การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*) ในสูตรอาหารน้ำหมักต้นทุนต่ำ

Cultivation of *Spirulina platensis* in liquid fermentation medium of low cost diet

ศิริพร ชูเชิด[1] ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม[1] สิทธิชัย พัฒนเกียรติชีวิน[1] จงกล พรมยะ[1]
บัญญัติ มนเทียรอาสน์[1] ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร[2]

[1]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290 /E-mail: schuchurd@hotmail.com

[2]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรอาหารน้ำหมักต้นทุนต่ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด Completely Randomized Design: CRD แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 7 ทรีตเมนต์ แต่ละทรีตเมนต์ แบ่งออกเป็น 3 ซ้ำ คือ ทรีตเมนต์ ที่ 1 สูตรอาหารซาร์รุคปรับปรุง (ชุดควบคุม) ทรีตเมนต์ ที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 คือ น้ำหมักมูลสุกร 20%, น้ำหมักมูลไก่ 20%, น้ำหมักมูลวัว 20%, น้ำหมักฟางข้าว 20%, น้ำหมักมูลม้า 20% และน้ำหมักมูลแกะ 20% ตามลำดับ โดยทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 วัน ให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง และตรวจวัดประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและนับจำนวนเซลล์สาหร่ายสไปรูลินาทุกวัน ผลการศึกษาพบว่าจำนวนเซลล์เฉลี่ยและความหนาแน่น OD เฉลี่ย ของสาหร่ายสไปรูลินาที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารน้ำหมักแต่ละทรีตเมนต์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนอัตราการเติบโตจำเพาะเฉลี่ย ของสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรอาหารน้ำหมักแต่ละทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปประยุกต์ใช้การลดต้นทุนการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

ABSTRACT

The objectives of this research were to study on cultivation of *Spirulina platensis* in liquid fermentation medium of low cost diet. There were 3 replications in each of the seven treatments. T_1 was the control medium while $T_2 - T_7$ were pig manure fermentation medium 20%, chicken manure fermentation medium 20%, cow manure fermentation medium 20%, straw fermentation medium 20%, horse manure fermentation medium 20% and sheep manure fermentation medium 20%, respectively. Results showed that average values of number of cells and the algal density had significant differences ($P<0.05$). It showed no significant differences ($P>0.05$) on the specific growth rate of *S. platensis* in liquid fermentation medium as compare the control medium. The information obtained can be used as a baseline for application on the low cost in cultivation of *Spirulina platensis* in the future.

คำนำ

ปัจจุบันสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina plantensis*) หรือ “สาหร่ายเกลียวทอง” ได้รับความสนใจมากในแง่ของการนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารเสริมหรือผสมในอาหารสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือเพื่อทดแทนแหล่งโปรตีนที่ได้จากแหล่งอื่นๆ เนื่องจากมีความโดดเด่นในเรื่องของโปรตีนที่มีอยู่ปริมาณสูงถึง 50 - 70% ของน้ำหนักเซลล์แห้ง และสารอาหารที่มีอยู่มากมายในเซลล์สาหร่าย ได้แก่ Phycocyanin, Allophycocyanin, Beta-carotene, Chlorophyll-a และกรดไขมันจำเป็นไม่อิ่มตัว (ขจรเกียรติ์, 2550; Venkataraman,1983) แต่อย่างไรก็ตามเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเพื่อผลิตเป็นวัสดุดิบเอง ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีความเข้าใจว่าการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินามีความยุ่งยาก ซับซ้อน มีต้นทุนสูง ซึ่งโดยหลักความจริงแล้วการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเพื่อเป็นอาหารสัตว์น้ำสำเร็จรูป ไม่มีความยุ่งยากในการเพาะเลี้ยง ไม่ต้องมีการจัดการหรือดูแลมากนัก และที่สำคัญการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินานั้นสามารถลดต้นทุนให้ต่ำได้ โดยการคิดค้นแหล่งอาหารต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นน้ำหมักมูลสัตว์ชนิดต่างๆ น้ำเสียจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพมูลสุกร น้ำทิ้งจากโรงงานหรือบ้านเรือน น้ำกากส่าเหล้า หรือน้ำหมักดินตะกอนก้นบ่อ แล้วนำมาประยุกต์ปรับปรุงเป็นสูตรอาหารต้นทุนต่ำสำหรับเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา ทั้งนี้เพียงควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสไปรูลินาบางปัจจัยให้เหมาะสม เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 9.5 – 10.5 เป็นต้น

