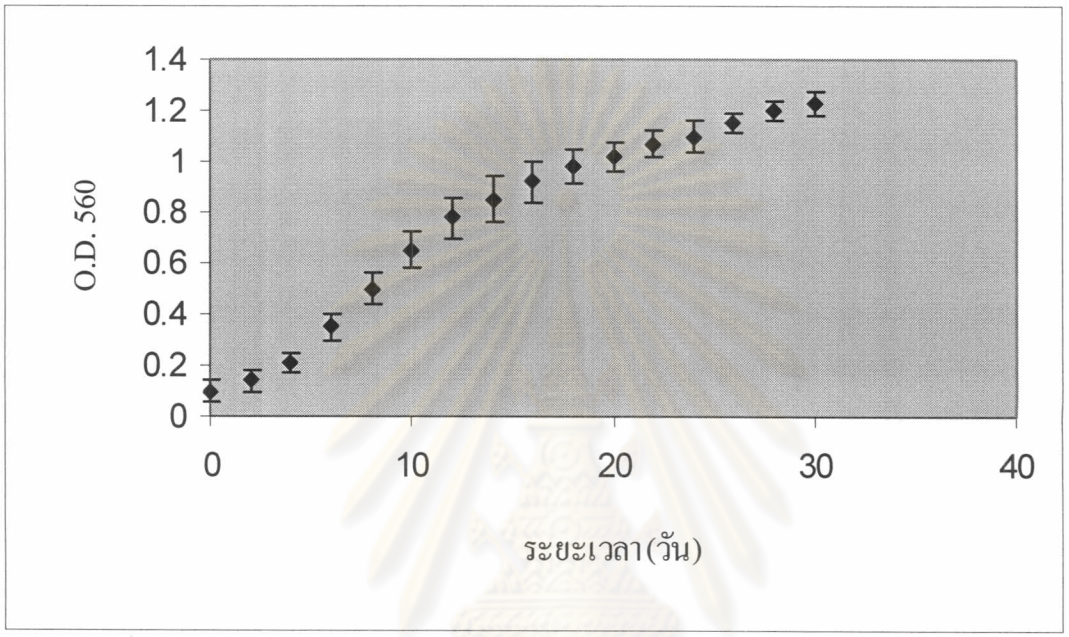
บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายสไปรูไลนา Spirulina platensis

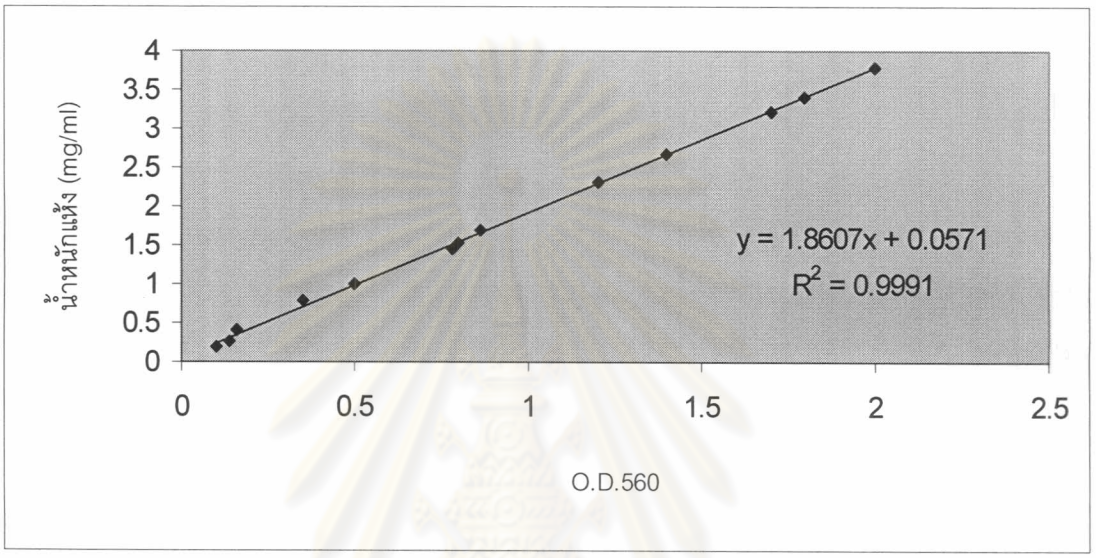
ในการศึกษาการเจริญของสาหร่ายสไปรูไลนา จะทำการเลี้ยงเซลล์ในสารละลายอาหาร มีการให้อากาศและแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ความเข้มแสงประมาณ 10,000 ลักซ์ โดยให้แสงสว่าง 12 ชั่วโมง มืด 12 ชั่วโมง ตรวจวัดค่า $O.D._{560}$ ทุกๆ 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 30 วันพบว่าสาหร่ายสไปรูไลนาสามารถเจริญเติบและเพิ่มปริมาณความหนาแน่นขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่6 สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ซึ่งเป็นค่าชี้บ่งการเจริญเติบโตในช่วงระยะเวลาหนึ่งของสาหร่าย โดยใช้วิธีวัดค่าการเจริญที่อ่านได้จาก Spectrophotometer แล้วนำไปคำนวณเพื่อหาค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ พบว่า สาหร่ายมีค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 0.3 การเจริญเติบโตของสาหร่ายถูกจำกัดด้วยปัจจัยคือ แสงและความหนาแน่นของเซลล์สาหร่าย ซึ่งเมื่อสาหร่ายปรับตัวผ่านระยะ lag phase ในวันแรกๆ การเจริญเติบโตของสาหร่ายจะเข้าสู่ระยะที่เรียกว่า Acceleration phase สาหร่ายมีการแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้นและใช้ธาตุอาหารหมดไปอย่างรวดเร็ว ความหนาแน่นของสาหร่ายที่มีมากเกินไปทำให้มีการตายของเซลล์สาหร่ายเนื่องจากอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงจะลดลง เนื่องจากมีการบังแสงกันเองของเซลล์สาหร่าย ส่งผลให้มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะลดลง เข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตในช่วง Stationary phase ซึ่งมีปริมาณความหนาแน่นค่อนข้างคงที่

