



## รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การถ่ายทอดเทคโนโลยีในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และ  
จังหวัดลำพูน

TECHNOLOGY TRANSFER OF SPIRULINA CULTURE TO LOCAL PEOPLE  
IN CHIANG MAI AND LUM PHUN PROVINCES

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย

ประจำปี 2544

จำนวน 155,800 บาท

หัวหน้าโครงการ

นางเพ็ญรัตน์ หงษ์วิทยากร

ผู้ร่วมโครงการ

นางสาวโฉมยง ไชยคุบด

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

เมษายน 2546

611/48

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปี พ.ศ. 2544 คณะผู้ดำเนินงานขอขอบคุณ ดร. ดำรง สีนานุรักษ์ รองอธิการบดีฝ่ายวางแผน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มีส่วนผลักดัน และสนับสนุนให้การจัดทำคำขอโครงการประสบความสำเร็จ ผศ. ดร.ยุวดี พิรพรพิศาล ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และคุณเจียมจิตต์ บุญสม บริษัท กรีนไดมอนด์ ผู้ทรงคุณวุฒิในด้านการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในเชิงวิชาการ และการค้าที่ให้คำปรึกษา และเป็นวิทยากรบรรยายให้ผู้เข้ารับการอบรมทุกคน กลุ่มบุคคลสำคัญอีกกลุ่มหนึ่งคือบัณฑิตตลอดจนบุคลากรของภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และคุณนิติ ช่างชอ ที่มีส่วนสนับสนุนให้การดำเนินงานโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้สำเร็จด้วยดี

คณะผู้วิจัย



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	1
บทนำ	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
ตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	15
วิธีการดำเนินงาน	16
ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	21
ผลการวิจัย	21
สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย	33
เอกสารอ้างอิง	35



โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าในเขตพื้นที่จังหวัด  
เชียงใหม่และจังหวัดลำพูน

TECHNOLOGY TRANSFER OF SPIRULINA CULTURE TO LOCAL PEOPLE IN  
CHIANG MAI AND LUM PHUN PROVINCES

เพ็ญรัตน์ หงษ์วิทยากร โฉมยง ไชยอุบล  
PENRUT HONGVITYAKORN, CHOMYONG CHAIUBOL

ภาควิชาชีววิทยา  
คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า ให้แก่ประชาชนในเขตพื้นที่  
จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน เป็นการนำของเสียที่เกิดในชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ น้ำทิ้งจากมูล  
สุกร มูลไก่ มาเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า ซึ่งเป็นการลงทุนต่ำและสามารถเพิ่มรายได้ให้แก่  
ประชาชนในท้องถิ่นอีกด้วย ในโครงการนี้ได้จัดจ้างบัณฑิตระดับปริญญาตรีจำนวน 5 คน ฝึก  
ความรู้ ความชำนาญ ออกสำรวจพื้นที่หมู่บ้านเป้าหมายจำนวน 31 หมู่บ้าน เพื่อสอบถามความ  
สนใจในการเข้ารับการอบรม ผลสรุปพบว่ามีผู้เข้าการอบรม 6 รุ่น เป็นจำนวน 260 คน มีการ  
จัดทำเอกสารประกอบการฝึกอบรมจำนวน 2 เล่ม รวมทั้งมีการจัดทำวีซีดีที่บันทึกกิจกรรมของ  
โครงการทั้งด้านการบรรยายและการปฏิบัติไว้อย่างครบถ้วน

Abstract

The technology transfer of spirulina culture to local people in Chiang Mai and  
Lum Phun provinces by means of bringing community waste, i.e waste water and solid  
waste from swine and poultry to cultivate spirulina is one of a low cost technology of  
recycle and utilization of waste to increase the local people income

Five of graduates are employed and trained to be expert and performed field survey the interesting level of local people in this technology transfer program before starting training course. In summary Two hundred and sixty people are registered and trained in 6 three – day classes. Two booklets of Spirulina Culture Technology are distributed to each. All the activity, both lectures and practices are completely recorded in VCD format.

## บทนำ

ปัจจุบันนี้ประเทศไทยเรากำลังประสบปัญหาภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ ประชากรมีรายได้ต่อคนต่ำมาก ปัญหาการว่างงานสูง แม้แต่บัณฑิตที่จบการศึกษาถึงระดับปริญญาตรีก็ประสบกับภาวะตกงาน รัฐบาลได้พยายามแก้ไขปัญหารุนแรงนี้ ปลุกจิตสำนึกให้คนไทยในชาติช่วยกันประหยัด และให้ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีนโยบายให้ชุมชนสามารถพึ่งตนเองได้ มีโครงการเกิดขึ้นหลายโครงการเพื่อช่วยส่งเสริมให้ชุมชนมีรายได้ ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น หรือมีการนำทรัพยากรในท้องถิ่น ไม่ว่าจะเป็น แรงงานในท้องถิ่น ผลผลิตจากเกษตรกรรม กสิกรรม หรือของเสียที่เกิดขึ้นสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผู้ที่มีความรู้ความชำนาญสู่ประชากรในชุมชนในการนำของเสียที่เกิดขึ้นภายในท้องถิ่นมาเลี้ยงสาหร่ายที่มีประโยชน์เพื่อให้ชุมชนได้ใช้ทรัพยากรอย่างเต็มที่และได้เพิ่มรายได้ให้แก่วัยรุ่นได้เป็นอย่างดี

สาหร่ายสไปรูลิน่า *Spirulina platensis* หรือที่เราเรียกกันว่า สาหร่ายเกลียวทอง เป็นสาหร่ายที่เป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางมานานว่า สาหร่ายชนิดนี้มีโปรตีนสูงกว่าสาหร่ายชนิดอื่น ๆ โดยมีโปรตีนปริมาณมากถึง 55- 60 กรัมใน 100 กรัม ของน้ำหนักแห้ง (Venkataraman, 1983) ยิวดีและคณะ (2535) กล่าวว่าสาหร่ายชนิดนี้ที่เลี้ยงในน้ำกากส่าเหลือผสมสารเคมีบางชนิดที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยคิดเป็นกรัมใน 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง ดังนี้ โปรตีน 68.63 คาร์โบไฮเดรต 12.99 ไขมัน 6.57 เส้นใย 7.38 นอกจากนี้ยังมีเกลือแร่และกรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็นอีกหลายชนิด รวมทั้งวิตามิน โดยเฉพาะ provitamin A ซึ่งเป็นสารพวก เบต้า-แคโรทีน ถึง 40.27 มิลลิกรัมใน 100 กรัม น้ำหนักแห้ง การที่สาหร่ายชนิดนี้มีคุณค่าทางด่างโภชนาการสูงดังกล่าว จึงมีผู้นิยมนำมาเพาะเลี้ยงในลักษณะ mass product แล้วออกจำหน่ายเป็นอาหารเสริมของคนหรือสัตว์เลี้ยงต่างๆ ซึ่งจะมีผลให้สัตว์เลี้ยงเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง สำหรับในคนก็มีรายงานกล่าวไว้ว่าสามารถรักษาโรคต่าง ๆ ได้

มากมาย เช่น โรคเบาหวาน โรคอ้วนเพลี้ย และช่วยลดน้ำหนักได้อย่างมีประสิทธิภาพ (เจียมจิตต์, 2531) และสาหร่ายชนิดนี้มีเบต้า-แคโรทีนสูง จึงนิยมนำมาผสมอาหารเลี้ยงสัตว์บางชนิดที่ต้องการให้มีสีแดงสด ชมพู หรือสีส้ม อาทิ ผสมอาหารเลี้ยงปลา ประเภทปลาที่มีสีสวยงาม ปลาการ์ป และปลาทองชนิดต่าง ๆ ผสมอาหารเลี้ยงไก่หรือนกกกระทาทำให้ไข่แดงมีสีแดงสดและเนื้อมีสีชมพูมากขึ้น ซึ่งเป็นที่ต้องการของท้องตลาด (สุชาติ, 2529) ในปัจจุบันโรงงานผลิตสาหร่ายสไปรูลิน่า ในประเทศไทยมีหลายแห่งด้วยกัน ในเขตกรุงเทพมหานคร ราชบุรี เชียงใหม่ และลำปาง เช่น บริษัทสยามแอลจี ในชื่อการค้าว่า Linagreen และบริษัทสาหร่ายเกลียวทอง จำกัด ในชื่อการค้าว่า Spilin และมีบางบริษัทเลี้ยงเพื่อส่งจำหน่ายให้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ซึ่งเลี้ยงโดยใช้สูตรอาหารมาตรฐาน Zarrouk ในสูตรอาหารนี้ใช้สารเคมีหลายตัว ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงมาก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีราคาสูงเกินไป ดังนั้นจึงมีการนำของเสียจากแหล่งชุมชนที่มีส่วนประกอบของสารอาหารจำพวกไนโตรเจน แอมโมเนียและฟอสเฟต ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นและไม่เป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย เป็นการลดต้นทุนการผลิต สาหร่ายที่ได้สามารถนำมาเลี้ยงสัตว์และใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้ ดังมีรายงานการวิจัยดังนี้ Chung et al. (1978) เลี้ยงสาหร่ายในน้ำหมักมูลสุกร สาหร่ายมีการเจริญเติบโตดี ชื่นจิตต์ (2530) ได้นำน้ำสกัดจากมูลสุกร มูลเป็ด มูลวัว และมูลไก่ แล้วใส่สารเคมีเพิ่มพบว่าสาหร่ายมีการเจริญดี โดยเฉพาะมูลไก่ เพราะมูลไก่มีปริมาณไนโตรเจนมากกว่ามูลสัตว์ชนิดอื่น ๆ แล้วยังมีรายงานอีกว่าสามารถนำผลผลิตที่เหลือจากการเกษตรมาใช้เลี้ยงสาหร่ายได้อีกด้วย เช่น น้ำถั่วเหลือง น้ำหมักฟางข้าว น้ำเวย์เต้าหู้ ซึ่ง สถิตย์ (2533) ได้ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำเวย์เต้าหู้ ได้ผลผลิตดีมาก

โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า ให้แก่ประชากรในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ซึ่งจังหวัดที่มีทั้งน้ำดี อากาศดี และสิ่งแวดล้อมยังเป็นธรรมชาติที่ดี เป็นการนำของเสียที่เกิดจากชุมชนนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เป็นการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นอย่างครบวงจร โดยแทบจะไม่เกิดของเสียเลยในกระบวนการผลิต เป็นการลดค่าใช้จ่ายและส่งเสริมรายได้ให้แก่ประชากรในท้องถิ่น และส่งเสริมให้มีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อมและจนกระทั่งสามารถผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ในท้องถิ่น เพื่อจำหน่ายในประเทศและส่งไปขายยังต่างประเทศได้ ซึ่งปัจจุบันนี้มีตลาดการรับซื้อขายสาหร่ายเกลียวทองอยู่กว้างขวางมาก ประกอบทั้งในโครงการนี้ได้จัดจ้างบัณฑิตระดับปริญญาตรีที่ว่างงาน ได้ฝึกความรู้ความชำนาญเพื่อถ่ายทอดให้แก่ชาวบ้าน เป็นการช่วยประเทศชาติในการลดปัญหาการว่างงานได้อย่างยิ่ง

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อนำเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า ไปถ่ายทอดให้กับกลุ่มแม่บ้านเกษตรกร ชุมชน ผู้สนใจ เป็นการช่วยเสริมสร้างรายได้ให้ครอบครัว
2. เพื่อลดปัญหาการว่างงานสำหรับบัณฑิตระดับปริญญาตรี
3. ชาวบ้านในกลุ่มเป้าหมายสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้รับในการฝึกอบรมเพาะเลี้ยงสาหร่ายในเชิงอุตสาหกรรมขนาดย่อมได้
4. สามารถใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นได้ครบวงจร และช่วยลดของเสียที่เกิดขึ้นในท้องถิ่นได้

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ส่งเสริมบัณฑิตให้มีคุณภาพลดอัตราการว่างงาน
2. นำความรู้ทางวิชาการที่ได้จากการวิจัยในสถาบันการศึกษาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อส่วนรวมและท้องถิ่น
3. บัณฑิตได้รับความรู้และความชำนาญเป็นพิเศษในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่าและสามารถถ่ายทอดให้แก่ชุมชนเป้าหมายได้ ยังอาจสามารถนำไปพัฒนาเป็นอาชีพหลักและถ่ายทอดให้แก่ชุมชนในภูมิลำเนาของตนเองได้อีกด้วย
4. ชาวบ้านในกลุ่มเป้าหมายสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้รับในการฝึกอบรมเพาะเลี้ยงสาหร่ายในเชิงอุตสาหกรรมขนาดย่อมได้ส่งเสริมการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด

## ตรวจสอบเอกสาร

สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina* spp.) เป็นชื่อที่สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง ตั้งให้กับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีชื่อสกุลในทางวิทยาศาสตร์ว่า *Spirulina* (เอกสารเผยแพร่ กรมประมง, 2530) ในปัจจุบันพบประมาณ 35 ชนิด แต่ชนิดที่มีการทดลองวิจัยและมีความเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเพื่อนำมาเป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์คือ *Spirulina platensis* (เจียมจิตต์, 2532)

## 1. การจัดลำดับทางด้านอนุกรมวิธานของสาหร่าย *S. platensis*

สามารถจัดอนุกรมวิธานของสาหร่าย *S. platensis* (Bold and Wynne, 1978 ; Venkataraman, 1983) ได้ดังนี้

Kingdom	Monera
Division	Cyanophyta
Class	Cyanophyceae
Order	Oscillatoriales
Family	Oscillatoriaceae
Genus	<i>Spirulina</i>
Species	<i>Spirulina platensis</i>

## 2. ลักษณะทางชีววิทยาของสาหร่าย *S. platensis*

สาหร่าย *S. platensis* จัดอยู่ในกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เนื่องจากมีคลอโรฟิลล์ช่วยในการสังเคราะห์แสง หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นแบคทีเรียประเภทไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) เป็นสิ่งมีชีวิตประเภทโปรคาริโอต (prokaryote) ลักษณะทั่วไปประกอบด้วยเซลล์หลาย ๆ เซลล์เรียงต่อกันเป็นสาย บิดเป็นเกลียวคล้ายเกลียวของสปริง ไม่แตกแขนง เรียกว่า ไตรโคม (trichomes) มีลักษณะรูปทรงกระบอกตลอดสาย มีปลายทั้งสองข้างโค้งมน (วุฒิพร และสมบัติ, 2529) โดยทั่วไปความกว้างของเกลียว (helix) 4 ถึง 8 ไมโครเมตร ระยะห่างระหว่างเกลียว (pitch) 60 ไมโครเมตร มีความยาวของไตรโคมประมาณ 300 ถึง 500 ไมโครเมตร (Venkataraman, 1983)

