สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ง

บทคัดย่อภาษาไทย จ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ช

สารบัญ ฌ

สารบัญตาราง ฏ

สารบัญภาพ ฑ

อักษรย่อ ถ

บทที่ 1 บทนำและวัตถุประสงค์ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร 3

2.1 ไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) 3

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟโคไซยานิน 4

2.3 การประยุกต์ใช้ไฟโคไซยานิน 9

2.4 น้ำพุร้อน (hot spring) 11

2.5 ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียน้ำพุร้อน 12

2.6 การศึกษาเกี่ยวกับไฟโคไซยานินทนร้อน 12

2.7 การทำบริสุทธิ์และการตรวจสอบความบริสุทธิ์โปรตีน 13

2.8 อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีวิจัย 20

3.1 การเก็บไซยาโนแบคทีเรียจากแหล่งน้ำพุร้อนธรรมชาติ 23
3.2 การคัดกรองไซยาโนแบคทีเรียที่มีไฟโคไซยานินทนอุณหภูมิสูง 26
3.3 การเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรียในอุณหภูมิต่างๆ และการขยายขนาดการเพาะเลี้ยง 28
3.4 การทำไฟโคไซยานินให้บริสุทธิ์ 28
3.5 การศึกษาคุณสมบัติของไฟโคไซยานินจากไซยานโนแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยง 31

บทที่ 4 ผลการวิจัย 34

4.1 การคัดกรองไซยาโนแบคทีเรียที่มีไฟโคไซยานินทนอุณหภูมิสูง 34
4.2 การเพาะเลี้ยงและการขยายขนาดการเพาะเลี้ยง 41
4.3 การทำไฟโคไซยานินให้บริสุทธิ์ 42
4.4 ศึกษาคุณสมบัติของไฟโคไซยานินจากไซยาโนแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยง 46

บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย 55

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย 65

เอกสารอ้างอิง 66

ภาคผนวก 76

ภาคผนวก ก สารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้ในการทดลอง 77
ภาคผนวก ข อาหารเลี้ยงเชื้อสูตร BG11 79
ภาคผนวก ค 16S rDNA sequencing analysis 80
ภาคผนวก ง การวัดปริมาณโปรตีน Lowry protein assay 82
ภาคผนวก จ การตกตะกอนเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต 84

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ฉ SDS polyacrylamide gel electrophoresis 86

ภาคผนวก ช 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity 89

ภาคผนวก ซ การวิเคราะห์ปริมาณไฟโคไซยานินและสถิติ 91

ภาคผนวก ฌ การเพาะเลี้ยง 94

ภาคผนวก ญ marker 98

ภาคผนวก ฎ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity 99

ประวัติผู้เขียน 117

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 แสดงชนิดของบิลินที่เกาะกับโปรตีนในไฟโคไซยานินแต่ละชนิด 9

ตาราง 3.1 พิกัดของจุดเก็บตัวอย่างและรหัสของตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรียที่ใช้ในการศึกษา 25

ตาราง 3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ *in vitro* digestibility 32

ตาราง 4.1 ปริมาณไฟโคไซยานินเริ่มต้น (mg/g DW) ของตัวอย่างที่มีปริมาณไฟโคไซยานินเริ่มต้นสูงสุด 10 อันดับ 34

ตาราง 4.2 ร้อยละของไฟโคไซยานินคงเหลือหลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 1 ชั่วโมง 36

ตาราง 4.3 จำนวนประชากรไซยาโนแบคทีเรียที่พบในตัวอย่างที่เก็บจากน้ำพุร้อนแจ้ซ้อน 37

ตาราง 4.4 ค่าความบริสุทธิ์หลังผ่านขั้นตอนต่างๆ 45

ตาราง 4.5 ปริมาณไฟโคไซยานินและ%phycocyanin remaining ก่อน-หลังทดสอบ *in vitro* digestibility 50