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า $O.D._{560}$ และค่าน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อลิตร) ของสาหร่าย พบว่า ค่า $O.D._{560}$ และค่าน้ำหนักแห้งของสาหร่ายมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ดังรูปที่7 สมการความสัมพันธ์ คือ dry weight = 1.8607 x $O.D._{560}$ + 0.0571 โดยมีค่าดัชนีสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r) เท่ากับ 0.9991 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงว่าค่าทั้งสองนี้สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนในการติดตามการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีเก็บข้อมูลโดยการวัดค่า $O.D._{560}$ เนื่องจากมีความสะดวกในทางปฏิบัติ ทราบผลได้รวดเร็ว ใช้ปริมาณสาหร่ายน้อย จึงเหมาะสมกับการทดลองทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและในระดับกลางแจ้ง ในขณะที่การหาค่าน้ำหนักแห้งมีหลายขั้นตอน และต้องใช้ปริมาณตัวอย่างมากพอจึงจะให้ผลที่น่าเชื่อถือ Ventakaraman (1983) กล่าวว่าการวัดการดูดกลืนแสงมีความสะดวกรวดเร็วกว่าการวัดการเจริญโดยใช้น้ำหนักแห้งของสาหร่าย แม้จะให้ผลดีใกล้เคียงกันก็ตาม



รูปที่ 5 การเติบโตของสาหร่าย Spirulina platensis ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรของ Zarrouk ปริมาตร 1 ลิตร ค่า $O.D._{560}$ ของสาหร่ายเริ่มต้นให้มีค่า 0.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



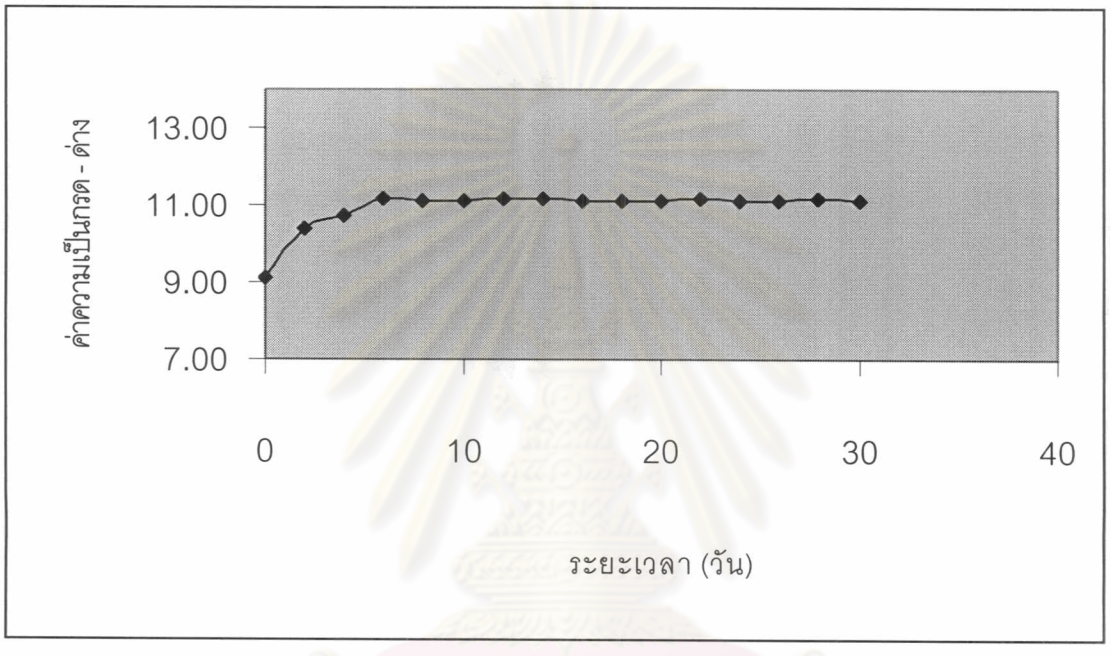
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $O.D._{560}$ และน้ำหนักแห้งของสาหร่าย Spirulina platensis

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของสารละลายของสาหร่าย พบว่า สารละลายอาหารที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายมีค่าความเป็นกรด - ด่างเริ่มต้นเท่ากับ 9.1 ค่าความเป็นกรด - ด่างจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และเริ่มคงที่ที่ค่าประมาณ 11 ในวันที่ 6 ของการทดลองดังรูปที่ 8 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟการเจริญโดยวัดการดูดกลืนแสง จะพบว่าเป็นช่วงที่สาหร่ายเริ่มมีการเจริญคงที่เช่นกัน สอดคล้องกันกับรายงานของ Ciferri (1983) ซึ่งกล่าวว่าที่ความเป็นกรด – ด่างของสารละลายอาหารที่ 11.3 จะพบว่าสาหร่ายมีการเจริญน้อย เป็นผลเนื่องมาจากระบบบัฟเฟอร์ของสารละลายอาหารซึ่งอยู่ในรูปของ คาร์บอนไดออกไซด์ - คาร์บอนิก - ไบคาร์บอเนต - คาร์บอเนต ($CO_2 – H_2CO_3 – HCO_3^- – CO_3^{2-}$ System) แสดงว่าในช่วงต้นของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายมีการใช้แหล่งคาร์บอน ซึ่งอาจเป็นคาร์บอนในรูปไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) หรือการที่ HCO_3^- เปลี่ยนไปเป็น CO_2 (l) ก็ตามจะเกิด OH^- ขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่างของสารละลายสูงขึ้น ดังสมการต่อไปนี้

$$\begin{array}{c} \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad CO_2\,(l) + OH^- \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \updownarrow \\ CO_2\,(g) \longrightarrow CO_2\,(l) + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow HCO_3^- + H^+ \leftrightarrow CO_3^{2-} + H^+ \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \updownarrow \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad CO_3^{2-} + H_2O \end{array}$$

จากสมการดังกล่าว ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ CO_2 (g) ในบรรยากาศสามารถละลายน้ำได้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของของเหลว หรือ CO_2 (l) โดยแรงดึงดูดระหว่างไฮโดรเจนอะตอมและน้ำ และคาร์บอนอะตอมของคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของเหลวบางส่วนถูกสาหร่ายนำไปใช้ทันที บางส่วนทำปฏิกิริยากับน้ำได้กรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) เมื่อค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำเหมาะสม กรดคาร์บอนิกจะเปลี่ยนเป็นไบคาร์บอเนตอิออน (HCO_3^-) และไฮโดรเจนอิออน สำหรับไบคาร์บอเนตสามารถเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของเหลวและคาร์บอเนตอิออน (CO_3^{2-})ได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เป็นปฏิกิริยาที่สามารถผันกลับได้ (Reversible reaction) ดังนั้นเมื่อสาหร่ายนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ทำให้ปริมาณไฮดรอกไซด์อิออนเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรด – ด่างสูงขึ้น



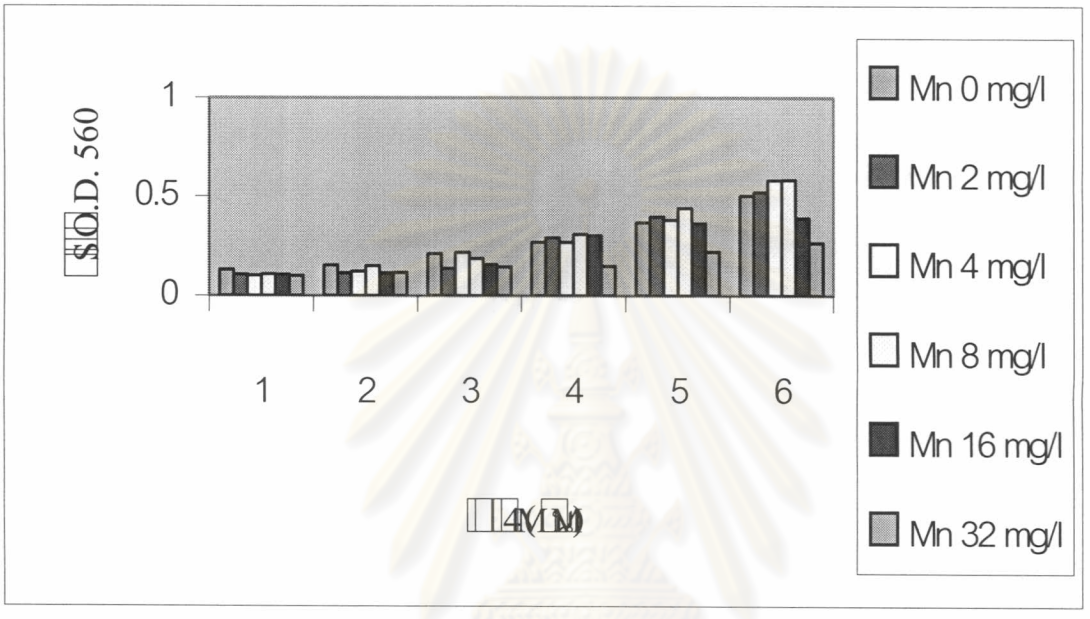
รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด – ด่างของ Spirulina platensis อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรของ Zarrouk ปริมาตร 1 ลิตร ค่า $O.D._{560}$ ของสาหร่ายเริ่มต้นให้มีค่า 0.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ผลของปริมาณความเข้มข้นแมงกานีสต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสไปรูไลนา (Spirulina platensis)

ในการศึกษาผลของปริมาณความเข้มข้นแมงกานีสที่มีต่อการเจริญของสาหร่ายสไปรูไลนา (Spirulina platensis) ควรคำนึงถึงความสามารถในการทนต่อความเป็นพิษของแมงกานีส จากรูปแสดงการเจริญเติบโตของ Spirulina platensis เมื่อเติมสารละลายแมงกานีสให้มีความเข้มข้นในสารละลายอาหารเริ่มต้น เป็น 0, 2, 4, 8, 16 และ 32 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เลี้ยงภายใต้สภาวะการให้อากาศและแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสง 10,000 ลักซ์ โดยให้แสงสว่าง 12 ชั่วโมง มืด 12 ชั่วโมง สลับที่ทุก 2 วัน เก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวัดการเจริญเติบโตโดยใช้ spectrophotometer วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร ตรวจวัดทุกวันเป็นระยะเวลา 5 วัน พบว่าที่ความเข้มข้นของแมงกานีสในสารละลายอาหารเท่ากับ 16 และ 32 มิลลิกรัมต่อลิตร จะยับยั้งการเติบโตของ Spirulina platensis ให้ช้าลง เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองเลี้ยงเซลล์สาหร่ายที่ความเข้มข้นของแมงกานีสในสารละลายอาหารเท่ากับ 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนที่ความเข้มข้นของแมงกานีสในสารละลายอาหารเท่ากับ 2, 4 และ 8 มิลลิกรัมติอลิตร พบว่า Spirulina platensis มีการเจริญได้ดีขึ้น โดยที่ความเข้มข้นของแมงกานีสในสารละลายอาหารเท่ากับ 8 มิลลิกรัมต่อลิตรสาหร่ายมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยมีอัตราการเติบโตจำเพาะเท่ากับ 0.336 ดังแสดงในรูปที่ 9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 8 การเจริญเติบโตของสาหร่าย Spirulina platensis เมื่อเติมสารละลายแมงกานีสความเข้มข้นต่างๆ ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรของ Zarrouk ปริมาตร 1 ลิตร ค่า $O.D._{560}$ ของสาหร่ายเริ่มต้นให้มีค่า 0.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การสะสมแมงกานีสโดยสาหร่ายสไปรูไลนาในน้ำเสียสังเคราะห์

4.3.1 ความเข้มข้นแมงกานีสเริ่มต้น

ศึกษาผลของความเข้มข้นแมงกานีสเริ่มต้นต่อการสะสมแมงกานีสของสาหร่าย Spirulina platensis โดยมีความเข้มข้นเซลล์สาหร่ายเริ่มต้นเท่ากับ 140 มิลลิกรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร (mg dw/l) พบว่าความสามารถในการดูดซับแมงกานีสของ Spirulina platensis เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแมงกานีสเริ่มต้นเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของแมงกานีสในสารละลายอาหารมีค่าเท่ากับ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) สาหร่าย Spirulina platensis สามารถสะสมแมงกานีสได้สูงสุดเท่ากับ 20.32 ไมโครกรัมน้ำหนักแมงกานีสต่อมิลลิกรัมน้ำหนักเซลล์แห้ง (ug/mg dw) ที่ค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 9 ไม่สามารถตรวจวัดการสะสมแมงกานีสที่ความเข้มข้นแมงกานีสเริ่มต้นเท่ากับ 16 และ 32 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) ได้เนื่องจากมีการตกตะกอนเกิดขึ้น

4.3.2 ความเป็นกรด - ด่าง

การศึกษาผลของความเป็นกรด - ด่างของสารละลายที่มีต่อการสะสมแมงกานีสมีความสำคัญมาก นอกจากจะต้องพิจารณาถึงค่าความเป็นกรด - ด่างที่มีต่อการเจริญของเซลล์จุลินทรีย์แล้ว ค่าความเป็นกรด - ด่างจะต้องไม่ทำให้โลหะแมงกานีสเกิดปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลไอออนเกิดเป็นตะกอน รูปที่ 9 รูปที่10 และรูปที่ 11 แสดงผลการศึกษาค่าความเป็นกรด - ด่างเริ่มต้นของสารละลายอาหารต่อการสะสมแมงกานีสของ Spirulina platensis โดยค่าความเป็นกรด - ด่างที่ใช้ในการทดลองอยู่ในช่วง 9 ถึง 11 ในสารอาหารที่มีความเป็นกรด - ด่างสูงขึ้นพบว่าเซลล์สาหร่าย Spirulina platensis ดูดซับแมงกานีสได้ในปริมาณที่มากขึ้นอย่างรวดเร็ว ที่ค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 9 สาหร่าย Spirulina platensis จะดูดซับแมงกานีสได้ดีที่สุด แสดงว่าการสะสมแมงกานีสโดย Spirulina platensis มีค่าความเป็นกรด - ด่างที่เหมาะสมอยู่ในช่วง pH เท่ากับ 9 เมื่อความเข้มข้นของแมงกานีสเริ่มต้นมีค่าสูงขึ้นเท่ากับ 16 และ 32 มิลลิกรัมต่อลิตร(mg/l) แมงกานีสจะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลไอออนเกิดเป็นตะกอนเบาสีขาวไม่ละลายน้ำ

4.3.3 เวลา

การศึกษาการสะสมโลหะหนักโดยจุลินทรีย์โดยทั่วไปพบว่าเมื่อเติมสารละลายโลหะหนักที่ใช้ในการศึกษาลงในสารละลายอาหารขณะที่ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์ ปรากฏว่าความเข้มข้นของโลหะหนักในสารละลายอาหารจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยจะเข้าสู่สภาวะสมดุลภายในเวลาเพียง

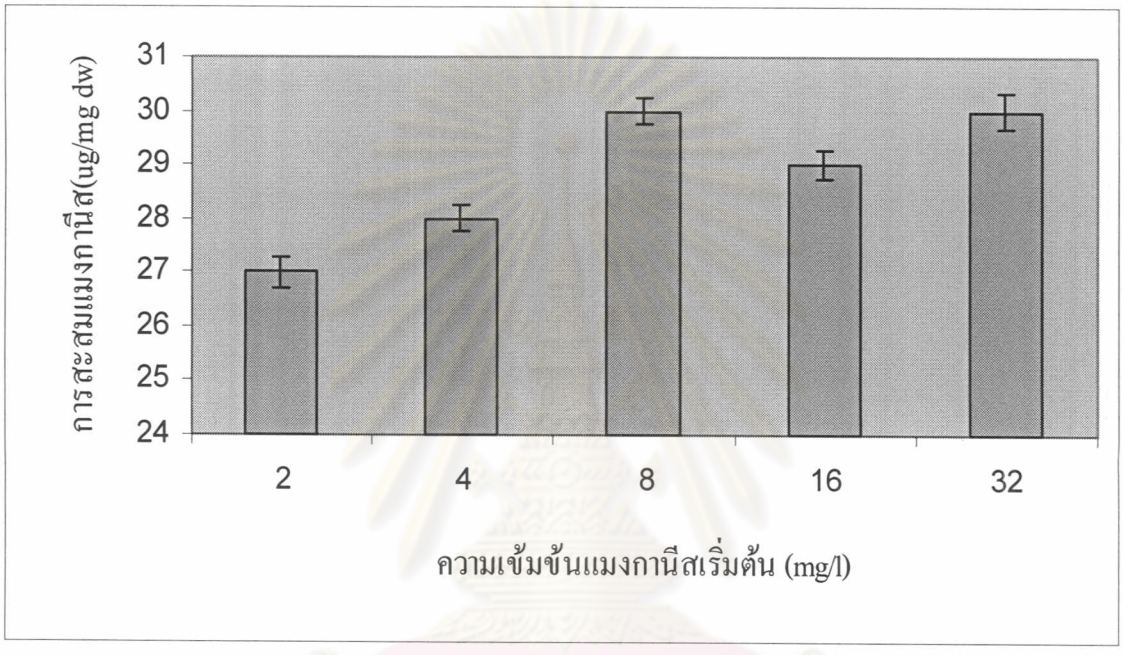
ไม่กี่นาทีเท่านั้น ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ลดลงอย่างรวดเร็ว คือ ความเข้มข้นของโลหะหนักภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วนั้น โดยทั่วไปเรียกว่าการสะสมในเทอมสั้น (short - term uptake)

ระยะเวลาที่ใช้ในการสะสมในเทอมสั้นขึ้นกับธรรมชาติของโลหะหนักและของจุลินทรีย์ การศึกษาผลของเวลาที่มีต่อการสะสมแมงกานีสของสาหร่าย Spirulina platensis โดยการเลี้ยงเซลล์ในสารละลายแมงกานีสคลอไรด์ ให้มีความเข้มข้นเซลล์สาหร่ายเริ่มต้นเท่ากับ 140 มิลลิกรัมน้ำหนักแห้งต่อลิตร ความเข้มข้นแมงกานีสเริ่มต้นเท่ากับ 2, 4, 8, 16 และ 32 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) ทำการเลี้ยงภายใต้สภาวะการเขย่าและให้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ เก็บตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตร ที่เวลา 5, 10, 20, 30, 45 และ 60 นาทีตามลำดับ นำมาวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีสโดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) พบว่าสาหร่าย Spirulina platensis สามารถสะสมแมงกานีสได้อย่างรวดเร็วในช่วง 5 นาทีแรก ดังแสดงในรูปที่ 10,11 และ12 หลังจากนั้นการสะสมจะค่อยๆเป็นไปอย่างช้าๆ คาดว่าการสะสมช่วงแรกอาจเกิดจากกระบวนการดูดซับที่บริเวณผิวเซลล์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ N. Rangsayatorn (2001) ซึ่งพบว่าสาหร่าย Spirulina platensis สามารถสะสมแคดเมียมได้อย่างรวดเร็ว คือ 78% ของการสะสมจะเสร็จสมบูรณ์ภายใน 5 นาที

4.3.4 การสะสมแมงกานีสในช่วงยาว (long - term uptake)

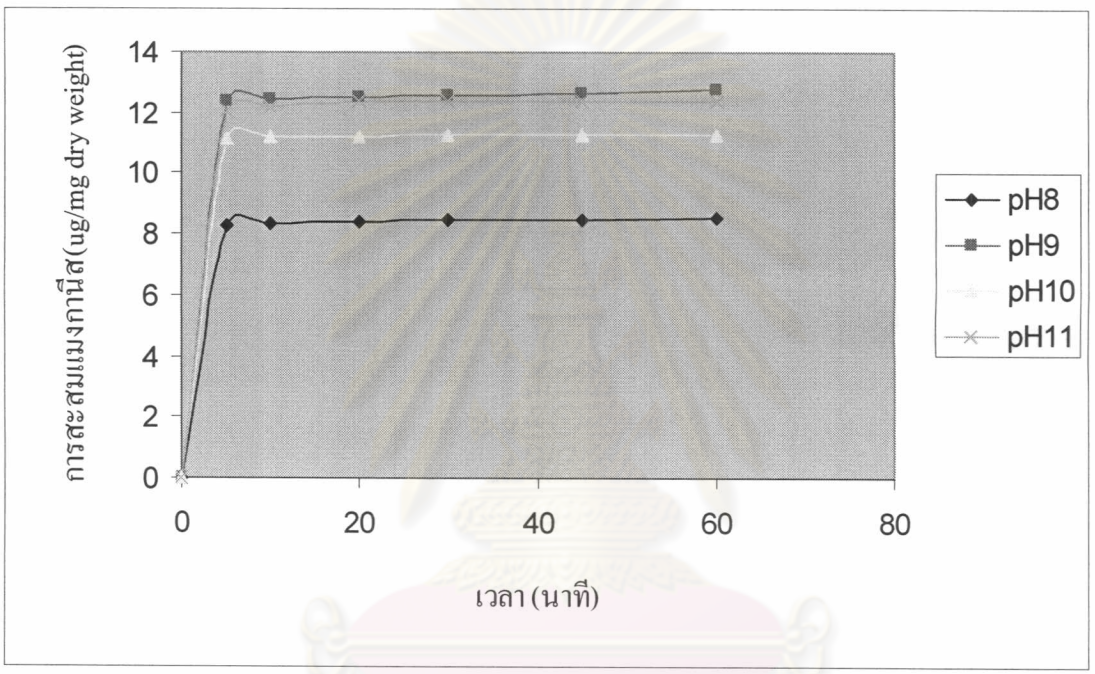
การศึกษาการสะสมแมงกานีสในช่วงยาวโดยทำการทดลองโดยเลี้ยงเซลล์สาหร่าย Spirulina platensis ในสารละลายอาหารปริมาตร 500 มิลลิลิตร ปรับค่า $O.D._{560}$ ของอาหารเลี้ยงสาหร่ายเริ่มต้นให้มีค่า 0.1 เติมสารละลายแมงกานีสในสารละลายอาหารเริ่มต้นเป็น 0, 2, 4, 8, 16 และ 32 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เลี้ยงภายใต้สภาวะการให้อากาศและแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสงประมาณ 10,000 ลักซ์ โดยให้แสงสว่าง 12 ชั่วโมง มืด 12 ชั่วโมง สลับที่ทุก 2 วัน เป็นระยะเวลา 5 วัน ค่าความเป็นกรด - ด่างเริ่มต้นเท่ากับ 9

หลังจากนั้นทำการเก็บตัวอย่างสาหร่าย ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยนำตัวอย่างที่เก็บได้กรองผ่านแผ่นกรอง Whatman เบอร์42 เก็บเซลล์เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีสโดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสเซลล์มีมากกว่าการสะสมในเทอมสั้น อาจเกิดจากแมงกานีสบางส่วนจะถูกถ่ายเทเข้าไปสะสมภายในเซลล์ด้วยกระบวนการอื่นๆ นอกเหนือจากกระบวนการดูดซับที่บริเวณผิวเซลล์ แต่สาหร่ายจะสามารถสะสมแมงกานีสได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น ปริมาณแมงกานีสในเซลล์สาหร่ายที่ทุกๆค่าความเข้มข้นแมงกานีสเริ่มต้นมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 30 ug/mg dw ดังรูปที่ 10



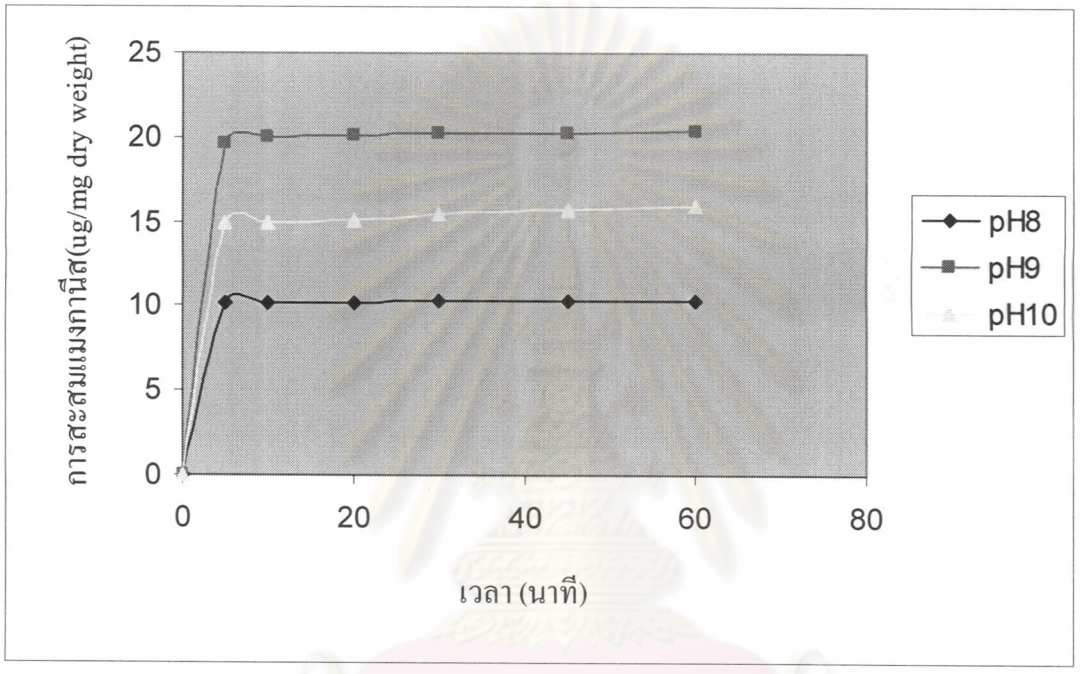
รูปที่ 9 เปรียบเทียบการสะสมแมงกานีสที่ความเข้มข้นแมงกานีสในสารละลายเริ่มต้นเท่ากับ 0, 2, 4, 8, 16 และ 32 มิลลิกรัมต่อลิตรที่เวลา 5 วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



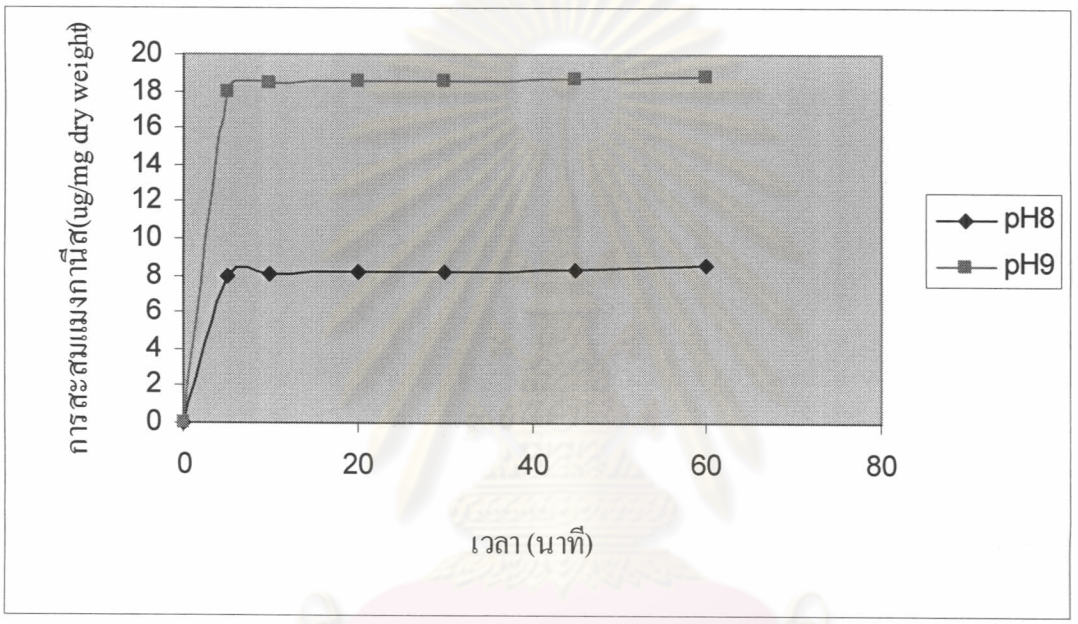
รูปที่ 10 เปรียบเทียบการดูดซับแมงกานีสที่ความเข้มข้นแมงกานีสในสารละลายเริ่มต้นเท่ากับ 2 มิลลิกรัมต่อลิตรที่เวลาต่างๆ เมื่อค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 8, 9, 10 และ 11 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 11 เปรียบเทียบการดูดซับแมงกานีสที่ความเข้มข้นแมงกานีสในสารละลายเริ่มต้นเท่ากับ 4 มิลลิกรัมต่อลิตรที่เวลาต่างๆเมื่อค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 8, 9 และ 10 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 12 เปรียบเทียบการดูดซับแมงกานีสที่ความเข้มข้นแมงกานีสในสารละลายเริ่มต้นเท่ากับ 8 มิลลิกรัมต่อลิตรที่เวลาต่างๆ เมื่อค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 8 และ 9 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การใช้สาหร่ายสไปรูไลนา (Spirulina platensis) ที่มีการสะสมของแมงกานีสเป็นอาหารสัตว์

สาหร่ายสไปรูไลนา (Spirulina platensis) มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยโปรตีน 63 - 68% ของน้ำหนักแห้ง จัดได้ว่าเป็นโปรตีนคุณภาพดี คือ เป็นโปรตีนที่ให้กรดอะมิโนชนิดต่างๆ ในสัดส่วนที่เพียงพอแก่ความต้องการของสัตว์ สาหร่ายสไปรูไลนา (Spirulina platensis) ที่มีการสะสมของแมงกานีสในระดับที่เหมาะสม จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์นอกจากจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารแล้วยังสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตอาหารได้อีกด้วย สำหรับในการทดลองนี้สาหร่ายที่มีความเหมาะสม คือ สาหร่ายสไปรูไลนาที่เพาะเลี้ยงโดยใช้ความเข้มข้นแมงกานีสเริ่มต้นเท่ากับ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 9 เนื่องจากเป็นค่าที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด โดยมีการสะสมแมงกานีสเท่ากับ 18.8 มิลลิกรัมน้ำหนักแมงกานีสต่อกรัมน้ำหนักเซลล์แห้ง (mg/g dw) โดยสามารถนำมาผสมในอาหารสัตว์ได้ดังตัวอย่าง เช่น

อาหารไก่

เนื่องจากไก่ที่ได้รับแมงกานีสไม่เพียงพอจะเกิดอาการกระดูกเปราะ มีไข่ลดลง อาหารไก่ ควรมีแมงกานีส 55 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ดังนั้นจึงสามารถผสมสาหร่ายสไปรูไลนา (Spirulina platensis) ที่มีการสะสมของแมงกานีสเพื่อเสริมอาหารปริมาณตั้งแต่ 2.92 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

อาหารสุกร

อาหารสุกร ควรมีแมงกานีส 20 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ดังนั้นจึงสามารถผสมสาหร่ายสไปรูไลนา (Spirulina platensis) ที่มีการสะสมของแมงกานีสเพื่อเสริมอาหารปริมาณตั้งแต่ 1 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

อาหารโค

อาหารโค ควรมีแมงกานีส 10 - 20 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ดังนั้นจึงสามารถผสมสาหร่ายสไปรูไลนา (Spirulina platensis) ที่มีการสะสมของแมงกานีสเพื่อเสริมอาหารปริมาณตั้งแต่ 0.50 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย