

ผลของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ
และเคมีของสารสกัดพืช

EFFECTS OF ZnO NANOPARTICLES ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF
PLANT EXTRACTS



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุนาโน
วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECTS OF ZnO NANOPARTICLES ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF
PLANT EXTRACTS



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING
IN NANOMATERIAL ENGINEERING
COLLEGE OF NANOTECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2017




COPYRIGHT 2017

COLLEGE OF NANOTECHNOLOGY

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้โดยสถาบันฯ โดยอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชานาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี
วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ ผลของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารสกัดพืช
Special Project Title EFFECTS OF ZnO NANOPARTICLES ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF PLANT EXTRACTS
นักศึกษา นาย ชนาธิป ไทยเมื่อง
รหัสประจำตัว 57110010
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา นาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี
สาขาวิชา วิศวกรรมวัสดุนาโน
ปีการศึกษา 2560
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร สมพรไพลิน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. วินัดดา วงศ์วิริยะพันธ์	
รศ.ดร. กนกพร สมพรไพลิน	
ดร. มยุรี พลเยี่ยม	

ภาควิชานาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบังอนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัสดุนาโน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRBANG



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดารินี พรหมโยธิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อหัวหน้าภาควิชาฯ นาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยีด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2561

Special Project Title	Effects of ZnO nanoparticles on physicochemical properties of plant extracts.
Student	Mr. Chanatip Thaimueng
Student ID	57110010
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Nanomaterial Engineering
Year	2017
Special Project Advisor	Associate Professor Dr. Kanokporn Sompornpailin

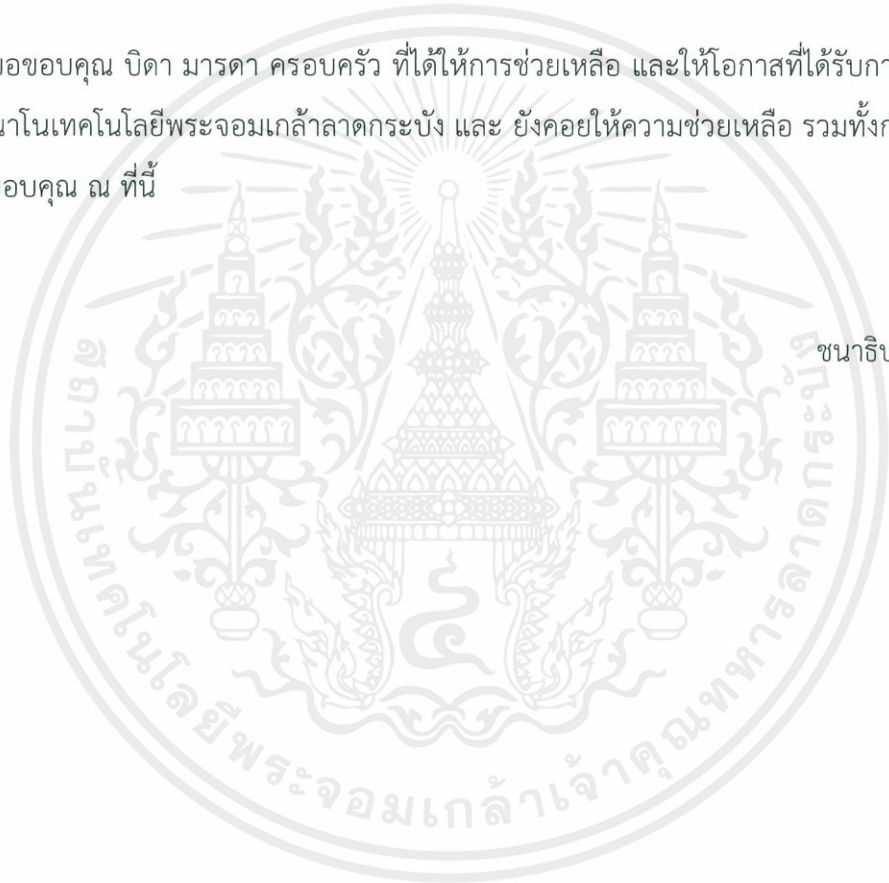
ABSTRACT

Red oak and Green oak lettuces were used in the physicochemical studies of plant extract. Lettuce plants were blended with deionized water with ratio 1:1 and 1:2 (W/V) and compared their physicochemical properties. Moreover, non-removal and removal residue of the extracts were also study. The result showed that removal residue of the 1:1 extracts was a proper condition for generating specific properties. Although, the red and green extracts are different in voltage and ampere. Both extracts were used for analyzing the interaction with ZnO. The proper condition of the extract was added with ZnO at different concentrations and examined their properties. When the concentration of ZnO was enhanced in the extract, pH value of the extract increased, while EC content of the extract did not change. The result showed that the extract adding 10 mg/L ZnO showed the highest electrical properties (voltage and current) especially the red extraction. The additional ZnO at higher than 10 mg/L ZnO decreased electrical properties. The photosynthetic and flavonoid pigments in Red oak are higher than Green oak, therefore the extraction of Red oak presented the better electrical properties than the extraction of Green oak. In addition, electrical circuit was increased by added cells. Serial circuit accrued the voltage and parallel circuit accrued the current in this system.

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จไปด้วยดี ด้วยความเอาใจใส่ ความกรุณา คอยแนะนำ และให้คำปรึกษาในทุกๆ ด้านของงานวิจัย และคอยให้ความช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร สมพรไพสิน อาจารย์ที่ปรึกษา เป็นผู้ที่คอยแนะนำและช่วยเหลือในการทำงานวิจัยครั้งนี้ และขอบคุณวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบังที่ให้ความรู้ใน สถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งเพื่อน พี่ และน้องที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือตลอดมา

ขอขอบคุณ บิดา มารดา ครอบครัว ที่ได้ให้การช่วยเหลือ และให้โอกาสที่ได้รับการศึกษาในวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง และ ยังคอยให้ความช่วยเหลือ รวมทั้งกำลังใจ จึงขอกราบขอบคุณ ณ ที่นี้



ชนาธิป ไทยเมือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญภาพ.....	VII
สารบัญตาราง.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	2
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 สมมติฐานงานวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	3
2.1 พีชและองค์ประกอบ.....	3
2.1.1 คลอโรฟิลล์.....	3
2.1.2 แคโรทีนอยด์.....	4
2.1.2.1 แคโรทีน.....	5
2.1.2.2 แซทีฟิวส์.....	5
2.1.3 ฟลาโวนอยด์.....	6
2.2 อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์.....	8
2.2.1 คุณสมบัติที่ข้องกับการผลิตกระแสไฟฟ้า.....	8
2.3 แนวทางการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพืช.....	8
2.3.1 กระแสไฟฟ้า.....	9
2.3.2 หลักการไฟฟ้าเคมี.....	10
2.3.2.1 เซลล์ไฟฟ้าเคมี.....	10
2.3.2.2 เซลล์กัลวานิกหรือเซลล์โวลตาอิก.....	11
2.3.3 วงจรไฟฟ้า.....	12
2.3.3.1 วงจรแบบอนุกรม.....	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.3.1 วงจรแบบขนาน.....	14
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพืช.....	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	18
3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการสกัดสารและต่อวงจรไฟฟ้า.....	18
3.1.1 วัสดุอุปกรณ์	18
3.1.2 สารเคมี.....	18
3.2 วิธีการเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติของสารสกัด.....	19
3.2.1 วิธีการเตรียมสารสกัดพืช.....	19
3.2.2 การศึกษาผลกระทบของ อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ในสารสกัด.....	19
3.3 การตรวจสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า.....	19
3.3.1 การเตรียมสารสกัดจากพืชสำหรับการทดสอบความเป็นกรด-เบส.....	19
3.3.2 การตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัด.....	20
3.3.3 การตรวจวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสารสกัด.....	20
3.4 การจำแนกองค์ประกอบรงควัตถุในสารสกัดพืช.....	21
3.4.1 การสกัดและตรวจสอบคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์.....	21
3.4.2 การสกัดและตรวจสอบฟลาโวนอยด์.....	21
3.5 ระบบวงจรที่มีผลต่อกระแสไฟฟ้าของสารสกัด.....	22
3.5.1 การต่อเซลล์กระแสไฟฟ้าอนุกรม.....	22
3.5.2 การต่อเซลล์กระแสไฟฟ้าขนาน.....	23
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	24
4.1 ผลการเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อสารสกัด.....	24
4.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการเติม อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ลงใน สารสกัดพืช.....	30
4.3 ผลการตรวจสอบองค์ประกอบรงควัตถุในสารสกัดพืช.....	32
4.3.1 การตรวจสอบคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์.....	33
4.3.2 การตรวจสอบฟลาโวนอยด์.....	34
4.4 ผลการทดสอบระบบวงจรกระแสไฟฟ้าของสารสกัด.....	35
4.4.1 ระบบวงจรกระแสไฟฟ้าแบบอนุกรม.....	35
4.4.2 ระบบวงจรกระแสไฟฟ้าแบบขนาน.....	36
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.1 สรุปผลการวิจัย	38
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	38
บรรณานุกรม.....	39
ประวัติผู้เขียน.....	41



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงโครงสร้างของคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี.....	4
2.2 แสดงโครงสร้างของแคโรทีนอยด์ในอาหารธรรมชาติที่พบมาก 6 ชนิด.....	5
2.3 โครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์.....	6
2.4 โครงสร้างพื้นฐานของแอนโทไซยานิน.....	7
2.5 การเคลื่อนที่ของประจุ.....	9
2.6 วงจรไฟฟ้าพื้นฐาน.....	13
2.7 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม.....	14
2.8 การรวมวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม.....	14
2.9 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน.....	15
2.10 การรวมวงจรไฟฟ้าแบบขนาน.....	15
2.11 ค่าความเป็นกรด – เบสของสารสกัดทั้ง 5 ชนิด.....	16
2.12 ค่าแรงดันทางไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่างวงจรแบบอนุกรมและแบบขนาน.....	17
2.13 ค่ากระแสไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่างวงจรแบบอนุกรมและขนาน.....	17
3.1 ตัวอย่างเซลล์ชีวภาพ.....	20
3.2 การต่อเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพแบบอนุกรม.....	22
3.3 การต่อเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพแบบขนาน.....	23
4.1 กราฟผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-เบสและค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัด.....	25
4.2 กราฟผลการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของสารสกัด.....	26
4.3 ภาพสารสกัดพืช.....	27
4.4 กราฟผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-เบสและค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัด.....	28
4.5 กราฟผลการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของสารสกัด.....	29
4.6 กราฟผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-เบสและค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัด.....	31
4.7 กราฟผลการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของสารสกัด.....	32
4.8 ภาพลักษณะของใบพืช.....	33
4.9 กราฟผลการตรวจสอบคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์.....	34
4.10 กราฟผลการตรวจสอบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์.....	34
4.11 กราฟผลการตรวจสอบค่าศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของวงจรแบบอนุกรม.....	36
4.12 กราฟผลการตรวจสอบค่าศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของวงจรแบบขนาน.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงโครงสร้างของคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี.....	10
4.1 แสดงโครงสร้างของแคโรทีนอยด์ในอาหารธรรมชาติที่พบมาก 6 ชนิด.....	30
4.2 โครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์.....	30