ตาราง 5.1 เปรียบเทียบการทำบริสุทธิ์ไฟโคไซยานิน 59

ตาราง 5.2 เปรียบเทียบขนาดของหน่วยย่อยโปรตีนของไฟโคไซยานิน 60

ตาราง ก.1 ปริมาณสารละลาย A และ B ที่ใช้ใน pH ต่างๆ 77

ตาราง จ.1 ปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$) ที่ใช้ตกตะกอนโปรตีนที่ความเข้มข้นต่างๆ (g/L) 85

ตาราง ช.1 ความเข้มข้น Gallic acid 89

ตาราง ช.2 ปริมาณสารที่ใช้ในการทดสอบ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity 90

ตาราง ซ.1 ค่าการดูดกลืนแสงของปริมาณไฟโคไซยานินเริ่มต้น (mg/mL) 91

ตาราง ฌ.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 nm ของการเพาะเลี้ยง *T. elongatus* AARTT012 ที่อุณหภูมิต่างๆ นาน 15 วัน 94

ตาราง ฌ.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 nm ของการเพาะเลี้ยง *T. elongatus* AARTT012 นาน 45 วัน 95

ตาราง ฎ.1 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารมาตรฐาน Gallic acid ในช่วงความเข้มข้น 0.001-0.008 mg/ml 99

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง ฎ.2 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD 100

ตาราง ฎ.3 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GDหลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 15 นาที 101

ตาราง ฎ.4 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GDหลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 30 นาที 102

ตาราง ฎ.5 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD หลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 60 นาที 103

ตาราง ฎ.6 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD หลัง *in vitro* digestion 104

ตาราง ฎ.7 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD หลัง *in vitro* digestion บ่มที่ 70°C นาน 15 นาที 105

ตาราง ฎ.8 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD หลัง *in vitro* digestion บ่มที่ 70°C นาน 30 นาที 106

ตาราง ฎ.9 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD หลัง *in vitro* digestion บ่มที่ 70°C นาน 60 นาที 107

ตาราง ฎ.10 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 108

ตาราง ฎ.11 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 15 นาที 109

ตาราง ฎ.12 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 30 นาที 110

ตาราง ฎ.13 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 60 นาที 111

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตาราง ฎ.14 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลัง *in vitro* digestion 112

ตาราง ฎ.15 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลัง *in vitro* digestion บ่มที่ 70°C นาน 15 นาที 113

ตาราง ฎ.16 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลัง *in vitro* digestion บ่มที่ 70°C นาน 30 นาที 114

ตาราง ฎ.17 ความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลัง *in vitro* digestion บ่มที่ 70°C นาน 60 นาที 115

ตาราง ฎ.18 ค่า IC_{50} และ GAE ของตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบ DPPH 116

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 2.1 โครงสร้างของไซยาโนแบคทีเรีย 3

ภาพ 2.2 โครงสร้างของไฟโคบิลิโซมและการถ่ายทอดอิเล็กตรอนใน PS II 5

ภาพ 2.3 เจล SDS-PAGE ของไฟโคอีริธริน ไฟโคไซยานิน และอัลโลไฟโคไซยานิน ที่ผ่านการทำบริสุทธิ์จาก *Lyngbya* sp. A09DM 5

ภาพ 2.4 โครงสร้างของบิลินแต่ละชนิด 6

ภาพ 2.5 โครงสร้าง 3 มิติของไฟโคบิลิโปรตีน 7

ภาพ 2.6 ค่าดูดกลืนแสงช่วงที่ตามองเห็น และ ช่วงฟลูออเรสเซนต์ที่ปลดปล่อยมา ของไฟโคบิลิโปรตีนแต่ละชนิด 7