ผนังเซลล์ประกอบด้วยสารมิวโคโพลิเมอร์ (mucopolymer) เพคติก (pectic) โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ไม่พบสารประกอบของเซลลูโลส (cellulose) ไม่มีเมือก (mucous) ห่อหุ้มเมมเบรน (membrane) ซึ่งเป็นข้อดีที่ทำให้ไม่มีจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ มาเกาะ ไม่มีนิวเคลียส (nucleus) และพบว่าสารประกอบนิวเคลียส เช่น นิวคลีอิกแอซิด (nucleic acid) มีกระจายอยู่มากมายในไซโตพลาสซึมจึงจัดเป็นพวกโปรคาริโอต (สุชาติ, 2529) ไม่มีคลอโรพลาสต์ (chloroplast) มีแต่ไทลาคอยด์ (thylakoid) กระจายอยู่ทั่วไปในไซโตพลาสซึม และพบว่าสาหร่าย *S. platensis* มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงมาก มีเม็ดอากาศ (gas vacuole) ทำให้มีการลอยตัวได้ดีมาก มีเม็ดสี (pigment) ที่สำคัญคือคลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll a) เบต้าแคโรทีน ( $\beta$  - carotene) เบต้าคริปโตแซนทิน ( $\beta$  - cryptoxanthin) ซีแซนทิน (zeaxanthin) มิกโซแซนโทฟิลล์ (myxoxanthophyll) ซีไฟโคไซยานิน (c - phycocyanin) ออลโลไฟโคไซยานิน

(allophycocyanin) ซึ่งมีสีน้ำเงินในปริมาณสูง มีไฟโคเออร์ทริน (phycoerythrin) ซึ่งมีสีแดง นอกจากนี้ยังมีสารปฏิชีวนะ (antibiotics) บางชนิดที่ต่อต้านจุลินทรีย์พวกอื่น ๆ ได้ดี (สุมนทิพย์, 2529) สาหร่ายชนิดนี้ทนต่อความร้อนได้ดีประมาณ 35 ถึง 40 องศาเซลเซียสและทนต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้สูง (สยามแอลจี, 2535)

สาหร่าย *S. platensis* มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการขาดออกเป็นท่อน (fragmentation) ซึ่งแต่ละท่อนจะแบ่งเซลล์ใหม่ทำให้ไตรโคมยี่ดียวออก (กาญจนภาชน์, 2527) การเคลื่อนที่ของสาหร่าย *S. platensis* เป็นแบบบิดหมุนเป็นเกลียว (spiral) คล้ายควงสว่าง (rotation) และเป็นคลื่นซึ่งทำให้เส้นสายเลื่อนไถล (gliding) ไปได้ (Fogg et al., 1973) สาเหตุที่ทำให้เส้นสายของสาหร่ายเลื่อนไถลไปยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เข้าใจว่าเกิดจากสาหร่ายผลิตสารเมือกเหนียวชั้นออกมาทางรูเล็กของผนังเซลล์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันน้ำที่อยู่รอบ ๆ จึงทำให้สาหร่ายเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและถอยหลังในทิศทางตามความยาวของเส้นสาย หรืออาจเกิดจากการยึดหดตัวของเซลล์ภายในเส้นสายของสาหร่าย ทำให้เกิดเป็นคลื่นซึ่งสามารถทำให้เคลื่อนที่ได้ (Bold and Wynne, 1978)

พบสาหร่าย *S. platensis* ได้ทั่วไปในน้ำจืด น้ำกร่อย น้ำเค็ม และน้ำเสีย โดยเฉพาะน้ำที่มีความเป็นกรดต่างค่อนข้างสูงจะเจริญเติบโตได้ดี เช่น ทะเลสาบที่มีสภาพความเป็นต่างค่อนข้างสูงในประเทศเม็กซิโกและประเทศในแถบแอฟริกา (เจียมจิตต์, 2535) และพบในแหล่งน้ำจืดเขตร้อนมากกว่าเขตอบอุ่น นอกจากนี้ยังพบในแหล่งน้ำตามภูเขาและในบริเวณน้ำพุร้อนที่เยลโลสโตนปาร์ค ซึ่งมีปริมาณซัลไฟด์เป็นจำนวนมาก (Carr and Whitton อ้างโดยบัญชา, 2535) สำหรับประเทศไทยพบว่ามีการแพร่กระจายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากกว่าภาคอื่น ๆ (เจียมจิตต์, 2530) และอาจพบปะปนกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิดอื่น เช่น *Oscillatoria* spp. หรือ *Microcystis* spp. เป็นต้น (ยุวดี, 2542)

### 3. ประโยชน์ของสาหร่าย *S. platensis*

3.1 การใช้เป็นอาหารสำหรับมนุษย์ มีรายงานเป็นหลักฐานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2370 หรือในช่วงศตวรรษที่ 19 ที่ประเทศชาด (Chad) โดยชนเผ่าคาเนมบู (Kanembu) มีอาหารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า Dihe และชาว แอสเทคส์ (Aztecs) ในประเทศเม็กซิโกนำสาหร่ายมาทำอาหารที่เรียกว่า เทคูทเลท (Tecuitlate) (Venkataraman, 1983) ชาวญี่ปุ่นนิยมนำมาบริโภคเป็นอาหารบำรุงสุขภาพโดยทำเป็นอุตสาหกรรม ใช้กรรมวิธีทำแห้งและอัดเม็ดซึ่งมีราคาแพง (ศิริรัตน์, 2527) ชาวจีนใช้เพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มคุณค่าทางอาหารโดยใช้สาหร่ายผสมลงไปในการชนิดต่าง ๆ ทั้งในรูปอาหารคาวและอาหารหวาน (Solowey, 1995) ชาวไต้หวันและชาวเยอรมันนิยมนำมาผลิต

เป็นอาหารเสริมที่เรียกว่า Single Cell Protein ออกจำหน่าย (อักษร, 2529) การประเมินคุณค่าทางโภชนาการและความเป็นพิษของสาหร่าย *S. platensis* นั้นได้มีการวิจัยหลายแห่งและต่างก็สรุปว่าไม่มีพิษและไม่มีผลข้างเคียงแต่อย่างใดและการประเมินคุณภาพโปรตีนของสาหร่ายสายพันธุ์ไทยโดยวิธีทางชีวภาพกับหนูทดลองดำเนินการโดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ดวงจันทร์ และคณะ, 2539)

3.2 การใช้ประโยชน์ในการช่วยเสริมสร้างและบำรุงร่างกาย สาหร่าย *S. platensis* มีองค์ประกอบของโปรตีนสูงมากจนได้รับการกล่าวขานว่าเป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำหรับอนาคต นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบของวิตามินครบทุกตัว และมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (ปานทิพย์ ; 2536) ซึ่งเหมาะสำหรับผู้มีสุขภาพดีและผู้ที่มีสภาพร่างกาย เช่น เหนื่อยง่าย เป็นหวัดง่าย วิงเวียนศีรษะอยู่เสมอ หญิงมีครรภ์ ผู้ที่ไม่รับประทานอาหารเช้า กำลังอดอาหารเพื่อลดความอ้วน มีอาการท้องผูกอยู่เป็นประจำ อาการผิดปกติในร่างกายที่ทำให้เกิดโรคนั้นมีหลายอย่างและกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของอาการผิดปกตินั้นเกิดจากการรับประทานอาหารที่บกพร่อง ไม่เพียงพอหรือไม่ถูกสัดส่วน (เจียมจิตต์, 2535)

สาหร่าย *Spirulina* spp. ถือได้ว่าเป็นอาหารสมอง เพราะมีกรดอะมิโนหลายชนิด เช่น กรดกลูตามิก ทริโพรเฟน ไอโซลิวซีน แวลีน และลิวซีน เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้จะช่วยส่งผ่านความรู้สึกและช่วยรักษาสมดุลของระบบประสาท (เอกสารเผยแพร่บริษัทกรีนโดมอนต์ จำกัด, 2539) ได้มีการทดลองใช้สาหร่าย *Spirulina* spp. ในประเทศกำลังพัฒนา พบว่าสาหร่ายชนิดนี้ช่วยแก้ไขปัญหาคาดขีดอาหารทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ เนื่องจากสาหร่ายมีโปรตีนที่ย่อยง่าย มีเบต้าแคโรทีนสูง มีแกมมาไลโนเลนิก เหล็ก และแคลเซียม สารสกัดจากสาหร่าย *S. platensis* ประกอบด้วยสารต้านทานอนุมูลอิสระ สารต้านทานไวรัส สารต้านมะเร็ง สารต้านภูมิแพ้ สารส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน สารลดไขมันในเส้นเลือด เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้มีบทบาทสำคัญต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ช่วยส่งเสริมและบำรุงร่างกายให้แข็งแรง ซึ่งน้ำสกัดจากสาหร่าย *S. platensis* ที่เรียกว่า Calcium – Spirulan สามารถยับยั้งการจำลองตัวของไวรัสในการทดลองในหลอดทดลอง เช่น HIV – 1 , herpes simplex virus (Kozlenko and Henson, 1998)

3.3 การใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ ปัจจุบันมีการวิจัยถึงประสิทธิภาพของสาหร่ายชนิดนี้ในแง่ของการเป็นตัวยารักษาโรคที่นายแพทย์ชาวญี่ปุ่นค้นพบได้กล่าวถึงสรรพคุณทางการเป็นตัวยารักษาโรค ต่าง ๆ ไว้มาก เช่น สามารถรักษาโรคเบาหวาน อาการท้องอืดท้องเฟ้อ โรคตับอักเสบ โรคตับแข็ง ต้อกระจก ต้อหิน โรคผมร่วน และลดความเครียด ซึ่งสามารถทำให้โรคเหล่านั้นหายขาดในบางรายและบางรายก็ช่วยทำให้อาการทุเลาลงได้ (เจียม

จิตต์, 2532) มีรายงานว่าสาหร่ายช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจโดยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดรวมทั้งสามารถใช้เป็นอาหารเสริมลดความอ้วนได้ (Venkataraman, 1983) ใช้รักษาโรคกระเพาะอาหารอักเสบโดยสาหร่ายจะช่วยเคลือบผนังกระเพาะอาหาร ยับยั้งการหลั่งเอนไซม์เปปซินที่มากเกินไปและลดอาการบวมของเนื้อเยื่อ และยังมีสาร mesafirine ซึ่งช่วยรักษาแผลในกระเพาะอาหารอีกด้วย (เอกสารเผยแพร่บริษัทกรีนโดมอนด์, 2539) มีสารเคมีบางตัวในสาหร่าย เช่น สารซัลโฟลิปิด (sulfolipid) ซึ่งเป็นกลุ่มไขมันที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ มีประสิทธิภาพในการต่อต้านไวรัส HIV ซึ่งสถาบันวิจัย American National Cancer Institute ได้เลือกใช้ทดสอบความเป็นไปได้เพื่อใช้เป็นสารต่อต้านโรคเอดส์ นอกจากนี้สารเบต้าแคโรทีนยังช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant) ซึ่งเป็นการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ (free – radicals) อันเป็นต้นเหตุทำให้เกิดโรคมะเร็ง (Tanticharoen and M.Ruengjitchachawalya, 2001) ในประเทศเม็กซิโกใช้สาหร่าย *Spirulina* spp. แห่ง 20 ถึง 40 กรัมให้เด็กที่มารับประทานประมาณ 30 ถึง 40 วัน พบว่าช่วยให้กล้ามเนื้อยืดหดตัวดี และการทดลองใช้กับเด็กทารกขาดอาหารในเม็กซิโกโดยการให้อาหารที่มีโปรตีน 50 เปอร์เซ็นต์ จากสาหร่ายช่วยให้ทารกมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นได้ (สุชาติ, 2529)

3.4 การใช้เป็นอาหารสัตว์ ได้มีการนำสาหร่ายไปทดลองเลี้ยงลูกไก่พบว่าอัตราการตายมีน้อยลง และทำให้สีของไข่แดงเพิ่มขึ้นเนื่องจากแคโรทีนจะถูกเปลี่ยนเป็นวิตามินเอทางด้านประมงพบว่าสามารถนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงปลาและกุ้งได้เป็นอย่างดี ทำให้ปลาเพิ่มน้ำหนักตัวได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีสารบางตัวที่ทำให้ปลามีสีสดสวยขึ้นอีกด้วย (สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 2530) มีการทดลองผสมสาหร่ายในอาหารเลี้ยงนกกกระทาดังแต่อายุ 1 วัน จนถึง 11 สัปดาห์ พบว่าสีของไข่แดงที่ได้รับสาหร่ายจะมีสีเข้มขึ้นตามปริมาณของสาหร่ายที่ผสมในอาหาร (โอภาส, 2533) มีการใช้สาหร่าย *S. platensis* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยน้ำเสียหรือน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ผสมลงในอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์จะช่วยเพิ่มคุณค่าสารอาหารและเป็นการลดต้นทุนการผลิต (สมเกียรติ, 2542)

3.5 การใช้ประโยชน์เพื่อช่วยในการบำบัดน้ำเสีย การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ในภาควิชาที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และมีการเติมปุ๋ย N : P : K ( สูตร 16 : 16 : 16 ) ,  $\text{NaHCO}_3$  ,  $\text{NaNO}_3$  ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพกลางแจ้ง พบว่าสาหร่าย *S. platensis* สามารถลดค่า  $\text{BOD}_5$  ได้ 44.00 เปอร์เซ็นต์ และ 43.43 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของสีน้ำจากสาหร่ายลดลง 51.13 เปอร์เซ็นต์ และ 58.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (วิลาสินี, 2532) การทดลองเพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าไก่ พบว่าหลังการเพาะเลี้ยงสาหร่ายจะทำให้ค่า  $\text{BOD}_5$  ลดลงในช่วง 15 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ และให้ผลผลิตสูงสุด 197 ถึง 268 มิลลิกรัมต่อ 100

