สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งอุตสาหกรรมในครัวเรือน

Spirulina Culture in Waste Water from Family Industry

โดย

นางสาวใหมสุหรี อิสภาค

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขา เทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

วพ. ๒๑๙๓๘ ก
เลขหมู่ 2543
เลขทะเบียน 40363
วัน, เดือน, ปี 11 ก.ค. 2544

b 11099689
i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ
ปีการศึกษา 2543

ชื่อเรื่อง การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งอุตสาหกรรมในครัวเรือน

Spirulina Culture in Waste Water from Family Industry

ชื่อ-สกุล นางสาว ไหมสุหรี อิสภาค

สาขาวิชา สาขาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์

ภาควิชา ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์จันทร์พร เจ้าทรัพย์

บทคัดย่อ

การเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมในครัวเรือน ที่เพาะเลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างๆ คือ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว, สูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำถั่วเหลือง, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง โดยเติม $NaHCO_3$ 6.7 กรัม, ปุ๋ยสูตร 16:16:16 0.56 กรัมทุกสูตร ใช้เวลาในการทดลองเลี้ยง 10 วัน ผลการทดลองพบว่า ชนิดของสูตรอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองมากที่สุดคือ น้ำทิ้งจากสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลผลิตของน้ำหนักแห้งของสาหร่ายเกลียวทองมากที่สุด รองลงมาคือสูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ และสูตรน้ำถั่วเหลือง ตามลำดับ โดยในวันที่ 10 ให้ผลของน้ำหนักแห้งเป็น 2.80, 2.80, 2.74 และ 1.80 กรัม/ลิตร ตามลำดับ น้ำหนักแห้งของสาหร่ายเกลียวทอง ในสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว, สูตรน้ำขนมจีน, และสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่แตกต่างจากสูตรน้ำถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($P<0.01$) และให้ผลของจำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองในสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวมากที่สุด รองลงมาเป็นสูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ และสูตรน้ำถั่วเหลือง โดยในวันที่ 10 ให้ผลจำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองเป็น 12.33, 10.83, 10.83 และ 7.83 เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ จำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองในสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวจะมีจำนวนมากที่สุด($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบทั้งสามสูตร สูตรน้ำขนมจีนและสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนสูตรน้ำถั่วเหลืองมีจำนวนเซลล์น้อยกว่าสูตรอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปัญหาพิเศษ การเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งอุตสาหกรรมในครัวเรือน สำเร็จลงด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือจากท่านอาจารย์จันทร์พร เจ้าทรัพย์ ที่ได้กรุณาสละเวลาในการตรวจเอกสาร ให้คำแนะนำต่างๆ และรวมทั้งให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ที่ให้ความอนุเคราะห์หัวเชื้อสาหร่ายเกลียวทองเพื่อใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ จินตนา บุญนาค ที่ให้ความอนุเคราะห์ Haemacytometer และให้ความช่วยเหลือในการสอนวิธีการนับเซลล์สาหร่ายเกลียวทองและวิธีการคำนวนเซลล์

คุณงามความดีทั้งหมดที่ได้เพียรพยายามในการทำปัญหาพิเศษเล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แก่บิดามารดา ที่ให้ความช่วยเหลือด้านงบประมาณและคอยเป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ใหมสุหรี อิสภาค

พฤศจิกายน 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ.....ก

กิตติกรรมประกาศ.....ข

สารบัญ.....ค

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....2

1.3 ขอบเขตของปัญหา.....2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ความหมาย.....4

2.2 การจัดการหมวดหมู่ทางอนุกรมวิธาน.....4

2.3 ลักษณะสำคัญของไฟลัม.....5

2.4 ลักษณะของสาหร่ายเกลียวทอง.....6

2.5 องค์ประกอบในเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทอง.....7

2.6 การสืบพันธุ์ของสาหร่ายเกลียวทอง.....8

2.7 ชนิดของสาหร่ายเกลียวทอง.....8

2.8 คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเกลียวทอง.....10

2.9 ประโยชน์ด้านอาหารของสาหร่ายเกลียวทอง.....14

3 อุปกรณ์และวิธีการ 17

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....17

3.2 วิธีการ.....19

4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 20

5 สรุปผล 26

บรรณานุกรม 28

ภาคผนวก 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์สาหร่ายเกลียวทอง.....11
ตารางที่2 ปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่ายเกลียวทองเปรียบเทียบระหว่างสูตรอาหารทั้ง 4 สูตร...20
ตารางที่3 จำนวนเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทองเปรียบเทียบระหว่างสูตรอาหารทั้ง 4 สูตร.....21
ตารางที่4 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร.....24
ตารางภาคผนวกที่1ปริมาณน้ำหนักหนักแห้งของสาหร่ายเกลียวทอง(ซ้ำที่1).....32
ตารางภาคผนวกที่2ปริมาณน้ำหนักหนักแห้งของสาหร่ายเกลียวทอง(ซ้ำที่2).....32
ตารางภาคผนวกที่3ปริมาณน้ำหนักหนักแห้งของสาหร่ายเกลียวทอง(ซ้ำที่3).....33
ตารางภาคผนวกที่4ปริมาณเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทอง(ซ้ำที่1).....33
ตารางภาคผนวกที่5ปริมาณเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทอง(ซ้ำที่2).....33
ตารางภาคผนวกที่6ปริมาณเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทอง(ซ้ำที่3).....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่1 รูปร่างชนิดต่างๆของสาหร่ายเกลียวทอง.....6
ภาพที่2 รูปร่างและการวัดส่วนต่างๆของสาหร่ายเกลียวทอง.....8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

สาหร่ายเกลียวทอง *Spirulina sp.* เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินค่อนข้างใหญ่สามารถเก็บเกี่ยวได้ง่าย(สุชาติ อิงธรรมจิตร์, 2529)และสาหร่ายเกลียวทองมีคุณค่าทางอาหารสูงโดยมีโปรตีนร้อยละ 65-70 ของน้ำหนักแห้งประกอบด้วยกรดอะมิโนที่สำคัญครบถ้วน มีคาร์โบไฮเดรต และไขมันในปริมาณที่พอเหมาะ มีเกลือแร่นานาชนิดที่ร่างกายต้องการ เช่น โปแตสเซียม ร้อยละ 1.0-1.8 โซเดียมร้อยละ 1.2-1.4 แมกนีเซียมร้อยละ 1.0-1.3 และแคลเซียม ร้อยละ 0.2-0.4 นอกจากนี้ยังมีวิตามินเอ บี1, บี 2, บี6, บี12, วิตามินอี กรดนิโคทีนิค (nicotinic acid) กรดโฟลิค (folic acid) กรดแพนโททินิค (pantothenic acid) แซนโทฟิลล์ (xanthophyll) และไฟโคไซยานิน (phycocyanin) ซึ่งมีประโยชน์ทั้งต่อมนุษย์และสัตว์ (กาญจนภาชน์ ลิ่วโนมนต์, 2527) ประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เม็กซิโก และอิสราเอล ได้ผลิตสาหร่ายเกลียวทองถึงขั้นอุตสาหกรรมโดยทำอาหารเสริมบำรุงร่างกายมนุษย์และสกัดเอาวิตามิน รงควัตถุมาใช้ทำยา เครื่องสำอางและสีผสมอาหาร นอกจากนี้ยังใช้สาหร่ายเกลียวทองผสมในอาหารสัตว์เพื่อเป็นประโยชน์ในการเพิ่มโปรตีนและสีสันแก่เนื้อสัตว์และไข่อีกด้วย (หยกแก้ว สุมาลีและคณะ, 2530)

จากคุณสมบัติและความสำคัญของสาหร่ายเกลียวทองทำให้ทั่วโลกให้ความสนใจและหาแนวทางพัฒนาการเพาะเลี้ยงให้ได้สาหร่ายเกลียวทองปริมาณมากขึ้นแต่มีปัญหาเรื่องอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์หลายชนิด บางชนิดมีราคาแพงและค่อนข้างหายากเช่น สูตรอาหาร Zarrouk ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่นิยมใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง

(สถิตย์ วงค์สว่าง, 2523) ถ้าจะผลิตสาร่ายเกลียวทองให้ได้ปริมาณมากจำเป็นต้อง ลงทุนสูง จึงมีการลดต้นทุน โดยการนำวัสดุที่มีอยู่ตามธรรมชาติและของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตรอันเป็นแหล่งของอินทรีย์สารที่มีราคาถูกและหาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น มูลสัตว์ ปุ๋ยหมัก รวมทั้งน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ ได้แก่น้ำทิ้งจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง น้ำทิ้งจากโรงงานปลาป่น น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน น้ำกากมูลสัตว์ในบ่อก๊าซชีวภาพ น้ำกากส่าเหล้าจากโรงงานผลิตสุรา น้ำเวย์เต้าหู้ เป็นต้น มาใช้ในการเพาะเลี้ยง (สถิต วงค์สว่าง, 2532) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการทำขนมจีนอยู่ทั่วไปในระดับครอบครัว ชุมชน หมู่บ้าน ซึ่งทำจากแป้งข้าวเจ้า ก๋วยเตี๋ยวก็เป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวข้าวมีที่บทบาทอย่างมากอีกชนิดหนึ่งในการบริโภคกันของคนไทยการผลิตแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนมจีนและเส้นหมี่ก๋วยเตี๋ยวนั้นใช้ข้าวจ้าวเป็นวัตถุดิบผ่านกระบวนการต่างๆ ทำให้ธาตุอาหารบางอย่างสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์และยังก่อให้เกิดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ทำลายระบบนิเวศน์ของพืชและสัตว์ นอกจากนี้การผลิตนมถั่วเหลืองจะมีกากถั่วเหลืองเหลือจากการกรองเอาน้ำนมถั่วเหลืองเป็นของเสียทิ้งไปซึ่งจะเห็นได้ว่า การทำการผลิตแป้งหมักขนมจีน การผลิตเส้นหมี่ก๋วยเตี๋ยว และการผลิตนมถั่วเหลืองต่างมีของเสียเกิดขึ้นและของเสียหรือน้ำทิ้งจากขบวนการผลิตนั้นถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติก่อให้เกิดปัญหาด้านสาธารณสุข สุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อม (สถิต วงค์สว่าง, 2523) ดังนั้นแนวทางหนึ่งของการพัฒนาแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมก็คือการนำเอาวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมาเปลี่ยนเป็นโปรตีนแล้วนำไปใช้เลี้ยงสัตว์