ภาพ 2.7 การสังเคราะห์บิลิโปรตีน 8

ภาพ 2.8 การศึกษาคุณสมบัติแบบ *In vitro* ของไฟโคไซยานิน 11

ภาพ 2.9 ลักษณะตัวแลกเปลี่ยนประจุบวกและตัวแลกเปลี่ยนประจุลบ 15

ภาพ 3.1 แผนภาพแสดงขอบข่ายงานวิจัย 22

ภาพ 3.2 พิกัดของแหล่งน้ำพุร้อนที่เก็บตัวอย่าง 23

ภาพ 3.3 แหล่งน้ำพุร้อนที่เก็บตัวอย่าง 24

ภาพ 3.4 ลำดับชั้นของการวางกระดาษฟิลเตอร์ เจล และ PVDF membrane ในการ blotting 30

ภาพ 4.1 ความเข้มข้นไฟโคไซยานินจาก 21 ตัวอย่าง 35

ภาพ 4.2 ความเข้มข้นของไฟโคไซยานินหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิสูง 70°C นาน 1 ชั่วโมง ของตัวอย่างจากน้ำพุร้อนที่มีค่าความเข้มข้นไฟโคไซยานินเริ่มต้นสูงสุด 10 ตัวอย่าง 36

ภาพ 4.3 ลักษณะของสารสกัดไฟโคไซยานินที่เปลี่ยนแปลงหลังทดสอบที่อุณหภูมิ 70°C นาน1 ชั่วโมง 37

ภาพ 4.4 ประชากรไซยาโนแบคทีเรียในตัวอย่างที่มีไฟโคไซยานินทนร้อน 38

ภาพ 4.5 Agarose gel ของการสกัด genomic DNA ของตัวอย่าง 39

ภาพ 4.6 Agarose gel ของการสกัด genomic DNA ของตัวอย่างที่ผ่านการ PCR 39

ภาพ 4.7 ผล nucleotide blast 39

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพ 4.5 Phylogenetic tree จาก 16S rDNA sequencing analysis ของตัวอย่าง และกลุ่มแบคทีเรียที่มีความใกล้ชิดกันจากการใช้ NCBI BLAST สร้าง phylogenetic tree จาก neighbor-joining ด้วยโปรแกรม MEGA7 ตัวเลขแสดง %bootstrap ที่มากกว่า 50 จำนวน 1000 ซ้ำ 40

ภาพ 4.6 เซลล์ *T. elongatus* AARLT012 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100X 41

ภาพ 4.7 การเจริญของ *T. elongatus* AARLT012 ปริมาตร 300 mL ในอาหาร BG11 ที่อุณหภูมิห้อง 37°C 45°C และ 50°C นาน 15 วัน 41

ภาพ 4.8 กราฟการเจริญของ *T. elongates* AARLT012 ปริมาตร 10L ในอาหาร BG11 ที่อุณหภูมิ 50°C นาน 45 วัน 42

ภาพ 4.9 ไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลังผ่าน Q-sepharoseTM fast flow ion-exchange column chromatography fraction ที่ 24-33 43

ภาพ 4.10 กราฟแสดงปริมาณไฟโคไซยานินที่สกัดจาก *T. elongatus* AARLT012 หลังผ่าน Q-sepharoseTM fast flow ion-exchange column chromatography 43

ภาพ 4.11 ไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลังผ่าน Sephadex-75 gel filtration column chromatography ที่ 55-64 44

ภาพ 4.12 กราฟแสดงปริมาณไฟโคไซยานินที่สกัดจาก *T. elongatus* AARLT012 หลังผ่าน Sephadex-75 gel filtration column chromatography 44

ภาพ 4.13 SDS-PAGE 45

ภาพ 4.14 PVDF membrane ที่ผ่านการ blotting 46

ภาพ 4.15 เปรียบเทียบลำดับกรดอะมิโนปลาย N ของแถบโปรตีนจาก SDS-PAGE กับสายพันธุ์อื่น 46

ภาพ 4.16 ปริมาณไฟโคไซยานินที่สกัดจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD และ *T. elongatus* AARLT012 หลังบ่มที่ 40°C-80°C เป็นเวลา 30 นาที 47

ภาพ 4.17 ไฟโคไซยานินคงเหลือที่สกัดจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD และ *T. elongatus* AARLT012 หลังบ่มที่ 70°C เป็นเวลา 120 นาที 48

ภาพ 4.18 สีของสารสกัดไฟโคไซยานินหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 70°C ทำการเจือจาง 2 เท่า 49