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

โลกยุคปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีในหลาย ๆ ด้านมาใช้ในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้นทุกวัน จนกระทั่งเทคโนโลยีเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญ ปัจจัยหนึ่งที่ขาดไม่ได้ในสมัยนี้ และสิ่งที่ต้องการควบคู่กับเทคโนโลยีก็คือพลังงาน เนื่องจากมนุษย์มีความจำเป็นต้องใช้พลังงานสำหรับพัฒนาเทคโนโลยีอย่างมาก และรวดเร็ว การเสาะหาแหล่งผลิตพลังงานให้มากขึ้น และแหล่งพลังงานที่สามารถใช้ได้อย่างต่อเนื่องอย่างไม่จำกัด แหล่งพลังงานที่มีอยู่ไม่จำกัด ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม แต่พลังงานเหล่านี้ต้องการ ระบบการแปลงพลังงานที่ค่อนข้างซับซ้อนให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ และพลังงานในปริมาณค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้เชื้อเพลิงชีวภาพ ยังจัดเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่ไม่จำกัดที่สำคัญ แต่การเคลื่อนย้ายไปยังแหล่งใช้งานมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการค่อนข้างสูง ทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการดำเนินการในช่วงเวลานี้ เมื่อเทียบกับแหล่งพลังงานที่ใช้งานในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามแหล่งพลังงานที่ใช้งานในปัจจุบัน อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างสูงชัน ดังนั้นการหาแหล่งพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืนสำหรับการใช้งานในอนาคตเป็นสิ่งจำเป็น

พืชเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มากมาย และสามารถเพิ่มปริมาณได้ตามความต้องการ ดังนั้นแนวทางการศึกษาหาแหล่งพลังงานจากพืช โดยศึกษาถึงสมบัติขององค์ประกอบในพืชที่มีผลต่อการเกิดการเคลื่อนที่ของประจุ ซึ่งอาจส่งผลต่อการเกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งอาจประยุกต์นำพืชมาใช้สำหรับเป็นแหล่งพลังงานในอนาคต

อนุภาคโลหะออกไซด์ เป็นสารกึ่งตัวนำที่ทำหน้าที่เป็นชั้นให้โมเลกุลของสารสกัดจากพืชยึดเกาะ รวมทั้งรับอิเล็กตรอนจากสารสกัด และส่งผ่านอิเล็กตรอนไปยังขั้วแอโนด จึงควรเป็นอนุภาคที่มีพื้นที่ผิวมาก และนำอิเล็กตรอนได้ดี นิยมใช้อนุภาคของโลหะออกไซด์ที่มีแถบพลังงานกว้าง (มากกว่า 3 eV) เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ซิงค์ออกไซด์ (อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์) และทินออกไซด์ (SnO_2) เป็นต้น

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และชีวภาพของสารสกัดจากพืชทางด้านต่าง ๆ ได้แก่ ค่า pH, ปริมาณรงควัตถุที่ให้สี (เม็ดสี; pigment) ในพืช และสมบัติของสารสกัดจากพืช เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อไป และทำการเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ลงไปในสารสกัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสารสกัดปกติ กับสารสกัดที่เติมอนุภาคนาโนซิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไซด์ เพื่อสร้างกระแสไฟฟ้าในระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ซึ่งเป็นแนวทางในการนำพืชมาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งพลังงานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาชนิดของพืช และจำแนกองค์ประกอบรงควัตถุในพืช
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการเตรียมสารสกัดและตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความเข้มข้นของอนุภาคซิงค์ออกไซด์ที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารสกัดพืช
- 1.2.4 เพื่อศึกษาระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพโดยใช้สารสกัดพืช
- 1.2.5 เพื่อศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

สารสกัดเซลล์ชีวภาพจากพืชแต่ละชนิดมีสารที่มีประจุเป็นองค์ประกอบหลายชนิด สารเหล่านี้สามารถให้ค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ชนิด และปริมาณสารประกอบภายในพืช ส่งผลต่อปริมาณไอออน และค่าความเป็นกรด-ด่างในสารสกัดจากพืช และมีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัด ดังนั้นการนำสารสกัดพืชชนิดต่าง ๆ มาตรวจสอบสมบัติ และศึกษาแนวโน้มการนำไฟฟ้าร่วมกับอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ซึ่งมีสมบัติในการส่งผ่านอิเล็กตรอนได้ดีทำให้สามารถเพิ่มการเกิดกระแสไฟฟ้า และนำผลการทดลองของสารสกัดที่มีแนวโน้มการให้ค่าการนำไฟฟ้าที่สูง มาใช้ในระบบการต่อวงจรไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพทั้ง 2 ระบบที่มีการให้ค่ากระแส และแรงดันที่ต่างกัน ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพสามารถนำไปประยุกต์ใช้เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ กับอุปกรณ์ขนาดเล็ก

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

- 1.4.1 การเลือกตัวอย่างพืช และเทคนิคการทำสารสกัด
- 1.4.2 การเตรียมสารสกัด และตรวจสอบสมบัติของสารสกัดจากพืช
- 1.4.3 การศึกษาผลกระทบของซิงค์ออกไซด์ต่อคุณสมบัติทางกาย และชีวภาพของสารสกัดจากพืชชนิด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ศึกษาตัวอย่างพืชและการเตรียมสารสกัดที่เหมาะสมต่อการทดสอบ
- 1.5.2 ศึกษาสารสกัดพืชร่วมกับอนุภาคซิงค์ออกไซด์ความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการนำไฟฟ้า
- 1.5.3 เทคนิคใหม่ในการตรวจค่าทางไฟฟ้าของสารสกัดจากพืช
- 1.5.4 ศึกษากระบวนการต่อวงจรไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับสารสกัดจากพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 พืช และองค์ประกอบของพืช

พืชประกอบด้วยสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ ซึ่งมีประจุที่แตกต่างกัน และส่งผลต่อการเกิดกระแสไฟฟ้าของพืช ซึ่งมีผลต่อการสร้างกระแสไฟฟ้า นั่นคือ รงควัตถุ หรือ เม็ดสี ซึ่งเม็ดสีในพืชมีหลายชนิดที่สำคัญ ดังนี้



ผักสลัด กรีนโอ๊ค (Green Oak)

พืชล้มลุกไม่ห่อหัว ใบมีสีเขียวซ้อนกันเป็นชั้น ปลายใบหยักเป็นลอน โคนมน น้ำหนัก 160-190 กรัม/ต้น



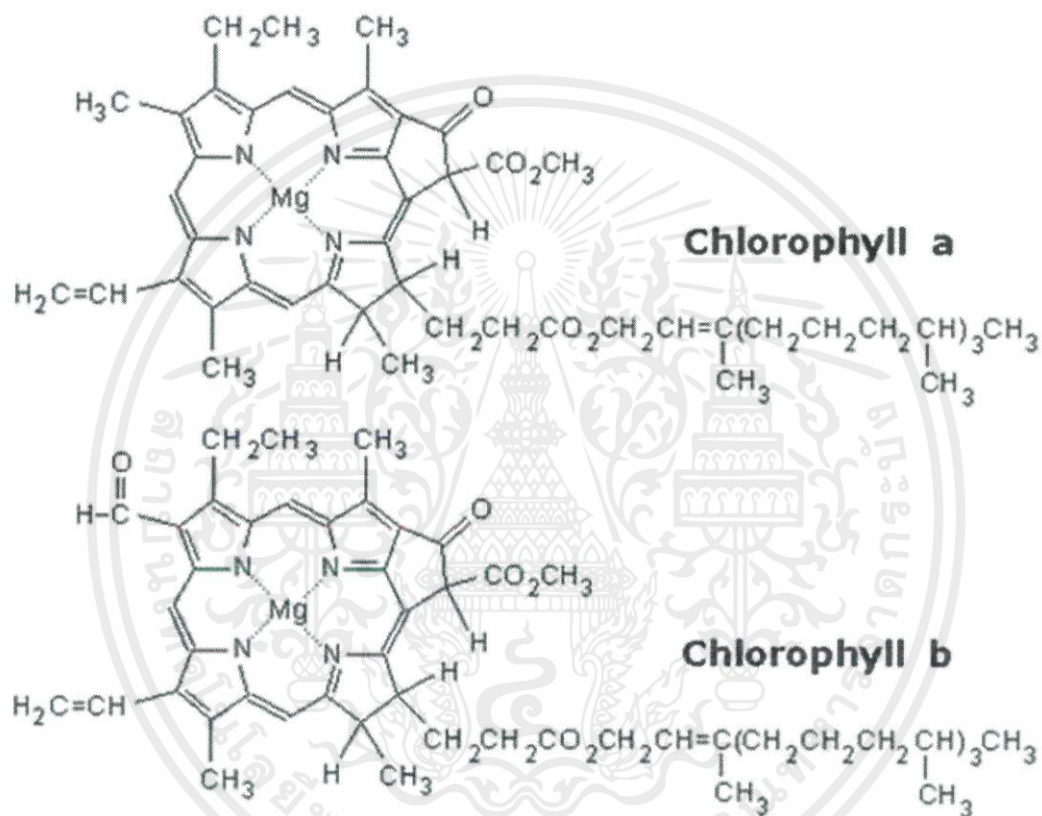
ผักสลัด เร็ดโอ๊ค (Red Oak)

พืชล้มลุก ไม่ห่อหัว ก้านใบสีเขียวคล้ำออกไปทางน้ำตาลแดง ช่วงกลางถึงปลาย ใบมีสีแดงถึงน้ำตาลแดงเข้ม ใบซ้อนกันเป็นชั้น ปลายใบหยักเป็นลอน ลักษณะโคนมน แต่เป็นเหลี่ยมและมีรอยเป็นแฉกชัดเจน มากกว่ากรีนโอ๊ค น้ำหนัก 130-170 กรัม/ต้น

2.1.1 คลอโรฟิลล์

คลอโรฟิลล์ เป็น รงควัตถุที่มีขนาดเล็กมาก และเป็นสารประกอบสีเขียว สามารถพบได้ในส่วนที่มีสีเขียวในพืช ในสาหร่าย และในแบคทีเรียบางชนิด ซึ่งคลอโรฟิลล์เป็นโมเลกุลที่รับพลังงานจากแสง มาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างสารอินทรีย์ เช่น น้ำตาล เป็นต้น และคลอโรฟิลล์ที่อยู่ภายในโครงสร้างคลอโรฟิลล์ มีชื่อว่า เยื่อหุ้มไทลาคอยด์ (Thylakoid Membrane) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีเยื่อหุ้มอยู่ภายในออร์แกเนลล์ (Organelle) มีชื่อว่า คลอโรพลาสต์ (Chloroplast) คลอโรฟิลล์สามารถดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงคลื่นแสงสีฟ้า และแสงสีแดง แต่สามารถดูดกลืนช่วงคลื่นแสงสีเหลือง และแสงสีเขียวได้น้อย ดังนั้นเมื่อได้รับแสงอาทิตย์จะดูดกลืนแสงสีฟ้า และสีแดงเอาไว้ ส่วนแสงสีเขียวที่ไม่ได้ถูกดูดกลืนจะสะท้อนออกมาเป็นแสงสีเขียว ทำให้เราเห็นคลอโรฟิลล์เป็นสีเขียว คลอโรฟิลล์ที่อยู่ในธรรมชาติมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ซึ่งจะมีโครงสร้างของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลหลักเหมือนกัน คือ มีวงแหวนไพโรล 4 วง ซึ่งคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดจะมีลักษณะโมเลกุลของโซ่ข้างเคียง (Side Chain) ที่แตกต่างกันไป เช่น ความแตกต่างระหว่างคลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll a) และคลอโรฟิลล์ บี (Chlorophyll b) ที่วงแหวนไพโรล (Pyrrole ring) วงที่สองของคลอโรฟิลล์ เอ มีโซ่ข้างเคียงเป็นหมู่เมทิล (-CH₃) ส่วนของคลอโรฟิลล์ บี มีโซ่ข้างเคียงเป็นหมู่แอลดีไฮด์ (-CHO) เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี แตกต่างกัน ทำให้สมบัติในการดูดกลืนแสงต่างกัน เป็นผลทำให้คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี มีสีแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยคลอโรฟิลล์ เอ มีสีเขียวเข้ม ส่วนในคลอโรฟิลล์ บี มีสีเขียวอ่อน



