บทนำ

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

สาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis* (Nordstedt) Geiteler) เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน มีโปรตีน 64 – 72 % ของน้ำหนักแห้ง มีกรดอะมิโน วิตามิน เกลือแร่ต่าง ๆ ในอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อความต้องการของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งมนุษยชาติได้ใช้เป็นอาหารมาอย่างปลอดภัยนับพันปีมาแล้ว และได้มีการทดลองในหลายประเทศ ในการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายชนิดนี้ทั้งในการแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรม ตลอดจนใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับคนได้ผลดีเป็นอย่างยิ่ง ในการเลี้ยงสาหร่ายสำหรับเกษตรกรที่ต้องการเลี้ยงเพื่อเป็นอาหารเสริมของสัตว์เลี้ยงหรือส่วนประกอบในอาหารสัตว์ ไม่มีความยุ่งยากในการเลี้ยง ต้นทุนก็ต่ำมากและการเพาะเลี้ยงก็ไม่ต้องดูแลมากนัก ไม่เหมือนกับการเลี้ยงเพื่อเป็นอาหารเสริมของคน ดังนั้นโครงการวิจัยการนำน้ำทิ้งภายในศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลมาใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองจึงจัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะทดลองนำน้ำทิ้งในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ซึ่งยังคงมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์อยู่ มาใช้เลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง เพื่อหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำในบ่อพักน้ำภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
2. เพื่อศึกษาสูตรของสารเคมีที่เหมาะสม ที่ใช้เติมลงในตัวอย่างน้ำที่นำมาศึกษาสำหรับการเพิ่มปริมาณของสาหร่ายเกลียวทอง
3. เพื่อทดลองเลี้ยงสาหร่ายในโรงเรือนเพื่อผลิตจำนวนมาก
4. เพื่อออกแบบสร้างอุปกรณ์ที่ใช้เก็บเกี่ยวสาหร่ายอย่างสะดวก รวดเร็ว
5. เพื่อศึกษาของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสาหร่ายที่มีต่อปริมาณโปรตีน และแคโรทีนอยด์ในสาหร่าย
6. เพื่อศึกษาผลการนำสาหร่ายไปผสมในอาหารปลาสวยงาม
7. เพื่อศึกษาผลของการนำสาหร่ายไปเป็นอาหารเสริมให้เป็ดไข่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบคุณสมบัติของน้ำในบ่อบำบัดพักน้ำภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

2. ได้สูตรของสารเคมีที่เหมาะสม ที่ใช้เติมลงในตัวอย่างน้ำที่นำมาศึกษาสำหรับการเพิ่มปริมาณของสาหร่ายเกลียวทอง

3. วิธีการเลี้ยงสาหร่ายในโรงเรือนเพื่อผลิตจำนวนมาก

4. ได้อุปกรณ์ที่ใช้เก็บเกี่ยวสาหร่ายอย่างสะดวก รวดเร็ว

5. ทราบผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งสาหร่ายที่มีต่อปริมาณโปรตีน และแคโรทีนอยด์ในสาหร่าย

6. ทราบผลการนำสาหร่ายไปผสมในอาหารปลาสวยงาม

7. ทราบผลของการนำสาหร่ายไปผสมเป็นอาหารเสริมให้เป็ดไข่

การตรวจเอกสาร

ข้อมูลทั่วไปของสาหร่ายเกลียวทอง

สาหร่ายเกลียวทอง (Spirulina platensis (Nordstedt) Geiteler) เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จำแนกหมวดหมู่ตามหลักอนุกรมวิธานดังนี้

Kingdom	Monera
Division	Cyanophyta
Class	Cyanophyceae
Order	Oscillatoriales
Family	Oscillatoriaceae
Genus	Spirulina
Species	platensis

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง เพื่อนำมาใช้เป็นอาหารของคนต้องใช้ต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง เนื่องจากอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงมักใช้สารอนินทรีย์หลายชนิด ซึ่งสารบางชนิดมีราคาแพงและค่อนข้างหายาก เช่น สูตรอาหาร Zarrouk's medium จึงไม่คุ้มค่าหากจะนำมาใช้ผลิตอาหารสัตว์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีการทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลง เช่น นำน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ยังมีสารอาหารพอเพียงสำหรับใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย มีการทดลองนำน้ำทิ้งจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร 20 % โดยเติมสารเคมีหลัก 3 ตัว $NaHCO_3$ 6 g/l , K_2HPO_4 0.5 g/l , $NaNO_3$ 1.5 g/l และปุ๋ยสูตร NPK (16:16:16) 0.6 g/l ปรับ pH 10 + 0.5 โดยใช้ NaOH (จงกล, 2543) นำน้ำเสียจากบ่อบำบัดหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ความเข้มข้น 50 % มาเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (วัลทนาพร, 2544) มีการนำน้ำกากส่าเหล้าจากโรงงานผลิตสุรา ซึ่งเป็นน้ำเสียที่มาจากกากน้ำตาลที่กลั่นเอาแอลกอฮอล์ออกไปแล้ว และมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะใช้เลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง ผลการทดลองพบว่าสาหร่ายเกลียวทอง ที่เพาะเลี้ยงในน้ำกากส่าเหล้ามีอัตราการ

เจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 0.5 % โดยเติมสารเคมีหลัก 3 ตัว คือ NaHCO3 8.5 g/l K2HPO4 0.5 g/l , NaNO3 1.5 g/l และปุ๋ยสูตร NPK (16:16:16) 0.6 g/l ปรับสารละลายที่เตรียมให้มีความเป็นกรด – ด่าง อยู่ในช่วง 10 + 1 ด้วยสารละลาย NaOH (สุพัตรา, 2533) มีการเพาะเลี้ยง Spirulina sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงานยางและเติมธาตุอาหารหลักบางตัวที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันลงในน้ำทิ้งจากโรงงานยาง เช่น เติม NaNO3 ความเข้มข้น 2.5 g/l ซึ่งให้ผลผลิตของสาหร่ายสูงกว่าที่เลี้ยงในสูตรอาหาร Zarrouk's medium (พิมพรรณ, 2532)

การเพาะเลี้ยง Chlorella sp. และ สาหร่ายเกลียวทอง(Spirulina sp.) ในน้ำเสียจากบ่อ UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ที่ความเข้มข้น 1 : 1 และ 1 : 3 เปรียบเทียบกับที่ไม่มีสาหร่ายทั้ง 2 ชนิด การทดลองทุกชุดมีการเติมอากาศตลอดการทดลอง และเก็บผลการทดลองทุก 3 วัน จำนวน 10 ครั้ง พบว่า Spirulina sp. ในน้ำเสียจากบ่อ UASB ที่ความเข้มข้น 1 :1 และ 1 : 3 มีผลทำให้น้ำดีขึ้นในระดับหนึ่งดังนี้ pH 5.50 – 10.80 , BOD5 6.66 - 35.00 mg/l , NO_3-N 0.81 – 1.80 mg/l , NH_3-N 0 – 80.00 mg/l , PO4-P 2.15 – 4.80 mg/l ; และได้ Biomass 0.14 – 25.00 g/l (ธำรงค์, 2539)

เสาวลักษณ์ (2540) พบว่า การเติมสารเคมีลงในน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตขนมจีนที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายช่วยให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยสารเคมีที่ใช้ ประกอบด้วย

- $NaHCO_3$ 8.5 กรัม/ลิตร
- $NaNO_3$ 0.59 กรัม/ลิตร

ปัญหาไข้หวัดนกกับการเลี้ยงเป็ดไล่ทุ่งในประเทศไทย

นับตั้งแต่เดือนมกราคม 2547 เป็นต้นมา ปัญหาการระบาดของโรคไข้หวัดนกที่เกิดจากเชื้อเอช 5 เอ็น 1 (H5N1) ได้แพร่ระบาดในสัตว์ปีกในหลายพื้นที่ ส่งผลให้สัตว์ปีกป่วยและล้มตายเป็นจำนวนมาก สร้างความเสียหายทั้ง ทางด้านเศรษฐกิจและส่งผลกระทบต่อ ภาคปศุสัตว์อย่างไม่มีทางหลีกเลี่ยง ซึ่งที่ผ่านมารัฐบาลได้มอบหมายให้กรมปศุสัตว์และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหาวิธีป้องกัน และแก้ไขอย่างเร่งด่วน พร้อมเร่งถ่ายทอดความรู้และทำความเข้าใจให้กับเกษตรกรในการป้องกันและแก้ไข รวมถึงการปรับพฤติกรรมให้อยู่อย่างปลอดภัยในสถานการณ์การแพร่ระบาดโรคไข้หวัดนก

แต่ปัญหาสำคัญในการแก้ไขโรคไข้หวัดนก คือ การติดชนิดเชื้อในสัตว์ปีกบางชนิดที่ไม่แสดงอาการอย่าง เช่น เป็ดไล่ทุ่ง ซึ่งยากในการตรวจสอบจากอัตราการป่วยตายของเป็ดไล่ทุ่งไม่แสดงอาการ

ติดเชื้อ ทำให้สาเหตุดังกล่าวอาจส่งผลร้ายแรงและไม่สามารถป้องกันและแก้ไขการระบาดของเชื้อไข้หวัดนกในภายหลังได้ เนื่องจากการเลี้ยงเป็ดไล่ทุ่งนั้นมีพฤติกรรมที่มีความเสี่ยง ในการติดเชื้อไข้หวัดนกได้ง่าย ซึ่งคณะกรรมการพิจารณาแก้ไขสถานการณ์โรคไข้หวัดนกได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาในเบื้องต้น คือ ขณะนี้ได้รับซื้อและทำลายไข่เป็ดไปแล้วประมาณ 3.8 ล้านฟอง ใช้งบประมาณ 25 ล้านบาทเพื่อตัดวงจรของลูกเป็ดที่จะฟักแล้วนำไปเลี้ยงแบบไล่ทุ่งของเกษตรกร เนื่องจากเป็ดที่ฟักออกมาเป็นตัว เมื่อนำไปเลี้ยงเป็นเป็ดไล่ทุ่งปัญหาการระบาดของเชื้อไข้หวัดนกก็จะเกิดขึ้นมาอีก เพราะว่าเป็ดไล่ทุ่งไม่ได้เลี้ยงในโรงเรือนซึ่งอาจจะติดเชื้อไข้หวัดนกได้และมีโอกาสที่แพร่เชื้อ ในเปอร์เซ็นต์สูง ไม่เหมือนกับการเลี้ยงสัตว์ในระบบฟาร์ม ที่สามารถควบคุมโรคได้ ซึ่งขณะนี้ยังเหลือแต่เป็ดไล่ทุ่งอยู่อีกประมาณ12.3ล้านตัวที่มีการเลี้ยงอยู่ก่อนหน้านี้แล้ว ทั้งนี้ สิ่งสำคัญสุดที่จะแก้ไขปัญหาการติดเชื้อไข้หวัดนกของเป็ดได้ คือ เร่งให้การเลี้ยงเป็ดไล่ทุ่งเข้าสู่ระบบ โรงเรือนที่สะอาดมีแหล่งน้ำและอาหาร ที่ปราศจากเชื้อโรคและที่สำคัญต้องมีตาข่ายปิดคลุมป้องกันนก และสัตว์ที่จะนำเชื้อมาสู่เป็ดที่เลี้ยงไว้ (ไทย บางจาก, มปพ.)

อย่างไรก็ตาม ทวีศักดิ์ (2007) ได้ผลการศึกษาวงจรการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสไข้หวัดนก H5N1 ในเป็ดไล่ทุ่ง ทำการเก็บตัวอย่างจากทวารหนักของเป็ดเพื่อตรวจหาเชื้อ H5N1 และเจาะเลือดเพื่อนำซีรั่มมาตรวจดูว่ามีระดับภูมิคุ้มกัน พบว่า เจอเชื้อไวรัสไข้หวัดนก H5N1ในเป็ดไล่ทุ่งฝูงเดียวในขณะนั้น และไม่พบการระบาดของสัตว์ปีกในบริเวณใกล้เคียงกับเป็ดไล่ทุ่งฝูงนั้นแต่อย่างใด นอกจากนี้ฟาร์มขนาดใหญ่ที่มีระบบการเลี้ยงที่ดี จะสามารถป้องกันการระบาดของเชื้อได้ 100 % ในกรณีที่พบว่ามีการระบาด ทางฟาร์มจะมีระบบการจัดการที่ดี เชื้อที่ติดจะไม่แพร่ระบาดออกมาข้างนอกได้ โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดการระบาดของเชื้อโรคที่ชัดเจนมากที่สุด เชื่อว่ามาจากคนเป็นส่วนใหญ่ โดยการเคลื่อนย้ายสัตว์ป่วยจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง โดยการสัมผัสเชื้อ ปนเปื้อนไปกับยานพาหนะ อุปกรณ์ เครื่องใช้ในการเลี้ยงสัตว์ การใช้น้ำที่มีการปนเปื้อนเชื้อโรคนี้โดยไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ และการโยนซากลงแม่น้ำลำคลอง ซึ่งถือเป็นปัจจัยทำให้เกิดความเสี่ยงของโรคมาก

สำหรับผลการศึกษาวงจรการเลี้ยงเป็ดไล่ทุ่งในเกษตรกรจำนวน 10 ราย พบว่าการเลี้ยงเป็ดจะเริ่มตั้งแต่การอนุบาล โดยจะแยกเป็ดเพศเมียและปล่อยให้ไล่ทุ่ง ซึ่งเป็ดจะกินเมล็ดข้าวเปลือกที่ตกหล่นอยู่ในนาข้าว รวมถึงหอยเชอรี่ที่เป็นศัตรูพืชตัวสำคัญ จนเมื่อเป็ดอายุประมาณ 5-6 เดือน หรือ ระยะเป็ดสาว ซึ่งเป็นช่วงเริ่มการวางไข่ จากนี้เกษตรกรจะแบ่งวิธีการเลี้ยงเป็ดออกเป็น 2 แนวทาง คือ 1. นำเป็ดสาวเข้าไปวางไข่ในโรงเรือน ซึ่งระยะเวลาวางไข่ฟองแรกจนถึงฟองสุดท้ายประมาณ 13-14 เดือน และปลดระวางเข้าโรงฆ่าในช่วงอายุ 18-19 เดือนแล้วแต่ความสมบูรณ์ของเป็ด วิธีที่ 2 เลี้ยงเป็ดไข่ที่กำลังให้

ผลผลิตแบบไล่ทุ่ง คือการปล่อยให้เป็ดหากินอยู่ในทุ่งนาต่อไป และทำการล้อมคอกไว้สำหรับให้เป็ดมาวางไข่ในช่วงเช้ามืดของทุกวัน

จะเห็นได้ว่าเป็ดสาวไล่ทุ่งก่อนเริ่มวางไข่ที่เข้าโรงเรือน จะมีการปรับตัวและได้รับอาหารเต็มที่ระยะหนึ่ง จึงให้ผลผลิต ซึ่งกรณีนี้เกษตรกรยากจนจะขายเป็ดสาวเหล่านี้ให้กับเกษตรกรที่มีโรงเรือนและสามารถหาอาหารให้กินตลอดช่วงนั้นจนปลดระวาง แต่ส่วนหนึ่งจะยังคงถูกเลี้ยงและวางไข่ในทุ่งต่อไป สำหรับเพื่อค่าครองชีพและเป็นทุน เลี้ยงเป็ดเล็กต่อไปดังนั้นหากมีการให้เลี้ยงเป็ดในฟาร์มระบบปิด โดยไม่ให้มีการเลี้ยงแบบไล่ทุ่งเลย เกษตรกรจะต้องอนุบาลเป็ดตั้งแต่ฟักออกจากไข่จนถึงระยะเป็ดสาว ซึ่งใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 5 เดือนครึ่ง โดยที่ไม่ได้ผลผลิต ต้นทุนการผลิตไข่จึงสูงขึ้นมาก และต้นทุนอาหารมีราคาแพงมากขึ้นทุกวัน เกษตรกรหาซื้อวัตถุดิบจากตลาดทั่วไปได้ยากขึ้นแม้ว่ามีเงินพอที่จะซื้อวัตถุดิบได้ ขณะเดียวกันการที่นำเป็ดที่วางไข่อยู่แล้วในทุ่งนาเข้าสู่โรงเรือน จะส่งผลให้เป็ดไม่สามารถปรับตัวเข้ากับอาหารและสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป ก่อให้เกิดความเครียด ป่วย วางไข่ได้น้อยลงและตายในที่สุด จึงไม่คุ้มกับการลงทุน

นอกจากนี้การยกเลิกการเลี้ยงเป็ดไล่ทุ่งยังส่งผลกระทบต่อชาวนา เพราะเศษข้าวที่ตกอยู่ในพื้นนาซึ่งมีมูลค่ามหาศาล อาหารชั้นดีของเป็ด ต้องกลายเป็นภาระให้ชาวนาหาวิธีกำจัดทิ้ง เพราะหากปล่อยไว้จะส่งผลให้ผลผลิตข้าวในครั้งต่อไปลดลง ที่สำคัญหากไม่มีเป็ดไล่ทุ่งช่วยกินหอยเชอรี่ซึ่งเป็นศัตรูของต้นข้าว เกษตรกรต้องหวนกลับมาใช้สารเคมีในการฆ่าหอยเชอรี่ ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตราย พิษภัยจากการตกค้าง ทั้งนี้ปัจจุบันมีการนำเข้าสารเคมีที่ใช่ฆ่าหอยเชอรี่มูลค่านับหลายล้านบาท อย่างไรก็ตามเมื่อเป็ดไล่ทุ่งมีการติดเชื้อ จะปล่อยเชื้อออกทางอุจจาระได้ใน 7-10 วันก่อนที่จะแสดงอาการป่วย ซึ่งทางภาครัฐสามารถเข้าไปควบคุมและทำลายซากได้ในทันที ดังนั้นแนวทางที่จะคลี่คลายปัญหานี้คือการจัดโซนนิ่งเขตการเลี้ยงที่เหมาะสมร่วมกับการเฝ้าระวังโรคที่สามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การเลี้ยงเป็ดไล่ทุ่งยังคงเป็นอาชีพที่พอเพียง ของเกษตรกรที่ยากจน และเป็นแหล่งโปรตีนราคาถูกให้กับผู้คนในท้องถิ่น ที่สำคัญยังเป็นการสืบสานองค์ความรู้และภูมิปัญญาของบรรพบุรุษที่สอดคล้องกับวิถีชีวิต ให้คงอยู่สืบไป ไม่เหลือไว้เพียงตำนาน (ทวีศักดิ์, 2007)

สำหรับสูตรอาหารเป็ด ในระยะต่างๆ ที่แนะนำโดยภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อให้เกษตรกรได้ผสมไว้ใช้เอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรอาหารเป็ด สำหรับเป็ดในช่วงวัยต่างๆ

วัสดุที่ใช้ (กก.)	เป็ดเล็ก (0-8 สัปดาห์)	เป็ดรุ่น (0-2.0 สัปดาห์)	เป็ดไข่-พันธุ์
ปลายข้าว	26.0	15.0	23.0
รำละเอียด	20.0	20.0	20.0
รำหยาบ	20.0	40.0	20.0
กากถั่วเหลือง	10.0	8.0	8.0
ใบกระถินป่น	3.0	3.0	6.0
ปลาป่น	16.0	10.0	10.0
กระดูกป่น	1.5	2.5	3.5
ไดแคลเซี่ยมฟอสเฟต	-	-	1.0
เปลือกหอยป่น	2.0	-	7.0
เกลือป่น	0.5	0.5	0.5
ไวตามิน-แร่ธาตุ	1.0	1.0	1.0
รวม	**100.0**	**100.0**	**100.0**

ที่มา: สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2541)

วิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. Stock culture ของ S. *Platesis*
2. น้ำจากแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คือบ่อข้างกองสวัสดิการ ภายในศูนย์กลางฯ (คลองหก) บ่อประมงภายในวิทยาเขตปทุมธานี และน้ำประปา
3. อ่างปูนซีเมนต์กลมฉาบเรียบ
4. โหลแก้ว
5. อุปกรณ์เติมอากาศ
6. อุปกรณ์ทำแห้งสาหร่าย
7. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์
8. สารเคมี
9. ชุดอุปกรณ์เก็บเกี่ยวสาหร่าย
10. อุปกรณ์วัดความเป็นกรดเป็นด่าง
11. อุปกรณ์วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย
12. โรงเรือนถอดประกอบได้
13. รำละเอียด ปลาป่น ข้าวโพด ข้าวสาลี กากถั่วเหลือง ปลาป่น กากถั่วลิสง
14. เครื่องบดอาหารปลา
15. ตู้อบลมร้อน
16. ถาดอลูมิเนียม
17. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

1. การทดลองผลของแหล่งน้ำ และสูตรอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ดำเนินการดังนี้

1) เก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่างๆในมหาวิทยาลัย ส่งวิเคราะห์

2) นำน้ำจากแหล่งต่างๆ คือ บ่อน้ำข้างกองสวัสดิการ บ่อน้ำภายในวิทยาเขตปทุมธานี และน้ำประปา มาใส่ถัง ปิดฝา ทิ้งให้ตกตะกอน เป็นเวลา 1 วัน

3) นำน้ำจาก 3 แหล่งในข้อ 2) มาผสมสูตรอาหารสูตรต่างๆคือ สูตรของจงกล (2547) และสูตรของเสาวลักษณ์ (2540) และไม่เติมสารเคมี รวมเป็น 3 สิ่งทดลอง ดังตารางที่ 1 ใส่ลงในโหลแก้วโดยทำการทดลอง 3ซ้ำ

4) นำหัวเชื้อสาหร่ายมากรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้งให้หมดสารอาหาร เติมน้ำกลั่นปริมาณ 500 มิลลิลิตร นำไปวัดค่า O.D.

5) คำนวณปริมาณหัวเชื้อสาหร่ายลงผสมในโหลแก้วในข้อ 3) ให้ได้ค่า O.D.ประมาณ 0.3 – 0.4

6) ดูแลสาหร่ายโดยนำไปตั้งไว้ในโรงเรือนที่มี อุณหภูมิโดยเฉลี่ย 25°C-28°C

7) วัดค่า O.D.และหาน้ำหนักแห้ง (กรัม/10มล.) ของสาหร่ายทุกวัน

ตารางที่ 2 การกำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

แหล่งน้ำ / สารเคมี	น้ำประปา	น้ำกองสวัดิการ	น้ำวิทยาเขตปทุมธานี
ไม่เติมสารเคมี	AX	BX	CX
เติมสูตรของเสาวลักษณ์	AY	BY	CY
เติมสูตรของจงกล	AZ	BZ	CZ

2. การทดลองเทคนิคผลิตเป็นจำนวนมาก

1) ออกแบบสร้างโรงเรือนแบบถอดประกอบได้

2) ผสมอาหารสูตรที่ได้ทดลองได้ผลดีที่สุดในการทดลองที่ 1 แล้วใส่ลงในอ่างปูนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตรที่อยู่ภายในโรงเรือน โดยใช้น้ำจากแหล่งที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด หากไม่มีความแตกต่างกันให้เลือกใช้สูตร และวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่าย

3) นำหัวเชื้อสาหร่ายผสมลงในอาหารที่เตรียมไว้ ให้มีค่า O.D. เริ่มต้น 0.2

4) ตรวจสอบค่าpH และ O.D.ทุกวัน

5) เมื่อ ค่า O.D. เท่ากับ 1.0 ให้ทำการเก็บเกี่ยวตามวิธีในข้อ 3

3. การเก็บเกี่ยวสาหร่ายสไปรูลินา

1) ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวสาหร่าย

2) ดูดสาหร่ายผ่านชุดกรองโดยเก็บอาหารที่ผ่านชุดกรองไว้ผลิตสาหร่ายต่อไป โดยเซลล์สาหร่ายที่ผ่านชุดกรองไปได้ จะมีค่า O.D.ประมาณ 0.2 ซึ่งพอเหมาะในการเริ่มต้นเลี้ยงสาหร่ายต่อไป

3) ล้างสาหร่ายด้วยน้ำสะอาดหลายครั้ง จนค่า pH เท่ากับ 7 แล้วรอให้น้ำแห้ง นำไม้พายมาตักสาหร่ายที่สามารถกรองได้ใส่ถาดเกลี่ยให้ทั่วๆรอทำการอบให้แห้งต่อไป

4) นำสาหร่ายไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสจนแห้งสนิท

5) นำสาหร่ายที่แห้งแล้ว ไปบด ชั่งน้ำหนัก เก็บใส่ถุงพลาสติกมัดปากให้แน่น เก็บในภาชนะที่บรรจุซิลิกาเจลดูดความชื้น

4. การทดลองผลของอุณหภูมิในการอบแห้ง ต่อคุณค่าทางอาหารของสาหร่าย ดำเนินการดังนี้

1) เลี้ยงสาหร่ายในบ่อซีเมนต์เพื่อเพิ่มปริมาณ

2) แบ่งสาหร่ายที่เก็บเกี่ยวได้แต่ละครั้งออกเป็น 3 ส่วน

3) นำสาหร่ายในข้อ 2) มาเกลี่ยบาง ๆ ความหนาไม่เกิน 1 มม. บนถาดอลูมิเนียม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียสจนแห้งสนิท บันทึกเวลาที่ใช้ โดยทำการทดลอง 3ซ้ำ

4) นำสาหร่ายที่อบแห้ง ปริมาณ 150 กรัม/ซ้ำ ส่งวิเคราะห์ปริมาณ เบต้าแคโรทีน และโปรตีน

5) นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ วิธี CRD

6) ออกแบบสร้างอุปกรณ์อบแห้งสาหร่ายที่มีประสิทธิภาพ

5. การนำสาหร่ายไปผสมเป็นอาหารเลี้ยงปลาสวยงาม

1) คำนวณสูตรอาหารปลาสวยงามโดยให้มีส่วนผสมของสาหร่ายสไปรูลินา ในอัตราส่วน 0% 5% 10% และ 15 %

2) นำวัตถุดิบแต่ละชนิด ประกอบด้วย รำละเอียด ปลาป่น ข้าวโพด ข้าวสาลี กากถั่วเหลือง ปลาป่น กากถั่วลิสง นำมาบดให้ละเอียด

3) ชั่งวัตถุดิบตามสูตรอาหารที่กำหนด

4)ใส่วัตถุดิบลงในกะละมังสำหรับผสมทีละชนิด โดยใส่วัตถุดิบที่มีปริมาณมากที่สุดก่อน จากนั้นคลุกเคล้าให้เข้ากัน

5) ใส่น้ำลงไปทีละน้อย นวดจนเนื้อวัตถุดิบเข้ากันดี

6) ปั้นเป็นก้อนขนาดพอเหมาะ และนำไปเข้าเครื่องบดอาหาร รีดเป็นแท่งขนาดเล็ก

7) นำอาหารที่ได้ไปอบจนแห้งสนิท แล้วเก็บใส่ถุง พร้อมที่จะนำไปใช้เลี้ยงปลาต่อไป

8) คัดเลือกปลาคาร์ฟหางสั้น ให้มีสี และน้ำหนักตัวใกล้เคียงกัน จำนวน 12 ตัว บันทึกน้ำหนักเริ่มต้น นำลงเลี้ยงในบ่อถังปูน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 ซม. จำนวน 12 บ่อ บ่อละ 5 ตัว

9) สุ่มสูตรอาหารทั้ง 4 สูตร เพื่อใช้เลี้ยงปลา สูตรละ 3 บ่อ

10) เลี้ยงปลาเป็นเวลา 3 เดือน นำปลาขึ้นมาชั่งน้ำหนักเพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตทุกๆ 1 เดือน

6. การนำสาหร่ายไปผสมเป็นอาหารเลี้ยงเป็ดไข่

1) คัดเลือกเป็ดไล่ทุ่งที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และมีอายุเท่ากันคือประมาณ 23 เดือน จำนวน 30 ตัว สุ่มแยกออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ตัว

2) กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม ให้เลี้ยงด้วยวิธีการไล่ทุ่ง และเสริมด้วยข้าวเปลือก โดยเฉลี่ยตัวละ 200 กรัม/วัน กลุ่มที่ 2 เลี้ยงด้วยอาหารเป็ดไข่ไฮโปรไวท์ 544 (โปรตีน≥ 15% ไขมัน≥ 3% กาก ≤ 8% ความชื้น≤ 13%) โดยเฉลี่ยตัวละ 200 กรัม/วัน และกลุ่มที่ 3 เลี้ยงด้วยอาหารเป็ดไข่ไฮโปรไวท์ 544 เฉลี่ยตัวละ 200 กรัม/วัน โดยเติมสาหร่ายเกลียวทองแห้ง 3% (โดยน้ำหนัก)

3) บันทึกจำนวนไข่ ขนาด และน้ำหนักไข่ใน 1 สัปดาห์นำมาหาค่าเฉลี่ยต่อวันเป็นเวลา 5 สัปดาห์ นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์โดยวิธี CRD โดยให้ 1 สัปดาห์เป็น 1 ซ้ำ รวมเป็น 5ซ้ำ

7.การถ่ายทอดเทคโนโลยี

จัดการอบรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี "การผลิตสาหร่ายเกลียวทองเพื่อการเกษตร" ระหว่างวันที่ 6-7 กันยายน 2551 โดยความร่วมมือกับศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา รังสิต กิจกรรมการอบรมประกอบด้วย

1) การให้ความรู้เรื่องสาหร่าย และการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายเกลียวทอง การเพาะเลี้ยงในระดับโรงเรือนและการแปรรูปสาหร่ายเกลียวทอง การจัดนิทรรศการให้ความรู้เรื่องสาหร่ายเกลียวทอง

2) การฝึกปฏิบัติการ การจำแนกสาหร่าย การเตรียมอาหารเลี้ยงสาหร่าย การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในโรงเรือน และการเก็บเกี่ยวสาหร่ายเกลียวทอง

3) การนำผู้เข้าฝึกอบรมไปศึกษาดูงานการเพาะเลี้ยง และการแปรรูปสาหร่ายเกลียวทอง **ณ โครงการส่วนพระองค์ สวนอุไทยธรรม อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี**

ผลการวิจัย และวิจารณ์

1. การทดลองผลของแหล่งน้ำ และสูตรอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

จากการทดลองเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งพักน้ำภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล 2 แหล่ง คือ บ่อพักน้ำบริเวณกองสวัสดิการ คลองหก และบ่อประมงในวิทยาเขตปทุมธานี จากการเก็บน้ำริมฝั่งและน้ำกลางบ่อนำไปส่งวิเคราะห์ พบว่าน้ำในแหล่งทั้งสองแหล่งของมหาวิทยาลัยมีการปนเปื้อนโลหะหนักอยู่ในระดับปลอดภัย คือต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ สามารถใช้ในการผลิตสาหร่ายได้โดยไม่มีความเสี่ยง นอกจากนั้น น้ำบริเวณกลางบ่อ ยังมีค่า pH ที่เป็นด่าง และมีค่า BOD ค่อนข้างสูงซึ่งเมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินเพื่อการเกษตรที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ (2537) จึงเหมาะที่จะใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 3 ผลการตรวจสอบน้ำจากแหล่งพักน้ำ ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

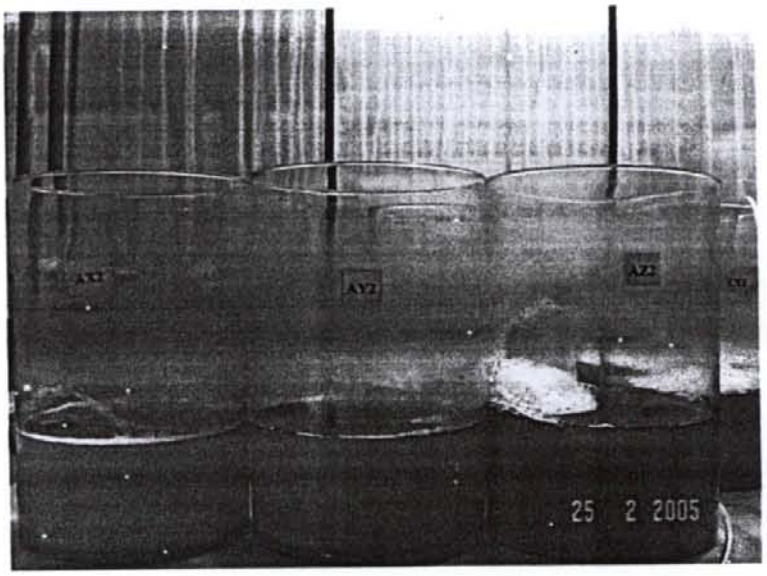
สิ่งที่ตรวจสอบ	น้ำกองสวัดิการ		น้ำวิทยาเขตปทุมธานี		มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน*
	น้ำริมฝั่ง	น้ำกลางบ่อ	น้ำริมฝั่ง	น้ำกลางบ่อ	
Total phosphorous	0.34	2.58	1.83	4.62	ไม่ระบุ
pH	5.59	10.97	5.77	11.07	5-9
BOD	1.33	6.49	1.63	7.28	2.0
Pb	0.035	0.023	0.038	0.030	0.05
Cu	0.004	0.005	0.007	0.007	0.1
Fe	0.314	0.699	1.398	0.728	ไม่ระบุ
Mn	1.373	0.074	3.248	0.072	ไม่ระบุ
Cr	0.002	0.002	0.004	0.0006	0.05

*มาตรฐานน้ำผิวดินเพื่อการเกษตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2537)

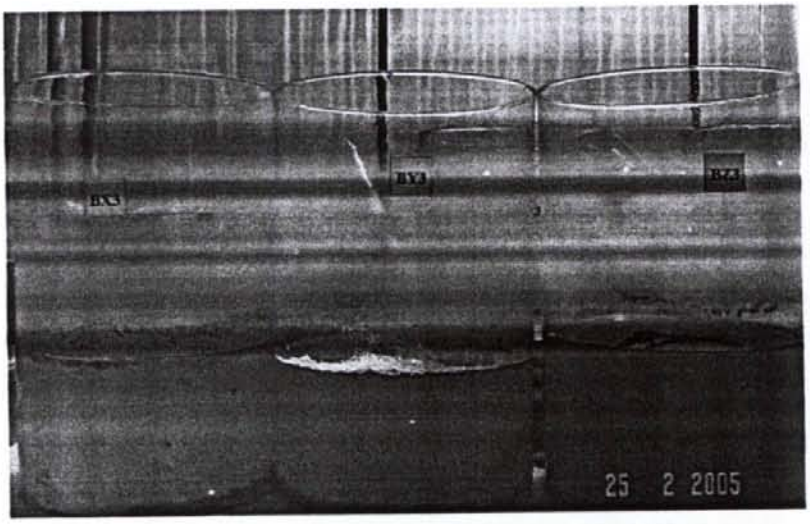
เมื่อนำน้ำจากแหล่งต่างๆ คือน้ำจากสระน้ำใกล้กองสวัสดิการ และน้ำจากบ่อประมงในวิทยาเขตปทุมธานี มาพักให้ตกตะกอน ก่อนจะนำมาใช้เลี้ยงสาหร่ายโดยเติมสารเคมีสูตรเดียวกันโดยเปรียบเทียบ

กับน้ำประปา พบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 7) ทั้งนี้ การเจริญเติบโตของสาหร่ายจะตอบสนองต่อสูตรอาหารมากกว่าแหล่งน้ำ โดยพบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในอาหารสูตรของจงกล รองลงไปคืออาหารสูตรของเสาวลักษณ์ ส่วนน้ำที่ไม่เติมสารเคมีพบว่าสาหร่ายไม่มีการเจริญเติบโต (ภาพที่ 1- 6)

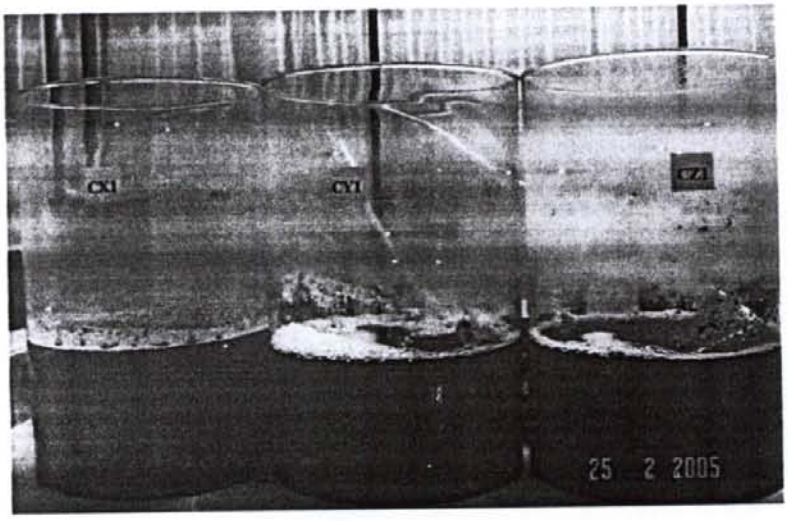
จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าสามารถนำน้ำจากแหล่งต่างๆมาใช้ในการเลี้ยงสาหร่ายได้โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ทั้งนี้สูตรของสารเคมีที่ใช้เติมลงในน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ควรเลือกใช้สูตรของจงกล เนื่องจากสาหร่ายมีการเจริญเติบโตดีที่สุด ให้ผลผลิตสูงที่สุด คุ้มค่าต่อการลงทุนในด้านหัวเชื้อสาหร่าย ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการปั๊มอากาศ และค่าแรงงาน เป็นต้น



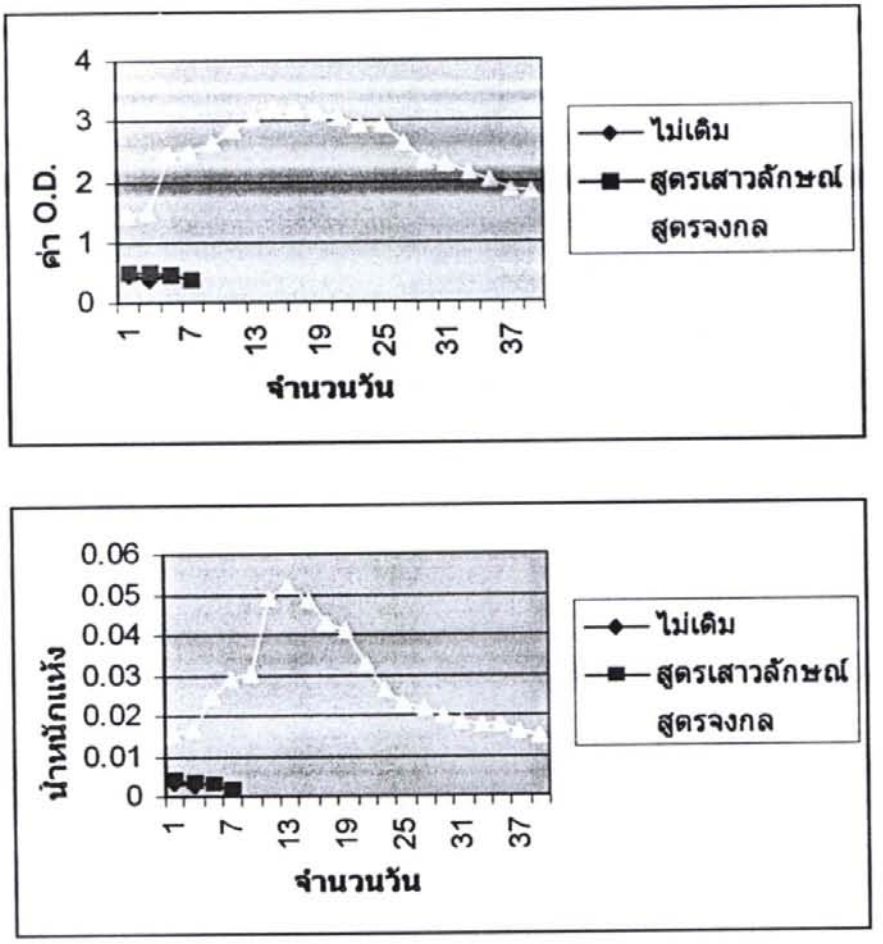
ภาพที่ 1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงอยู่ในน้ำประปาที่เติมอาหารสูตรต่างๆกันเป็นเวลา 25 วัน จากซ้าย ไม่เติมสารเคมี เติมสารเคมีสูตรของเสาวลักษณ์ และเติมสารเคมีสูตรของจงกล ตามลำดับ



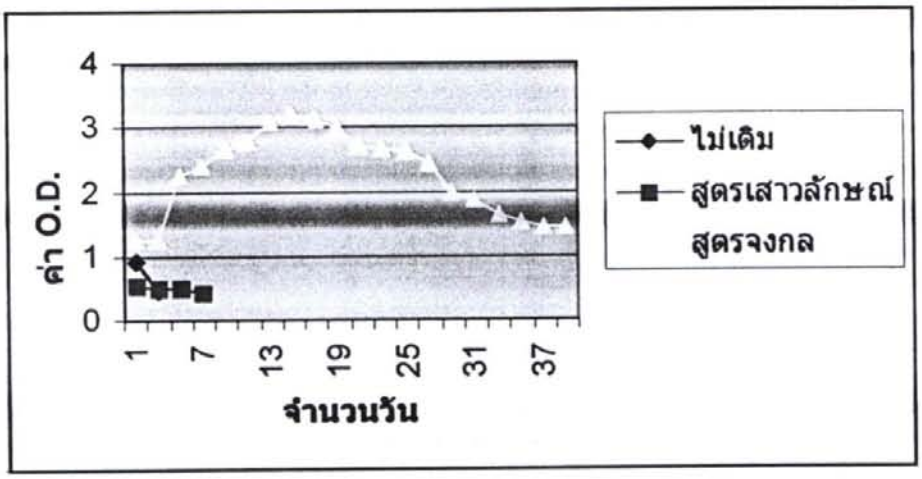
ภาพที่ 2 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงอยู่ในน้ำบ่อข้างกองสวัสดิการภายในศูนย์กลางฯ ที่เติมอาหารสูตรต่างๆกันเป็นเวลา 25 วัน จากซ้ายไม่เติมสารเคมี เติมสารเคมีสูตรของเสาวลักษณ์ และเติมสารเคมีสูตรของจงกล ตามลำดับ

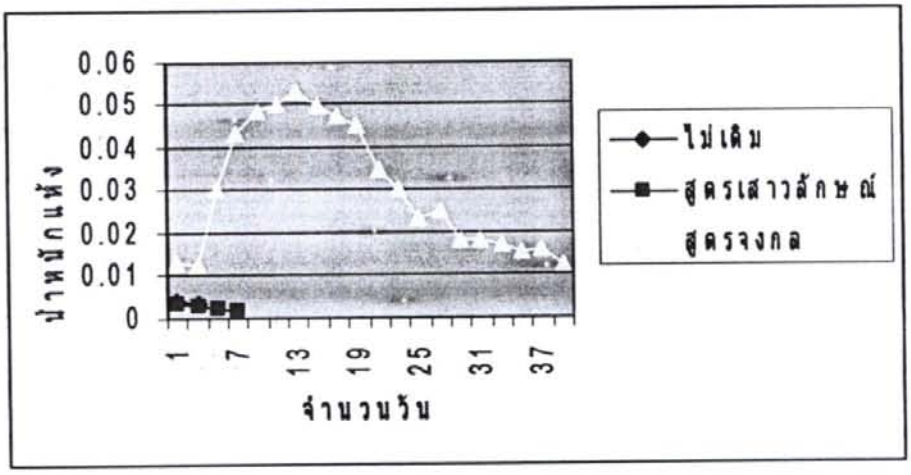


ภาพที่ 3 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงอยู่ในบ่อประมงในวิทยาเขตปทุมธานีที่เติมอาหารสูตรต่างๆกันเป็นเวลา 25 วัน จากซ้าย ไม่เติมสารเคมี เติมสารเคมีสูตรของเสาวลักษณ์ และเติมสารเคมีสูตรของจงกล ตามลำดับ

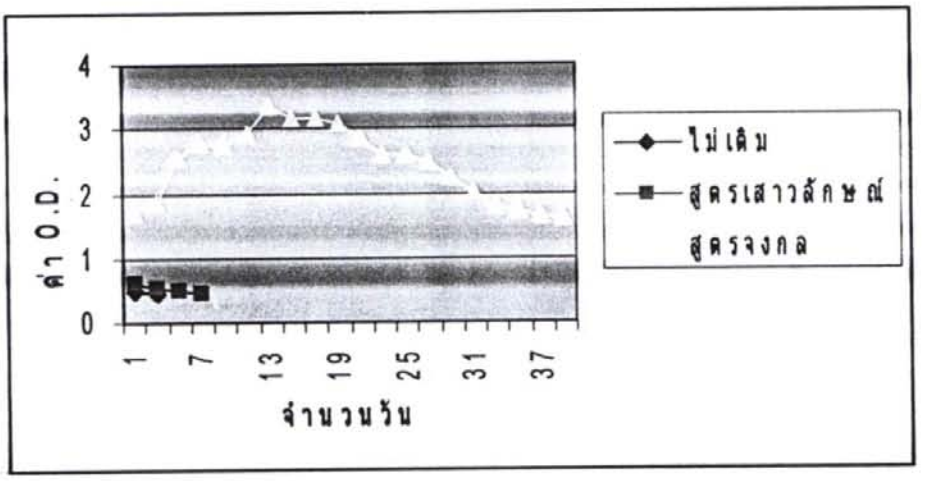


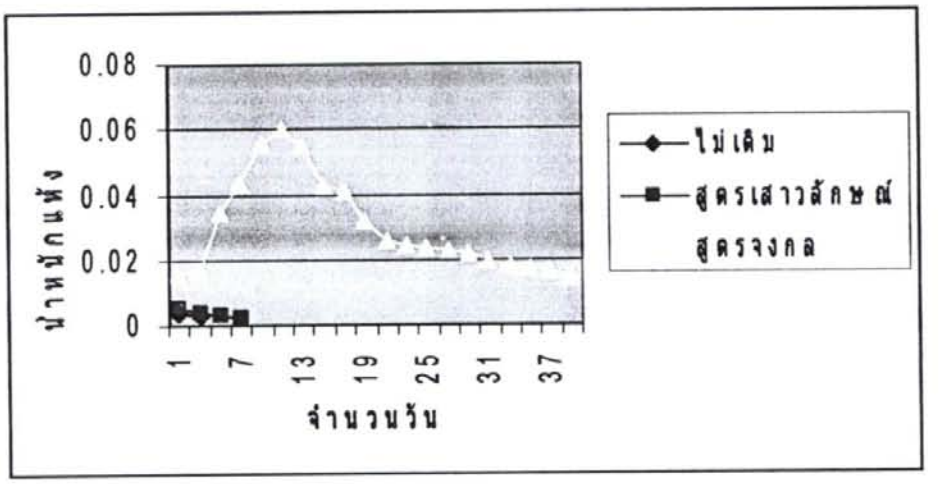
ภาพที่ 4 เปรียบเทียบค่า O.D. (บน) และน้ำหนักแห้ง (ล่าง) ของสาหร่ายที่เลี้ยงอยู่ในน้ำประปาที่เติมอาหารสูตรต่างๆกันเป็นเวลา 39 วัน



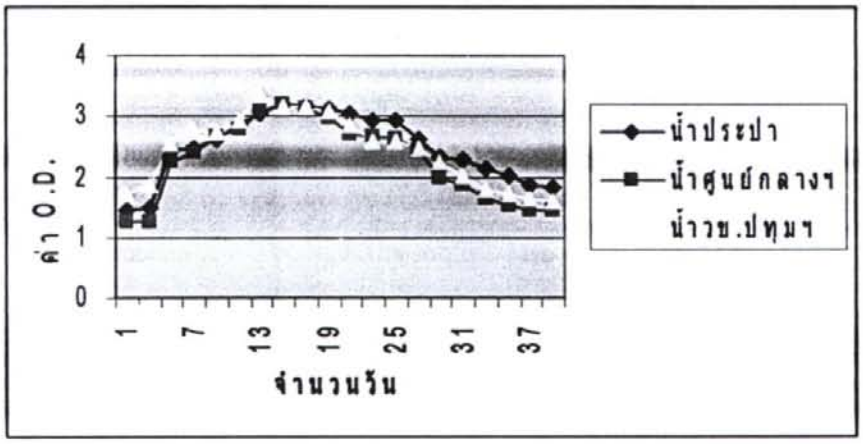


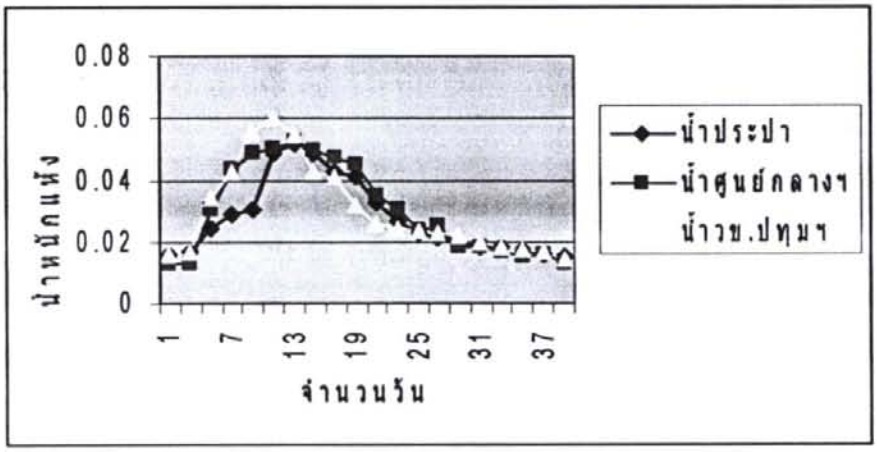
ภาพที่ 5 เปรียบเทียบค่า O.D. (บน) และน้ำหนักแห้ง (ล่าง) ของสาหร่ายที่เลี้ยงอยู่ในน้ำจากบ่อข้างกองสวัสดิการในศูนย์กลางฯ ที่เติมอาหารสูตรต่างๆกันเป็นเวลา 39 วัน





ภาพที่ 6 เปรียบเทียบค่า O.D. (บน) และน้ำหนักแห้ง (ล่าง) ของสาหร่ายที่เลี้ยงอยู่ในน้ำจากบ่อประมงในวิทยาเขตปทุมธานี ที่เติมอาหารสูตรต่างๆกันเป็นเวลา 39 วัน





ภาพที่ 7 เปรียบเทียบค่า O.D. (บน) และน้ำหนักแห้ง (ล่าง) ของสาหร่าย ที่เลี้ยงในน้ำจากแหล่งต่างๆ ที่เติมอาหารสูตรของจงกลเป็นเวลา 39 วัน

จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในน้ำจากแหล่งต่างๆ ที่เติมสารเคมีตามสูตรของเสาวลักษณ์ สูตรของจงกล และไม่เติมสารเคมี พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายมากที่สุดคือสูตรของสารเคมีที่ใช้เติมลงในน้ำ ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจาก สารเคมีสูตรของจงกล ประกอบด้วยปริมาณธาตุอาหารที่สาหร่ายสามารถนำไปใช้ได้ครบถ้วนในปริมาณมาก กล่าวคือ ประกอบด้วย carbon source, nitrogen source ธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ดังนั้นจึงทำให้สาหร่ายมีธาตุอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโต ส่วนสูตรของเสาวลักษณ์นั้นมีเพียง carbon source และ nitrogen source แม้จะมีปริมาณคาร์บอนสูงกว่าสูตรของจงกล แต่สูตรของจงกลมีธาตุอาหารหลายชนิดกว่า สาหร่ายจึงเจริญเติบโตได้ดี สำหรับสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำที่ไม่เติมสารเคมี พบว่าสาหร่ายตายอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำที่นำมาเลี้ยง มีสารอาหารอยู่น้อยมาก เพราะ เป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดมาแล้วจากบ่อบำบัดที่ติดตั้งอยู่ทุกอาคาร ดังนั้น สารอินทรีย์ และแร่ธาตุต่างๆจึงมีอยู่ในปริมาณเล็กน้อยไม่เพียงพอต่อความต้องการของสาหร่าย

2. การทดลองเทคนิคการผลิตเป็นจำนวนมาก

จากการทดลองที่ 1 พบว่าแหล่งน้ำที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตสาหร่ายเกลียวทอง แต่สูตรอาหารที่ใช้เติมลงในน้ำ มีผลต่อปริมาณผลผลิตเป็นอย่างมาก ดังนั้น เพื่อความสะดวก และลดต้นทุนการผลิต การทดลองนี้ จึงเลือกใช้น้ำประปา และสูตรอาหารเลี้ยงสาหร่ายของจงกลในการขยายขนาดการผลิตเป็นการผลิตระดับโรงเรือน โดยสร้างโรงเรือนแบบถอดประกอบได้ขนาด 5x8 เมตร หลังคาโรงเรือนใช้พลาสติกใส และกรุผ้ามุ้งตาละเอียดโดยรอบ ป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอก ซึ่งได้ผลดีมาก เนื่องจากพบว่าสามารถเลี้ยงสาหร่ายได้โดยไม่พบปัญหาสาหร่ายตาย ตลอดการทดลอง (ภาพที่ 8) สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และสามารถเก็บเกี่ยวได้ภายในระยะเวลาประมาณ 15 วัน

สำหรับอ่างที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายสามารถใช้อ่างปูนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตรซึ่งหาซื้อได้ง่ายมีจำหน่ายตามร้านค้าอุปกรณ์ก่อสร้างทั่วไป อ่างดังกล่าว หากมีการฉาบภายในให้เรียบโดยใช้ปูนฉาบก็จะช่วยลดปัญหาสาหร่ายเกาะขอบอ่างสามารถใช้เป็นอ่างเพาะเลี้ยงสาหร่ายได้เป็นอย่างดี

การกวนน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงสาหร่าย สามารถทำได้โดยใช้ปั๊มเติมอากาศตู้ปลา ซึ่งปั๊ม 1 ตัว สามารถต่อสายยางเติมอากาศได้ 6 สาย ใช้เลี้ยงได้ 6 อ่าง ปลายสายส่วนที่จุ่มอยู่ในอ่างผูกกับหัวทราย เพื่อถ่วงให้จมอยู่ก้นอ่าง ห้ามเสียบปลายสายยางกับหัวทราย เพราะจะทำให้แรงลมลดลง มีผลทำให้สาหร่ายตายได้

การคำนวณสารเคมี และการเตรียมอาหารเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายในบ่อระดับโรงเรือน สามารถทำได้ดังนี้

1. วัดค่า O.D.ของหัวเชื้อสาหร่าย เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน ความลึกของอ่างเลี้ยงสาหร่าย พบว่า หัวเชื้อสาหร่ายมีค่า O.D. อยู่ระหว่าง 3.0-4.0 บ่อมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 95 ซม. และลึก 35 ซม. ตามลำดับ

2. ในการคำนวณให้กำหนดค่าต่ำสุด คือกำหนดให้ระดับน้ำที่เลี้ยงสาหร่ายลึก 25 ซม.หัวเชื้อสาหร่ายมีค่า O.D.=3.0 และค่า O.D.ที่เริ่มต้นเพาะเลี้ยง= 0.3

ปริมาตรที่ต้องการ = $\pi r^2 h$

= $22/7 \times (95/2)^2 \times 25 = 177{,}276.78$ ลบ.ซม.

= 177 ลิตร

การคำนวณหาปริมาตรหัวเชื้อสาหร่าย

$N_1V_1 = N_2V_2$

$3.0V_1 = 0.3 \times 177$

$V_1 = 17.7$ ลิตร

ดังนั้นต้องใช้หัวเชื้อสาหร่าย 17.7 ลิตร

ต้องเตรียมอาหารเพิ่ม = 177-17.7 = 159.3 ลิตร หรือ 160 ลิตร

3. การคำนวณสารเคมีสำหรับอาหารเลี้ยงสาหร่าย 160 ลิตร โดยใช้สูตรของจงกล

ชื่อสารเคมี	ปริมาณ/ลิตร	ปริมาณ/160 ลิตร
$NaHCO_3$	6 g/l	960 g.
K_2HPO_4	0.5 g/l	80 g.
$NaNO_3$	1.5 g/l	240 g.
ปุ๋ย NPK (16:16:16)	0.6 g/l	96 g.

ปรับ pH ให้เท่ากับ10 ± 0.5 โดยใช้ NaOH

4. เมื่อพอมีประสบการณ์แล้ว สามารถใช้วิธีเตรียมสารละลายลงในบ่อให้ได้ปริมาณที่แน่นอน ตัวอย่างเช่นต้องการผสมสารละลาย 160 ลิตร โดยไม่ต้องตวงน้ำ ก็สามารถคำนวณกลับจากสูตรหาปริมาตร เพื่อหาค่า h ได้ ดังนี้

- สูตรคำนวณปริมาตร = $\pi r^2 h$, ปริมาตรที่ต้องการ = 160 ลบ.ซม.

$$160 = 22/7 \times (95/2)^2 \times h$$

$$h = 22.56 \text{ เซนติเมตร}$$

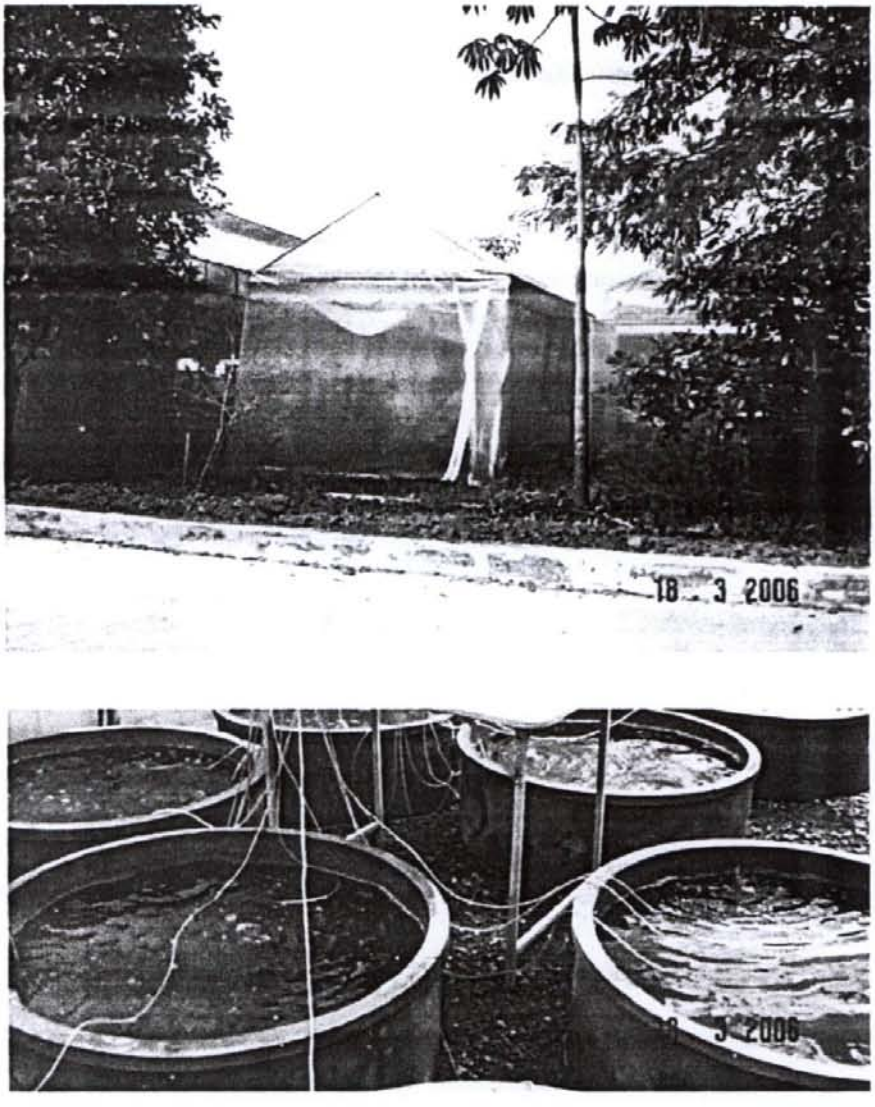
- วัดความสูงจากก้นอ่างด้านในขึ้นมา 22.56 ซม. แล้วใช้ดินสอขีดทำเครื่องหมายระดับไว้ เมื่อผสมสารเคมีลงละลายครบแล้ว ปรับ pH ให้ได้ค่า pH =10 $\pm$ 0.5 โดยใช้สารละลาย NaOH

- เติมน้ำให้ถึงขีดก็จะได้สารละลายปริมาตร 160 ลิตรตามต้องการ (ทุกๆความสูงที่ต่างกัน 1 ซม. จะให้ปริมาตรแตกต่างกันประมาณ 7 ลิตร)

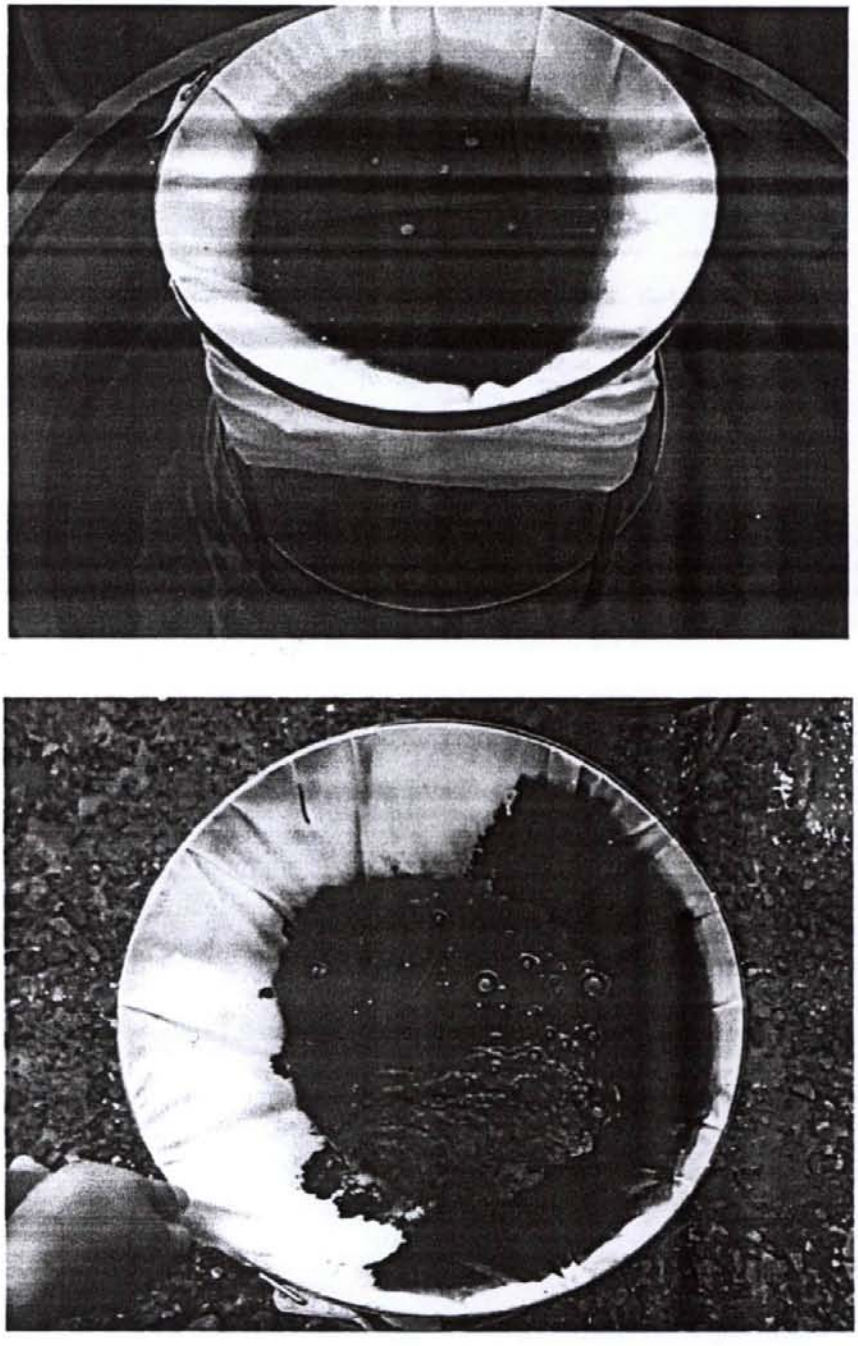
- ค่อยๆเติมหัวเชื้อสาหร่ายลงโดยกะประมาณให้มีความเข้มข้น O.D.= 0.3 โดยใช้สายตา ก็จะได้ปริมาณและความเข้มข้นที่ต้องการ

3. การเก็บเกี่ยวสาหร่ายเกลียวทอง

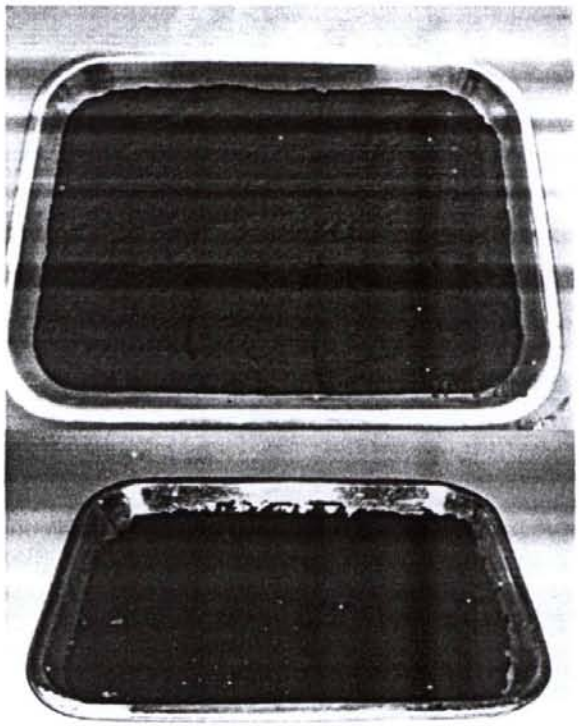
วิธีการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงที่สุด และประหยัดที่สุด พบว่า ควรเก็บเกี่ยวสาหร่ายเมื่อสาหร่ายในบ่อ มีค่า O.D.=1.0 และเก็บน้ำที่ผ่านการกรองไว้ใช้เลี้ยงสาหร่ายต่อไป และจากการที่ใช้อุปกรณ์การเก็บเกี่ยวสาหร่ายที่ออกแบบสร้างขึ้น ทำจากสเตนเลสสตีล (ภาพที่ 9) ช่วยให้การเก็บเกี่ยวและการทำความสะอาดสาหร่ายทำได้โดยสะดวก และช่วยให้รวบรวมน้ำที่ผ่านการกรองไว้ได้ทั้งหมด น้ำดังกล่าวสะอาดไม่มีการปนเปื้อนจากสิ่งที่อาจเป็นอันตรายต่อสาหร่าย และประกอบด้วยสารอาหารรวมทั้งเซลล์สาหร่ายเข้มข้นประมาณ O.D.=0.2 ซึ่งเป็นความเข้มข้นพอเหมาะที่จะใช้เพาะเลี้ยงในรอบต่อไปได้อีก 2 ครั้งโดยไม่ต้องเติมสารเคมีหรือหัวเชื้อสาหร่ายอีก ซึ่งเป็นการประหยัด ในรอบการเลี้ยงรอบที่ 2 และ 3 อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายลดลงตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารที่อยู่ในสารละลายที่ใช้เลี้ยงลดปริมาณลงนั่นเอง (ภาพที่ 11)



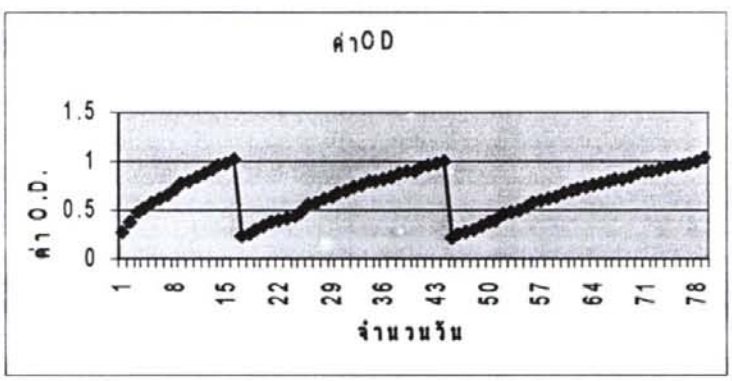
ภาพที่ 8 โรงเรือนแบบถอดประกอบได้ที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย (บน) และสภาพการเพาะเลี้ยงสาหร่ายภายในโรงเรือน (ล่าง)



ภาพที่ 9 การเก็บเกี่ยว (บน) และการล้างสาหร่าย (ล่าง) โดยใช้อุปกรณ์เก็บเกี่ยวสาหร่ายที่ออกแบบจัดทำขึ้น ซึ่งมีข้อดีคือสามารถเก็บอาหารไว้เลี้ยงได้ต่อไปอีกประมาณ 2-3 ครั้งโดยไม่ต้องเติมสารเคมีหรือหัวเชื้อสาหร่ายอีก



ภาพที่ 10 สาหร่ายเกลียวทองที่เก็บเกี่ยวทำความสะอาดแล้ว พร้อมสำหรับการอบแห้ง(บน) และหลังการอบแห้ง (ล่าง)



ภาพที่ 11 การเจริญเติบโตของสาหร่ายแต่ละรอบการผลิต

4. ผลของอุณหภูมิในการอบแห้ง ต่อคุณค่าทางอาหารของสาหร่าย

ในการทดลองอบแห้งสาหร่ายที่อุณหภูมิ 50 70 และ 90 °C พบว่า สาหร่ายจะแห้งสนิทภายในเวลา 3.5 2.5 และ 1.5 ชั่วโมงตามลำดับ เมื่อนำส่งวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารได้แก่ปริมาณโปรตีน และเบตาแคโรทีน พบว่า การอบที่อุณหภูมิต่างกันไม่ได้ทำให้ปริมาณโปรตีนมีความแตกต่างกัน แต่ทำให้ปริมาณเบตาแคโรทีน ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ สาหร่ายที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง มีปริมาณเบตาแคโรทีน สูงกว่าสาหร่ายที่อบด้วยอุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 3.5 ชั่วโมง และอบที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 3

การที่สาหร่ายเกลียวทองที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 90°C มีปริมาณเบตาแคโรทีนสูงกว่าที่อบในอุณหภูมิ 50°C และ 70°Cนั้น อาจมีสาเหตุมาจากการที่อบในระยะเวลาที่สั้นกว่า คืออบเพียง 1.5 ชั่วโมง ในขณะที่ การอบที่ 50 องศาใช้เวลา 5 ชั่วโมง และ ที่ 70 องศาใช้เวลา 2.5 ชั่วโมง ซึ่งระยะเวลาอบแห้งที่ยาวนาน อาจมีผลต่อปริมาณสารเบตาแคโรทีนได้ จึงสร้างตู้อบแห้งสาหร่ายซึ่งสามารถอบได้ในปริมาณครั้งละ 2 บ่อพร้อมๆกันปรากฏดังภาพผนวกที่ 12

ตารางที่ 4 ปริมาณโปรตีนและวิตามินเอ (เบตาแคโรทีน) ในสาหร่ายเกลียวทองที่อบในอุณหภูมิ 50 70 และ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3.5 2.5 และ 1.5 ชั่วโมงตามลำดับ

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณโปรตีน (%, factor 6.25)	ปริมาณเบตาแคโรทีน (mg./100 g.)
50	55.99	45.59 [b]
70	55.59	44.10 [b]
90	55.75	73.20 [a]
ผลการวิเคราะห์	ns	*
ค่า lsd	-	22.19
%CV	2.76%	20.46%

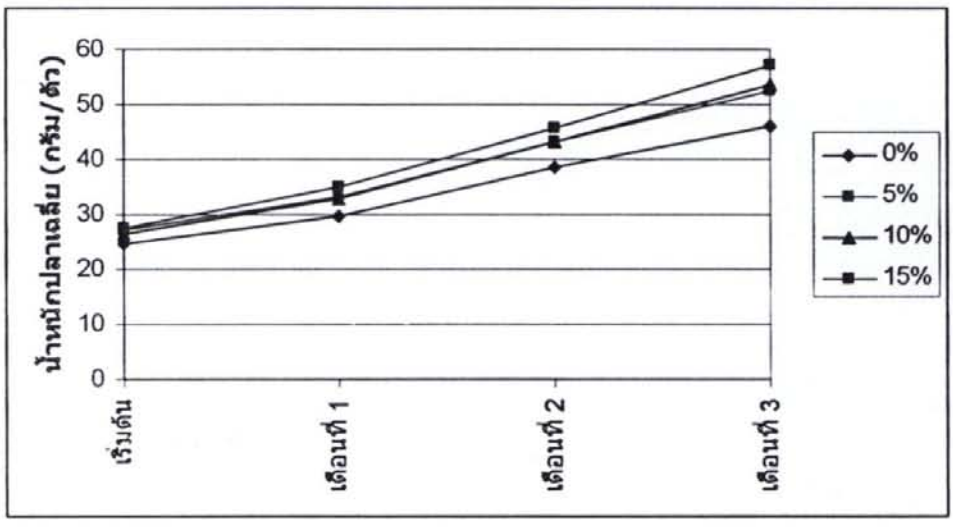
หมายเหตุ 1) ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจาก 3ซ้ำ

2) ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5. การนำสาหร่ายไปผสมเป็นอาหารเลี้ยงปลาสวยงาม

การนำสาหร่ายที่อบแห้งสนิทแล้ว นำไปบดให้ละเอียดเป็นผง นำไปใช้ผสมเป็นอาหารปลา ในอัตราส่วน 0% 5% 10% และ15% นำไปเลี้ยงลูกปลาคาร์พ เป็นเวลา 3 เดือนพบว่า น้ำหนักตัวปลาเริ่มต้นไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อสิ้นสุดเดือนแรก ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย 15% มีน้ำหนักตัวสูงกว่าอีก 3 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปลาที่กินอาหารผสมสาหร่าย 15% มีน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดังปรากฏดังภาพที่ 12 และตารางที่ 5

จาผลการทดลองของจงกล (2546) พบว่า การให้ปลาคาร์ฟ กินสาหร่ายแทนอาหารปลา 100% ทำให้ปลาคาร์ฟโตเร็วกว่าปลาที่กินอาหารสำเร็จรูปหลายเท่า แต่เนื่องจากในการทดลองนี้ ผสมสาหร่ายไม่มากคือเพียง 5- 15 % และอาหารพื้นฐานที่ใช้ก็มีโภชนะเท่าๆกัน ดังนั้น การเจริญเติบโตของปลา จึงไม่แตกต่างกันมาก



ภาพที่ 12 น้ำหนักปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมด้วยสาหร่ายเกลียวทองอัตราส่วนต่างๆกัน เป็นเวลา 3 เดือน

ตารางที่ 5 น้ำหนักของปลาคาร์ฟ ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายเกลียวทอง ในอัตราส่วนต่างๆกันเป็นเวลา 3 เดือน

ระยะเวลา / % สาหร่าย	เริ่มต้น	เดือนที่1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3
0%	24.7	29.6	38.5^{b}	46.2^{b}
5%	27.2	33.1	43.1^{ab}	52.6^{ab}
10%	26.5	32.9	43.2^{ab}	53.5^{ab}
15%	27.5	35.1	45.7^{a}	57.1^{a}
ผลการวิเคราะห์	ns	*	*	**
lsd		4.51	5.52	6.79
CV	1.47%	1.26%	1.18%	1.18%

หมายเหตุ 1) ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

2) ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

6.การนำสาหร่ายไปเป็นอาหารเสริมให้เป็ดไข่

การนำสาหร่ายแห้งไปเป็นอาหารเสริมให้แก่เป็ดไข่โดยให้ร่วมกับอาหารเป็ดไข่ไฮโปรไวท์ 544 เป็นเวลา 1 เดือนพบว่า เป็ดซึ่งกินอาหารไฮโปรไวท์ และอาหารไฮโปรไวท์ผสมสาหร่ายแห้ง 3% มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ให้ไข่จำนวนมากขึ้น และไข่มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับเป็ดไล่ทุ่งที่กินข้าวเปลือกเป็นอาหารเสริม แต่ไม่พบความแตกต่าง ระหว่างเป็ดที่กินอาหารไฮโปรไวท์ และเป็ดที่กินอาหารไฮโปรไวท์ผสมสาหร่าย (ตารางที่ 6 และภาพที่ 13)

เป็ดที่นำมาทดลอง เป็นเป็ดอายุมากแล้ว คืออายุประมาณ 23 เดือน จึงออกไข่น้อย และไข่มีขนาดเล็ก อย่างไรก็ตาม เมื่อได้กินอาหารที่มีโภชนะครบถ้วนสมบูรณ์ ก็สามารถออกไข่ได้มากขึ้น และไข่มีขนาดใหญ่ขึ้น การที่เป็ดที่กินอาหารผสมสาหร่าย ให้ไข่ที่มีปริมาณ/คุณภาพไม่ต่างจากเป็ดที่กินอาหารที่ไม่ผสมสาหร่าย ก็เนื่องจากว่า บริษัทผู้ผลิตอาหาร ได้เติมโภชนะที่จำเป็นสำหรับเป็ดไข่ไว้ในอาหารครบถ้วนแล้ว การเพิ่มสาหร่ายเข้าไป จึงไม่ให้ผลที่ชัดเจน แต่ถ้าทดลองผสมสาหร่ายเพื่อเป็นอาหารเสริมให้กับเป็ดที่กินข้าวเปลือก อาจให้ผลที่ชัดเจนกว่านี้

ตารางที่ 6 จำนวนไข่ต่อวัน น้ำหนักไข่ และขนาดไข่ ของเป็ดไล่ทุ่งที่กินข้าวเปลือกเป็นอาหารเสริม เป็ดที่เลี้ยงด้วยอาหารไฮโปรไวท์ และเป็ดที่เลี้ยงด้วยอาหารไฮโปรไวท์+สาหร่ายเกลียวทอง 3% เป็นเวลา 5สัปดาห์

ผลการทดลอง / อาหารเป็ด	จำนวนไข่ (ฟอง/วัน/ตัว)	น้ำหนักไข่ (กรัม)	ขนาดไข่ (ซม.)	
			ความกว้าง	ความยาว
เป็ดไล่ทุ่ง+กินข้าวเปลือก	0.61^{b}	62.56^{b}	4.29^{b}	5.77^{b}
เป็ดกินอาหารไฮโปรไวท์	0.78^{a}	70.70^{a}	4.63^{a}	6.22^{a}
เป็ดกินอาหารไฮโปรไวท์+สาหร่าย	**0.72^{a}**	**70.12^{a}**	**4.62^{a}**	**6.12^{a}**
ผลการวิเคราะห์	**	**	**	**
lsd	0.088	6.98	0.109	0.22
CV	6.46%	5.33%	1.25%	1.90%

หมายเหตุ 1) ตัวเลขในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

2) ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ภาพที่ 13 จากซ้าย:ไข่ทั้งฟอง เนื้อไข่ (จากบนลงล่าง:ไข่เป็ดไล่ทุ่ง ไข่เป็ดกินอาหาร และไข่เป็ดกินอาหาร+สาหร่าย) อาหารเป็ด และเป็ดที่ใช้ในการทดลอง

099522

วิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ

สรุป

การนำเอาน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีมาเติมสารเคมีสูตรต่างๆ เพื่อใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis*) และนำสาหร่ายที่ได้มาทำแห้งนำไปผสมเป็นอาหารเลี้ยงปลา และเลี้ยงเป็ดไข่ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1.น้ำภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลบริเวณข้างกองสวัสดิการ(คลองหก) และน้ำจากบ่อประมง ในวิทยาเขตปทุมธานี มีปริมาณสิ่งเจือปนอยู่ในมาตรฐานน้ำผิวดินเพื่อการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ แต่น้ำจากวิทยาเขตปทุมธานี มีค่า BOD สูงกว่าน้ำจากกองสวัสดิการเล็กน้อย

2. สูตรของสารเคมีที่เหมาะสม ที่ใช้เติมลงในตัวอย่างน้ำที่นำมาศึกษาสำหรับการเพิ่มปริมาณของสาหร่ายเกลียวทอง ได้แก่สูตรของจงกล (2546) ซึ่งประกอบด้วย $NaHCO_3$ 6 กรัม/ลิตร $NaNO_3$ 1.5 กรัม/ลิตร K_2HPO_4 0.5 กรัม/ลิตร และ ปุ๋ย สูตร 16-16-16 จำนวน0.6 กรัม/ลิตร

3. จากทดลองเลี้ยงสาหร่ายในโรงเรือนเพื่อผลิตจำนวนมากพบว่าสามารถใช้อาหารสูตรของจงกล (2546) เลี้ยงสาหร่ายในบ่อปูนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตร และเก็บเกี่ยวโดยใช้อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างขึ้น ช่วยให้สามารถเก็บเกี่ยวสาหร่ายได้อย่างสะดวก รวดเร็ว สาหร่ายที่ได้มีความสะอาด ปริมาณโปรตีนสูง น้ำที่เหลือจากการกรองสาหร่ายโดยใช้อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้ผลิตสาหร่ายต่อไปได้อีก 2 รอบโดยไม่ต้องเติมสารเคมีหรือหัวเชื้อสาหร่ายอีก ระยะเวลาที่ใช้โดยเฉลี่ย 26 วัน/1รอบ โดยอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายจะลดลง ในรอบที่ 2 และรอบที่ 3 ตามลำดับ น้ำหนักแห้งของสาหร่ายโดยเฉลี่ย/รอบ = 50 กรัม/บ่อ

4. การอบแห้งสาหร่ายเกลียวทอง สามารถทำได้โดยเกลี่ยสาหร่ายลงบนถาดอลูมิเนียมเป็นชั้นบางๆ ไม่เกิน 1 มิลิเมตร นำไปอบในตู้อบลมร้อนแห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 3.5 ชั่วโมง หรือ 70°C เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมงหรือ 90°C เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมงตามลำดับ โดยเมื่อนำสาหร่ายแห้งไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี T-CM-003 Kjedahl Method: Based on AOAC (2000) 991.20 พบว่าปริมาณโปรตีนที่ได้ ไม่มีความแตกต่างกัน กล่าวคือมีปริมาณ โปรตีน (%, factor 6.25) โดยเฉลี่ย 55.99 55.59 และ55.75 % ตามลำดับ ส่วนปริมาณเบตาแคโรทีน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ปริมาณ เบตาแคโรทีน ที่วิเคราะห์โดยใช้วิธี T-CM-011 ของสาหร่ายที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 90°C มีค่าเฉลี่ย 73.20 มิลลิกรัมต่อ100กรัม สูงกว่าสาหร่ายที่อบในอุณหภูมิ 50°C และ 70°C ที่มีปริมาณเบตาแคโรทีน 45.59 และ 44.10 มิลลิกรัมต่อ100กรัมตามลำดับ ดังนั้น ในการอบแห้งสาหร่าย

โดยใช้ตู้อบลมร้อนแห้ง จึงควรเลือกใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เนื่องจากทำให้สาหร่ายแห้งที่ได้ มีปริมาณเบตาแคโรทีนสูงกว่า

5. การนำสาหร่ายที่อบแห้งสนิทแล้ว นำไปบดให้ละเอียดเป็นผง นำไปใช้ผสมเป็นอาหารปลาในอัตราส่วน 0% 5% 10% และ15% นำไปเลี้ยงลูกปลาคาร์ฟ เป็นเวลา 3 เดือนพบว่าในช่วงเดือนแรก ปลา มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยไม่ต่างกัน แต่ในเดือนที่ 2 เป็นต้นไป ปลาที่กินอาหารผสมสาหร่าย 15 % มีน้ำหนักสูงกว่าปลาในกลุ่มอื่นๆ จนสิ้นสุดการทดลอง

6. การนำสาหร่ายแห้งไปเป็นอาหารเสริมให้แก่เป็ดไข่โดยให้ร่วมกับอาหารเป็ดไข่ไฮโปรไวท์ 544 เป็นเวลา 1 เดือนพบว่า เป็ดซึ่งกินอาหารไฮโปรไวท์ และอาหารไฮโปรไวท์ผสมสาหร่ายแห้ง 3% สามารถออกจำนวนมากขึ้น และไข่มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับเป็ดไล่ทุ่งที่กินข้าวเปลือกเป็นอาหารเสริม แต่ไม่พบความแตกต่าง ระหว่างเป็ดที่กินอาหารไฮโปรไวท์ และเป็ดที่กินอาหารไฮโปรไวท์ผสมสาหร่าย