# รายงานฉบับสมบูรณ์
## โครงการวิจัยเรื่อง

# การถ่ายทอดการเพาะเลี้ยงและผลิตสาหร่ายสไปรูลินา เพื่อเป็นอาหารเสริมของคนและสัตว์เศรษฐกิจสู่ชุมชน

โดย


ยุวดี พีรพรพิศาล

ปานมุก วัชรปิยะโสภณ

โฉมยง ไชยอุบล

สุดาพร ตงศิริ

อัญชลี เชื่อนเพชร



สนับสนุนโดย

ทุนอุดหนุนโครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน

งบประมาณเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประจำปี พ.ศ. 2545



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

# คำนำ

ในปัจจุบันสาหร่ายสไปรูลินา จัดเป็นอาหารเสริมที่กำลังเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายทั่วประเทศ เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการในหลายด้านค่อนข้างสูง โดยเฉพาะปริมาณโปรตีน และรงควัตถุบางชนิดที่สามารถใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ แต่ขณะเดียวกันราคาจำหน่ายก็ยังค่อนข้างสูงอยู่ เนื่องจากต้นทุนการผลิตต้องใช้สารเคมีหลายชนิด ห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ดำเนินการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสาหร่ายชนิดนี้มานาน แต่เป็นการศึกษาเฉพาะในห้องปฏิบัติการ ต่อมาในปี พ.ศ. 2545 ได้รับทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการสร้างบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดนำร่อง โดยมีความจุบ่อละ 2,000 ลิตร จำนวน 3 บ่อ พร้อมด้วยระบบส่งน้ำ น้ำทิ้ง และการกรอง ซึ่งนับเป็นบ่อเพาะเลี้ยงเพื่อการสาธิตที่สมบูรณ์แบบมากที่สุดแห่งหนึ่ง จึงได้ดำเนินการขอทุนวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์มาเพื่อพัฒนาการเพาะเลี้ยงทั้งในห้องปฏิบัติการ และ บ่อเพาะเลี้ยงขนาดนำร่อง โดยการใช้สารเคมีบางชนิด น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท และ เมล็ดธัญพืช จนกระทั่งได้ผลการวิจัยที่สามารถนำไปใช้ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาสู่ชุมชนโดยวิธีการเพาะเลี้ยงแบบง่ายและต้นทุนต่ำให้แก่ชุมชนถึง 2 ครั้งด้วยกัน ซึ่งประสบความสำเร็จเป็นอย่างดีและได้รายงานผลการวิจัยทั้งหมด รวมทั้งรายละเอียดของการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาสู่ชุมชนทั้ง 2 ครั้ง ลงในรายงานฉบับนี้ ผู้วิจัยคาดหวังว่า รายงานวิจัยฉบับนี้คงจะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจตามสมควร และท้ายสุดนี้ ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประจำปี พ.ศ. 2545

คณะผู้วิจัย

ตุลาคม 2546

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | 1 |
| บทนำ | 2 |
| ๑ วัตถุประสงค์ | 3 |
| ๒ ทบทวนเอกสาร | 4 |
| ๓ อุปกรณ์และวิธีการ | 6 |
| ๔ ผลการทดลอง | 10 |
| ๕ สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง | 28 |
| เอกสารอ้างอิง | 29 |
| ภาคผนวก ก | 30 |
| ภาคผนวก ข | 33 |
| ภาคผนวก ค | 38 |



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

## บทคัดย่อ

จากการศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาด้วยสารเคมีอย่างง่าย 4 ชนิด ร่วมกับการใช้แหล่งอาหารอื่น ๆ เช่น ถั่วเหลือง น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพ และ มูลสัตว์ในการเพาะเลี้ยง พบว่า การเพาะเลี้ยงด้วยสารเคมีอย่างง่าย 4 ชนิด ให้ผลผลิตของสาหร่ายสูงที่สุด และให้คุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างดี เมื่อคิดเทียบต้นทุนการผลิตสาหร่ายในสูตรอาหารทั้ง 4 สูตร พบว่า การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาด้วยสารเคมีอย่างง่าย 4 ชนิดมีต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุด คือ 1 กรัมน้ำหนักแห้งของสาหร่ายมีต้นทุนเพียง 66 สตางค์เท่านั้น จากผลการศึกษาดังกล่าว จึงได้นำสูตรอาหารที่เพาะเลี้ยงด้วยสารเคมีอย่างง่าย 4 ชนิดนี้ไปถ่ายทอดสู่ชุมชน โดยได้ทำการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับชุมชน และประชาชนที่สนใจ ในวันที่ 20-21 เมษายน 2546 มีผู้สนใจเข้าร่วมการอบรมถึง 57 คน และยังมีผู้สนใจเพิ่มเติมอีก จึงได้จัดการอบรมขึ้นอีกครั้ง ในวันที่ 30-31 สิงหาคม 2546 ในครั้งนี้มีผู้สนใจเข้าร่วมจำนวน 50 คน ซึ่งถือว่าเป็นความสำเร็จอย่างยิ่งของโครงการวิจัยในครั้งนี้



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# บทที่ 1
# บทนำและวัตถุประสงค์

สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน มีลักษณะเป็นเส้นบิดเป็นเกลียว ความยาว 300-500 ไมโครเมตร ความกว้าง 8 ไมโครเมตร เป็นจุลินทรีย์โปรตีนชนิดหนึ่งซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูงในบรรดาอาหารธรรมชาติทั้งหมดคือ มีประมาณ 60-70% น้ำหนักแห้ง (Vonshak, 2000) จึงมีผลให้ผู้บริโภคเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีรงควัตถุที่มีคุณค่าหลายชนิดโดยเฉพาะเบต้าแคโรทีน ซึ่งทำให้ผลผลิต เช่น เนื้อสัตว์ หรือไข่แดงมีสีแดงเข้ม หรือสีของปลาสวยงาม มีสีส้มแดงสดใสขึ้น ทั้งยังมีรงควัตถุไฟโคไซยานินซึ่งสามารถสกัดมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และใช้เป็นสารติดตามในงานวิเคราะห์ทางด้านภูมิคุ้มกันทางด้านเนื้อเยื่อและจุลทรรศน์วิทยา ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีการสกัดใช้ในประเทศไทย ส่วนใหญ่ยังต้องนำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา สาหร่ายชนิดนี้ยังมีคุณค่าทางโภชนาการด้านอื่น ๆ เช่น มีโปรวิตามินเอ และวิตามินอี อยู่ในระดับที่สูง มีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายคือ กรดแกมมาลิโนลินิค ซึ่งช่วยบำบัดโรคต่าง ๆ ได้หลายโรค โดยเฉพาะโรคหัวใจและโรคประสาทบางชนิด มีรายงานที่เชื่อถือได้หลายฉบับที่กล่าวว่าสาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงป้องกันการเกิดมะเร็งได้ดี มีสารเพิ่มภูมิคุ้มกันสำหรับคนเป็นโรคเอดส์ นอกจากนี้ยังช่วยลดน้ำตาลในเลือดสำหรับคนเป็นเบาหวาน และมีแนวโน้มในการรักษาโรคเก๊าท์ได้เนื่องจากมีผลทำให้ผู้บริโภคมีกรดยูริคในกระแสเลือดลดลง

ในปัจจุบันมีผู้บริโภคสาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นอาหารเสริมมากพอสมควร แต่เนื่องจากราคาของสาหร่ายในระดับที่เป็นอาหารเสริมยังสูงอยู่มาก อันอาจจะเนื่องมาจากต้นทุนในการผลิตสูง ส่วนการใช้เป็นอาหารสัตว์โดยผสมลงในอาหารสัตว์ปกติ ก็มีแนวโน้มสูงมากขึ้นและจากการสำรวจตลาดของสาหร่ายสไปรูลิน่าพบว่ามีความต้องการอยู่ในระดับที่สูงมาก สมควรส่งเสริมให้มีการผลิตออกจำหน่ายให้มากขึ้น ในขณะเดียวกันก็ควรพยายามลดต้นทุนการผลิตโดยการพัฒนาปรับปรุงสูตรสารเคมีที่มีราคาต่ำ ทดแทน ลดจำนวนของสารเคมีที่ใช้รวมถึงพยายามนำน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทที่ยังมีคุณค่าอยู่ การใช้วัสดุธรรมชาติที่เหลือใช้รวมทั้งมูลสัตว์บางชนิดซึ่งยังมีคุณค่าทางอาหาร สามารถใช้ทดแทนสารเคมีราคาแพง ๆ โดยการปรับปรุงและพัฒนาสูตรอาหารเหล่านี้อย่างพอเหมาะ ก็จะสามารถผลิตสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการสูงดังเดิม

โครงการนี้ได้ตั้งปรัชญาไว้ว่าจะส่งเสริมการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าด้วยต้นทุนที่ไม่แพง แต่ได้คุณค่าสูงและถ่ายทอดเทคโนโลยีทางด้านการเก็บเกี่ยว การแปรรูป การบรรจุผลิตภัณฑ์และการจัดจำหน่ายอย่างครบวงจร ด้วยประสบการณ์ของคณะทำงานที่ทำงานเกี่ยวกับสาหร่ายชนิดนี้มาเป็นระยะเวลาหลายปีและได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวสู่ชุมชนเป็นระยะ ๆ ตลอดมา เราจึงคาดหวังว่าปรัชญาของเราจะเป็นจริงได้ จะสามารถช่วยให้ผู้สนใจมีรายได้จากการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประกอบการนี้ปีละไม่ต่ำกว่า 50,000 บาท ถ้าสาหร่ายมีคุณภาพดีสามารถเป็นอาหารเสริมของคนได้ หรือปีละไม่ต่ำกว่า 70,000 บาท ถ้าสาหร่ายมีคุณภาพรองลงไปและใช้เป็นอาหารของสัตว์โดย คำนวณจากบ่อเพาะเลี้ยงขนาดความกว้าง 1.60 เมตร ความยาว 3 เมตร สูง 0.60 เมตร และมีความจุของการเพาะเลี้ยงประมาณ 2,500 ลิตร เพียง 1 บ่อ และที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ น่าจะมีผู้บริโภคสาหร่ายชนิดนี้มากขึ้น อันเนื่องมาจากรู้คุณค่าของสาหร่ายชนิดนี้มากขึ้นและราคาจำหน่ายต่ำลงอันจะมีผลให้มีสุขภาพดีและแข็งแรงขึ้น

**วัตถุประสงค์ของโครงการ**

1. เพื่อสำรวจชุมชนที่มีความต้องการจะเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นอาชีพที่แท้จริงหรืออาชีพเสริม ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการเพาะเลี้ยงและผลิตสาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่อเป็นอาหารสัตว์และอาหารเสริมของคนและอาหารสัตว์เศรษฐกิจในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อม ในชุมชนที่มีความต้องการทั้งทางด้านมูลค่าของการลงทุน ผลกำไรที่ได้รับ ตลาดที่สามารถจัดจำหน่ายได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อประกอบการตัดสินใจของผู้สนใจ
3. เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ เทคโนโลยีที่ได้รับจากการศึกษาการเพาะเลี้ยงและผลิตสาหร่ายจากผลสัมฤทธิ์ในข้อ 5.2 ต่อชุมชนในพื้นที่ที่กำหนด เพื่อให้ชุมชนสามารถเพาะเลี้ยงและผลิตสาหร่ายจำหน่ายเป็นรายได้สู่ชุมชนต่อไป

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. เป็นการนำองค์ความรู้ที่ได้จากสถานศึกษา และจากงานวิจัยลงสู่ถึงชุมชนอย่างแท้จริง
2. เกิดการสร้างงานให้กับชุมชนโดยชุมชนสามารถดำเนินงานถึงระดับการสร้างบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า ทำการเพาะเลี้ยงและนำผลิตออกจำหน่ายได้อย่างเป็นรูปธรรม
3. ลดปัญหาการว่างงาน ชุมชนมีความรู้และมีรายได้ สามารถพึ่งตนเองได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# บทที่ 2
# ทบทวนเอกสาร

ในปัจจุบันการนำสาหร่ายสไปรูลินามาใช้ประโยชน์ขยายตัวกว้างขวางขึ้น ทั้งในด้านเป็นอาหารเสริมสุขภาพของมนุษย์และอาหารสัตว์ เนื่องด้วยสาหร่ายสไปรูลินามีปริมาณโปรตีนสูงเมื่อเทียบกับแหล่งอื่น เช่น โปรตีนจากถั่วเหลือง นม และธัญพืช โดยสาหร่ายสไปรูลินามีปริมาณโปรตีน 60-70% ในขณะที่ถั่วเหลืองมี 35 % ถั่วทั่วไปมี 25 % ธัญพืชมี 8 – 14 % (Vonshak, 1992) และองค์ประกอบในตัวเซลล์สาหร่าย พบว่า เป็นสารที่มีประโยชน์ และมีศักยภาพในการนำมาผลิตสารเคมีสำคัญในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ เช่น รงควัตถุในกลุ่มไปโคไซยานิน (phycocyanin) และแคโรทีนอยด์ หรือสารโพลีแซคคาไรด์ ที่สำคัญร่างกายสามารถย่อยผนังเซลล์สาหร่ายสไปรูลินาได้ ซึ่งแตกต่างจากสาหร่ายชนิดอื่น ๆ ทำให้ร่างกายได้รับคุณค่าจากสาหร่ายอย่างแท้จริง จึงกล่าวได้ว่าสาหร่ายสไปรูลินาเป็นทรัพยากรสำคัญที่มีศักยภาพสูงที่จะใช้เป็นอาหารเสริมในคน และสัตว์ รวมทั้งอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และ เภสัชกรรม

**องค์ประกอบที่สำคัญในสาหร่ายสไปรูลินา มีองค์ประกอบหลัก คือ**

**โปรตีน**

โปรตีนภายในเซลล์สาหร่ายอยู่ในรูปของไฟโคบิลิโปรตีน และกรดอะมิโน( Becker, 1994 ) ซึ่ง ไฟโคบิลิโปรตีน เป็นรงควัตถุที่สำคัญ ประกอบด้วย ไฟโคไซยานิน อัลโลไปโคไซยานิน และไฟโคอิริทริน ซึ่งมีประโยชน์และความสำคัญต่ออุตสาหกรรมหลายประเภท ส่วนกรดอะโนที่พบในสาหร่ายสไป-รูลินามีทั้งชนิดที่จำเป็นและไม่จำเป็น ซึ่งร่างกายสามารถสร้างเองได้

**คาร์โบไฮเดรต**

คาร์โบไฮเดรตที่พบในสาหร่ายร้อยละ 13 เป็นโพลีแซคคาร์ไรด์ ซึ่งพบในรูปของ กรดโพลีไฮดรอกซีบิวทีริก (polyhydroxybutyric acid: PHB)( Tanticharoen and Ruengjitchatchawalya, 2001)

**ลิปิด**

สาหร่ายสไปรูลินาพบปริมาณลิปิด 6-13 % ซึ่งครึ่งหนึ่งเป็นกรดไขมัน ( Cohen, 1997 )โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากคือ linolenic acid มีประมาณ 35 %ของลิปิดทั้งหมด ( Venkataraman,1983)

**รงควัตถุ**

สาหร่ายสไปรูลินาเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีรงควัตถุสำคัญที่พบ คือ คลอโรฟิลล์ เอ แคโรทีนอยด์ และ ไฟโคบิลิโปรตีนที่ประกอบด้วย ไฟโคไซยานิน อัลโลไฟโคไซยานิน และ ไฟโคอิริทริน ซึ่งรงควัตถุเหล่านี้มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นสารสีธรรมชาติในกระบวนการผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหาร เครื่องดื่ม และเครื่องสำอางได้เป็นอย่างดี (จิราพร,2538) ความสามารถในการสร้างรงควัตถุขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมในการเจริญ ทั้งความเข้มแสง ชนิด และสารอาหารรวมทั้งอุณหภูมิ

**การเพาะเลี้ยง**

ปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา มีหลายประการด้วยกัน คือ

**แสง**

ความเข้มของแสงมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญอยู่ในช่วง 30-35 klux (Venkataraman, 1983) สำหรับการเพาะเลี้ยงในระดับอุตสาหกรรมที่อาศัยแสงจากธรรมชาติโดยตรง ความเข้มแสงในแต่ละฤดูมีความผันแปรค่อนข้างสูง ซึ่งในประเทศไทยพบปัญหาดังกล่าวน้อยมาก ( ยุวดี, 2546)

**อุณหภูมิ**

สาหร่ายสไปรูลินาพบว่า เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 30 -35 °C ( Nakamura,1980) แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 44 °C จะทำให้สาหร่ายเริ่มตาย ซึ่งถ้าในฤดูร้อนแสงจากธรรมชาติจะถือว่าเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

**ระดับความเป็นกรด-ด่าง**

สาหร่ายสไปรูลินาเจริญได้ดีที่สภาวะมีความเป็นกรด-ด่างสูง ( Vonshak, 2000) จัดเป็นสาหร่ายในกลุ่ม "obligate alkaliphile" ระดับความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อการเพาะเลี้ยง ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแร่ธาตุในอาหาร โดยความเป็นกรด-ด่างที่สาหร่ายเจริญได้ดีอยู่ในช่วง 9-11

**สารอาหาร**

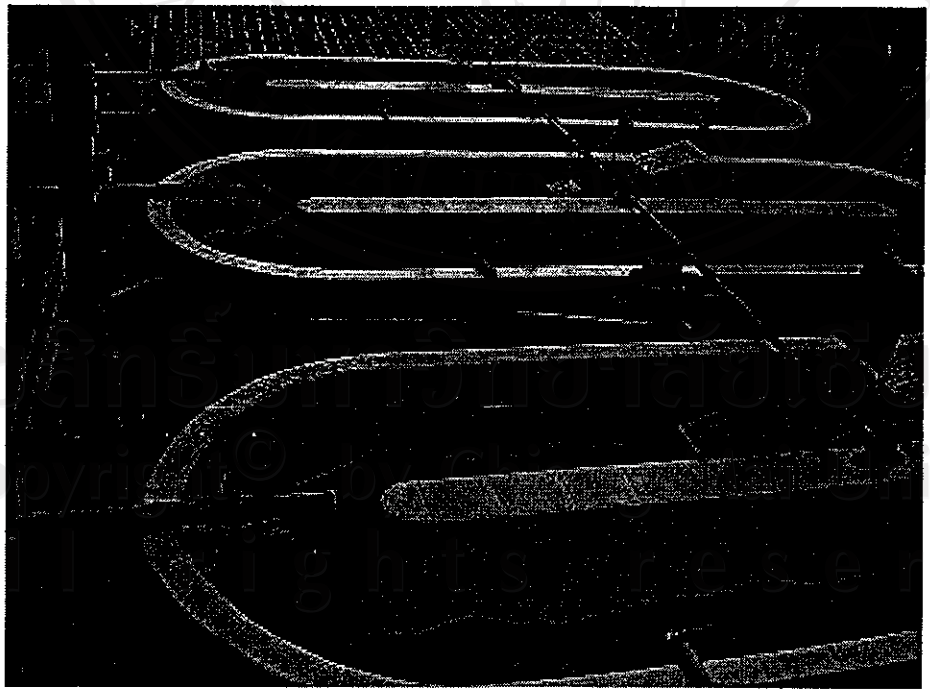
สารอาหารหลักที่สาหร่ายต้องการ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน และฟอสฟอรัส รวมทั้ง แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ และโปตัสเซียม ในปริมาณที่พอเหมาะเพื่อใช้ในการเจริญและสร้างองค์ประกอบสำคัญในโครงสร้างของเซลล์ ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินามีการเพาะเลี้ยงโดยใช้สูตรอาหารที่มีสารประกอบต่าง ๆ มากมาย ทั้งสารอาหารหลัก และสารอาหารรอง ดังเช่น ในสูตร Zarrouk's medium ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่มีปริมาณสารอาหารเหมาะสมและครบถ้วย แต่สารอาหารดังกล่างมีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสูงไปด้วย แต่จากการศึกษาของ ยุวดี(2546) ได้มีการปรับปรุงสูตรอาหารโดยให้มีองค์ประกอบหลัก คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส และเพาะเลี้ยงในอัตราส่วนที่เหมาะสม พบว่า สาหร่ายสไปรูลินา เจริญเติบโตได้ค่อนข้างดี และมีปริมาณโปรตีนที่ใกล้เคียงกับการเลี้ยงด้วย Zarrouk's medium จากความสำเร็จดังกล่าว ทางห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์ จึงได้จัดการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่ให้ผู้ที่สนใจในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาได้สามารถเพาะเลี้ยงเพื่อใช้รับประทานเองในครอบครัวได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# บทที่ 3
# อุปกรณ์และวิธีการ

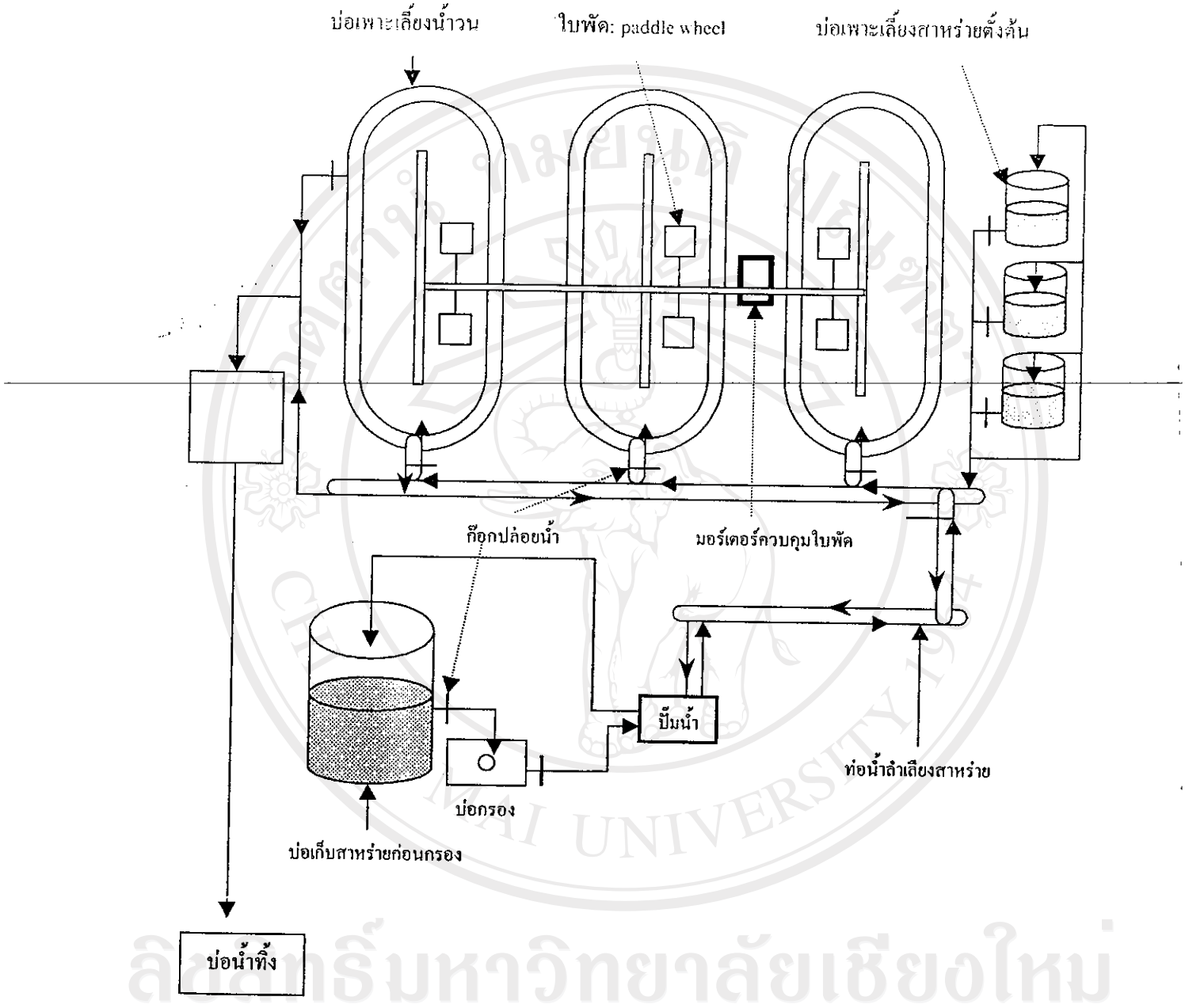
## อุปกรณ์ในการวิจัย

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงและศึกษาผล
   1.1 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง
   1.2 กระดาษกรอง GF/C
   1.3 compound microscope
   1.4 ตู้อบ
   1.5 ไมโครปิเปต
   1.6 อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ
   1.7 หลอด centrifuge
   1.8 เครื่องกรองแบบสุญญากาศ
   1.9 เครื่องเหวี่ยงความเร็วสูง
   1.10 เครื่องแช่เยือกแข็ง
   1.11 ตู้ดูดความชื้น หรือ โถดูดความชื้น
2. บ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายแบบน้ำวน ( raceway ponds) ( ภาพ 1, 2 และ 3)



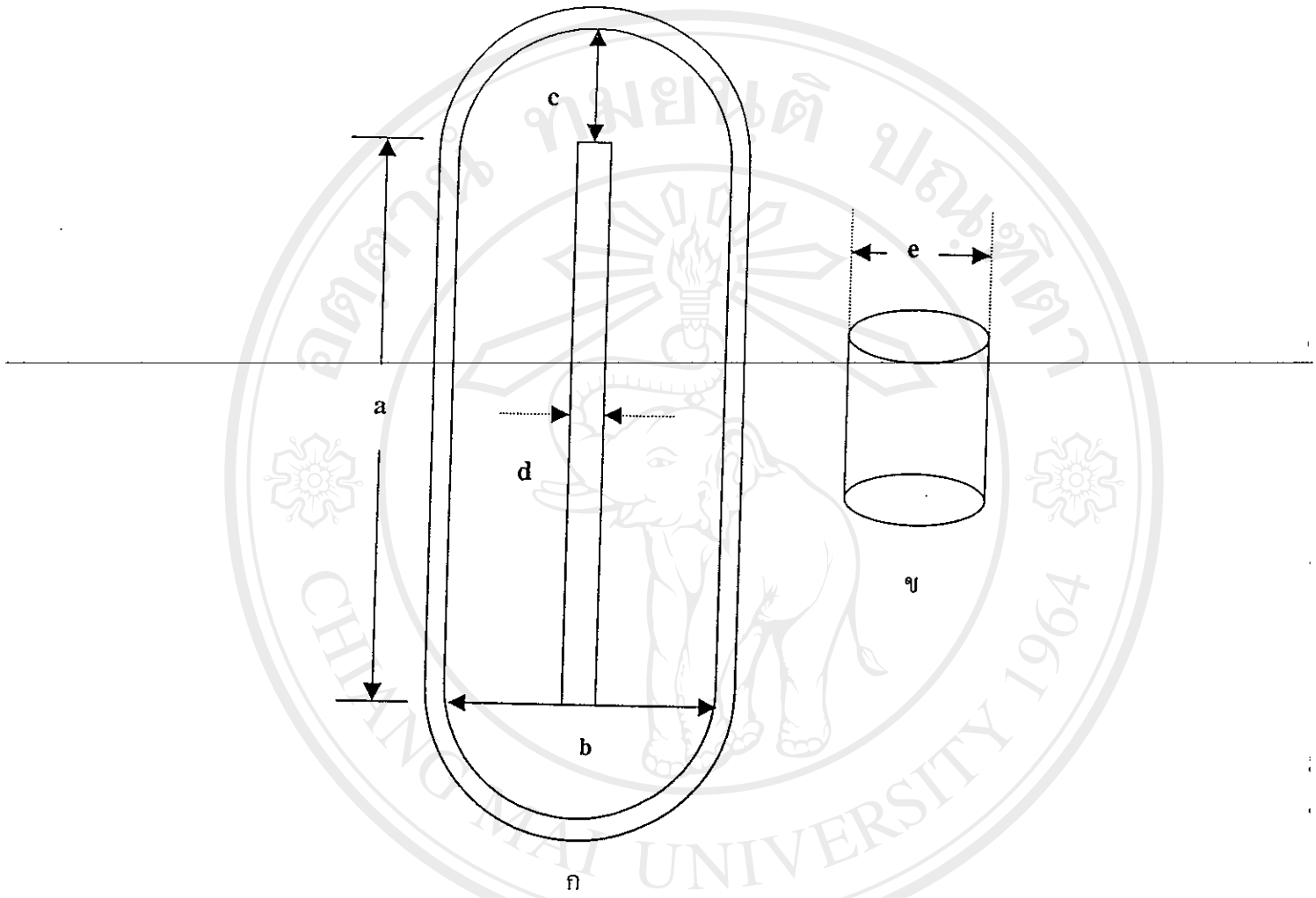
ภาพที่ 1 รูปถ่ายบ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