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี [1]

2.1.2 แคโรทีนอยด์

รงควัตถุที่มีทั้งสีเหลือง ส้ม แดง และส้ม-แดง สามารถพบทั่วไปในพืช และสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ทำงานร่วมกับคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีสีเขียวซึ่งทำหน้าที่ดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์ เพื่อการสังเคราะห์แสง และช่วยการเจริญเติบโตของพืช ในอุตสาหกรรมอาหารถูกใช้เป็นสีผสมอาหารจากธรรมชาติ เพราะเป็นกลุ่มสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกาย และช่วยต้านอนุมูลอิสระได้ โครงสร้างหลักของรงควัตถุกลุ่มนี้ คือ สายไฮโดรคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 40 อะตอม เป็น ไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัว มีพันธะคู่หลายตำแหน่ง ซึ่งแคโรทีนอยด์ จำแนกได้เป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

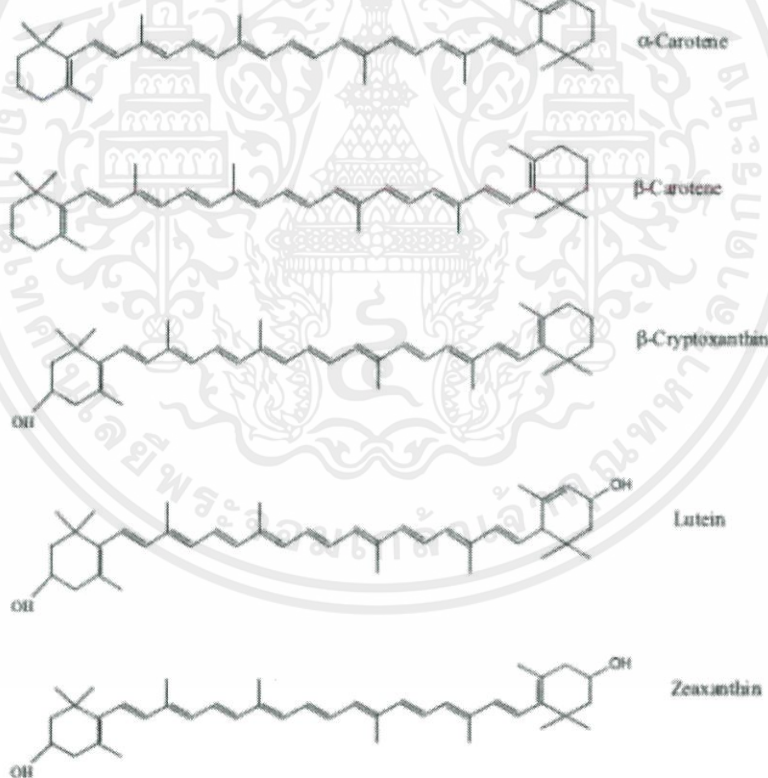
2.1.2.1 แคโรทีน (Carotene)

รงควัตถุที่มีสีส้ม หรือ ส้ม-แดง เป็นสายยาวของไฮโดรคาร์บอน

2.1.2.2 แซโทฟิลล์ (Xanthophyll)

มีสีเหลือง หรือ ส้ม-เหลือง เป็นสายยาวของไฮโดรคาร์บอน ที่มีออกซิเจนเป็น องค์ประกอบ ซึ่งแซโทฟิลล์ มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับระดับ Oxidation ของโมเลกุล แคโรทีนอยด์ในอาหารธรรมชาติมีประมาณ 600 ชนิด ที่พบมากมี 6 ชนิด ดังนี้

1. แอลฟา-แคโรทีน (Alpha-carotene)
2. บีตา-แคโรทีน (Beta-carotene)
3. บีตา-คริปโตแซนทิน (Beta-cryptoxanthin)
4. ไลโคพีน (Lycopene)
5. ลูทีน (Lutein)
6. ซีแซนทิน (Zeaxanthin)

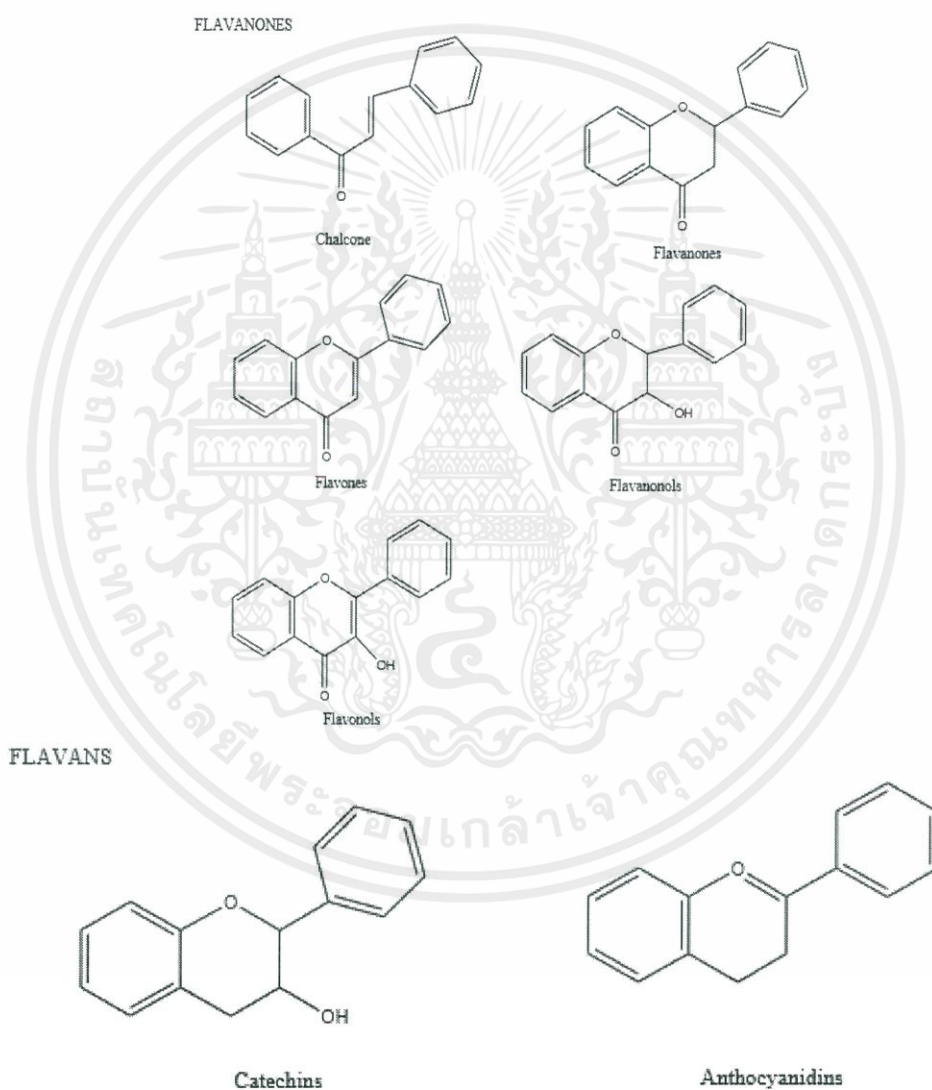


ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของแคโรทีนอยด์ในอาหารธรรมชาติที่พบมาก 6 ชนิด [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ฟลาโวนอยด์

ฟลาโวนอยด์มีโครงสร้างพื้นฐานของโมเลกุลประกอบด้วยวงเบนซีน 2 วงเชื่อมกัน ด้วยคาร์บอน 3 อะตอม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ฟลาโวนอน (Flavanones) ซึ่งมีโครงสร้างแบบคีโตนอยู่ในโมเลกุล และฟลาวาน (Flavans) ซึ่งมีโครงสร้างแบบแอลดีไฮด์ หรือ แอลกอฮอล์ เนื่องจากแอนโทไซยานินเป็นฟลาโวนอยด์ หลักที่พบทั่วไป จึงจะกล่าวแอนโทไซยานินเป็นหลักส่วนฟลาโวนอยด์อื่นๆ มีข้อมูลน้อยกว่าแอนโทไซยานิน สำหรับสารประกอบที่มีโครงสร้างโมเลกุลแตกต่างจากนี้จัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลอื่น ๆ

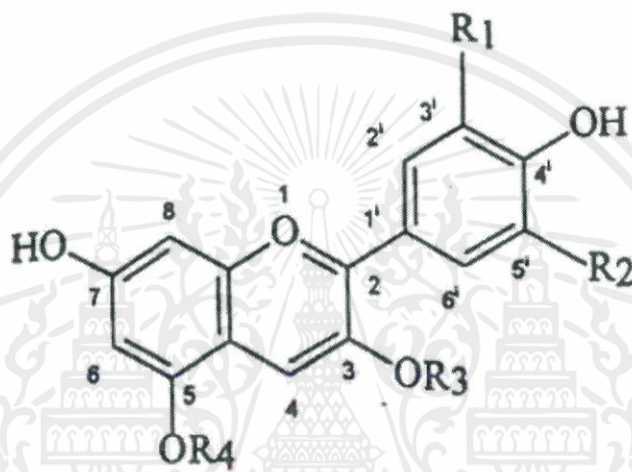


ภาพที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์ [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอนโทไซยานิน

สารสีที่มีหลายสีตั้งแต่สีน้ำเงิน ม่วง จนถึงสีแดง พบในผักผลไม้ และดอกไม้ละลายน้ำได้ดี โครงสร้างพื้นฐานของแอนโทไซยานิน ประกอบด้วยฟลาเวียม แคทไอออน (Flavylium cation) โดยมีโมเลกุลของน้ำตาลเกาะที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 แต่กับน้ำตาลเกาะที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 7 3' 4' หรือ 5' เล็กน้อย น้ำตาลส่วนใหญ่อยู่ในรูป มอนो ได หรือ ไตรแซ็กคาไรด์ของน้ำตาลกลูโคส กาแลกโทส อะราบิโนส และไซโลส เมื่อน้ำตาลถูกไฮโดรไลซ์เหลืออะไกลโคน (Aglycone) หรือ ที่เรียกว่า แอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidins)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างพื้นฐานของแอนโทไซยานิดิน [3]