ภาพ 4.19 สีของสารสกัดไฟโคไซยานินหลังผ่านการทดสอบ *in vitro* digestibility 50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพ 4.20 ค่าการดูดกลืนแสงของ *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD ในการทดสอบ *in vitro* digestibility 51

ภาพ 4.21 ค่าการดูดกลืนแสงของ *T. elongatus* AARLT012 ในการทดสอบ *in vitro* digestibility 51

ภาพ 4.22 เปรียบเทียบค่า GAE ของตัวอย่างไฟโคไซยานินที่สกัดจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD และ *T. elongatus* AARLT012 หลังการทดสอบ *in vitro* digestion แต่ละขั้น 52

ภาพ 4.23 ร้อยละคงเหลือของ GAE ของตัวอย่างไฟโคไซยานินที่สกัดจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD และ *T. elongatus* AARLT012 หลังการทดสอบ *in vitro* digestion แต่ละขั้น 53

ภาพ 4.24 เปรียบเทียบค่า GAE ของตัวอย่างไฟโคไซยานินที่สกัดจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD และ *T. elongatus* AARLT012 หลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 60 นาที 54

ภาพ 4.25 ร้อยละคงเหลือของ GAE ของตัวอย่างไฟโคไซยานินที่สกัดจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD และ *T. elongatus* AARLT012 หลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 60 นาที 54

ภาพ ง.1 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้น BSA และ A_{610} ของ Lowry protein assay 83

ภาพ ญ.1 Prestained protein marker ที่ใช้ในงานวิจัย 98

ภาพ ฎ.1 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารมาตรฐาน Gallic acid ในช่วงความเข้มข้น 0.001-0.008 mg/ml 99

ภาพ ฎ.2 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD 100

ภาพ ฎ.3 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD หลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 15 นาที 101

ภาพ ฎ.4 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD หลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 30 นาที 102

ภาพ ฎ.5 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD หลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 60 นาที 103

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพ ฎ.6 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD หลัง *in vitro* digestion 104

ภาพ ฎ.7 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD หลัง *in vitro* digestion บ่มที่ 70°C นาน 15 นาที 105

ภาพ ฎ.8 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD หลัง *in vitro* digestion บ่มที่ 70°C นาน 30 นาที 106

ภาพ ฎ.9 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* GD หลัง *in vitro* digestion บ่มที่ 70°C นาน 60 นาที 107

ภาพ ฎ.10 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 108

ภาพ ฎ.11 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 15 นาที 109

ภาพ ฎ.12 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 30 นาที 110

ภาพ ฎ.13 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลังบ่มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 60 นาที 111

ภาพ ฎ.14 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลัง *in vitro* digestion 112

ภาพ ฎ.15 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลัง *in vitro* digestion บ่มที่ 70°C นาน 15 นาที 113

ภาพ ฎ.16 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลัง *in vitro* digestion บ่มที่ 70°C นาน 30 นาที 114

ภาพ ฎ.17 กราฟแสดงความสามารถในการยับยั้ง DPPH˙radical ของสารสกัดไฟโคไซยานินจาก *T. elongatus* AARLT012 หลัง *in vitro* digestion บ่มที่ 70°C นาน 60 นาที 115

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อ

อักษรย่อ	ความหมาย
PC	ไฟโคไซยานิน (phycocyanin)
PE	ไฟโคอีริธริน (phycoerythrin)
APC	อัลโลไฟโคไซยานิน (allophycocyanin)
PCB	ไฟโคไซยาโนบิลิน (phycocyanobilin)
PEB	ไฟโคอีริโธรบิลิน (phycoerythrobilin)
PUB	ไฟโคยูโรบิลิน (phycourobilin)
PVB	ไฟโคไวโอโรบิลิน (phycoviolobilin)
PS II	ระบบแสง II (photosystem II)
$\lambda_{A\ max}$	ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด
$\lambda_{F\ max}$	ความยาวคลื่นที่มีการปลดปล่อยแสงสูงสุด
kHz	กิโลเฮิรตซ์ (kilo hertz)
kDa	กิโลดาลตัน (kilo Dalton)
°C	องศาเซลเซียส (degree celsius)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved