

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโตสำหรับการเพาะเลี้ยง
สาหร่ายคลอเรลลา: กรณีศึกษาวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยี
นครศรีธรรมราช

Factors Influencing the Growth Rate for Cultivation of
Chlorella sp.: A Case Study of Nakhon Si Thammarat
College of Agriculture and Technology

เกตุมนี ศรีอินทร์^{1*} และ อติรัฐ มากสุวรรณ¹
Ketmanee Sriin^{1*} and Atirat Maksuwan¹

Received: 10 May 2024

Revised: 2 March 2025

Accepted: 25 July 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตระหว่างสาหร่ายคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม (Traditional method) กับสาหร่ายคลอเรลลาบริสุทธิ์ (Pure *Chlorella*) 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเซลล์สาหร่ายคลอเรลลากับปัจจัยสิ่งแวดล้อม การเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิมใช้หัวเชื้อจากบ่อผลิตสาหร่ายคลอเรลลาของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราช การเพาะเลี้ยงแบบบริสุทธิ์ใช้หัวเชื้อจากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสงขลา ทำการทดลองในขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร ภายใต้ความเข้มแสง $2,000 \pm 500$ ลักซ์ (lux) ระยะเวลารับแสง 24 ชั่วโมง ให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่มีค่านำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC) เริ่มต้น 0.7 มิลลิซีเมนส์/ซม. (mS/cm) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 6 จำนวนสาหร่ายคลอเรลลาเริ่มต้น 3×10^3 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (cell/ml) เก็บข้อมูลจำนวนสาหร่ายคลอเรลลاد้วยสไลด์นับเม็ดเลือด (hemacytometer) อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ pH และ EC วันละครั้ง เป็นเวลา 20 วัน ผลการศึกษาพบว่าสาหร่ายคลอเรลลาจากหัวเชื้อบริสุทธิ์มีจำนวนเซลล์เฉลี่ย 1.716×10^7 cell/ml มากกว่าการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) pH เฉลี่ย 7.40 ± 0.97 EC เฉลี่ย 0.63 ± 0.05 mS/cm อุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 30.69 ± 0.80 °C โดยค่า pH มีความสัมพันธ์

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

¹ Department of Environmental Technology and Applied Science, Faculty of Science and Technology, Pathumwan Institute of Technology, Bangkok, Thailand 10330

*ผู้พิมพ์ประสานงาน (Corresponding author) e-mail: Amonsri@sia.ac.th

ในทิศทางเดียวกันกับจำนวนสาหร่ายคลอเรลลา ในขณะที่อุณหภูมิ น้ำ EC อุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม ส่วนสาหร่ายคลอเรลลาที่มาจาก การเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิมมีจำนวนเซลล์เฉลี่ย 6.915×10^5 cell/ml pH เฉลี่ย 6.86 ± 0.56 EC เฉลี่ย 0.53 ± 0.07 mS/cm อุณหภูมิ น้ำเฉลี่ย 30.59 ± 1.51 °C อุณหภูมิ น้ำ pH และอุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับจำนวนสาหร่ายคลอเรลลา ในขณะที่ EC และความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม

คำสำคัญ: สาหร่ายคลอเรลลา การเจริญเติบโต ปัจจัย การเพาะเลี้ยง

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the growth rate differences between *Chlorella* sp. cultured using the traditional method and pure *Chlorella* sp. cultivation and study the relationship between the number of *Chlorella* sp. cells and environmental factors. The traditional cultivation method uses inoculum from the *Chlorella* sp. production pond at Nakhon Si Thammarat College of Agriculture and Technology. The pure *Chlorella* sp. cultivation uses inoculum from the Songkhla Inland Fisheries Research and Development Center. The *Chlorella* sp. cultivation experiment was conducted in 1.5-liter plastic bottles under a light intensity of $2,000 \pm 500$ lux, with a 24 hour light exposure period. A plant nutrient solution was provided with an initial electrical conductivity (EC) of 0.7 mS/cm and a pH of 6. The initial *Chlorella* sp. cell count was 3×10^3 cells per milliliter (cell/ml). *Chlorella* sp. cell counts were recorded using haemocytometer. Data on air temperature, water temperature, relative humidity, pH, and EC were collected once daily for 20 days. The study found that *Chlorella* sp. from the pure inoculum average cell count was 1.716×10^7 cells/ml, significantly higher than the traditional cultivation method ($p < 0.05$). The average pH was 7.40 ± 0.97 , the average EC was 0.63 ± 0.05 mS/cm, and the average water temperature was 30.69 ± 0.80 °C. The pH value showed a positive correlation with the number of *Chlorella* sp. cells, while water temperature, EC, air temperature, and relative humidity showed a negative correlation. *Chlorella* sp. from the traditional cultivation method showed the average cell count was 6.915×10^5 cells/ml, the average pH was 6.86 ± 0.56 , the average EC was 0.53 ± 0.07 mS/cm, and the average water temperature was 30.59 ± 1.51 °C. Water temperature, pH, and air temperature showed a positive correlation with the number of *Chlorella* sp. cells, while EC and relative humidity showed a negative correlation.

Keywords: *Chlorella* sp.; Growth rate; Factors; Cultivation

บทนำ

สาหร่ายคลอเรลลา (*Chlorella* sp.) เป็นสาหร่ายขนาดเล็กอยู่ในอันดับ (order) *Chlorococcales* ครอบครัว (family) *Oocytaceae* สกุล (genus) *Chlorella* เซลล์มีลักษณะกลมหรือกลมรี มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-10 ไมโครเมตร [1] มีสีเขียว มักอยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ (unicellular) หรืออยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (colony) ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เอง สาหร่ายคลอเรลลาพบทั่วไปในน้ำจืดและน้ำเค็ม โปรตีนสูงประมาณร้อยละ 42-58 ไขมันร้อยละ 5-40 ของน้ำหนักแห้ง มีวิตามินซี เบต้าแคโรทีน (β -carotenes) และวิตามินบี (B1, B2, B6 และ B12) จำนวนมาก [1] และกรดไขมันไม่อิ่มตัวกลุ่ม PUFAs [2] จึงมีการเพาะเลี้ยงเพื่อผลิตสารเหล่านี้ในเชิงพาณิชย์ในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงง่ายและใช้ระยะเวลาในการผลิตสั้นเพียง 3-7 วัน จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ การรักษาทางคลินิก การผลิตไบโอดีเซล [1] สำหรับประโยชน์ด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนิยมนำมาเป็นอาหารสัตว์น้ำวัยอ่อนโดยตรง บำบัดน้ำเสียและนำมาเลี้ยงแพลงก์ตอนสัตว์ เช่น โรติเฟอร์ ไรแดง โคพีพอด เพื่อนำมาเป็นอาหารของสัตว์น้ำวัยอ่อนอีกทอดหนึ่ง โดยเฉพาะนำมาเป็นอาหารไรแดงที่จัดเป็นอาหารธรรมชาติที่ดีของสัตว์น้ำวัยอ่อน มีโปรตีนสูง (ประมาณ 74.09 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) [3] ทำให้สัตว์น้ำเจริญเติบโตดีและมีอัตราการรอดสูง มีรายงานความต้องการใช้ไรแดงสำหรับเป็นอาหารสัตว์น้ำของศูนย์พัฒนาประมงน้ำจืดและสถานีวิจัยประมงน้ำจืดจำนวน 50 สถานี พบว่ามีความต้องการใช้ไรแดง 50-200 กิโลกรัมต่อเดือน โดยความต้องการใช้ไรแดงสูงในช่วงเดือน พฤษภาคมถึงตุลาคม เพราะเป็นช่วงฤดูการเพาะพันธุ์ปลา [4] การเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาโดยทั่วไปมี 2 ลักษณะ คือการเพาะเลี้ยงในหึ่งปฏิบัติการและการเพาะเลี้ยงปริมาณมาก การเพาะเลี้ยงในหึ่งปฏิบัติการจะได้หัวเชื้อบริสุทธิ์ ปราศจากการปนเปื้อน การเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาปริมาณมากเป็นการเพาะเลี้ยงกลางแจ้ง ใช้สูตรอาหารหลายชนิด ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ และอาหารหมัก ซึ่งจะทำให้เกิดการปนเปื้อนได้ เช่น จุลินทรีย์และแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่น การผลิตสาหร่ายคลอเรลลาเพื่อนำมาเป็นอาหารไรแดงส่วนใหญ่ได้จากการเพาะเลี้ยงดังกล่าว จากการสัมภาษณ์เกษตรกรที่ประสบความสำเร็จในการประกอบอาชีพเพาะเลี้ยงไรแดงของอำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าผลิตสาหร่ายคลอเรลลาเพื่อเป็นอาหารไรแดงด้วยตนเอง โดยใช้หัวเชื้อสาหร่ายคลอเรลลาที่ผลิตขึ้นจากบ่อเปิดที่ผลิตแบบต่อเนื่องประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรน้ำที่ใช้ผลิตไรแดง [5] ซึ่งจะเห็นว่าต้องใช้หัวเชื้อปริมาณมาก [6] แนะนำให้ใช้ความเข้มข้นเริ่มต้น 10 เปอร์เซ็นต์ แต่ปัญหาที่พบคือผลผลิตไรแดงที่ได้ไม่สม่ำเสมอ ยืนยันจากข้อมูลผลผลิตและรายได้จากการจำหน่ายไรแดงในช่วงปี พ.ศ.2560-2562 [7] ดัง Figure 1 และ 2

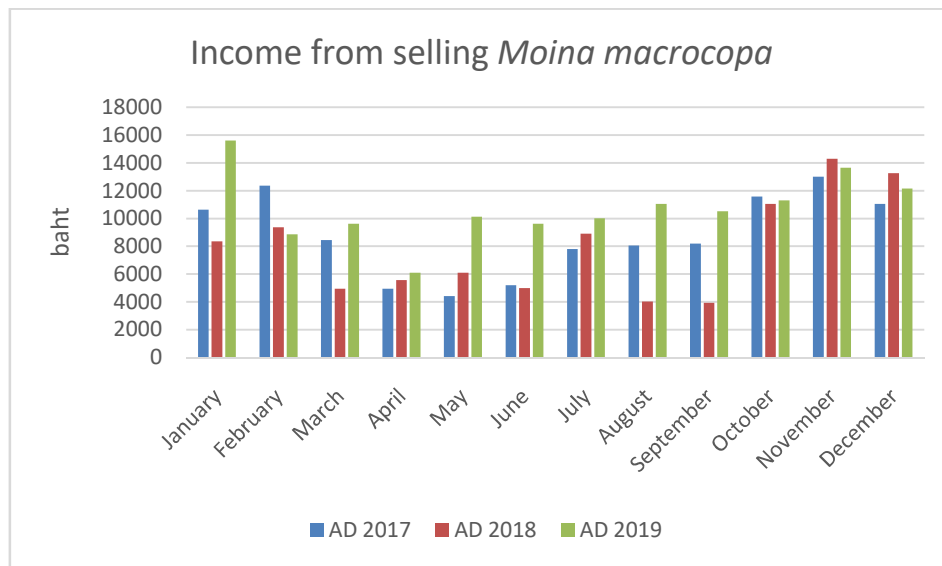


Figure 1 Diagram of income from selling *Moina macrocopa*

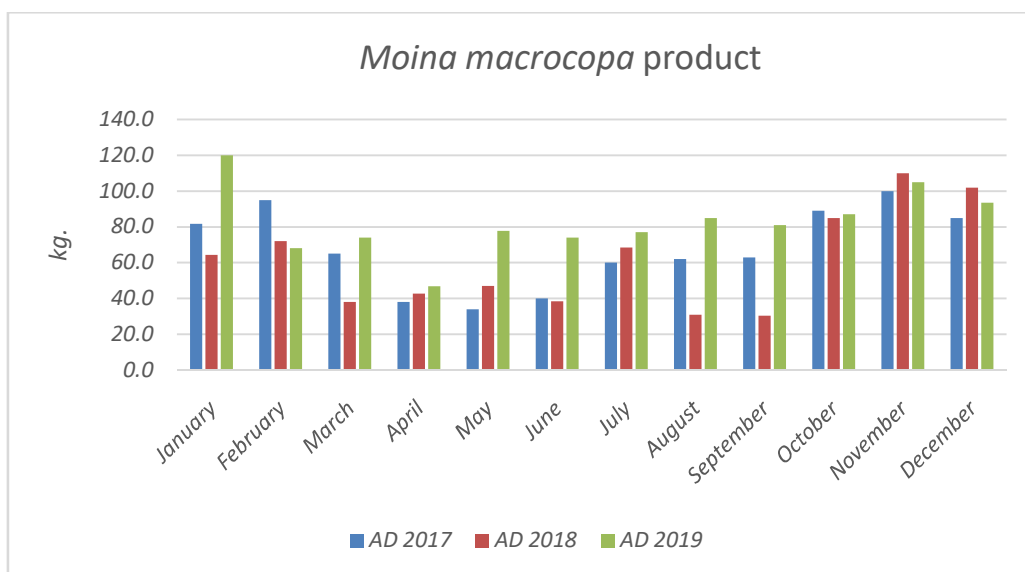


Figure 2 *Moina macrocopa* product

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของผลผลิตและรายได้จากการจำหน่ายไรแดงตลอดระยะเวลา 3 ปี พบว่ามีความแตกต่างกัน (Figure 3) สาเหตุที่ทำให้การผลิตไรแดงได้ผลไม่สม่ำเสมออาจเป็นเพราะไรแดงได้ อาหาร (สำหรับคอลลอเรลลา) ไม่สม่ำเสมอ อาจเนื่องมาจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคอลลอเรลลาใช้หัวเชื้อคอลลอเรลลา

ที่ปนเปื้อนเพราะได้จากการเลี้ยงแบบเปิด ซึ่งหัวเชื้อสาหร่ายคลอเรลลาถือเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต การผลิตสาหร่ายคลอเรลลาควรใช้หัวเชื้อที่อยู่ในระยะที่กำลังเจริญเติบโตดี (optimal log phase) และไม่มีสิ่งปนเปื้อนมาก [8] ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลาที่ได้จากการผลิตโดยใช้หัวเชื้อแบบดั้งเดิม (จากบ่อผลิตระบบเปิด) กับหัวเชื้อบริสุทธิ์ เพื่อให้ทราบระยะการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลาที่ผู้เลี้ยงสามารถวางแผนการผลิตสาหร่ายคลอเรลลาให้มีปริมาณมากเพียงพอต่อการผลิตไรแดงให้ได้ผลผลิตสม่ำเสมอ

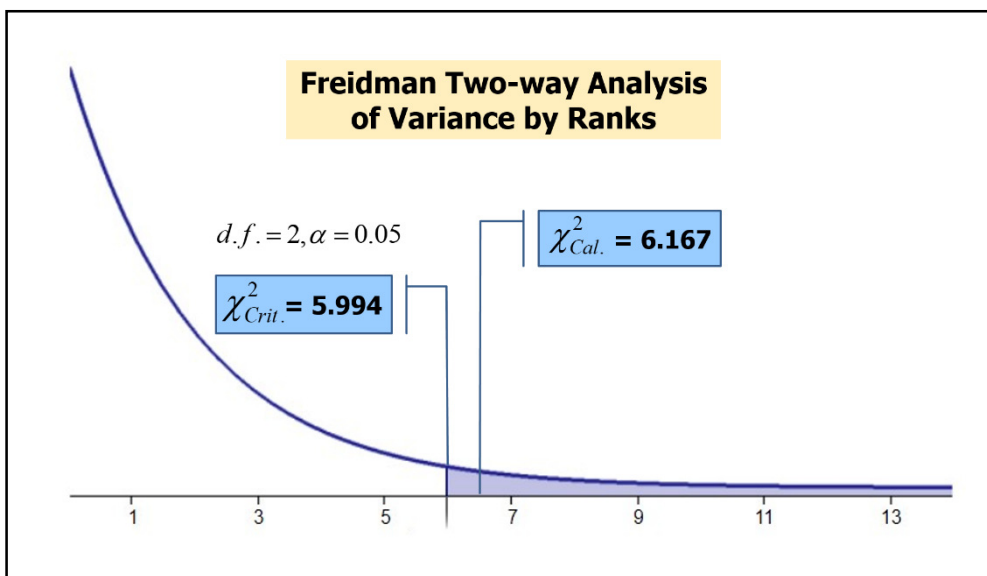


Figure 3 Diagram of results of analysis of differences in production and income from the sale of *Moina macrocopa* in 2017-2019

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี่วิธีการศึกษาจึงถูกแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตระหว่างสาหร่ายคลอเรลลาที่มาจากเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม (Traditional) และคลอเรลลาบริสุทธิ์ (Pure *Chlorella*) ร่วมกับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อนำข้อมูลไปศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพล (Factors Influencing) ต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลาสำหรับการพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาของแผนกวิชาประมงวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราช โดยแบ่งขั้นตอนการออกแบบเป็น 6 ขั้นตอนย่อยดังนี้

1.1 เตรียมสิ่งทดลองที่ 1 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาแบบดั้งเดิม สิ่งทดลองที่ 2 การเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาแบบคลอเรลลาบริสุทธิ์ เก็บข้อมูลสิ่งทดลองละ 4 ซ้ำ

1.2 กำหนดตัวแปรควบคุมจำนวน 9 ตัวแปร ได้แก่ 1) ความเข้มแสง $2,000 \pm 500$ ลักซ์ 2) ระยะเวลารับแสง 24 ชั่วโมง 3) ขวดทดลองเป็นขวดพลาสติกใสขนาด 1.5 ลิตร 4) น้ำที่ใช้ทดลองปริมาตร 1 ลิตร โดยใช้น้ำดื่มบรรจุขวด 5) ระยะเวลาการเลี้ยง 20 วัน 6) ปุ๋ยน้ำสูตร KMITL3 ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง 7) ค่า EC เริ่มต้นเท่ากับ 0.7 mS/cm) ค่า pH เริ่มต้น 6 9) จำนวนคลอเรลลา เริ่มต้น 3×10^3 cell/ml ตัวแปรตามจำนวน 6 ตัวแปร ได้แก่ 1) อุณหภูมิอากาศ 2) อุณหภูมิน้ำ 3) ความชื้นสัมพัทธ์ 4) pH 5) EC 6) จำนวนคลอเรลลา

1.3 เตรียมอุปกรณ์สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ 1) เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ 2) เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศ 3) เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำ 4) เครื่องวัด pH 5) เครื่องวัด EC 6) กล้องจุลทรรศน์ 7) สไลด์นับเม็ดเลือด 8) แผ่นปิดสไลด์ 10) เครื่องนับแบบมีอกด

1.4 เก็บข้อมูลจำนวนสาหร่ายคลอเรลลาโดยการนับจำนวนเซลล์ด้วยสไลด์นับเม็ดเลือด (hemacytometer) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ตามวิธีการนับของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี [8] หากจำนวนสาหร่ายคลอเรลลามีไม่เกิน 200 เซลล์ ให้นับจำนวนเซลล์ที่อยู่ในช่อง A B C และ D นำจำนวนเซลล์ทั้งหมดที่นับได้หาค่าเฉลี่ยต่อช่อง นำค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์คูณด้วยปริมาตรน้ำในช่องที่นับซึ่งมีปริมาตรน้ำเท่ากับ 10^{-4} มล. ทำการนับจำนวน 6 ซ้ำ [8] หากจำนวนสาหร่ายคลอเรลลามีมากกว่า 200 เซลล์ ให้นับช่องเล็ก 1, 2, 3, 4 และ 5 นำจำนวนเซลล์ทั้งหมดที่นับได้หาค่าเฉลี่ยต่อช่อง นำค่าเฉลี่ยที่ได้คูณด้วยปริมาตรน้ำของช่องที่นับซึ่งมีปริมาตรน้ำเท่ากับ 4×10^{-6} จะได้ความหนาแน่นของสาหร่ายคลอเรลลาเป็นจำนวนเซลล์ต่อมิลลิเมตร (cell/ml) เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศความชื้นสัมพัทธ์อุณหภูมิ น้ำ pH และค่า EC ทุกวันๆละ 1 ครั้งเวลา 12.00 น.

1.5 วิเคราะห์ขนาดและทิศทางความสัมพันธ์ของข้อมูลแบบคู่จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation analysis) ร่วมกับการสร้างเส้นเฉลี่ยของแนวสหสัมพันธ์จากคู่ลักษณะ เพื่อใช้ในการทำนายหรือคาดประมาณอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา โดยพิจารณาจากทิศทางการกระจายข้อมูลของคู่ลักษณะด้วยการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้น (linear regression)

1.6 เปรียบเทียบเซลล์สาหร่ายคลอเรลลาเฉลี่ยระหว่างแบบดั้งเดิมกับแบบคลอเรลลาบริสุทธิ์ด้วยค่าสถิติ Mann-Whitney U test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. ถอดแบบระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาแบบดั้งเดิมของแผนกวิชาประมงวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราชเพื่อสร้างและยืนยันข้อสรุปของระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาแบบดั้งเดิม (Conclusion and verification)

3. วิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลาจากผลการทดลองในขั้นตอนที่ 1 เทียบกับผลการถอดระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาแบบดั้งเดิมในขั้นตอนที่ 2

4. สรุปผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลาจากขั้นตอนที่ 3 เพื่อนำเสนอต้นแบบของระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาด้วยการสร้างแผนผังวิเคราะห์เชิงระบบ

สรุปขั้นตอนการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลาสำหรับการพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาของแผนกวิชาประมงวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราช ดัง Figure 4

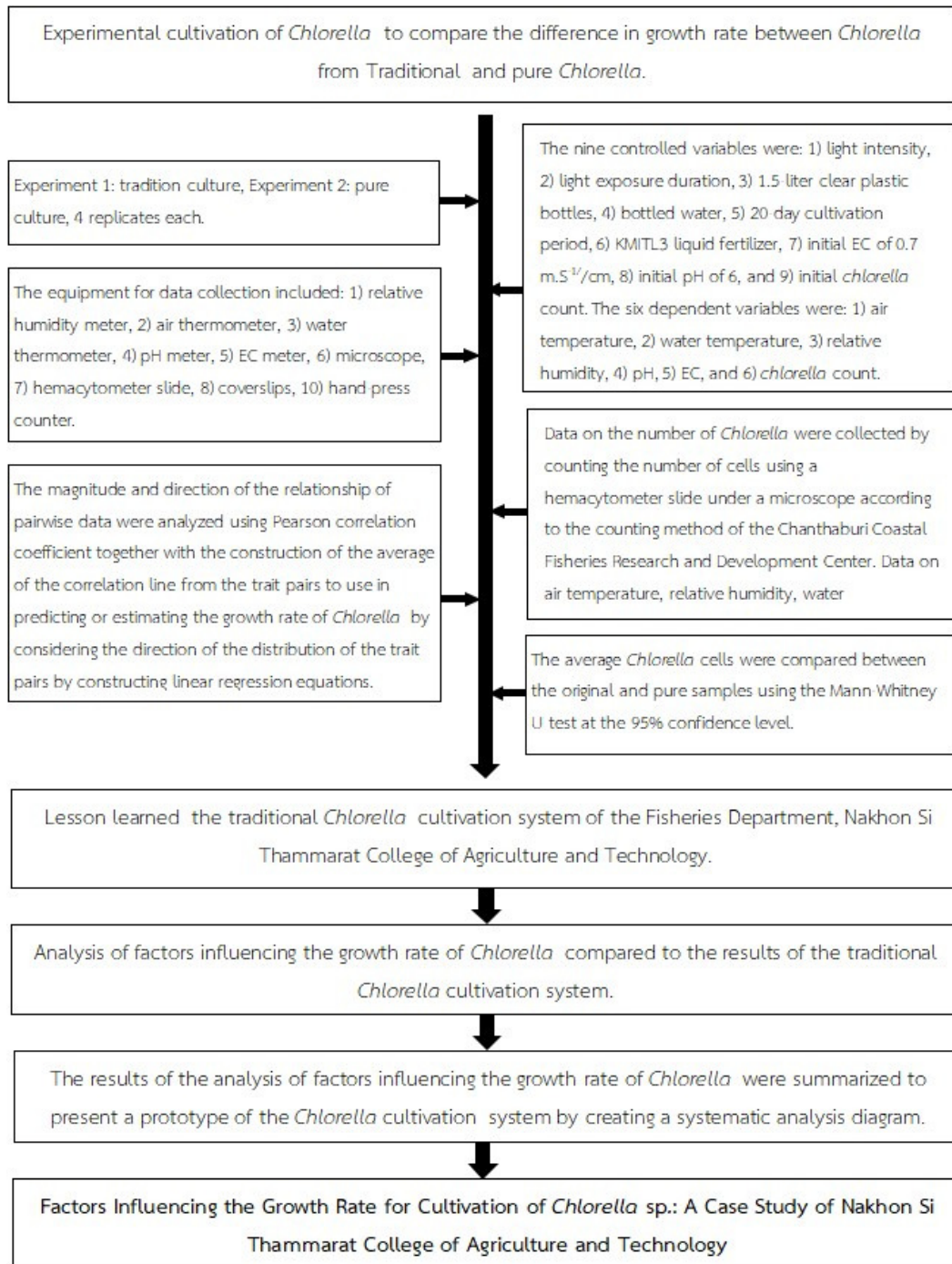


Figure 4 Study of factors influencing the growth rate for cultivation of *Chlorella* sp.: A case study of Nakhon Si Thammarat college of agriculture and technology.

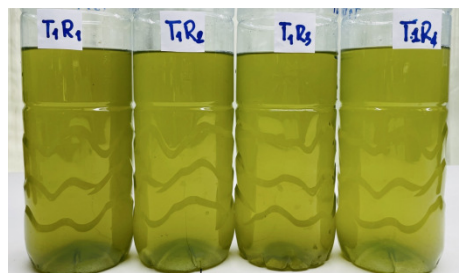
ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตระหว่างสาหร่ายคลอเรลลาที่มาจากการเพาะเลี้ยงแบบบริสุทธิ์ (Pure *Chlorella*) และแบบดั้งเดิม (Traditional) จำนวนสาหร่ายคลอเรลลาเริ่มต้น 3×10^3 cell/ml เมื่อทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 20 วัน พบว่าสาหร่ายคลอเรลลาที่มาจากการเพาะเลี้ยงแบบบริสุทธิ์ (Pure *Chlorella*) มีจำนวนเซลล์ 1.716×10^7 cell/ml มากกว่าการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งมีจำนวน 6.915×10^5 cell/ml (Table 1 และ Figure 5) อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลาที่มาจากคลอเรลลาบริสุทธิ์ (Pure *Chlorella*) มีจำนวนเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 จนถึงวันที่ 18 ของการเลี้ยง (Figure 6) ส่วนสาหร่ายคลอเรลลาที่มาจากการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม (Traditional) พบว่าวันที่ 1-13 ของการเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลามีจำนวนเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกัน และจำนวนค่อนข้างคงที่ในวันที่ 14-18 และเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นในวันที่ 19-20 (Figure 7)

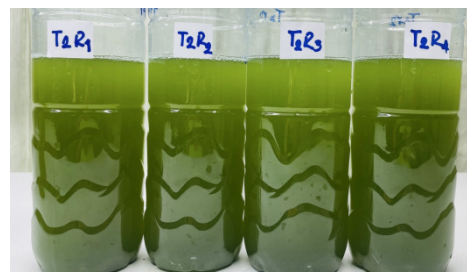
Table 1 Summary of results of analysis of factors influencing the growth rate of *Chlorella*.

Days	Source of <i>Chlorella</i>	
	Traditional <i>Chlorella</i>	Pure <i>Chlorella</i>
1	1.92	4.68
2	3.51	6.88
3	10.57	13.71
4	18.02	35.46
5	37.22	108.51
6	15.91	183.71
7	18.90	323.54
8	63.79	637.71
9	55.84	749.79
10	18.16	779.38
11	47.30	1431.25
12	15.39	1650.21
13	32.33	1927.29
14	52.43	1993.02
15	49.32	2340.83
16	72.19	2924.38
17	36.96	3153.44
18	143.85	3495.31
19	368.25	3029.27
20	321.08	3545.63
Descriptive Statistics		
Max.	368.25	3545.63
Min.	1.92	4.68

Days	Source of <i>Chlorella</i>	
	Traditional <i>Chlorella</i>	Pure <i>Chlorella</i>
Average	69.15	1716.70
S.D.	99.74	1297.49
Median	37.09	1105.32
Mode	-	-
One-Sample test of the conditions that are associated with the parametric statistics		
K-S Test $D_{crit.}=0.29$	$D_{cal}=0.34$	$D_{cal}=0.19$
Runs Test	Reject H_0	Accept H_0
The test for comparing differences between two independent groups.		
Mann-Whitney U test; $U_{crit}=138$	Sign.	



(A)



(B)

Figure 5 Traditional *Chlorella* (A) and Pure *Chlorella* (B)

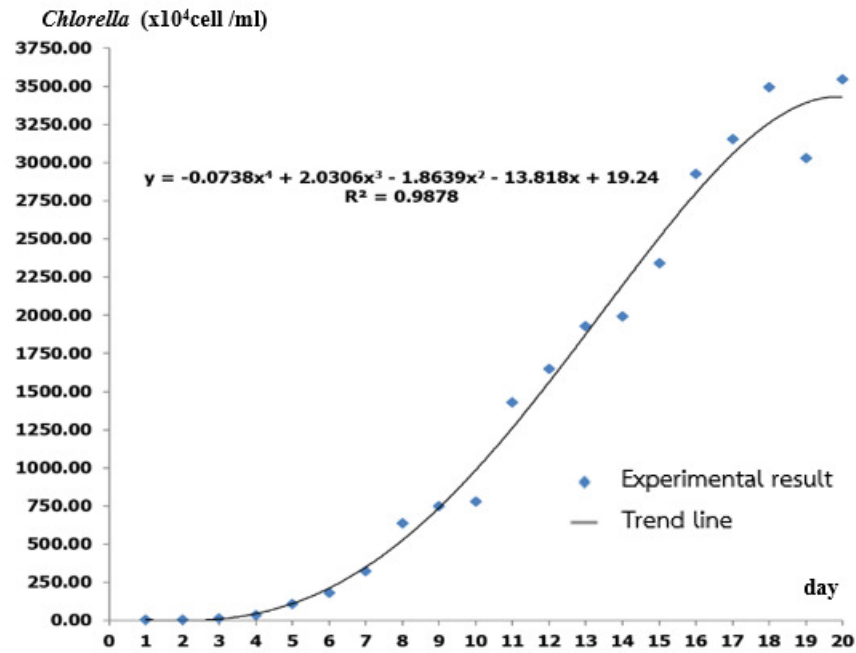


Figure 6 Growth rate from pure *Chlorella* culture

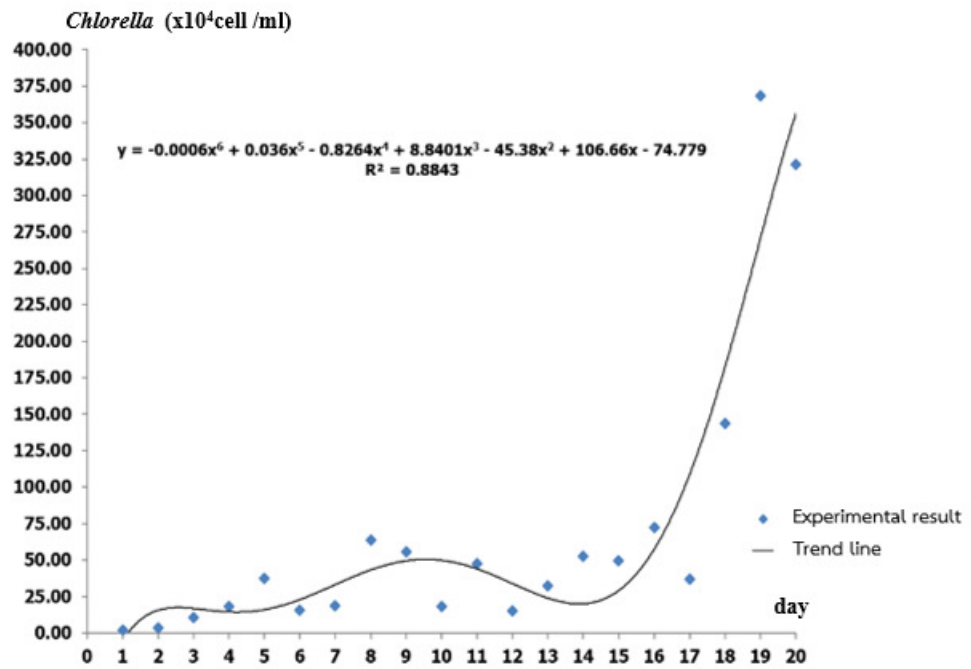


Figure 7 Growth rate from traditional farming

2. ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Spearman rank correlation coefficient analysis ระหว่างจำนวนเซลล์ *Chlorella* อุณหภูมิ น้ำ EC pH อุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ จากการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม (Traditional) โดยการรวบรวมข้อมูลทั้ง 20 วัน พบว่ามีสาหร่ายคลอเรลลา 6.915×10^5 cell/ml อุณหภูมิ น้ำเฉลี่ย 30.59 ± 1.51 °C EC เฉลี่ย 0.53 ± 0.07 mS/cm pH เฉลี่ย 6.86 ± 0.56 อุณหภูมิอากาศ 31.86 ± 1.14 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 55.65 ± 3.88 % จำนวนเซลล์ *Chlorella* มีค่าสหสัมพันธ์กับ pH ในระดับสูงสุด ($r = 0.682$) ในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($P < 0.01$) โดยอุณหภูมิ น้ำ pH และอุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับจำนวนเซลล์ *Chlorella* ในขณะที่ค่า EC และความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับจำนวนเซลล์ *Chlorella* ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Spearman's Rank correlation coefficient of the relationship between Chlorella and environment factors from Traditional farming

		<i>Chlorella</i>	temp. water	EC	pH	temp. air	RH
Spearman's rho	<i>Chlorella</i>	Correlation Coefficient	1.000	.406	-.347	.682**	-.167
		Sig. (2-tailed)	.	.076	.134	.001	.431
		N	20	20	20	20	20
	temp. water	Correlation Coefficient	.406	1.000	-.054	-.029	.721**
		Sig. (2-tailed)	.076	.	.820	.902	.000
		N	20	20	20	20	20
	EC	Correlation Coefficient	-.347	-.054	1.000	-.557*	-.207
		Sig. (2-tailed)	.134	.820	.	.011	.382
		N	20	20	20	20	20
	pH	Correlation Coefficient	.682**	-.029	-.557*	1.000	-.104
		Sig. (2-tailed)	.001	.902	.011	.	.664
		N	20	20	20	20	20
	temp. air	Correlation Coefficient	.186	.721**	-.207	1.000	-.142
		Sig. (2-tailed)	.431	.000	.382	.664	.
		N	20	20	20	20	20
	RH	Correlation Coefficient	-.167	-.123	.094	-.083	1.000
		Sig. (2-tailed)	.482	.606	.694	.729	.
		N	20	20	20	20	20

3. ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Spearman rank correlation coefficient analysis ระหว่างจำนวนเซลล์ *Chlorella* อุณหภูมิ น้ำ EC pH อุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ จากการเพาะเลี้ยงแบบบริสุทธิ์ (Pure *Chlorella*) โดยการรวบรวมข้อมูลทั้ง 20 วัน พบว่ามีจำนวนสาหร่ายคลอเรลลา 3.5×10^7 cell/ml อุณหภูมิ น้ำเฉลี่ย 30.69 ± 0.80 °C EC เฉลี่ย 0.63 ± 0.05 mS/cm pH เฉลี่ย 7.40 ± 0.97 อุณหภูมิอากาศ 31.78 ± 1.05 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 70.70 ± 5.00 % จำนวนเซลล์ *Chlorella* มีค่าสหสัมพันธ์กับค่า EC และค่า pH ในระดับสูงสุดคือ ระหว่างจำนวนเซลล์ *Chlorella* กับค่า EC มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.945 ($r = 0.945$) ในทิศทางตรงกันข้ามและระหว่างจำนวนเซลล์ *Chlorella* กับค่า pH มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.995 ($r = 0.995$) ในทิศทางเดียวกัน อีกทั้งค่า EC มีค่าสหสัมพันธ์กับค่า pH ในระดับสูงสุดเท่ากับ 0.949 ($r = 0.949$) ในทิศทางตรงกันข้ามกัน ส่วนอุณหภูมิ น้ำมีค่าสหสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศในระดับสูง ($r = 0.735$) ในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($P < 0.01$)

นอกจากนี้ยังพบว่าค่า EC มีค่าสหสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระดับปานกลาง คือระหว่างค่า EC กับอุณหภูมิ มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.490 ($r = 0.490$) และระหว่างค่า EC กับความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.548 ($r = 0.548$) ในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$) ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Spearman's Rank correlation coefficient of the relationship between *Chlorella* and environment factors from pure *Chlorella* culture

			<i>Chlorella</i>	temp.	EC	pH	temp.	RH
			water	water			air	
Spearman's rho	<i>Chlorella</i>	Corelation Coefficient	1.000	-.573**	-.945**	.995**	-.061	-.556*
		Sig. (2-tailed)	.	.008	.000	.000	.798	.011
		N	20	20	20	20	20	20
	temp. water	Corelation Coefficient	-.573**	1.000	.490*	-.577**	.735**	-.052
		Sig. (2-tailed)	.008	.	.028	.008	.000	.828
		N	20	20	20	20	20	20
	EC	Corelation Coefficient	-.945**	.490*	1.000	-.949**	.030	.548**
		Sig. (2-tailed)	.000	.028	.	.000	.900	.007
		N	20	20	20	20	20	20
	pH	Corelation Coefficient	.995**	-.577**	-.949**	1.000	-.082	-.580**
		Sig. (2-tailed)	.000	.008	.000	.	.732	.007
		N	20	20	20	20	20	20
	temp. air	Corelation Coefficient	-.061	.735**	.030	-.082	1.000	-.401
		Sig. (2-tailed)	.798	.000	.900	.732	.	.080
		N	20	20	20	20	20	20
	RH	Corelation Coefficient	-.556*	-.052	.548**	-.580**	-.401	1.000
		Sig. (2-tailed)	.011	.828	.007	.007	.080	.
		N	20	20	20	20	20	20

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาแบบดั้งเดิม (Traditional) และแบบบริสุทธิ์ (Pure *Chlorella*) พบว่าคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาที่มาจากคลอเรลลาบริสุทธิ์ (Pure *Chlorella*) มี pH เฉลี่ย 7.40 ± 0.97 EC เฉลี่ย $0.63 \pm 0.05 \text{ mS/cm}$ อุณหภูมิเฉลี่ย 30.69 ± 0.80 °C ส่วนคุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาที่มาจากการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม (Traditional) ค่า pH เฉลี่ย 6.86 ± 0.56 EC เฉลี่ย $0.53 \pm 0.07 \text{ mS/cm}$ อุณหภูมิเฉลี่ย 30.59 ± 1.51 °C Table 4 และ 5

Table 4 Summary of results of analysis of factors influencing the growth rate of *Chlorella*.

Days	Temp.W. (°C)		E.C. (S/m)		pH		Temp.A. (°C)		RH (%)	
	Trad.	Pur.	Trad.	Pur.	Trad.	Pur.	Trad.	Pur.	Trad.	Pur.
1	26.4	31.8	0.56	0.69	6.5	6.1	27.4	34.0	47	71
2	31.6	31.3	0.58	0.68	6.4	6.2	32.1	31.8	64	70
3	30.4	32.2	0.55	0.68	6.5	6.2	31.5	32.9	57	74
4	30.9	31.6	0.58	0.68	6.4	6.2	32.5	32.5	55	75
5	31.0	31.1	0.61	0.67	6.4	6.3	31.8	31.7	57	74
6	31.4	30.8	0.51	0.67	6.4	6.4	32.8	31.7	62	76
7	31.7	30.2	0.58	0.68	6.5	6.6	32.5	29.9	55	77
8	31.1	30.5	0.56	0.66	6.7	6.9	31.8	31.4	51	73
9	31.7	30.8	0.56	0.68	6.8	7.2	32.5	31.4	51	73
10	31.5	31.1	0.46	0.66	6.7	7.3	32.2	32.1	52	65
11	30.6	30.8	0.60	0.64	7.0	7.9	31.4	31.2	60	72
12	30.4	29.6	0.48	0.64	6.9	8.0	32.5	31.1	55	67
13	30.5	29.4	0.56	0.62	6.9	8.0	32.0	30.0	54	75
14	30.3	28.9	0.47	0.60	7.6	8.2	31.5	30.0	58	79
15	30.6	30.3	0.49	0.61	6.9	8.3	31.8	32.2	56	68
16	31.3	30.9	0.47	0.57	6.7	8.4	32.5	32.2	55	68
17	30.3	31.0	0.48	0.59	7.5	8.4	31.2	33.1	59	69
18	31.2	30.6	0.54	0.57	7.7	8.6	32.2	32.7	55	60
19	31.9	31.0	0.39	0.56	7.9	8.5	32.5	32.1	55	64
20	31.7	30.0	0.48	0.56	7.6	8.6	32.5	31.6	55	64
Descriptive Statistics										
Max.	31.90	32.20	0.61	0.69	7.9	8.6	32.80	34.0	64	79
Min.	26.40	28.90	0.39	0.56	6.4	6.1	27.40	29.9	47	60
Average	30.83	30.70	0.53	0.64	6.9	7.42	31.86	31.78	55.65	70.70
S.D.	1.17	0.80	0.06	0.05	0.49	0.96	1.14	1.05	3.88	5.00
Median	31.05	30.80	0.55	0.65	6.75	7.60	32.15	31.75	55.00	71.50
Mode	31.70	30.80	0.56	0.68	6.40	6.20	32.50	-	55.00	
One-Sample test of the conditions that are associated with the parametric statistics										
K-S	D _{cal} =0.	D _{cal} =0.	D _{cal} =0.	D _{cal} =0.	D _{cal} =0.	D _{cal} =0.	D _{cal} =0.	D _{cal} =0.	D _{cal} =0.	D _{cal} =0.
TestD _{crit.} =0.2	28	15	17	20	20	19	24	11	18	13
9										
Runs Test	Reject H ₀	Reject H ₀	Reject H ₀	Accept H ₀	Reject H ₀	Accept H ₀	Reject H ₀	Reject H ₀	Accept H ₀	Reject H ₀
The test for comparing differences between two independent groups.										
Mann-Whitney U test; U _{crit} =138	Non.Sign.		Sign.		Non.Sign.		Non.Sign.		Sign.	

Table 5 Water quality from traditional *Chlorella* culture and pure *Chlorella* culture

	Pure <i>Chlorella</i>	Traditional <i>Chlorella</i>
pH	7.40±0.97	6.86±0.56
EC	0.63±0.05m.S ⁻¹ /cm	0.53±0.07 m.S ⁻¹ /cm
air temperature	31.78±1.04 degrees Celsius	31.86±1.14 degrees Celsius
water temperature	30.69±0.80 degrees Celsius	30.59±1.51degrees Celsius
Growth Day 20	1,716.70±1,297.49 (x10 ⁴ cell)	69.15±99.73 (x10 ⁴ cell)

5. นำเสนอต้นแบบระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาแบบบริสุทธิ์

จากการถอดระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาแบบดั้งเดิม (Conclusion and verification) ของแผนกวิชาประมงวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราช ใช้วิธีการละลายวัสดุอาหารซึ่งประกอบด้วยปุ๋ยชนิดต่างๆ รำข้าว อาหารหมู กากผงชูรส และปูนขาวลงในบ่อแล้วเติมน้ำเขียว (สาหร่ายคลอเรลลา) ที่ได้จากการเลี้ยงในบ่อระบบเปิดวิธีเดียวกันนี้ แล้วรอให้สาหร่ายคลอเรลลาเพิ่มจำนวนให้มากพอโดยสังเกตจากสีของน้ำจะเป็นสีเขียวเข้ม จึงจะนำสาหร่ายคลอเรลลาไปเลี้ยงไรแดง [5] ซึ่งพบว่าผลผลิตไรแดงที่ได้ไม่สม่ำเสมอ เมื่อนำสาหร่ายคลอเรลลาจากการเลี้ยงแบบดั้งเดิมมาทดลองเลี้ยงในขั้นตอนที่ 1 เปรียบเทียบกับการเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาที่เป็น pure culture ด้วยสารละลายธาตุอาหารพืช เป็นเวลา 20 วัน พบว่าสาหร่ายคลอเรลลาที่มาจาก การเพาะเลี้ยงแบบบริสุทธิ์ (Pure *Chlorella*) มีจำนวนเซลล์ 1.716×10^7 cell/ml มากกว่าการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งมีจำนวน 6.915×10^5 cell/ml (Table 1) สรุปได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณสาหร่ายคลอเรลลาที่ผลิตได้คือแหล่งที่มาของสาหร่ายคลอเรลลาเริ่มต้น จึงขอนำเสนอต้นแบบของระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาใหม่ดังนี้ Figure 8

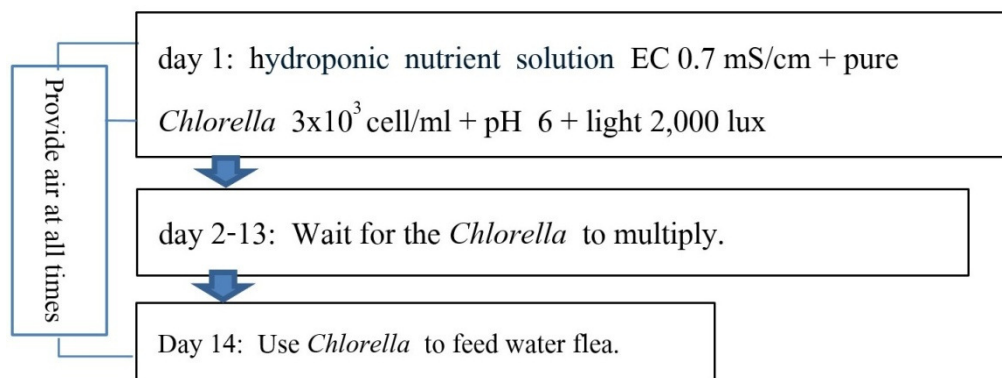


Figure 8 Analysis diagram of *Chlorella* production system from pure and traditional cultivation.

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

คุณภาพน้ำจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาที่มาจากคลอเรลลาบริสุทธิ์ (Pur.) และจากการเพาะเลี้ยงแบบดั้งเดิม (Trad.) มี pH เฉลี่ย 7.40 ± 0.97 และ 6.86 ± 0.56 ตามลำดับ ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตตามปกติของสาหร่ายขนาดเล็ก [1] สาหร่ายคลอเรลลาสามารถเจริญเติบโตได้ในระดับ pH ที่กว้างและจะได้ผลผลิตชีวมวลสูงสุดในสภาวะที่เป็นด่าง [9] ช่วงค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเติบโตของ *C. vulgaris* คือ 5–9 [10] อุณหภูมิน้ำจากการเพาะเลี้ยงแบบ Pur. และแบบ Trad. มีค่าเฉลี่ย 30.69 ± 0.80 และ 30.59 ± 1.51 °C ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 25–30 °C จะทำให้ *Chlorella vulgaris* เจริญเติบโตได้ดีที่สุด [11] *C. pyrenoidosa* มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วง 22–30 °C เซลล์มีการเจริญเติบโตลดลงและเซลล์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 33 °C [12]

ค่า EC จากผลการเพาะคลอเรลลาทั้งแบบ Trad. และแบบ Pur. เป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าค่า EC ของทั้งสองแบบมีค่าลดลง เนื่องจากค่า EC ในของเหลวหรือค่า EC ของเกลือเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในของเหลวทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ ดังนั้นปริมาณแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำจะถูกสาหร่าย

นำไปใช้ในการเจริญเติบโตทำให้ค่า EC ของทั้งสองแบบมีค่าลดลง [13] เมื่อพิจารณาว่า EC เฉลี่ยของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาเป็นระยะเวลา 20 วัน พบว่าแบบ Trad. มีค่าน้อยกว่าแบบ Pur. แต่ในขณะที่แบบ Trad. ให้ผลผลิตที่น้อยกว่าแบบ Pur. ซึ่งมีค่า EC มากกว่า โดยความแตกต่างดังกล่าวนี้แตกต่างกันมากพอที่จะถือว่ามีความสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากกระบวนการแบบ Trad. มีการปนเปื้อนทั้งสารอินทรีย์และธาตุอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตอื่นที่ปะปนมากับกระบวนการแบบ Trad. เช่น จุลินทรีย์ ดังนั้นปริมาณแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในของเหลวทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำบางส่วนจึงถูกใช้ไปกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ด้วย นอกเหนือจากปริมาณแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำจะถูกสาหร่ายนำไปใช้ในการเจริญเติบโตโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ทำให้เกิดกระบวนการหมักทั้งที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ส่งผลทำให้เกิดน้ำเสีย ซึ่งนำไปสู่กระบวนการทางชีววิทยาที่กระตุ้นการสลายตัวของสารพิษในน้ำเสีย [14] เมื่อความเข้มข้นของน้ำเสียเพิ่มขึ้นส่งผลให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้น้อยลง เนื่องจากสาหร่ายขนาดเล็กสามารถเจริญเติบโตในน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่ำๆ ได้ช่วงระยะเวลาหนึ่งเพียงสั้นๆ เท่านั้น แต่หลังจากนั้นจะลดจำนวนลงเนื่องจากการขาดสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและไม่สามารถเจริญเติบโตในน้ำเสียที่มีความเข้มข้นมาก มีสีคล้ำและมีความขุ่นมาก เนื่องจากจะไปกระทบต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายทำให้การเพิ่มของจำนวนเซลล์ลดลง เพราะสาหร่ายจะใช้การสังเคราะห์แสงเพื่อทำให้เซลล์เพิ่มจำนวนมากขึ้น [15]

การเพิ่มขึ้นของสาหร่ายคลอเรลลาที่มาจากการเพาะเลี้ยงแบบ Trad. มีจำนวนเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันในวันที่ 1-13 แล้วเริ่มคงที่ในวันที่ 14-18 และเพิ่มขึ้นในวันที่ 19-20 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสาหร่ายคลอเรลลาที่มาจากการเพาะเลี้ยง Trad. เป็นหัวเชื้อที่ได้จากการเลี้ยงระบบเปิด ควบคุมสภาพแวดล้อมได้ยาก จึงเกิดการปนเปื้อนสูง ทั้งจุลินทรีย์ โปรโตซัว และสาหร่ายชนิดอื่นๆ ซึ่งการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ รวมทั้งพันธุ์หรือหัวเชื้อสาหร่ายคลอเรลลาที่นำมาเพาะเลี้ยงควรเป็นหัวเชื้อที่อยู่ในระยะที่กำลังเจริญเติบโตดี (optimal log phase) และไม่มีสิ่งปนเปื้อนมาก ถ้ามีสิ่งปนเปื้อนมากจะทำให้สาหร่ายคลอเรลลาเจริญเติบโตช้า สิ่งปนเปื้อนอาจจะเจริญไปแย่งพื้นที่ ทั้งนี้สาหร่ายคลอเรลลาเป็นแพลงก์ตอนที่ถูกปนเปื้อนได้ง่าย จึงไม่ค่อยพบการเพิ่มจำนวนสูงมากในแหล่งน้ำธรรมชาติหรือในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ อย่างไรก็ตามถ้ามีมากพอก็สามารถเจริญเติบโตเด่นขึ้นมาได้ [16] สาหร่ายสีเขียวและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สามารถพบได้ในแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย ได้แก่ หิน ดิน ทะเลทราย น้ำพุร้อน น้ำจืด น้ำทะเล และทะเลสาบ ในแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหารมากจะพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบ่อที่สุด [17] ทำการศึกษาปริมาณชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่กวงอุดมธารา จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าแพลงก์ตอนพืชชนิดที่เด่น 2 ชนิด เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน [18] การเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กจากสระอโนดาต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่พบว่า *Chlorella* sp., *Monoraphidium* sp., *Pediastrum* sp., *Nitzschia* sp. และ *Scenedesmus* sp. เป็นสกุลเด่นตลอดการทดลองโดยในสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลองชนิดที่พบมากที่สุด คือ *Chlorella* sp. รองลงมาคือ *Monoraphidium* sp., *Nitzschia* sp., *Pediastrum* sp. และ *Scenedesmus* sp. ตามลำดับ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีความต้องการคาร์บอนสูงกว่าสาหร่ายสีเขียว [19] มีความต้องการฟอสฟอรัสและไนโตรเจนความเข้มข้นสูง จึงอาจเป็นสาเหตุให้ค่า EC ของการเพาะเลี้ยงด้วยหัวเชื้อแบบดั้งเดิมมีค่าน้อยกว่าน้ำจากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาที่มาจากคลอเรลลาบริสุทธิ์ เมื่อนำหัวเชื้อแบบดั้งเดิมมาทำการทดลองในห้องปฏิบัติการทำให้เกิดระบบนิเวศแบบปิด (Closed ecosystem) ทำให้เกิดภาวะการแข่งขันหรือการแก่งแย่ง (Competition) เป็นการอยู่ร่วมกันที่ต้องแข่งขันแก่งแย่งกัน ทำให้สองฝ่ายเสียประโยชน์ไปด้วยกันทั้งคู่ อาจเกิดขึ้นระหว่างสิ่งมีชีวิตเดียวกันหรือต่างชนิดกันอาศัยอยู่ในแหล่งเดียวกัน ต้องการวัตถุดิบชนิดเดียวกัน เช่นการแข่งขันของพืชที่เจริญในบริเวณเดียวกัน โดย

ต้องมีการแย่งที่อยู่ อาหาร ธาตุอาหาร น้ำ แร่ธาตุ แสงสว่าง การแข่งขันระหว่างสิ่งมีชีวิตเช่นนี้จะนำไปสู่สภาพสมดุลของประชากรทั้งสองชนิด หรือทำให้ประชากรของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งเอาชนะเข้าครอบครองพื้นที่แทนที่สิ่งมีชีวิตที่ด้อยกว่า ไม่มีสิ่งมีชีวิตใดจะมีบทบาทหน้าที่เชิงนิเวศวิทยาอย่างเดียวกันได้ หลักการนี้เรียกว่า Gause's principle (Competitive exclusion principle) ซึ่งอธิบายได้ว่า บทบาททางนิเวศวิทยายาบทบาทหนึ่งบทบาทใดไม่อาจครอบครองได้อย่างสมบูรณ์ต่อเนื่องกันโดยประชากรที่ถาวรของสิ่งมีชีวิตมากกว่าหนึ่งชนิด การแก่งแย่งแข่งขันทำให้อินทรีย์เพียงชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้นที่ครอบครองบทบาทอันหนึ่งไว้ได้ การแข่งขันระหว่างพืชต่อพืชไม่เพียงแต่จะเกิดขึ้นเมื่อสภาพแวดล้อมจำกัดเท่านั้น สารเคมีที่พืชปล่อยออกมาสู่สภาพแวดล้อมก็เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบที่เรียกว่า Allelopathy ซึ่งหมายถึงปฏิกิริยาทางชีวเคมีไม่ว่าทางบวกหรือลบที่เกิดขึ้นระหว่างพืชทุกชนิดรวมทั้งที่เกิดขึ้นในจุลินทรีย์ด้วย ผลทั่วไปของการแข่งขัน คือ ในกรณีที่เป็นการแข่งขันภายในของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน (Intraspecific competition) ประชากรจะกระจายออกไป ในขณะที่การแข่งขันระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างชนิด (Interspecific competition) ทำให้ประชากรมาจับกลุ่มร่วมกันจัดการสร้างสถานการณ์ที่เหมาะสมพอควรขึ้นเพื่อการอยู่รอดร่วมกันให้พอเป็นไปได้เท่าที่จะทำได้

จากปัญหาผลผลิตไรแดง ของฟาร์มไรแดง แผนกวิชาประมง วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราช ไม่สม่ำเสมอ เป็นผลสืบเนื่องมาจากไรแดงได้รับอาหารไม่สม่ำเสมอ อาหารที่สำคัญของไรแดงคือสาหร่ายคลอเรลลาที่ผลิตขึ้นโดยใช้หัวเชื้อสาหร่ายคลอเรลลาที่ได้จากบ่อระบบเปิด ซึ่งมีการปนเปื้อนส่งผลให้สาหร่ายคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงมีอัตราการเจริญเติบโตช้าและมีจำนวนน้อยกว่าการเพาะเลี้ยงด้วยสาหร่ายคลอเรลลาที่ใช้หัวเชื้อคลอเรลลาบริสุทธิ์ (Pure *Chlorella*) ในขณะที่ค่า EC คงเหลือน้อยกว่า สรุปได้ว่าปัจจัยที่มีอิทธิพล (Factors Influencing) ต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา สำหรับการพัฒนาระบบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลาของแผนกวิชาประมงวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราชคือแหล่งที่มาของหัวเชื้อสาหร่ายคลอเรลลานั้นเอง

References

- [1] Coronado-Reyes, J. A., et al. (2022). *Chlorella vulgaris*, A Microalgae Important to be Used in Biotechnology: A Review. *Food Science and Technology*, 42, e37320.
- [2] Kutako, M., et al. (2016). *Biomass and Lipid Production of Marine Microalgae under Different Growth Conditions* (Research reports). Chantaburi: Burapha University. (in Thai)
- [3] Duangsawat, S., et al.(1981). *Biological Study and Moina Culture for Use as Food for Larvae* (Research reports). Bangkok: Department of Fisheries. (in Thai)
- [4] Sitasit, V. (2000). *Review and Assessment of Water flea (Moina macrocopa Straus) Researches in Thailand*. (Research reports). Bangkok: Department of Fisheries. (in Thai)
- [5] Sriin, K. & Maksuwan, A. (2022). Tacit Knowledge Mangement in Moina (*Moina macrocopa*) Culture with Chlorella: A Case Study of Nakhon Si Thammarat College of Agriculture and Technology. *Suranaree Journal of Social Science*, 16(2), 1-21. (in Thai)
- [6] Cheunbarn, K. & Cheunbarn, T. (2010). *Cultivation of Economic Algae in Waste Water from Vegetable and Fruit Canning Industry*. (Research reports). Chiang Mai: Chiang Mai University. (in Thai)

- [7] Moina Culture Farm. (2020). *Sales Statistics of Moina*. Nakhon Si Thammarat: Nakhon Si Thammarat College of Agriculture and Technology. (in Thai)
- [8] Chanthaburi Coastal Aquaculture Research and Development Center. (2005). *Counting Plankton with Hemacytometer*. Available from https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20170524133354_file.png. Accessed date: 2 March 2024. (in Thai)
- [9] Gong, Q., et al. (2014). Effects of Light and pH on Cell Density of *Chlorella vulgaris*. *Energy Procedia*, 61, 2012–2015.
- [10] He, L., et al. (2020). Effect of Physical Factors on the Growth of *Chlorella Vulgaris* on Enriched Media Using the Methods of Orthogonal Analysis and Response Surface Methodology. *Water*, 12(1), 34.
- [11] Sharma, R., et al. (2012). Effects of Culture Conditions on Growth and Biochemical Profile of *Chlorella Vulgaris*. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 3(5), 1000131.
- [12] Ong, S-C., et al. (2010). Characterization of the Thermal-Tolerant Mutants of *Chlorella* sp. with High Growth Rate and Application in Outdoor Photobioreactor Cultivation. *Bioresource Technology*, 101(8), 2880-2883.
- [13] Mostafa, S. S. M., et al. (2012). Cultivating Microalgae in Domestic Wastewater for Biodiesel Production. *Notulae Scientia Biologicae*, 4(1), 56-65.
- [14] Petsut, N. & Kulabtong, S. (2016). Applied of Seaweed *Gracilaria* to Improve Water Quality and Farming Techniques: Review. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University*, 3(6), 113–129. (in Thai)
- [15] Luo, L., et al. (2016). Nutrient Removal and Lipid Production by *Coelastrella* sp. in Anaerobically and Aerobically Treated Swine Wastewater. *Bioresource Technology*, 216, 135–141.
- [16] Petmanee, T. (1999). *Manual of Plankton Culture*. Songkhla: Institute of Coastal Aquaculture and Research. (in Thai)
- [17] Mulsin, P. (1997). *Phytoplankton Biovolume and Water Quality in Reservoir of Mae Kuang Dam, Chiang Mai*, (Master thesis, Chaingmai University). (in Thai)
- [18] Leelahakriengkrai, P., et al. (2017). Comparisons of Culture Media on Mixed Microalgae Culture from Anodat Pond, Chiang Mai Rajabhat University. In Pichai, K., et al. (Ed.). *King's Philosophy for Sustainable Development* (p. 223-232). Chiangmai: Chiang Mai Rajabhat University. (in Thai)
- [19] Wongrat, L. (2000). *Manual of plankton culture*. 3th ed. Bangkok. Kasetsart University. (in Thai)