ฟลาโวนอยด์อื่น ๆ

ฟลาโวนอยด์อื่น ๆ หรือ ที่เรียกว่า แอนโทแซนทิน (Anthoxanthins) เป็นกลุ่มสารที่ไม่มีสีไปจนถึงมีสีเหลือง กลุ่มฟลาวาโนน (Flavanones) เช่น เฮสเพอริดิน (Hesperidin) ในผลไม้จำพวกส้ม นารินจิน (Naringin) เป็นสารที่ให้รสขมในส้มโอ และมะนาว แทงเจอริน (Tangerine) ในส้มจีน กลุ่มฟลาโวน เช่น อะพิจินิน (Apigenin) ในผักชีฝรั่ง กลุ่มฟลาโวนมีโครงสร้างเช่นเดียวกับไอโซฟลาโวน (Isoflavones) ยกเว้นวงแหวนฟีนิลที่อยู่ตำแหน่งที่ 2 ขณะที่ในกลุ่มไอโซฟลาโวนจะอยู่ที่ตำแหน่งที่ 3 ของฟลาเวียมแคทไอออน ไอโซฟลาโวน เช่น เจนิสทิน (Genistein) ในพวงถั่ว กลุ่มฟลาโวนอล (Flavanol) ในพืชทั่วไปและหัวหอม สตรอบเออรี น้ำผึ้ง และไมริซิทิน (Myricetin) ในองุ่น ส่วนคาเทชิน (Catechin) เช่น อีพิกาทะชิน (Epicatechin) แกลโลคาเทชิน (Gallo catechin) และแกลโลอิพิคาเทชิน (Gall epicatechin) ในชาเขียว แอปเปิล ลูกพรุน และองุ่น ฟลาโวนอยด์เหล่านี้เป็นสารที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านออกซิเดชัน (Oxidation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide: ZnO) เป็นสารกึ่งตัวนำช่องแถบตรง (direct band gap) ที่มีแถบพลังงาน 3.3 อิเล็กตรอนโวลต์ ที่อุณหภูมิห้อง และ 3.44 อิเล็กตรอนโวลต์ ที่อุณหภูมิ 4 เคลวิน ซิงค์ออกไซด์มีโครงสร้างแบบเฮกซะโกนอลเวอร์ไซต์ (Hexagonal wurtzite) หรือ คิวบิกซิงค์เบลน (Cubic Zinc Blende) หรือ ร็อกซอลต์ (Cubic Rocksalt) โครงสร้างแบบเฮกซะโกนอล เวอร์ไซต์ มีค่าคงที่ผลึก $a=b=3.24 \text{ \AA}$ และ $c= 5.20 \text{ \AA}$ มีค่ามวลยังผลพาหะ (carrier effective mass) ของอิเล็กตรอนกับโฮล คือ $0.24 m_0$ และ $0.59 m_0$ ตามลำดับ มีค่าความเร็วของการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (Electron mobility) ที่ผลึกเดี่ยวซิงค์ออกไซด์ (ZnO single crystal) ระหว่าง 100 ถึง $200 \text{ cm}^2 / \text{V}$ และมีค่าความเร็วของการเคลื่อนที่ของโฮล (hole mobility) ประมาณ $180 \text{ cm}^2 / \text{V}$ หลายปีที่ผ่านมาซิงค์ออกไซด์จึงเป็นที่นิยมนำไปสร้างอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์เช่น ตัวเปล่งแสงย่านสีน้ำเงิน (light emitting diodes : LED) ไดโอดเลเซอร์ (Laser diodes) และตัวตรวจวัดแสงย่านอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet photodetector) เป็นต้น นอกจากนี้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ยังสามารถสร้างให้มีโครงสร้างระดับนาโนที่หลากหลาย เช่นอนุภาคนาโน (Nanoparticle) แท่งนาโน (Nanorod) เข็มนาโน (Nanoneedle) ทรงกลมนาโน (Nanosphere) และอื่น ๆ ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น เป็นตัวย่อยสลายสารเคมีด้วยแสง วัสดุสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง วัสดุสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสม วัสดุดูดกลืนรังสี อัลตราไวโอเล็ตวัสดุตรวจจับแก๊ส สารเคมี วัสดุตรวจจับแสง เป็นต้น

2.2.1 คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกระแสไฟฟ้า

ซิงค์ออกไซด์มีลักษณะสมบัติที่สามารถถูกเหนี่ยวนำให้มีลักษณะเป็น ferromagnetic ได้ดี โดยการเจือด้วยธาตุที่มีสมบัติเป็นแม่เหล็ก เช่น เหล็ก โคบอลต์ นิกเกิล เป็นต้น หรือ เจือด้วยธาตุที่ไม่มีสมบัติเป็นแม่เหล็ก เช่น ไททานเนียม วานาเดียม เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมาใช้งานในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ได้หลายชนิด นอกจากนี้การเจือด้วยธาตุต่าง ๆ ยังทำให้ซิงค์ออกไซด์มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าที่ดีขึ้นได้ เช่น การเจือด้วยลิเทียม จะส่งผลให้ซิงค์ออกไซด์มีค่าต้านทานสูง ($> 10^{12}$ โอห์มเซนติเมตร) การเจือด้วยอินเดียม (In) ทำให้ซิงค์ออกไซด์สามารถนำพาอิเล็กตรอนได้ดี โดยมี carrier concentration ได้มากถึง 10^{20} เซนติเมตร⁻³ จากลักษณะสมบัติเหล่านี้ทำให้ซิงค์ออกไซด์นำไปใช้กันอย่างแพร่หลายในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์

2.3 แนวทางการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพืช

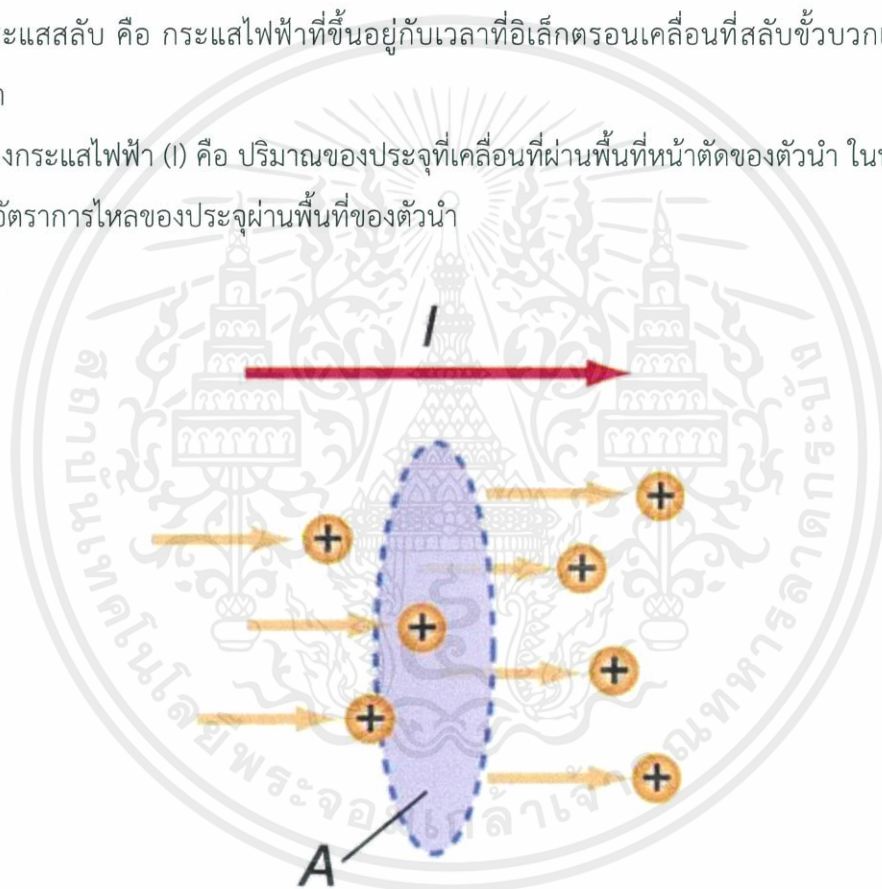
การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพืชนั้นใช้หลักการของไฟฟ้าเคมี เซลล์กัลวานีคร่วมกับหลักการแลกเปลี่ยนพลังงานจากองค์ประกอบของเซลล์พืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 กระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า (electric current) เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ในตัวกลางหรือตัวนำไฟฟ้าที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของสนามไฟฟ้า ซึ่งแตกต่างจากไฟฟ้าสถิต ตรงที่ประจุไฟฟ้าไม่มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในตัวนำไฟฟ้าลักษณะที่มีการชนกันของอะตอม และระหว่างอิเล็กตรอนเองทำให้เกิดความต้านทานขึ้น ดังนั้นความต้านทานของตัวนำจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ

- กระแสไฟฟ้ามีได้สองแบบ คือ แบบ กระแสตรง และ กระแสสลับ
- ไฟฟ้ากระแสตรงขึ้นอยู่กับทิศทางของอิเล็กตรอนในตัวนำ ซึ่งถ้าอิเล็กตรอนมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียว และไม่ขึ้นอยู่กับเวลา
- ไฟฟ้ากระแสสลับ คือ กระแสไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับเวลาที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่สลับขั้วบวกและขั้วลบตลอดเวลา
- นิยามของกระแสไฟฟ้า (I) คือ ปริมาณของประจุที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ ในหนึ่งหน่วยเวลา คือ อัตราการไหลของประจุผ่านพื้นที่ของตัวนำ



ภาพที่ 2.5 การเคลื่อนที่ของประจุ [5]

หากมีประจุทั้งหมด Q เคลื่อนที่ผ่าน พื้นที่หน้าตัด A ในช่วงเวลา ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำนี้มีค่าเป็น

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยของกระแสไฟฟ้า คือ หน่วยของประจุต่อเวลา คูลอมบ์ต่อวินาที หรือ แอมแปร์ (A) ซึ่ง $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$

• กระแสไฟฟ้าจะเกิดได้ก็ต่อเมื่อมีความต่างศักย์ให้กับตัวนำนั้น เพราะ ความต่างศักย์ไฟฟ้าทำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นในตัวนำ ซึ่งประจุบวกจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้า และประจุลบจะเคลื่อนที่สวนทาง กับทิศทางของกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 2.1 กระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ที่ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ [5]

อุปกรณ์	กระแสไฟฟ้า (A)	ความต่างศักย์ (V)
เครื่องคิดเลข	0.0003	3
เครื่องกระตุ้นหัวใจ	10-20	10,000
เครื่องปั๊มมบบัง	10	120
ไฟฉาย	0.1	3

2.3.2 หลักการไฟฟ้าเคมี

เซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical cell) คือ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางเคมีที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือ ไฟฟ้าเป็นเคมี

2.3.2.1 เซลล์ไฟฟ้าเคมี

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากสารเคมีทำปฏิกิริยากันในเซลล์แล้วเกิดกระแสไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย เซลล์แอลคาไลน์ เซลล์ปรอท เซลล์เงิน แบตเตอรี่

2. เซลล์อิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic cell) คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี เกิดจากการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเซลล์แล้วเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น เช่น เซลล์แยกน้ำด้วยไฟฟ้า การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า การใช้ปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า หรือ การใช้กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ในเซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical cell)

ส่วนประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

1. ขั้วไฟฟ้า เป็นวัสดุที่นำไฟฟ้าโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน มี 2 ชนิด ดังนี้

1.1 ขั้วว่องไว (Active electrode) ได้แก่ ขั้วโลหะทั่วไป เช่น Zn Cu Pb ขั้วพวกนี้บางโอกาสจะมีส่วนร่วมใน ปฏิกิริยาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขั้วเฉื่อย (Inert electrode) คือ ขั้วที่ไม่มีส่วนร่วมใด ๆ ในการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น Pt C (แกรไฟต์)

ในเซลล์ไฟฟ้าปกติ จะประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วเสมอ ดังนี้

1. ขั้วแอโนด (Anode) คือ ขั้วที่เกิดออกซิเดชัน
2. ขั้วแคโทด (Cathode) คือ ขั้วที่เกิดรีดักชัน

2.3.2.2 เซลล์กัลวานิก หรือ เซลล์โวลตอิก (galvanic cell or voltaic cell)

เซลล์ไฟฟ้าเคมีซึ่งเป็นระบบที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยภายในเซลล์เกิดปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปอีกสารหนึ่ง (ปฏิกิริยารีดอกซ์) โดยที่สารตั้งต้นไม่ได้สัมผัสกันโดยตรง ทำให้การไหลของอิเล็กตรอนผ่านตัวนำอย่างต่อเนื่อง จึงเกิดกระแสไฟฟ้าในวงจร ตัวอย่างเช่น เซลล์ไฟฟ้าเคมี ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่รถยนต์ และเซลล์เชื้อเพลิงที่มนุษย์อวกาศใช้ในการเดินทางไปสำรวจดวงจันทร์