ดังนั้นจากเหตุผลที่กล่าวมา คณะผู้วิจัยจึงมีประเด็นที่สนใจเกี่ยวกับการลดต้นทุนในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา ด้วยการเพาะเลี้ยงในสูตรอาหารน้ำหมักต้นทุนต่ำ จากแหล่งน้ำหมักมูลสัตว์ชนิดต่างๆ และจากเศษพืชเหลือทิ้งทางการเกษตร คือ น้ำหมักมูลสุกร มูลไก่ มูลวัว มูลม้า มูลแกะ และฟางข้าว ทั้งนี้ในการศึกษาจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสไปรูลินาที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารน้ำหมักจากแหล่งต่างๆ กับสูตรอาหารซาร์รุคปรับปรุง ซึ่งเป็นสูตรอาหารปุ๋ยเคมีที่มีการใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินากันทั่วไป ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดและสูตรอาหารน้ำหมักจากแหล่งใดมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและจำนวนเซลล์ของสาหร่ายสไปรูลินาใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับสูตรซาร์รุคปรับปรุง ทั้งนี้เพื่อชี้ให้เห็นถึงแนวทางและความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำหมักจากแหล่งต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปประยุกต์ใช้การลดต้นทุนการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

1. การเตรียมหัวเชื้อสาหร่ายสไปรูลินา

ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาในห้องปฏิบัติการ ด้วยสูตรอาหารซาร์รุคปรับปรุงและขยายปริมาณหัวเชื้อสาหร่ายไปเรื่อยๆ ให้ได้ปริมาณมากพอที่จะนำไปใช้ในการทดลอง ทั้งนี้เมื่อวัดค่าความหนาแน่นของเซลล์ (Optical Density; OD) ที่ความยาวคลื่นแสง 560 นาโนเมตร แล้วได้ค่าเท่ากับ 0.8 เป็นต้นไป จึงนำไปใช้เป็นหัวเชื้อตั้งต้นในการศึกษาต่อไป

2. การเตรียมน้ำหมักจากแหล่งต่าง ๆ

2.1 นำมูลสัตว์ชนิดต่างๆ และฟางข้าว มาหมักรวมกันกับน้ำประปาในอัตราส่วน 1:10 ในถังขนาด 20 ลิตร เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ระหว่างทำการหมักหมั่นคนเป็นครั้งคราว

2.2 เมื่อหมักมูลสัตว์ชนิดต่างๆ และฟางข้าว เป็นเวลา 2 สัปดาห์ แล้ว จากนั้นนำน้ำหมักมากรองผ่านผ้าขาวบางแล้วนำไปต้ม เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ (ภาพที่ 1) จึงค่อยนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารในการศึกษาทดลองต่อไป

ภาพที่ 1 กรองน้ำหมักผ่านผ้าขาวบาง ก่อนนำไปต้ม

3. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design; CRD) โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 7 ทรีตเมนต์ แต่ละทรีตเมนต์ แบ่งออกเป็น 3 ซ้ำ โดยกำหนด ดังนี้

