	---------------------

ตรวจสอบความสมบูรณ์เซลล์

การศึกษาคุณภาพของหัวเชื้อทำได้โดย การตรวจสอบความสมบูรณ์เซลล์ซึ่งมีวิธีการดังนี้
ความสมบูรณ์เซลล์ หมายถึง ลักษณะสารสีภายในเซลล์คือโตเซอร์อส แล้วให้คะแนนสารสีภายในเซลล์ แบ่งออกเป็น 4 เกรด คือ A, B, C และ D โดยที่เกรด A มีลักษณะของไซโตพลาสซึมเต็มเซลล์ เกรด B มีลักษณะของไซโตพลาสซึมเกินครึ่งเซลล์แต่ไม่เต็มเซลล์ เกรด C มีลักษณะของไซโตพลาสซึมครึ่งเซลล์ และเกรด D มีลักษณะของไซโตพลาสซึมน้อยมากจนเกือบไม่พบภายในเซลล์ ซึ่งลักษณะสารสีภายในเซลล์คือโตเซอร์อสจะมีสีน้ำตาล วัดความสมบูรณ์เซลล์โดยการสุ่มเลือกตัวอย่างเซลล์จำนวน 100 เซลล์และดูลักษณะสารสีภายในเซลล์แล้วให้คะแนนสารสีภายในเซลล์เป็นเกรด A, B, C และ D โดยเลือกนับจำนวนเซลล์ที่ได้เกรด A แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของเซลล์โดยคำนวณได้จากสมการนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์เซลล์} = \frac{\text{จำนวนเซลล์ที่ได้เกรด A} \times 100}{\text{จำนวนเซลล์ทั้งหมด}}$$

ภาพที่ 1 แสดงเกณฑ์ความสมบูรณ์ของเซลล์



บันทึกต้นทุนในการเพาะเลี้ยงเปรียบเทียบกับต้นทุนการเพาะเลี้ยงคีโตเซอร์อสของแต่ละทรีดเมนต์ เพื่อหาแนวทางการลดต้นทุนการผลิต โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพเซลล์ของหัวเชื้อคีโตเซอร์อส

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี วิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี Duncan's new multiple rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษา ผลของการให้แสงไฟและการเติมอากาศต่อการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์เซลล์ของแพลงก์ตอนพืช (*Chaetoceros* sp.) โดยควบคุมจำนวนชั่วโมงการเปิดแสงไฟและการเติมอากาศที่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 4 ตอน มีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1. การเจริญเติบโตของเซลล์ทีโตะเซอรอสที่เพาะเลี้ยง