ภาพ2 ส่วนประกอบของบ่อเพาะเลี้ยงน้ำวน (raceway ponds) สำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาในระดับนำร่อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ3 แสดงขนาดความกว้างยาวของบ่อเพาะเลี้ยงน้ำวนสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่ายในระดับนำร่อง
ก บ่อเพาะเลี้ยงน้ำวนมีขนาด a = 2.6 m, b =1.4m, c = 0.6 m และ d = 0.2 m
ข บ่อทรงกระบอกสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่ายตั้งต้น e = 0.8 m

**วิธีดำเนินการวิจัย**

1. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในบ่อเพาะเลี้ยง

   1.1 เพาะเลี้ยงสาหร่ายในบ่อเพาะเลี้ยง ที่ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้ผลการวิจัยระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้ทำมาจนประสบผลสำเร็จแล้ว โดยเลือกสูตรสารอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง 3 แบบ

   แบบที่ 1 ใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรผสมสารเคมีบางชนิด

   แบบที่ 2 ใช้ถั่วเหลืองผสมสารเคมีบางชนิด

   แบบที่ 3 ใช้มูลสัตว์หมักผสมสารเคมีบางชนิด

   1.2 ทำการเพาะเลี้ยงโดยใช้สูตรอาหารแต่ละแบบเพาะเลี้ยงอย่างเต็มรูปแบบทั้ง 3 บ่อ (บ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายของภาควิชาชีววิทยา มีทั้งหมด 3 บ่อ) โดยเพาะเลี้ยงจำนวน 2 crops crop ละ ประมาณ 1 เดือน เก็บเกี่ยวผลผลิต อบแห้ง บรรจุแคปซูลหรืออัดเม็ด บรรจุภัณฑ์ คำนวณมูลค่าลงทุนและผลกำไรที่ได้รับ

   1.3 ตรวจวัดการเจริญของสาหร่าย โดย การนับจำนวนเซลล์ แบบ whole count หาน้ำหนักแห้ง โดยวิธี ของ Vonshak (2000) และ หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

2. ส่งตัวอย่างสาหร่ายที่เลี้ยงได้เพื่อตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ

   2.1 **ส่วนประกอบหลัก** ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า ความชื้น เส้นใยอาหาร พลังงาน

   2.2 **วิตามิน** ได้แก่ โปรวิตามิน เอ (เบต้า-แคโรทีน) วิตามินบี 1 บี 2 บี 6 ไนอาซีน และวิตามินซี

   2.3 **โลหะหนัก** เหล็ก ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม

3. วิเคราะห์รงควัตถุคลอโรฟิลล์ ไฟโคไซยานิน แคโรทีนอยด์

4. สำรวจชุมชนที่มีความสนใจอย่างแท้จริงในเขต จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ที่จะเพาะเลี้ยงและผลิตสาหร่ายชนิดนี้เป็นอาชีพหลักหรืออาชีพเสริม

5. สรุปผลจากโครงการทั้งหมดและดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงและผลิตสาหร่ายชนิดนี้สู่ชุมชนอย่างเป็นรูปธรรมต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

## 1. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย

ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่าย*Spirulina platensis* CMU2 ( ภาพที่ 4) เป็นสาหร่ายตั้งต้นในบ่อเพาะเลี้ยงแบบกลม ปริมาตร 200 ลิตร ที่โรงเพาะเลี้ยง ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้สูตรอาหารอย่างง่ายที่มีสารเคมี 4 ชนิดในการเพาะเลี้ยงเชื้อตั้งต้น เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 20 วัน วัดค่าการดูดกลืนแสงได้เท่ากับ 1 จากนั้นนำสาหร่ายตั้งต้น 5% มาเพาะเลี้ยงในบ่อน้ำวนปริมาตร 1,080 ลิตร โดยมีการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน 3 แบบ คือ

แบบที่ 1 ใช้น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสุกรผสมสารเคมีบางชนิด

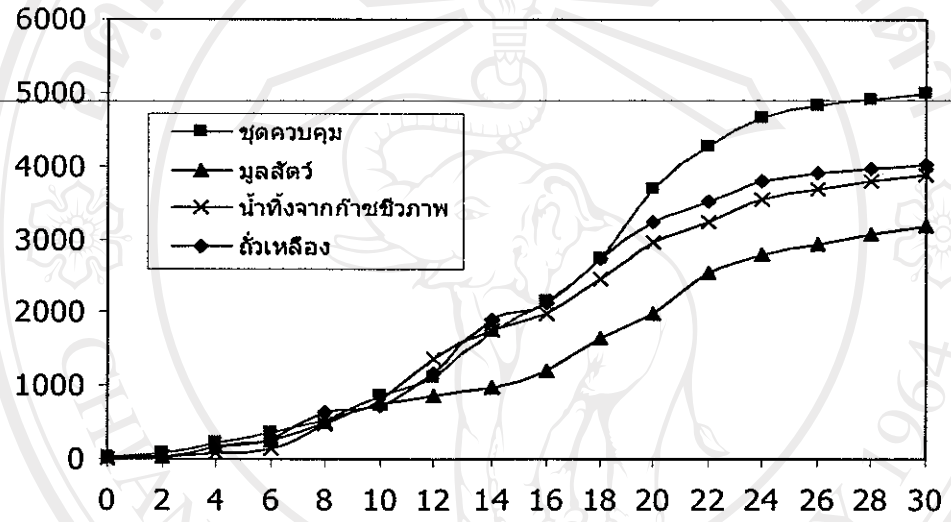
แบบที่ 2 ใช้ถั่วเหลืองผสมสารเคมีบางชนิด

แบบที่ 3 ใช้มูลสัตว์หมักผสมสารเคมีบางชนิด

ภาพที่ 4 สาหร่าย *Spirulina platensis* CMU2 ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพาะเลี้ยงจำนวน 2 crops ใช้เวลา crop ละ ประมาณ 1 เดือน ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อหาน้ำหนักแห้งทุก 2 วัน โดยวิธีการของ Vonshak , 1997 ผลการทดลอง พบว่าอัตราการเจริญของสาหร่าย *Spirulina platensis* CMU2ที่เพาะเลี้ยงในแต่ละบ่อมีความแตกต่างกัน พบว่าชุดควบคุมมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ถัดมาเป็น การเพาะเลี้ยงในถั่วเหลือง น้ำทิ้งจากก๊าซชีวภาพ และ มูลสัตว์มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด (กราฟที่ 1) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันทั้งในการเพาะเลี้ยง crop ที่ 1 และ crop ที่ 2 ซึ่งแสดงว่า สาหร่ายสไปรูลินา สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่มีแหล่งโปรตีนคือ ถั่วเหลืองเป็นอาหาร




กราฟที่ 1 การเจริญของสาหร่าย *Spirulina platensis* CMU2 ที่สภาวะการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน

เมื่อเพาะเลี้ยงครบ 1 เดือน ทำการเก็บเกี่ยวสาหร่ายทั้ง 3 บ่อ อบหาน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 5) ของสาหร่ายทั้ง 3 บ่อเมื่อคิดเทียบปริมาตรเท่ากันที่ 1,080 ลิตร จากผลการทดลองพบว่า สาหร่ายบ่อที่ 1 (น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพผสมสารเคมีบางชนิด) ได้น้ำหนักแห้ง 401.5 กรัม บ่อที่ 2 (ถั่วเหลืองผสมสารเคมีบางชนิด) ได้ น้ำหนักแห้ง 429 กรัม และในบ่อสุดท้าย (มูลสัตว์หมักผสมสารเคมีบางชนิด) ได้น้ำหนักแห้ง 323.5 กรัม ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการเพาะเลี้ยงโดยการใช้ถั่วเหลืองผสมสารเคมีบางชนิดให้ผลผลิตได้ดีที่สุด (ตารางที่ 1 )

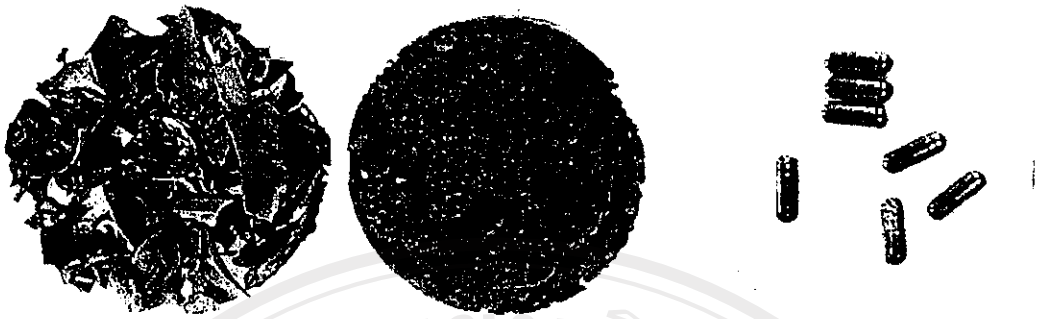
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในสภาวะแตกต่างกัน

| สูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง | น้ำหนักแห้ง (กรัม) ต่อ 1080 ลิตร | | | จำนวนแคปซูล |
|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | เฉลี่ย | |
| 1. ชุดควบคุม | 497 | 469 | 483 | 966 |
| 2. น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพผสมสารเคมีบางชนิด | 398 | 405 | 401.5 | 803 |
| 3. ถั่วเหลืองผสมสารเคมีบางชนิด | 420 | 438 | 429 | 858 |
| 4. มูลสัตว์หมักผสมสารเคมีบางชนิด | 305 | 342 | 323.5 | 647 |

ภาพที่ 5 แสดงการเก็บเกี่ยวสาหร่ายสไปรูลินา และการอบสาหร่ายในตู้อบในตู้อบอุณหภูมิ 50 °C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 6 สาหร่ายอบแห้งที่เป็นเกล็ด และ ผง

จากปริมาณสาหร่ายที่เก็บเกี่ยวได้ ถ้านำมาบรรจุแคปซูล พบว่าได้จำนวนแคปซูลที่บรรจุสาหร่ายแตกต่างกัน บ่อที่มีการเพาะเลี้ยงโดยใช้ถั่วเหลืองให้จำนวนแคปซูลทั้งหมด 966 แคปซูล ซึ่งเป็นจำนวนที่มากที่สุดของผลผลิตที่ผลิตได้ แต่จากผลการทดลองยังพบว่า การใช้สารเคมีอย่างง่ายเพียง 4 ชนิดในชุดควบคุม ผลการเจริญของสาหร่ายสไปรูลินา และปริมาตรน้ำหนักแห้งที่ได้มีค่ามากกว่าการเพิ่มสารอาหารอื่น ๆ ในการเพาะเลี้ยง ดังนั้นถ้าเราต้องการเพาะเลี้ยงเพื่อให้มีต้นทุนการผลิตต่ำก็ควรพิจารณาถึงการใช้สูตรอาหารที่มีสารอาหารเพียง 4 ชนิดนี้ด้วย ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาโดยใช้สารเคมีเพียง 4 ชนิดเท่านั้นอีก 2 crop เพื่อหาต้นทุนในการผลิต ปริมาณสาหร่ายแห้งที่ผลิตได้ กำไรที่คาดว่าจะได้รับเพิ่มเติมด้วย

**การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาด้วยสารอาหารอย่างง่าย 4 ชนิด**

ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาด้วยสารเคมีอย่างง่าย โดยเพาะเลี้ยงทั้ง 3 บ่อ และเพาะเลี้ยง 2 crop เป็นระยะเวลา 1 เดือนต่อ crop เมื่อครบระยะเวลา ทำการเก็บเกี่ยวสาหร่ายและหาน้ำหนักแห้งคิดเป็นค่าเฉลี่ย พบว่า สาหร่ายแห้งที่ได้มีค่า ประมาณ 500 กรัม (ตารางที่ 2) ต่อ ปริมาตรการเพาะเลี้ยง 1,080 ลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 น้ำหนักแห้งของสาหร่ายสไปรูลินาที่เพาะเลี้ยงด้วยสารเคมีอย่างง่าย 4 ชนิด

| จำนวนครั้งที่เพาะเลี้ยง | น้ำหนักแห้ง (กรัม) | | |
|---|---|---|---|
| | บ่อที่ 1 | บ่อที่ 2 | บ่อที่ 3 |
| ครั้งที่ 1 | 530 | 489 | 520 |
| ครั้งที่ 2 | 498 | 490 | 485 |
| เฉลี่ย | 513 | 489.5 | 502.5 |
| เฉลี่ยรวม | 501.6 | | |