มิลลิลิตร ต่อมาได้ทดลองเลี้ยงสาหร่ายนี้โดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานปลาปน พบว่าสามารถใช้น้ำทิ้งได้มากที่สุด 15 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลผลิต 6.87 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน (สุขใจ และนวลพรรณ, 2530) ได้มีการทดลองนำสาหร่ายนี้มาบำบัดน้ำเสียจากการต้มเปลือกปอสาเพื่อหาประสิทธิภาพในการบำบัดสีในน้ำเสีย โดยใช้พารามิเตอร์ คือ สี COD pH และคลอโรฟิลล์ และเพื่อหาปริมาณการเจริญเติบโตของสาหร่ายและสภาวะที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยง โดยทำการทดลองที่ค่าสีของน้ำเสียต่าง ๆ โดยใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Algae pond ใช้เวลาทดลอง 20 ถึง 30 วัน พบว่าเมื่อใช้เวลาในการทดลองประมาณ 20 วันประสิทธิภาพในการบำบัดสีประมาณ 60 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพบำบัด COD อยู่ในช่วง 80 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณการเจริญเติบโตของสาหร่ายจะสูงสุดเมื่อใช้ค่าความเข้มข้น 300 หน่วยสี ในการทดลองประมาณ 30 วัน และพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดสีจะมีค่าสูงสุดคือ 72 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพในการบำบัด COD จะมีค่าสูงสุดคือ 92 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ค่าความเข้มข้นเท่ากับ 300 หน่วยสี (จิตรลดา และวรวรรณ, 2538) การเพาะเลี้ยงโดยใช้อาหารจากน้ำทิ้งปอหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกรที่ได้จากปอบำบัดน้ำเสียของฟาร์มเลี้ยงสุกร พบว่าค่า BOD<sub>5</sub> ของน้ำทิ้งลดลง 61.38 เปอร์เซ็นต์ (ปฏิพันธ์, 2543) และมีรายงานว่า การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* ด้วยน้ำเสียจากแหล่งชุมชนหรือมูลสัตว์ น้ำทิ้งที่ผ่านการเลี้ยงสาหร่ายและได้กรองเอาสาหร่ายออกแล้วจะมีคุณภาพดีขึ้น (Becker and Venkataraman, 1982) การเพาะเลี้ยง BGA สกุล *Spirulina* ในน้ำหมักปุ๋ยคอก (มูลสุกร) ซึ่งเป็นการนำสิ่งปฏิกูลจากคอกสุกรมามากในสภาพไร้ออกซิเจนก่อนแล้วจึงนำมาใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย สามารถได้ผลผลิตสาหร่ายไว้ใช้ต่อไปและช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย (Yang and Duerr, 1987) การใช้สาหร่าย *S. platensis* ในการกำจัดน้ำเสียจากฟาร์มในระบบการทำเกษตรกรรมแบบผสมผสาน (integrated farming system) ซึ่งประสบความสำเร็จสามารถรักษาสมดุลย์และคงสภาพของระบบนิเวศทางการเกษตร (sustainable agroecosystem) ซึ่งผลพลอยได้เมื่อใช้สาหร่าย *S. platensis* มาเพาะเลี้ยงในน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์นี้คือ น้ำเสียเปลี่ยนเป็นน้ำที่มีคุณภาพดีขึ้น ได้โปรตีนจากสาหร่ายเพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนและวิตามินแก่สัตว์ (Wenger, 1988)

#### 4 ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis*

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* มีปัจจัยบางประการที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตของสาหร่าย (Venkataraman, 1983) ดังนี้

4.1 ปริมาณสารอาหาร (nutrients) สารอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย คือ

- ไนโตรเจน (nitrogen) มีความสำคัญรองจากคาร์บอนในแง่ของปริมาณ สำหรับยีสี่เขียวแกมน้ำเงินสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ไนโตรเจนในรูป สารอนินทรีย์ ได้แก่ เกลือ 3 ชนิด คือ ไนเตรท , ไนไตรท์และแอมโมเนีย ถ้าแหล่งไนโตรเจน อยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียเพียงอย่างเดียวจะทำให้ระดับของ pH ของอาหาร ลดต่ำลงอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นอันตรายต่อสาหร่าย ถ้าสาหร่ายขาดไนโตรเจนจะมี ผลต่อการสังเคราะห์แสงและปริมาณรงควัตถุหรือสารสีของเซลล์ รวมทั้งทำให้ กิจกรรมของเอนไซม์บางชนิดลดลงด้วย
- ฟอสฟอรัส (phosphorus) จะพบอยู่ในรูปของ orthophosphates และในรูป สารอินทรีย์ ส่วนสารละลายฟอสเฟตฟอสฟอรัสจะปรากฏในปริมาณน้อยมากใน ธรรมชาติ ยกเว้นในน้ำที่มีมลพิษสูง ๆ ซึ่งมีสารอินทรีย์มาก สาหร่ายบางสปีชีส์ สามารถดูดซึมฟอสฟอรัสเข้าไปในเซลล์ในปริมาณมากเกินพอและเซลล์ดังกล่าว สามารถดำรงชีวิตในน้ำที่มีไนโตรเจนต่ำ ๆ ได้ สำหรับสาหร่ายสี่เขียวต้องการ ฟอสฟอรัสเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตประมาณ 2 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง
- โพแทสเซียม (potassium) เป็นแร่ธาตุที่สาหร่ายต้องการถ้าลดปริมาณ โพแทสเซียมลงจะทำให้การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายลดต่ำลงด้วยแต่การ หายใจจะเพิ่มขึ้น

4.2 ปริมาณแสง (light) สาหร่าย *S. platensis* เจริญเติบโตด้วยการสังเคราะห์แสง จึง จำเป็นต้องใช้แสง ซึ่งแสงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในระบบอุตสาหกรรม คือ แสงแดด โดยปริมาณแสงแดดที่เหมาะสมกับการเจริญของสาหร่าย *S. platensis* คือ 35 ถึง 45 กิโลลักซ์ ถ้าปริมาณแสงที่มากเกินไปก็มีส่วนทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงลดลง ในงานวิจัย บางเรื่องอาจต้องใช้แสงในห้องปฏิบัติการ โดยอาจจะให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์

4.3 อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่าย *S. platensis* ไม่ควรต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส และไม่สูงกว่า 37 องศาเซลเซียส โดยพบว่าอุณหภูมิที่ เหมาะสมต่อการเจริญจะอยู่ในช่วง 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 40 องศา เซลเซียสจะทำให้สาหร่ายไม่เจริญเติบโต

4.4 แหล่งคาร์บอน (carbon source) แหล่งคาร์บอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงของ สาหร่ายมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในอากาศเพียง 0.4 เปอร์เซ็นต์ อาจพอต่อความต้องการของสาหร่ายในสภาพที่เจริญตามปกติ แต่ในสภาพที่

ต้องการผลผลิตปริมาณมากจะต้องมีการเพิ่มก๊าซนี้ลงในอาหารที่เลี้ยง โดยทั่วไปคือการเติม  $\text{NaHCO}_3$  เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสาหร่ายสามารถนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยตรง ปริมาณ  $\text{NaHCO}_3$  ที่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่ายควรอยู่ในช่วง 4.5 ถึง 8.5 กรัมต่อลิตร บางโรงงานใช้วิธีเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงในบ่อเพาะเลี้ยงโดยตรงแต่ก็เสียค่าใช้จ่ายสูง อีกวิธีหนึ่งคือใช้การกวนซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศจะละลายลงสู่อาหารและสาหร่ายนำไปใช้ได้เช่นกัน

4.5 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) pH ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 9 ถึง 11 และควรอยู่ในระดับ 9.5 จึงจะเหมาะสมที่สุด ถ้า pH ต่ำกว่านี้ควรปรับด้วย  $\text{NaOH}$  ค่าของ pH จะมีผลต่อการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเกลืออื่น ๆ และมีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมในเซลล์สาหร่ายโดยตรง

4.6 ปริมาณฝนและการระเหยของน้ำ (rain and evaporation) ฤดูฝนเป็นฤดูที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของสาหร่าย *S. platensis* ทำให้ได้ผลผลิตของสาหร่ายต่ำสุด (นฤมล และคณะ, 2532) เนื่องจากปริมาณแสงแดดลดลง และบางครั้งปริมาณฝนมากเกินไปจะทำให้สารอาหารในบ่อเพาะเลี้ยงเจือจาง ซึ่งนอกจากสาหร่ายจะไม่เจริญเติบโตแล้วอาจมีสาหร่ายชนิดอื่นเจริญปนเปื้อนอยู่ด้วยก็ได้ ส่วนการระเหยของน้ำมักเกิดในฤดูร้อนโดยทำให้สารอาหารเข้มข้นมากเกินไป หรือ pH อาจจะสูงไป

4.7 การกวนหรือการหมุนเวียนของน้ำ (agitation) มีผลทำให้เซลล์สาหร่ายที่อยู่ด้านล่างได้ขึ้นมารับแสง หรือทำให้สารอาหารซึ่งอาจมีการเติมลงไปใหม่ในระหว่างการเพาะเลี้ยงได้ละลายไปทั่วบ่อหรือภาชนะที่ใช้เพาะเลี้ยง และทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศละลายลงในสารอาหารได้

4.8 ความเข้มข้นของสาหร่ายเริ่มต้น (initial concentration) ควรอยู่ในช่วง 225 ถึง 250 มิลลิกรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร หรือทำการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ช่วงคลื่น 560 นาโนเมตร เมื่อได้ค่าการดูดกลืนแสง (optical density : OD) เป็น 1.0 แล้วก็จะเหมาะสมต่อการนำมาใช้เพาะเลี้ยง และจะใช้เพียง 2 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ของสารอาหารที่เตรียมไว้ ถ้าหากความเข้มข้นเริ่มต้นต่ำเกินไปจะทำให้เซลล์สาหร่ายได้รับแสงมากเกินไปทำให้เกิดกระบวนการ photooxidation ทำให้เซลล์สาหร่ายแตกได้ (สุมาลี, 2527)

การผลิตสาหร่าย *S. platensis* มีการใช้ต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง เนื่องจากอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงมักใช้สารอนินทรีย์หลายชนิด ซึ่งสารบางชนิดมีราคาแพงและค่อนข้างหายาก จึงมีความพยายามที่จะหาสูตรอาหารที่ราคาถูกและหาง่ายในท้องถิ่นมาทดแทน มีการนำวัสดุเหลือใช้ประเภทน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ มาทดแทนสารเคมีบางตัวที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง เช่น น้ำ

ทั้งจากโรงงานแปรงมันสำปะหลัง น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน น้ำกากถั่วเหลือง น้ำกากส่าเหล้าจาก โรงงานผลิตสุรา เป็นต้น (สถิต, 2533) โดยน้ำทิ้งเหล่านี้มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการ เพาะเลี้ยงสาหร่าย เนื่องจากประกอบด้วยสารจำพวกแอมโมเนียม ไนเตรท และฟอสฟอรัสอยู่ใน ปริมาณสูง ซึ่งสาหร่ายสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี

มีการทดลองเบื้องต้นโดยการนำน้ำกากส่าเหล้าที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน คือ 0.5 , 1 , 1.5 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6.5 , 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์มาเลี้ยงสาหร่าย *S. platensis* เป็นเวลา 16 วัน พบว่า ทุกความเข้มข้นมีความเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสาหร่าย และผลพลอยได้จากการเพาะเลี้ยงคือ สาหร่ายสามารถฟอกสีของน้ำกากส่า โดยลดความเข้มของสีลง 65.91 ถึง 79.27 เปอร์เซ็นต์ (จรรยา, 2531) และการเลี้ยงสาหร่ายในน้ำกากส่าเหล้าผสมสารเคมีบางชนิดจะมีคุณค่าทาง โภชนาการโดยคิดเป็นกรัมใน 100 กรัมของน้ำหนักแห้งดังนี้ โปรตีน 68.63 คาร์โบไฮเดรต 12.99 ไขมัน 6.57 เส้นใย 7.38 เกลือแร่และกรดอะมิโนหลายชนิดรวมทั้งวิตามิน (ยูวดี และคณะ, 2535) สาหร่าย *S. platensis* ที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีการใส่กากหมักมูลสุกร สาหร่ายมีการ เจริญเติบโตได้ดี และมีการลดปริมาณ  $\text{NaHCO}_3$  จาก 16.8 กรัมต่อลิตร เป็น 1.7 กรัมต่อลิตร แสดงว่าสาหร่ายใช้น้ำเสียจากมูลสุกรเป็นแหล่งคาร์บอน (Chung *et al.*, 1978) การนำของเสีย จากการเน่าสลายของมูลสัตว์มาใช้เพาะเลี้ยง ของเสียดังกล่าวยังไม่สมบูรณ์จึงมีการด อินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก จะเป็นแหล่งคาร์บอนได้ และพบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตได้ดี (Soong, 1980) การหมักมูลฝอยหรือปุ๋ยโดยไม่ใช้อากาศนั้น จุลินทรีย์จะช่วยย่อยสลายมูลสัตว์ ได้ก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีประโยชน์ วัสดุที่เหลือจากบ่อหมักจะประกอบด้วย ไนโตรเจนและสารอินทรีย์อื่น ๆ สามารถทำให้สาหร่ายขนาดเล็ก เช่น สาหร่าย *Chlorella spp.* และสาหร่าย *S. platensis* เจริญเติบโตได้ดี (Wu and Pond, 1981) ส่วนการเพาะเลี้ยงสาหร่าย ด้วยน้ำเสียจากแหล่งชุมชนหรือมูลสัตว์ อาจมีความยากในการรักษาชนิดของสาหร่ายที่ต้องการ เพาะเลี้ยง เพราะว่าอาจเกิดการปนเปื้อนของสาหร่ายชนิดอื่นในน้ำเสีย และในน้ำเสียมีการผัน แปรคุณสมบัติได้มาก แต่อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในน้ำเสียนั้นก็ย่อมมีความเป็นไปได้สูง (Becker and Venkataraman, 1984) ในประเทศฟิลิปปินส์ได้มีการศึกษาการใช้ประโยชน์จาก สาหร่าย *S. platensis* โดยเพาะเลี้ยงสาหร่ายในน้ำหมักมูลวัวในถังขนาด 650 ลิตร ปรับค่าความ เป็นกรดต่าง 9.5 ได้ผลผลิต 2.1 ถึง 7.45 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน มีปริมาณโปรตีน 42.63 เปอร์เซ็นต์ (Pantastico, 1991) ในแถบชานเมืองของประเทศเวียดนามได้ใช้น้ำที่ได้จากบ่อหมัก ก๊าซชีวภาพ เพาะเลี้ยงสาหร่ายในถังซีเมนต์และใช้กังหันลมเพื่อควนให้สาหร่ายกระจายได้ทั่วถึง เพาะเลี้ยงพบว่าสาหร่ายเจริญเติบโตได้ดี (Nguyen, 1991)