ตอนที่ 2. อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งเซลล์

ตอนที่ 3. ความสมบูรณ์เซลล์

ตอนที่ 4. ต้นทุนการทดลอง

ตอนที่ 1. การเจริญเติบโตของเซลล์ทีโตะเซอรอสที่เพาะเลี้ยง

จากการศึกษาและทดลองเพาะเลี้ยงทีโตะเซอรอสภายในห้องปฏิบัติการ โดยทำการเพาะเลี้ยงทีโตะเซอรอสในขวดแก้วขนาด 2 ลิตร ใช้น้ำทะเลเค็มที่มีความเค็ม 25 ppt ควบคุมปริมาณเซลล์เริ่มต้นเท่ากับ 1.2×10^5 เซลล์/มล. ควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 25-27 องศาเซลเซียส ความเข้มแสงประมาณ 3,000 ลักซ์ และใช้ปุ๋ยสูตร AGP ทำการเพาะเลี้ยงหัวเชื้อเป็นเวลา 84 ชั่วโมง โดยควบคุมจำนวนชั่วโมงการเปิดแสงไฟและการเติมอากาศที่แตกต่างกัน ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทริตเมนต์ คือ ทริตเมนต์ที่ 1 (ชุดควบคุม) เปิดแสงไฟและการเติมอากาศตลอดการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 24 ชม./วัน และทริตเมนต์ที่ 2, 3 และ 4 โดยเปิดแสงไฟและการเติมอากาศตลอดการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 12 ชม./วัน, 8 ชม./วัน และ 6 ชม./วัน ตามลำดับทริตเมนต์ละ 3 ซ้ำ แสดงผลดังตารางที่ 2 ตารางที่ 2 แสดงปริมาณความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์/มิลลิลิตร) ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์/มิลลิลิตร)			
	ทริตเมนต์ที่ 1 (ชุดควบคุม)	ทริตเมนต์ที่ 2	ทริตเมนต์ที่ 3	ทริตเมนต์ที่ 4
0	1.20E+05 ^a	1.60E+05 ^a	1.40E+05 ^a	1.60E+05 ^a
6	3.30E+05 ^a	2.30E+05 ^a	3.10E+05 ^a	3.40E+05 ^a
12	4.70E+05 ^a	5.70E+05 ^a	3.90E+05 ^a	5.70E+05 ^a
18	9.80E+05 ^a	9.30E+05 ^a	9.10E+05 ^a	7.20E+05 ^b
24	1.23E+06 ^a	1.52E+06 ^a	1.34E+06 ^a	1.01E+06 ^b
30	1.53E+06 ^a	1.87E+06 ^a	1.73E+06 ^a	1.18E+06 ^b
36	1.86E+06 ^a	2.03E+06 ^a	2.04E+06 ^a	1.36E+06 ^b
42	2.31E+06 ^a	2.29E+06 ^a	1.98E+06 ^b	1.43E+06 ^b
48	2.63E+06 ^a	2.65E+06 ^a	1.62E+06 ^b	1.37E+06 ^b



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความหนาแน่นเซลล์ (เซลล์/มิลลิลิตร)			
	ทริตเมนต์ที่ 1 (ชุดควบคุม)	ทริตเมนต์ที่ 2	ทริตเมนต์ที่ 3	ทริตเมนต์ที่ 4
54	2.91E+06 ^a	3.13E+06 ^a	1.62E+06 ^b	1.45E+06 ^b
60	3.13E+06 ^a	3.23E+06 ^a	1.68E+06 ^{ab}	1.13E+06 ^b
66	3.22E+06 ^a	3.49E+06 ^a	1.61E+06 ^{ab}	1.07E+06 ^b
72	3.30E+06 ^a	3.40E+06 ^a	1.51E+06 ^b	1.20E+06 ^b
78	2.31E+06 ^{ab}	3.13E+06 ^a	9.30E+05 ^b	8.70E+05 ^b
84	1.69E+06 ^a	2.40E+06 ^a	3.60E+05 ^b	2.50E+05 ^b

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน (a และ b) ในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการเจริญเติบโตของคีโตเซอร์อสที่ทดลองเพาะเลี้ยงในรูปแบบการควบคุมจำนวนชั่วโมงการเปิดแสงไฟและการเติมอากาศที่แตกต่างกันพบว่า ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0-12 ของการเพาะเลี้ยง ปริมาณความหนาแน่นเซลล์ในทุกๆ ทริตเมนต์ มีปริมาณเซลล์ที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยเซลล์มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมที่ทำการทดลองก่อนหรือเรียกว่า ระยะปรับตัว (Lag phase) ต่อมาเซลล์จะมีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วเรียกว่า ระยะแบ่งตัวหรือระยะเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential phase) หลังจากชั่วโมงที่ 12 - 36 พบว่าปริมาณเซลล์ที่เพิ่มขึ้นใน ทริตเมนต์ที่ 1 (ชุดควบคุม) มีปริมาณที่มากกว่าทริตเมนต์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่า ทริตเมนต์ที่ 1 (ชุดควบคุม) และทริตเมนต์ที่ 2 เซลล์สามารถเจริญเติบโตอยู่ในระยะเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential phase) ได้นานกว่าทริตเมนต์ที่ 3 ซึ่งเริ่มตั้งแต่ชั่วโมงที่ 12-60 เนื่องจากมีสภาวะแวดล้อมทั้งทางฟิสิกส์ ทางเคมีที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตเซลล์จึงสามารถอยู่ในระยะนี้ได้นาน ซึ่งต่างจากทริตเมนต์ที่ 3 อยู่ในระยะนี้เพียงช่วงเวลาสั้นๆ ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 12-36 สืบเนื่องจากเซลล์มีการสร้างอาหารจากกระบวนการสังเคราะห์แสงน้อย จึงส่งผลให้เซลล์ไม่แข็งแรง โดยทริตเมนต์ที่ 1 (ชุดควบคุม) และทริตเมนต์ที่ 2 มีปริมาณความหนาแน่นเซลล์สูงสุดชั่วโมงที่ 60 ของการเพาะเลี้ยง มีค่าเท่ากับ 3.13×10^6 และ 3.23×10^6 เซลล์/มล. ตามลำดับ ทริตเมนต์ที่ 3 และ 4 มีปริมาณเซลล์สูงสุดที่ชั่วโมงที่ 36 ของการเพาะเลี้ยง มีค่าเท่ากับ 2.04×10^6 และ 1.36×10^6 เซลล์/มล. ตามลำดับ จากนั้นเซลล์ในทุกๆ ทริตเมนต์ จะมีการเจริญเติบโตที่ช้าลง เรียกว่า ระยะเฉื่อย (Retardation phase or phase of declining relative growth) เนื่องจากมีการเจริญเติบโตหนาแน่น ทำให้ขาดอาหาร ทริตเมนต์ที่ 1 (ชุดควบคุม) และ ทริตเมนต์ที่ 2 เซลล์เริ่มเข้าสู่ระยะนี้ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 60-66 ของการเพาะเลี้ยง ทริตเมนต์ที่ 3 และ 4 เซลล์เข้าสู่ระยะเฉื่อยชั่วโมงที่ 36-42 หลังจากนั้นเซลล์ในทุกๆ ทริตเมนต์ จะเข้าสู่ระยะคงที่ (Stationary phase) เป็นระยะที่การเจริญเติบโตของเซลล์หยุดนิ่งเนื่องจากขาดอาหารน้อยลงและเกิดสารพิษจากกระบวนการเมตาบอลิซึมหรือการสลายตัวของเซลล์เพิ่มมากขึ้น จนในที่สุดก็จะเข้าสู่ระยะตาย (Death phase) ซึ่งเป็นระยะที่เซลล์



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

หยุดการเจริญเติบโตโดยสิ้นเชิงเนื่องจากธาตุอาหารหมดลง เซลล์จะเริ่มตายและการตายจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และรวดเร็วขึ้น

ตอนที่ 2. อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะและระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งเซลล์

ค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉพาะและระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งเซลล์เป็นสองเท่า พบว่า ทริตเมนต์ที่ 1 (ชุดควบคุม) และทริตเมนต์ที่ 2 มีอัตราการเจริญเติบโตเฉพาะที่ไม่แตกต่างกัน และมีค่ามากกว่าทริตเมนต์ที่ 3 และ 4 และใช้ระยะเวลาในการแบ่งเซลล์เป็นสองเท่าแต่ละครั้งสั้นกว่าทริตเมนต์ที่ 3 และ 4 ด้วย ดังแสดงตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะและระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งเซลล์เป็นสองเท่า

ทริตเมนต์	อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ (วัน)	ระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งเซลล์เป็นสองเท่า (วัน)
ทริตเมนต์ที่ 1 (ชุดควบคุม)	0.96	0.72
ทริตเมนต์ที่ 2	0.87	0.80
ทริตเมนต์ที่ 3	0.37	1.87
ทริตเมนต์ที่ 4	0.38	1.82

หมายเหตุ : 1. อัตราการเจริญเติบโตเฉพาะ เป็นค่าที่บอกความเร็วของการเพิ่มจำนวนเซลล์

ค่าที่เข้าใกล้ 1 ถือเป็นค่าที่ดีที่สุด

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งเซลล์จะต้องมีค่าน้อย ถือเป็นค่าที่ดีที่สุด

ตอนที่ 3 ความสมบูรณ์เซลล์

ด้านคุณภาพเซลล์พบว่า การเปิดให้แสงไฟและอากาศที่มีช่วงเวลาและจำนวนชั่วโมงที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อความสมบูรณ์เซลล์มากนัก ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 – 84 ของการเพาะเลี้ยงทุกทริตเมนต์ที่ พบความสมบูรณ์ในช่วง 95 – 100 % และเริ่มพบความสมบูรณ์เซลล์มีแนวโน้มลดลง เมื่อเซลล์เริ่มเข้าสู่ระยะตาย ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 78 ไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยทริตเมนต์ที่ 3 และ 4 มีความสมบูรณ์เซลล์ที่ต่ำกว่าทริตเมนต์ที่ 1 (ชุดควบคุม) และทริตเมนต์ที่ 2 ดังแสดงตารางที่ 4



