บทนำ

สาหร่ายเกลียวทองเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีความสำคัญทางการค้า เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 50-70 ของน้ำหนักแห้ง มีไขมันต่ำ และยังเป็นแหล่งของวิตามินหลายชนิด นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันที่จำเป็นคือ กรดแกมมาโนลินิก โดยมีความสำคัญคือเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์พรอสตาแกลนดิน (prostaglandin synthesis) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการควบคุมการสังเคราะห์คอเรสเตอรอล การอักเสบ การบวม และการงอกของเซลล์ (Richmond, 1987) นอกจากนี้สาหร่ายเกลียวทองยังมีรงควัตถุ (pigment) ที่สำคัญคือ คลอโรฟิลล์ ไฟโคไซยานิน และแคโรทีนอยด์ ทำให้มีการนำสาหร่ายเกลียวทองมาใช้เป็นอาหารเพื่อเร่งสีในการเลี้ยงกุ้งอ่อน และปลาประเภทสวยงาม ปัจจุบันมีการสกัดไฟโคไซยานินเพื่อใช้เป็นสีผสมในอาหาร เช่น ผสมในไอศกรีม และเป็นสีธรรมชาติในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง (Vonshak, 1990) เป็นต้น

การเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองโดยทั่วไปนิยมเลี้ยงกลางแจ้ง (outdoor cultivation) ในบ่อตื้นที่มีการกวน (shallow raceway pond) โดยมีความลึกของอาหารเหลวประมาณ 15-20 เซนติเมตร ปัญหาของการเลี้ยงกลางแจ้งคือ ไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ โดยเฉพาะอุณหภูมิและความเข้มแสง ในกรณีที่อุณหภูมิและความเข้มแสงสูงจะทำให้อัตราการระเหยของน้ำสูง บางครั้งระดับน้ำในบ่อลดลง 2-3 เซนติเมตรต่อวัน (Vonshak; et.al., 1988) ซึ่งมีผลต่อความเข้มข้นของสารอาหารต่าง ๆ ในอาหารเหลวโดยเฉพาะความเข้มข้นของเกลือ ทำให้มีความเค็มสูงขึ้น (salinity stress) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองที่มีการนำเอาอาหารหลังจากการกรองสาหร่ายออกไปแล้วกลับมาใช้ใหม่ (recycle) ความเข้มข้นของเกลือในอาหารก็จะสะสมมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งอาจมีผลต่อแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) และองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในอาหารชารุกค์ต่ออัตราการเจริญ ผลผลิต และองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ของสาหร่ายเกลียวทองภายใต้สภาวะห้องปฏิบัติการ โดยใช้เชื้อตั้งต้น 2 สภาวะ สภาวะที่ 1 คือเชื้อตั้งต้นที่เจริญในอาหารปกติ และสภาวะที่ 2 คือเชื้อตั้งต้นที่เจริญในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ มาก่อน

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

จุลินทรีย์และสภาวะในการเจริญ

สาหร่ายเกลียวทอง *Spirulina platensis* สายพันธุ์ BP จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ใช้เตรียมเป็นเชื้อตั้งต้น 2 สภาวะ

สภาวะที่ 1 คือสาหร่ายเกลียวทองที่เจริญในอาหารชารุกค์ (Vonshak, 1993)

สภาวะที่ 2 คือสาหร่ายเกลียวทองที่เจริญในอาหารชารุกค์แข็ง ที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0 (อาหารควบคุม), 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 โมลาร์ เป็นเวลา 1 เดือน จากนั้นจึงนำมาเลี้ยงในอาหารชารุกค์เหลวที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์เท่าเดิม

สาหร่ายเกลียวทองทั้ง 2 สภาวะ เจริญในเครื่องเขย่าความเร็ว 120 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มแสง 90 ไมโครไอสไตน์ต่อตารางเมตรต่อวินาที

การทดลอง

กรองสาหร่ายเกลียวทองทั้ง 2 สภาวะที่อยู่ในช่วง log phase สาหร่ายเกลียวทองที่กรองได้นำมาละลายในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0

(อาหารควบคุม), 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 โมลาร์ (ไม่รวมโซเดียมคลอไรด์ในอาหารปกติ*) โดยให้มีคลอโรฟิลล์เริ่มต้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สาหร่ายเกลียวทองสภาวะที่ 2 นำมาละลายเฉพาะในอาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์เท่าเดิม

หมายเหตุ : * โซเดียมคลอไรด์ในอาหารชารุกค์ปกติหรืออาหารควบคุมเท่ากับ 1 กรัมต่อลิตร

การวิเคราะห์และติดตามผล

1. *การเจริญ* โดยการวัดการเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์และการเปลี่ยนแปลงความขุ่นของสาหร่ายเกลียวทองที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร ที่เวลาต่าง ๆ

2. *ผลผลิต* โดยการหาน้ำหนักแห้ง (Vonshak, 1993) ของสาหร่ายเกลียวทองก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวทุกวันเป็นเวลา 4 วัน

3. *องค์ประกอบของเซลล์* กรองสาหร่ายเกลียวทองที่อยู่ในช่วง log phase นำไปทำให้แห้งโดยใช้เครื่องระเหิดแห้ง (freeze dryer) จากนั้นนำมาวิเคราะห์

- ปริมาณโปรตีน (crude protein) โดย Kjeldhal Method (Meloan and Pomeranz, 1980)
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด โดย Phenol sulfuric acid method (Meloan and Pomeranz, 1980)
- ปริมาณกรดไขมัน โดยใช้แก๊สโครมาโตกราฟฟี (Laboratory Document, 1996)
- ปริมาณคลอโรฟิลล์ (Laboratory Document, 1996)
- ปริมาณไฟโคไซยานิน (Laboratory Document, 1996)
- ปริมาณแคโรทีนอยด์ (Laboratory Document, 1996)

ผลการทดลองและอภิปราย

สาหร่ายเกลียวทองสภาวะที่ 1 เมื่อเลี้ยงในอาหารชารุกค์ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ ภายใต้สภาวะห้องปฏิบัติการ มีกราฟการเจริญเติบโต (growth curve) คล้ายคลึงกัน เมื่อพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (specific growth rate, m) (รูปที่ 1) พบว่าสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในอาหารชารุกค์ปกติซึ่งใช้เป็นอาหารควบคุมหรือตัวเปรียบเทียบ มีอัตราการเจริญสูงสุดคือ 0.064 ต่อชั่วโมง สาหร่ายเกลียวทองสภาวะที่ 2 ที่เลี้ยงในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.3 และ 0.4 โมลาร์ พบว่าอัตราการเจริญต่ำมาก เมื่อเลี้ยงไประยะหนึ่งสาหร่ายเกลียวทองจะตายในที่สุด ส่วนผลผลิตของการเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองพบว่า การเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองสภาวะที่ 1 ในอาหารควบคุมและอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.1 โมลาร์ ให้ผลผลิตใกล้เคียงกันคือประมาณ 11 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน อัตราการเจริญและผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองลดลงเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในอาหารเพิ่มขึ้น การเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองสภาวะที่ 2 ไม่สามารถหาผลผลิตได้เนื่องจากเมื่อเลี้ยงไปได้ประมาณ 2-3 วัน เซลล์สาหร่ายจะไม่เป็นเนื้อเดียวกันและจับกันเป็นก้อน

จากตารางที่ 2 และ 3 พบว่า ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์มีผลต่อองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ สาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในอาหารควบคุมมีปริมาณโปรตีน กรดไขมันทั้งหมด กรดแกมมาลิโนลินิก คลอโรฟิลล์ และไฟโคไซยานินสูงสุด ส่วนสาหร่ายเกลียวทองสภาวะที่ 1 ที่เลี้ยงในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.1 โมลาร์ มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุด องค์ประกอบเหล่านี้มีปริมาณลดลงเมื่อความเข้มข้นของสาหร่าย

เกลียวทองที่เลี้ยงในอาหารควบคุมในอาหารเพิ่มขึ้น โดยปริมาณกรดไขมันทั้งหมดในสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์ 0.3 และ 0.4 โมลาร์ และสภาวะที่ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันคือลดลงประมาณร้อยละ 45 ของอาหารควบคุม ในขณะที่สาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในอาหารควบคุมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำที่สุดและมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในอาหารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ยังมีผลต่อสัดส่วนของกรดไขมันในสาหร่ายเกลียวทองด้วย (ตารางที่ 4)

สาหร่ายเกลียวทองต้องการปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตเนื่องจากโซเดียมอิออน (Na^+) มีหน้าที่โดยตรงต่อการถ่ายเทอิเลคตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthetic electron transport) ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Zhao and Brand, 1988) แต่สภาวะที่มีโซเดียมคลอไรด์ในอาหารสูงเกินไปจะทำให้สมดุลระหว่างภายในเซลล์และสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนไป โดย Na^+ ที่มากเกินไปจะพยายามแพร่เข้าสู่เซลล์ เซลล์จะรักษาสมดุลหรือมีชีวิตรอดภายใต้สภาวะที่มีความเค็มสูง โดยการสังเคราะห์สารที่มีโมเลกุลต่ำบางชนิด (organic osmotica) และพยายามขับ Na^+ ที่จะแพร่เข้าสู่เซลล์นั้นออกไป ซึ่งกระบวนการทั้ง 2 อย่างนี้ต้องการพลังงานในการรักษาสมดุล (Richmond, 1986) นอกจากนี้ในสภาวะที่มีความเค็มสูงมากเซลล์สาหร่ายบางส่วนอาจถูกทำลาย จึงต้องการพลังงานในการซ่อมแซมเซลล์

จะเห็นว่าในสภาวะที่มีความเค็มต้องการพลังงานในการรักษาสมดุลมากกว่าในสภาวะปกติ ทำให้พลังงานที่ใช้ในการสร้างเซลล์ลดลง สาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในสภาวะที่มีความเค็มจึงมีอัตราการเจริญและผลผลิตลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และไฟโคไซยานินต่อน้ำหนักแห้งลดลง ทำให้มีตัวจับพลังงานแสงน้อยลง อัตราการเจริญจึงลดลง การที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่อน้ำหนักแห้งสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์เพิ่มมากขึ้น เพื่อรักษาสมดุลระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณโปรตีนต่อน้ำหนักแห้งของสาหร่ายลดลง (Warr; et.al., 1985) อัตราการเจริญ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของสาหร่ายเกลียวทองในสภาวะที่ 1 และ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบที่อาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่เท่ากัน โดยสาหร่ายเกลียวทองสภาวะที่ 2 มีการเจริญ และองค์ประกอบต่าง ๆ ลดลง ยกเว้นคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายเกลียวทองที่อยู่ในสภาวะที่มีความเค็มนานกว่า (ที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่เท่ากัน) ต้องการการปรับตัวและใช้พลังงานมากกว่าสภาวะที่ 1 เพื่อให้ชีวิตอยู่รอด พลังงานที่เหลือจากการรักษาสมดุล จึงนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต ในขณะที่สาหร่ายเกลียวทองสภาวะที่ 2 ที่เลี้ยงในอาหารซารุกค์ที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0.3 และ 0.4 โมลาร์ มีพลังงานไม่เพียงพอต่อการที่จะรักษาสมดุล และซ่อมแซมเซลล์ส่วนที่สึกหรอจึงตายในที่สุด

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในอาหารที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายเกลียวทองมีผลต่ออัตราการเจริญ ผลผลิต และองค์ประกอบที่สำคัญภายในเซลล์ โดยสาหร่ายเกลียวทองที่เลี้ยงในอาหารควบคุมมีอัตราการเจริญ ผลผลิต ปริมาณโปรตีน กรดไขมันทั้งหมด กรดแกมมาลิโนลินิก คลอ-

โรฟิลล์ และไฟโคไซยานินสูงที่สุด อัตราการเจริญและองค์ประกอบเหล่านี้ลดลงเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในอาหารเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตให้ผลตรงกันข้าม และสาหร่ายเกลียวทองสภาวะที่ 1 ที่เลี้ยงในอาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0.1 โมลาร์ มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงที่สุด นอกจากนี้ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ยังมีผลต่อสัดส่วนของกรดไขมันในสาหร่ายเกลียวทองด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. สาหร่ายเกลียวทองสายพันธุ์ BP สามารถเจริญได้ในอาหารชารุกค์ที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ไม่เกิน 0.2 โมลาร์ ที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้เมื่อเลี้ยงเป็นระยะเวลานานจะทำให้สาหร่ายเกลียวทองตายในที่สุด

2. ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในอาหารชารุกค์ไม่ควรเกิน 0.1 โมลาร์ เพราะถ้าเกิน 0.1 โมลาร์ จะทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบที่สำคัญของสาหร่ายเกลียวทองลดลง

3. การเลี้ยงสาหร่ายกลางแจ้งควรรักษาระดับของโซเดียมคลอไรด์ในอาหารให้มีระดับคงที่ เพื่อป้องกันการเกิด salinity stress ซึ่งจะมีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ และในกรณีที่มีการนำอาหารเหลวหลังจากการกรองสาหร่ายออกไปแล้วกลับมาใช้ใหม่หลาย ๆ ครั้ง ควรมีการตรวจเช็คหรือเจือจางระดับของโซเดียมคลอไรด์ในอาหารเหลวนั้นให้เหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สาหร่ายเกลียวทองของสายพันธุ์ BP และการใช้เครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟฟีที่ใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Laboratory Document. 1996. **A Regional Workshop on Mass Cultivation of Microalgae.** Bangkok: King Mongkut Institute of Technology Thonburi, March 25-28.

Meloan, C.E. and Pomeranz, Y. 1980. **Food Analysis Laboratory Experiments,** 2nd ed. Westport, Conn. : The Avi Publishing Co.

Richmond, A. 1986. Cell response to environmental factors. In : **CRC Handbook of Microalgae Mass Culture,** pp. 69-106. Richmond, A., ed. Boca Raton, Fla. : CRC Press.

Richmond, A. 1987. Spirulina. In : **Microalgal Biotechnology,** pp. 85-21. Borowitzka, M. and Borowitzka, L., eds. Cambridge: Cambridge University Press.

Vonshak, A.; Guy, R. and Guy, M. 1988. The response of the filamentous cyanobacterium *Spirulina platensis* to salt stress. **Arch Microbiol.** 150 : 417-420

Vonshak, A. 1990. Recent advances in microalgal biotechnology. **Biotech Adv.** 8 : 709-727.

Vonshak, A. 1993. Microalgae: laboratory growth techniques and the biotechnology of biomass production. In : **Photosynthesis and Production in a Changing Environment : a Field and Laboratory Manual,** pp. 337-354. Hall, D.O.; et.al., eds. London : Chapman & Hall.

Warr, S.R.C.; Reed, R.H.; Chudeck, J.A.; Foster, R. and Steward, W.D.P. 1985. Osmotic adjustment in *Spirulina platensis.* **Planta.** 163 : 424-429.

Zhao, J. and Bland, J.J. 1989. Sequential events in the photoinhibition of *Synechocystis* under Sodium stress. **Plant Physiol.** 91 : 91-100.

ตารางที่ 1 ผลผลิตของสาหร่ายเกลียวทองสภาวะที่ 1 เมื่อเจริญในอาหารชารุกค์ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (โมลาร์)	ผลผลิต (กรัม/ตารางเมตร/วัน)
0 (อาหารควบคุม)	10.79±0.6
0.1	11.17±2.36
0.2	7.28±0.31
0.3	6.01±0.55
0.4	5.13±0.21

หมายเหตุ : *ข้อมูลผลผลิตได้จากค่าเฉลี่ยของการทดลอง 4 วัน*

ตารางที่ 2 ปริมาณองค์ประกอบของสาหร่ายเกลียวทองเมื่อเจริญในอาหารชารุกค์ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (โมลาร์)	องค์ประกอบ(ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)			
	โปรตีน	คาร์โบไฮเดรต	TFA [ก]	GLA [ข]
0 (อาหารควบคุม)	53.6 (100)	23.0 (100)	3.41 (100)	0.76 (100)
สภาวะที่ 1, 0.1	45.6 (85.0)	23.9 (4.0) [ค]	2.06 (60.4)	0.50 (65.8)
สภาวะที่ 1, 0.2	41.6 (77.6)	25.5 (10.9) [ค]	1.96 (57.5)	0.50 (65.8)
สภาวะที่ 1, 0.3	39.5 (73.7)	27.7 (20.4) [ค]	1.88 (55.1)	0.44 (57.9)
สภาวะที่ 1, 0.4	32.3 (60.3)	32.2 (35.7) [ค]	1.88 (55.1)	0.39 (51.3)
สภาวะที่ 2, 0.1	26.6 (49.6)	38.5 (67.4) [ค]	1.92 (55.7)	0.38 (50.0)
สภาวะที่ 2, 0.2	22.2 (41.3)	46.0 (100.6) [ค]	1.89 (55.4)	0.38 (50.0)

หมายเหตุ : *ตัวเลขในวงเล็บคือ ปริมาณองค์ประกอบต่าง ๆ คิดเป็นร้อยละของอาหารควบคุม*

ก = กรดไขมันทั้งหมด

ข = กรดแกมมาลิโนลินิก

ค = ปริมาณคาร์โบไฮเดรตคิดเป็นร้อยละที่เพิ่มขึ้นของอาหารควบคุม

ตารางที่ 3 ปริมาณรงควัตถุของสาหร่ายเกลียวทองเมื่อเจริญในอาหารชารุกค์ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ

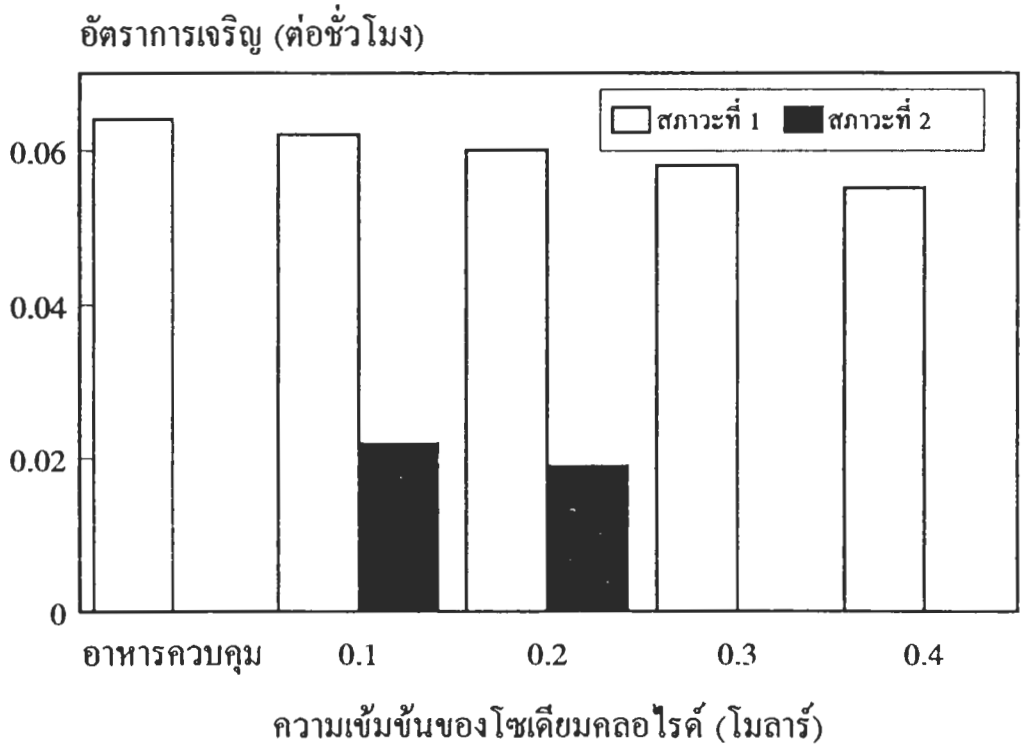
ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (โมลาร์)	รงควัตถุ (มิลลิกรัมต่อกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)		
	คลอโรฟิลล์	ไฟโคไซยานิน	แคโรทีนอยด์
0 (อาหารควบคุม)	12.20 (100)	104.56 (100)	2.35 (100)
สภาวะที่ 1, 0.1	10.47 (85.9)	92.47 (88.6)	2.86 (121.7)
สภาวะที่ 1, 0.2	10.12 (83.0)	73.99 (70.8)	2.09 (89.9)
สภาวะที่ 1, 0.3	10.00 (82.3)	66.47 (63.6)	1.95 (83.0)
สภาวะที่ 1, 0.4	9.13 (74.9)	67.79 (64.8)	1.94 (82.6)
สภาวะที่ 2, 0.1	6.61 (54.2)	40.67 (38.9)	1.60 (66.8)
สภาวะที่ 2, 0.2	5.60 (45.6)	29.55 (28.3)	1.50 (65.1)

หมายเหตุ : *ตัวเลขในวงเล็บคือ ปริมาณรงควัตถุคิดเป็นร้อยละของอาหารควบคุม*

ตารางที่ 4 องค์ประกอบต่าง ๆของกรดไขมันในสาหร่ายเกลียวทองที่เจริญในอาหารซารุกค์ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (โมลาร์)	องค์ประกอบของกรดไขมัน (ร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด)					
	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3
0 (อาหารควบคุม)	45.16	1.53	1.69	11.69	1,7.12	22.11
สภาวะที่ 1, 0.1	40.89	1.43	1.63	17.73	14.26	24.08
สภาวะที่ 1, 0.2	34.37	1.36	2.16	21.75	14.25	25.43
สภาวะที่ 1, 0.3	42.15	2.66	1.71	17.33	12.05	23.38
สภาวะที่ 1, 0.4	40.88	1.74	2.35	21.34	12.16	20.91
สภาวะที่ 2, 0.1	42.81	2.08	2.01	14.26	14.10	20.12
สภาวะที่ 2, 0.2	44.55	2.61	2.11	15.30	12.04	20.10

หมายเหตุ : *16:0 กรดปาล์มิติก* *16:1 กรดปาร์มิโตเลอิก*
18:0 กรดสเตียริก *18:1 กรดโอเลอิก*
18:2 กรดลิโนลินิก *18:3 กรดแกมมาลิโนลินิก*



รูปที่ 1 อัตราการเจริญของสาหร่ายเกลียวทองที่เจริญในอาหารซารุกค์ที่มีโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