## 5 การเก็บเกี่ยว (harvest)

การเก็บเกี่ยวสาหร่ายต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายเป็นหลักซึ่งได้แก่วิธีการดังนี้

1. Gravity filtration คือ การกรองโดยใช้ผ้ากรองธรรมดา วิธีนี้ยังทำได้อีกหลายวิธีได้แก่ การกรองโดยใช้ผ้ากรอง 2 ชั้น เป็นผ้าไนลอนขนาดตา 0.6 ตารางเมตรซึ่งไว้กับกรอบเหล็ก ผ้าแผ่นบนมีความถี่ 25 ช่องตารางนิ้ว แผ่นล่างมีความถี่ 60 ช่องตารางนิ้ว สามารถกรองได้ด้วยอัตรา 200 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง การกรองได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ผ้ากรอง 2 ชั้นโดยผ้าแผ่นบนและล่างมีขนาด 0.5 และ 1.5 ตารางเมตรตามลำดับ แผ่นบนจะมีเครื่องกวนติดอยู่และแผ่นล่างจะมีแผ่นเหล็กบางคอบุคเซลล์ที่ติดอยู่ กระบวนการนี้ทำให้กรองได้ด้วยอัตรา 670 ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง การเก็บเกี่ยววิธีนี้นิยมปฏิบัติใน อุตสาหกรรมการผลิตขนาดเล็กเพราะการเก็บเกี่ยวได้ค่อนข้างช้าและพยายามหลีกเลี่ยงการใช้พลังงานไฟฟ้า

2. Plate and frame filter pressing เครื่องมือนี้ประกอบด้วยแผ่นโลหะซึ่งเจาะรูเล็ก ๆ ตลอดแผ่นวางขนานกันในโครงเหล็กและมีแผ่นผ้าปิดทับแผ่นโลหะแต่ละแผ่น วิธีการคือใช้แรงดันอัดสาหร่ายผ่านแผ่นโลหะนี้สาหร่ายก็จะติดค้างบนแผ่นโลหะซึ่งสามารถเก็บได้ภายหลัง วิธีนี้สามารถเก็บเกี่ยวสาหร่ายได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงขึ้นเมื่อใช้ filter press ที่มีพื้นที่ 0.3 ตารางเมตร จะได้ผลผลิตมากกว่าวิธีแรกถึง 10 เปอร์เซ็นต์ และยังลดเวลาที่ใช้ในการกรองด้วย

3. การใช้เครื่องเหวี่ยง (Centrifuge) วิธีการนี้ใช้หลักการให้สาหร่ายตกตะกอนโดยใช้แรงเหวี่ยงและจะแยกน้ำไว้ชั้นบน ในการผลิตแบบต่อเนื่องเมื่อให้อัตราการไหลเข้าของสาหร่ายเป็น 125 ลิตรต่อนาที พบว่าให้ผลผลิตมากกว่าวิธีที่ 2 เพียง 1 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นวิธีนี้จึงไม่นิยมใช้

## 6 การทำแห้ง (drying)

การทำสาหร่ายให้แห้งหากใช้อุณหภูมิสูงเกินไปอาจทำให้คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายลดลง จึงมีผู้เสนอวิธีการทำแห้งไว้หลายวิธี เช่น

1. วิธี solar drying โดยการใส่กล่องที่ภายในทาสีดำและปิดด้วยกระจกหนา 2 มิลลิเมตร จะทำให้ได้อุณหภูมิภายใน 60 ถึง 70 องศาเซลเซียส วิธีนี้จะใช้ได้ดีเมื่อใช้กับสาหร่ายที่แผ่ให้หนาประมาณ 2 ถึง 3 มิลลิเมตร ใช้เวลา 5 ถึง 6 ชั่วโมง

2. วิธี sun drying เป็นวิธีที่ง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อยมากแต่มีข้อเสียหลายอย่าง เช่น ต้องขึ้นกับสภาพอากาศและอาจเกิดการเสียหายจากแสงแดดที่มากเกินไป วิธีนี้มักใช้กับสาหร่ายที่จะนำมาทำเป็นอาหารสัตว์ โดยการแผ่สาหร่ายบนแผ่นพลาสติกในถาดแล้วนำไปตากแดด

3. วิธี drum drying เป็นการทำให้แห้งโดยให้สาหร่ายสัมผัสกับผิวโลหะร้อนโดยตรงทำให้ความชื้นในสาหร่ายระเหยไป เครื่องมือนี้ประกอบด้วยลูกกลิ้งโลหะเดี่ยวภายในกลวงและมีไอร้อนไหลเวียนอยู่ ลูกกลิ้งจะถูกตรึงให้หมุนรอบแกนในแนวอนด้วยความเร็วที่สามารถปรับได้ตามต้องการ มีเครื่องบ้อนสาหร่ายให้เป็นชั้นบาง ๆ และมีใบมีดติดอยู่ตำแหน่งหนึ่งเพื่อคอยขูดแผ่นสาหร่ายที่แห้งออก จัดเป็นเครื่องทำแห้งที่มีอัตราการทำให้แห้งสูงมาก มักใช้อุณหภูมิสูงกว่า 121 องศาเซลเซียส ใช้เวลาราว 8 ถึง 14 วินาที

4. วิธี spray drying เครื่องทำแห้งระบบนี้สาหร่ายเหลวจะถูกพ่นเข้าไปในกระแสลมร้อนด้วยหยดของเหลวขนาดเล็ก 10 ถึง 200 ไมครอน ทำให้มีพื้นผิวสัมผัสกับลมร้อนสูงอัตราการทำให้แห้งจะเร็วมาก ความชื้นในสาหร่ายจะระเหยอย่างรวดเร็ว ระบบนี้ใช้อุณหภูมิภายในเครื่องไม่เกิน 74 องศาเซลเซียส และสาหร่ายจะแขวนลอยอยู่ในช่วง 1 ถึง 10 วินาทีเท่านั้น จึงไม่ทำให้สาหร่ายเกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อน ความชื้นในสาหร่ายจะถูกลดต่ำลงเหลือเพียง 5 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (สุมาลี, 2527)

#### 7 คุณค่าทางอาหารของสาหร่าย *Spirulina* spp.

คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเป็นปัจจัยสำคัญในการนำสาหร่ายไปใช้ประโยชน์ เช่น นำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ อาหารมนุษย์ องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายจะแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง และสารอาหาร เป็นต้น (Venkataraman, 1983)

- โปรตีน (protein) โปรตีนจากพืชมักมีสารประกอบพวกลิกโนเซลลูโลส (lignocellulosic material) ซึ่งคนย่อยไม่ได้ นอกจากนี้ยังอาจมีสารพิษ เช่น แทนนิน (tannin) ซึ่งอาจจะไปลดอัตราการย่อยลง แต่ในสาหร่าย *Spirulina* spp. มีผนังเซลล์ที่เป็นพวกมิวโคโปรตีน (mucoprotein) จึงไม่มีปัญหาในเรื่องนี้ และไม่พบว่ามีสารพิษอยู่ในเซลล์ (นฤมล และคณะ, 2529) คุณภาพของโปรตีนจะขึ้นอยู่กับความสมดุลในปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid) และความยากง่ายในการย่อย (digestibility) (มนตรี และคณะ, 2530) รงควัตถุอีกชนิดหนึ่งคือ ไฟโคไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีน้ำเงินม่วง หรือน้ำเงินเข้ม จึงสามารถนำมาผสมในแคปซูลยาที่ต้องการให้เกิดสีน้ำเงินหรือฟ้าหรือผสมในเครื่องสำอาง ไฟโคไซยานินที่มีความบริสุทธิ์สูงใช้เป็นสารเรืองแสงเพื่อติดตามในงานวิเคราะห์ภูมิคุ้มกันทางด้านเนื้อเยื่อและจุลทรรศน์วิทยา (Tanticharoen and Ruengjitchachawalya, 2001)

- **ไขมัน (lipid)** ไขมันส่วนใหญ่ในสาหร่าย *Spirulina* spp. เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) ซึ่งมีประมาณร้อยละ 80 โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดไขมัน GLA หรือ กรดแกมมาลิโนลิโนอิก (gamma – linolenic acid) เป็นกรดไขมันที่มีประโยชน์ในทางเภสัชกรรมคือ จะช่วยลดปัญหาเรื่องโคเลสเตอรอล (low – density lipoprotein ; LDL) ลดอาการปวดประจำเดือน และลดผื่นแพ้จากกรรมพันธุ์ GLA พบมากในพืชโดยเฉพาะดอกอีฟนิงพริมโรส (evening primrose) เมล็ดทานตะวัน ถั่วเหลือง และราบางชนิด แต่การผลิต GLA จากเชื้อราเป็นอุตสาหกรรมที่ทำได้ยากและปริมาณ GLA ในพืชก็มีน้อย ดังนั้นการผลิต GLA จากสาหร่าย *Spirulina* spp. จึงเป็นทางเลือกที่ดีซึ่งสาหร่าย *Spirulina* spp. สามารถผลิต GLA ได้สูงสุดคือผลิตได้ 8 ถึง 32 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด หรือคิดเป็น 0.3 ถึง 1.4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเซลล์แห้งสภาวะการเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* spp. ที่ทำให้ปริมาณกรดไขมันและ GLA สูงขึ้น เช่น อุณหภูมิเพาะเลี้ยงควรอยู่ในช่วง 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส เลี้ยงในที่ที่มีความเข้มแสงสูง ช่วงของการเลี้ยงในระยะ exponential phase จะมีกรดไขมัน GLA สูงกว่า stationary phase เป็นต้น (เจียมจิตต์, 2532 ; Tanticharoen and Ruengjitchachawalya, 2001) นอกจากการปรับสภาวะการเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณ GLA แล้ว ยังมีการใช้วิธีการปรับปรุงสายพันธุ์ของสาหร่ายอีกด้วย
- **วิตามินและแร่ธาตุ (vitamins and minerals)** สาหร่าย *Spirulina* spp. เป็นแหล่งของวิตามินหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินบีรวม (B – complex) แร่ธาตุและวิตามินที่เป็นองค์ประกอบของสาหร่าย *Spirulina* spp.

### อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

#### 1. อุปกรณ์

- บ่อซีเมนต์กลมแบบเปิดด้านเดียวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร ฉาบภายในบ่อให้เรียบพร้อมฉาบกันซึม ใส่น้ำให้เต็มบ่อทิ้งไว้ประมาณ 6 วัน เพื่อให้เศษปูนและน้ำปูนหมดไป (บ่อกลมปลายเปิดด้านเดียว ขยายบ่อละ 180 บาทพร้อมฉาบกันซึม) บ่อกลมจะมีปริมาตรทั้งหมดประมาณ 200 ลิตร การเพาะเลี้ยงสาหร่ายต้อง

เลี้ยงให้น้ำเลี้ยงในบ่อสูง 15 เซนติเมตร ดังนั้นจะต้องเลี้ยงในปริมาตรน้ำเลี้ยงรวมทั้งหมด 75 ลิตร

- เชื้อตั้งต้นของสาหร่ายสายพันธุ์ *Spirulina platensis* จากภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ใบพายสำหรับกวน หรือ มอเตอร์ปั๊มเพื่อเติมอากาศลงในบ่อเพาะเลี้ยง
- ผ้าขาวบางทั่วไปสำหรับกรองน้ำมูล (เมตรละ 20 บาท)
- ผ้าร่มตาที่ไม่เคลือบสารกันน้ำ (เมตรละ 50 บาท) เตรียมไว้สำหรับใช้เก็บกรองสาหร่าย
- ผ้าร่มตาที่มากเคลือบสารกันน้ำ (เมตรละ 50 บาท) ไว้สำหรับตากสาหร่ายให้แห้งบนกระดัง
- กระดังสาน ภาชนะสำหรับตากสาหร่ายกลางแจ้ง
- ถังสำหรับหมักมูลสัตว์
- สารเคมีที่เติมลงบ่อ 4 ชนิด ใช้เกรดระดับธรรมดา มีขายตามท้องตลาด ได้แก่ ปุ๋ยสูตร N:P:K
- 16:16:16,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  และ  $\text{NaNO}_3$
- สารเคมีสำหรับปรับค่าความเป็นกรดต่างในบ่อ คือ โซดาไฟ ( $\text{NaOH}$ )
- มูลสัตว์ เช่น มูลสุกร มูลวัว มูลเป็ด มูลไก่ ฯลฯ ประมาณ 1 กิโลกรัม หมักรวมกัน น้ำประปาหรือน้ำบาดาลใน อัตราส่วน มูลสัตว์ 1 ส่วนต่อน้ำ 5 ส่วนโดยประมาณ
- ครกสำหรับบดสาหร่ายเป็นผง

### วิธีการดำเนินงาน

การวิจัยระดับห้องปฏิบัติการ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย

แม่โจ้

#### 1. การเพาะเลี้ยงเชื้อตั้งต้น

สารอาหารมาตรฐานที่ผลิตเพื่อการค้ามีคุณภาพสูง คือ สูตรอาหาร Zarrouk (Zarrouk's medium : traditional and international medium) ดังนี้

ส่วนประกอบของสารอาหาร	ปริมาณที่ใช้ (กรัม/ลิตร)
$\text{NaHCO}_3$	16.80
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	0.50
$\text{NaNO}_3$	2.50

NaCl	1.00
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.20
FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.01
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1.00
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0.04
EDTA	0.08
A <sub>5</sub> Solution	1 มิลลิลิตรต่อลิตร
B <sub>6</sub> Solution	1 มิลลิลิตรต่อลิตร

