ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 22 : 303-310 (2531)

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina sp.* ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนตระดับต่าง ๆ กัน

Cultivation of *Spirulina sp.* in Media Containing Different Concentrations of Sodium Bicarbonate

ไปรมา ยงมานิตชัย, สมบูรณ์ ผู้พัฒน์ และ หยกแก้ว ยามาลี[1]

Prima Yongmanitchai, Somboon Phoopat and Yokkaow Yamali

ABSTRACT

Two strains of *Spirulina sp.*, SpT and SpJ, were cultivated in basal media with varying concentrations of Sodium bicarbonate, i.e., 0, 5, 10, 15 and 20 g./1. Maximum dry matter and protein content of strain SpT, 2586 mg/1 and 67%, respectively was obtained in medium containing 15 g/1 of $NaHCO_3$, while strain SpJ yielded 2651.5 mg/1, 60% protein at 10 g/1 of $NaHCO_3$. $NaHCO_3$ did not only promote the algal growth, but regulate the pH in the medium. In outdoor culture, these two strains grew well at all levels of sodium bicarbonate, i.e. 5, 10 and 15 mg/1. Strain SpT and SpJ yielded at the average of 4725 mg/1 with 65-69% protein content and 3125 mg/1, with 57-60% protein, respectively.

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina sp.* ในห้องทดลอง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ SpT และ SpJ ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนต 0, 5, 10, 15 และ 20 กรัมต่อลิตร พบว่าสายพันธุ์ SpT เจริญได้ดีที่สุดในอาหารที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต 15 กรัมต่อลิตร เมื่อเลี้ยงได้นาน 7 วัน ปริมาณความเข้มข้นของเซลล์ คิดเป็นน้ำหนักแห้ง 2586 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีปริมาณโปรตีน 67% ในขณะที่สายพันธุ์ SpJ เจริญได้ดีในอาหารที่มีระดับความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนต 10 กรัมต่อลิตร ได้เซลล์ 2,651.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และโปรตีน 60% ส่วนการเลี้ยงในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติเมื่อใช้ปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนต 5, 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสาหร่ายทั้งสองสายพันธุ์เจริญได้ดีในทุกระดับความเข้มข้น โดยมีสายพันธุ์ SpT ได้เซลล์ 4725 มิลลิกรัมต่อลิตร โปรตีน 65–69% และ สายพันธุ์ SpJ ได้ 3125 มิลลิกรัมต่อลิตร โปรตีน 57–60% ในระยะเวลา 7 วัน

คำนำ

เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่า ปัญหาทางด้านการขาดอาหารโปรตีนเป็นปัญหาใหญ่ของโลก และได้มีการค้นคว้าวิจัยหาแหล่งอาหารโปรตีนที่มีราคาถูกแต่คุณภาพ

ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dept. of Product Development, IFRPD, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

ไปรมา ยงมานิตชัย สมบูรณ์ ภิพัฒน์ และ หยกแก้ว ยามาลี. "การเพาะเลี้ยงสาหร่าย Spirulina SP. ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนตระดับต่าง ๆ กัน" *วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาข วิทยาศาสตร์* 22, 4 (ต.ค.-ธ.ค. 2531) 303-310

ดีมาหลายทศวรรษแล้ว (Jaleel and Soeder, 1978, Chastel, 1980, Soeder, 1980) สาหร่ายเป็นแหล่งอาหารโปรตีนชนิดหนึ่งซึ่งได้มีการค้นคว้ามากว่า 30 ปี ในซีกโลกตะวันตก แต่ในแถบเอเชีย-แปซิฟิคเพิ่งมาสนใจเมื่อ 10 กว่าปีมานี้เอง สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้ทดลองเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวเซลล์เดียวน้ำจืดเพื่อใช้เป็นอาหารของมนุษย์และใช้ประโยชน์อื่น ๆ จากสาหร่ายที่ได้นั้น เช่น ผสมเป็นอาหารลูกปลาวัยอ่อน ปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาการเลี้ยงจนถึงขั้นระดับกึ่งอุตสาหกรรมแล้ว แต่ไม่สามารถชักจูงให้นักลงทุนทำการเพาะเลี้ยงขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากต้นทุนการผลิตสูง ผลการตอบแทนยังไม่ดีพอ และเทคนิคในการเลี้ยงแบบอุตสาหกรรมค่อนข้างยุ่งยาก ในขณะที่สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Spirulina sp.* กำลังได้รับความสนใจอย่างมากจากทั้งนักวิชาการและนักธุรกิจเพราะกรรมวิธีการเลี้ยงไม่ยุ่งยากและเก็บเกี่ยวง่าย สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายประการ และสามารถส่งเป็นสินค้าออกได้ ซึ่งในอัฟริกากลางชาวพื้นเมืองใช้สาหร่ายสายพันธุ์นี้เป็นอาหารมานานแล้ว (Clement *et al.*, 1967; Ciferri, 1983)

Venkataraman (1983) ศึกษาถึงวิธีการเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina sp.* อย่างละเอียด โดยเลี้ยงในบ่อและไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการเลี้ยง วิธีนี้สามารถนำไปส่งเสริมหรือแนะนำให้ชาวบ้านเลี้ยงได้โดยไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ทำให้ต้นทุนการผลิตสาหร่ายต่ำมาก และสาหร่ายที่ได้นำไปใช้เป็นอาหารเสริมของสัตว์เลี้ยง เช่น ปลา หมู กุ้ง ไก่ ได้เป็นอย่างดี (ขรรค์ชัย, 2524)

คุณค่าทางอาหารสาหร่ายจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น สายพันธุ์ของสาหร่าย วิธีการเพาะเลี้ยง สูตรอาหารที่ใช้ เป็นต้น โดยปกติโปรตีนจาก Spirulina มักจะมีปริมาณของกรดอมิโนที่มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบ เช่น lysine อยู่น้อย วิธีการอบแห้งสาหร่ายก็จะมีผลต่อปริมาณ lysine ด้วย เช่น การใช้ Drum dryer จะทำให้ปริมาณของ lysine ลดลง ซึ่ง Becker and Venkataraman, (1982) ได้ทดลองเปรียบเทียบวิธีการอบแห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงแดด ซึ่งนอกจากทำให้ลดต้นทุนการผลิตแล้วยังสามารถรักษาคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเอาไว้ด้วย

สาหร่าย Spirulina มีปริมาณโปรตีนมากกว่าสาหร่ายตระกูลอื่น ๆ คือมีปริมาณ 60-70% ส่วนประกอบทางกรดอมิโนมีความสมดุล ในระบบย่อยอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยวสามารถย่อย Spirulina ได้ถึง 95% ภายในเซลล์ประกอบด้วยเม็ดสีธรรมชาติต่าง ๆ หลายชนิด เช่น phycocyanin (สีน้ำเงิน) chlorophyll (สีเขียว) และ carotenoid (สีแดงหรือเหลือง) รวมทั้งมีวิตามินชนิดต่าง ๆ ด้วย Choubert (1979) กล่าวว่า Spirulina เป็นแหล่งของรงควัตถุที่ดีในการใช้เป็นสารเร่งสีปลา ซึ่งเป็นลักษณะที่มีความสำคัญต่อสัตว์น้ำเศรษฐกิจประเภทสวยงาม วุฒิพร (2527) ได้ทำการทดลองเลี้ยงปลาคาร์พเปรียบเทียบการให้อาหารเสริมสาหร่าย Spirulina กับอาหารเสริมกลีบดอกดาวเรืองพันธุ์ทอร์ดอร์ กุ้งป่น หอยแมลงภู่ พบว่า ปลาคาร์พที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่ายมีสีเข้มกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมชนิดอื่น เนื่องจาก Spirulina มีปริมาณคาโรตินอยด์สูงกว่า (Bauernfeind, 1981, Tanaka *et al.*, 1974)

การเจริญของสาหร่าย Spirulina ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง แต่ที่สำคัญได้แก่ ความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนต ซึ่งเป็นแหล่งของคาร์บอนและช่วยในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเลี้ยง แต่เนื่องจากโซเดียมไบคาร์บอเนตมีราคาค่อนข้างแพง จึงได้มีการศึกษาหาวัสดุทดแทน เช่นที่ประเทศอินเดียได้ทดลองใช้มูลวัวเป็นแหล่งของคาร์บอนแทน (มูลวัว 1 กิโลกรัมเมื่อสลายตัวจะได้ก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์ 15-20 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง) นอกจากนี้

เงมีการทดลองใช้วัสดุเหลือทิ้งอีกหลายอย่าง เช่น
bone meal, urine และ biogas effluent เป็นอาหาร
เลี้ยงเชื้อได้อีกด้วย

สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการเลี้ยงสาหร่าย Spirulina ควรมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส และไม่สูงกว่า 37 องศาเซลเซียส แต่มีบางพันธุ์ที่ขึ้นได้ที่ 40 องศาเซลเซียส และความเข้มของแสงประมาณ 30–35 กิโลลักซ์

วัตถุประสงค์

เพื่อต้องการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ใช้ในการเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina sp.* ทั้งสองสายพันธุ์

2. เปรียบเทียบการเจริญของสาหร่ายทั้งสองสายพันธุ์เมื่อเลี้ยงในสภาวะห้องทดลองและกลางแจ้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. **การเลี้ยงในห้องทดลอง** (Indoor culture)

1.1 พันธุ์สาหร่ายที่ใช้เลี้ยงทดลองมี 2 สายพันธุ์ คือ

- สายพันธุ์ SpT (สาหร่ายใน stock culture ของสถาบันอาหาร)
- สายพันธุ์ SpJ (สาหร่ายที่ได้จากบริษัทสยามอัลยี่)

1.2 อาหารสังเคราะห์

อาหารที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย *Spirulina sp.* ทั้งสองสายพันธุ์นี้ คือ อาหารสูตร SpXIII (สูตรสถาบันอาหาร) ซึ่งในอาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย

$NaNO_3$	2.04	กรัม
K_2SO_4	0.348	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	0.062	กรัม
NaCl	0.2336	กรัม
$MnCl_2.4H_2O$	2.0	มิลลิกรัม
H_3BO_3	0.308	มิลลิกรัม
$K_2HPO_4.3H_2O$ (1.5 M)[1/]	1.0	มิลลิลิตร
Micro C[2/]	2.0	มิลลิลิตร

โดยมี $NaHCO_3$ ในปริมาณ 0, 5, 10, 15 และ 20 กรัม ต่อลิตร ในอาหารเลี้ยงสาหร่ายที่กล่าวข้างต้น ตามลำดับ

ในกรณีที่อาหารเลี้ยงสาหร่ายเป็นน้ำกลั่น ให้เติม $CaCl_2.2H_2O$ เข้มข้น 0.05 M[3/] ลงไป 1 มิลลิลิตร แล้วปรับ pH เริ่มต้นของน้ำเลี้ยงสาหร่ายให้เป็น 9.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50%

1.3 วิธีการเลี้ยง

โดยการนำเอาสาหร่ายทั้งสองสายพันธุ์ เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสาหร่ายที่กล่าวข้างต้นในหลอดทดลองขนาด 200 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยางที่มีทางให้อากาศเข้าและระบายออก โดยให้มีความเข้มข้นของเซลล์เริ่มต้นเป็น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ O.D. = 0.1 วัดด้วยเครื่อง Medico photometer ที่ช่วงคลื่น 560 nm. เลี้ยงภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเข้มของแสงเป็น 4000 ลักซ์ ให้อากาศผสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1–2% อัตราส่วนของการให้แสงสว่าง : มืด เป็น 16 : 8 ชั่วโมง ใช้เวลาในการทดลอง 7 วัน และวิเคราะห์หา

1.3.1 น้ำหนักแห้งของสาหร่ายตามวิธีของ A.O.A.C. (1984).

[1/] เตรียมโดยละลาย $K_2HPO_4.3H_2O$ 342.3 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร เป็น stock solution ใช้ 1.0 มิลลิลิตร ต่อน้ำเลี้ยงสาหร่าย 1 ลิตร

[2/] เตรียมโดยละลาย $Fe(NO_3)_3.9H_2O$ 0.81 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร เป็น stock solution ใช้ 2.0 มิลลิลิตร ต่อน้ำเลี้ยงสาหร่าย 1 ลิตร

[3/] เตรียมโดยสารละลาย $CaCl_2.2H_2O$ 7.4 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร เป็น stock solution ใช้ 1.0 มิลลิลิตร ต่อน้ำเลี้ยงสาหร่าย 1 ลิตร

1.3.2 วัดความเจริญของสาหร่าย (OD) ด้วย Medico photometer ที่ช่วงคลื่น 560 nm.

1.3.3 หาปริมาณโปรตีนโดยวิธี Micro-Kjedahl Method ซึ่งดัดแปลงโดย Bailey (1967)

1.3.4 วัดการเปลี่ยนแปลงของ pH ด้วย pH-meter

2. การเลี้ยงกลางแจ้ง

เลี้ยงสาหร่าย *Spirulina sp.* พันธุ์ SpT และ SpJ ที่มีปริมาณความเข้มข้นของเซลล์เริ่มต้น 100 มิลลิ-กรัมต่อลิตร ในถาดโยกซึ่งประกอบด้วย 6 ถาดข้างละ 3 ถาด บรรจุถาดละ 5 ลิตร ในสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อตามข้อ 1.2 ที่มีปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนต 5, 10 และ 15 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ แล้วปรับ pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อให้ได้ 9.0 ด้วยสารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ 50% ใช้เวลาในการเลี้ยง 7 วันในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% ตลอดเวลา แล้วทำการวิเคราะห์หา

2.1 วัดความเจริญเติบโตของสาหร่ายโดยใช้ Medico photometer แล้วเปรียบเทียบกับกราฟมาตร-ฐาน คำนวณเป็นน้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

2.2 วัดการเปลี่ยนแปลงของ pH ด้วย pH-meter

2.3 หาปริมาณโปรตีนโดยวิธีตามข้อ 1.3.3

ผลและวิจารณ์

จากการทดลองเลี้ยง *Spirulina sp.* สองสายพันธุ์ SpT และ SpJ ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร SpXIII ที่มีปริมาณความเข้มข้นของ โซเดียมคาร์บอเนต 0, 5, 10, 15 และ 20 กรัมต่อลิตร ตามลำดับในห้องทดลอง (Figure 1) พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีการเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (ให้แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว) การเจริญของสาหร่ายทั้งสองสายพันธุ์อยู่ในระดับที่ต่ำมาก และเริ่มตายเมื่อเลี้ยงไปได้ 4 วัน (Figure 1 and 2) โดยมีความเข้มข้นของสาหร่าย SpT และ SpJ ที่ได้คิดเป็นน้ำหนักแห้ง 345.5 และ 126.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในขณะที่สาหร่ายพันธุ์ SpT เจริญได้ดีที่สุดในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีปริมาณของโซเดียมไบคาร์บอเนต 15 กรัมต่อลิตร ในระยะเวลา 7 วัน และปริมาณความเข้มข้นของเซลล์ที่ได้คิดเป็นน้ำหนักแห้ง 2586 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนสาหร่ายพันธุ์ SpJ (Figure 2)จะเจริญได้ดีที่สุดในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนต 10 กรัมต่อลิตร และปริมาณความเข้มข้นของเซลล์ที่ได้คิดเป็นน้ำหนักแห้ง 2651.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเห็นได้ว่าสาหร่ายทั้งสองสายพันธุ์ที่มีอัตราการเจริญใกล้เคียงกัน แต่มีความต้องการโซเดียมไบคาร์บอเนตไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตามผลของการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าโซเดียม-ไบคาร์บอเนต จำเป็นสำหรับการเจริญของ *Spirulina sp.* ในแง่ของการเป็นแหล่งคาร์บอนนอกเหนือไปจากคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้โซเดียมไบคาร์บอเนตยังมีคุณสมบัติเป็น buffer ที่ดีอีกด้วย จาก Figure 3 และ Figure 4 แสดงให้เห็นว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต pH จะมีการเปลี่ยนแปลงมาก และ pH จะสูงขึ้นในช่วงท้ายของการทดลอง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้คงจะเป็นสาเหตุสำคัญอีกประการของการเจริญที่ลดลง

ปริมาณโปรตีนของสาหร่ายทั้งสองสายพันธุ์จะสูงสุดในวันที่ 3 และ 4 (Table 1) หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง ในขณะที่ความเข้มข้นของเซลล์เพิ่มมากขึ้น แสดงว่าอาหารที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย มีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างจำกัด ซึ่งพอแก่การเจริญแค่ในช่วง 3-4 วันแรกเท่านั้น หลังจากนั้นสาหร่ายจะนำเอาสารประกอบไนโตรเจนที่สะสมอยู่ภายในเซลล์มาใช้ เนื่องจากสาหร่ายมีความต้องการไนโตรเจนสำหรับการเพิ่มจำ-นวน ดังนั้นถ้าต้องการให้ปริมาณโปรตีนในเซลล์คงที่ควรจะมีการเก็บเกี่ยวเป็นระยะ ๆ ซึ่งในขณะเดียวกัน

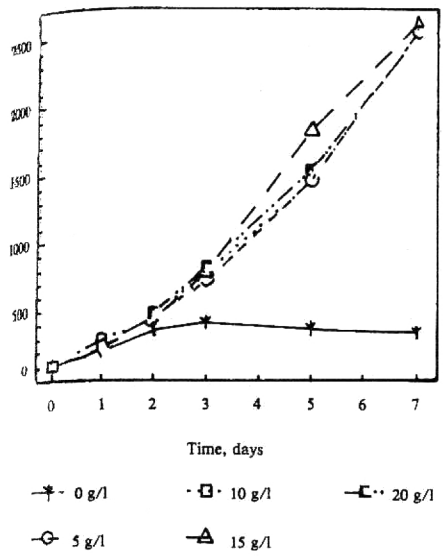

Figure 1 Growth of Spirulina SpT in indoor culture at different concentrations of $NaHCO_3$

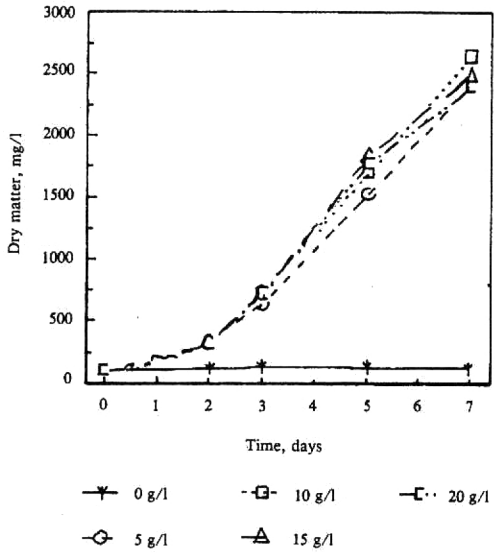

Figure 2 Growth of Spirulina SpJ in indoor culture at different concentrations of $NaHCO_3$

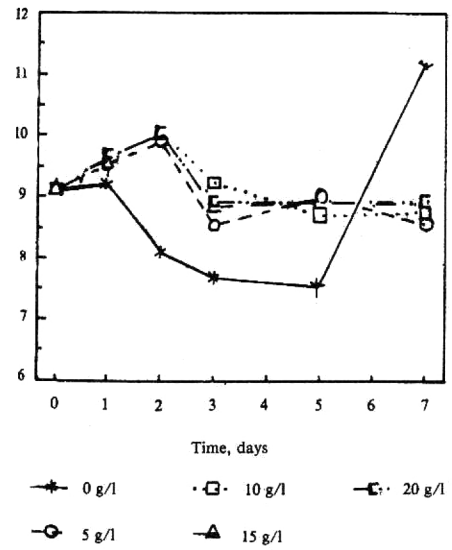

Figure 3 Changes of pH during growth of Spirulina SpT in indoor culture at different concentrations of $NaHCO_3$

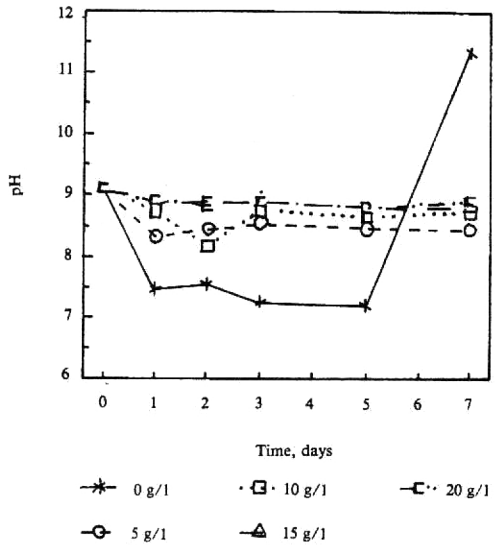

Figure 4 Changes of pH during growth of Spirulina SpJ in indoor culture at different concentrations of $NaHCO_3$

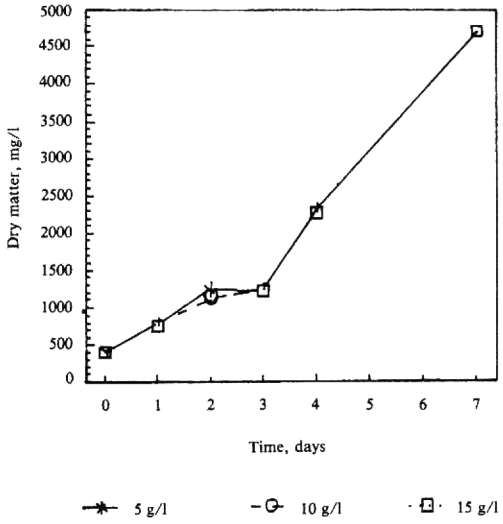

Figure 5 Growth of Spirulina SpT in outdoor culture at different concentrations of $NaHCO_3$

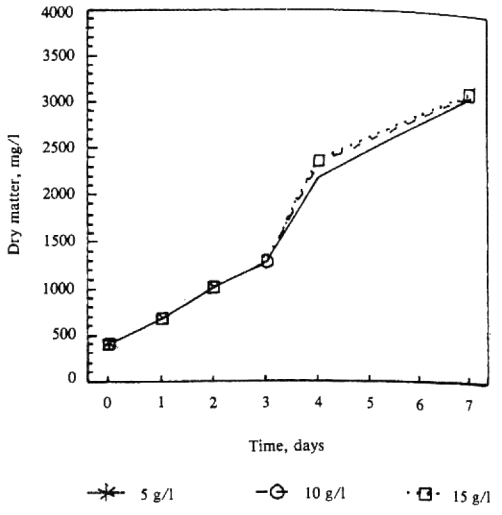

Figure 6 Growth of Spirulina SpJ in outdoor culture at different concentrations of $NaHCO_3$

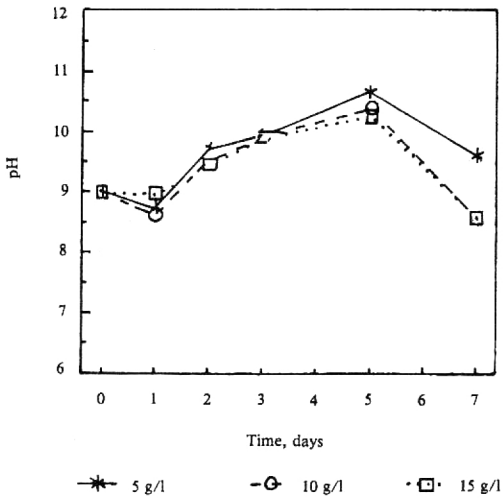

Figure 7 Changes of pH during growth of Spirulina SpT in outdoor at different concentrations of $NaHCO_3$

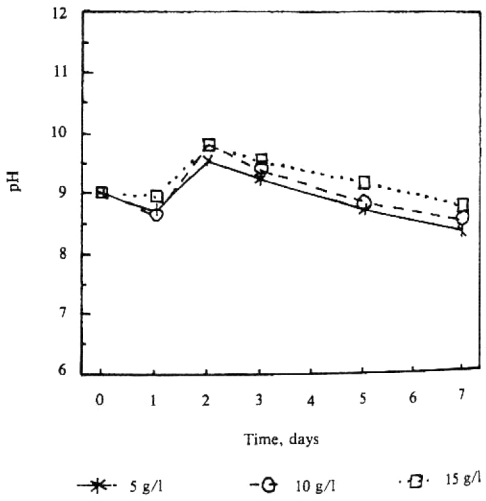

Figure 8 Changes of pH during growth of Spirulina SpJ in outdoor at different concentrations of $NaHCO_3$

Table 1 **Protein content (%) of *Spirulina sp.*, SpT and SpJ in indoor culture.**

$NaHCO_3$ g/1	SpT				SpJ			
	1 day	3 days	5 days	7 days	1 day	3 days	5 days	7 days
0	44.01	60.53	—	—	52.35	55.70	—	—
5	42.71	67.27	52.27	50.03	51.66	60.15	59.87	52.35
10	41.37	67.05	58.22	54.14	55.70	60.06	56.49	52.23
15	42.57	65.89	53.75	50.75	53.63	60.04	55.70	49.18
20	43.51	63.36	59.33	50.25	55.56	58.70	55.70	53.17

Table 2 **Protein content (%) of *Spirulina sp.*, SpT and SpJ in outdoor culture.**

$NaHCO_3$ g/1	SpT				SpJ			
	2 days	3 days	4 days	7 days	2 days	3 days	4 days	7 days
5	67.88	69.84	65.33	52.55	52.34	60.09	55.70	53.39
10	55.91	66.89	66.49	62.05	53.54	57.36	58.56	53.75
15	63.14	65.05	66.59	61.50	47.48	52.53	56.07	53.65

จะเป็นการเจือจางสาหร่าย แล้วเติมอาหารลงไปเพื่อเลี้ยงต่อ วิธีนี้ยังมีข้อดีในเชิงเศรษฐกิจด้วย เพราะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการผลิตทางด้านวัตถุดิบ แรงงาน และระยะเวลา

ในการเลี้ยงสาหร่ายกลางแจ้ง (Figure 5 and 6) พบว่าอัตราของโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ให้ 5, 10 หรือ 15 กรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อการเจริญของสาหร่ายทั้งสองสายพันธุ์ สำหรับสภาพความเป็นกรด–ด่างของน้ำเลี้ยง ดัง Figure 7 and Figure 8 จะเห็นว่า SpJ มีการเปลี่ยนแปลง pH น้อยมากทั้ง 3 ระดับความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนต ส่วนพันธุ์ SpT เมื่อใช้โซเดียม–ไบคาร์บอเนต 5 กรัมต่อลิตร ระดับ pH จะสูงขึ้นกว่าที่ 10, 15 กรัมต่อลิตร แต่ก็ยังคงอยู่ในช่วง pH ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญ คือ 8–10 ฉะนั้นโซเดียมไบคาร์บอเนต 5 กรัมต่อลิตร จึงเป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการใช้เลี้ยงสาหร่ายกลางแจ้ง เมื่อเลี้ยงไปได้ 3 วัน ปริมาณโปรตีนสูงสุด (Table 2) ของทั้ง SpT และ SpJ จะเท่ากับ 69.84% และ 60.09%ตามลำดับในอาหารเลี้ยงสาหร่ายที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต 5 กรัมต่อลิตร

สรุป

ความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนต มีผลต่อการเจริญของสาหร่าย *Spirulina sp.* และการปรับสภาพความเป็นกรด–ด่างในอาหารเลี้ยงเชื้อ ในสภาพที่เหมาะสมในห้องทดลอง SpT ต้องการโซเดียมไบคาร์–บอเนต 15 กรัมต่อลิตร ได้น้ำหนักแห้ง 2586 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วน SpJ ต้องการโซเดียมไบคาร์บอเนต 10 กรัมต่อลิตร ได้น้ำหนักแห้ง 2651.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

แต่เมื่อเลี้ยงในสภาพกลางแจ้ง ความเข้มข้นของโซเดียมไบคาร์บอเนตไม่มีผลแตกต่างกันมากนักในแง่การเจริญของเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ กล่าวคือ โซเดียมไบคาร์-บอเนต 5 กรัมต่อลิตร ก็เพียงพอต่อการเจริญของสาหร่ายเพราะได้ปริมาณเซลล์สูงสุดใกล้เคียงกันทุกระดับ คือ SpT ได้ 4725 และ SpJ ได้ 3125 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเลี้ยงในเวลา 7 วัน นอกจากนี้การเจริญของสาหร่ายพันธุ์ SpT ดีกว่า SpJ ในทุกสภาพของการเลี้ยง อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของสายพันธุ์พื้นเมืองแต่ก็สามารถเลี้ยงได้อย่างดีทั้งสองสายพันธุ์

ในแง่คุณค่าทางอาหาร สาหร่ายพันธุ์ SpT และ SpJ มีโปรตีนประมาณ 65–69% และ 57–60% ตามลำดับ ซึ่งนับว่าเป็นสาหร่ายที่ให้โปรตีนสูงมากสามารถใช้เป็นอาหารเสริมแก่มนุษย์และสัตว์ได้เป็นอย่างดี เช่น อัดเป็นเม็ดสำหรับมนุษย์กินเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (Health Food) หรือใช้ผสมอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจประเภทสวยงามเพื่อให้ได้สีสันที่สวยขึ้น มีราคาแพง ฉะนั้นจึงควรมีการขยายการศึกษาทดลองเกี่ยวกับเรื่องเม็ดสีของสาหร่าย *Spirulina sp.* ต่อไป เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการประยุกต์ใช้สาหร่ายนี้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

บรรค์ชัย คงอินทร์. 2524. "วัตถุดิบที่เป็นแหล่งให้สารสีในอาหารไก่" ข่าวกรองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์. 9–16.

วุฒิพร พรหมขุนทอง. 2527. "ผลของรงควัตถุคาโรตินอยที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนสีของปลาแฟนซีคาร์พ *Cyprinus carpio* Linn." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Association of Official Analytical Chemists, 1984. Official Methods of Analysis, Fourteenth Edition.

Bailey, J. L., 1967. Technique in Protein Chemistry, 2nd ed., Elsevier Publishing Co., Amsterdams.

Bauernfeind, J. C. 1981. Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursers. New York: Academic Press.

Becker, E.W. and L.V. Venkataraman, 1982. "Biotechnology and Exploitation of Algae", The Indian Approach. GTZ Press, Germany.

Chastel, H.D. 1980. Production and use of Spirulina in Mexico. Algae Biomass. Elsevier/North - Holland Biomedical Press.

Choubert, G. Jr. 1979. Tentative utilization of Spirulina algae as a source of carotenoid pigments for rainbow trout. Aquaculture 18 : 135-143.

Ciferri, O. 1983. Spirulina, the Edible Microorganism. Microbiol, Rev. 47 (4) 551-578.

Clement, G., C. Giddey and R. Menzi, 1967. Amino acid composition and nutritive value of algae *Spirulina maxima*. J. Sci. Food Agric., 18 : 497-499.

Jaleel S. A. and C.J. Soeder, 1978. Current trends in microalgae cultures as protein source in West Germany - food and feed applications. Ind. Food Packer, 27 : 45-47.

Soeder, C.J. 1980. The Scope of Microalgae for food and feed. Algae Biomass. Elsevier/North - Holland Biomedical Press.

Venkataraman, L.V., 1983. A Monograph on *Spirulina platensis* Biotechnology and Application. Printed by offset at CFTRI Press, Mysore.

Tanaka, Y., H. Matsuguchi and T. Katayama. 1974. Comparative biochemistry of carotenoids in algae IV, carotenoids in cyanophyta, blue green algae *Spirulina, platensis*. Mem. Ac. Fish. 23 : 111-115.