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

ตารางที่ 4 แสดงเปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์เซลล์ในแต่ละทรีตเมนต์

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ความสมบูรณ์เซลล์ (เปอร์เซ็นต์)			
	ทรีตเมนต์ที่ 1	ทรีตเมนต์ที่ 2	ทรีตเมนต์ที่ 3	ทรีตเมนต์ที่ 4
0	100.00	100.00	100.00	100.00
6	100.00	100.00	100.00	100.00
12	100.00	100.00	97.44	98.25
18	100.00	100.00	100.00	100.00
24	97.56	99.34	100.00	98.02
30	100.00	100.00	98.84	100.00
36	98.92	100.00	98.04	99.26
42	100.00	98.25	95.96	96.50
48	100.00	98.49	96.91	94.89
54	99.66	99.68	95.68	95.17
60	99.04	99.07	95.24	96.46
66	99.38	98.85	97.52	93.46
72	98.79	98.24	97.35	95.83
78	97.40	99.04	91.40	96.55
84	94.67	90.83	83.33	88.00

ตอนที่ 4. ต้นทุนการทดลอง

จากผลการผลิตหัวเชื้อคีโตเซอร์อสกำลังการผลิต 100 ลิตร/วัน ผลปรากฏว่า ทรีตเมนต์ที่ 1 (ชุดควบคุม) มีต้นทุนในการผลิตทั้งหมด 28,550 บาท/เดือน ทรีตเมนต์ที่ 2 มีต้นทุนในการผลิตทั้งหมด 23,900 บาท/เดือน ทรีตเมนต์ที่ 3 มีต้นทุนในการผลิตทั้งหมด 22,350 บาท/เดือน และทรีตเมนต์ที่ 4 มีต้นทุนในการผลิตทั้งหมด 21,575 บาท/เดือน เมื่อคิดเป็นต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อลิตร จะมีต้นทุนการผลิตลิตรละ 9.21, 7.71, 7.21 และ 6.96 บาท ตามลำดับ ซึ่งต้นทุนค่าไฟฟ้าในการผลิตหัวเชื้อคีโตเซอร์อสในทรีตเมนต์ที่ 2, 3 และ 4 จะลดลงจากการผลิตแบบปกติ (ทรีตเมนต์ที่ 1) เท่ากับ 16.29%, 21.72% และ 24.43% ตามลำดับ ดังแสดงตารางที่ 5



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

ตารางที่ 5 แสดงต้นทุนแต่ละทรีตเมนต์ที่ สำหรับกำลังการผลิตคีโตเซออส

ต้นทุนแต่ละทรีตเมนต์	ต้นทุนแต่ละทรีตเมนต์สำหรับกำลังการผลิตคีโตเซออส			
	ทรีตเมนต์ที่ 1	ทรีตเมนต์ที่ 2	ทรีตเมนต์ที่ 3	ทรีตเมนต์ที่ 4
1. ต้นทุนคงที่ (บาท/เดือน)	19,250.00	19,250.00	19,250.00	19,250.00
2. ค่าไฟคิดตามชั่วโมงทดลอง คิดที่ 12.50 บ/ชม.	9,300.00	4,650.00	3,100.00	2,325.00
3. ต้นทุนผลิตรวม (1)+(2) (บาท/เดือน)	28,550.00	23,900.00	22,350.00	21,575.00
4. ต้นทุนค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/วัน)	920.97	770.97	720.97	695.97
5. ต้นทุนค่าไฟฟ้าเฉลี่ย/ลิตร (บาท/วัน)	9.21	7.71	7.21	6.96
สามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้าจากปกติ (%)	-	16.29	21.72	24.43

หมายเหตุ: จำนวนไฟฟ้าที่ใช้ 4 ยูนิต/ชั่วโมง, ค่าไฟฟ้ายูนิตละ 3.125 บาท

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่องผลของการให้แสงไฟและการเติมอากาศต่อการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์เซลล์ของแพลงก์ตอนพืช (*Chaetoceros* sp.) ในด้านการเจริญเติบโต ความสมบูรณ์เซลล์ ต้นทุนการผลิต สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะดังนี้

1. การเจริญเติบโตและความสมบูรณ์เซลล์ของแพลงก์ตอนพืช (*Chaetoceros* sp)

จากการทดลองเพาะเลี้ยงคีโตเซออส แสดงให้เห็นว่า การเจริญเติบโตและคุณภาพของหัวเชื้อคีโตเซออสที่เพาะเลี้ยงภายในห้องปฏิบัติการ ในรูปแบบการเพาะเลี้ยงที่เปิดแสงไฟและการเติมอากาศอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน (ทรีตเมนต์ที่ 1) และการเพาะเลี้ยงในรูปแบบที่มีการเปิดแสงไฟและเติมอากาศ 2 ชั่วโมงติดต่อกัน สลับกับปิดแสงไฟและไม่เติมอากาศ จนได้รับแสงไฟและเติมอากาศครบ 12 ชั่วโมงต่อวัน (ทรีตเมนต์ที่ 2) มีปริมาณความหนาแน่นของเซลล์และคุณภาพความสมบูรณ์เซลล์ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และมีปริมาณความหนาแน่นเซลล์สูงสุดที่ชั่วโมงที่

ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา Falkowski P.G. (1984) พบว่าการให้แสงช่วงเปิด-ปิด 24 : 0 ชั่วโมง เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของ *C. Calcitrans* แต่ในช่วงระยะเวลาการให้แสงที่ 24 : 0 ชั่วโมง และ 12 : 12 ชั่วโมง มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องเปิดแสงตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อลดต้นทุนการเพาะเลี้ยงในด้านพลังงาน สามารถให้แสงเพียง 12 ชั่วโมง ก็เพียงพอต่อความต้องการใช้แสงในการเจริญเติบโตของ *C. Calcitrans*

เมื่อนำมาคำนวณทางสถิติพบว่า คีโตเซออสที่เพาะเลี้ยงในรูปแบบการเพาะเลี้ยงที่เปิดแสงไฟและการเติมอากาศอย่างต่อเนื่องเปิดแสงไฟและเติมอากาศต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน (ทรีตเมนต์ที่ 1) และการเพาะเลี้ยงในรูปแบบที่มีการเปิดแสงไฟและเติมอากาศ 2 ชั่วโมงติดต่อกัน สลับกับปิดแสงไฟและไม่เติมอากาศ จนได้รับแสงไฟ



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

และเดิมอากาศครบ 12 ชั่วโมงต่อวัน (ทรีตเมนต์ที่ 2) มีค่าอัตราการเจริญจำเพาะที่มากกว่าการเพาะเลี้ยงในรูปแบบอื่น รวมทั้งใช้ระยะเวลาในการแบ่งเซลล์เป็นสองเท่าแต่ละครั้งสั้นกว่าด้วย

2. ต้นทุนการทดลอง

จากผลการศึกษาการให้แสงไฟและการเดิมอากาศต่อการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์เซลล์ของแพลงก์ตอนพืช (*Chaetoceros* sp.) ผลปรากฏว่า ทรีตเมนต์ที่ 1 (ชุดควบคุม) มีต้นทุนในการผลิตทั้งหมด 28,550 บาท/เดือน ทรีตเมนต์ที่ 2 มีต้นทุนในการผลิตทั้งหมด 23,900 บาท/เดือน ทรีตเมนต์ที่ 3 มีต้นทุนในการผลิตทั้งหมด 22,350 บาท/เดือน และทรีตเมนต์ที่ 4 มีต้นทุนในการผลิตทั้งหมด 21,575 บาท/เดือน เมื่อคิดเป็นต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อลิตร จะมีต้นทุนค่าไฟฟ้าลิตรละ 9.21, 7.71, 7.21 และ 6.96 บาท ตามลำดับ ซึ่งต้นทุนค่าไฟฟ้าในการผลิตหัวเชื้อคีโอโตเซอร์อสจะลดลงจากการผลิตแบบปกติ 16.29%, 21.72% และ 24.43% ตามลำดับ

ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของวุฒิชัย อ่อนเอี่ยม และ วิสุทธิ์ พรหมเอี่ยม (2552) พบว่าชุดการทดลองที่เปิดลมจำนวน 24 ชั่วโมง, 12 ชั่วโมง และ 8 ชั่วโมงต่อวัน มีปริมาณความหนาแน่นเซลล์ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และมีปริมาณความหนาแน่นเซลล์มากกว่าชุดที่เปิดลมจำนวน 6 ชั่วโมงต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ส่วนในด้านต้นทุนการผลิต ชุดที่เปิดลมจำนวน 12, 8 และ 6 ชั่วโมงต่อวัน สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ถึง 10.94%, 19.49% และ 23.07% ตามลำดับ

ในการเพาะเลี้ยงคีโอโตเซอร์อสนั้น ส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นในเรื่องของปริมาณเซลล์ที่สูง ผลิตได้เซลล์ที่มีคุณภาพคือมีความสมบูรณ์เซลล์ดีและใช้ระยะเวลาในการแบ่งเป็นสองเท่าสั้นที่สุด ดังนั้นจากผลการทดลองนี้ ผู้ผลิตหัวเชื้อคีโอโตเซอร์อสในเชิงธุรกิจ สามารถลดต้นทุนการผลิตด้วยการปรับรูปแบบการเพาะเลี้ยงที่มีการเปิดแสงไฟและเดิมอากาศ 2 ชั่วโมงติดต่อกัน สลับกับปิดแสงไฟและไม่เดิมอากาศ จนได้รับแสงไฟและเดิมอากาศครบ 12 ชั่วโมงต่อวันโดยรูปแบบการเลี้ยงนี้จะสามารถช่วยลดต้นทุนจากรูปแบบปกติลงไปอีก 16.29 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

เสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้

จากการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้ที่สนใจ นำไปปรับปรุงแก้ไข เพิ่มเติมดังนี้ ในการเลือกรูปแบบการเพาะเลี้ยงแต่ละครั้งควรคำนึงถึงความสมบูรณ์แข็งแรงของหัวเชื้อด้วย เนื่องจากหัวเชื้อในแต่ละแหล่ง แต่ละสายพันธุ์จะมีความแข็งแรงที่ต่างกันผู้ที่ทำการเพาะเลี้ยงในเชิงธุรกิจ ควรจะต้องพัฒนาและปรับปรุงวิธีการเลี้ยงในรูปแบบอื่นๆ อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้วิธีการเพาะเลี้ยงที่ให้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพและลดต้นทุนในการผลิตลง



การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5

The 5th STOU Graduate Research Conference

เอกสารอ้างอิง

- ทิพาพร ไตรทอง และนงลักษณ์ สำราญราษฎร์ .2550.. “การผลิตแพลงก์ตอนพืชปริมาณมากเพื่อใช้ในการอนุบาลลูกหอย”วารสารวิชาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง.สำนักงานวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง: 127-128
- วาสนา อัครรัตน์และ วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม .2555 “ผลของไคอะตอม *Thalassiosira* spp ต่ออัตราการรอดตายและพัฒนาการของลูกปูม้า(*Portunus pelagicus*) วัยอ่อนระยะซูเอีย 1 ถึง 4”วารสารแก่นเกษตร 40(1):61-68.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2544. แพลงก์ตอนพืช.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. ภาควิชาชีววิทยาประมง. คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 851 น.
- วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม และ วิสุทธิ พรหมเอี่ยม. 2552. ผลของการให้อากาศต่อการผลิตหัวเชื้อทีโดเซอโรส(*Chaetoceros* sp.) ในเชิงธุรกิจ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาประมง. กรุงเทพฯ. 346-353.
- Lavens, P., and P. Sorgeloos, (Eds.) 1996. Manual on the production and use of live food. FAO Fisheries Technical Paper No.361. 295
- Falkowski,, p. c., k. wyman, and D. mauzerall.1984. Effects of continuous background irradianceon xenon-flash-induced fluorescence yieldsin marine phytoplankton, .. In Advancesin photosynthesis research. Proc. 6th Int.Photosyn. Congr. (Brussels) 1.2,, 163-166