บทคัดย่อ

สไปรูลิน่า (*Spirulina*) ถูกนำมาบริโภคในรูปอาหารเสริมมนุษย์ และใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ การเพาะเลี้ยงโดยทั่วไปนิยมทำในบ่อเปิดกลางแจ้ง ซึ่งเป็นสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมอยู่ตลอดเวลา เช่น การระเหยของน้ำซึ่งทำให้ความเข้มข้นของสารอาหารในบ่อเลี้ยงเพิ่มขึ้นในระหว่างวัน ซึ่งเป็นปัญหาอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและส่งผลให้ได้ผลผลิตชีวมวลต่ำและยังมีผลต่อองค์ประกอบทางชีวเคมีต่าง ๆ ในเซลล์อีกด้วย ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจถึงกลไกการปรับตัวของ *Spirulina* ที่ต้องอยู่ในสภาวะความเข้มข้นเกลือสูง งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของสภาวะความเข้มข้นเกลือสูงที่มีต่อการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์ กิจกรรมการสังเคราะห์แสงและการหายใจ รวมถึงองค์ประกอบของกรดไขมันในเมมเบรน โดยได้ทำการเพาะเลี้ยง *Spirulina* สายพันธุ์ C1 ในอาหารสูตร Zarrouk's ปกติ (0.017 M NaCl) และ สูตรความเข้มข้นเกลือสูง (0.5 M NaCl) โดยวัดการเจริญเติบโต วิเคราะห์อัตราเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด, (μ) อัตราการสังเคราะห์แสง, และอัตราการหายใจและองค์ประกอบของกรดไขมันในพลาสมาเมมเบรน (Plasma membrane, PM) และไธลาคอยด์เมมเบรน (Thylakoid membrane, TM) ของเซลล์ที่อยู่ในระยะ exponential phase (วันที่ 4) และ stationary phase (วันที่ 7) ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่า เซลล์ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรความเข้มข้นเกลือสูงมีการเจริญเติบโตต่ำกว่า (μ = 0.016 hr^{-1}) เซลล์ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรปกติ (μ = 0.025 hr^{-1}) อีกทั้งความเข้มข้นเกลือสูงมีผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงด้วย ในส่วนของกิจกรรมการสังเคราะห์แสงนั้น พบว่า ความเข้มข้นเกลือสูงส่งผลในการยับยั้งอัตราการสังเคราะห์แสงประมาณ 55% และ 67% ในเซลล์ที่มีอายุ 4 และ 7 วันที่ ตามลำดับ และเมื่อศึกษาผลอย่างฉับพลันของเกลือความเข้มข้นสูงที่มีต่ออัตราการสังเคราะห์แสงและหายใจนั้น พบว่าเซลล์ที่อยู่ในสภาวะ 0.5 M NaCl ในระยะเวลาเพียง 30 นาที มีอัตราการสังเคราะห์แสงลดลงถึง 50% เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ที่อยู่ในสภาวะปกติ อย่างไรก็ตาม กลับพบว่าเซลล์ที่อยู่ในสภาวะปกติและที่อยู่ในสภาวะ 0.5 M NaCl มีอัตราการหายใจใกล้เคียงกันในช่วงระยะ 30 นาทีแรก แต่ในเวลาต่อมาอัตราการหายใจของเซลล์ที่อยู่ในสภาวะ 0.5 M NaCl จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 4-5 เท่า สำหรับผลของเกลือความเข้มข้นสูงที่มีต่อองค์ประกอบของกรดไขมันบนเมมเบรน พบว่า สัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเมมเบรนของเซลล์ที่เจริญเติบโตในอาหารที่มี 0.5 M NaCl จะสูงกว่าเซลล์ที่เจริญในอาหารปกติ และเป็นที่น่าสนใจคือเซลล์ที่เจริญในอาหารที่มีเกลือความเข้มข้นสูงนี้จะมีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวในส่วนของพลาสมาเมมเบรนค่อนข้างสูง ซึ่งพบในเซลล์ที่อยู่ในระยะ exponential phase ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวมีบทบาทในการรักษาเสถียรสภาพของเมมเบรนให้คงสภาพอยู่ได้ภายใต้สภาวะเครียดจากความเค็มเพื่อให้เซลล์อยู่รอดในสิ่งแวดล้อมใหม่

คำสำคัญ : สไปรูลิน่า กรดไขมัน พลาสมาเมมเบรน ไธลาคอยด์เมมเบรน การสังเคราะห์แสง การหายใจ สภาวะเครียดจากเกลือ

Abstract

Spirulina has been extensively used for health food and animal feed, especially for aquaculture feed. Typically, large scale cultivation is conducted in the open pond that has to encounter the fluctuated environmental conditions. For outdoor cultivation, the water evaporation during day time increases the salt concentration in culture medium. The salinity stress is one of the major obstacles to impede production of biomass and biological compositions of *Spirulina*. Therefore, to understand insight into the acclimation of *Spirulina* to high salinity, the effect of high salt concentration on cell growth, chlorophyll concentration, photosynthetic activity, respiration and fatty acids composition of membrane lipids in *Spirulina platensis* strain C1 were investigated. We found that the inhibition of growth and the reduction of chlorophyll concentration of *Spirulina* were detected under high salt medium (0.5 M NaCl). Cells grown in 0.5 M NaCl containing medium had lower specific growth rate ($\mu = 0.016\ hr^{-1}$) than that of normal medium grown cells ($\mu = 0.025\ hr^{-1}$). The photosynthetic activity of 0.5 M NaCl grown cells was reduced by 55% and 67% of 4 and 7 day-old, respectively. Moreover, the rapid reduction of photosynthetic activity (50%) was insisted by exposure the normal grown cells to 0.5 M NaCl within 30 min. Nevertheless, the response of respiration was delayed until the first 30 min and after that a 4-5 –fold increase in respiration rate was detected. The analysis of fatty acid composition of membrane lipids revealed that high salt concentration influenced the fatty acid composition of membrane lipids. The proportion of unsaturated fatty acids in membranes of high salt grown cells was slightly higher than that of normal grown cells. Surprisingly, the ratio of total unsaturated to total saturated fatty acids in plasma membrane was significantly enhanced after exposure to 0.5 M NaCl for exponential cells. The result indicated that change of fatty acid composition of membrane lipids especially; unsaturated fatty acids might be involved the adaptation of *S. platensis* strain C1 to cope with the salt stress.

Keywords: *Spirulina*, fatty acid, plasma membrane, thylakoid membrane, photosynthetic activity, respiration, salt stress