ทรีตเมนต์ ที่ 1 สูตรอาหารซาร์รุคปรับปรุง (ชุดควบคุม) + หัวเชื้อสาหร่ายสไปรูลินา

ทรีตเมนต์ ที่ 2 น้ำหมักมูลสุกร 20% (ของปริมาตรอาหาร) + หัวเชื้อสาหร่ายสไปรูลินา

ทรีตเมนต์ ที่ 3 น้ำหมักมูลไก่ 20% (ของปริมาตรอาหาร) + หัวเชื้อสาหร่ายสไปรูลินา

ทรีตเมนต์ ที่ 4 น้ำหมักมูลวัว 20% (ของปริมาตรอาหาร) + หัวเชื้อสาหร่ายสไปรูลินา

ทรีตเมนต์ ที่ 5 น้ำหมักฟางข้าว 20% (ของปริมาตรอาหาร) + หัวเชื้อสาหร่ายสไปรูลินา

ทรีตเมนต์ ที่ 6 น้ำหมักมูลม้า 20% (ของปริมาตรอาหาร) + หัวเชื้อสาหร่ายสไปรูลินา

ทรีตเมนต์ ที่ 7 น้ำหมักมูลแกะ 20% (ของปริมาตรอาหาร) + หัวเชื้อสาหร่ายสไปรูลินา

นำหัวเชื้อสาหร่ายสไปรูลินา ที่มีค่าความหนาแน่นของเซลล์ (OD) ตั้งแต่ 0.8 เป็นต้นไป เพาะเลี้ยงในขวดโหลแก้วขนาด 10 ลิตร โดยใช้หัวเชื้อสาหร่ายต่อสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงอัตราส่วน 1: 5 ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 10 ± 1 ทำการสุ่มเรียงขวดโหลแก้วแต่ละทรีตเมนต์ ให้แสงสว่างจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนส์ตลอด 24 ชั่วโมง และให้ระบบลมอย่างทั่วถึงเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนน้ำและป้องกันการตกตะกอน เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 วัน

4. การเก็บข้อมูล

ตรวจวัดประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและนับจำนวนเซลล์สาหร่ายสไปรูลินา โดยใช้ Sedgwick Rafter slide (S-R slide) และวัดค่าความหนาแน่นของเซลล์ (Optical Density; OD) โดยเครื่อง

spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 560 นาโนเมตร ทุกวัน จนเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 10 วัน คำนวณประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสาหร่ายสไปรูลินา ดังนี้

อัตราการเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate: μ)

$$\mu = \frac{Ln_{x2} - Ln_{x1}}{t_2 - t_1}$$

เมื่อ x คือ จำนวนเซลล์

t คือ หน่วยเวลา

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลค่าเฉลี่ยของจำนวนเซลล์ ค่าความหนาแน่นของเซลล์ และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ได้ในแต่ละทรีตเมนต์ มาวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เมื่อพบความแตกต่างจะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's multiple range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS/PC 11.5.0

ผลการศึกษา

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรอาหารน้ำหมักต้นทุนต่ำในแต่ละทรีตเมนต์ เป็นระยะเวลา 10 วัน ปรากฏผลการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของจำนวนเซลล์ ความหนาแน่นของเซลล์ (OD) และอัตราการเติบโตจำเพาะของสาหร่ายสไปรูลินาตลอดการศึกษา

ปัจจัยที่ศึกษา	ทรีตเมนต์						
	สูตรซาร์รุคปรับปรุง	น้ำหมักมูลสุกร	น้ำหมักมูลไก่	น้ำหมักมูลวัว	น้ำหมักฟางข้าว	น้ำหมักมูลม้า	น้ำหมักมูลแกะ
จำนวนเซลล์ (x 10^4 cell/ml)	3.688± 0.135^{a}	1.533± 0.630^{c}	3.208± 0.490^{ab}	2.955± 0.400^{ab}	2.836± 0.590^{ab}	2.535± 0.450^{abc}	2.301± 0.370^{bc}
ค่าความหนาแน่น (OD)	0.448± 0.158^{a}	-0.069± 0.534^{b}	0.214± 0.090^{a}	0.232± 0.135^{a}	0.272± 0.064^{a}	0.268± 0.170^{a}	0.316± 0.122^{a}
อัตราการเติบโตจำเพาะ (μ)	0.090± 0.198^{a}	-0.105± 0.239^{a}	-0.006± 0.265^{a}	0.041± 0.126^{a}	0.038± 0.152^{a}	0.022± 0.147^{a}	0.014± 0.163^{a}

หมายเหตุ: อักษรที่เหมือนกันในแนวนอนแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan' s Multiple Range Test (DMRT)

