

อาทิตย์ จตุพรพงศ์ชัย : การเพิ่มธาตุสังกะสีอินทรีย์ใน *SPIRULINA PLATENSIS*  
(ENRICHMENT OF ORGANIC ZINC IN *SPIRULINA PLATENSIS*) อาจารย์ที่ปรึกษา :  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์, 119 หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดูดซึมเกลือสังกะสีในรูปแบบต่าง ๆ (สังกะสีซัลเฟต สังกะสีไนเตรท และสังกะสีคลอไรด์) ของสไปรูลีนา และระบุตำแหน่งของธาตุสังกะสีที่สะสมในเซลล์สไปรูลีนา เพื่อประเมินการพร้อมนำไปใช้ประโยชน์ (accessibility) และการนำไปใช้ประโยชน์ (availability) ของธาตุสังกะสีอินทรีย์ในสไปรูลีนาโดยวิธีการจำลองระบบการย่อยในระบบทางเดินอาหารในหลอดทดลอง (*in vitro*) และรวมถึงประเมินการเปลี่ยนแปลงและการเก็บรักษาสไปรูลีนาสด จากการทดลองพบว่า สไปรูลีนาที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงคัดแปร Zarrouk's ด้วยธาตุสังกะสีซัลเฟต (MZS) มีค่าชีวมวล (biomass) ปริมาณธาตุสังกะสี และปริมาณโปรตีนของเซลล์สูงสุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) จากอาหารเลี้ยงที่เติมเกลือสังกะสีชนิดอื่น นอกจากนี้สไปรูลีนาที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงคัดแปร Zarrouk's ด้วยธาตุสังกะสีเข้มข้น 1.6 ไมโครโมลของสังกะสีซัลเฟต พบว่ามีธาตุสังกะสีมากที่สุดคือ  $69.55 \pm 0.27$  ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) โปรตีนร้อยละ  $63.11 \pm 1.40$  (น้ำหนักแห้ง) อัตราการเจริญจำเพาะ ( $\mu$ ) 0.46 ต่อวัน อัตราการผลิตของเซลล์ (cell productivity) ( $P_x$ ) 0.55 กรัมต่อลิตร-วัน (น้ำหนักแห้ง) และเวลาที่เซลล์เพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่า (doubling time) ( $t_d$ ) 1.50 วัน

ในส่วนของไซโทพลาซึม (cytoplasm fraction) จากเซลล์สไปรูลีนา พบว่ามีธาตุสังกะสีร้อยละ 72.8 ( $60.50$  ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) เปรียบเทียบกับส่วนของผนังเซลล์ (cell wall fraction) มีธาตุสังกะสีร้อยละ 27.2 ( $22.62$  ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) จากผลการทดลองดังกล่าวอธิบายโดยนัยว่าธาตุสังกะสีสามารถเข้าไปอยู่ในไซโทพลาซึม โดยการขนส่งแบบใช้พลังงาน (active transport) ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ นอกจากนี้ค่าสเปกตรัม (spectra) จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy ช่วยยืนยันผลการเปลี่ยนแปลงของหมู่เอมีนในสไปรูลีนาที่เกิดขึ้นหลังจากมีการจับกับธาตุสังกะสี

จากการจำลองการพร้อมนำไปใช้ประโยชน์ (accessibility) และการนำไปใช้ประโยชน์ (availability) ของธาตุสังกะสีอินทรีย์ในสไปรูลีนา พบว่าสไปรูลีนาที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงคัดแปร Zarrouk's (SPM) หลังจากการย่อยผ่าน ไป 2 ชั่วโมง มีค่าการพร้อมนำไปใช้ประโยชน์ของสังกะสี (Zn accessibility) สูงที่สุด โดยภายหลังการย่อยของกระเพาะอาหารร้อยละ  $55.20 \pm 0.57$  และภายหลังการย่อยของลำไส้เล็กร้อยละ  $63.55 \pm 0.21$  ความสามารถนำไปใช้ประโยชน์ของธาตุสังกะสี ของสไปรูลีนาที่เลี้ยงในอาหาร SPM มีค่ามากที่สุดเช่นกันคือ ภายหลังการย่อยของกระเพาะอาหารร้อยละ  $62.94 \pm 1.75$  และภายหลังการย่อยของลำไส้เล็กร้อยละ  $34.63 \pm 0.95$

ในส่วนของเซลล์โปรตีนไลนาสด การเก็บรักษาเซลล์ด้วยกลีเซอรอลร้อยละ 5 (5% glycerol) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ โปรตีน และธาตุสังกะสีของเซลล์โปรตีนไลนาสด ซึ่งจากการทดลองเป็นไปตามปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (zero-order reaction) โดยสามารถทำนายการเก็บรักษาเซลล์โปรตีนไลนาสดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยกลีเซอรอลร้อยละ 5 โดยมีโปรตีนร้อยละ 55 มีอายุการเก็บ 50 วัน และธาตุสังกะสีในเซลล์ 54.89 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) ในขณะที่การเก็บรักษาเซลล์โปรตีนไลนาสดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไม่เติมกลีเซอรอล มีอายุการเก็บ 22 วัน มีโปรตีนร้อยละ 55 และธาตุสังกะสีในเซลล์ 70.34 ไมโครกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง)



สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร  
ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนักศึกษา

อาทิตย์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

สุพรรณ

ARTHIT JATUPORNPONGCHAI : ENRICHMENT OF ORGANIC ZINC  
IN *SPIRULINA PLATENSIS*. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUWAYD  
NINGSANOND, Ph.D., 119 PP.

*SPIRULINA PLATENSIS*/ORGANIC ZINC/AVAILABILITY/ACCESSIBILITY/  
STORAGE LIFE/ZERO-ORDER REACTION

The objectives of this study were to investigate the Zn uptake performance of *Spirulina platensis* using different Zn salts (zinc sulfate, zinc nitrate, and zinc chloride), and locate Zn deposit in cells to assess accessibility and availability of organic Zn in *Spirulina platensis* using *in vitro* simulated gastrointestinal digestion, and to evaluate changes and storage life of fresh *Spirulina platensis*. *Spirulina platensis* cultured in modified Zarrouk's medium with zinc sulfate (MZS) had significantly highest cell biomass, Zn, and protein among different various salts of Zn fortified media ( $p < 0.05$ ). In addition, the modified Zarrouk's medium with 1.6  $\mu\text{mol}$  Zn of MZS provided cells with the highest Zn content of  $69.55 \pm 2.70$   $\mu\text{g/g}$  dry weight, protein content of  $63.11 \pm 1.40\%$  dry weight, specific growth rate ( $\mu$ ) of 0.46 /day, cell productivity ( $P_x$ ) of 0.55 g/L.day dry weight and doubling time ( $t_d$ ) of 1.50 day.

Cytoplasm fraction obtained from *Spirulina platensis* cells had 72.8% (60.50  $\mu\text{g/g}$  dry weight) Zn compared with 27.2% (22.62  $\mu\text{g/g}$  dry weight) in cell wall fraction. This implied that Zn entered to cytoplasm via active transport across to the cell membrane. Fourier transform infrared (FT-IR) spectra indicated that the binding of  $\text{Zn}^{2+}$  apparently occurred at the amide groups.

Regarding simulation of accessibility and availability of organic Zn in *Spirulina platensis*. *Spirulina platensis* cultured in modified Zarrouk's medium (SPM) at 2 h digestion had the highest released Zn at  $55.20 \pm 0.57\%$  after the gastric digestion and  $63.55 \pm 0.21\%$  after the small intestinal digestion. Available Zn in the *Spirulina platensis* cells cultured in SPM was at  $62.94 \pm 1.75\%$  after the gastric digestion and at  $34.63 \pm 0.95\%$  after the small intestinal digestion.

For fresh *Spirulina platensis* cells, storage the cell with 5% glycerol at 4°C gave the best result compared with storage at 20°C and 30°C. Changes in protein and Zn contents of *Spirulina platensis* cells followed the zero-order reaction. The storage life of fresh *Spirulina platensis* cell at 4°C was predicted to be 50 days with 5% glycerol, estimating 55% protein and 54.89 µg/g dry weight Zn in the cells and to be 22 days without glycerol, having 55% protein and 70.34 µg/g dry weight of Zn in cell.



School of Food Technology

Academic Year 2013

Student's Signature Arthit

Advisor's Signature S. Niyomond