

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
สัญลักษณ์และคำย่อ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 สหรัยชนนง	4
2.2 แร่ธาตุในสหรัย	5
2.3 การเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก	9
2.4 การประเมินการดูดซึมได้	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	21
3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี	21
3.2 การเก็บและเตรียมตัวอย่าง	23
3.2.1 การเก็บตัวอย่างและเตรียมตัวอย่าง	23
3.2.2 การเตรียมตัวอย่างโดยวิธีการย่อยด้วยไมโครเวฟ	23
3.3 การวิเคราะห์ปริมาณการดูดซึมได้ (Bioaccessibility) ของแร่ธาตุ ในตัวอย่างสหรัย	24
3.3.1 การเตรียมน้ำย่อยสังเคราะห์	24
3.3.2 การเตรียมตัวอย่าง	27
3.3.3 การคำนวณปริมาณการดูดซึมได้	28

3.4 การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักโดยวิธี Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)	30
3.5 การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ (Method Validation)	31
3.5.1 การหาความแม่นยำ (Accuracy) และความเที่ยง (Precision) ของวิธีการวิเคราะห์	31
3.5.2 การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจพบได้ (LOD) และการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจหาปริมาณได้ (LOQ)	31
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	32
4.1 การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในสาหร่ายขนนกโดยเทคนิค ICP-OES	32
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณปริมาณการดูดซึมได้ของแร่ธาตุในสาหร่ายขนนก	40
4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ (Method validation)	47
4.3.1 ความแม่นยำ (Accuracy) และความเที่ยง (Precision) ของวิธีการวิเคราะห์	47
4.3.2 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ (LOD) และการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจหาปริมาณได้ (LOQ)	47
4.3.3 การศึกษาสมมูลมวลสาร	49
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	51
5.1 สรุปผลการวิจัย	51
5.2 ข้อเสนอแนะ	53
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ	59
ภาคผนวก ข. ผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุและปริมาณการดูดซึมได้ในสาหร่ายขนนก	61

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบของสารอาหาร รงควัตถุ (Pigment) และแร่ธาตุที่พบในสาหร่ายสีเขียว สกุล <i>Caulerpa</i> 3 สปีชีส์	7
2.2 ปริมาณแร่ธาตุที่พบในสาหร่าย <i>Porphyra</i> และ <i>Laminaria</i> ที่มีแหล่งที่มาจากประเทศ ในเอเชียและยุโรป	8
3.1 รายการวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้	21
3.2 โปรแกรมการให้ความร้อนของระบบการย่อยไมโครเวฟ	24
3.3 น้ำหนัก (มิลลิกรัม) และปริมาตรของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมน้ำย่อยแต่ละชนิด	26
3.4 พารามิเตอร์ของเครื่อง ICP-OES ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก	30
4.1 ปริมาณของแมงกานีส เหล็ก ทองแดง และสังกะสีในสาหร่ายขนนกที่วิเคราะห์โดย เทคนิค ICP-OES (ในหน่วย mg/kg Dry weight)	36
4.2 ปริมาณของแมงกานีส เหล็ก ทองแดง และสังกะสีในสาหร่ายขนนกที่วิเคราะห์โดย เทคนิค ICP-OES (ในหน่วย mg/kg Wet weight)	36
4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) สำหรับปริมาณแร่ธาตุที่มีในสาหร่าย (Total concentration) และปริมาณการดูดซึมได้ (Bioaccessibility)	46
4.4 ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ (LOD) และการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ สามารถตรวจหาปริมาณได้ (LOQ)	47
4.5 ผลการวิเคราะห์สารอ้างอิง (สาหร่าย NMIJ CRM 7405-a) โดยเทคนิค ICP-OES	48
4.6 เปรียบเทียบผลการทดลองจากวิธีการจำลองการย่อยอาหารและวิธีการย่อยด้วยไมโครเวฟ	50

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายขนนก (<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>corynephora</i>)	4
2.2 ไดอะแกรมของระบบการย่อยตัวอย่างด้วยกรดโดยใช้ Heating block	10
2.3 ไดอะแกรมของระบบการย่อยตัวอย่างด้วยไมโครเวฟแบบระบบเปิด	11
2.4 ไดอะแกรมของระบบการย่อยตัวอย่างด้วยไมโครเวฟแบบระบบปิด	12
3.1 แผนผังขั้นตอนการจำลองระบบการย่อยอาหารในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก	29
4.1 ปริมาณของแมงกานีส เหล็ก ทองแดง และสังกะสีในสาหร่ายขนนกที่เก็บจากแหล่ง เก็บตัวอย่างแหล่ง S1 ถึง S6 (ในหน่วย mg/kg Dry weight)	33
4.2 ปริมาณเฉลี่ยของแมงกานีส เหล็ก ทองแดง และสังกะสีในสาหร่ายขนนกที่เก็บจากแหล่ง เก็บตัวอย่างแหล่ง S1 ถึง S6 (ในหน่วย mg/kg Dry weight)	38
4.3 ปริมาณแมงกานีสที่มีในสาหร่าย (Total Mn concentration) เทียบกับปริมาณการ ดูดซึมได้ (Bioaccessible fraction)	41
4.4 ปริมาณทองแดงที่มีในสาหร่าย (Total Cu concentration) เทียบกับปริมาณการดูดซึมได้ (Bioaccessible fraction)	42
4.5 ปริมาณการดูดซึมได้ (Bioaccessibility, %) ของ Mn และ Cu ในเฟสการย่อยในกระเพาะ อาหาร (G) และในเฟสการย่อยในลำไส้เล็ก (GI)	42
4.6 ปริมาณเหล็กที่มีในสาหร่าย (Total Fe concentration) เทียบกับปริมาณการดูดซึมได้ (Bioaccessible fraction)	43
4.7 ปริมาณสังกะสีที่มีในสาหร่าย (Total (concentration) เทียบกับปริมาณการดูดซึมได้ (Bioaccessible fraction)	44
4.8 ปริมาณการดูดซึมได้ (Bioaccessibility, %) ของ Mn และ Cu ในเฟสการย่อยในกระเพาะ อาหาร (G) และในเฟสการย่อยในลำไส้เล็ก (GI)	45

สัญลักษณ์และคำย่อ

AAS	Atomic Absorption Spectrometry
AES	Atomic Emission Spectrometry
B	Bile (น้ำดี)
CRM	Certified Reference Material (สารอ้างอิง)
D	Duodenal fluid (น้ำย่อยในลำไส้เล็ก)
DI	Deionized water (น้ำปราศจากไอออน)
EPA	Environmental Protection Agency
g	กรัม
G	การย่อยในกระเพาะอาหาร/น้ำย่อยในกระเพาะอาหาร
GI	การย่อยในลำไส้เล็ก
GHz	จิกะเฮิรตซ์
HDPE	High Density Polyethylene
HG	Hydride Generation
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
I	Inorganic solution (สารละลายอนินทรีย์)
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry
kg	กิโลกรัม
LOD	Limit of Detection
LOQ	Limit of Quantitation
mg	มิลลิกรัม
mL	มิลลิลิตร
O	Organic solution (สารละลายอินทรีย์)
ppt	ส่วนในพันส่วน
S	Saliva (น้ำลาย)
SD	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
μg	ไมโครกรัม