: อัตราเจือจางของน้ำหมักจากแหล่งต่างๆ เท่ากับ 20% ของปริมาตรอาหาร

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาค่าจำนวนเซลล์เฉลี่ยของสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรอาหารน้ำหมักต้นทุนต่ำทรีตเมนต์ต่างๆ พบว่า สูตรซาร์รุคปรับปรุงมีค่ามากที่สุด (3.688 ± 0.135 x10^4 cell/ml) รองลงมาคือ น้ำหมักมูลไก่ (3.208 ± 0.490 x10^4 cell/ml) และน้ำหมักมูลสุกรมีค่าน้อยที่สุด (1.533 ± 0.630 x10^4 cell/ml) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าจำนวนเซลล์เฉลี่ยของสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรอาหารน้ำหมักต้นทุนต่ำแต่ละทรีตเมนต์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยสามารถแบ่งค่าจำนวนเซลล์เฉลี่ยของสาหร่ายสไปรูลินาที่แตกต่างออกได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (สูตรซาร์รุคปรับปรุง น้ำหมักมูลไก่ น้ำหมักมูลวัว น้ำหมักฟางข้าว และน้ำหมักมูลม้า) มีค่าจำนวนเซลล์เฉลี่ย 2.535 ± 0.450 x10^4 - 3.688 ± 0.135 x10^4 cell/ml กลุ่มที่ 2 (น้ำหมักมูลไก่ น้ำหมักมูลวัว น้ำหมักฟางข้าว น้ำหมักมูลม้า และน้ำหมักมูลแกะ) มีค่าจำนวนเซลล์เฉลี่ย 2.301 ± 0.370 x10^4 - 3.208 ± 0.490 x10^4 cell/ml และกลุ่มที่ 3 (น้ำหมักมูลสุกร น้ำหมักมูลม้า และน้ำหมักมูลแกะ) มีค่าจำนวนเซลล์เฉลี่ย 1.533 ± 0.630 x10^4 – 2.535 ± 0.450 x10^4 cell/ml

ค่าความหนาแน่นของเซลล์ (Optical Density; OD) เฉลี่ย ของสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรอาหารน้ำหมักต้นทุนต่ำทรีตเมนต์ต่างๆ พบว่า สูตรซาร์รุคปรับปรุงมีค่ามากที่สุด (0.448 ± 0.158) รองลงมาคือ น้ำหมักมูลแกะ (0.316 ± 0.122) และน้ำหมักมูลสุกรมีค่าน้อยที่สุด (-0.069 ± 0.534) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าความหนาแน่นของเซลล์ (OD) เฉลี่ย ของสาหร่ายสไปรูลินาแต่ละทรีตเมนต์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยสามารถแบ่งค่าความหนาแน่นของเซลล์ (OD) เฉลี่ยของสาหร่ายสไปรูลินาที่แตกต่างออกได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 (สูตรซาร์รุคปรับปรุง น้ำหมักมูลไก่ น้ำหมักมูลวัว น้ำหมักฟางข้าว น้ำหมักมูลม้า และน้ำหมักมูลแกะ) มีค่าความหนาแน่นของเซลล์ (OD) เฉลี่ย 0.214 ± 0.090 - 0.448 ± 0.158 และกลุ่มที่ 2 (น้ำหมักมูลสุกร) มีค่าความหนาแน่นของเซลล์ (OD) เฉลี่ย -0.069 ± 0.534

ค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย (Specific growth rate:μ) ของสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรอาหารน้ำหมักต้นทุนต่ำทรีตเมนต์ต่างๆ พบว่า สูตรซาร์รุคปรับปรุงมีค่ามากที่สุด (0.090 ± 0.198) รองลงมาคือ น้ำหมักมูลวัว (0.041 ± 0.126) และน้ำหมักมูลสุกรมีค่าน้อยที่สุด (-0.105 ± 0.239) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของสาหร่ายสไปรูลินาแต่ละทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรอาหารน้ำหมักต้นทุนต่ำจากแหล่งต่างๆ โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 7 ทรีตเมนต์ แต่ละทรีตเมนต์ แบ่งออกเป็น 3 ซ้ำ คือ ทรีตเมนต์ ที่ 1 สูตรอาหารซาร์รุคปรับปรุง (ชุดควบคุม) ทรีตเมนต์ ที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 คือ น้ำหมักมูลสุกร 20%, น้ำหมักมูลไก่ 20%, น้ำหมักมูลวัว 20%,น้ำหมักฟางข้าว 20%, น้ำหมักมูลม้า 20% และน้ำหมักมูลแกะ 20% ตามลำดับ ตรวจวัดประสิทธิภาพการเจริญเติบโต นับจำนวนเซลล์ และวัดค่าความหนาแน่นของเซลล์ (OD) สาหร่ายสไปรูลินาทุกวัน เพาะเลี้ยงสาหร่ายเป็นระยะเวลา 10 วัน ผลการศึกษาพบว่า ค่าจำนวนเซลล์เฉลี่ยของสาหร่ายสไปรูลินา

ในสูตรซาร์รุคปรับปรุงมีค่ามากที่สุด (3.688 ± 0.135 x10^4 cell/ml) รองลงมาคือน้ำหมักมูลไก่ (3.208 ± 0.490 x10^4 cell/ml) และน้ำหมักมูลสุกรมีค่าน้อยที่สุด (1.533 ± 0.630 x10^4 cell/ml)

ค่าความหนาแน่นของเซลล์ (OD) เฉลี่ย ของสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรซาร์รุคปรับปรุงมีค่ามากที่สุด (0.448 ± 0.158) รองลงมาคือน้ำหมักมูลแกะ (0.316 ± 0.122) และน้ำหมักมูลสุกรมีค่าน้อยที่สุด (-0.069 ± 0.534)

และสำหรับค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรซาร์รุคปรับปรุงมีค่ามากที่สุด (0.090 ± 0.198) รองลงมาคือ น้ำหมักมูลวัว (0.041 ± 0.126) และน้ำหมักมูลสุกรมีค่าน้อยที่สุด (-0.105 ± 0.239)

เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าจำนวนเซลล์เฉลี่ยและค่าความหนาแน่นของเซลล์ (OD) เฉลี่ยของสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรอาหารน้ำหมักต้นทุนต่ำแต่ละทรีตเมนต์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของสาหร่ายสไปรูลินาแต่ละทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาที่ได้ จะเห็นว่าสูตรอาหารน้ำหมักมูลสัตว์บางชนิด ได้แก่ น้ำหมักมูลไก่ น้ำหมักมูลวัว และน้ำหมักมูลม้า และสูตรอาหารน้ำหมักจากเศษพืชเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ น้ำหมักฟางข้าว โดยที่น้ำหมักเหล่านี้มีอัตราเจือจางของน้ำหมัก 20% ของปริมาตรอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสามารถนำมาเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาได้ กล่าวคือ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเจริญเติบโต คือ จำนวนเซลล์เฉลี่ย ค่าความหนาแน่นของเซลล์เฉลี่ย และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ยของสาหร่ายสไปรูลินาที่เพาะเลี้ยงในสูตรน้ำหมักเหล่านี้ มีค่าใกล้เคียงและไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ($P>0.05$) กับสูตรอาหารซาร์รุคปรับปรุงที่ถือเป็นทรีตเมนต์ควบคุม

และจากผลการศึกษาสามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าน้ำหมักมูลสัตว์ชนิดที่ไม่มีความเหมาะสมหรือไม่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาได้นั้น คือ “น้ำหมักมูลสุกร” ทั้งนี้อาจเนื่องจากในการศึกษาได้ทดลองใช้อัตราเจือจางของน้ำหมักในแต่ละแหล่ง 20% ซึ่งในอัตราเจือจางดังกล่าวสำหรับน้ำหมักมูลสุกรแล้วก็ยังอาจมีความเข้มข้นสูง เมื่อนำไปเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาจึงไม่เหมาะสมทำให้สาหร่ายสไปรูลินาไม่ค่อยเจริญเติบโตเท่าที่ควร ดังนั้นเพื่อเป็นการยืนยันสมมุติฐานดังกล่าว ก็อาจมีการศึกษาทดลองซ้ำ โดยเพิ่มอัตราเจือจางของน้ำหมักมูลสุกรให้เจือจางมากกว่าที่ทดลองศึกษาในครั้งนี้ คือ 20%

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาด้วยน้ำเสียจากโรงงานสุรา โดยนำเอากากส่าเหล้าซึ่งเป็นของเสียจากโรงงานสุราใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับมหมวลหรือบ่อกลางแจ้ง จากการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาในน้ำกากส่าเหล้าความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 8.0 และ 10.0% ซึ่งเติม $NaHCO_3$ 1.5 กรัม/ลิตร, K_2HPO_4 0.5 กรัม/ลิตรและปุ๋ย NPK (16:16:16) 0.6 กรัม/ลิตร ใส่สาหร่ายสดลงไป 0.6 g/l ปรับ pH 10 ± 1 ปริมาตรของสารอาหาร 500 มิลลิลิตร เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 24 วัน ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพบ่อกลางแจ้งพบว่าทั้งสองสภาพนี้ สาหร่ายสไปรูลินาสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในกากส่าเหล้า 0.5 % (ยุวดี, 2540)

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* CMU2 ด้วยน้ำกากส่าเหล้าที่ความเข้มข้นต่างๆ ในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าน้ำกากส่าเหล้าที่ความเข้มข้น 0.04% และเติมสารอาหารพื้นฐานซึ่งประกอบด้วย $NaHCO_3$ 8.5 กรัม/ลิตร, $NaNO_3$ 1.5 กรัม/ลิตร, K_2HPO_4 0.5 กรัม/ลิตร และปุ๋ย N:P:K (16:16:16) 0.6 กรัม/ลิตร สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้สูงสุด มีน้ำหนักเซลล์สาหร่ายแห้งเฉลี่ยสูงถึง 615 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณรงควัตถุซึ่งประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.30 มิลลิกรัม/ลิตร แคโรทีนอยด์ และไฟโตไซยานิน มีค่าเฉลี่ย 0.36 และ 115.07 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อนำสาหร่าย *S. platensis* CMU2 มาเพาะเลี้ยงแบบกึ่งต่อเนื่องในบ่อเพาะเลี้ยงน้ำวนด้วยปริมาตร 1,000 ลิตร ระดับน้ำในบ่อสูง 24 เซนติเมตร ด้วยสูตรข้างต้น สามารถเก็บเกี่ยวสาหร่ายได้ทั้งหมด 3 ครั้ง ให้ผลผลิตน้ำหนักเซลล์สาหร่ายแห้งเฉลี่ยสูงสุดในครั้งที่1,3 และ 2 คือ 326.82, 297.26 และ 280.45 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ การเพาะเลี้ยงครั้งนี้สามารถมีต้นทุนการผลิตต่ำ คือ การผลิตสาหร่ายน้ำหนักแห้ง 1 กรัม มีต้นทุนการผลิตเพียง 2.80 บาท (ปาวลีและยุวดี, 2550)

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาในน้ำทิ้งจากโรงงานปลาแล่ของบริษัท โชคสมุทรมารีน จำกัด ด้วยการเติมปุ๋ยที่ต่างกัน 3 รูปแบบคือ แบบที่1: น้ำทิ้ง+ $NaHCO_3$ ปริมาณ 3,6 และ 9 กรัม แบบที่ 2: น้ำทิ้ง + 3 กรัม $NaHCO_3$+ $NaNO_3$(1.5, 2.0 และ 2.5 กรัม) และแบบที่ 3: น้ำทิ้ง + 3 กรัม $NaHCO_3$ + 2 กรัม $NaNO_3$ + N:P:K(0.4, 0.6 และ 0.8 กรัมกรัม) ใช้หัวเชื้อ 2 กรัม/น้ำทิ้ง(100%) 1 ลิตร ที่ความเข้มแสง 3,200 ลักซ์ 12 ชั่วโมง/วัน ที่อุณหภูมิ 32 ± 2 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 9.5±0.2 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด มี 5 ชุดการทดลองๆ 3 ซ้ำ เพื่อศึกษาการเติบโตของสาหร่ายสไปรูลินา วัดค่า(Optical Density :OD) ทุกวัน และตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทุก 2 วัน ผลการศึกษา พบว่าสาหร่าย สไปรูลินาที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งแบบที่ 1 ให้ค่า OD ในวันที่สไปรูลินาเติบโตสูงสุด (วัน D_{max}) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ($p>0.05$) กับแบบที่ 3 แต่ต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) กับรูปแบบที่ 2 โดยชุดทดลองที่ 1 ของแบบที่ 1 (เติม $NaHCO_3$ 3 กรัม) ให้ค่า OD สูงสุดคือ 2.20±0.20 คุณภาพน้ำโดยรวมในวัน D_{max} ของแบบที่ 2 อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและดีกว่าแบบที่ 1 และ3 เหลือปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ในน้ำทิ้ง 3 แบบ น้อยมาก คือ 0.00-0.06 และ 0.00-0.07 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณแอมโมเนียเหลืออยู่มากในชุดทดลองที่ 2 ของแบบที่ 1 ที่เติม $NaHCO_3$ 6 กรัม และชุดที่ 3 ของแบบที่ 2 ที่เติม $NaHCO_3$ 3 กรัม + $NaNO_3$ 2.5 กรัม มีค่า 5.33 และ 0.12 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในวัน D_{max} ทุกชุดทดลองทั้ง 3 รูปแบบมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำเล็กน้อย (>0.001 มิลลิกรัม/ลิตร) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาในน้ำทิ้งจากโรงงานปลาแล่ (100%) ที่เติมเฉพาะ $NaHCO_3$ ชนิดเดียวเพียง 3 กรัม เท่านั้นซึ่งจะให้ผลผลิตสาหร่ายสไปรูลินาที่ดีและเหมาะสมที่สุด (จักรพงษ์และคณะ, 2550)

การทดลองศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของสาหร่ายสไปรูลินาที่เพาะเลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างๆ คือ AME_1 (มูลสุกร) AME_2 (มูลไก่) AME_3 (มูลเป็ด) AME_4 (มูลวัว) SJ_1 (มูลสุกร + ปุ๋ยเคมี) SJ_2 (มูลไก่ + ปุ๋ยเคมี) SJ_3 (มูลเป็ด + ปุ๋ยเคมี) SJ_4 (มูลวัว + ปุ๋ยเคมี) WP (ไข่น้ำ + ปุ๋ยเคมี) และ CFTRI (สารเคมี) Medium ที่มีระดับความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้นของสูตรอาหาร คือ 6, 7, 8 และ 9 ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง 10 วัน ผลการ

ทดลองพบว่า ชนิดของสูตรอาหาร ระดับความเป็นกรด – ด่าง และระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงมีผลทำให้ผลผลิตของสาหร่ายสไปรูลินาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สูตรอาหารที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ SJ_2 medium (มูลไก่ + ปุ๋ยเคมี) รองลงมา คือ AME_2, SJ_1 และ SJ_3 medium ตามลำดับ ระดับความเป็นกรด – ด่างเริ่มต้นของสูตรอาหารที่ให้ผลผลิตสูงสุด คือ 6 รองลงมา คือ 8 และระยะเวลาของการเพาะเลี้ยงที่ทำให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ 10 วัน (ชื่นจิตร, 2530)

ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาชี้ให้เห็นถึงแนวทางและความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำหมักจากแหล่งต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง น้ำหมักมูลไก่ น้ำหมักมูลวัว น้ำหมักมูลม้า และน้ำหมักฟางข้าว มาประยุกต์ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา อีกทั้งยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปประยุกต์ใช้การลดต้นทุนการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม. 2550. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรอาหารต้นทุนต่ำเพื่อเป็นอาหารสัตว์น้ำ. โครงการฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาในสูตรอาหารต้นทุนต่ำเพื่อเป็นอาหารสัตว์น้ำสำเร็จรูป วันที่ 15 มิถุนายน และ 17 กรกฎาคม 2550. คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 53 หน้า.

จักรพงษ์ ศรีพนมยม อรทัย คงสระ และวราพร ดีชุม. 2550. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*) ในน้ำทิ้งจากโรงงานปลาแล่. การประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 3. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 106.

ชื่นจิตร ชื่นกระมล. 2530. การเปรียบเทียบผลผลิตของสไปรูลินา (*Spirulina platensis*) ในอาหารสูตรต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสนชนบุรี. 74 หน้า.

ปาวลี ศรีสุขสมวงค์ และยุวดี พีรพรพิศาล. 2550. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina platensis* ด้วยน้ำกากส่าเหล้าในระบบบ่อเพาะเลี้ยงน้ำวน. การประชุมวิชาการสาหร่ายและแพลงก์ตอนแห่งชาติ ครั้งที่ 3. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 56.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2540. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (*Spirulina platensis*) .ในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อม. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Venkataraman, L.V. 1983. A Monograph on *Spirulina platensis*. Central Food Technological Research Institute, Mysore. 100 p.