**ส่วนประกอบของ A<sub>5</sub> Solution (กรัมต่อลิตร) ประกอบด้วย**

H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2.86
MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	1.80
ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.22
MoO <sub>3</sub>	0.01
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0.08

**ส่วนประกอบของ B<sub>6</sub> Solution (มิลลิกรัมต่อลิตร) ประกอบด้วย**

NH <sub>4</sub> VO <sub>3</sub>	22.9
NiSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	47.8
Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>	17.9
Ti(SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·xH <sub>2</sub> O	40.0
Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	4.4

สูตรอาหารนี้เป็นสูตรอาหารที่สมบูรณ์เหมาะสำหรับที่จะเลี้ยงสาหร่าย เพื่อเก็บไว้เป็นเชื้อตั้งต้นต่อไป ผสมสารทั้งหมดลงในภาชนะขวดโหลใสที่มีน้ำประปา 10 ลิตร และเติมเชื้อสาหร่ายที่มีอยู่แล้ว 1 ลิตร ลงไป ต่อบนปากขวดโหลปิดปากภาชนะด้วยผ้าขาวบาง นำขวดโหลไปตั้งบนชั้นที่มีหลอดไฟเพื่อให้แสงตลอดเวลา เลี้ยงนานประมาณ 20 วัน จะได้เชื้อสาหร่ายจำนวนมากและสมบูรณ์ สีของน้ำเลี้ยงในขวดโหลจะเป็นสีเขียวเข้มมาก

## 2. วิธีการวิจัยในห้องปฏิบัติการ

1. เตรียมมูลสัตว์ 4 ชนิด คือ มูลสุกร มูลวัว มูลเป็ด มูลไก่ มาหมักรวมกับน้ำประปา ในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 โดยประมาณ ทิ้งไว้ 20 วัน นำน้ำหมักมากรองผ่านผ้าขาวบางแล้วนำไปต้ม ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ได้แก่ ปริมาณไนเตรท ไนโตรเจน แอมโมเนียม ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต ด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น DR 2000 เพื่อจะหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมูลต่อการเพาะเลี้ยงสาหร่าย
2. เตรียมขวดน้ำเกลือขนาดจุก 1 ลิตร ใส่ น้ำประปา 800 มิลลิลิตร แบ่งเป็นชุดการทดลอง 2 ชุด ชุดแรกจะเป็นความเข้มข้นของน้ำมูลที่ระดับความเข้มข้น 0%, 5%, 10%, 25% ส่วนอีกชุดจะมีการเติมสารอาหาร 4 ชนิด คือ ปุ๋ยสูตร N:P:K 16:16:16 จำนวน 0.6 กรัม,  $\text{NaHCO}_3$  จำนวน 8.5 กรัม,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  จำนวน 0.5 กรัม และ  $\text{NaNO}_3$  จำนวน 1.5 กรัม ใส่ในขวดทดลองอีกชุดเพื่อเปรียบเทียบ คือ 0%N, 5%N, 10%N, 25%N ทำเช่นนี้กับมูลแต่ละชนิด ส่วนกากแก้วเหลืองนั้นไม่ต้องผ่านการต้ม สามารถนำน้ำที่คั้นมาใช้ได้ แต่ความเข้มข้นของน้ำกากแก้วเหลือง ดังนี้ 0%, 2%N, 4%N, 6%N, 8%N, 10%N และมีชุดที่เลี้ยงในสูตรอาหารมาตรฐานเป็นชุดเปรียบเทียบ
3. เติมโซดาไฟ ( $\text{NaOH}$ ) เพื่อปรับความเป็นกรดต่างของน้ำเลี้ยงให้ได้ประมาณ 9.5
4. เติมเชื้อสาหร่ายลงไป 10 % ปิดฝา ล้างมือเพื่อเติมอากาศ
5. วัดการเจริญเติบโตทุก 2 วัน โดยการนับจำนวนเซลล์สาหร่ายและการวัดค่าการดูดกลืนแสง
6. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายในแต่ละน้ำมูล และในกากแก้วเหลือง

## 3. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในปอ

### การเตรียมน้ำมูลสัตว์

1. นำมูลสัตว์ (มูลที่เลี้ยงสาหร่ายได้ผลดี คือ มูลสุกร และมูลวัว) มาประมาณ 1 กิโลกรัม หมักในถังรวมกับน้ำประปาหรือน้ำบาดาล ในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 (มูล 1 ส่วน น้ำ 5 ส่วน โดยประมาณ) ทิ้งไว้ประมาณ 20 วัน จะได้น้ำมูลหมักที่พอดีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย
2. นำน้ำมูลสัตว์ที่หมักได้กรองผ่านผ้าให้ได้น้ำมูลที่ไม่มีกากมูลปนมามากนัก แล้วนำน้ำมูลไปต้มให้เดือดเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์อื่นให้ลดจำนวนลง

### การเตรียมบ่อ

1. นำบ่อกลมตั้งทิ้งไว้ในบริเวณที่มีแสงรำไรมีหลังคากันฝนได้ ใส่น้ำลงในบ่อให้เต็มทิ้งไว้ประมาณ 5 วัน เพื่อเป็นการล้างคราบปูนออกจากบ่อให้หมด
2. เทน้ำประปาหรือน้ำบาดาลใส่ลงในบ่อให้ระดับน้ำสูง 13 เซนติเมตร (ปริมาตร 65 ลิตร)

### การเพาะเลี้ยงสาหร่ายลงบ่อ

1. หลังจากเตรียมบ่อ และเตรียมน้ำหมักมูลสัตว์เรียบร้อยแล้วนั้น นำน้ำมูลสัตว์ที่ต้มลงในบ่อที่มีน้ำสูง 13 เซนติเมตรผสมน้ำหมักมูลสัตว์ที่เตรียมได้ลงกับน้ำบาดาล (เลี้ยงในปริมาณน้ำเลี้ยงทั้งหมด 100 ลิตร หลังจากนั้นเติมสารเคมีทั้ง 4 ชนิด คือ ปุ๋ยสูตร N:P:K 16:16:16 จำนวน 60 กรัม,  $\text{NaHCO}_3$  จำนวน 850 กรัม,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  50 กรัม และ  $\text{NaNO}_3$  150 กรัม (ในปริมาณน้ำเลี้ยงทั้งหมด 100 ลิตร)
2. ใช้ไม้พายคนส่วนผสมทั้งหมดในบ่อให้เข้ากัน ปรับความเป็นกรดต่างในบ่อโดยซึ่งโซดาไฟประมาณ 130 กรัม ละลายในน้ำประมาณ 3 ลิตร ก่อนที่จะเทลงบ่อ (ใช้ไม้พายคนตลอดระยะ) ค่าความเป็นกรดต่างในบ่อเพาะเลี้ยงประมาณ 9-10 ซึ่งเหมาะต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย
3. เทหัวเชื้อสาหร่ายสไปรูลินาลงในบ่อ ประมาณ 10 % (7.5ลิตร) ของปริมาณน้ำเลี้ยงทั้งหมด ความเข้มข้นเริ่มต้นของสาหร่ายที่นำมาเพาะเลี้ยง เป็นการยากมากสำหรับผู้เริ่มเลี้ยง ที่จะดูด้วยสายตาอย่างไรถึงจะรู้ว่าจะลงสาหร่ายเชื้อเริ่มต้นปริมาณเท่าไร ถ้าจะเลี้ยงในบ่อซีเมนต์กลมทั่วไป ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร ให้ดูสีเข้มเขียวของสาหร่ายในขวดที่เป็นเชื้อตั้งต้น ถ้ามีสีเขียวเข้มมากๆ แสดงว่ามีสาหร่ายจำนวนมาก เราจะใช้หัวเชื้อเพียง 10 % เท่านั้นที่จะใส่ลงบ่อ ถ้าน้ำในบ่อที่จะเลี้ยงมีปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะใช้เชื้อประมาณ 10 ลิตร เทลงบ่อที่มีน้ำหมักและปุ๋ยแล้วเติมอากาศ นานประมาณ 20 วัน ก็สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ถ้าเราเติมเชื้อตั้งต้นน้อยก็จะใช้เวลาในการเพาะเลี้ยงนาน สาหร่ายชนิดอื่นอาจเจริญเติบโตแข่งขันกันได้ แต่ถ้าใช้มากเกินไปจะบดบังแสงซึ่งกัน และกันซึ่งอาจมีผลให้สาหร่ายไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร ภาชนะที่ใช้เลี้ยงอาจเป็นภาชนะหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยง อาจใช้ถังซีเมนต์กลมที่ขายกันทั่วไป โดยมีด้านเปิดด้านเดียว

และต้องให้ผิวของถังซีเมนต์นั้นเรียบ โดยการใช้น้ำซีเมนต์โบกแบบขัดเรียบ เนื่องจากสาหร่ายจะไปเกาะและทำความสะอาดยาก อาจใช้ถังพีวีซีที่ใช้เก็บน้ำ มีลักษณะเป็นถังกลมแต่อาจมีราคาแพง หรืออาจขุดดินให้มีลักษณะเป็นคูยาว แล้วอัดดินให้แน่นปูพื้นด้วยพลาสติก ทำความสะอาดง่ายแต่ไม่แข็งแรง สิ่งที่สำคัญคือบ่อเพาะเลี้ยงควรมีความสูงไม่เกิน 40-50 เซนติเมตร เนื่องจากว่าความสูงของสารอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงควรมีไม่เกิน 20-25 เซนติเมตร เพื่อสาหร่ายได้รับแสงแดดง่ายและทั่วถึง

4. ตั้งบ่อไว้บริเวณที่มีแสงแดดรำไร อาจใช้ไม้พายกวางวันละ 4 ครั้ง ครั้งละ 15 นาที หรือถ้าต้องการได้ผลผลิตเร็ว อาจใช้มอเตอร์ต่อสายยางเป่าอากาศเพื่อเป็นการเติมอากาศให้แก่สาหร่าย
5. คอยหมั่นตรวจสภาพบ่อว่ามี การปนเปื้อนของสาหร่ายชนิดอื่นหรือไม่ สาหร่ายที่เราไม่ต้องการและมักมีการปนเปื้อนในบ่อคือ สาหร่ายแอนนาบีนา (สังเกตการปนเปื้อนได้ง่าย ถ้าพบว่ารอบ ๆ ขอบบ่อข้างในใกล้น้ำเลี้ยงจะมีสีเหลืองออกน้ำตาลเต็มขอบบ่อแสดงว่ามีการปนเปื้อนของแอนนาบีนา อาจใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์มาเช็ดรอบขอบบ่อ หรืออาจรีบเปลี่ยนบ่อทันที) สาหร่ายแอนนาบีนาเป็นสาหร่ายที่ไม่ก่อพิษ จึงไม่น่ากลัวนัก แต่จะทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่บริสุทธิ์และคุณค่าทางโภชนาการต่ำลง
6. เมื่อเลี้ยงประมาณ 20 วัน ให้สังเกตสีของน้ำเลี้ยงที่เปลี่ยนแปลงจากเริ่มต้นสีน้ำตาลใสของน้ำมูล สีของน้ำเลี้ยงจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวและเข้มข้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลา ให้สาหร่ายในบ่อเลี้ยงมีสีเขียวเข้มมากที่สุด จึงสามารถเก็บเกี่ยวได้
7. จากนั้นตักสาหร่ายกรอง (ตักเบา ๆ ระวังไม่ให้ตะกอนของเสียที่อยู่ก้นบ่อกระจายขึ้นมา) ผ่านผ้าขาวบางลักษณะผ้าร่มตาถี่มากซ้อนกันประมาณ 5 ชั้น ก็สามารถกรองเซลล์สาหร่ายได้ นำสาหร่ายที่อยู่บนผ้ากรองไปตากบนกระดาษที่รองไว้ด้วยผ้าร่มกันน้ำ เพราะเมื่อสาหร่ายแห้ง สาหร่ายจะไม่ติดกับผ้าร่มสามารถเก็บสาหร่ายได้ง่าย นำกระดาษที่มีสาหร่ายไปตากกลางแจ้งบริเวณที่มีแดดจัด เมื่อสาหร่ายแห้งแล้วนำสาหร่ายมาบด หรือไม่บดก็ได้ เก็บใส่ภาชนะไว้ สำหรับนำไปผสมในอาหารสัตว์ อาจใช้สาหร่ายสดที่เก็บเกี่ยวในครั้งแรกผสมในอาหารสัตว์ ควรผสมสาหร่ายไม่เกิน 20 % ในสูตรผสมอาหารสัตว์ หรือนำสาหร่ายแห้งไปจำหน่ายให้กับ ร้านขายอาหารสัตว์และอาหารต่อไป (ในเชิงการค้า)

8. ควรเก็บสาหร่ายจำนวนหนึ่งไว้สำหรับเป็นหัวเชื้อเพื่อใช้เลี้ยงต่อไป น้ำที่กรองสาหร่ายออกด้วยผ้าร่มในข้อ 6 นั้นจะยังมีสาหร่ายเล็ดลอดผ่านผ้าได้บ้างจำนวนหนึ่ง สามารถเก็บน้ำไปเป็นหัวเชื้อได้ต่อไป

#### 4. การจัดฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี

##### 4.1 ให้บัณฑิตออกสำรวจพื้นที่เป้าหมายในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน

- พื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงอยู่แล้ว
- พื้นที่ที่มีความสนใจในการเพาะเลี้ยง
- พื้นที่ที่มีความเหมาะสมที่จะเพาะเลี้ยง

##### 4.2 จัดส่งบัณฑิตเข้าปฏิบัติงานร่วมกับชุมชนเป้าหมาย อธิบายวัตถุประสงค์ของโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยี และจัดตั้งกลุ่มชุมชนที่ให้ความสนใจ

##### 4.3 จัดฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี

- ครั้งที่ 1 วันที่ 11-13 กรกฎาคม 2544
- ครั้งที่ 2 วันที่ 14-16 กรกฎาคม 2544
- ครั้งที่ 3 วันที่ 2-4 สิงหาคม 2544
- ครั้งที่ 4 วันที่ 5-7 สิงหาคม 2544
- ครั้งที่ 5 วันที่ 5-7 กันยายน 2544
- ครั้งที่ 6 วันที่ 8-10 กันยายน 2544

#### ระยะเวลาในการดำเนินงาน

1 ปี

#### ผลการดำเนินงาน

##### 1. ผลการดำเนินงานของนักวิจัยและบัณฑิตอาสาสมัคร

###### 1.1 นางสาวไฉมยง ไชยอบบล

- เตรียมร่างแผนงานตามโครงการ เช่น การจัดแบ่งหน้าที่ของบัณฑิต การนำบัณฑิตเข้าสำรวจหมู่บ้าน จัดเตรียมแบบสอบถาม จัดทำแผนพับประชาสัมพันธ์โครงการ เข้าร่วมประชุมกับหมู่บ้านเพื่ออธิบายให้ชาวบ้านได้รู้ได้เข้าใจถึงประโยชน์ของสาหร่ายสไปรูลินา
- เตรียมเชื้อตั้งต้นของสาหร่าย (stock culture)

- ทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยการนำมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ ภายในฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ การนำน้ำมูลมาใช้ในความเข้มข้นที่เหมาะสม ทดลองนำเศษวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตร เช่น กากถั่วเหลืองเพื่อนำมาเพาะเลี้ยงสาหร่าย
- หลังจากนั้นเตรียมบ่อสาธิตการเพาะเลี้ยง
- เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาในบ่อสาธิต
- เตรียมเชื้อสำหรับแจกจ่ายให้ผู้อบรม (starter)
- ติดต่อวิทยากรในโครงการอบรมทั้ง 5 รุ่น
- จัดอุปกรณ์สำหรับการประชุม
- รับส่งวิทยากร
- ทำหน้าที่วิทยากร
- ให้คำปรึกษาสำหรับผู้อบรมที่สนใจการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา

#### 1.2 นางสาววราภรณ์ ปานอยู่

- สํารวจหมู่บ้านเป้าหมาย
- สํารวจโรงเรียนที่สนใจเข้าร่วมโครงการ
- เป็นผู้ช่วยนักวิจัยในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม
- จัดเตรียมเชื้อตั้งต้น (stock culture)
- เพาะเลี้ยงสาหร่ายในห้องปฏิบัติการเพื่อเป็นเชื้อสำหรับแจกจ่ายให้กับผู้อบรม
- เพาะเลี้ยงสาหร่ายในบ่อสาธิต
- รวบรวมข้อมูลความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาหร่าย การเพาะเลี้ยงสาหร่ายประกอบการจัดทำหนังสือเล่มใหญ่สำหรับผู้เข้ารับการอบรม
- จัดเตรียมอุปกรณ์และสถานที่ในการฝึกอบรม
- ดูแลวิทยากรขณะบรรยาย
- เก็บเกี่ยวสาหร่าย
- จัดเตรียมเอกสารใส่กระเป่า สำหรับผู้เข้ารับการอบรม
- จัดเตรียมเอกสารสำหรับวิทยากรทุกท่านสำหรับแจกจ่ายให้กับผู้รับการอบรมทุกครั้งประกอบการบรรยาย

### 1.3 นายสุรียา ทองพราว

- สำรวจพื้นที่ หมู่บ้านกลุ่มเป้าหมาย เขตอำเภอสันทราย อำเภอแมริม อำเภอสันกำแพง
- ทำหนังสือส่งถึงส่วนราชการ เช่น เกษตรอำเภอ เกษตรตำบล ผู้อำนวยการโรงเรียน กำนัน องค์การบริหารส่วนตำบล ผู้ใหญ่บ้าน และกลุ่มแม่บ้าน
- จัดทำแบบสอบถามผู้ที่สนใจเข้าร่วมโครงการ ในพื้นที่เป้าหมายสำรวจหมู่บ้าน
- หลังจากติดต่อกับผู้ใหญ่บ้าน นัดหมายเพื่อแจ้งวัตถุประสงค์ของการจัดอบรมและ ประโยชน์ที่ได้รับหลังจากการอบรม โดยแต่ละหมู่บ้านจะจัดประชุมและเข้าร่วมประชุม มีการติดต่อสำนักงานเกษตรจังหวัดเพื่อการประชาสัมพันธ์ พร้อมจัดส่งรายชื่อผู้ ที่ต้องการเข้าอบรม รวมทั้งติดต่อประสานงานกับศูนย์การศึกษาออกโรงเรียนอำเภอแมริม ในการจัดหาผู้ที่ต้องการฝึกอบรม นอกจากนี้ยังได้ติดต่อสถานีวิทยุกระจายเสียง 3 แห่ง เพื่อประชาสัมพันธ์โครงการดังนี้
  - สถานีวิทยุเสียงสามยอด
  - สถานีวิทยุทหารเรือ
  - สถานีวิทยุ มก.

เพื่อกระจายข่าวและประชาสัมพันธ์ วันเวลา การจัดอบรม

- จัดทำแผ่นพับเพื่อประชาสัมพันธ์โครงการและให้ความรู้เกี่ยวกับสาหร่ายสไปรูลิना
- จัดเตรียมสถานที่อบรม เช่น จัดโต๊ะหมู่บูชา ติดตั้งป้าย
- จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการบรรยาย
- ถ่ายภาพผู้เข้ารับการอบรมเพื่อจัดทำทำเนียบรุ่นเข้าสำรวจสอบถามชาวบ้านในพื้นที่จริง

### 1.4 นางสาวบุญรอด จารุชาติ

- สำรวจพื้นที่ หมู่บ้านกลุ่มเป้าหมาย เขตอำเภอสันทราย อำเภอแมริม อำเภอสันกำแพง
- ทำหนังสือส่งถึงส่วนราชการ เช่น เกษตรอำเภอ เกษตรตำบล ผู้อำนวยการโรงเรียน กำนัน องค์การบริหารส่วนตำบล ผู้ใหญ่บ้าน และกลุ่มแม่บ้าน
- จัดทำแบบสอบถามผู้ที่สนใจเข้าร่วมโครงการ ในพื้นที่เป้าหมายสำรวจหมู่บ้าน
- เข้าสำรวจสอบถามชาวบ้านในพื้นที่
- จัดเตรียมเอกสารประกอบการอบรม
- จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการบรรยาย

- ดูแลวิทยากร
- ประสานงานด้านที่พัก จัดเตรียมที่พักสำหรับผู้เข้ารับการอบรม

#### 1.5 นายจักรกฤษณ์ อินทวัฒน์

- สำรวจพื้นที่ หมู่บ้านกลุ่มเป้าหมาย เขตอำเภอสันทราย อำเภอแมริม อำเภอสันกำแพง
- ทำหนังสือส่งถึงส่วนราชการ เช่น เกษตรอำเภอ เกษตรตำบล ผู้อำนวยการโรงเรียน องค์การบริหารส่วนตำบล กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน และกลุ่มแม่บ้าน
- จัดทำแบบสอบถามผู้ที่สนใจเข้าร่วมโครงการ ในพื้นที่เป้าหมายสำรวจหมู่บ้าน
- เข้าสำรวจสอบถามชาวบ้านในพื้นที่จริง
- จัดเตรียมเอกสารประกอบการอบรม
- จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการบรรยาย
- ดูแลวิทยากร
- ประสานงานด้านที่พัก จัดเตรียมที่พักสำหรับผู้เข้ารับการอบรม

#### 2. รายชื่อหมู่บ้านที่บัณฑิตอาสาสมัครเข้าไปปฏิบัติงาน

1. หมู่บ้านศรีสหกรณ์
2. หมู่บ้านป่าขาม
3. หมู่บ้านป่าเหมือด
4. หมู่บ้านต้นม่วง
5. หมู่บ้านแม่แก้ดหลวง
6. หมู่บ้านแม่แก้ดน้อย
7. หมู่บ้านทุ่งยาว
8. หมู่บ้านแม่เตาไห
9. หมู่บ้านดอยน้อยพัฒนา
10. หมู่บ้านศรีบุญเรือง
11. หมู่บ้านป่าบง
12. หมู่บ้านหลังมีน
13. หมู่บ้านพัฒนาทรายแก้ว
14. หมู่บ้านทุ่งป่าเกิด

15. หมู่บ้านน้ำตัน
16. หมู่บ้านต้นผึ้ง
17. หมู่บ้านหม้อ
18. หมู่บ้านสันโป่ง
19. หมู่บ้านป่าตั่ว
20. หมู่บ้านหนองอาบช้าง
21. หมู่บ้านดงเหนือ
22. หมู่บ้านทั้งหมดในตำบลแม่แฝกใหม่
23. หมู่บ้านวิเวก
24. หมู่บ้านท่าเกวียน
25. หมู่บ้านป่าไผ่
26. หมู่บ้านหนองเขี้ยว
27. หมู่บ้านป่าช้อยใต้
28. หมู่บ้านท่าเตือ
29. หมู่บ้านขรัวโก
30. หมู่บ้านเกษตรใหม่
31. หมู่บ้านท่ายาว

### 3. รายชื่อวิทยากร

- |                   |             |
|-------------------|-------------|
| 2.1 ผศ.ดร.ยุวดี   | พีรพรพิศาล  |
| 2.2 คุณเจียมจิตต์ | บุญสม       |
| 2.3 รศ.เพ็ญรัตน์  | หงษ์วิทยากร |
| 2.4 อ.ดร. रूपน    | ชื่นบาล     |
| 2.5 ผศ.เสียรชัย   | สันดุษฐ์    |
| 2.6 อ.จกกล        | พรมยะ       |
| 2.7 อ.โอมยง       | ไชยอุบล     |

## 4. ตารางการฝึกอบรม

วันที่	09.00-10.30 น.	10.30-12.00 น.	13.00-14.30 น.	14.30-16.00 น.
1	ความรู้ทั่วไปเรื่องสาหร่ายสไปรูลินา ผศ.ดร.ยุวดี พิรพรพิศาล		การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา ผศ.ดร.ยุวดี พิรพรพิศาล	
2	การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในเชิงการค้า คุณเจียมจิตต์ บุญสม		การนำสาหร่ายสไปรูลินา มาที่เพาะเลี้ยงมาใช้ ประโยชน์ในการเป็น อาหารปลา อ.จกมล พรมยะ	สาหร่ายสไปรูลินาใน ไซเบอร์เน็ต รศ.เพ็ญรัตน์ หงษ์ วิทยากร
3	การจัดการระบบ สิ่งแวดล้อมของฟาร์ม เลี้ยงสาหร่าย ดร.ฐปน ชื่นบาล	การจัดทำและ ออกแบบบ่อ เพาะเลี้ยง ผศ.เรีธรชัย สัน ดุษฎี	การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาในบ่อซีเมนต์ อ.โคมยง ไชยอุบล	

## 5. จำนวนผู้เข้ารับการอบรม

- 4.1 จำนวนผู้เข้ารับการอบรม ครั้งที่ 1 วันที่ 11-13 กรกฎาคม 2544 มีทั้งสิ้น 52 คน
- 4.2 จำนวนผู้เข้ารับการอบรม ครั้งที่ 2 วันที่ 14-16 กรกฎาคม 2544 มีทั้งสิ้น 46 คน
- 4.3 จำนวนผู้เข้ารับการอบรม ครั้งที่ 3 วันที่ 2-4 สิงหาคม 2544 มีทั้งสิ้น 45 คน
- 4.4 จำนวนผู้เข้ารับการอบรม ครั้งที่ 4 วันที่ 5-7 สิงหาคม 2544 มีทั้งสิ้น 42 คน
- 4.5 จำนวนผู้เข้ารับการอบรม ครั้งที่ 5 วันที่ 5-7 กันยายน 2544 มีทั้งสิ้น 45 คน
- 4.6 จำนวนผู้เข้ารับการอบรม ครั้งที่ 6 วันที่ 8-10 กันยายน 2544 มีทั้งสิ้น 30 คน

รวมผู้เข้ารับการอบรมทั้งสิ้น 260 คน

## 6. ผลการประเมินการดำเนินงานฝึกอบรม

## 6.1 รายละเอียดทั่วไป

- จากผู้ลงทะเบียนเข้าร่วมอบรมจำนวน 260 คน มีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 254 คน (97.69 %) ไม่ตอบแบบสอบถามจำนวน 6 คน (2.30 %)
- ผู้เข้าร่วมอบรมมีอาชีพค้าขายจำนวน 42 คน (16.15 %) รับจ้างทั่วไป 11 คน (4.23 %) เกษตรกร จำนวน 96 คน (36.92 %) แม่บ้าน จำนวน 20 คน (7.69 %)

และธุรกิจส่วนตัว จำนวน 21 คน (8.07 %) ทำงานก่อสร้าง จำนวน 11 คน (4.23 %) ข้าราชการบำนาญ จำนวน 25 คน (9.61 %) และ ครู จำนวน 28 คน (10.77%)

- ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นผู้มีการศึกษาระดับต่ำกว่าปริญญาตรี 178 คน (68.46 %) ระดับปริญญาตรี 52 คน (20 %) ระดับปริญญาโท 22 คน (8.46 %) ระดับปริญญาเอก 2 คน (0.77%)
- ผู้ตอบแบบสอบถามมีสายงานที่ปฏิบัติไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับหัวข้อการอบรม 174 คน (66.92 %) มีสายงานที่เกี่ยวข้องกับการอบรม 80 คน (30.76 %)
- ผู้ตอบแบบสอบถามไม่เคยร่วมประชุม/สัมมนา/อบรมในหัวข้อที่เกี่ยวข้อง 206 คน (79.2%) เคย 48 คน (18.46 %)
- ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถนำความรู้ที่ได้ไปอบรมและเผยแพร่แก่ผู้เกี่ยวข้อง 230 คน (88.46 %) ไม่สามารถเผยแพร่ความรู้แก่ผู้เกี่ยวข้องได้ 24 คน (9.23 %)

#### 6.2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับหัวข้อและเนื้อหาการอบรม

- ผู้ตอบแบบสอบถามแสดงความคิดเห็นว่ามีความชัดเจนของวัตถุประสงค์ในการอบรม ดี 163 คน (62.69 %) ดีมาก 81 คน (31.15 %) พอใช้ 10 คน (3.85 %)
- แสดงความคิดเห็นว่ามีความสอดคล้องของหัวข้อการบรรยายกับวัตถุประสงค์ในการอบรม ดี 130 คน (50.00 %) ดีมาก 90 คน (34.61%) และพอใช้ 34 คน (13.07 %)
- เห็นว่ามีความเหมาะสมในการจัดเรียงลำดับหัวข้อการอบรม ดีมาก 130 คน (50.00 %) ดี 110 คน (42.31 %) พอใช้ 14 คน (5.38 %)
- เห็นว่ามีความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละหัวข้อ ดี 100 คน (38.46 %) ดีมาก 80 คน (30.77 %) พอใช้ 74 คน (28.46 %)
- ส่วนความสอดคล้องและชัดเจนของตัวอย่างที่ใช้ประกอบเนื้อหา ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่า ดี 120 คน (46.15 %) ดีมาก 100 คน (38.46 %) พอใช้ 34 คน (13.08%)

### 6.3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับเอกสารประกอบการบรรยาย

- ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่ามี ความชัดเจนถูกต้องของเอกสาร ดีมาก 161 คน (61.92 %) ดี 83 คน (31.92 %) พอใช้ 10 คน (3.85 %)
- เห็นว่าเอกสารมีความสอดคล้องกับหัวข้อการอบรม ดีมาก 166 คน (63.85 %) ดี 71 คน (27.31 %) พอใช้ 17 คน (6.54 %)
- เอกสารมีปริมาณเพียงพอและเหมาะสม ดีมาก 147 คน (56.54 %) ดี 90 คน (34.62 %) พอใช้ 17 คน (6.54 %)
- เอกสารช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในเนื้อหาที่วิทยากรบรรยายมากขึ้น ดี 122 คน (46.92 %) ดีมาก 114 คน (43.85 %) พอใช้ 18 คน (6.92 %)
- สามารถใช้เป็นเอกสารอ้างอิงในการปฏิบัติงานได้ ดีมาก 128 คน (49.23 %) ดี 105 คน (40.38%) พอใช้ 21 คน (8.08 %)

### 6.4 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการดำเนินการอบรม

- ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่าการดำเนินการอบรมเป็นไปตามวาระและเวลาที่กำหนดไว้ ดีมาก 178 คน (68.46 %) ดี 76 คน (29.23 %)
- มีการเปิดโอกาสให้มีการอภิปรายและแสดงความคิดเห็น ดี 138 คน (53.08 %) ดี มาก 101 คน (38.85 %) และพอใช้ 15 คน (5.77%)

### 6.5 สรุปผลการอบรมและความรู้ที่ได้รับ

- เกี่ยวกับหัวข้อการอบรมว่าน่าสนใจและมีประโยชน์ควรมีการจัดซ้ำเพื่อเผยแพร่ให้ กว้างขวางขึ้น ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่า ดีมาก 159 คน (57.69 %) ดี 84 คน (34.62 %) พอใช้ 11 คน (3.85 %)
- ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่าควรมีการจัดอบรมในลักษณะต่อเนื่องเพื่อให้เกิดประโยชน์ อย่างจริงจังในระดับดีมาก 184 คน (70.77 %) ดี 67 คน (26.04 %) พอใช้ 3 คน (1.25 %)
- ส่วนความจำเป็นในการมีภาคปฏิบัติ / ดูงานนอกสถานที่ มีความเห็น ว่า ดีมาก 133 คน (51.15 %) ดี 83 คน (31.92 %) ควรปรับปรุง 38 คน (14.74 %)
- สำหรับความรู้ที่ได้รับหลังจากการอบรม ผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่าดีมาก 129 คน (49.67%) ดี 92 คน (35.38%) พอใช้ 33 คน (12.69%)

- ส่วนความรู้ที่ได้รับจากการเข้าร่วมอบรมในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ดีมาก 108 คน (41.54%) ดี 88 คน (33.85 %) พอใช้ 58 คน (22.31 %)

6.6 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการบริหารงานอบรมและสถานที่ใช้ในการอบรม

- ผู้ตอบแบบสอบถามแสดงความคิดเห็นว่า การประสานงานของเจ้าหน้าที่จัดการอบรมดีมาก 158 คน (60.77 %) ดี 86 คน (33.08 %) พอใช้ 10 คน (3.85 %)
- ความมีมนุษยสัมพันธ์และการดูแลเอาใจใส่อำนวยความสะดวกของเจ้าหน้าที่ระหว่างการอบรม ดีมาก 158 คน (60.77%) ดี 86 คน (33.08%) และพอใช้ 10 คน (3.85%)
- สำหรับสภาพและความเหมาะสมของสถานที่อบรม ผู้เข้าร่วมอบรมเห็นว่า ดีมาก 144 คน (55.38%) ดี 90 คน (34.62%) พอใช้ 20 คน (7.69 %)
- ส่วนการจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสื่อทัศนูปกรณ์ต่าง ๆ ดีมาก 158 คน (60.77%) ดี 88 คน (33.85 %) และพอใช้ 8 คน (3.08%)

6.7 เมื่อประเมินภาพโดยรวม การจัดการอบรมครั้งนี้ประสบผลสำเร็จมากน้อยเพียงใดได้ข้อสรุปดังนี้

1. คณะทำงานของมหาวิทยาลัย ได้มีการเตรียมการและดำเนินการบริหารการจัดการจัดอบรมได้ดีแต่อาจมีข้อบกพร่องสำหรับการจัดการอบรมครั้งแรก แต่มีการแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้น
2. วิทยากรมีความรู้และประสบการณ์ในหัวข้ออบรมเป็นอย่างดี
3. เนื้อหาและตัวอย่างประกอบการบรรยายชัดเจน ทำให้ผู้เข้าอบรมเข้าใจได้ง่าย
4. มีสื่อทัศนูปกรณ์ที่ดีประกอบการอบรม
5. ผู้เข้าร่วมอบรมสามารถนำความรู้ และเทคนิคในการปฏิบัติการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อประกอบเป็นอาชีพและผลิตในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อมได้
6. ผู้ที่เข้าร่วมการอบรมบางท่านสามารถนำความรู้ ที่ได้รับจากการอบรมไปใช้เป็นข้อมูลในการทำโครงการของนักเรียนได้
7. มีห้องปฏิบัติการที่ดี และมีอุปกรณ์เพียงพอสำหรับผู้เข้าอบรมทุกคน ทำให้สามารถฝึกปฏิบัติงานด้วยตนเองได้ครบทุกคน

8. วิทยาการเปิดโอกาสให้มีการซักถามปัญหาต่าง ๆ อย่างเต็มที่ และยังมีกรอบอธิบายปัญหาระหว่างผู้เข้าอบรมด้วยกัน ทำให้เกิดวิสัยทัศน์ที่กว้างขวางขึ้น

#### 6.8 ข้อเสนอแนะของผู้เข้าอบรม

1. ควรเน้นภาคปฏิบัติให้เพิ่มมากขึ้น เพื่อความเข้าใจในระดับปฏิบัติการให้ได้ดียิ่งขึ้น
2. ต้องการให้มีการเพิ่มเรื่องการใช้ประโยชน์ของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงได้และการนำไปใช้ในด้านต่าง ๆ ให้มากขึ้น
3. ควรมีการถามตอบมากกว่านี้
4. การแนะนำให้นำน้ำทิ้งจากระบบอุตสาหกรรมมาเพาะเลี้ยงสาหร่าย ควรมีการตรวจสอบโลหะหนักก่อน เพราะอาจทำให้เกิดการตกค้างในสาหร่ายได้
5. อยากทราบต้นทุนการผลิตทั้งหมด และแหล่งตลาดรับซื้อและการนำไปผลิตอาหารสัตว์ชนิดอื่น นอกจากอาหารปลา
6. ควรมีการจัดอบรมอย่างต่อเนื่อง ในเรื่องสาหร่ายสไปรูลินา หรือเรื่องที่เกี่ยวข้องกัน
7. ต้องการความรู้จากวิทยากรบางท่านให้ละเอียดมากขึ้น เช่น คู่แข่งทางธุรกิจในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย
8. ต้องการวิทยากรที่บรรยายในหัวข้อการผลิตสาหร่ายสไปรูลินา ในเชิงการค้าที่ตรงกับวัตถุประสงค์ของการจัดอบรมมากกว่านี้
9. ควรจัดให้มีการจัดอบรมเพิ่มเติมต่อเนื่อง และเน้นด้านการผลิตเพื่อการบริโภคของมนุษย์เพิ่มมากขึ้น ส่วนในภาคปฏิบัติอยากให้เวลามากขึ้นอีก
10. ควรศึกษาวิจัยประโยชน์ของสาหร่ายเพิ่มขึ้นเพราะทราบมาว่า สามารถนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์ในการเป็นปุ๋ยทางใบ
11. ควรจัดกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมให้มีความรู้ใกล้เคียงกัน เพื่อที่จะสามารถทำเข้าใจร่วมกันในเนื้อหาการอบรมได้ง่ายขึ้น
12. ควรมีการนำชมโรงงานที่ผลิตสาหร่ายเกลียวทองเพื่อสร้างความเข้าใจและดูระบบการผลิต
13. ควรจัดให้มีการอบรมความรู้ในการใช้วัสดุแบบง่าย ๆ ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายและอบรมความรู้ที่เกี่ยวข้องในด้าน ต่างๆของสาหร่ายเพิ่มขึ้น
14. พิจารณาควรควบคุมคำถามของผู้เข้ารับการอบรมที่ถามในเนื้อหาส่วนที่วิทยากรยังไม่ได้บรรยาย ทำให้ผู้อบรม บางส่วนสับสน

15. การบรรยายของวิทยากรบางท่านมีเนื้อหาที่เหมือนกัน ทำให้การบรรยายใช้เวลานาน เสนอว่าอาจลดวิทยากรลงและระยะเวลาการอบรม 2 วัน น่าจะเหมาะสม
16. ควรจัดอบรมในช่วงวันหยุดเพราะบางท่านที่ต้องการอบรม บางท่านลางานมาอบรม ไม่ได้และผู้เข้าอบรมส่วนใหญ่ต้องการนำเอาไปทำอาชีพเสริมไม่ได้ทำเป็นอาชีพหลัก
17. ควรมีการติดตามผลของผู้ที่เข้ารับการอบรม ว่าหลังจากนำไปปฏิบัติจริงแล้วได้ผลอย่างไรบ้าง
18. การจัดอบรมครั้งใหม่อยากให้มีการประชาสัมพันธ์การอบรมให้มากขึ้น เพื่อผู้ที่สนใจ การอบรมจะได้เข้ามารับการอบรมเพิ่มมากขึ้น และหากมีการอบรมใด ๆ ที่ทางมหาวิทยาลัยแม่โจ้จัดขึ้น ควรส่งรายการอบรมให้กับสมาชิกที่เคยผ่านการอบรมมาก่อนก็จะเป็นการดีมาก
19. อยากให้ประสานงานกับทางเกษตรจังหวัด เพื่อที่จะได้จัดอบรมให้แก่ชาวบ้านผู้ด้อยโอกาสและยากจน เพื่อผลิตสาหร่ายเป็นอาหารเสริมที่มีราคาถูก
20. หลังฝึกอบรมแล้วเมื่อมีข้อมูลหรือเทคโนโลยีใหม่ ๆ หรือผลงานวิจัยใหม่ ๆ ขอให้ส่งข่าวให้ผู้เข้าร่วมอบรมได้ทราบบ้าง
21. ต้องการให้มีการอบรมเรื่องอื่น ๆ บ้าง เช่น สาหร่ายไก การทำเชื้อ อลูกแบ่งข้าวหมาก การทำเหล้าข้าว การเพาะเห็ด การเลี้ยงไก่
22. ควรมีการประชาสัมพันธ์การจัดอบรมให้มากขึ้น และเน้นการปฏิบัติให้มากขึ้นเพื่อที่จะสามารถนำไปปฏิบัติจริงหลังจากการอบรมเสร็จแล้ว
23. หลังจากเสร็จสิ้นการอบรม ผู้จัดการอบรมควรนำความรู้ที่ถ่ายทอดนี้ไปพัฒนาเพิ่มขึ้นอีกเพื่อให้มีรูปแบบที่ชัดเจนขึ้น เพื่อที่จะได้นำมาถ่ายทอดและสร้างประโยชน์แก่ชาวบ้านเพิ่มขึ้น
24. ควรจัดให้มีการอบรมขึ้นบ่อยๆและอบรมความรู้หลายๆด้าน
25. ควรมีการนำเทคโนโลยีขั้นสูงในการด้านการเกษตรมาถ่ายทอดสู่เกษตรกรเพิ่มมากขึ้น โดยปรับวิธีการปฏิบัติให้เหมาะสมกับพื้นความรู้ของชาวบ้าน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ และสร้างรายได้เป็นการยกระดับฐานะทางเศรษฐกิจของชุมชน
26. ควรมีการคัดเลือกผู้ที่จะเข้ารับการอบรม เพื่อที่จะคัดเลือกผู้ที่จะสามารถนำความรู้ที่อบรมไปใช้ได้จริง
27. ควรมีการแนะนำตลาดที่จะนำไปขายให้มากกว่านี้ และควรวิเคราะห์ต้นทุนการเพาะเลี้ยงสาหร่ายทั้งหมดเพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสาหร่ายที่สามารถผลิตได้และราคา

- ขายในท้องตลาด เพื่อทำให้เกิดความชัดเจนในการที่จะทำการผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงธุรกิจ
28. อยากให้มีการนำชมโรงงานที่ทำการผลิตสำหรับรายเชิงพาณิชย์ หรือชมการผลิตของเกษตรกรที่นำความรู้ไปประยุกต์ใช้แล้วได้ผลดี
  29. ข้อมูลที่ทำการอบรมและหนังสือที่แจกดีมาก แต่ควรเน้นเรื่องอุปกรณ์การเพาะเลี้ยงให้มากขึ้น
  30. ควรมีการติดตามผลว่าหลังอบรมมีรายได้นำไปทดลองทำ และหากได้ผลอย่างไรมี ปัญหา หรือข้อคิดเห็นอย่างไรควรเผยแพร่ให้คนอื่นได้ทราบต่อไป
  31. หากมีผู้สนใจเพาะเลี้ยงสำหรับรายสไปรูติจำนวนมากพอ น่าจะเปิดการอบรมในหลักสูตร ที่เน้นวิชาการยิ่งขึ้นเพื่อการขยายตัวของผลผลิต
  32. ต้องการให้จัดอบรมเกี่ยวกับพืชผักและผลไม้ มาทำเป็นประโยชน์ในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
  33. การเพาะเลี้ยงมีขั้นตอนที่เข้าใจยาก อยากให้มีภาคปฏิบัติมากกว่านี้โดยการลดเวลาของภาคบรรยายลง
  34. ผู้เข้ารับการอบรมต้องการทราบแนวทางการตลาด หรือราคาสำหรับรายสไปรูติให้มากขึ้นกว่านี้
  35. อยากให้มีการอบรมอย่างต่อเนื่อง เพราะหากว่ามีปัญหาใดเกิดขึ้นจะได้มาเพิ่มเติมได้
  36. ควรมีการแนะนำตลาดที่จะนำไปขายให้มากกว่านี้ และควรวิเคราะห์ต้นทุนการเพาะเลี้ยงสำหรับทั้งหมด เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสำหรับที่สามารถผลิตได้และราคาขายในท้องตลาด เพื่อทำให้เกิดความชัดเจนในการที่จะทำการผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงธุรกิจ
  37. ควรเพิ่มรายละเอียดเนื้อหาในการนำสำหรับไปประยุกต์ใช้
  38. อยากให้มีการสนับสนุนเรื่องอุปกรณ์การเพาะเลี้ยงสำหรับ
  39. ขอให้ทางภาควิชาเป็นศูนย์กลางความรู้ที่ถ่ายทอดสำหรับผู้ที่ต้องการปรึกษาเพิ่มเติม
  40. ควรมีการจัดการอบรมเพิ่มขึ้นและจัดอบรมอย่างต่อเนื่องในปีต่อไป และต้องการให้มีอบรมสัญจรไปตามที่อื่น ๆ เช่น ชนบท และภาคอีสานบ้าง
  41. ต้องการทราบข้อมูลและวิธีการเพาะเลี้ยงสำหรับด้วยสูตรต่าง ๆ เพิ่มเติมเพื่อเสริมความรู้และการนำไปประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงสำหรับ
  42. อยากให้มีการประสานงานและติดตามผลการเพาะเลี้ยงสำหรับของผู้เข้าอบรม เพื่อช่วยเหลือและสรุปผล เพาะเลี้ยงของผู้เข้าอบรม

43. ต้องการทราบแนวทางตลาด ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของการเพาะเลี้ยงสาหร่าย เพื่อให้เห็นภาพความคุ้มค่าของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่ชัดเจนขึ้น
44. ควรหาไปเยี่ยมชมฟาร์มสาหร่าย เพื่อศึกษาสภาพการเพาะเลี้ยงจริง ๆ เพื่อเสริมความรู้ให้มากขึ้น
45. อยากให้เพิ่มระยะเวลาในการอบรม โดยเน้นช่วงการลงมือภาคปฏิบัติการเพิ่มมากขึ้น
46. ต้องการทราบวิธีการตรวจสอบโลหะหนัก ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถเอามาเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้ วิธีง่าย ๆ ทำได้อย่างไรบ้าง
47. ระยะเวลาการอบรมไม่ควรเกิน 2 วัน
48. ต้องการข้อมูลการเพาะเลี้ยงสาหร่ายที่นำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ปีกมากกว่านี้
49. ต้องการให้มีการประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับประโยชน์ของสาหร่ายสไปรูลิना ให้แพร่หลายมากกว่านี้
50. ขอให้บรรยายให้ชัดเจนในกรณีนำน้ำเสียมาเพาะเลี้ยงสาหร่าย ว่าสมควรเป็นน้ำเสียระดับใด เพื่อผู้ปฏิบัติจะได้นำไปปฏิบัติอย่างถูกต้องและไม่เกิดผลเสีย
51. ต้องการให้เผยแพร่งานวิจัย ที่เกี่ยวกับสาหร่ายสไปรูลินา (ที่ทางราชการรับรองผลการวิจัย)
52. ต้องการให้แจ้งข่าวการอบรมเรื่องอื่น ๆ แก่สมาชิกในแต่ละรุ่นบ้าง
53. ต้องการให้จัดอบรมขั้นสูงขึ้นไปอีก

### สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาให้กับชุมชน เกษตรกร และผู้สนใจทั่วไป เพื่อนำไปใช้กับสัตว์เลี้ยงในระดับครัวเรือน ผลจากการจัดทำโครงการพบว่าสาหร่ายสไปรูลินามีคุณสมบัติที่ดีหลายประการคือ เจริญเติบโตในอาหารที่มีราคาถูก มีส่วนประกอบไม่ซับซ้อน และหาง่าย แยกและเก็บเกี่ยวง่าย โดยวิธีการกรองเนื่องจากสาหร่ายมีขนาดเส้นสายใหญ่พอสมควร มีความทนต่อการปนเปื้อนของเชื้ออื่น สามารถใช้แหล่งพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในพื้นที่เท่ากันการเพาะเลี้ยงสาหร่ายชนิดนี้จะให้ผลผลิตโปรตีนได้ถึง 20 เท่าของถั่วเหลือง และประมาณ 500-1,000 เท่าของโปรตีนจากสัตว์ การเพาะเลี้ยงสามารถเก็บผลผลิตได้ทุกวัน โดยใช้เครื่องมือน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพืชผลอย่างอื่น ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายชนิดนี้ พื้นที่ ปุ๋ย และน้ำที่ใช้จะมีปริมาณน้อยกว่าการเพาะปลูกอย่างอื่น เมื่อเปรียบเทียบ

กับปริมาณโปรตีนที่ได้รับ สามารถใช้ผสมในอาหารได้ถึง 10 % โดยไม่ทำให้รสชาติและกลิ่นของอาหารเปลี่ยนไป

ในด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี มีผู้ให้ความสนใจเข้ารับการอบรมในโครงการเป็นจำนวน 260 คน ในช่วงระยะเวลาเพียง 4 เดือน และผู้เข้ารับการอบรมมีความต้องการให้คณะวิทยาศาสตร์พัฒนางานการส่งเสริมการเพาะเลี้ยง และต้องการให้มีการส่งเสริมเพื่อที่จะนำไปใช้กับสัตว์น้ำ และสัตว์ปีก อย่างจริงจัง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซื้ออาหารสัตว์สำเร็จรูป และถ้ามีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นจนจำหน่ายได้ก็จะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัวมากขึ้น เกษตรกรบางรายที่เข้ารับการอบรมประกอบอาชีพในการเลี้ยงไก่อยู่ประมาณ 10,000 ตัว มีความสนใจที่จะนำสาหร่ายสไปรูลินาไปปรับใช้ร่วมกับอาหารสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงอยู่ นอกจากนี้ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้มีการพัฒนาอาหารสำเร็จรูปที่มีส่วนผสมของสาหร่ายสไปรูลินา นำไปใช้เพาะเลี้ยงปลาในบ่อเพาะเลี้ยงที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนอยู่แล้ว การนำองค์ความรู้ที่มีอยู่ทั้งในด้านการเพาะเลี้ยงและการนำไปใช้ไปถ่ายทอดกับเกษตรกร หรือผู้สนใจจะช่วยให้เกิดความมั่นใจ และเกิดการรวมกลุ่มการสร้างผลผลิตในระดับชุมชน เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำรายได้ให้กับชุมชน ปัจจุบันตลาดการรับซื้อสาหร่ายสไปรูลินาที่อบแห้งแล้วจะอยู่ในแหล่งที่มีการซื้อขายปลาสวยงามและพรรณไม้น้ำ ราคาจำหน่าย คือ 500-800 บาท / กก. และรับซื้อตลอดเวลา เนื่องจากยังไม่มีการผลิตในประเทศอย่างจริงจังเพื่อนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ สาหร่ายสไปรูลินาเหล่านี้จะถูกนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์เพื่อเลี้ยงปลาสวยงาม ข้อมูลในปี พ.ศ. 2543 พบว่ามูลค่าการส่งออกปลาสวยงามไปยังต่างประเทศสามารถทำเงินให้กับประเทศชาติปีละประมาณ 800-1,000 ล้านบาท ในส่วนนี้จะเป็นกำไรประมาณ 20-30 % คิดเป็นมูลค่าประมาณ 160-200 ล้านบาท ผู้เข้ารับการอบรมส่วนหนึ่งได้เข้ามาขอรับคำปรึกษา และเริ่มการลงทุนในการสร้างบ่อเพาะเลี้ยงไปแล้ว ได้แก่ บริษัทเชียงดาว รีสอร์ท และจงเจริญฟาร์ม ในจังหวัดเชียงใหม่ ที่เป็นบริษัทผลิตสุกรขนาดใหญ่ มีความต้องการที่จะนำน้ำเสียจากฟาร์มกลับมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย ซึ่งอยู่ในระหว่างการให้คำปรึกษา นอกจากนี้ยังมีเกษตรกรรายย่อยเริ่มเพาะเลี้ยงเพื่อฝึกฝนเทคนิคไปหลายราย ผลจากการฝึกอบรมในปี พ.ศ. 2544 ช่วยให้เกษตรกรเห็นแนวโน้มในการสร้างอาชีพเสริมใหม่ได้

ความร่วมมือกับภาคเอกชนที่มีแนวโน้มร่วมลงทุนในการผลิตสาหร่ายสไปรูลินา ในระดับอุตสาหกรรมได้แก่

1. บริษัทจงเจริญฟาร์ม 167/1 หมู่ 8 กม. 12 ต.บ้านกาด กิ่งอ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ เป็นบริษัทผลิตสุกรรายใหญ่ ใน จ.เชียงใหม่ โดยคุณวรรณเตอร์ พลภาณุมาศ

2. ร้านปลาสดงามหลุยส์ ตลาดคำเที่ยง อ.เมือง จ.เชียงใหม่ เจ้าของคือคุณทวีศักดิ์ นายกสมาคมเลี้ยงปลาสดงาม
3. สหกรณ์ประมงน้ำจืด จ.เชียงใหม่

ในการสร้างสูตรอาหารของสัตว์น้ำ สิ่งที่สำคัญและมีความสำคัญมากที่สุดคือการทราบ ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และความชื้น ซึ่งปริมาณโปรตีนที่จะนำมาใช้ในการ สร้างสูตรอาหารมีความสำคัญมากที่สุด เนื่องจากโปรตีนเป็นสารอาหารที่มีราคาแพงกว่า สารอาหารประเภทอื่น การนำมาใช้จึงนำมาใช้อย่างประหยัด แนวคิดในการใช้สาหร่ายสไปรูไลนา มาเป็นแหล่งโปรตีนนับว่ามีความเหมาะสม เนื่องจากเกษตรกรสามารถเพาะเลี้ยงในระดับพื้นบ้าน ได้เอง และเป็นการนำของเสียที่มีอยู่ในชุมชนกลับมาเป็นวัสดุหมუნเวียนในการนำสารอาหาร กลับมาใช้ใหม่ เป็นการลดต้นทุนในการเพาะเลี้ยงเอง หรือเพิ่มมูลค่าโดยการผลิตขายในระดับ อุตสาหกรรม

ดังนั้นภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิต กรรมการเกษตร จะจัดทำโครงการเสนอขอรับทุนอุดหนุนการวิจัยในระดับที่นำไปใช้พัฒนาเป็น อาหารสัตว์ เช่น สัตว์น้ำ สัตว์ปีก ต่อไป เพื่อพัฒนางานให้มีความก้าวหน้าอีกระดับหนึ่ง และ นำไปสู่การสร้างรายได้ให้ชุมชนต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

- เจียมจิตต์ บุญสม. 2531. ความลับของสาหร่ายเกลียวทอง : ผลทางการรักษาโรคที่ นายแพทย์ชาวญี่ปุ่นค้นพบ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- ชื่นจิตต์ ชื่นกมล. 2530. การเปรียบเทียบผลผลิตของสาหร่ายสไปรูไลนา (*Spirulina platensis*) ในสูตรอาหารต่างๆ. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒบางแสน ชลบุรี.
- นฤมล ศุภจรรยา บุษยา บุนนาค และพิศมัย ภูริลินสิทธิ์. 2529. การผลิตสาหร่ายเกลียวทอง (*S. platensis*) จากโรงงานน้ำทิ้งแป้งมันสำปะหลัง. รายงานการวิจัยและพัฒนา เทคโนโลยีเพื่อประโยชน์ และเพื่อกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังในระดับห้อง ปฏิบัติการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ยุวดี พีรพรพิศาล สุพัตรา จันทศิริโพธา และสุนทรี เป็องการ. 2535. คุณค่าทางโภชนาการ ของสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis*) ที่เลี้ยงในน้ำกากส่าแห้ง. ภาควิชา ชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ

สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กรกฎาคม 2535.

สถิตย์ วงศ์สว่าง. 2533. การเพาะเลี้ยงและปริมาณโปรตีนของสาหร่าย (*Spirulina platensis*) ที่เลี้ยงในน้ำเวย์เต้าหู้. ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุชาติ อิงครรรวมจิตร. 2529. "สาหร่ายเกลียวทอง (สไปรูลิน่า)" วารสารการประมง. 39 (พฤศจิกายน), 615 - 621.

Abraham, C. and S. Bernard. 1986. Ballistic Bomb Calorimeter Biochemistry. Modern Asia Edition. APHA, AWWA and WPCF. 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. American Public Health Association, Washington DC.

Association of Vitamin Chemists. 1966. Method of Vitamin Assay. Interscience Publishers. New York.

Chan, P.K., G.P. O'hara and A.W. Hayes. 1982. Principle and Method of Toxicology. Raven Press. New York.

Cheewaisrakul, B. and B. Cheewaisarakul. 1982. Analysis Method and Testing in Animal Nutrition. Faculty of Agriculture. Chiang Mai University.

Chung, P. 1978. "Production and Nutritive Value of *Arthospora platensis* : A Spiral Blue-green Alga Grown on Swine Wastes. Journal of Animal Science, 47(2) 319-330.

Folch, J. L. and G.H.A. Sloane - Stanley. 1957. Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipids for Animal Tissues. J. Biol Chem. 26: 497-510.

Henry, J. R. 1964. Clinical Chemistry Principles and Technics. Harper & Row Publishers.

Hong, C. M. 1979. Utilization of Hog Wastes in Taiwan through Anaerobic Fermentation. Extension Bulletin No.131 ASPAC. Food and Fertilization Technology Centre. Taiwan.

Kangsadalampai, K. and P. Sungpuag. 1984. Laboratory Manual for Food Analysis. Mahidol University, Bangkok.