(กาญจนาภาชน์ ลิ่วโนมนต์, 2527) จากการศึกษาพบว่าสาหร่ายเกลียวทองนอกจากจะให้โปรตีนในปริมาณสูงแล้วยังกำจัดน้ำเสียได้ (สุชาติ อิงธรรมจิตร์, 2529) จากปัญหาที่เกิดขึ้นและจากความสำคัญของการผลิตโปรตีนจากสาหร่ายเกลียวทองดังกล่าว จึงได้นำเอาของเสียจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนดังกล่าวมาเป็นแหล่งอาหารของสาหร่ายเกลียวทองเพื่อนำมากลับมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าและยังเป็นแนวทางหนึ่งในการผลิตแหล่งโปรตีนเพื่อนำมาบริโภคหรือนำไปเลี้ยงสัตว์ได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งจากอุตสากรรมในครัวเรือน
2. เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมในครัวเรือน

1.3 ขอบเขตของปัญหา

ก. ขอบเขตของวิธีการทดลอง

1. การทดลองครั้งนี้มุ่งที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมครัวเรือน
2. การทดลองครั้งนี้ใช้น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม 3 ประเภท คือ
   - 2.1 น้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว
   - 2.2 น้ำเสียจากอุตสาหกรรมการผลิตเส้นขนมจีน
   - 2.3 น้ำสกัดจากกากถั่วเหลืองในอุตสาหกรรมการผลิตนมถั่วเหลือง
   - 2.4 น้ำคลองประเวศบุรีรมย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทดลองครั้งนี้ทำการทดลองในตู้กระจกที่มีระดับอุณหภูมิห้อง ความเข้มแสง ระดับpH ในระดับที่เท่ากัน

4 . การทดลองครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการศึกษาอัตราการเจริญเติบโต 10 วัน

ข. ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) มี 4 ตัวแปร คือ

1.1 น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

1.2 น้ำทิ้งอุตสาหกรรมการผลิตเส้นขนมจีน

1.3 น้ำทิ้งในอุตสาหกรรมการผลิตนมถั่วเหลือง

1.4 น้ำจากคลองประเวศบุรีรมย์(ตัวควบคุม)

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ การเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมในครัวเรือน โดยวัดจากจำนวนเซลล์ และน้ำหนักแห้ง

ค. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การหาความแปรปรวนโดยใช้วิธีการคำนวนแบบ One – Way Anova

2. หาความแตกต่างระหว่างสูตรโดยวิธีของ (Duncan's New multiple rangs test)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อนำผลการทดลองที่ได้ไปใช้ปรับปรุงการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองให้ดียิ่ง ขึ้น
2. เพื่อที่จะได้นำน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนซึ่งไม่มีประโยชน์แล้วทำให้เกิดคุณค่า
3. เพื่อจะนำผลการทดลองที่ได้ไปเพิ่มปริมาณสาหร่ายเกลียวทองให้ได้มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมาย

น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมในครัวเรือน หมายถึง น้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรม ตั้งแต่ขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การล้างวัสดุอุปกรณ์

สาหร่ายเกลียวทอง Spirulina คำนี้มาจากภาษาลาตินที่แปลว่า " เกลียว " สาหร่ายเกลียวทองเป็นแพลงค์ตอนพืชขนาดเล็กที่เป็นอาหารสำหรับสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและเป็นอาหารของมนุษย์ (จงจินต์ ศิวศิลป์, 2524 : 38)

2.2 การจัดหมวดหมู่ทางอนุกรมวิธาน

สาหร่ายเกลียวทองจัดอยู่ในสาหร่ายสีเขียวแกรมน้ำเงินซึ่งเป็นพืชชั้นต่ำประเภทโปรแคริ-โอต (prokaryote)

การจัดหมวดหมู่ทางอนุกรมวิธาน

Phylum Cyanophyta

Class Cyanophyceae

Oder Oscillatoriale

Family Oscillatoriacese

Genus Spirulina

สาหร่ายเกลียวทองที่ค้นพบแล้วมีประมาณ 30 ชนิด (species) ชนิดที่มีรายงานการทดลองและใช้ประโยชน์มากที่สุดคือ *Spirulina platensis* และ *Spirulina maxima* (สุมาลี อดุลยกิจ, 2536)

สาหร่ายเกลียวทอง ซึ่งจัดรวมอยู่ในพวกเดียวกับแบคทีเรีย แต่มีคุณสมบัติแตกต่างออกไป คือ สาหร่ายเกลียวทองนั้นจัดเป็นสาหร่ายสีเขียวแกรมน้ำเงิน มีคลอโรฟิลล์เอ จึงสามารถสังเคราะห์แสงได้ และมีออกซิเจนเกิดขึ้นจากการสังเคราะห์แสงด้วย ซึ่งคุณสมบัตินี้จะไม่พบในพวกแบคทีเรีย สาหร่ายเกลียวทองไม่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ สามารถตรึงไนโตรเจนได้ เปลี่ยนสีได้ สามารถขึ้นอยู่ได้ทั่วทุกแห่งในโลก ทั้งน้ำจืด ทะเล น้ำพุร้อน(กาญจนภาชน์ ลิ่วโนมนต์, 2527)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

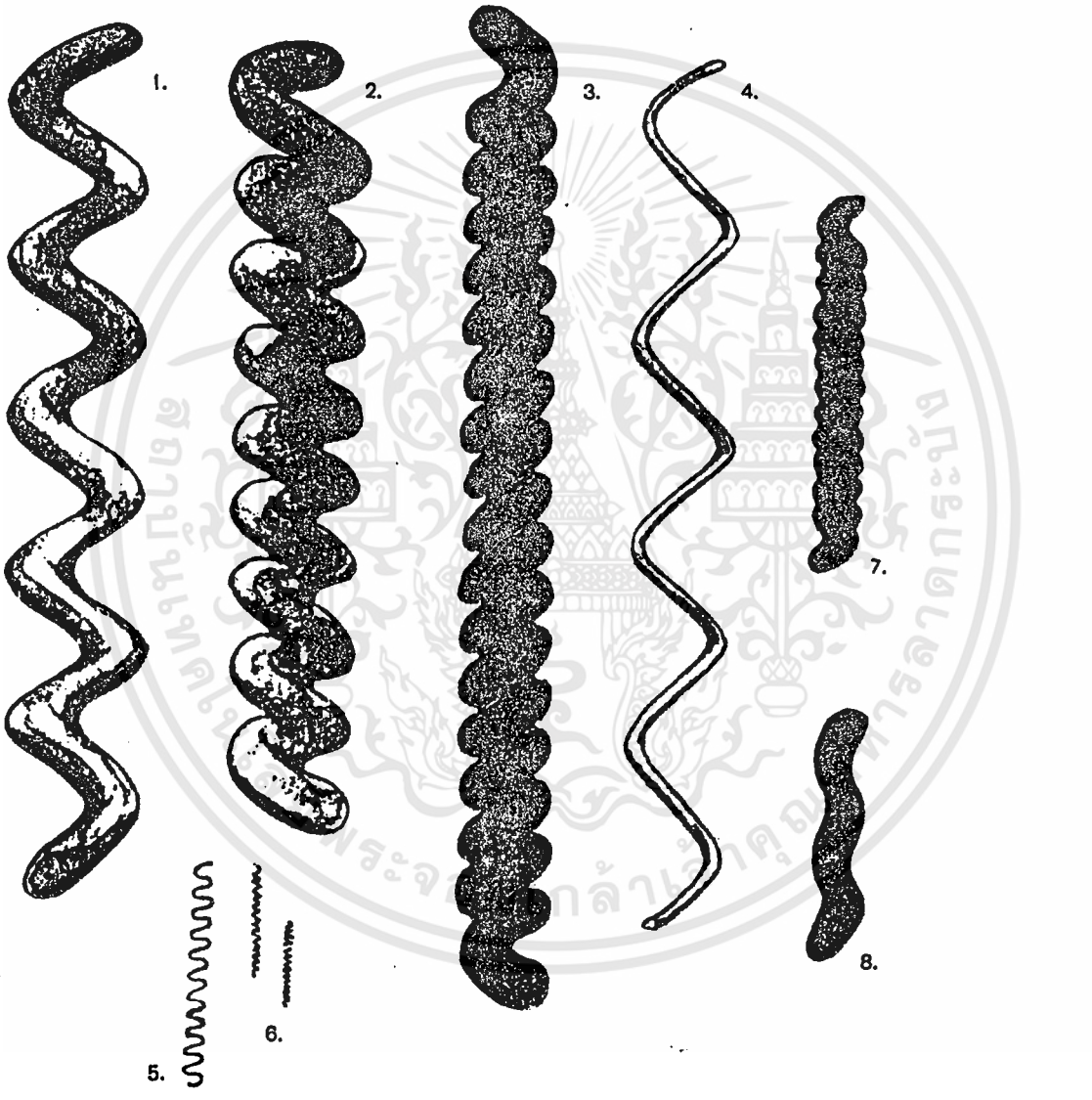
2.3 ลักษณะสำคัญของไฟลัม Cyanophyta ลักษณะที่สำคัญมี 5 ประการดังนี้

1. สารสีสำหรับการสังเคราะห์แสง (photosynthetic) ประกอบด้วย
   - คลอโรฟิลล์เอ
   - เบตาเคโรทีน
   - แซนโธฟิลล์หลายชนิด ได้แก่ มิโซแซนธิน (myxoxanthin) ,มิโซแซนโธฟิลล์ (myxoxanthophyll) , ออสซิลาแซนธิน , ซีอาแซนธิน (zeaxanthin) , ลูเตอีน (lutein) , ฟลาวิซิน (flavicin) , อะฟานิโซฟิลล์ (aphanizophyll) , อะฟานิซิน (aphanicin)
   - ไฟโคบิลิน ได้แก่ ซี-ไฟโคไซยานิน (c-ptycocyanin) ซี-อัลโลไฟโคไซยานิน (c-alloptycocyanin) และซีไฟโคอีธะริน (c-ptycoerythrin)
2. ผนังเซลล์ (cell wall) แบ่งออกเป็น 2 ชั้นในองค์ประกอบที่สำคัญคล้ายกับผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบ (gram negative) ที่เรียกว่า mucopeptide ส่วนรอบนอกสุดเรียกว่า outer layer หรือpectio cheath เนื่องจากมีสารเมือกเป็นพวกแพคติค คอมพาวน์ (pectic coompound) และเฮมิเซลล์ลูโลสประกอบอยู่ สารเหล่านี้หรือ pectic steath นี้เซลล์ เป็นผู้สร้างขึ้นและ secrete ออกมา steath นี้อาจจะหนาแตกต่างกัน อาจมีสี ไม่มีสี หรือแบ่งออกเป็นชั้นๆ
3. สาหร่ายสีเขียวแกรมน้ำเงินทุกชนิด (ทั้งเซลล์ปกติและเซลล์สืบพันธุ์) ไม่มีหนวดชนิดที่ คล้าย (flagella) เป็นชนิดที่เคลื่อนที่ได้จะเป็นการเคลื่อนที่แบบลื่นไหล (gliding movement)
4. ผลผลิตของการสังเคราะห์แสง (photosynthetic product) เป็นพวกแป้งชนิดหนึ่ง คือ ไซยาโนไฟเซียน (cyanophycean starch) มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆกระจายอยู่ทั่วไป เรียกว่า ไซยาโนไฟซินแกรนูล (cyanophycin granule) แป้งไซยาโนไฟเซียน นี้แตกต่างจากแป้งชนิดอื่น คือเมื่อทำปฏิกิริยากับไอโอดีน จะได้สีน้ำตาลปนแดงแทนที่จะได้สีน้ำเงิน
5. ลักษณะพิเศษประจำไฟลัม คือ เป็นพืชชั้นต่ำ จำพวก โปรแคริโอต (procaryote) ซึ่งแตกต่างจากพืชชั้นสูงจำพวกยูแคริโต (eucaryote) คือ สารสีไม่ได้อยู่ในพลาสติด แต่กระจายอยู่ทั่วไปในไซโตพลาสซึม ไม่มีนิวเคลียสที่แท้จริงและไม่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ลักษณะของสาหร่ายเกลียวทอง

สาหร่ายเกลียวทอง เป็นสาหร่ายสีเขียวแกรมน้ำเงิน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Spirulina plantensis* เป็นสาหร่ายเซลล์เดียวขนาดเล็ก ที่มองด้วยตาเปล่าแทบไม่เห็น ลักษณะคล้ายออสซิลาทอเลียที่ขดเป็นเกลียว พบทั้งน้ำจืด น้ำเค็มและกร่อย เคลื่อนที่แบบควงสว่าน (spiral) และเป็นคลื่น (waving)



ภาพที่1 รูปร่างต่างๆของสาหร่ายเกลียวทองแต่ละสายพันธุ์

1. *Spirulina platensis*
2. *Spirulina major*
3. *Spirulina princeps*
4. *Spirulina laxissima*
5. *Spirulina subtilissima*
6. *Spirulina caldaria*
7. *Spirulina curta*
8. *Spirulina spirulinodes*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 องค์ประกอบในเซลล์สาหร่ายเกลียวทอง ประกอบด้วย

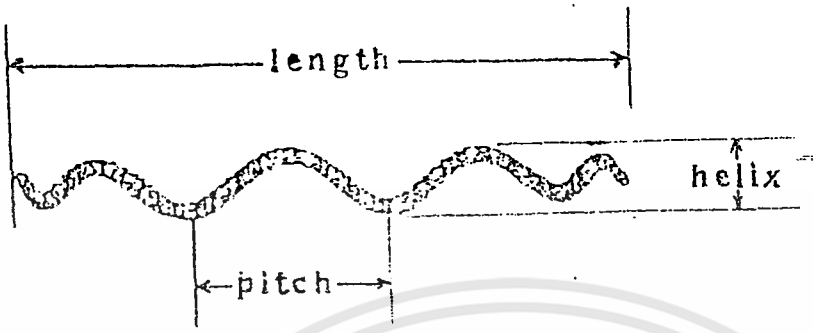
รงควัตถุ (pigment) สาหร่ายเกลียวทองประกอบด้วยรงควัตถุหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ คาโรทีนอยด์ และไฟโคบิลิน (phycobillin) ที่สำคัญคือ คาโรทีนอยด์ ซึ่งประกอบด้วย แซนโธฟิลล์ (xanthophy II) และคาโรทีน (carotene) เนื่องจากเป็นสารที่ทำให้เกิดสีเหลือง ส้ม แดง ในผิวหนังและเนื้อปลา และปลาไม่สามารถสังเคราะห์คาโรทีนอยด์ขึ้นมาได้ ต้องได้รับจากอาหาร เท่านั้น

คลอโรฟิลล์ เป็นรงควัตถุสีเขียว ซึ่งเป็นตัวสำคัญในการสังเคราะห์แสงคลอโรฟิลล์มีหลาย ชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ, บี, ซี, ดี และอี แต่คลอโรฟิลล์ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็น คลอโรฟิลล์ชนิดเอเท่านั้น คลอโรฟิลล์เอจัดเป็นรงควัตถุสังเคราะห์แสงขั้นต้น สามารถดูดแสงด้วย ตัวเองส่วนคลอโรฟิลล์ชนิดอื่น ๆ จัดเป็นรงควัตถุสังเคราะห์แสงขั้นสอง (รงควัตถุประกอบ) ซึ่งทำ หน้าที่ ดูดพลังงานรังสีจากแสงแล้วส่งต่อไปให้คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์เป็นสารประกอบอินทรีย์ ชนิดหนึ่ง ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่พบใน สาหร่ายโดยทั่วไปปกติมีประมาณ 0.5-1.5% ของน้ำหนักแห้ง และสามารถเพิ่มสูงได้ถึง 6% ใน สาหร่ายที่เลี้ยงไว้ในที่มีแสงอ่อน ๆ

คลอโรฟิลล์มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของ โครงสร้างจากสูตรโมเลกุลของ คลอโรฟิลล์เอ คำนวณได้ว่า คลอโรฟิลล์เอมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณ 88.22%ของ น้ำหนักโมเลกุล ในขณะที่โปรตีนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในปริมาณ 15.5-18%

เซลล์สาหร่ายเกลียวทองเป็น เซลล์รูปทรงกระบอกหลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นเส้นสายที่ไม่ แตกแขนง เรียกว่า trichome เส้นสายจะบิดเป็นเกลียว รูปร่างที่เป็นเกลียวเป็นลักษณะของสกุล (genus) ความกว้างของเกลียว (helix) ระยะระหว่างเกลียว (pitch) และความยาวของ trochome (length) จะแตกต่างไปตามแต่ชนิด (species) แต่อย่างไรก็ดีสาหร่ายเกลียวทองชนิดเดียวกัน เมื่ออยู่ ในสภาพแวดล้อมต่างกัน ขนาดและรูปร่างก็อาจจะแตกต่างกัน เช่นลักษณะที่บิดเป็นเกลียวอาจ เปลี่ยนแปลงไปเป็นเส้นตรง ชนิดที่พบโดยมากมีเม็ดอากาศ (gas vacuoless) เล็กๆ จำนวนมากอยู่ ภายในเซลล์ ทำให้สาหร่ายเกลียวทองลอยตัวได้ดี เม็ดอากาศแต่ละเม็ดอยู่ภายในถุง ซึ่งเป็นเยื่อบางๆ และเยื่อนี้เป็นสารจำพวกโปรตีน สาหร่ายเกลียวทองเคลื่อนที่ได้แบบเลื่อนไถล (gliding) โดยมีการ หมุนรอบ trichome

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 รูปร่างและการวัดส่วนต่างๆของสาหร่ายเกลียวทอง

2.6 การสืบพันธุ์ของสาหร่ายเกลียวทอง

สาหร่ายเกลียวทอง มีการสืบพันธุ์แบบเดียวคือ การแบ่งตัวที่กึ่งกลาง trichome ซึ่งลักษณะเป็นแบบ cell division หรือ binary fission ที่พบในพวกแบคทีเรีย

การแบ่งเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทอง เป็นการเพิ่มจำนวนจาก 1 เป็น 2 จาก 2 เป็น 4 และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สำหรับสาหร่ายเกลียวทอง การแบ่งเซลล์จะทำให้ trichome ยืดยาวออก แต่เมื่อมีการกระทบกระเทือนจะเกิดการขาดท่อน แต่ละท่อนสามารถเจริญเป็น trichome ใหม่ต่อไป (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2527 : 343)

2.7 ชนิดของสาหร่ายเกลียวทอง

2.7.1 *Spirulina*

ทรัยโคมขดเป็นเกลียว ไม่มีซีดหุ้ม เกลียวอาจแน่นหรือห่างแล้วแต่ชนิด เดิมชื่อกันว่า Spirulina มีลักษณะเป็นเส้นสายๆเดียวที่ไม่มีผนังกั้น แต่ Holmgren et al(พ.ศ. 1971) ได้ศึกษาสกุลสาหร่ายนี้ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน จึงได้พบว่า Spirulina มีผนังบางๆกั้นเซลล์ ดังนั้นจึงรวมสาหร่าย Spirulina และ Arthospira ไว้ในสกุลเดียวกัน (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์,2527 : 343)

สาหร่ายเกลียวทองเป็นสาหร่ายที่มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 50 – 70 %ของน้ำหนักแห้ง (Santillanze,1982) มีอัตราการสังเคราะห์แสงค่อนข้างสูง พบมากในทะเลสาปแชด (chad) ซึ่งอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณตะวันออกของแอฟริกา ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงในขั้นอุตสาหกรรม โดยผลิตเป็นอาหารเสริมสุขภาพ ชนิดที่นิยมเลี้ยงคือ *Spirulina platensis* (Nordst.) Gomnt (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542)

2.7.2 *Spirulina platensis*

ทรัยโคมเป็นเกลียวค่อนข้างห่าง มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-8 ไมครอน ความห่างแต่ละเกลียวหรือขด (picth) 60 ไมครอน ความสูงของเกลียวหรือขด (helix) 35-50 ไมครอน ความยาวทรัยโคมยาว 300-500 ไมครอน โดยมากมีแก๊สแวคิวโอลจำนวนมากอยู่ภายในเซลล์ ทรัยโคมจึงลอยตัวได้เป็นชนิดที่นำมาเลี้ยงเป็นอุตสาหกรรมทั้งในประเทศอเมริกา เมกซิโก ญี่ปุ่น ไทย และใต้หวัน เพราะเป็นสาหร่ายที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยโปรตีน 50-70 % ของน้ำหนักแห้ง มีวิตามินและเกลือแร่ที่สำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะวิตามินบีและอี (Santikkan, 1982) และมีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูง (Ciferri, 1983) จึงนิยมรับประทานเป็นอาหารเสริมสุขภาพ นอกจากนี้เม็ดสีที่สกัดจากสาหร่ายชนิดนี้ยังใช้เป็นอาหารแแก่ปลาสวยงามเพื่อช่วยเพื่อสีสันให้สวยงามยิ่งขึ้น (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2527 : 343)

2.7.3 *Spirulina laxiaima*

ทรัยโคมขดเป็นเกลียวห่าง เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7-0.8 ไมครอน ความห่างแต่ละเกลียวหรือขด(picth) 17-22 ไมครอน ความสูงของเกลียวหรือขด (helix) 4.5-5.3 ไมครอนปลายเซลล์กลมมีสีเขียวแกรมน้ำเงิน(กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2527 : 343)

2.7.4 *Spirulina major*

ทรัยโคมเป็นเกลียวค่อนข้างถี่ มีสีเขียวเกรมน้ำเงิน เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2-1.7 ไมครอน ความห่างแต่ละเกลียวหรือขด (picth) 2.7-5 ไมครอน ความสูงของเกลียวหรือขด (helix) 2.5-4 ไมครอนเป็นชนิดที่ทรัยโคมยาวมาก (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2527 : 343)

2.7.5 *Spirulina Uerstrd*

ทรัยโคมมีทั้งขดเป็นเกลียวถี่มากและขดเป็นเกลียวหลวมๆ ในเส้นสายเดียวทรัยโคมมีขนาดเล็กมาก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2ไมครอน ความสูงของเกลียวหรือขด (helix) 3-5 ไมครอน (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2527 : 343)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 คุณค่าทางอาหารของสาหร่ายเกลียวทอง

1. ปริมาณโปรตีนในสาหร่ายเกลียวทอง

สาหร่ายเกลียวทองแห้งมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนอยู่ระหว่าง 55-72 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนใน S. maxima แตกต่างกันไปตามอาหารที่ใช้เลี้ยง

2. ปริมาณไขมันในสาหร่ายเกลียวทอง

สาหร่ายเกลียวทองมีเปอร์เซ็นต์ไขมันระหว่าง 2.73 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง และไขมันในสาหร่ายเกลียวทองส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไลโนลิอิก (linoleic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดที่จำเป็นต่อปลา

3. ปริมาณวิตามินและเกลือแร่ในสาหร่ายเกลียวทอง

สาหร่ายเกลียวทองแห้ง ประกอบด้วยวิตามิน 10 ชนิด ปริมาณต่อกิโลกรัมสาหร่ายแห้งมีดังนี้ คือ ไบโอติน (biotin) 0.4 มิลลิกรัม วิตามินบี 2.0 มิลลิกรัม แคลเซียมแพนโทธิเนต (Cansiumpantothenate) 11 มิลลิกรัม กรดโฟลิค (folic acid) 0.5 มิลลิกรัม อินโนซิทอล (inosital) 350 มิลลิกรัม กรดนิโคทินิค (nicotinic acid) 118 มิลลิกรัม ไพริด็อกซิน (pyridoxine) 3.0 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน (riboflavine) 40 มิลลิกรัม ไธอะมีน (thiamine) 55 มิลลิกรัม และวิตามินอี 390 มิลลิกรัม

นอกจากนี้ยังประกอบด้วยเกลือแร่หลายชนิด ปริมาณต่อกิโลกรัมสาหร่ายแห้งมีดังนี้คือ แคลเซียม 1,315 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 8,942 มิลลิกรัม เหล็ก 580 มิลลิกรัม โซเดียม 412 มิลลิกรัม คลอไรด์ 4,400 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 1,915 มิลลิกรัม แมงกานีส 25 มิลลิกรัม สังกะสี 39 มิลลิกรัม และโพแทสเซียม 15,4000 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ทางเคมีของผลิตภัณฑ์สาหร่ายเกลียวทองโดยห้องปฏิบัติการของสหประชาชาติ

องค์ประกอบทางเคมี	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	7.0
เถ้า	9.0
โปรตีน	71.0
เส้นใย	0.9
แซนโทฟิลล์	1.80 ก./กก.
คาโรทีน	1.90 ก./กก.
คลอโรฟิลล์ เอ	7.60 ก./กก.
ปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์รวม	13.35
ไนโตรเจน	11.36
โปรตีน	71.0
กรดอมิโน – เอสเซนเชียล	
ไอโซลิวซีน	4.13
ลิวซีน	5.50
ไลซีน	4.0
เมไธโอนีน	2.17
เฟนนีลอะลานีน	3.95
ทริโอนีน	4.17
ทริพโตรเฟน	1.13
วาลีน	6.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบทางเคมี	เปอร์เซ็นต์
สเตียริก	353 มก./กก
โอเลอิก	3,009 มก./กก
ไลโนเลอิก	13,784 มก./กก
อื่นๆ	699 มก./กก
อินสะพอนิพิเคชั่น	1.3
สตีรอลย์	325 มก./กก
ไทเตอร์แพนแอลกอฮอร์	800 มก./กก
คาโรทีนอยด์	4,000 มก./กก
คลอโรฟิลลี เอ	7,600 มก./กก
อื่นๆ	150 มก./กก
3-5 เบนไซไพริน	3.6มก./กก
วิตามิน	
ไบโอติน(เอช)	เฉลี่ย 0.4 มก./กก.
ไซยาโนโคบาลามิน(บี 12)	เฉลี่ย 2.0 มก./กก.
ดี แคลเซี่ยมแพนโตธิเนต	เฉลี่ย 11.0 มก./กก.
กรดโฟลิก	เฉลี่ย 0.5 มก./กก.
อิโนซิทอล	เฉลี่ย 350.0 มก./กก.
กรดนิโคตินิก(พีพี)	เฉลี่ย 118.0 มก./กก.
ไพรีดอกซิน(บี 6)	เฉลี่ย 3.0 มก./กก.
ไรโดฟลาวิน(บี2)	เฉลี่ย 40.0 มก./กก.
ไทอามีน(บี1)	เฉลี่ย 55.0 มก./กก.
โทโคฟีรอล(อี)	เฉลี่ย 190.0 มก./กก.
ความชื้น	7.0
เถ้า	9.0
แคลเซียม	1,315 มก./กก.
ฟอสฟอรัส	8,942 มก./กก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบทางเคมี	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก	580 มก./กก
โซเดียม	412 มก./กก
คลอไรด์	4,400 มก./กก
แมกนีเซียม	1,915 มก./กก
แมงกานีส	25 มก./กก
สังกะสี	39 มก./กก
โพแทสเซียม	15,400 มก./กก
อื่นๆ	57,000 มก./กก
สตีรอลล์	325 มก./กก
โคเลสเตอรอล	196 มก./กก
ซีโทเตอรอล	97 มก./กก
คาโรทีนอยด์	4,000 มก./กก
คาโรทีน	น้อยมาก
แซนโทฟีลีส	1,000 มก./กก
คริพโตแซนทิน	556 มก./กก
อิดินนีโนน	439 มก./กก
ซีแทนซิน	316 มก./กก
ลูทีนและยูกลินาโนน	-
ความเป็นพิษ	ไม่มี
โลหะหนัก	ไม่เกินมาตรฐาน
อาร์เซนิก(ออกไซด์)	1.10 ppm
แคดเมียม น้อยกว่า	0.01 ppm
ตะกั่ว	0.40 ppm
ปรอท	0.24 ppm
ซีเลเนียม	0.40 ppm
คาร์โบไฮเดรตรวม	16.5
แรมโนส	9.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบทางเคมี	เปอร์เซ็นต์
กลูแคน	7.5
ฟอสฟอลิเลดไซคลิตอล	2.5
กลูโคซามีนและกรดมูลามิก	2.0
กลัยโคเจน	0.5
กรอไซอาริก และอื่นๆ	0.5

ที่มา : องค์การสหประชาชาติ (2523 : 12)

2.9 ประโยชน์ของสาหร่ายเกลียวทอง

2.9.1 ด้านอาหาร

1. เป็นอาหารของมนุษย์

โดยเป็นอาหารในชีวิตประจำวัน ใช้ปรุงเป็นอาหาร นอกจากนี้ยังนำมาใช้เป็นอาหารเสริมในรูปของแคปซูล หรืออัดเม็ดโดยมีโปรตีนสูงถึง 60 % ของน้ำหนักแห้ง และ มี Vitamin หลายชนิด คือVitamin A , B1 , , B6 , B12 , C และ E มีปริมาณกรดนิวคลีอิดน้อย ผนังเซลล์ไม่มีเซลลูโลสทำให้ย่อยง่าย และ ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์สูง

2. อาหารสัตว์

โดยนำมาเพาะเลี้ยงเป็นอาหารสำหรับอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนหรือนำมาผสมในอาหารสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในอาหารมากขึ้นสถาบัน MCRC (Murugappachettiar Research Center) ประเทศอินเดีย ทดลองเลี้ยงปลาคาร์พ โดยใช้สาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในสูตร Zarrouk's media และสถาบัน National Environmental Engineer Research Centre ประเทศอินเดียเช่นกัน ได้ทดลองใช้สาหร่ายเกลียวทอง ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งเลี้ยงปลาคาร์พ ผลการทดลองปรากฏว่า ทั้งอัตราการเปลี่ยนอาหาร (feed conversion ratio) และน้ำหนักตัวของปลาคาร์พที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายเกลียวทองทั้งสองชนิดนั้นดีกว่าการใช้กากถั่วลิสง และดีกว่าการให้แพลงค์ตอนพืชและแพลงค์ตอนสัตว์ (phytoplankton and zooplankton) การใช้สาหร่ายเกลียวทองผสมอาหารยังช่วยเร่งสีปลาคาร์พให้สด และมีสีสันมากขึ้น

สถาบัน IVRI (Indian Avian Research Institute) ได้ร่วมมือกับสถาบัน CFIRI ประเทศอินเดีย ศึกษาการใช้สาหร่ายเกลียวทองเลี้ยงไก่เนื้อ และไก่ไข่ โดยใช้สาหร่ายเกลียวทองที่ทำให้แห้งด้วยการตากแดดแทนโปรตีนจากถั่วลิสงหรือจากปลาป่น ในการทดลองกับไก่เนื้อเริ่มทดลองใช้ลูกไก่อายุ 1 สัปดาห์ และสิ้นสุดการทดลองที่อายุ 12 สัปดาห์ ผลปรากฏว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้สาหร่ายเกลียวทองแทนกากถั่วลิสงดีกว่าการใช้สาหร่ายเกลียวทองแทนปลาป่น การทดลองการใช้สาหร่ายเกลียวทองในสูตรอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยให้อาหารแบบไม่จำกัด (ad libitum) ระยะเวลาการให้ผลผลิตไข่ 100 วัน ผลปรากฏว่าคุณภาพไข่ที่ให้สูตรอาหารปกติ และสูตรที่มีสาหร่ายเกลียวทองไม่แตกต่างกัน นอกจากสีของไข่แดงซึ่งแตกต่างกันมาก โดยระดับของไข่แดงวัดตามมาตรฐานพัดสีไข่แดง (yolk colour fan) ของ La Roche เป็น 4.7, 10.0 และ 12.5 ในอาหารผสมสาหร่ายเกลียวทองที่ระดับ 0, 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผลของเบต้า-แคโรทีน ที่มีมากในสาหร่ายเกลียวทอง

2.9.2 ด้านเกษตรกรรม

1. ใช้ทำปุ๋ย เนื่องจากสาหร่ายเกลียวทองมีธาตุ Nitrogen และ Potessium จึงสามารถใช้ในการปรับปรุงดินทราย ซึ่งมักขาดธาตุ Potessium
2. ช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศ (Nitrogen fixation)

2.9.3 ด้านการแพทย์

การทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติในการลดโคเลสเตอรอล (cholesterol) ในเลือดของหนูขาว โดยการใช้สาหร่ายเกลียวทองพบว่า เมื่อให้อาหารที่มีโคเลสเตอรอลสูง และน้ำดี (bile salts) แก่หนูขาว เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดโคเลสเตอรอลในเลือดสูง (hypercholesterolemic) และให้สาหร่ายเกลียวทอง พบว่าหลังจากเลี้ยงไป 1 เดือน โคเลสเตอรอลในตับ และในเลือดหนูขาวลดลง แต่โคเลสเตอรอลในของเสียจากร่างกายเพิ่มขึ้น สาหร่ายเกลียวทองอาจใช้เป็นยาเพื่อระงับอาการอยากอาหาร เพื่อลดการดูดซึมอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการลดความอ้วน มีรายงานการแพทย์ว่าสาหร่ายเกลียวทองสามารถป้องกัน ควบคุมและรักษาโรคต่าง ๆ ได้แก่ เบาหวาน โรคโลหิตจาง โรคตับ โรคกระเพาะอาหารอักเสบ และทำให้ผมดกดำอีกด้วย

สุมาลี ดุลยอนุกิจ(2536 : 32) ได้ศึกษาผลของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการเจริญของสาหร่ายเกลียวทองน้อยที่สุด ที่มีผลทำให้สาหร่ายเกลียวทองลดการเจริญเติบโตหรือลดคุณภาพ และหาอัตราการการใช้ไนโตรเจนของสาหร่าย ผลการทดลองพบว่าปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสน้อยที่สุด ที่มีผลทำให้สาหร่ายลดคุณภาพมีค่าไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเซลล์สาหร่าย และอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่าย

เจียมจิตต์ บุญสม(2530 : 225) ได้ทำการสำรวจสาหร่ายเกลียวทอง โดยทำการสำรวจทั่วทุกภาคของประเทศ จำนวนชนิดที่พบทั้งหมด 4 ชนิด ชนิดที่พบมากที่สุดคือ Spirulina platensis พบสาหร่ายเกลียวทองแพร่กระจายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากกว่าภาคอื่นๆ คุณสมบัติทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคมีบางอย่างของแหล่งน้ำที่พบสาหร่ายเกลียวทอง คือ alkalinity 55-1,488 ppm . As Total Hardness 102-680 ppm. As$CaCO_3$ Chlorinity 0.11-19.890ppm. pH 6.8-9.0

ชื่นจิตร์ ชื่นกระมลและคณะ(2531 : 18) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ คือ มูลสุกร มูลไก่ มูลเป็ด มูลวัว มูลสุกรกับปุ๋ยเคมี มูลไก่กับปุ๋ยเคมี มูลเป็ดกับปุ๋ยเคมี มูลไก่กับปุ๋ยเคมี ไข่น้ำกับปุ๋ยเคมี ใช้เวลาในการทดลอง 10 วันจากผลการทดลองพบว่า ชนิดของสูตรอาหาร ระดับคววามเป็นกรด-เบส และระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงมีผลทำให้ผลผลิตในการผลิตสาหร่ายเกลียวทองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จารุวรรน สมศิริและคณะ(2528 : 4) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์นน้ำมาใช้เลียงสาหร่ายเกลียวทอง สำหรับใช้เป็นอาหารเสริมของสัตว์น้ำ โดยมีการเติมอาหารบางตัวที่พบว่าในน้ำทิ้งมีน้อย ผลจากการทดลองพบว่า น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถนำมาเป็นตัวแทนธาตุอาหารได้หมด คือ โซเดียม คาร์บอน โปรแตสเซี่ยม ฟอสแฟต ไนเตรตและคลอไรด์ ทำให้ต้นทุนส่วนที่เป็นสารเคมีหลักซึ่งใช้ในสูตรอาหาร Zorrouk ลดลงได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

บุษยา อภิชัยเสถียรโชติและคณะ(2534 : 4) ได้ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองโดยใช้น้ำทะเลธรรมชาติและน้ำทะเลเทียม ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ที่แยกจากโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาและสายพันธุ์ที่แยกจากน้ำในบ่อเต่าวัดเบญจมบพิตร ในสูตรอาหาร CFTRI , สูตรน้ำทะเลเทียม สูตรน้ำทะเลธรรมชาติและสูตร Zorrouk พบว่าสาหร่ายทั้งสองสายพันธุ์ มีอัตราการเจริญสูงสุดต่อวันและผลผลิตน้ำหนักแห้งในอาหารสามสูตรแรกต่ำกว่าสูตร Zorrouk เล็กน้อยและจากการศึกษาโครงสร้างภายนอก trichome ของสาหร่ายทั้งสองสายพันธุ์พบว่า trichome ส่วนใหญ่มีรูปร่างผิดปกติ เมื่อเลี้ยงในสูตรน้ำทะเลเทียมและน้ำทะเลธรรมชาติ

สมภพ รุ่งสุภาและสมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล (2531 : 8) ได้แยกเชื้อสาหร่ายเกลียวทองและการทำให้บริสุทธิ์ โดยนำสาหร่ายเกลียวทองจากหน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเลมาเพาะในวุ้นเพาะเชื้อที่มีความเค็ม 32 ppm สูตรมีเดียประยุกต์ Gillard F2 ใช้เวลา 7 วัน สามารถแยกเชื้อสาหร่ายเกลียวทองซึ่งทนความเค็ม 31 ppm ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1. อุปกรณ์ในการทดลอง

1. หม้อนึ่งความดัน	จำนวน	1	เครื่อง
2. หลอดฟลูออเรสเซนต์	จำนวน	6	หลอด
3. เครื่องพ่นอากาศ	จำนวน	6	ชุด
4. ผ้าขาวบาง	จำนวน	12	ผืน
5. Haemacytometer	จำนวน	1	ชุด
6. กรวย	จำนวน	12	ใบ
7. กล้องจุลทรรศน์	จำนวน	1	เครื่อง
8. หลอดหยด	จำนวน	5	อัน
9. กระดาษทิชชู	จำนวน	1	ม้วน
11. แท่งแก้ว	จำนวน	12	แท่ง
10. กระบอกตวง 100 ml.	จำนวน	1	อัน
12. Pipett 5 ml.	จำนวน	12	อัน
13. Flask 50 ml.	จำนวน	12	ใบ
14. กระดาษกรองเบอร์ 2	จำนวน	1	กล่อง
15. ตู้อบ	จำนวน	1	เครื่อง
16. Beaker 50 ml.	จำนวน	12	ใบ

3.2 วิธีการ

การทดลองเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมในครัวเรือน มีลำดับขั้นดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง
2. ติดต่อหาอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
40363

3. เสนอชื่อเรื่องในการทำปัญหาพิเศษ
4. ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการเขียนโครงร่างปัญหาพิเศษ
5. เขียนและเรียบเรียงโครงร่างปัญหาพิเศษเสนออาจารย์ที่ปรึกษา
6. ทำการแก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อมูลโครงร่างที่ไม่ถูกต้องและหาข้อมูลเพิ่มเติม
7. ส่งโครงร่างปัญหาพิเศษเพื่อขอการอนุมัติในการดำเนินการ
8. เขียนหนังสือเพื่อติดต่อขอหัวเชื้อสาหร่ายเกลียวทองจากโครงการจิตรลดา
9. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง
10. ทำการทดลองและเก็บข้อมูลแล้วนำมาวิเคราะห์
11. เขียนรูปเล่มส่งอาจารย์ที่ปรึกษา

การทดลอง

วิธีการเตรียมอาหารและวิธีการเพาะเลี้ยง

1. นำน้ำทิ้งจากวิธีการผสมน้ำแป้งหรือที่ชาวบ้านเรียกว่าการนอนแป้งจากเส้นก๋วยเตี๋ยว และอุตสาหกรรมการผลิตการทำแป้งขนมจีนหรือน้ำที่สกัดจากกากถั่วเหลืองในอุตสาหกรรมการผลิตนมถั่วเหลือง และน้ำจากคลองประเวศบุรีรมย์
2. นำน้ำที่ได้มาตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 1 คืน
3. รินเอาเฉพาะน้ำใส ๆ ด้านบนโดยกรองด้วยผ้าขาวบางหลาย ๆ ชั้น
4. นำน้ำที่ผ่านการกรองแล้วมาปรับระดับความเข้มข้นโดย
   4.1 น้ำจากอุตสาหกรรมการผลิตเส้นหมี่ก๋วยเตี๋ยว ให้ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์
   4.2 น้ำจากอุตสาหกรรมการผลิตแป้งขนมจีน ให้ได้ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์
   4.3 น้ำสกัดจากกากถั่วเหลืองในอุตสาหกรรมการผลิตนมถั่วเหลืองให้ระดับความ เข้มข้นเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์
   4.4 น้ำจากน้ำคลองประเวศบุรีรมย์
5. นำน้ำที่ปรับระดับความเข้มข้นได้ระดับตามที่ต้องการแล้วไปทำการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 20 นาที

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย

1. ชั่งสารละลาย โซเดียมไบคาร์บอเนต 6.7 กรัม/ลิตร ปุ๋ยสูตร 16 : 16 : 16 0.56 กรัม/ลิตร นำไปละลายลงในอาหารจากน้ำทิ้งที่เตรียมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำหัวเชื้อสาหร่ายเกลียวทองบริสุทธิ์ 24 ml. มาถ่ายลงในอาหารที่เตรียมไว้

3. ให้แสงสว่างด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด 40 วัตต์จำนวน 6 หลอด 16 ชั่วโมง/วัน

4. ปรับระดับที่อุณหภูมิห้อง

5. กวนไม่ให้สาหร่ายตกตะกอนโดยให้อากาศด้วยเครื่องพ่นอากาศ เพื่อให้สาหร่ายกระจายได้รับแสงและอาหารอย่างทั่วถึง

การวัดผลผลิตของสาหร่าย

1. ใช้วิธีหาน้ำหนักแห้งของสาหร่ายโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 2 มาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักไว้เท่ากับ w_1 นำมากรองสาหร่ายเกลียวทองจำนวน 5 ml. เมื่อแห้งดีแล้วจึงนำเข้าตู้อบอีกครั้งหนึ่งที่อุณภูมิและเวลาเดียวกันกับครั้งแรกแล้วนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง เท่ากับ w_2 นำไปคำนวณหาน้ำหนักแห้งของสาหร่าย

สูตรการคำนวณ

$$\text{น้ำหนักแห้งของสาหร่าย (กรัม/ลิตร)} = \frac{w_2 - w_1}{50} \times 1000$$

w_1 = น้ำหนักแห้งของกระดาษกรองเบอร์ 2 หลังการอบ

w_2 = น้ำหนักแห้งของของสาหร่ายและกระดาษกรองหลังการอบ

2. หาการเจริญเติบโตจากการนับเซลล์สาหร่ายโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ และแผ่นสไลด์ชนิดที่มีตารางแบบ Improved Neubauer (Haemacytometer)โดยใช้กำลังขยาย 100 เท่า

หมายเหตุ ในการเก็บผลการทดลองนั้นได้ทำการเก็บผลการทดลองในเวลาเดียวกันจนครบ 10 วัน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. ทดสอบความแตกต่างของผลผลิตโดยการวิเคราะห์หาความแปรปรวน One – Way Anova
2. ทดสอบความแตกต่างของผลผลิตโดยการวิเคราะห์ Duncan's New multiple rangs test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมพื้นบ้าน เป็นเวลา 10 วัน โดยเลี้ยงในอาหาร 4 สูตร คือ สูตรที่1 น้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรที่2 น้ำขนมจีน , สูตรที่3 น้ำถั่วเหลือง , สูตรที่4 น้ำคลองประเวศบุรีรมย์ ทำการทดลองเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองสูตรละ 3 ซ้ำ ใช้วิธีเก็บผลการทดลองจากการชั่งน้ำหนักแห้ง และการนับเซลล์ที่เพิ่มขึ้นต่อวัน ซึ่งมีผลการทดลองที่เก็บได้ดังนี้

ตารางที่2 ปริมาณน้ำหนักแห้งสาหร่ายเกลียวทองเปรียบเทียบระหว่างอาหารทั้ง 4 สูตร

เวลา (วัน)	ปริมาณน้ำหนักแห้งสาหร่ายเกลียวทองเปรียบเทียบระหว่างอาหารทั้ง 4 สูตร(กรัม/ลิตร)			
	น้ำก๋วยเตี๋ยว	น้ำขนมจีน	น้ำถั่วเหลือง	น้ำคลองประเวศบุรีรมย์
1	1.12	1.07	1.11	1.11
2	1.14	1.04	1.14	1.13
3	1.16	1.09	1.13	1.15
4	1.41^{a}	1.23^{b}	1.17^{b}	1.27^{b}
5	1.49^{d}	1.37^{de}	1.28^{e}	1.29^{e}
6	1.68^{a}	1.49^{b}	1.31^{c}	1.40^{cb}
7	2.05^{a}	1.69^{b}	1.49^{c}	1.65^{b}
8	2.13^{a}	1.88^{b}	1.54^{c}	1.98^{b}
9	2.42^{a}	2.24^{ba}	1.61^{c}	2.13^{b}
10	2.81^{a}	2.81^{a}	1.81^{b}	2.74^{a}

abc ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$)

de ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3 ปริมาณจำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองเปรียบเทียบระหว่างอาหารทั้ง 4 สูตร

เวลา (วัน)	ปริมาณจำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองเปรียบเทียบระหว่างอาหารทั้ง 4 สูตร (เซลล์/มิลิลิตร)			
	น้ำก๋วยเตี๋ยว	น้ำขนมจีน	น้ำถั่วเหลือง	น้ำคลองประเวศบุรีรมย์
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1.5	1.5	1.33	1.167
4	2.67^{a}	2.33^{ab}	1.5^{c}	2^{b}
5	2.83^{a}	2.5^{a}	1.83^{b}	2^{b}
6	4.33^{a}	3.5^{b}	2^{d}	2.67^{c}
7	7.67^{a}	6.67^{b}	3.67^{c}	6.5^{b}
8	8.67^{a}	7.33^{b}	4.17^{c}	7.67^{b}
9	10.83^{a}	8.67^{b}	6.00^{c}	8.83^{b}
10	12.33^{a}	10.83^{b}	7.83^{c}	10.83^{b}

abc ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ผลการวิเคราะห์น้ำหนักแห้งของสาหร่ายเกลียวทอง

โดยการคำนวนทางสถิติแบบ One-Way Anova และโดยวิธีของ Duncan's multiple rangs test ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญดังนี้

วันที่ 1-3 สูตรอาหารทั้ง 4 สูตรให้ผลของน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ

วันที่ 4 ผลของน้ำหนักแห้งสาหร่ายเกลียวทอง คือ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับสูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำถั่วเหลือง, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ แต่สูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำถั่วเหลือง, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ไม่แตกต่างกันโดยน้ำหนักแห้งเป็น 1.41, 1.23, 1.17 และ1.27 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

วันที่ 5 ผลของน้ำหนักแห้งสาหร่ายเกลียวทอง สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลไม่แตกต่างกับสูตรน้ำขนมจีน แต่ให้ผลแตกต่างสูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ และในส่วนของสูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำถั่วเหลือง, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์แต่ให้ผลแตกต่างกันโดยน้ำหนักแห้งเป็น 1.49, 1.37, 1.28 และ 1.29 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 6 ผลของน้ำหนักแห้งสาหร่ายเกลียวทองให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลแตกต่างกับน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลือง, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ และในส่วนของสูตรน้ำขนมจีนก็ยังให้ผลแตกต่างกับสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว, สูตรน้ำถั่วเหลืองด้วย และในสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ก็ยังให้ผลแตกต่างกับสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวเช่นกัน โดยน้ำหนักแห้งเป็น 1.68, 1.49, 1.30 และ 140 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

วันที่ 7 ผลของน้ำหนักแห้งสาหร่ายเกลียวทองให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลแตกต่างกับน้ำขนมจีน สูตรน้ำถั่วเหลือง, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ และในส่วนของสูตรน้ำขนมจีนก็ให้ผลแตกต่างกับสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว, สูตรน้ำถั่วเหลืองด้วย, ส่วนในสูตรน้ำถั่วเหลืองนั้นให้ผลแตกต่างกับทุกสูตร โดยน้ำหนักแห้งเป็น 2.05, 1.69, 1.49 และ 1.65 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

วันที่ 8 ผลของน้ำหนักแห้งสาหร่ายเกลียวทองให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลแตกต่างกับน้ำขนมจีน สูตรน้ำถั่วเหลือง, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์และในสูตรน้ำขนมจีนให้ผลแตกต่างกับสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว, สูตรน้ำถั่วเหลืองด้วย ส่วนในสูตรน้ำถั่วเหลืองให้ผลแตกต่างกับทุกสูตร โดยน้ำหนักแห้งเป็น 2.13, 1.88, 1.54 และ 1.98 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

วันที่ 9 ผลของน้ำหนักแห้งสาหร่ายเกลียวทองให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวแต่ให้ผลไม่แตกต่างกับสูตรน้ำขนมจีน ให้ผลแตกต่างกับสูตรน้ำถั่วเหลือง, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ ในสูตรน้ำขนมจีนให้ผลแตกต่างกับสูตรน้ำถั่วเหลือง และในสูตรน้ำถั่วเหลืองให้ผลแตกต่างกับทุกสูตร โดยน้ำหนักแห้งเป็น 2.42, 2.24, 1.61 และ 2.13 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

วันที่ 10 ผลของน้ำหนักแห้งสาหร่ายเกลียวทองให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวแต่ให้ผลไม่แตกต่างจากสูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ ให้ผลแตกต่างกับสูตรน้ำถั่วเหลือง โดยน้ำหนักแห้งเป็น 2.81, 2.81, 1.81 และ 2.74 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์จำนวนเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทอง

โดยการคำนวณทางสถิติแบบ One-Way Anova และโดยวิธีของ Duncan's multiple rangs test ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญดังนี้

วันที่ 1-3 สูตรอาหารทั้ง 4 สูตรให้ผลของจำนวนเซลล์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 4 ผลของจำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลไม่แตกต่างกับสูตรน้ำขนมจีนแต่ให้ผลไม่แตกต่างกับสูตรน้ำถั่วเหลือง, น้ำคลองประเวศบุรีรมย์ แต่ในส่วนของสูตรน้ำขนมจีนให้ผลแตกต่างกับ สูตรน้ำถั่วเหลือง และสูตรน้ำถั่วเหลืองให้ผลแตกต่างกับทุกสูตร โดยจำนวนเซลล์เป็น 2.67, 2.33, 2 และ 1.5 เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ

วันที่ 5 ผลของจำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลไม่แตกต่างกับสูตรน้ำขนมจีนแต่ให้ผลไม่แตกต่างกับสูตรน้ำถั่วเหลือง, น้ำคลองประเวศบุรีรมย์ และสูตรน้ำถั่วเหลืองให้ผลแตกต่างกับสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ โดยจำนวนเซลล์เป็น 2.83, 2.5, 1.83 และ 2 เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ

วันที่ 6 ผลของจำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลแตกต่างกับสูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำถั่วเหลือง, น้ำคลองประเวศบุรีรมย์ในส่วนสูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำถั่วเหลือง, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ ก็ให้ผลแตกต่างกับทุกสูตรเช่นกัน โดยจำนวนเซลล์เป็น 4.33, 3.5, 2, และ 2.67 เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ

วันที่ 7 ผลของจำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลแตกต่างกับสูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำถั่วเหลือง, น้ำคลองประเวศบุรีรมย์ ในส่วนสูตรน้ำขนมจีนให้ผลไม่แตกต่างกับสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ แต่ในสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ให้ผลแตกต่างกับทุกสูตร โดยจำนวนเซลล์เป็น 7.67, 6.67, 3.67 และ 6.5 เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ

วันที่ 8 ผลของจำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลแตกต่างกับสูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำถั่วเหลือง, น้ำคลองประเวศบุรีรมย์ ในส่วนสูตรน้ำขนมจีนให้ผลไม่แตกต่างกับสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ แต่ในสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ให้ผลแตกต่างกับทุกสูตร โดยจำนวนเซลล์เป็น 8.67, 7.33, 4.16 และ 7.67 เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ

วันที่ 9 ผลของจำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลแตกต่างกับสูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำถั่วเหลือง, น้ำคลองประเวศบุรีรมย์ ในส่วนสูตรน้ำขนมจีนให้ผลไม่แตกต่างกับสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ แต่ในสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ให้ผลแตกต่างกับทุกสูตร โดยจำนวนเซลล์เป็น 10.83, 8.67, 6 และ 8.33 เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ

วันที่10 ผลของจำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลแตกต่างกับสูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำถั่วเหลือง, น้ำคลองประเวศบุรีรมย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนสูตรน้ำขนมจีนให้ผลไม่แตกต่างกับสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ แต่ในสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ให้ผลแตกต่างกับทุกสูตร โดยจำนวนเซลล์เป็น 12.33, 10.83, 7.83 และ 10.83 เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองสูตรอาหารทั้ง 4 สูตรปรากฏว่า ปริมาณน้ำหนักแห้งและจำนวนเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทองในอาหารแต่ละสูตรเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลของน้ำหนักแห้งและจำนวนเซลล์มากที่สุด รองลงมาคือสูตรน้ำขนมจีน, น้ำคลองประเวศบุรีรมย์และน้ำถั่วเหลือง ตามลำดับ และจากการศึกษาตารางวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการทางอาหารของน้ำขนมจีน, น้ำก๋วยเตี๋ยว, น้ำถั่วเหลือง (จากอาหารในส่วนที่กินได้คิดจากน้ำหนัก 100 กรัม) ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร

Name of Foods	Moisture. Gm.	Fat. Gm.	CHO Gm.	Fiber Gm.	Protein Gm.	Ca. Gm.	P. Gm.	Fe. Gm.	Cal. Unit
ขนมจีน	77.4	-	2.09	-	1.5	-	-	-	90
ก๋วยเตี๋ยว	62.9	0.4	33.8	tr	2.8	5	27	-	88
ถั่วเหลือง	10.0	17.7	33.5	4.9	34.1	226	554	8.4	403

ที่มา : กรมอนามัย .2530.

จากตารางที่ 4 ให้ผลที่ไม่อาจจะใช้อ้างอิงได้ว่าสารอาหารที่ได้ในน้ำทิ้งจากอาหารทั้ง 4 สูตรนั้นมีปริมาณเท่าใดเนื่องจากในตารางไม่ได้บอกในส่วนของสารอาหารที่สาหร่ายเกลียวทองใช้ในการเจริญเติบโต แต่จากการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำเป็นเวลา 10 วัน ซึ่งดูได้จากตารางผลการวิเคราะห์น้ำหนักแห้งและจำนวนเซลล์ในของสาหร่ายเกลียวทอง จะเห็นได้ว่าให้ผลของน้ำหนักแห้งและจำนวนเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทองในแต่ละวันให้ผลที่แตกต่างกันคือ น้ำทิ้งจากสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลผลิตของน้ำหนักแห้งและจำนวนเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทองมากที่สุด รองลงมา คือ สูตรน้ำขนมจีน, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ และสูตรน้ำถั่วเหลือง ตามลำดับ

กล่าวคือ จากการทดลองเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมในครัวเรือน สูตรอาหารที่มีผลต่อการเจริญโตของสาหร่ายเกลียวทองมากที่สุด คือ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว รองลงมาคือสูตรน้ำขนมจีน สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ และสูตรน้ำถั่วเหลืองตามลำดับ แต่ผู้ทดลองไม่สามารถบอกได้ว่าน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนแต่ละสูตรที่ใช้ในการทดลองเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในครั้งนี้มีปริมาณสารอาหารและแร่ธาตุต่างๆอยู่ในปริมาณเท่าใด เนื่องจากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในครั้งนี้ไม่ได้ทำการศึกษาในส่วนของสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำทิ้งแต่ละชนิด แต่ทำการทดลองถึงความเป็นไปได้ในการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทองในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมในครัวเรือน และศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนเท่านั้น ในส่วนของสารอาหารต่างๆหวังว่าคงมีผู้สนใจทำการศึกษาต่อไป

ปัญหาและอุปสรรค์ที่พบในการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมครัวเรือนทั้ง 4 สูตร คือ

ความเข้มของสีเซลล์สาหร่ายเกลียวทองจากการสังเกตุพบว่า สีของเซลล์สาหร่ายเกลียวทองในอาหารทั้ง 4 สูตร มีความเข้มของสีแตกต่างกันโดยเฉพาะในสูตรน้ำถั่วเหลืองความเข้มของสีเซลล์จะสีเขียวอ่อนและในสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ให้สีเขียวเข้มมากที่สุดรองลงมาคือสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว, สูตรน้ำขนมจีนและสูตรน้ำถั่วเหลือง ตามลำดับ การที่สูตรนำถั่วเหลืองมีเซลล์สีเขียวอ่อนแพราะสูตรน้ำถั่วเหลืองมีสีของน้ำเป็นสีขาวขุ่นส่วนสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์, สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว, สูตรน้ำขนมจีนมีสีใสมากกว่าตามลำดับ

ในเรื่องความขุ่นใสของน้ำนั้นมีผลทำให้ความเข้มของเซลล์สาหร่ายแตกต่างกันเนื่องมาจากสาหร่ายเกลียวทองเป็นสาหร่ายที่อยู่ในกลุ่มของสาหร่ายสีเขียวแกรมน้ำเงินซึ่งมีความสามารถในการเปลี่ยนสีได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยาวของคลื่นแสง (Wave length) และความเข้มของแสง (intensity) ที่ได้รับสาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้สาหร่ายสีเขียมแกรมน้ำเงินเปลี่ยนสีคือการขาดแคลนไนโตรเจนซึ่งถือได้ว่าเป็นธาตุอาหารซึ่งมีผลทำให้สีของสาหร่ายซีดลงหรือเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

และจากการสังเกตุพบว่าสาหร่ายเกลียวทองสามารถบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพดีได้ ทั้งนี้เพราะจากการทดลองพบว่า สาหร่ายเกลียวทองทำให้น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนแต่ละสูตรที่เดิมมีสีขาวขุ่นให้มีมีความใสขึ้นเรื่อยๆ โดยสังเกตุเห็นได้ชัดเจนนับจากวันแรกที่ได้ทำการทดลองจนถึงวันที่ 10 ของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5

สรุปผล

ผลการทดลองจากสูตรอาหารทั้ง 4 สูตรปรากฏว่า ปริมาณน้ำหนักแห้งและจำนวนเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทองในอาหารแต่ละสูตรเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลของน้ำหนักแห้งและจำนวนเซลล์มากที่สุด รองลงมาคือสูตรน้ำขนมจีน, น้ำคลองประเวศบุรีรมย์และน้ำถั่ว-เหลือง ตามลำดับ และเมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาหาความแตกต่างระหว่างสูตรโดยวิธีของ Duncan's New multiple rangs test พบว่าในวันที่ 1-3 สูตรอาหารทั้ง 4 สูตรของการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในวันที่ 4 จนถึงวันที่ 10 ของการเลี้ยงสาหร่ายเกลียว ทอง สูตรอาหารทั้ง 4 สูตรให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

กล่าวคือ ผลของน้ำหนักแห้งเมื่อมาทดสอบหาความแตกต่างระหว่างสูตรอาหารโดยการคำนวนแปรปรวนทางสถิติแบบ One-Way Anova และวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธีของ Duncan's New multiple rangs test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 และ 0.01 ให้ผลน้ำหนักแห้งของสาหร่ายเกลียวทองในวันที่ 1-3 ไม่แตกต่างกัน และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในวันที่ 4 ถึงวันที่ 10 ของการทดลอง ดังนี้ คือ

วันที่ 4 ให้ผลน้ำหนักแห้งของสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ เป็น 1.41, 1.23, 1.17 และ 1.27 (กรัม/ลิตร) เป็นลำดับ

วันที่5 ให้ผลน้ำหนักแห้งของสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ เป็น 1.49, 1.37, 1.28 และ 1.29 ((กรัม/ลิตร) เป็นลำดับ

วันที่6 ให้ผลน้ำหนักแห้งของสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ เป็น 1.68, 1.49, 1.04 และ 1.40 (กรัม/ลิตร) เป็นลำดับ

วันที่7 ให้ผลน้ำหนักแห้งของสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ เป็น 2.05, 1.69, 1.49 และ 1.65 (กรัม/ลิตร) เป็นลำดับ

วันที่8 ให้ผลน้ำหนักแห้งของสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ เป็น 2.13, 1.88, 1.54 และ 1.98(กรัม/ลิตร) เป็นลำดับ

วันที่9 ให้ผลน้ำหนักแห้งของสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลองประเวศบุรีรมย์ เป็น 2.42, 2.24, 1.61 และ 2.15 (กรัม/ลิตร) เป็นลำดับ

วันที่10 ให้ผลน้ำหนักแห้งของสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำและคลองประเวศบุรีรมย์ 2.81, 2.81, 1.81 และ 2.74 (กรัม/ลิตร) เป็นลำดับ

ในส่วนของตารางจำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองในแต่ละสูตรอาหารก็ให้ผลที่มีความแตกต่างกันเหมือนกัน คือ ในสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวให้ผลของจำนวนเซลล์มากที่สุด รองลงมาคือ สูตรน้ำขนมจีน สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ และสูตรน้ำถั่วเหลืองตามลำดับ และเริ่มมีความแตกต่างระหว่างสูตรในวันที่ 4 ถึงวันที่ 10 ของการทดลอง โดยในวันที่ 4 ให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)ส่วนวันที่ 5 จนถึงวันที่ 10 ของการทดลองนั้นให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) ให้ผลดังนี้ คือ

วันที่4 ให้ผลของจำนวนเซลล์สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ 2.67, 2.33, 1.50 และ 2 (เซลล์/มิลลิลิตร) เป็นลำดับ

วันที่5 ให้ผลของจำนวนเซลล์สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ 2.83, 2.50, 1.83 และ 2 (เซลล์/มิลลิลิตร) เป็นลำดับ

วันที่6 ให้ผลของจำนวนเซลล์สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ 4.33, 3.50, 2 และ 2.67 (เซลล์/มิลลิลิตร) เป็นลำดับ

วันที่7 ให้ผลของจำนวนเซลล์สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ 7.67, 6.67, 3.67 และ 6.50 (เซลล์/มิลลิลิตร) เป็นลำดับ

วันที่8 ให้ผลของจำนวนเซลล์สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ 8.67, 7.33, 4.17 และ 7.67 (เซลล์/มิลลิลิตร) เป็นลำดับ

วันที่9 ให้ผลของจำนวนเซลล์สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ 10.83, 8.67, 6 และ 8.83 (เซลล์/มิลลิลิตร) เป็นลำดับ

วันที่10 ให้ผลของจำนวนเซลล์สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน ,สูตรน้ำถั่วเหลืองและสูตรน้ำคลองประเวศบุรี12.33, 10.83, 7.83 และ 10.83 (เซลล์/มิลลิลิตร) เป็นลำดับ

การเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมในครัวเรือน ที่เพาะเลี้ยงด้วยสูตรอาหารต่างๆ ทั้ง 4 สูตร คือ สูตรน้ำก๋วยเตี๋ยว , สูตรน้ำขนมจีน , สูตรน้ำถั่วเหลือง, สูตรน้ำคลองประเวศบุรีรมย์ครั้งนี้ ในแต่ละสูตรการทดลองได้มีการเติม $NaHCO_3$ 6.7 กรัม ปุ๋ยสูตร 16:16:16 0.5 กรัมเพื่อเป็นตัวช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสให้แก่สาหร่ายเกลียวทอง โดยสาหร่ายเกลียวทองจะตรึงไนโตรเจน ไปใช้ในรูปของแอมโมเนียซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทองต่อไป (กาญจนภาชน์ ลิ่วโนมนต์. 2527)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กาญจนภาชน์ ลิ่วโนมนต์. 2527. สาหร่าย. กรุงเทพฯ : คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 325 น.

จารุวรรน สมศิริและคณะ. 2528. การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมาใช้เลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง. กรุงเทพฯ : สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 4 น.

เจียมจิตต์ บุญสม. 2530. การสำรวจสาหร่ายเกลียวทอง. รายงานประชุมสัมมนาประจำปีกรมประมง. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชุติมาการพิมพ์, 367 น.

จงจินต์ ศิวศิลป์. 2524. การเพาะเลี้ยงสาหร่าย. เชียงใหม่ : ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 38 น.

ชื่นจิตร์ ชื่นกระมล, ทวี หอมทรงและพรรณี เพชรยศ. 2531. การเปรียบเทียบผลผลิตของสาหร่ายสไปรูลิน่าในสูตรอาหารต่างๆ. กรุงเทพฯ : สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 17 น.

บุษยา อภิชัยเสถียรโชติ, สมเกียรติ ปิยะธีรติวรกุลและเปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2534. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองโดยใช้น้ำทะเลเทียม. กรุงเทพฯ : หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 4 น.

บุบผา มังคละมณี. 2542. แพลงค์ตอนและอาหารมีชีวิตของสัตว์น้ำ. สงขลา : วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์, 137 น.

ลัดดา วงรัตน์. 2542. แพลงค์ตอนพืช. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 850 น.

หยกแก้ว สุมาลี, ไปรมา ยงมานิตชัยและสมบูรณ์ ผู้พัฒน์. 2530. การเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองในน้ำจากแหล่งชุมชน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 157 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศิริเพ็ญ ตรัยพร. 2537. สาหร่ายวิทยาประยุกต์. เชียงใหม่ : ภาควิชาชีววิทยา คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 188 น.

สมภพ รุ่งสุภาและสมเกียรติ ปียะธีรติวรกุล. 2534. การแยกเชื้อสาหร่ายเกลียวทองและการทำให้บริสุทธิ์. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 8 น.

สุชาติ อิงธรรมจิตรและสุมาลี ดุลย์อนุกิจ. 2528. การทดลองเลี้ยงสาหร่ายในกองปลาสด. กรุงเทพฯ : สถานีประมงน้ำจืดแห่งชาติ, 141 น.

สุมาลี ดุลยอนุกิจ. 2536. ผลของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเกลียวทอง. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด, 32 น.

htt://kanchanapisek.or.th/kp1/data/11/spi-wd3.htm

htt://kanchanapisek.or.th/kp1/data/11/spi-wd4.htm

htt://kanchanapisek.or.th/kp1/data/11/index.ht

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง

สูตรที่ 1 น้ำขนมจีน

น้ำขนมจีนที่กรองและนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว	800	มิลลิลิตร
โซเดียมไบคาร์บอเนต	6.7	กรัม/ลิตร
ปุ๋ยสูตร 16 : 16 : 16	0.56	กรัม/ลิตร
เชื้อสาหร่ายเกลียวทอง	24	มิลลิลิตร

สูตรที่ 2 น้ำก๋วยเตี๋ยว

น้ำก๋วยเตี๋ยวที่กรองและนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว	800	มิลลิลิตร
โซเดียมไบคาร์บอเนต	6.7	กรัม/ลิตร
ปุ๋ยสูตร 16 : 16 : 16	0.56	กรัม/ลิตร
เชื้อสาหร่ายเกลียวทอง	24	มิลลิลิตร

สูตรที่ 3 น้ำถั่วเหลือง

น้ำถั่วเหลืองที่กรองและนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว	800	มิลลิลิตร
โซเดียมไบคาร์บอเนต	6.7	กรัม/ลิตร
ปุ๋ยสูตร 16 : 16 : 16	0.56	กรัม/ลิตร
เชื้อสาหร่ายเกลียวทอง	24	มิลลิลิตร

สูตรที่ 4 น้ำคลองประเวศบุรีรมย์

น้ำคลองประเวศบุรีรมย์ที่กรองและนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว	800	มิลลิลิตร
โซเดียมไบคาร์บอเนต	6.7	กรัม/ลิตร
ปุ๋ยสูตร 16 : 16 : 16	0.56	กรัม/ลิตร
เชื้อสาหร่ายเกลียวทอง	24	มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง ในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ประกอบด้วย

น้ำกากมูลหนักที่กรองแล้ว	25,000	ลิตร
โซเดียมไบคาร์บอเนต	84	กรัม/ลิตร
ปุ๋ยสูตร 16:16:16	0.7	กรัม/ลิตร
เชื้อสาหร่ายเกลียวทอง	60	กรัม/ลิตร

ผลการทดลอง จำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทอง

ตารางภาคผนวกที่ 1 จำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองจากอาหารทั้ง 4 สูตร (ซ้ำที่ 1)

สูตรอาหาร	เวลา (วัน)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
น้ำก๋วยเตี๋ยว	1	1	1.5	2.5	3	4	7.5	8.5	10	12
น้ำขนมจีน	1	1	1.5	2	2	2.5	6.5	8	9.5	11.5
น้ำถั่วเหลือง	1	1	1.5	2	2.5	3.5	6.5	7	8.5	10.5
น้ำคลอง-ประเวศบุรีรมย์	1	1	1.5	1.5	1.5	2	3.5	4	6.5	8

ตารางภาคผนวกที่ 2 จำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองจากอาหารทั้ง 4 สูตร (ซ้ำที่2)

สูตรอาหาร	เวลา (วัน)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
น้ำก๋วยเตี๋ยว	1	1	1.5	3	3	4.5	8	9	11	12.5
น้ำขนมจีน	1	1	1	2	2	3	6.5	7.5	8.5	10.5
น้ำถั่วเหลือง	1	1	1.5	2.5	2.5	3.5	7	7.5	9	11.5
น้ำคลอง-ประเวศบุรีรมย์	1	1	1	1.5	2	2	3.5	4	5	7.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 จำนวนเซลล์สาหร่ายเกลียวทองจากอาหารทั้ง 4 สูตร (ซ้ำที่3)

สูตรอาหาร	เวลา (วัน)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
น้ำก๋วยเตี๋ยว	1	1	1.5	2.5	2.5	4.5	7.5	8.5	11.5	12.5
น้ำขนมจีน	1	1	1	2	2	2.5	6.5	7.5	8.5	10.5
น้ำถั่วเหลือง	1	1	1.5	2.5	2.5	3.5	6.5	7.5	8.5	10.5
น้ำคลอง-ประเวศบุรีรมย์	1	1	1.5	1.5	2	2	4	4.5	6.5	8

ผลการทดลอง น้ำหนักแห้งสาหร่ายเกลียวทอง

ตารางภาคผนวกที่ 4 ปริมาณน้ำหนักแห้งสาหร่ายเกลียวทองจากอาหารทั้ง 4 สูตร (ซ้ำที่1)

สูตรอาหาร	เวลา (วัน)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
น้ำก๋วยเตี๋ยว	1.18	1.18	1.22	1.44	1.56	1.62	2.08	2.10	2.34	2.76
น้ำขนมจีน	1.06	1.06	1.10	1.30	1.40	1.56	1.64	1.84	2.12	2.78
น้ำถั่วเหลือง	1.18	1.20	1.16	1.22	1.24	1.32	1.44	1.52	1.66	2.78
น้ำคลอง-ประเวศบุรีรมย์	1.12	1.14	1.18	1.24	1.28	1.30	1.60	2.04	2.16	1.86

ตารางภาคผนวกที่5 ปริมาณน้ำหนักแห้งสาหร่ายเกลียวทองจากอาหารทั้ง 4 สูตร (ซ้ำที่2)

สูตรอาหาร	เวลา (วัน)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
น้ำก๋วยเตี๋ยว	1.10	1.14	1.12	1.44	1.58	1.68	2.16	2.20	2.44	2.80
น้ำขนมจีน	1.04	1.02	1.04	1.16	1.40	1.50	1.70	1.54	2.44	2.82
น้ำถั่วเหลือง	1.12	1.12	1.12	1.16	1.32	1.30	1.48	1.82	1.54	1.72
น้ำคลอง-ประเวศบุรีรมย์	1.08	1.08	1.08	1.28	1.28	1.34	1.68	1.94	2.12	1.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่6 ปริมาณน้ำหนักแห้งสาหร่ายเกลียวทองจากอาหารทั้ง 4 สูตร (ซ้ำที่3)

สูตรอาหาร	เวลา (วัน)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
น้ำก๋วยเตี๋ยว	1.08	1.10	1.14	1.36	1.34	1.74	1.90	2.10	2.48	2.86
น้ำขนมจีน	1.12	1.18	1.18	1.28	1.30	1.56	1.66	1.96	2.16	2.70
น้ำถั่วเหลือง	1.10	1.04	1.12	1.24	1.30	1.42	1.74	1.98	2.16	2.78
น้ำคลอง-ประเวศบุรีรมย์	1.02	1.10	1.10	1.14	1.28	1.30	1.54	1.56	1.64	1.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้