**ต้นทุนการดำเนินการ**

จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกันจำนวน 3 สูตร และชุดควบคุมที่เพาะเลี้ยงด้วยสารเคมีอย่างง่าย 4 ชนิด เมื่อเทียบปริมาณผลผลิตที่ได้จากการเพาะเลี้ยงมีค่าที่แตกต่างกัน ถ้านำมาคำนวณหาต้นทุนการผลิต โดยคิดเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของสารเคมีที่ใช้ และ ส่วนของค่าน้ำค่าไฟในการเพาะเลี้ยง ในส่วนแรก คือ ราคาสารเคมีที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงมีค่าเป็น 222 บาท ต่อ 1,080 ลิตรในชุดควบคุมที่เพาะเลี้ยงด้วยสารเคมีอย่างง่าย 4 ชนิด ส่วนในสูตรอาหารอื่น ๆ มีค่าดังตารางที่ 3 ในส่วนที่ 2 ค่าน้ำค่าไฟในการเพาะเลี้ยง มีค่าประมาณ 100 บาทต่อ1 cropของการเพาะเลี้ยง ต้นทุนการผลิตสาหร่ายสไปรูลินาที่มีสูตรอาหารแตกต่างกัน พบว่า สูตรอาหารที่เพาะเลี้ยงด้วยสารเคมีอย่างง่าย 4 ชนิด มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด คือ 60 สตางค์ และ สูตรอาหารที่มีถั่วเหลืองผสมด้วย มีต้นทุนการผลิตสูงที่สุด คือ 1.90 บาท เนื่องมาจากถั่วเหลืองที่นำมาใช้ผสมมีราคาค่อนข้างสูง ผลทั้งหมดแสดงดังตาราง ที่ 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 งบประมาณค่าสารเคมีที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา

| สารเคมี | ราคาสารเคมี ( บาท ) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ชุดควบคุม | น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพผสมสารเคมีบางชนิด | ถั่วเหลืองผสมสารเคมีบางชนิด | มูลสัตว์หมักผสมสารเคมีบางชนิด |
| 1. $K_2HPO_4$ | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 2. $NaNO_3$ | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 3. $NaHCO_3$ | 131 | 131 | 131 | 131 |
| 4. N:P:K | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 5. NaOH | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 6.น้ำทิ้งจากก๊าซชีวภาพ | - | - | - | - |
| 7. ถั่วเหลือง | - | - | 500 | - |
| 8. มูลสัตว์ | - | - | - | - |
| ราคารวม (บาท) | 222 | 222 | 722 | 222 |

ตารางที่ 4 ต้นทุนการผลิตสาหร่ายสไปรูลินาที่ใช้สูตรอาหารแตกต่างกัน

| สูตรอาหาร | ราคาค่าสารเคมี ( บาท ) | ราคาค่าน้ำค่าไฟ ( บาท ) | สาหร่ายที่เก็บเกี่ยว (กรัม) | ราคาต้นทุน(บาท) ต่อ สาหร่าย 1 กรัม |
|---|---|---|---|---|
| 1. ชุดควบคุม | 222 | 100 | 483 | 0.66 |
| 2.น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพผสมสารเคมีบางชนิด | 222 | 100 | 401.5 | 0.80 |
| 3. ถั่วเหลืองผสมสารเคมีบางชนิด | 722 | 100 | 429 | 1.90 |
| 4. มูลสัตว์หมักผสมสารเคมีบางชนิด | 222 | 100 | 323.5 | 1.00 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เก็บสาหร่ายสไปรูลินาที่เพาะเลี้ยงด้วยสารเคมีอย่างง่าย 4 ชนิดที่อบแห้งแล้วส่วนหนึ่งแบ่งเพื่อนำไปตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ โดยส่งไปตรวจสอบที่ โครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผลที่ได้พบว่า สาหร่ายสไปรูลินาที่เพาะเลี้ยงด้วยสารเคมีอย่างง่าย 4 ชนิดนี้มีปริมาณโปรตีนถึง 57.3 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และยังมีค่าสารอาหารอื่น ๆ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายสไปรูลินาที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารอย่างง่าย 4 ชนิด

| สารอาหารที่วิเคราะห์ | ปริมาณที่ตรวจพบ | หน่วย |
|---|---|---|
| โปรตีน | 57.3 | กรัม ต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง |
| เบต้าแคโรทีน | 68.0 | มิลลิกรัม ต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง |
| ไขมัน | 2.25 | ร้อยละ |
| กาก | 0.07 | ร้อยละ |
| เถ้า | 5.87 | ร้อยละ |
| คาร์โบไฮเดรต | 45.39 | ร้อยละ |
| เหล็ก | 42.0 | มิลลิกรัม ต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง |
| แคดเมียม | ไม่มี | |
| ตะกั่ว** | 0.88 | มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง |
| สารหนู** | 0.08 | มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง |
| ซิลีเนียม* | 2.71 | ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม |
| ไอโอดีน* | 260.9 | ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม |

* ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

** ค่าโลหะหนักที่วัดได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งค่ามาตรฐานเท่ากับ

ตะกั่ว 1 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

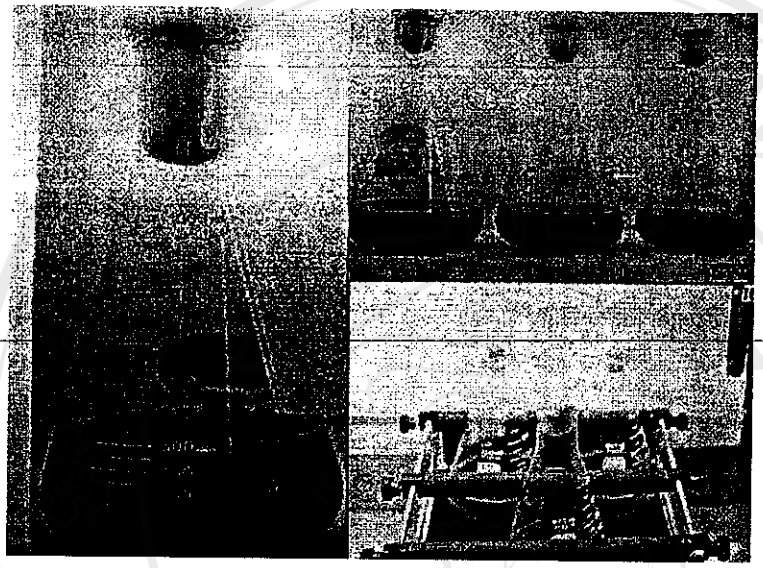
สารหนู 0.5 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

จากปริมาณเบต้าแคโรทีนที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณเบต้าแคโรทีนที่วิเคราะห์ได้ของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงจากบริษัทจีดี -1 ( กรีนไดมอนด์ จำกัด ) มีค่าวิเคราะห์ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 51.38 มิลลิกรัม ต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง นอกจากนั้นแล้ว ปริมาณของเหล็กที่ตรวจพบมีค่าใกล้เคียงกับห้องปฏิบัติการสหประชาชาติ ได้วิเคราะห์ไว้ และจากการวิเคราะห์ไม่พบปริมาณแคดเมียมในสาหร่ายสไปรูลินาดังกล่าว

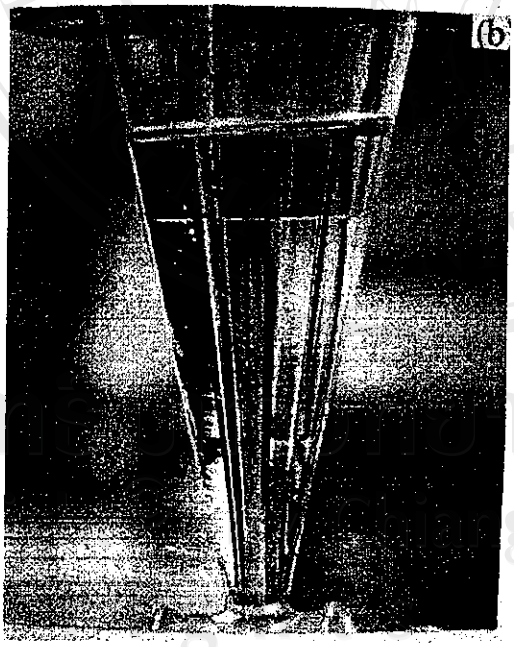
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**3. การวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุในสาหร่ายสไปรูลินา**

การวิเคราะห์รงควัตถุคลอโรฟิลล์เอ ไฟโคไซยานิน และ แคโรทีนอยด์ (ภาพที่ 7 และ 8) ในตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง ซึ่งผลที่ได้ พบว่า บ่อเพาะเลี้ยงที่มีถั่วเหลืองผสมสารเคมีบางชนิด มีปริมาณโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต สูงกว่าบ่ออื่น ๆ รองจากชุดควบคุมที่เพาะเลี้ยงด้วยสารเคมีอย่างง่าย 4 ชนิด ดังตารางที่ 6



ภาพที่ 7 วิธีการวิเคราะห์ ไฟโคไซยานิน




ภาพที่ 8 วิธีการวิเคราะห์แคโรทีนอยด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 ปริมาณสารอาหารและรงควัตถุของสาหร่าย ที่เจริญสภาวะการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน

| รงควัตถุ | ชุดควบคุม | น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตก๊าซชีวภาพผสมสารเคมีบางชนิด | ถั่วเหลืองผสมสารเคมีบางชนิด | มูลสัตว์หมักผสมสารเคมีบางชนิด |
|---|---|---|---|---|
| รงควัตถุ** | | | | |
| ไฟโคไซยานิน | 54.2 | 53.56 | 72.21 | 44.25 |
| คลอโรฟิลล์เอ | 14.02 | 1.18 | 14.52 | 1.25 |
| แคโรทีนอยด์ | 68.0 | 10.77 | 8.52 | 8.56 |

** มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง

**4. การสำรวจชุมชนที่มีความสนใจเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา**

สืบเนื่องจากมีผู้สนใจที่จะเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเป็นจำนวนมาก โดยได้ติดต่อมาทางห้องปฏิบัติวิจัยสาหร่ายประยุกต์ ถึงวิธีการเพาะเลี้ยง สารเคมีที่ใช้เพาะเลี้ยง และ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ทางห้องปฏิบัติการร่วมกับทางสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้จัดการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา ในวันที่ 20-21 เมษายน 2546 ได้มีผู้สนใจเข้าร่วมอบรม จำนวน 57 คน (ภาพที่ 9 ) และมีผู้นำไปเพาะเลี้ยงเป็นอาชีพเสริมด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 9 การอบรมการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 20-21 เมษายน 2546 ณ. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

แม้ว่าจะจัดอบรมไปแล้วก็ยังมีผู้สนใจติดต่อมาขอคำแนะนำในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาอยู่เป็นประจำ ดังนั้นทางห้องปฏิบัติการวิจัยสาหร่ายประยุกต์จึงได้ร่วมกับสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ คณะวิทยาศาสตร์ ได้จัดการอบรมเชิงปฏิบัติการขึ้นอีกครั้งหนึ่งในวันที่ 30-31 สิงหาคม 2546 ซึ่งมีผู้สนใจเข้าร่วมอบรม 50 คน ซึ่งในครั้งนี้ได้มีผู้ประกอบการที่ดำเนินการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาอยู่แล้วมาร่วมอบรมด้วย (ภาพที่ 10)

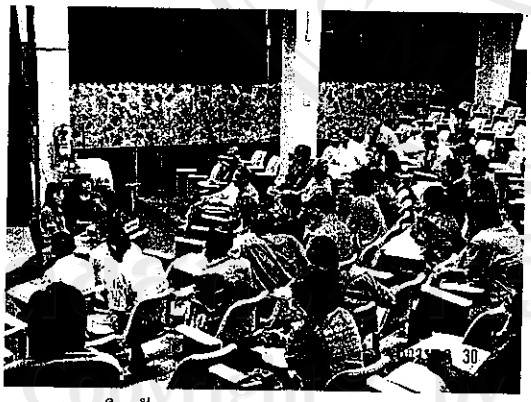
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บรรยากาศในการลงทะเบียน

รศ ดร. เจษฎา เกษมเศรษฐ์ กล่าวเปิดงาน

รศ. ดร. ยุวดี พีรพรพิศาล บรรยาย

บรรยากาศในห้องบรรยาย

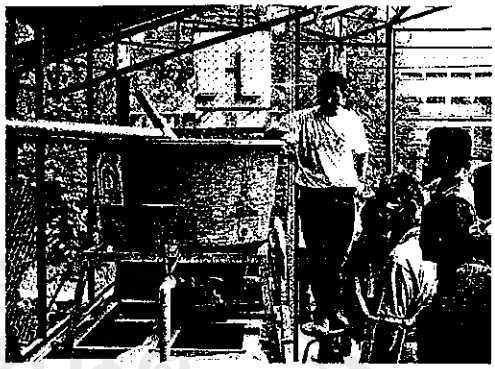


บรรยากาศในห้องบรรยาย

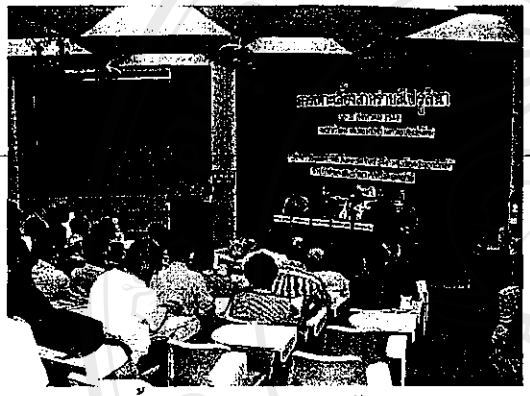
การฝึกเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผู้เข้าอบรมชมการสาธิตการกรองสาหร่าย



ผู้เข้าอบรมชมการสาธิตการกรองสาหร่าย



วิทยากรทั้ง 5 ท่าน และการตอบข้อซักถาม

บรรยากาศของการซักถามบริเวณตั้งแสดง

การถ่ายรูปร่วมกัน ณ.ภาควิชาชีววิทยา

ภาพที่ 10 การอบรมการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 30-31 สิงหาคม 2546 ณ. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการอบรมที่ผ่านมาทั้ง 2 ครั้ง ผู้จัดอบรมได้รับข้อเสนอแนะและหัวข้อที่ผู้เข้าร่วมอบรมมีความสนใจที่จะเข้าอบรมเพิ่มเติมอีกหลายหัวข้อดังนี้

**1. ประเมินวิทยากร**

| เนื้อหา | ดีมาก | ดี | พอใช้ | ต้องปรับปรุง |
|---|---|---|---|---|
| 1.เรื่อง "มารู้จักสาหร่ายสไปรูลินาให้กระจ่าง" โดย รศ.ดร.ยุวดี พีรพรพิศาล | 75.8 % | 21.2 % | 3 % | - |
| 2.เรื่อง"สาหร่ายสไปรูลินาดังด้วยตัวเองหรือแรงโฆษณา" โดย รศ.ดร.ยุวดี พีรพรพิศาล | 66.7% | 30.3% | 3% | - |
| 3. เรื่อง "แง่มุมในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา" โดย รศ.ดร.ยุวดี พีรพรพิศาล | 63.7% | 33.3% | 3% | - |
| 4. เรื่อง "จากขวดกาแฟสู่บ่อเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา" โดย รศ.ดร.ยุวดี พีรพรพิศาล | 63.7% | 33.3% | 3% | - |
| 5. เรื่อง"ประสบการณ์ตรงจากผู้ประสบความสำเร็จในธุรกิจสาหร่ายสไปรูลินา" โดย อ.เจียมจิตต์ บุญสม | 56.3% | 34.4% | 9.3% | - |
| 6.เรื่อง"มุมมองของผู้ริเริ่มสาหร่ายสไปรูลินาเชิงธุรกิจ" โดย คุณกฤษฎา จินดารัตน์ | 46.9% | 46.9% | 6.2% | - |
| 7.เรื่อง"มุมมองของผู้ริเริ่มสาหร่ายสไปรูลินาเชิงธุรกิจ" โดย คุณวรรเนตร พลภานุมาส | 24.2% | 60.6% | 15.2% | - |
| 8.เรื่อง"มุมมองของผู้ริเริ่มสาหร่ายสไปรูลินาเชิงธุรกิจ" โดย คุณอรพิน วัชวงษ์ | 21.2% | 60.6% | 18.2% | |
| 9. เรื่อง " การทดสอบการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาด้วยตนเอง" โดยคุณทัตพร คุณประดิษฐ์ | 42.4% | 51.5% | 6.1% | |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.ความตรงต่อเวลา**

| | ดีมาก | ดี | พอใช้ | ต้องปรับปรุง |
|---|---|---|---|---|
| 1.รศ.ดร.ยุวดี พีรพรพิศาล | 75.8% | 24.2% | - | - |
| 2.อ.เจียมจิตต์ บุญสม | 39.4% | 54.5% | 6.1% | - |
| 3.คุณกฤษฎา จินดารัตน์ | 40.6% | 53.1% | 6.3% | - |
| 4.คุณวรรเนตร พลภานุมาส | 37.5% | 56.2% | 6.3% | - |
| 5. คุณอรพิน วัชวงษ์ | 37.5% | 59.4% | 3.1% | - |
| 6. คุณทัตพร คุณประดิษฐ์ | 43.8% | 53.1% | 3.1% | - |

**3.การอบรมเชิงปฏิบัติงาน**

| หัวข้อ | ดีมาก | ดี | พอใช้ | ต้องปรับปรุง |
|---|---|---|---|---|
| 1.ความเหมาะสมของเนื้อหา | 59.4% | 37.5% | 3.1% | - |
| 2.ระยะเวลาที่ใช้สอนปฏิบัติการ | 32.3% | 45.2% | 12.9% | 9.6% |
| 3.ความพร้อมของอุปกรณ์และสารเคมี | 38.7% | 51.6% | 9.7% | - |
| 4.วิทยากรที่ดูแลการปฏิบัติการ | 45.2% | 51.6% | 3.2% | - |

**4. ความเหมาะสมของสถานที่ในการจัดประชุม**

ดีมาก 62.5 %

ดี 37.5 %

พอใช้ -

ต้องปรับปรุง -

**5. ความเหมาะสมของอาหารกลางวันและอาหารว่าง**

ดีมาก 25%

ดี 68.7%

พอใช้ 6.3 %

ต้องปรับปรุง -

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**5. หัวข้อที่ท่านสนใจที่จะเข้าร่วมรับการอบรม**

1. เชื้อโรค การป้องกันและรักษา และเชื้อที่เกี่ยวกับการปฏิบัติการ
2. การเพาะเลี้ยง และ การตลาดที่ดี
3. ควรใช้เวลาในการอบรม 1 อาทิตย์ เพื่อให้ได้ความรู้ ความเข้าใจระดับที่ดี
4. การแปรรูป สไปรูลินา เพื่อการบริโภค( ภาคปฏิบัติ)
5. ข้อมูลในการอบรมการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา การแปรรูปด้านเกี่ยวกับอาหารสัตว์ เครื่องสำอาง
6. การบำบัดน้ำทั้งน้ำบาดาล และน้ำเสีย รวมทั้ง further product ของสาหร่ายสไปรูลินา การตรวจสอบและชนิดของสาหร่ายพิษที่ปนเปื้อน
7. สาหร่ายที่ถูกต้อง และการเพาะเลี้ยงที่ถูกต้อง
8. ความรู้เพื่อนำไปใช้ในการผลิต เพื่อผลิตสำหรับตนเอง
9. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย
10. เจาะลึกข้อมูล เช่น เลี้ยงแล้วขายที่ไหน การตลาด การใช้สาหร่ายกับสัตว์
11. การฝึกปฏิบัติและดูงานปฏิบัติจริงในฟาร์มเป็นช่วงเวลาหนึ่ง
12. การสกัดสารรงควัตถุจากสาหร่าย วิธีการ และสารเคมี
13. การทำอาหารเลี้ยงสาหร่ายแบบต่างๆ
14. การสกัดสารรงควัตถุในสาหร่าย
15. ความรู้เรื่องสาหร่ายพิษ และการหลีกเลี่ยง
16. วิธีการเลี้ยง
17. การจัดการ
18. การเก็บเกี่ยว ทั้งทำทานในครอบครัวและจัดจำหน่าย
19. การสกัดสารสำคัญจากสาหร่าย ความลับของสาหร่ายในการป้องกันบำบัดโรคต่างๆ การทำแห้งด้วยวิธีต่างๆ
20. สถานที่ที่จะทำการเพาะเลี้ยงสาหร่าย ทำเลที่เหมาะสม เนื้อที่ในกรณีฟาร์ม ควรใช้เนื้อที่เท่าไร เมื่อจะทำเป็นธุรกิจ
21. การตลาด เมื่อทุกคนอบรมแล้วไปทำการเพาะเลี้ยงเอง แล้วจะหาตลาดในการส่งได้ที่ไหน จะมีองค์กรรองรับผลผลิตของสมาชิกอย่างไร ถ้าลงทุนเพาะเลี้ยงแล้วไม่มีที่ขาย
22. งบประมาณในการลงทุน การสร้างบ่อ ไฟฟ้า เรือนที่จะทำบ่อ(โดยไม่ต้องซื้อที่ใหม่) ควรจะมีเงินทุนอยู่เท่าไร ต้องกู้ธนาคารเท่าไร
23. จุดคุ้มทุนของการทำการเพาะเลี้ยงขนาดกลางกี่ปี จึงจะอยู่รอด และมีกำไรพอเลี้ยงตัวได้



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

24. การขอ อย. มีความยุ่งยากแค่ไหน ผลผลิตออกมาแล้ว อย. ไม่ยอมรับ ถ้าจะทำการขายแล้วจะทำอย่างไร มีอะไรเป็นเครื่องวัดว่าการตรวจของ อย.จะผ่านหรือไม่ผ่าน จะมีมาตรฐานในการเพาะเลี้ยงอย่างไร
25. ปัญหาและอุปสรรคในการเพาะเลี้ยงเพื่อธุรกิจ
26. แหล่งที่ปรึกษา
27. ผลงานการวิจัย พืช หรืออาหารที่มาจากธรรมชาติ เพราะประเทศไทยมีศักยภาพที่ดีเป็นแหล่งอาหารของมนุษย์
28. การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากสาหร่าย
29. การสกัดสารเคมีต่างๆจากสาหร่าย
30. กระบวนการในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย ตั้งแต่เริ่มต้นด้วยการเพาะเลี้ยงเชื้อ การนำเชื้อลงบ่อเลี้ยง การตรวจสอบดูแลสาหร่าย จนถึงช่วงเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต วิธีการเก็บเกี่ยวสาหร่ายออกจากบ่อเลี้ยง
31. ควรมีการจัดอบรมในเขตภาคกลางบ้าง
32. การออกแบบบ่อเลี้ยงสาหร่าย
33. เทคนิคต่างๆในการเลี้ยง
34. เกี่ยวกับการสกัด pigment และการทำผลิตภัณฑ์
35. .ข้อมูลและความชำนาญในการเพาะเลี้ยง
36. การลงลึกมากกว่านี้ของการเพาะเลี้ยงสาหร่าย
37. การศึกษาความเป็นไปได้ของการเพาะเลี้ยงและการตลาด
38. การจัดการผลผลิต การลงทุนครั้งแรก
39. สิ่งของที่ประยุกต์ใช้แทนของที่มีราคาแพง
40. ตลาดที่จะรองรับผู้เลี้ยงแบบไม่ใช่อุตสาหกรรม(ผู้เลี้ยงรายย่อย)
41. หัวข้อเดิม(รายละเอียด และการปฏิบัติงานมากกว่านี้) นอกจากนี้รายละเอียด ค่าวัสดุอุปกรณ์ ราคา-สถานที่ซื้อ และเรื่องการกรอง การตากแห้ง
42. การเขียนแผนธุรกิจ เพื่อทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา เพื่อขอทุนสนับสนุนจากสถาบันทางการเงิน โดยขอให้ทางภาควิชาชีววิทยา ร่วมมือกับคณะบริหารธุรกิจ และสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
43. การอนุบาลผู้ประกอบการให้ประสบความสำเร็จในธุรกิจนี้ โดยร่วมกับศูนย์อุตสาหกรรมภาคเหนือ
44. การบำบัดน้ำทิ้งหลังจากใช้ในการเลี้ยงสาหร่ายแล้ว ควรทำอย่างไรบ้าง
45. การเปรียบเทียบจากสาหร่ายสไปรูลินาในเชิงสถิติ
46. การเปรียบเทียบจากสาหร่ายสไปรูลินาในเชิงตลาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

47. การเยี่ยมชมโรงงานผู้ผลิต

48. การเปิดเผยข้อมูลวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่ได้รับการยืนยันแล้ว

**6. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ**

1. น่าจะมีการจัด workshop สำหรับผู้ที่ตั้งใจเลี้ยงโดยตรง
2. ควรให้ข้อมูลการตลาดและต้องมีส่วนช่วยเหลือในด้านการตลาดก็ยิ่งดี แม้จะต้องส่งตัวอย่างวิเคราะห์ก็จะสร้างความมั่นใจให้กับผู้อบรมดียิ่งขึ้น และควรพาไปทัศนศึกษาในสถานที่จริงของวิทยากร
3. อาจให้ผู้ประกอบการด้านการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา เชิญอาจารย์ ผู้จัด ผู้สนใจให้เรียนรู้แบบต่อเนื่องในฟาร์ม เรียนรู้จากของจริงด้วยจะได้ผลอย่างถูกต้อง
4. อบรมด้านการตลาดให้มาก ๆ เพื่อจะได้มองให้ทะลุเป้าในด้านการลงทุน
5. ระยะเวลาในการอบรมน่าจะประมาณ 4 วัน
6. ควรมีระยะเวลาการอบรมมากกว่านี้ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมอบรมได้มากกว่านี้
7. ควรให้ผู้เข้าอบรมตวงสารเอง เพื่อให้ได้รู้จัก เครื่องมือ และ อุปกรณ์ให้ดียิ่งขึ้น
8. ควรให้มีกิจกรรมเช่นนี้บ่อย ๆ และควรมีการขยายเครือข่าย การเลี้ยง และให้ความรู้ความเข้าใจกับประชาชนให้มากขึ้น
9. ทุกอย่างที่สอนดีแล้ว และสอนได้กระจ่างดีมาก เข้าใจง่ายดีทุกขั้นตอน
10. สถาบันฯ ให้บริการข้อมูลต่างๆต่อไป เห็นว่าจะช่วยสมาชิกผู้สนใจในการเพาะเลี้ยง
11. ระยะเวลาในการลงมือปฏิบัติน่าจะมากกว่านี้
12. อยากเห็นฟาร์มที่ใช้เลี้ยงจริงแบบธุรกิจ ไม่ใช่แบบทดลอง
13. ควรเน้นการปฏิบัติให้มากขึ้น เปิดให้ตอบคำถามมากๆ
14. อยากให้มีการสัญจรไปตามมหาวิทยาลัยอื่นในจังหวัดอื่น เช่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
15. อยากให้มีสมาคมผู้เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเกิดขึ้นเพื่อช่วยเหลือสมาชิก
16. อยากให้องค์กรของรัฐดูแลอย่างใกล้ชิด เรื่องการเพาะเลี้ยงเพราะสาหร่ายสไปรูลินาเป็นพืชเศรษฐกิจ
17. เมื่อผู้เพาะเลี้ยงมีปัญหา ต้องการปรึกษา ให้ติดต่อกับผู้ชำนาญโดยตรง
18. อยากให้มีการอบรมอีกครั้ง และใช้เวลาประมาณ 3 วัน
19. อยากให้มีการอบรมในกลุ่มของผู้ผลิตในระดับอุตสาหกรรม เพื่อให้มีทิศทางในการผลิตพื้นฐานเดียวกัน
20. ควรอบรมผู้เพาะเลี้ยงเป็นชมรมหรือสมาคมเพื่อเป็นมาตรฐานเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

21. ทางมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ หรือคณาจารย์ มีใบรับรองผลผลิตของลูกศิษย์ที่เข้ารับการอบรม เมื่อได้ไปผลิตผลออกมาจำหน่ายก่อนที่จะขอ อย.
22. น่าจะมีสถานที่รับซื้อผลผลิตจากผู้ผลิตและจำหน่ายเพื่อควบคุมมาตรฐาน ไม่ควรจะต่างที่ต่างผลิตตั้งยี่ห้อ เพราะจำหน่ายกันเอง โดยให้ อย. ควบคุมอย่างเดียว (เหตุผล : ผู้ผลิตส่วนใหญ่เป็นลูกศิษย์และผู้เข้าอบรม)
23. ต้องการการส่งข่าวเกี่ยวกับเรื่องสาหร่ายสไปรูลินา
24. ควรมีการอบรมครั้งต่อๆไป เรื่อยๆ
25. อยากให้นำสมาชิกลงสู่ฟาร์ม ไปดูวิธีการทุกขั้นตอน ทำให้เห็นภาพ และองค์ประกอบจริงๆ เพราะเหตุปัจจัยแต่ละคน(ทุน) ไม่เท่ากัน
26. ควรมีการแนะนำที่มีสาระมากกว่านี้ ทั้งเรื่องสิ่งปลูกสร้าง การสร้างการตลาด หรือการเสนอแนะในการรวมกลุ่มกันระหว่างผู้ผลิต หรือการให้คำแนะนำแก่ผู้เข้าร่วมจากผู้ประกอบการที่ต้องการซื้อสินค้าจากผู้ผลิตใหม่ๆ
27. การสร้างเครือข่าย
28. ประชาสัมพันธ์การอบรม เช่น ส่งจดหมายไปยังผู้ที่เคยมาอบรม หรือส่งจดหมายไปยังสมาชิกชมรมสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งประเทศไทย
29. ควรมีการติดตามผลของผู้เข้ารับอบรมว่าได้นำองค์ความรู้ไปใช้ในภาคปฏิบัติจริงหรือไม่ แล้วได้ผลอย่างไร

จะเห็นได้ว่ามีผู้สนใจที่จะเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาอยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งเลี้ยงเพื่อเป็นอาชีพหลัก และ เลี้ยงเพื่อใช้ทานเองในครอบครัว ซึ่งจากงานวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงต้นทุนในการผลิตสาหร่ายสไปรูลินาที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารแตกต่างกัน และเป็นแนวทางเลือกให้ผู้ที่สนใจได้ตัดสินใจที่จะเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

# บทที่ 5
## สรุปผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

งานวิจัยการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาด้วยสารเคมีอย่างง่าย 4 ชนิด พร้อมทั้งใช้สูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 สูตร คือ การใช้น้ำทิ้งจากโรงงานก๊าซชีวภาพ ถั่วเหลือง และ มูลสัตว์ ร่วมกับการใช้สารเคมีอย่างง่าย พบว่า การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาด้วยสารเคมีอย่างง่าย 4 ชนิด ให้ผลผลิตเมื่อเทียบต่อ 1 crop ของการเพาะเลี้ยง คือ 483 กรัม คิดเป็นต้นทุนการผลิต 66 สตางค์ ต่อ 1 กรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุไฟโคไซยานิน คลอโรฟิลล์ และ แคโรทีนอยด์ พบปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าการเพาะเลี้ยงด้วยสารเคมีสูตรอื่น ๆ ซึ่งสูงถึง 68.0 กรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งควรจะมีการส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาโดยใช้สูตรอาหารนี้เพื่อเพิ่มปริมาณการสร้างแคโรทีนอยด์ และ สามารถนำสาหร่ายที่ผลิตได้ไปเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรด้านอื่น ๆ เช่น การใช้เลี้ยงปลาสวยงาม การใช้เลี้ยงในไก่ชนเพื่อให้มีสีสวยงาม หรือในไก่ไข่เพื่อให้ไข่ไก่มีสีสวยงาม เป็นต้น และนอกจากนี้แล้ว การอบรมการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาที่จัดขึ้นทั้ง 2 ครั้ง ทำให้ทราบว่า มีกลุ่มชุมชนสนใจที่จะเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเป็นจำนวนมาก และ ยังมีโจทย์ปัญหาในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาอีกมากมาย ซึ่งถ้าได้รับการสนับสนุนเพื่อทำงานวิจัยต่อไปจะทำให้งานวิจัยมีความถูกต้อง แม่นยำมากขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

วท. 18076

จิราพร ภู่ศรี. 2538. การสกัดไฟโคไซยานินจากสาหร่ายเกลียวทองเพื่อใช้เป็นสีผสมอาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ยุวดี พีรพรศาล . 2543. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

APHA , AWWA and WPCF. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC, American Public health Association.

Becker E.W. 1994. Microalgae: biotecnology and microbiology. Great Britain. Cambridge University Press.

Cohen Z. 1997. The chemical of *Spirulina*. In Vonshak A. (Ed.) *Spirulina platensis* (*Arthrospira*): Physiology, cell-biology and biotecnology. London. Taylor and Francis Ltd. 175-204.

Nakamura H. 1982. *Spirulina*: Food for a hungry world. United states. University of the Trees press.

Tanticharoen M. and Ruengjitchatchawalya M. 2001. High Value Chemicals from Spirulina. In King Monnkut's University of Technology Thonburi (Ed.), A Workshop on Mass Cultivation of Spirulina: January 8-11,2001, Bangkok, King Mongkut's University of Technology Thonburi, pp.1-12.

Venkataraman L. V. 1983. Bluegreen alga: *Spirulina* . Mysore. Central Food Technological Research Institute.

Vonshak A. and Tomaselli L. 2000. Arthrospira (Spirulina): Systematics and Ecophysiology. In whitton B.A. and potts M. (Eds.), The Ecology of Cyanobacteria their diversity in time and space, Nethherlands, Kluwer Academic Publishers, pp.505-522.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

## ภาคผนวก ก
## วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
## (APHA, 1992)

**การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน**

1. กรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษ GF/C แล้วตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 25 ml ใส่ curvette 1 อัน และตวงน้ำ deionized ปริมาตร 25 ml ใส่ใน cuvette อีก 1 อัน

2. เปิดเครื่อง Spectrophotometer DR/2010 หลังจากเครื่องมือผ่านขั้นตอน SELF-TEST แล้วเครื่องมือจะแสดง Method ให้กด 380 READ/ENTER เครื่องมือจะแสดงความยาวคลื่น 425 nm ให้หมุนปุ่มปรับความยาวคลื่นให้ได้ 425 nm จากนั้นกด READ/ENTER เครื่องมือจะแสดง mg/l $NNH_3$Ness

3. ใส่ Mineral Stabilizer ลงไปใน cuvette 3 หยด เขย่าเบา ๆ เพื่อให้สารเคมีผสมกันหลังจากนั้นใส่ Polyvinyl Alcohol Dispersing Agent 3 หยด เขย่าเบา ๆ เพื่อให้สารเคมีผสมกันแล้วตวง Nessler Reagent 1 ml ลงใน cuvette ทั้งสองอันเขย่าให้ผสมกัน กด SHIFT TIMER เมื่อครบ 1นาที เครื่องมือจะส่งเสียงเตือน

4. เปิดฝาเครื่องมือใส่ cuvette ที่เป็นน้ำ deionized ลงไปในช่องวัดแสง ปิดฝาเครื่องมือให้สนิทแล้วกด ZERO เครื่องมือจะแสดง WAIT และ 0.00 mg/l $NH_3$Ness. ให้เปลี่ยน cuvette น้ำตัวอย่างเข้าไป กด READ/ENTER เครื่องมือแสดง WAIT และบอกปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ซึ่งเครื่องมือน้ำสามารถวัดปริมาณแอมโมเนียม ไนโตรเจนได้ในช่วง 0.00-2.50 mg/l $NH_3$N

**การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน**

1. กรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษ GF/C แล้วตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 25 ml ใส่ curvette 2 อัน อันแรกใส่ NitraVer 5 Nitrate Powder Pillow อีกอันหนึ่งเอาไว้เปรียบเทียบไม่ต้องเติมสารใด ๆ

2. เปิดเครื่อง Spectrophotometer DR/2010 หลังจากเครื่องมือผ่านขั้นตอน SELF-TEST แล้วเครื่องมือจะแสดง Method ให้กด 355 READ/ENTER เครื่องมือจะแสดงความยาวคลื่น 500 nm ให้หมุนปุ่มปรับความยาวคลื่นให้ได้ 500 nm จากนั้นกด READ/ENTER เครื่องมือจะแสดง mg/l N $NO_3^-$ H

3. ใส่ NitraVer 5 Nitrate Power Pillow ลงใน cuvette น้ำตัวอย่างที่เตรียมไว้กด SHIFT TIMER แล้วเขย่า cuvette เมื่อครบ 1 นาที เครื่องมือจะส่งเสียงเตือนให้หยุดเขย่า กด SHIFT TIMER อีกครั้งและตั้ง cuvette ทิ้งไว้เมื่อครบ 5 นาที เครื่องมือจะส่งเสียงเตือนอีกครั้ง และจะแสดง mg/l N $NO_3^-$ H



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. เปิดฝาเครื่องมือใส่ cuvette ที่ไม่ได้เติมสารใด ๆ ลงในช่องวัดแสง ปิดฝาเครื่องมือให้สนิท แล้วกด ZERO เครื่องมือแสดง WAIT และ 0.00 mg/l N $NO_3^-$ H ให้เปลี่ยน cuvette ที่ใส่ NitraVer 5

Nitrate power Pillow เข้าไปกด READ/ENTER เครื่องมือแสดง WAIT และบอกปริมาณไนเตรทได้ในช่วง 0.00-3.00 NitraVer 5 Nitrate power Pillow

**การวิเคราะห์ปริมาณ ออร์โธฟอสเฟต หรือSoluble reactive phosphorus (SRP)**

1. ก่อนทำการวิเคราะห์ปริมาณออร์โธฟอสเฟตทุกครั้ง ควรล้างเครื่องแก้วที่จะใช้ด้วย HCL 10 % กรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง GF/C แล้วตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 10 ml ใส่ cuvette 2 อัน อันแรก สำหรับใส่ PhosVer 3 Phosphate Reagent Powder Pillow อีกอันหนึ่งเอาไว้เปรียบเทียบไม่ต้องเติมสารใดๆ

2. เปิดเครื่อง Spectrophometer DR/2010 หลังจากเครื่องมือผ่านขั้นตอน SELF-TEST แล้วเครื่องมือจะแสดง Method ให้กด 490 READ/ENTER เครื่องมือจะแสดงความยาวคลื่น 890 nm ให้หมุนปุ่มปรับความยาวคลื่นให้ได้ 890 nm จากนั้นกด READ/ENTER เครื่องมือจะแสดง mg/l N $PO_4^{3-}$ PV หรือ mg/l P PV

3. ใส่ PhosVer 3 Phosphate Reagent Powder Pillow ลงใน cuvette น้ำตัวอย่างที่เตรียมไว้ กด SHIFT TIMER แล้วเขย่า cuvette เมื่อครบ 1 นาที เครื่องมือจะส่งเสียงเตือน

4. เปิดฝาเครื่องมือใส่ cuvette ที่ไม่ได้เติมสารเคมีใด ๆ ลงในช่องวัดแสง ปิดฝาเครื่องมือให้สนิท กด ZERO เครื่องมือจะแสดง WAIT และ 0.00 mg/l N $PO_4^{3-}$ PV หรือ mg/l P PV ให้เปลี่ยน cuvette ที่ใส่ PhosVer 3 Phosphate Reagent Powder Pillow เข้าไป แล้วกด READ/ENTER เครื่องมือแสดง WAIT และบอกปริมาณออร์โธฟอสเฟต ได้ในช่วง 0.00-2.50 mg/l N $PO_4^{3-}$

**วิธีการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำโดยวิธี Azide modification**

1. ล้างขวด DO ด้วยน้ำตัวอย่าง(rinse) 2-3 ครั้ง

2. เก็บน้ำตัวอย่างด้วยขวด DO ที่ระดับความลึก 30 cm. โดยไม่ให้มีฟองอากาศ และ ปิดฝาขวดให้สนิทขณะอยู่ใต้น้ำ

3. เติมสารละลาย $MnSO_4$ 1 ml (ห้ามเขย่าขวด) และสารละลาย alkali- iodide azide reagent 1 ml ปิดฝา

4. เขย่าขวดแล้วตั้งทิ้งไว้จนได้ตะกอน 2 ใน 3 ของสารละลายทั้งหมด เขย่าอีกครั้งและตั้งทิ้งไว้ให้เกิดตะกอน 2 ใน 3 ของสารละลายใหม่

5. เติม conc.$H_2SO_4$ 1 ml ปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. นำสารละลายจากข้อ 5 มา 100 ml. ไตเตรทด้วย $Na_2S_2O_3$ 0.021 M จนได้สีเหลืองซีด แล้วเติมน้ำแป้ง 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน ไตเตรทต่อไปเรื่อย ๆ ทีละหยด จนสีน้ำเงินจางหายไปจดปริมาตรที่ใช้และนำไปคำนวนในสูตร

**DO (mg/l) = จำนวน ml ของสารละลายมาตรฐาน 0.021 M $Na_2S_2O_3 \times 2$**

**วิธีการวิเคราะห์ความเป็นด่างของน้ำโดยวิธี Phenolphtaein methyl orange indicator**

1. ตวงน้ำ 100 ml. ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 250 ml. และน้ำกลั่นปริมาณเท่ากันใน erlenmeyer flask อีกหนึ่งในสำหรับทำเป็น blank

2. เติม Phenophtalein indicator 3 หยด ลงใน flask แล้วเขย่าให้เข้ากัน

3. ถ้าตัวอย่างเป็นสีชมพูอ่อน ให้ไตเตรทด้วย 0.02 N $H_2SO_4$ จนสังเกตเห็นสีการเปลี่ยนแปลงจางหายไปและบันทึกปริมาตรที่ใช้

4. เติม methyl orange indicator 3 หยด ลงใน flask

5. ถ้าตัวอย่างเป็นสีเหลืองให้ไตเตรทด้วย 0.02 N $H_2SO_4$ จนสังเกตเห็นสีการเปลี่ยนแปลงจาก blank และค่อย ๆ ไตเตรททีละหยดได้ end piont เป็นสีเหลืองแดง จดปริมาตรที่ใช้แล้วนำไปคำนวนในสูตร

(methyl orange จะให้สีเหลืองในสารละลายที่เป็นด่าง สีส้มในสารละลายที่เป็นกลาง และสีแดงในสารละลายที่เป็นกรด)

**Total alkalinity (mg/l as$CaCO_3$) = จำนวนกรดที่ใช้เป็น ml $\times$ 10**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

## ภาคผนวก ข

### การตรวจวัดการเจริญสาหร่าย

**1. นับจำนวนเส้นสายแบบ whole count**

**อุปกรณ์**

1. ไมโครปิเปต ขนาด 200 µl
2. กล้องจุลทรรศน์ compound microscope
3. สไลด์ และ cover slide

**วิธีการ**

1. ปิเปตสาหร่ายในน้ำเลี้ยงที่ผสมกันดีแล้วมา 0.02 ml (200 µl)
2. หยดลงบนสไลด์ นับจำนวนเส้นสายทั้งหมด

**2. การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Bennet and Bogorad, 1973)**

**อุปกรณ์**

1. GF/C
2. อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ
3. หลอด centrifuge
4. เครื่องเหวี่ยงความเร็วสูง
5. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)

**สารเคมี**

absolute methanol

**วิธีการทดลอง**

1. กรองสาหร่ายปริมาตร 5 ml ผ่านกระดาษกรอง GF/C หรือ นำไปเหวี่ยงที่ 2,000 (3,500 rpm)
2. นำกระดาษที่มีสาหร่าย หรือสาหร่ายที่เหวี่ยงได้มาเติม absolute methanol ปริมาตร 5 ml แล้วนำไปบ่มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 2 นาที แล้วทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. นำไปเหวี่ยงอีกครั้ง
4. แยกเอาสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 665 nm

**การคำนวณ**

**ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ($\mu g.ml^{-1}$ หรือ $mg.l^{-1}$) = A665 x Factor**

หมายเหตุ: ค่าคงที่ (factor)

| | |
|---|---|
| *Spirulina* and *Isochrysis* | 13.9 |
| *Anabaena* | 12.65 |
| *Porphyridium* | 13.2 |

---

**3. การหาน้ำหนักเซลล์แห้งสาหร่าย (ดัดแปลงจาก KMUTT, 2001)**

**ขั้นตอน**

1. อบกระดาษกรอง GF/C ในตู้อบอุณหภูมิสูงที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักกระดาษคงที่ นำไปวางให้เย็นใน Desicator แล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรองนั้น (A)
2. กรองสาหร่ายปริมาตร 20-25 ml ผ่านกระดาษกรอง GF/C ที่อบแห้งแล้วจากข้อ 1 หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำที่เป็นกรด pH เท่ากับ 4 ปริมาตร 20 ml. เพื่อล้างเกลือที่ปนมากับอาหารเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาออกไป
3. นำกระดาษกรอง GF/C ที่กรองสาหร่ายแล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปวางให้เย็นใน Desicator ชั่งน้ำหนัก (B)
4. คำนวณน้ำหนัก

น้ำหนักกระดาษกรอง+น้ำหนักสาหร่าย = A

น้ำหนักกระดาษกรอง = B

$$\text{น้ำหนักเซลล์สาหร่ายแห้ง (mg/l)} = \frac{\{(A) - (B)\} \times 1000}{\text{ปริมาตรสาหร่ายที่กรอง}}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**4. การตรวจวัดปริมาณความเป็นด่างในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย(KMUTT, 2001)**

**อุปกรณ์**

1. ชุดไตเตรชั่น
2. เครื่องวัดพีเอช
3. กระดาษกรอง Whatman No.541

**สารเคมี**

0.1N standardized $H_2SO_4$ (AR grade)

---

**วิธีการทดลอง**

1. กรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง Whatman No.541 และเก็บสารละลายที่กรองได้ปริมาตร 25 มล.
2. นำสารละลายที่กรองได้ปริมาตร 25 มล. มาไตเตรทด้วย $H_2SO_4$ 0.1N จนถึงจุดยุติที่ pH 8.3 ($V_1$) และ pH 4.5 ($V_2$) อ่านค่าการไตเตรท ($V_1$, $V_2$) ที่ได้

**การคำนวณ**

$$\textbf{(HCO}_3^-\textbf{) Alkalinity} = \frac{0.1 \times (V_2 - 2V_1) \times 50{,}000 \text{ ppm}}{25}$$

$$\textbf{Total Alkalinity} = \frac{0.1 \times V_2 \times 50{,}000 \text{ ppm}}{25}$$

หมายเหตุ:

1. การทำมาตรฐานของ $H_2SO_4$ 0.1N ใช้ สารละลาย $Na_2CO_3$ ที่รู้น้ำหนักแน่นอน เป็นมาตรฐานเบื้องต้น โดยหยดเมธิลออเรนจ์ลงไป 3-4 หยด เป็นอินดิเคเตอร์
2. ppm เท่ากับ $mg.l^{-1}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**5. การวิเคราะห์หาปริมาณรงควัตถุ**

**5.1 การตรวจหาปริมาณไฟโคไซยานิน ดัดแปลงจาก Miyakawa K. (อ้างโดย KMUTT, 2001)**

**สารเคมี**

A : $Na_2HPO_4 .7H_2O$ 1 N

B : $NaH_2PO_4 .H_2O$ 1 N

C : Phosphate buffer pH7.0 ผสมกับสารละลาย A 57.7 มล. สารละลาย B 42.3 มล. และปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

**วิธีการทดลอง**

1. ชั่งน้ำหนักแห้งของตัวอย่างสาหร่ายที่ทำ freeze-dry แล้ว 5-10 มก./สาหร่าย 10 ml กรองผ่าน GF/C
2. เติมบัฟเฟอร์ 5 มล.
3. ผสมให้เข้ากัน นำไปแช่แข็งที่ $-76^0C$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทำให้ละลายที่ $37^0C$ ในอ่างน้ำร้อน $37^0C$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำซ้ำประมาณ 5 รอบ
4. แล้วนำตัวอย่างที่ได้มาปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 rpm 10 นาที
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 618 นาโนเมตร

**การคำนวณ**

$$\text{ไฟโคไซยานิน (มก.)} = \frac{(OD_{618}) \times 1000 \times 5}{6500}$$

$$\text{ไฟโคไซยานิน (มก.) / น้ำหนักแห้ง (กรัม)} = \frac{\text{ไฟโคไซยานิน(มก.)} \times 1000}{\text{ตัวอย่าง (มก.)}}$$

**5.2 การตรวจหาปริมาณแคโรทีนอยด์ ดัดแปลงจาก KMUTT (2001)**

**สารเคมี**

1. ไดเอทธิลอีเทอร์
2. absolute เอทธานอล ($C_2H_5OH$)/ดัดแปลงใช้ 95% เอทธานอล
3. 60% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)
4. ไดโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส ($Na_2SO_4$.anhydrous)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**วิธีการทดลอง**

1. กรองสาหร่ายปริมาตร 5-25 ml (หรือ15 mg น้ำหนักแห้ง) ผ่านกระดาษกรอง (GF/C) 47 mm diameter).
2. นำกากเซลล์ที่กรองได้รวมทั้งกระดาษกรองใส่ลงในหลอดปั่นเหวี่ยง
3. เติมเอทธานอล ($C_2H_5OH$) 10 ml และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 60% 1 ml และผสมให้เข้ากัน
4. สกัดสารในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 45-50$^0$C เป็นเวลา 5 นาที
5. จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 2000 g (3500 rpm) เป็นเวลา 5-10 นาที
6. แยกเอาสารละลายส่วนที่เขียวใสออกโดยค่อยๆรินใส่กรวยแยก
7. เติมเอทธานอล 2 ml ลงในส่วนตะกอนเพื่อล้าง และทำซ้ำข้อ 5 และ 6 เพื่อให้การสกัดสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและผสมสารละลายทั้งหมดเข้าด้วยกัน
8. เติมไดเอทธิลอีเทอร์ 15-20 ml และ NaCl 20 ml แล้วเขย่า
9. ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้จนกระทั่งส่วนผสมแยกชั้นเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นสีเขียวด้านก้นกรวยแยก และส่วนสีเหลืองด้านบนกรวยแยก
10. ค่อยๆปล่อยสารละลายส่วนที่เป็นสีเขียวออกอย่างช้าๆ
11. เติม NaCl ลงไปในส่วนที่เป็นสีเหลืองและทำซ้ำตามข้อ 9 อีก 2-3 ครั้ง จนกระทั่งส่วนผสมแยกชั้นกันเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นสีเหลืองและส่วนที่เป็นสีใส
12. แยกส่วนที่เป็นสีเหลืองออก และใส่ แอมโมเนียมซัลเฟตแอนไฮดรัส ($Na_2SO_4$) เล็กน้อย เพื่อดูดน้ำ
13. ปรับปริมาตรของแคโรทีนอยด์ (สารละลายสีส้ม-เหลืองที่ละลายน้ำ) ด้วยไดเอทธิลอีเทอร์ ให้เป็น 25 ml และผสมให้เข้ากัน
14. สารละลายที่ได้นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 nm

**การคำนวณ**

$$\text{มิลลิกรัมของแคโรทีนอยด์/ กรัมของเซลล์} = \frac{OD_{450} \times 25 \times 100}{260 \times \text{mg ของน้ำหนักแห้ง}}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

## ภาคผนวก ค
## รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรมการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา
## ครั้งที่ 1

| รายชื่อ | ที่อยู่ | โทรศัพท์ |
|---|---|---|
| 1.คุณชุลี จิตสกุลชัย | 123 เพชรเกษม ซ.10 อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110 | |
| 2.คุณศิวพร สุวรรณวงศ์ | 55 อาคารเคลด้าเฮ้าส์ ถ.เทียนร่วมมิตร ห้วยขวาง กทม. 10320 | |
| 3.คุณอุดม รินคำ | กลุ่มสมุนไพรชุมชน ต.หนองแย่ง 12 หมู่ 3 ต.หนองแย่ง อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50210 | 01-9934115 |
| 4.คุณไมตรี เตชะศิลป์ปัญญา | 6/3 ซ.1 ถ.สามล้าน อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000 | 053-278691 |
| 5.คุณจรัล สอนสุวิทย์ | 21/11 หมู่ 2 ถ.เชียงใหม่-ลำปาง อ.ช้างเผือก จ.เชียงใหม่ 50300 | 053-213389<br>053-386919 |
| 6.คุณเนตร มณีรัตน์<br>7.คุณสุนันท์ จันทิวงศ์ | บริษัท กรีนรอยัลอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด 84/60 หมู่บ้านโชตนา นิเวศน์ ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300 | |
| 8.คุณสุภาศรี อาจราชกิจ | 56/54 หมู่บ้านคุ้มครพิงค์ ถ.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 | 01-6710788 |
| 9.คุณนุชนารถ วนานุพงษ์ | | |
| 10.คุณยุทธพงษ์ เงินเย็น | 27/2 ม.4 ต.ดอนแก้ว อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ 50180 | 053-890996 |
| 11.คุณธิดา โชติกเสถียร | คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครปฐม อ.เมือง จ.นครปฐม 73000 | 054-261065 |
| 12.คุณอนงค์ อุรา | 426 ม.2 ต.ไหล่หิน อ.เกาะคา จ.ลำปาง 52130 | 054-274176<br>-7 |
| 13.คุณศิริเนตร ปิมาตุกานต์ | | 06-1895176 |
| 14.คุณวารี สรงมงคล | 289 หมู่บ้านเสรี 3 ซ.6 ถ.เสรี 6 สวนหลวง พระขโนง กทม 10260 | 02-7183249<br>01-2788972 |
| 15.คุณเมธินทร์ อังคะวานิช | บริษัท Mann&Herbs 91-97 Vorachak, Luang Rd., Banbat Pomprab Bangkok 10100 | 01-9256789 |
| 16.คุณเทอดชัย ธเนศวโรดม | 148 ศูนย์การค้าเมืองใหม่ ถ.เมืองสมุทร ซ.3 ต.ช้างม่อย อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300 | |
| 17.คุณสุรชัย สร้อยธนศิริกุล | 148 ศูนย์การค้าเมืองใหม่ ถ.เมืองสมุทร ซ.3 ต.ช้างม่อย อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300 | |
| 18.คุณชุติมา ชาวกัณหา | ชุติมาการพิมพ์ 38 ถ.วัวลาย ต.หายยา อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50100 | 053-279087 |
| 19.คุณบุญชู วุฒิกลชัย | 136/17 ถ.เชียงใหม่-บ่อสร้าง ต.หนองป่าครั่ง อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000 | 01-0208594 |
| 20.คุณอรพิน วัชวงษ์ | 162 ม.7 ต.ดอนเปา อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ 50360 | 053-363063 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

| | | |
|---|---|---|
| 21.คุณวิเศษ สุทธิสว่าง | 100/52 หมู่บ้านชวนชื่นกอล์ฟฟอร่าวิว ถ.กรุงเทพ-ปทุม ต.บางคูวัด อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000 | |
| 22.คุณพัชรา คุ้มอยู่<br>23.คุณวรรณา เลิศวิจิตรจรัส | บ.นิวทรีไลฟ์ เฮลล์แคร์ จำกัด 19/2 ม.4 ตคลองข่อย อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120 | |
| 24.คุณชาญชัย อัชมะพรกุล | 3/3 ถ.สโรธส ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 | |
| 25.คุณหย่งจง แซ่ซื่อ | ม.7 บ้านขุนปิ๋ง ต.แม่ปิ๋ง อ.พร้าว จ.เชียงใหม่ | |
| 26.คุณกอบพงษ์ เลาหเพ็ญแสง | 11/3 หน้าวัดเกต ซ.1 อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000 | 053-243364 |
| 27.คุณอรอวล รุ่งเรือง | 45/5 ม.5 ถ.แจ้งวัฒนะ สีกัน ดอนเมือง กทม. 10210 | |
| 28.คุณบรรณสี ธเนศวานิช | บริษัท กรีนเฮิร์ธ ไบโอเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด อาคาร ณ นคร 99/349 ม.2 ถ.แจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กทม. 10210 | 01-8457631<br>02-5761981<br>-4 |
| 29.คุณปิยาภรณ์ แซ่จิว | 65/2 ม.2 ต.แม่แรง อ.ป่าซาง จ.ลำพูน 51120 | 053-556913 |
| 30.คุณสมชาย ศรีสะอาด | 20/3 ถ.นวมินทร์ ซ.สุวรรณประสิทธิ์ เขตบึงกุ่ม บางกะปิ กทม. 10240 | 02-3753805 |
| 31.คุณกอบกิจ รัตนศฤงค์<br>32.คุณสุภาพรรณ รัตนศฤงค์ | 301 ซ.5 ถ.พิบูลย์ละเอียด ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 | 01-9675749<br>01-3213591 |
| 33.คุณธนกฤต รัตนสิริปัญญา | 36 ถ.ศรีลานนา ต.ป่าตัน อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300 | 01-1143013<br>053-214107 |
| 34.คุณสุวิทย์ ใจโพธิ์ | 81/10 ถ.อารักษ์ ต.พระสิงห์ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 | 053-277579 |
| 35.คุณทองใบ พระจิตต์คำ | 20/1 ม.1 ต.ห้วยหยาบ อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ 50130 | 053-881703 |
| 36.คุณพงศธร ทวีวัฒนสมบูรณ์ | 285 ม.5 ต.ห้วยสัก อ.เมือง จ.เชียงราย 57000 | 01-5684312 |
| 37.คุณสุระณี กรองทอง | 80/10 สุขสันต์ ฯ ลาดยาว ลาดพร้าว 23 จตุจักร กทม. 10900 | 01-8150276 |
| 38.คุณศรีเนียม ประสิทธิศักดิ์ | 81 ถ.จามเทวี ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ลำพูน 51000 | 053-511840 |
| 39.คุณวทัญญู ท้าวคำลือ | 228/26 ม.8 ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 | 01-8855926 |
| 40.คุณกะเซ็ลน์ ฉานปัญญา | บ.กู๊ดไลฟ์ อินเตอร์เทรดดิ้ง จก. 228/25 ม.8 ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 | 01-8312929 |
| 41.คุณโกวิท ลีรวัฒน์ | 182 ม.7 ต.หนองแก๋ว อ.หางดง จ.เชียงใหม่ 50230 | 09-260120 |
| 42.คุณสุรชัย พรหมสถิตย์ | 9/73 | |
| 43.คุณกิตติพงศ์ รักชัยจิรกุล | 71/1 ม.2 ถ.บ่อสร้าง-ดอยสะเก็ด ต.ตลาดใหญ่ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ 50220 | 09-8540035 |
| 44.คุณเพ็ญพรรณ คงแก้ว | 60/4 ถ.สนามกีฬา ต.ศรีภูมิ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 | 053-215778<br>09-5604424 |
| 45.คุณรามาริน บุญสม | 74/4 ถ.เวียงแก่ง ต.ศรีภูมิ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 | 09-4331143 |
| 46.คุณอภิพร ราชมณเฑียร | 18/21 ต.ศาลาแดง อ.เมือง จ.อ่างทอง 14000 | 035-613931<br>01-8524069 |
| 47.คุณสุกัญญา น้อยเจริญ | 342 ถ.เชียงใหม่-ลำพูน อ.สารภี จ.เชียงใหม่ 50140 | 01-3860007 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

| | | |
|---|---|---|
| | | 053-322822 |
| 48.คุณศิริพัฒน์ กาวิละ | 5 ม.2 ต.ท่าศาลา อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000 | 09-8516174 |
| 49.ว่าที่รท.ไพโรจน์ ราชมณเฑียร | 18/21 ต.สาลาแดง อ.เมือง จ.อ่างทอง 14000 | 035-613931<br>01-8524069 |
| 50.คุณสุนทรีย์ จิตต์จำนง | 47 เจริญเมือง ซ.4 ต.วัดเกต อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000 | 09-9996838 |
| 51.คุณเสรี แปงจิตต์ | | |
| 52.คุณสุรเกียรติ ธรรมสุภาพร | 46 ถ.เทศบาล สาย 1 อ.ขลุง จ.จันทบุรี 22110 | 01-7593674 |
| 53.คุณศุภลักษณ์ เซ็นนันท์ | 230/3 ซ.เจริญสุข ถ.ทุ่งโฮเต็ล ต.วัดเกต อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000 | 01-6712636 |
| 54.คุณฉลองศักดิ์ ปูอุตรี | 227 ม.4 ถ.เชียงใหม่-ลำปาง ต.ศรีบัวบาน อ.เมือง จ.ลำพูน 51000 | 01-6818797 |
| 55.คุณอติกานต์ ลีลาภรณ์ | 300/151 ม.5 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000 | 09-8507751 |
| 56.คุณสุภัควัฒน์ สิทธิโชค | 144/26 ถ.พหลโยธิน ต.สวนดอก อ.เมือง จ. ลำปาง 52000 | 06-6585746 |
| 57.คุณจิตรา จันทร์แสง | 318 ซ.4 ถ.มิตรภาพ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 | 06-7202822<br>01-3936074 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ครั้งที่ 2

| ชื่อ-สกุล | ที่อยู่ที่ติดต่อได้ | โทรศัพท์ |
|---|---|---|
| 1. คุณเกษม ชัยมหาวรรณ์ | 47/3 หมู่ 8 ต.ร้องวัวแดง อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ | 053-394787 |
| 2. คุณเกียรติศักดิ์ ผลิตัน | 103 หมู่ 3 ต. ทาสบเส้า อ.แม่ทา จ. ลำพูน | 053-976310 |
| 3. คุณทวนชัย วงค์เสวก | 5 หมู่ 2 ต. ทุ่งหลวง อ. พร้าว จ.เชียงใหม่ 50190 | 01-6285487 |
| 4. คุณส่งเสริม แสนคำดี | บ้านเลขที่ 3 ถ. สุขเกษม ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ | 053-221959 |
| 5. คุณสมพงษ์ จินตนาวัฒน์ | 480 หมู่ 3 ต. สันทรายน้อย อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ | 07-1779298 |
| 6. คุณไพโรจน์ วงศ์อนุตรโรจน์ | 242 หมู่ 1 บ้านฮ่องห้า ต.น้ำโจ้ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง 52150 | 05-1790477 |
| 7. คุณเฉลิม อรุณโรจน์ | 17/1 หมู่ 2 ต. สันผีเสื้อ อ.เมือง จ. เชียงใหม่ | 053-379114 |
| 8. คุณไมตรี เตชะศิลป์ปัญญา | 6/3 ซอย 1 ถ. สามล้าน(หลังวัดพระสิงห์) อ.เมือง จ.เชียงใหม่ | 053-278691 |
| 9. คุณชนะไพสิฐ กิติทรัพย์ | กิติทรัพย์ปาย 81 หมู่ 8 ต.เวียงใต้ อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน | 01-9508007 |
| 10. คุณไพโรจน์ นุตโรจน์ | 28/1 หมู่ 9 ต.ทุ่งยาว อ.ปาย จ.แม่ฮ่องสอน | 053-699971 |
| 11. คุณสุรกิจ ปัสตัน | โรงเรียนเชียงคำวิทยาคม อ.เชียงคำ จ. พะเยา | 06-9163322 |
| 12. คุณสากล ชื่นกุล | สำนักสุขศาสตร์สัตว์และสุขอนามัยที่5 ถ. ห้วยแก้ว อ.เมือง จ.เชียงใหม่ | 06-1799117 |
| 13. คุณศิริสุทธิ์ สิงหลักษณ์ | แหนมเนื้อทิพย์ | 053-8978294-5 |
| 14. คุณวีระ อมรรัตนโรจน์ | 200 ถ.ราชเชียงแสน ต.หายยา อ.เมือง จ.เชียงใหม่ | 09-5523740 |
| 15. คุณธานินทร์ โกศัยภัทร์ | 37-39 ถ.บุญวาทย์ ต.หัวเวียง อ.เมือง จ.ลำปาง | 01-9934559 |
| 16. คุณนิติพน นิติภูมิเวชสกุล | บริษัท เฮลท์เฮิร์บโปรดักส์ จก. 202/5 หมู่ 2 ซ.ผูกมิตร ถ.รถรางเก่า ต.สำโรงใต้ อ. พระประแดง จ.สมุทรปราการ | 02-3843461-9 |
| 17. คุณจำรัส วงศ์กิติ | 297 หมู่ 6 ต.แม่แฝกใหม่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ | 09-9999834 |
| 18. คุณพงษ์ศักดิ์ อำนาจกิติกร | 208 ถ. เจริญประเทศ ต.เวียงเหนือ อ.เมือง จ.ลำปาง | 01-3877744 |
| 19. คุณสมศักดิ์ ตระกูลเกียรติ | 23/8 หมู่ 2 บ้านแม่มาลัย ต.ขี้เหล็ก อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ | 09-3711389 |
| 20. คุณณัฐวรรณ ชนะบุญ | 19/25 ถ.สิงหราช ต.ศรีภูมิ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ | 09-9540528 |
| 21. คุณปิโยรส หงษาชาติ | ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ | 01-7648446 |
| 22. คุณประพันธ์ นิติธีรพงศ์ | บัณฑิตศึกษา, คณะทันตแพทย์ 38 หมู่ 5 บ้านขัวมุง ต.ขัวมุง อ.สารภี จ.เชียงใหม่ | 06-1155584 |
| 23. คุณศิริพรรณ ปัญญารักษา | 3/1 หมู่2 ต.หนองแก๋ว อ.หางดง จ.เชียงใหม่ | 06-1873487 |
| 24. คุณเกษตร วังขาว | 146/1 หมู่ 2 ต.สันผีเสื้อ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ | 06-1975344 |
| 25. คุณกฤษณา ภูรังษี | 65 หมู่ 1 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ. เชียงใหม่ | 06-6715249 |
| 26. คุณชลาลัย มูลแก้ว | 181/14 หมู่บ้านเกศแก้ว หมู่ที่ 2 ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ. เชียงใหม่ | 053-215873 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

| | | |
|---|---|---|
| 27. คุณวุฒิพงษ์ ศิลาธรรมรงค์ | 1/3 หมู่ 3 ต.ขัวมุง อ.สารภี จ.เชียงใหม่ | 09-9540554 |
| 28. คุณอนัน โพธิ์กลีบ | 102/2 หมู่ 5 ต.แม่สา อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ | 06-6545366 |
| 29. คุณทวี ลิ้มปะวงศ์ | 120/25 หมู่ 10 ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ | 01-9609731 |
| 30. คุณวิไล เอื้อละพันธ์ | 3/5 5 ถ.ราชภาคีนัย ต.พระสิงห์ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 | 053-283557 |
| 31. คุณพรประภา สุทธโทธน | 1 หมู่ 10 ต.หนองหาร อ.สันทราย อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50290 | 06-7303150 |
| 32. คุณวิทยา จารุจินดาพล | 7/22-23 หมู่ 7 ต.บางระกำ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก 65140 | 06 - 2066604 |
| 33. คุณสำรวม ธรรมเมธี | 125 พหลโยธิน 26 แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900 | 09-8860944 |
| 34. คุณเสรี ทรัพย์เจริญ | 60 ประดิพัทธ์ 17 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม. 10400 | 06-8908930 |
| 35. | ฝ่ายวิจัยมูลนิธิโครงการหลวง | 06-6715249 |
| 36. ร.ต.ท. ชัยสัณห์ จงมั่งคั่ง | สภ.อ. เมืองกำแพงเพชร ต.ในเมือง อ.เมือง จ.กำแพงเพชร 62000 | 06-6741924 |
| 37. คุณอลงกรณ์ พัวงามประเสริฐ | 57 หมู่ 4 ต.สันมาเม็ง อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ | 053-398517 |
| 38. คุณพงษ์สวัสดิ์ ขำอิ่ม | 93/3 หมู่ 3 ถ.สรงประภา เขตดอนเมือง กรุงเทพฯ 10400 | 01-9385629 |
| 39. คุณสมยศ ภักดี | 86 หมู่ 3 ต.ถ้ำลอด อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน 58180 | 053-617200 |
| 40. คุณบุญส่ง สายจุมปา | 1 หมู่ 6 ต.ทาปลาดุก อ.แม่ทา จ.ลำพูน | 053-507235 |
| 41. คุณพัชรินทร์ ปันดอนดอง | 161 หมู่ 9 ต.น้ำดิบ อ.ป่าซาง จ.ลำพูน 51120 | 053-946765 |
| 42. คุณพรชัย คุ้มถนอม | 196 หมู่ 15 ต.ม่วงคำ อ.พาน จ.เชียงราย | |
| 43. คุณเบญจมาศ เลาหวิสุทธิ์ | 24 ถ.ราษฎร์อุทิศ ซอย 8 ต.วัดเกตุ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ | 053-241550<br>01-9982433 |
| 44. คุณประเสริฐ นิพัทกุศล | 14/39 สุขุมวิท 65 แขวงพระโขนงเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพ 10110 | 01-7833509<br>02-3922460 |
| 45. คุณสมจิตร สุขเกษม | 14/39 สุขุมวิท 65 แขวงพระโขนงเหนือ เขตรัตนา กรุงเทพ 10110 | |
| 46. คุณสุรพงษ์ แซ่กัน | 247 ถ.เจริญเมือง ต.วัดเกตุ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ | 06-7319941 |
| 47. คุณจักรพันธ์ อารีศรีสม | สหกรณ์จังหวัดเชียงใหม่ อ. เมือง จ.เชียงใหม่ | 01-8828459 |
| 48. คุณนิราศ วัฒนานิวัต | 111/35 หมู่ 5 แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ | 054-413701<br>053-283610 |
| 49. คุณนิภาวรรณ สิทธิฤทธิ์ | 1/19 ถ.เวียงบัว ต.ช้างเผือก จ.เชียงใหม่ | 053-212124 |
| 50. คุณจรัส มณีออม | 239 หมู่ 5 ต.ทาปลาดุก อ.แม่ทา จ.ลำพูน 51140 | 053-507235 |
| คุณพงษ์พันธ์ วิเศษแก้ว | ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ | 01-3667230 |
| คุณสรชัช จุลมนต์ | 389/95 หมู่ 10 ถ.พหลโยธิน ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง | 01-3661687 |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved