ผลของตัวแปรต่อการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์โดยสาหร่ายขนาดเล็กในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพ

นายชาญชัย อมรรัตนานุเคราะห์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-130-145-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 19861928

EFFECT OF VARIABLES ON CARBON DIOXIDE FIXATION BY MICROALGAE IN BIOREACTOR

Mr. Chanchai Amornrattananukhor

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Chemical Technology
Department of Chemical Technology
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2000
ISBN 974-130-145-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของตัวแปรต่อการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์โดยสาหร่ายขนาดเล็กในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพ
โดย	นายชาญชัย อมรรัตนานุเคราะห์
สาขาวิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ตันตระเธียร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตศานต์)

.... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ตันตระเธียร)

.... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)

.... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์)

ชาญชัย อมรรัตนานุเคราะห์ : ผลของตัวแปรต่อการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์โดยสาหร่ายขนาดเล็กในเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพ.(Effect of variables on carbon dioxide fixation by microalgae in bioreactor)
อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร.สุเมธ ตันตระเธียร,
65 หน้า. ISBN 974-130-145-6.

สาหร่ายขนาดเล็กเป็นทางเลือกทางหนึ่งในการดึงคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ให้กลับมาอยู่ในรูปชีวมวล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการเลี้ยงสาหร่ายคลอเรลลา เพื่อศึกษาผลของปัจจัยความเข้มแสง, อัตราการป้อน CO_2 , ความเข้มข้นของ CO_2 และความเร็วรอบในการกวน ที่มีต่อการเติบโตของสาหร่ายในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร NS III ภายใต้สภาวะอุณหภูมิเฉลี่ย 30.9 องศาเซลเซียส ช่วงมืดและช่วงสว่างเท่ากับ 12 และ 12 ชั่วโมงตามลำดับ ในการทดลองพบว่าแสงเป็นปัจจัยเดียวที่มีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา จากผลการทดลองสามารถพัฒนาสมการเพื่อใช้ในการพยากรณ์สัมประสิทธิ์การเติบโตของสาหร่ายได้ดังนี้ $\mu = 0.00025235\mathrm{I} + 0.5116$ โดย μ คือ สัมประสิทธิ์การเติบโตของสาหร่ายและ I คือความเข้มแสง สภาวะการเลี้ยงที่ให้สัมประสิทธิ์การเติบโตสูงสุดคือที่ความเข้มแสง 3000 ลักซ์, อัตราการป้อน CO_2 12 ลิตร/ชั่วโมง, ความเข้มข้นของ CO_2 10 % และความเร็วรอบในการกวน 100 รอบต่อนาที ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต เท่ากับ 1.16 ต่อวัน สำหรับประเด็นการเปลี่ยนรูป CO_2 ไปอยู่ในรูปชีวมวลพบว่า ที่สภาวะเดียวกันนี้ มีการผลิตชีวมวลสูงสุด โดยปริมาณคาร์บอนในชีวมวลที่ได้เท่ากับ 149.72 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

ภาควิชา เคมีเทคนิค
สาขาวิชา เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิสิต ....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

4072242523: MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: CARBON DIOXIDE / CHLORELLA

CHANCHAI AMORNRATTANANUKHOR : EFFECT OF VARIABLES ON CARBON DIOXIDE FIXATION BY MICROALGAE IN BIOREACTOR. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. PORNPOTE PIUMSOMBOON, Ph.D., THESIS COADVISOR: ASST. PROF. SUMATE TANTRATIAN Ph.D. 65 pp. ISBN 974-130-145-6.

Microalgae is an alternative for removing carbon dioxide from combustion processes back to biomass form. Thus in this research, *Chlorella sp.* was cultured to study the effects of light intensity, carbon dioxide concentration, feed rate of carbon dioxide, and the speed of mixing on the growth in NS III media under 30.9 degree celcius and 12-12 hours of light-dark period. It was found that only light intensity affects the growth efficiency of *Chlorella sp.* From the experimental result, the relasionship for predicting the growth can be described as: $\mu = 0.00025235I + 0.5116$ where μ was the growth coefficient of *Chlorella sp.* and I was the light intensity. The condition providing the maximum growth coefficient was at 3000 lux light intensity, 12 L/hr CO_2 feed, with 10% CO_2 concentration and 100 rpm mixing speed. The growth coefficient was 1.16 per day. For carbon dioxide fixation, it was found that, at the same condition, the maximum biomass was produced. The carbon content was 149.72 μg/ml solution.

Department	Chemical Technology	Student's signature...
Field of study	Chemical Technology	Advisor's signature...
Academic year	2000	Co-Advisor's signature.....................................

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชาการ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ ที่ให้ความเห็นและข้อเสนอแนะตลอดจนแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

ขอขอบพระคุณทุนเมธีวิจัยอาวุโสของ ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ดำรงเลิศ โครงการส่งเสริมกลุ่มวิจัยและพัฒนาด้านวิศวกรรมเคมีและงานด้านประยุกต์ ที่สนับสนุนทุนการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณพี่ ๆ และน้อง ๆ ภาควิชา เคมีเทคนิค และ ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน ที่มาเปิดห้องปฏิบัติการให้ใช้ และให้ยืมเครื่องมือและอุปกรณ์

และสุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาสำหรับกำลังใจและทุนวิจัยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จไปด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ

กิตติกรรมประกาศ .... ฉ

สารบัญ .... ช

สารบัญตาราง .... ฌ

สารบัญภาพ .... ญ

บทที่

1. บทนำ 1

    1.1 บทนำ 1

    1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

    1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2. การสำรวจเอกสาร 4

    2.1 ลักษณะทางชีวภาพของสาหร่าย 4

    2.2 ภาวะการเพราะเลี้ยงสาหร่าย 6

    2.3 องค์ประกอบของอาหาร 9

    2.4 ประโยชน์ของสาหร่ายและการนำไปใช้ 14

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 17

    3.1 สายพันธุ์สาหร่ายที่ใช้ในการทดลอง 17

    3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 17

    3.3 การออกแบบการทดลอง 18

    3.4 ขั้นตอนการทำวิจัย 20

4. ผลและวิจารณ์การทดลอง 23
4.1หาความหนาแน่นเซลล์เริ่มต้นเพื่อกำหนดจุดเริ่มให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ใน ถังปฏิกรณ์ 15 ลิตร 23
4.2 การเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา เมื่อยังไม่มีการให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 24
4.3 การเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา เมื่อมีการให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 29
4.4 การเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนและไนโตรเจนในเซลล์ของสาหร่ายคลอเรลลา เมื่อมีการให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 44
4.5 การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ของสาหร่ายคลอเรลลา 45

5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ 49

รายการอ้างอิง 50
ภาคผนวก 52
ก.อาหารเลี้ยงสาหร่ายสูตร NS III (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) ที่ได้ทำการปรับปรุง 53
ข.วิธีวิเคราะห์ค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระและวิธีวิเคราะห์ค่าสภาพด่างทั้งหมด 54
ค.ค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระที่ได้จากการคำนวณ 55
ง.ค่าสภาพด่างทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณแล้ว 56
จ.อุณหภูมิขณะที่ วิเคราะห์ค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระและวิเคราะห์ค่าสภาพด่างทั้งหมด 57
ฉ.ค่า pH ที่ขณะวิเคราะห์ค่าคาร์บอนไดออกไซด์อิสระและวิเคราะห์ค่าสภาพด่างทั้งหมด 58
ช.กราฟ Calibration เครื่อง Fluorometer 59
ซ.ผลการทดลองซ้ำ R1 60
ฌ.ผลการทดลองซ้ำ R4 61
ญ.ผลการทดลองซ้ำ R6 62
ฎ.ผลการทดลองซ้ำ R8 63

ประวัติผู้เขียน 65

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1.1 องค์ประกอบของสาหร่ายคลอเรลลา และความสามารถในการย่อย....................................2
2.1 ธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้เรียงจากมากไปน้อย..9
3.1 แบบการทดลองที่ได้จากการออกแบบการทดลองแบบ 2^k Factorial Design 19
3.2 แผนการทดลองที่ได้จากการออกแบบการทดลองแบบ Two-Level Fractional Factorial....20
4.1 การทดสอบผลของแสงและอัตราการกวนต่อการเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา 24
4.2 สัมประสิทธิ์การเติบโตของสาหร่ายที่ภาวะต่าง ๆ 27
4.3 ข้อมูลวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเชิงเส้นของสัมประสิทธิ์การเติบโตโดยการเปลี่ยน
แปลงของความเข้มแสงและความเร็วรอบในการกวน..27
4.4 เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การเติบโตของสาหร่ายที่ได้จากการทดลองกับการคำนวณ 29
4.5 แผนการทดลองที่ได้จากการออกแบบการทดลองแบบ Two-Level Fractional Factorial....30
4.6 สัมประสิทธิ์การเติบโตของสาหร่ายที่ภาวะต่าง ๆ 40
4.7 ข้อมูลวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเชิงเส้นของสัมประสิทธิ์การเติบโตโดยการเปลี่ยน
แปลงของความเข้มแสง, อัตราการป้อน CO_2, ความเข้มข้นของ CO_2 และความเร็วรอบใน
การกวน..41
4.8 ปริมาณคาร์บอนในเครื่องปฏิกรณ์ที่เวลาต่าง ๆ 46
4.9 ข้อมูลวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเชิงเส้นของปริมาณคาร์บอนในเซลล์สาหร่ายโดยการ
เปลี่ยนแปลงของความเข้มแสง, อัตราการป้อน CO_2, ความเข้มข้นของ CO_2
และความเร็วรอบในการกวน..46

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

1.1 ระดับของคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2293 - 2531 1

2.1 รูปร่างและลักษณะของคลอเรลลา...4

2.2 การสืบพันธุ์โดยการสร้างออโตสปอร์ของสาหร่ายคลอเรลลา 5

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..17

4.1 ความหนาแน่นของเซลล์สาหร่ายเมื่อยังไม่ให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์..............................23

4.2 จำนวนสาหร่ายคลอเรลลาเลี้ยงที่ภาวะความเข้มแสง 1000 ลักซ์ ความเร็วรอบการกวน 100 รอบต่อนาที...24

4.3 จำนวนสาหร่ายคลอเรลลาที่ภาวะความเข้มแสง 1000 ลักซ์ ความเร็วรอบการกวน 200 รอบต่อนาที...25

4.4 จำนวนสาหร่ายคลอเรลลาที่ภาวะความเข้มแสง 3000 ลักซ์ ความเร็วรอบการกวน 100 รอบต่อนาที 25

4.5 จำนวนสาหร่ายคลอเรลลาที่ภาวะความเข้มแสง 3000 ลักซ์ ความเร็วรอบการกวน 200 รอบต่อนาที 26

4.6 การเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา ที่ภาวะ ความเข้มแสง 1000 ลักซ์ ความเข้มข้น CO_2 10 % อัตราการป้อน CO_2 6 L/hr และความเร็วรอบในการกวน 100 รอบต่อนาที.............31

4.7 การเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา ที่ภาวะ ความเข้มแสง 1000 ลักซ์ ความเข้มข้น CO_2 10 % อัตราการป้อน CO_2 12 L/hr และความเร็วรอบในการกวน 200 รอบต่อนาที...........32

4.8 การเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา ที่ภาวะ ความเข้มแสง 1000 ลักซ์ ความเข้มข้น CO_2 20 % อัตราการป้อน CO_2 6 L/hr และความเร็วรอบในการกวน 200 รอบต่อนาที.............33

4.9 การเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา ที่ภาวะ ความเข้มแสง 1000 ลักซ์ ความเข้มข้น CO_2 20 % อัตราการป้อน CO_2 12 L/hr และความเร็วรอบในการกวน 100 รอบต่อนาที...........34

4.10 การเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา ที่ภาวะ ความเข้มแสง 3000 ลักซ์ ความเข้มข้น CO_2 10 % อัตราการป้อน CO_2 6 L/hr และความเร็วรอบในการกวน 200 รอบต่อนาที.............35

4.11 การเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา ที่ภาวะ ความเข้มแสง 3000 ลักซ์ ความเข้มข้น CO_2 10 % อัตราการป้อน CO_2 12 L/hr และความเร็วรอบในการกวน 100 รอบต่อนาที...........36

4.12 การเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา ที่ภาวะ ความเข้มแสง 3000 ลักซ์ ความเข้มข้น CO_2 20 % อัตราการป้อน CO_2 6 L/hr และความเร็วรอบในการกวน 100 รอบต่อนาที.............37

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

4.13 การเติบโตของสาหร่ายคลอเรลลา ที่ภาวะ ความเข้มแสง 3000 ลักซ์ ความเข้มข้น CO_2 20 % อัตราการป้อน CO_2 12 L/hr และความเร็วรอบในการกวน 200 รอบต่อนาที...........38
4.14 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนต่อเซลล์ ในเซลล์สาหร่าย 44
4.15 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนต่อเซลล์ ในเซลล์สาหร่าย 44
4.16 ปริมาณคาร์บอนในเซลล์ที่ได้จากการวิเคราะห์ CHN Analyser โดยศูนย์เครื่องมือ.........45