องค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก

เซลล์กัลวานิก ประกอบด้วยสองครึ่งเซลล์ แต่ละครึ่งเซลล์มักประกอบด้วยโลหะ ซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าจุ่มอยู่ในสารละลายของไอออนของโลหะนั้น ทำหน้าที่เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แต่ไอออนสองชนิดกรณีนี้มักใช้ขั้วเฉื่อย เป็นขั้วไฟฟ้า เพราะอโลหะหรือไอออนไม่สามารถเป็นขั้วไฟฟ้าได้ เช่น มีก๊าซ H_2 อยู่ร่วมกับ H^+ หรือ ก๊าซ Cl_2 อยู่ร่วมกับ Sn^{4+} โดยมี Pt เป็นขั้วไฟฟ้า เป็นต้น (ขั้วไฟฟ้าเฉื่อยไม่มีส่วนในการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์เพียงแต่ทำหน้าที่ให้กระแสอิเล็กตรอน หรือ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเท่านั้น) ซึ่งเซลล์กัลวานิก เป็นเซลล์ไฟฟ้าที่สามารถผลิตไฟฟ้าให้เกิดขึ้นได้เองด้วยปฏิกิริยารีดอกซ์ ในการศึกษาปฏิกิริยารีดอกซ์ เราใช้แผ่นโลหะจุ่มในสารละลายโดยตรง แต่ในเซลล์ไฟฟ้าเคมีแผ่นโลหะที่จะเกิดปฏิกิริยากับสารละลาย อยู่ในภาชนะต่างกันแล้วนำมาต่อเชื่อมกัน เซลล์ไฟฟ้าจึงประกอบด้วยภาชนะ 2 ใบ เรียกภาชนะแต่ละใบว่า ครึ่งเซลล์ (Half Cell) ครึ่งเซลล์ คือ แผ่นโลหะที่จุ่มลงไป ในสารละลายของไอออนของโลหะนั้น หรือ ก๊าซที่พ่นลงในสารละลายของก๊าซนั้น แผ่นโลหะ หรือ ก๊าซที่จุ่มอยู่ในสารละลายเรียกว่า ขั้วไฟฟ้า

ขั้วไฟฟ้าจะมี 3 ชนิด ดังนี้

1. ขั้วไฟฟ้าโลหะ คือ แผ่นโลหะที่จุ่มในสารละลายของไอออนของโลหะนั้น ขั้วโลหะจะทำหน้าที่ เกิดปฏิกิริยา และนำอิเล็กตรอน
2. ขั้วไฟฟ้าก๊าซ คือ ก๊าซที่พ่นลงไป ในสารละลาย ก๊าซจะทำหน้าที่ในการเกิดปฏิกิริยา แต่นำอิเล็กตรอนไม่ได้ จึงต้องใช้ร่วมกับขั้วไฟฟ้าเฉื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขั้วไฟฟ้าเฉื่อย เป็นขั้วไฟฟ้าที่ช่วยนำอิเล็กตรอน แต่ไม่มีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยาต้องใช้ร่วมกับขั้วไฟฟ้าก๊าศขั้วไฟฟ้าเฉื่อย

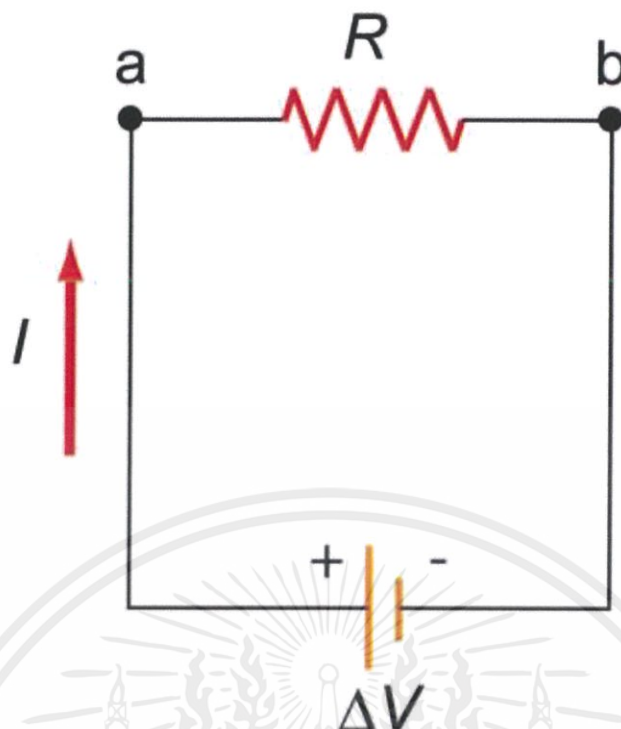
เมื่อนำครึ่งเซลล์ที่ต่างกัน 2 ครึ่งเซลล์ มาต่อเชื่อมเข้าด้วยกัน โดยเชื่อมวงจรภายในด้วยสะพานไอออน และเชื่อมวงจรภายนอกด้วยตัวต้านทานจะเกิดการไหลของอิเล็กตรอนขึ้น อิเล็กตรอนไหลไปทางใดเข็มโวลต์มิเตอร์จะเบนไปในทิศทางนั้น ซึ่งเซลล์กัลวานิกประกอบด้วยสองครึ่งเซลล์ โดยแต่ละครึ่งเซลล์จะประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าที่จุ่มลงไปนสารละลาย แ่งสังกะสีและแ่งทองแดงในเซลล์เป็นขั้วไฟฟ้าซึ่งเรียกว่า อิเล็กโทรด (electrode) ขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เรียกว่า ขั้วแอโนด (anode) และขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน เรียกว่า ขั้วแคโทด (cathode)

2.3.3 วงจรไฟฟ้า

- วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ ถ่านไฟฉาย และปลั๊กไฟตามบ้านเรือน โดยในสองกรณีแรกจะให้ความต่างศักย์ต่อเนื่อง คงที่ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (direct current, DC) ที่มี ขั้วไฟฟ้าบวกลบ

- ในกรณีของปลั๊กไฟจะให้ความต่าง ศักย์แบบไฟฟ้ากระแสสลับ (alternating current, AC) ที่มีการสลับขั้วไปมาตามเวลา

การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย เมื่อมีแหล่งจ่ายไฟ (อาจเป็นแบตเตอรี่) ให้ความต่างศักย์ตกคร่อมตัวต้านทาน R จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรโดยมีทิศทางออกจากขั้วบวกเข้าสู่ขั้วลบ กระแสที่เกิดขึ้นคำนวณได้จาก $\Delta V = IR$



ภาพที่ 2.6 วงจรไฟฟ้าพื้นฐาน [7]

วงจรไฟฟ้าที่มีตัวต้านทานหลายตัวในทางปฏิบัติวงจรไฟฟ้าส่วนใหญ่ประกอบด้วยตัวต้านทาน หลายๆตัวต่อกันอย่าง เช่น แผงวงจรไฟฟ้าภายในโทรศัพท์ หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ

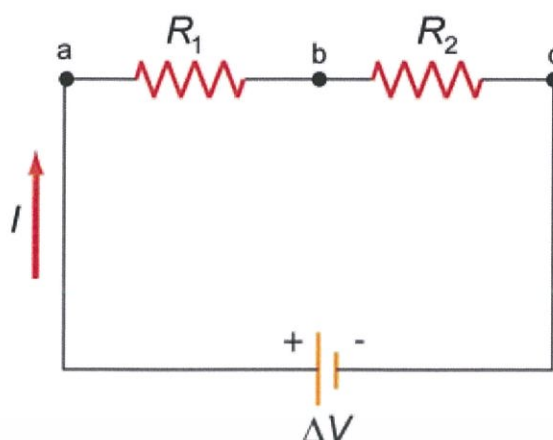
2.3.3.1 วงจรอนุกรม

วงจรอนุกรม คือ วงจรที่ประกอบด้วยความต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปต่อเรียงกัน โดยมีทางเดินของกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทางเดียวไม่ได้แยกไหลไปส่วนอื่นของวงจร การต่อวงจรอนุกรมทำได้โดยนำขั้วต่อสายข้างหนึ่งของเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ 1 ไปต่อเข้ากับขั้วต่อของเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ 2 นำขั้วต่ออีกข้างหนึ่งของตัวที่ 2 ไปต่อเข้ากับขั้วต่อสายตัวที่ 3 ต่ออย่างนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะครบเสร็จแล้วนำขั้วต่อสายที่เหลือของเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวสุดท้ายมาต่อเข้ากับขั้วหนึ่งของแหล่งกำเนิด เราก็ได้วงจรครบเพื่อใช้งาน

การต่อวงจรอนุกรมจะใช้หลอดไฟฟ้าหรือความต้านทานหรืออุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อกันเข้าแบบอนุกรมแล้วต่อเข้ากับขั้วแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า หรือ แบตเตอรี่ เพื่อให้เกิดการไหลของกระแสในทิศทางเดียว อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่อแบบอนุกรม เช่น วงจรจุดไส้หลอดวิทยุ ซึ่งเมื่อไส้หลอดใดหลอดหนึ่งดับ อุปกรณ์จะไม่ทำงาน และเตารีดไฟฟ้า ซึ่งมีฟิวส์สวิตช์ และ Thermostat ต่อกันแบบอนุกรม เป็นต้น

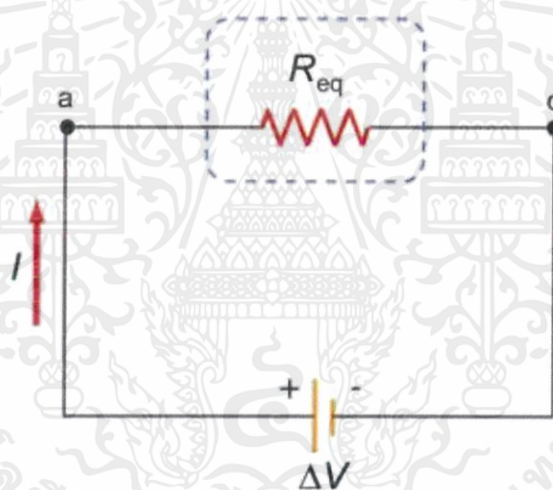
- การหาความต้านทานรวมในแผงวงจรไฟฟ้าที่มีการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม [7]

- ความต้านทานรวมหรือเรียกว่าความต้านทาน สมมูล (equivalent resistance) มี ค่าเท่ากับ $R_{eq} = R_1 + R_2$



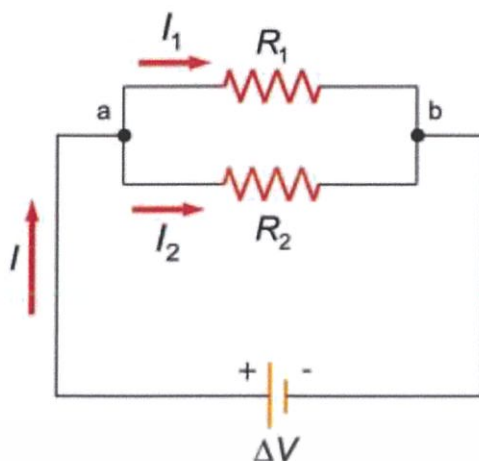
ภาพที่ 2.8 การรวมวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม [7]

- เนื่องจากกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_1 และ R_2 มีค่าคงที่ ดังนั้นความต่างศักย์ที่ตกคร่อม ΔV หาได้จาก $V_{ab} + V_{bc} = IR_1 + IR_2$ โดยที่ $\Delta V = IR_{eq}$

2.3.3.2 วงจรขนาน

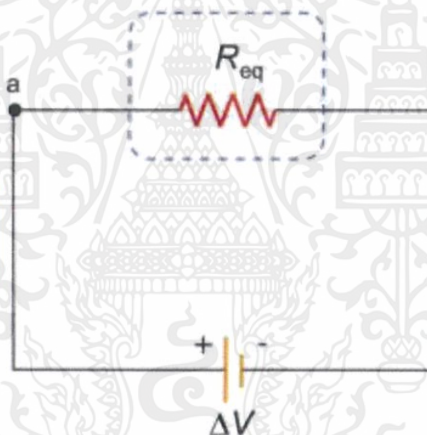
วงจรขนาน เป็นวงจรไฟฟ้าที่มีผลต่อความต้านทาน หรือ อุปกรณ์ไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ซึ่งรูปแบบการต่อวงจรขนาน ทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าหลายทาง ผลรวมของกระแสที่จ่ายออกไปจะเท่ากับผลรวมของกระแสที่ไหลในแต่ละส่วนของวงจรรวมกัน และแรงดันที่ตกคร่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตัวจะเท่ากัน แม้ว่าอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นจะมีขนาดไม่เท่ากันก็ตาม

- การหาความต้านทานรวมในแผงวงจรไฟฟ้าที่มีการต่อตัวต้านทานแบบขนาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน [7]

- ความต้านทานรวมในกรณีนี้จะมีค่าเท่ากับ $1/R_{eq} = (1/R_1) + (1/R_2)$ ต่อตัวต้านทานแบบขนาน ศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมบนตัวต้านทานมีค่าคงที่



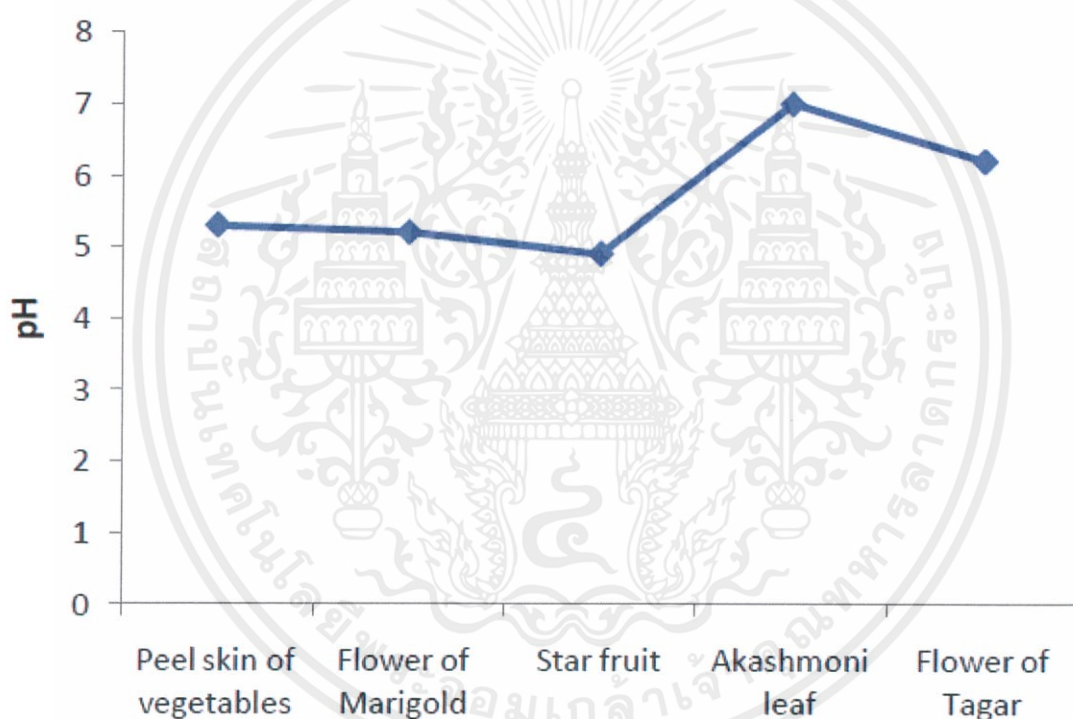
ภาพที่ 2.10 การรวมวงจรไฟฟ้าแบบขนาน [7]

- เนื่องจากกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_1 และ R_2 มีค่าไม่เท่ากัน แต่ความต่างศักย์ที่ตกคร่อม ΔV บนตัวต้านทานมีค่าเท่ากัน โดยที่ $I_{total} = I_1 + I_2 = \Delta V / R_1 + \Delta V / R_2 = \Delta V / R_{eq}$
การผลิตกระแสไฟฟ้าจากสารสกัดพืช ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบการเตรียม Cell Bio-voltaic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

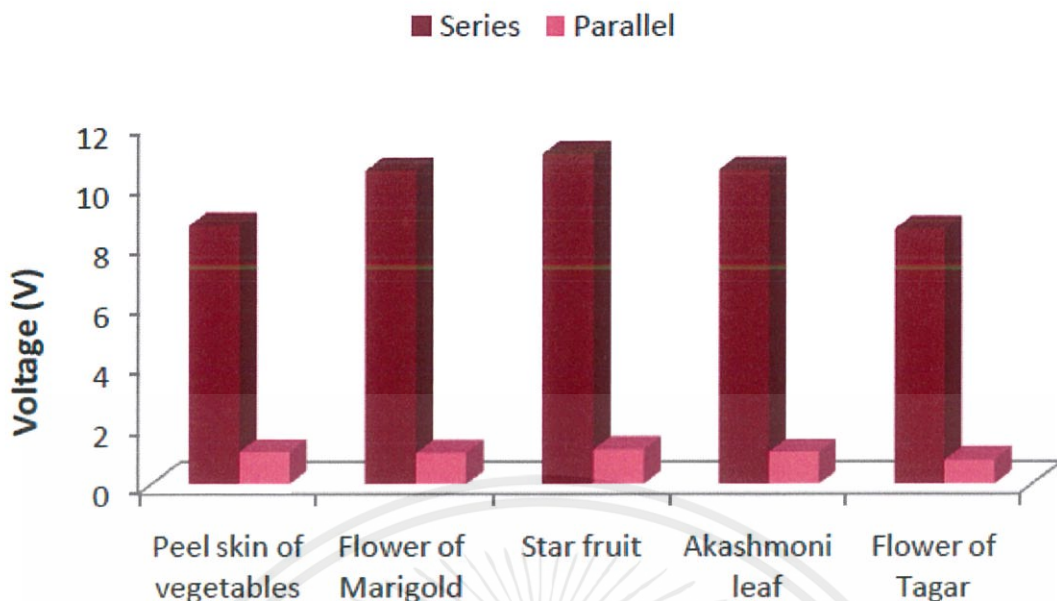
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพืช

V.Velusamy และ L.Visalakshi สองนักวิจัยจากประเทศอินเดียได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพืชผักสวนครัวทั่วไป โดยการนำเปลือกผิวผัก (Peel skin of vegetable) ดอกดาวเรือง (Flower of Marigold) ดอกตังก่าร์ (Flower of Tagar) ใบกระถิน (Akashmoni leaf) ผลมะเฟือง (Star fruit) ซึ่งมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน มาสกัดให้เป็นของเหลว ทำการวัดค่าความเป็นกรด-เบส แล้วได้นำบรรจุลงในภาชนะที่ทำจากสังกะสี จากนั้นได้ทำการต่อขั้วไฟฟ้าแบบเซลล์กัลวานิกโดยใช้แท่งคาร์บอนมาทำเป็นขั้วแคโทด และภาชนะสังกะสีเป็นขั้วแอโนด แล้วทำการตรวจสอบค่าแรงดันไฟฟ้า และค่าการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม หรือ แบบขนาน ได้ผลการทดลอง ดังนี้

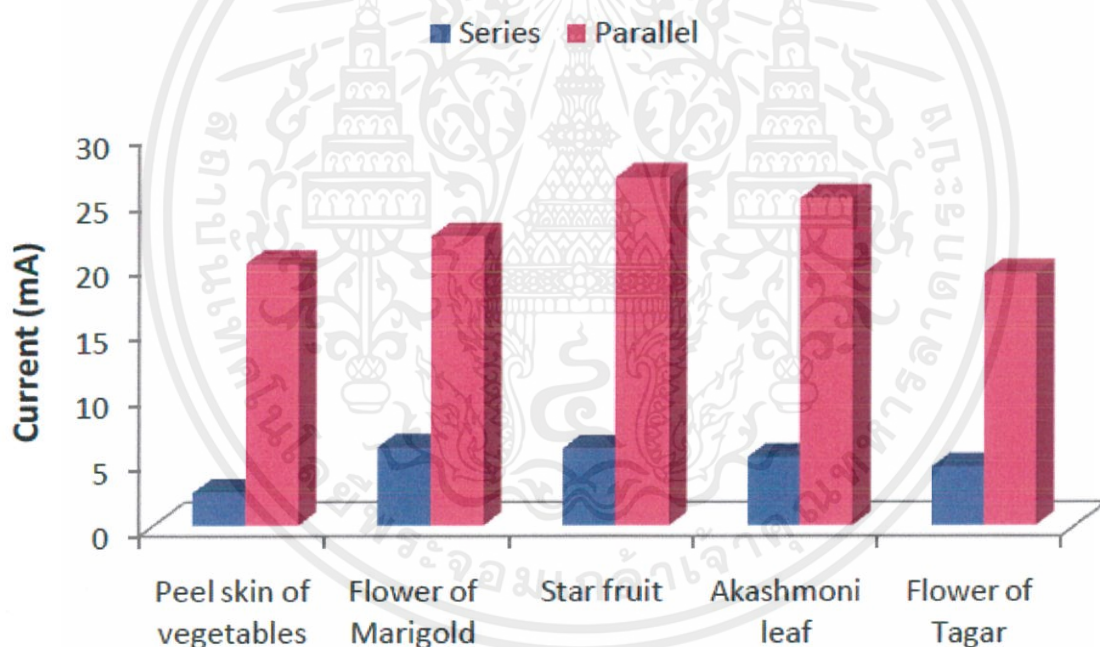


ภาพที่ 2.11 ค่าความเป็นกรด - เบสของสารสกัดทั้ง 5 ชนิด [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 ค่าแรงดันทางไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่างวงจรแบบอนุกรม และแบบขนาน [9]



ภาพที่ 2.13 ค่ากระแสไฟฟ้าเปรียบเทียบระหว่างวงจรแบบอนุกรม และแบบขนาน [9]

จากผลการวิจัยดังกล่าวจะเห็นว่าพืชนั้นสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ แต่ยังอยู่ในปริมาณที่น้อย การต่อวงจรในแบบขนานนั้นทำให้เซลล์ไฟฟ้าผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าการต่อวงจรแบบอนุกรม และการต่อวงจรแบบอนุกรมนั้นทำให้เซลล์ไฟฟ้าผลิตแรงดันไฟฟ้าได้มากกว่าแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการสกัดสารและต่อวงจรไฟฟ้า

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์

- 3.1.1.1 ปีกเกอร์
- 3.1.1.2 เครื่องชั่งสาร
- 3.1.1.3 หลอด Microcentrifuge
- 3.1.1.4 หลอด Centrifuge
- 3.1.1.5 คีม
- 3.1.1.6 กรรไกร
- 3.1.1.7 เครื่องปั่นสาร
- 3.1.1.8 ถ้วยสังกะสี
- 3.1.1.9 แท่งคาร์บอน
- 3.1.1.10 สายไฟ
- 3.1.1.11 Multimeter
- 3.1.1.12 หลอด LED

3.1.2 สารเคมี

- 3.1.2.1 น้ำกลั่น
- 3.1.2.2 สารละลายซิงค์ออกไซด์
- 3.1.2.3 เมทิลแอลกอฮอล์
- 3.1.2.4 อะซิโตน

3.2 วิธีการเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติของสารสกัด

3.2.1 วิธีการเตรียมสารสกัดพืช

1) ชนิดและความเข้มข้นของสารสกัด

นำพืชกรีนโอ๊ค (Green oak) และเร้ดโอ๊ค (Red oak) มาบดผสมกับน้ำกลั่น ด้วยอัตราส่วนพืช 1 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร (1:1) และอัตราส่วน พืช 1 กรัม ต่อน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร (1:2) หลังจากนั้นทำการวัดค่าต่าง ๆ ตามหัวข้อ 3.3 ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากทั้ง 2 อัตราส่วน หาอัตราส่วนที่มีความสามารถทางไฟฟ้าที่ดีที่สุด

2) การศึกษาเปรียบเทียบการกำจัดเศษเซลล์ของสารสกัด

นำพืชทั้ง 2 ชนิดมาบดผสมกับน้ำกลั่น ด้วยอัตราส่วนที่ดีที่สุดจากหัวข้อข้างต้น แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกจะไม่กำจัดเศษเซลล์ ส่วนกลุ่มที่ 2 จะทำการกำจัดเศษเซลล์โดยการใช้ผ้าขาวบางกรองสารสกัด จากนั้นทำการวัดค่าต่าง ๆ ตามหัวข้อ 3.3 ทำการเปรียบเทียบค่าจากทั้งที่ไม่กำจัดเศษเซลล์ และกำจัดเศษเซลล์

3) ศึกษาความเสถียรของสารสกัดพืช

นำสารสกัดพืชทั้ง 2 ชนิดจากหัวข้อข้างต้น มาทำการวัดค่าต่าง ๆ ตามหัวข้อ 3.3 ที่เวลา 0 , 30 และ 60 นาที เพื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของพืชที่ใช้เป็นสารสกัด เมื่อเวลาผ่านไป

3.2.2 การศึกษาผลกระทบของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ในสารสกัด

นำวิธีการสกัดพืชที่วิเคราะห์ได้จากหัวข้อข้างต้นมาใช้ในการสกัดพืชทั้ง 2 ชนิด โดยจะเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ลงในสารสกัดพืชด้วยปริมาณต่าง ๆ ดังนี้ 0, 10, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) และทำการวัดค่าตามหัวข้อ 3.3 เพื่อเปรียบเทียบหาค่าอัตราการเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ที่ดีที่สุดของสารสกัด

3.3 การตรวจสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า

3.3.1 การเตรียมสารสกัดจากพืชสำหรับการทดสอบความเป็นกรด-เบส

ใช้ใบพืชตัวอย่างมาบดร่วมกับน้ำกลั่น ในอัตราส่วนต่าง ๆ จากนั้นนำมาใส่ในบีกเกอร์ บีกเกอร์ และทำการวัดค่าความเป็นกรด-เบส ด้วยเครื่อง pH meter

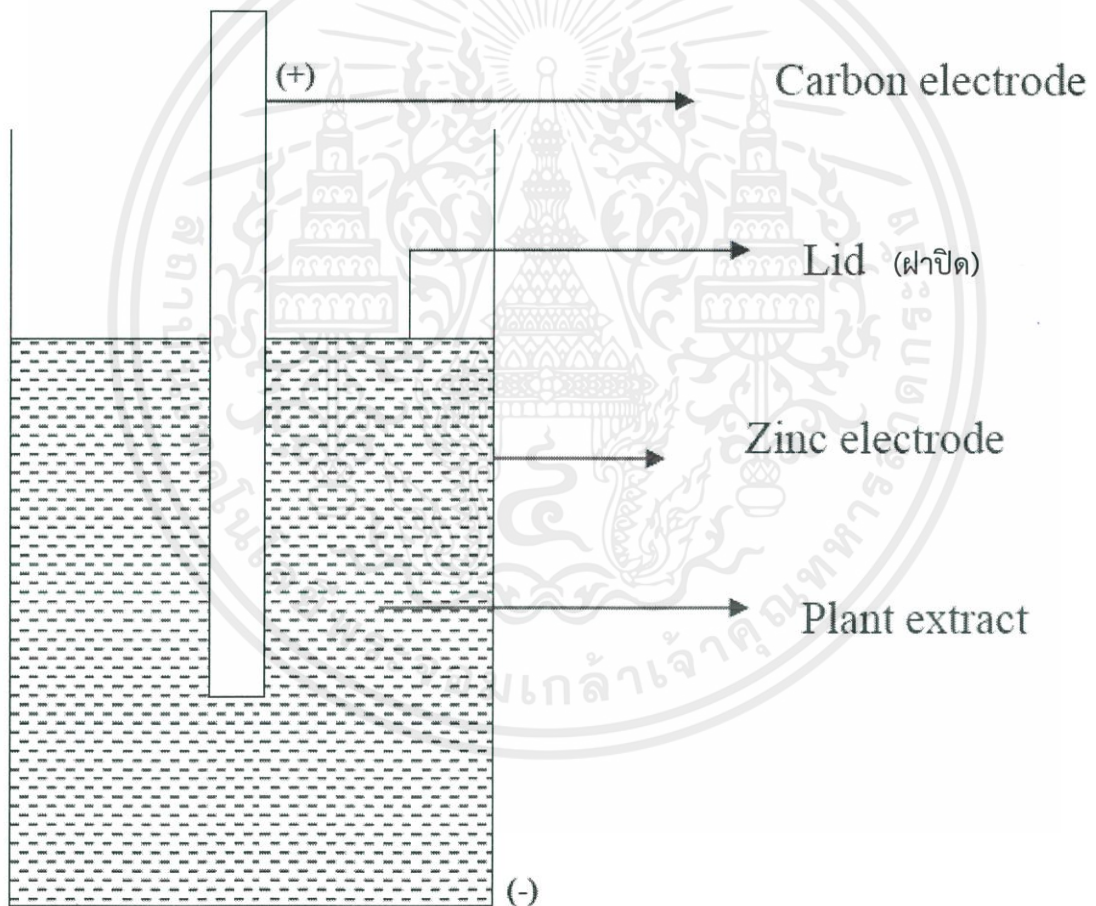
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัด

นำสารสกัดที่ได้จากการสกัดไปวางไว้ในอุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส นำสารสกัดที่ได้มาวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC) โดยใช้เครื่อง Conductivity meter

3.3.3 การตรวจวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสารสกัด

นำสารสกัดพืชที่ได้ทำการสกัดปริมาณ 150 มิลลิลิตรใส่ลงในถ้วยสังกะสี ต่อวงจรขั้วแอโนดกับถ้วยสังกะสี และจุ่มวงจรขั้วแคโทดลงในสารละลายโดยไม่ให้ขั้วโลหะที่เป็นขั้วบวกนั้นสัมผัสกับถ้วยสังกะสี ตามภาพที่ 3.1 จากนั้นต่อวงจรขั้วแคโทดเข้ากับขั้วบวก และต่อวงจรขั้วแอโนดเข้ากับขั้วลบของ Multi-meter ปรับเครื่องเป็นโหมด Volt เพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage : V) และปรับเครื่องเข้าโหมด Amp เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้า (Current : μA) ของสารสกัด



ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 จำแนกองค์ประกอบรงควัตถุในสารสกัดพืช

3.4.1 การสกัดและตรวจสอบคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์

นำใบพืชไปบดด้วยไนโตรเจนเหลวให้ละเอียด เติมน้ำสารเคมีอะซิโตนลงไปในตัวอย่าง นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นดูดสารส่วนที่ใสใส่ลงในควิเวท เพื่อวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 662 นาโนเมตร 644 นาโนเมตรและ 470 นาโนเมตร ตามลำดับ ด้วยเครื่อง Spectrophotometer หาค่าคลอโรฟิลล์เอ (Chlorophyll A) คลอโรฟิลล์บี (Chlorophyll B) และแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ในหน่วย ($\mu\text{g/gFW}$.)

สูตรคำนวณ

$$\text{คลอโรฟิลล์ เอ} = [9.784\text{OD}662] - [0.99\text{OD}644] \quad (\mu\text{g/gFW.})$$

$$\text{คลอโรฟิลล์ บี} = [21.42\text{OD}662] - [4.65\text{OD}662] \quad (\mu\text{g/gFW.})$$

$$\text{แคโรทีนอยด์} = \frac{[1000\text{OD}470] - [1.9\text{คลอโรฟิลล์ เอ}] - [63.14\text{คลอโรฟิลล์ บี}]}{214} \quad (\mu\text{g/gFW.})$$

โดย ค่า OD662 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 662 นาโนเมตร

ค่า OD644 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 644 นาโนเมตร

ค่า OD470 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

3.4.2 การสกัด และตรวจสอบฟลาโวนอยด์

นำใบไม้ตัดเป็นชิ้นส่วนขนาดเล็ก ใส่หลอด Centrifuge ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนัก 0.5 กรัม จากนั้น นำไปบดในสารเคมี Liquid Nitrogen ด้วย ซ้อนดักสารให้ละเอียด เติมน้ำสกัดฟลาโวนอยด์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่อง Vortex และนำไปเขย่าที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 250 rpm ด้วยเครื่อง Shaker นานเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เติมน้ำสารเคมี Chloroform ปริมาณ 1 มิลลิลิตร จากนั้นทำให้เข้าด้วยเครื่อง Vortex และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 rpm นานเป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง หลังจากนั้นดูดสารส่วนที่ใสใส่หลอด Microcentrifuge เพื่อวัดการดูดกลืนแสงของกลุ่มสารฟลาโวนอยด์ ด้วยเครื่อง Spectrophotometer หาค่า ฟลาโวนอยด์ ในหน่วย (Abs/gFW.)

สูตรคำนวณ

$$\text{Flavonoid concentrations} = \frac{OD \times DF}{gFW.} (\text{Abs/gFW.})$$

โดย ค่า OD คือ ค่าการดูดกลืนแสง

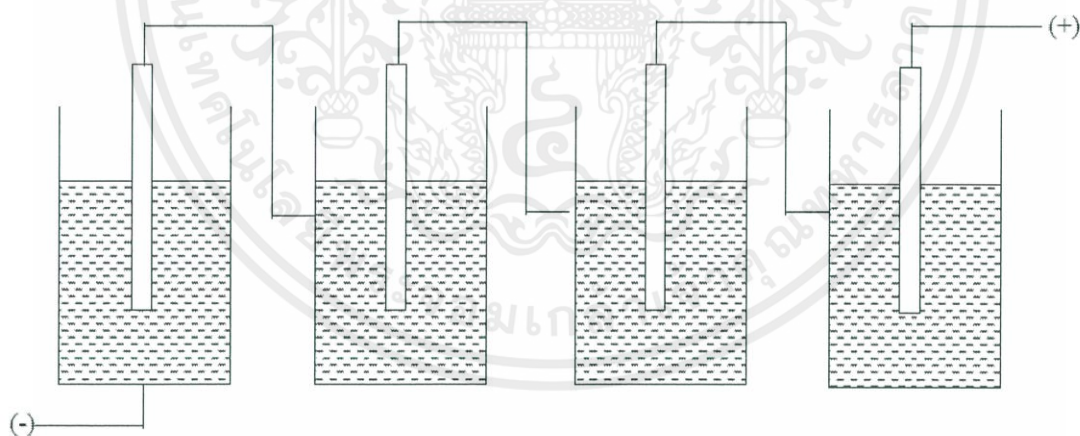
ค่า DF คือ อัตราส่วนการเจือจาง

ค่า gFW. คือ น้ำหนักเนื้อเยื่อในที่นี้ คือ 0.5 กรัม

3.5 ระบบวงจรที่มีผลต่อกระแสไฟฟ้าของสารสกัด

3.5.1 การต่อเซลล์กระแสไฟฟ้าอนุกรม

นำขั้วแอโนดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพเซลล์แรกเชื่อมต่อกับขั้วลบ และนำขั้วแคโทดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพเซลล์แรกเชื่อมต่อกับขั้วแอโนดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพเซลล์ที่ 2 ส่วนขั้วแคโทดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพเซลล์ที่ 2 นั้นเชื่อมต่อกับขั้วแอโนดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพเซลล์ที่ 3 ทำอย่างนี้ต่อเนื่องไปจนเซลล์ไฟฟ้าเซลล์สุดท้าย และนำขั้วแคโทดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพเซลล์สุดท้ายเชื่อมต่อกับขั้วบวก ตามภาพที่ 3.2

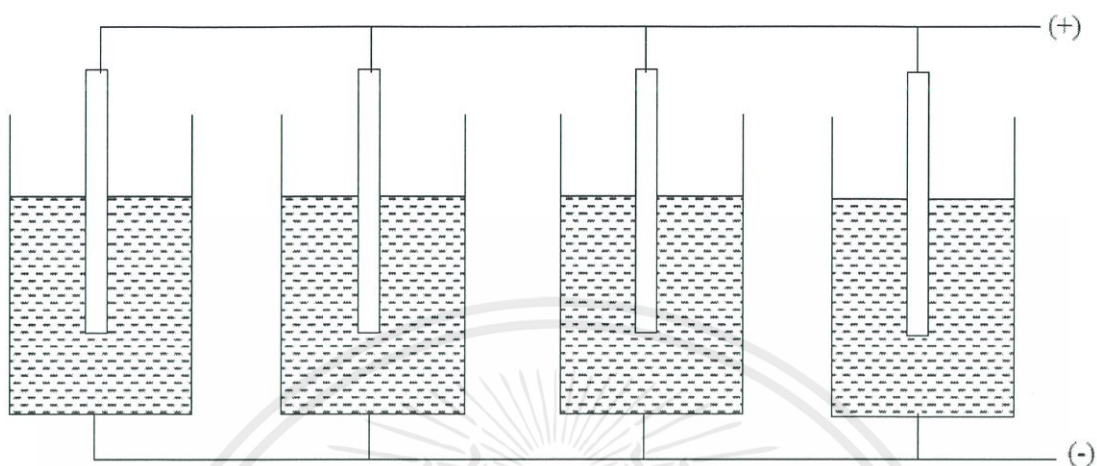


ภาพที่ 3.2 การต่อเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การต่อเซลล์กระแสไฟฟ้าขนาน

นำขั้วแคโทดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพทุกเซลล์เชื่อมต่อกับขั้วบวก และนำขั้วแอโนดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพทุกตัวเชื่อมต่อกับขั้วลบ ตามภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลองจากการสกัดสารสกัดจากพืชตัวอย่าง และการผลิตเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ โดยให้ความสำคัญที่อัตราส่วนในต่าง ๆ ในการสกัด และเทคนิคในการทดลอง

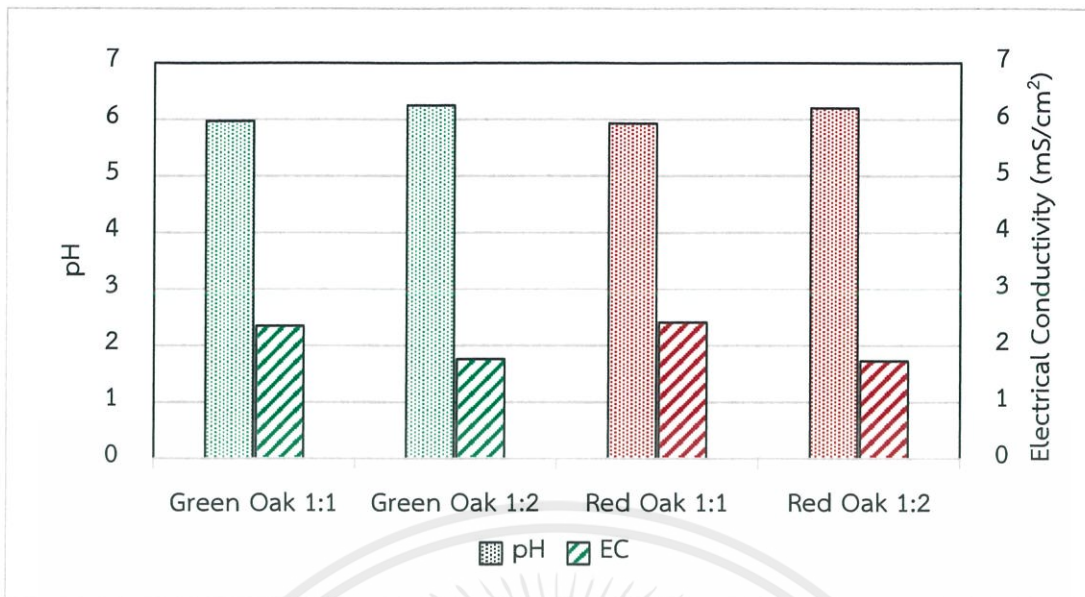
4.1 ผลการเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อสารสกัด

1) ชนิดของพืช และความเข้มข้นของสารสกัด

การทดลองที่นำสารสกัดพืชกรีนโอ๊ค และเร้ดโอ๊ค ที่มีความเข้มข้น 1:1 และ 1:2 มาทำตรวจสอบค่าต่าง ๆ ตามหัวข้อ 3.3

จากภาพที่ 4.1 ค่าความเป็นกรด-เบสของสารสกัดพืชกรีนโอ๊คที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 5.97 และ 6.25 ตามลำดับ สารสกัดพืชเร้ดโอ๊คที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 5.93 และ 6.20 ตามลำดับ ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัดพืชกรีนโอ๊คที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 2.35 และ 1.76 mS/cm² ตามลำดับ สารสกัดพืชเร้ดโอ๊คที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 2.41 และ 1.73 mS/cm² ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า สารสกัดพืชที่อัตราเข้มข้นของพืช 1:1 มีค่าความเป็นกรด และมีค่าการนำไฟฟ้าที่มากกว่าอัตราส่วนที่มีเข้มข้นพืช 1:2 ซึ่งสารสกัดจากพืชกรีนโอ๊ค กับพืชเร้ดโอ๊คมีความเป็นกรด-เบส และค่าการนำไฟฟ้าที่ไม่แตกต่างกัน

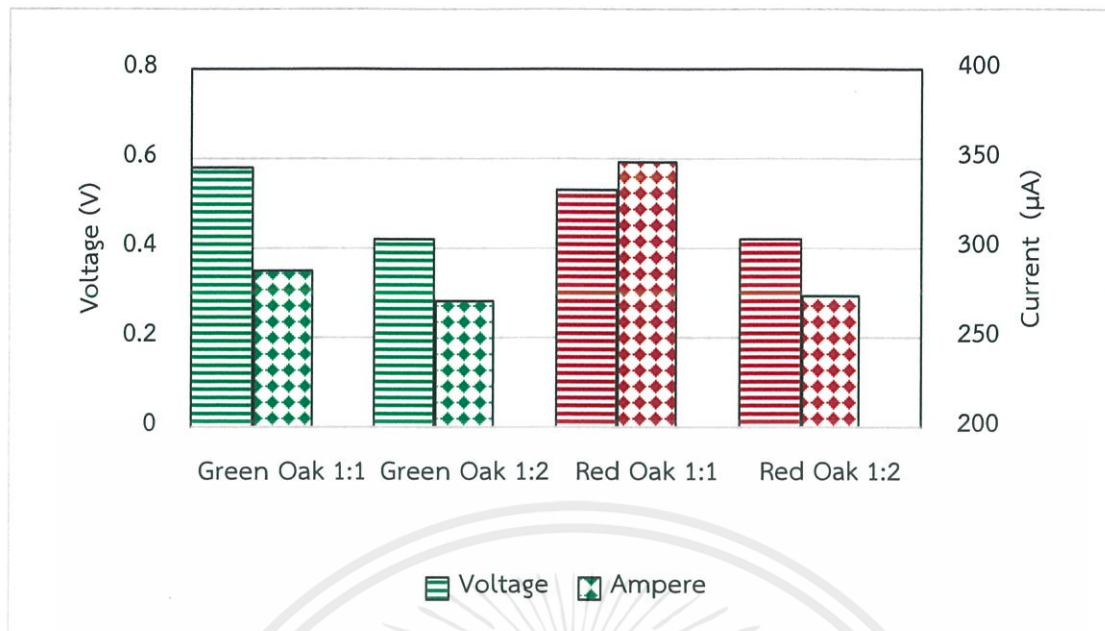


ภาพที่ 4.1 กราฟผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-เบสและค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัด

1. สารสกัดพืชกรีนโอ๊คอัตราส่วน 1:1
2. สารสกัดพืชกรีนโอ๊คอัตราส่วน 1:2
3. สารสกัดพืชเร็ดโอ๊คอัตราส่วน 1:1
4. สารสกัดพืชเร็ดโอ๊คอัตราส่วน 1:2

จากภาพที่ 4.2 ค่ากระแสไฟฟ้าของสารสกัดพืชกรีนโอ๊คที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 287.33 และ 270.33 μA ตามลำดับ สารสกัดพืชเร็ดโอ๊คที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 348 และ 273.33 μA ตามลำดับ ส่วนค่าศักย์ไฟฟ้าของสารสกัดพืชกรีนโอ๊คที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 0.58 และ 0.42 V ตามลำดับ สารสกัดพืชเร็ดโอ๊คที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีค่าเท่ากับ 0.53 และ 0.42 V ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า สารสกัดพืชที่อัตราเข้มข้นของพืช 1:1 มีค่ากระแสไฟฟ้า และมีศักย์ไฟฟ้าที่มากกว่าอัตราส่วนที่มีเข้มข้นพืช 1:2 และพืชเร็ดโอ๊คมีค่ากระแสไฟฟ้าที่มากกว่ากรีนโอ๊ค



ภาพที่ 4.2 กราฟผลการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของสารสกัด

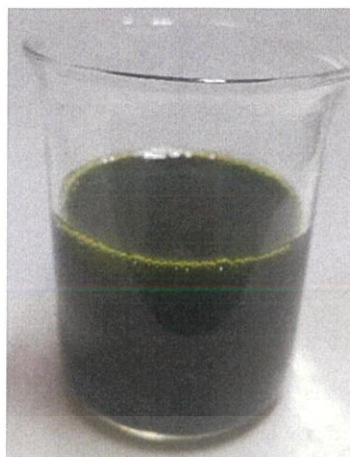
1. สารสกัดพืชกรีนโอ๊คอัตราส่วน 1:1
2. สารสกัดพืชกรีนโอ๊คอัตราส่วน 1:2
3. สารสกัดพืชเร้ดโอ๊คอัตราส่วน 1:1
4. สารสกัดพืชเร้ดโอ๊คอัตราส่วน 1:2

2) การกำจัดเศษเซลล์ของสารสกัด

สารสกัดพืชทั้ง 2 ชนิดมีเศษของเซลล์ปะปนอยู่ และเมื่อเวลาผ่านไปเศษเซลล์เหล่านี้จะตกตะกอน เศษเซลล์บางส่วนจะเกาะติดกับบริเวณขั้วไฟฟ้า ผู้วิจัยจึงทำการกำจัดเศษเซลล์โดยวิธีการกรองด้วยผ้าขาวบาง และได้ทำการตรวจสอบค่าต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสารสกัดที่ทำการกำจัดเศษเซลล์ และไม่กำจัดเศษเซลล์ (ภาพที่ 4.3) เพื่อศึกษาความคงตัวของสารสกัด



(ก)



(ข)



(ค)



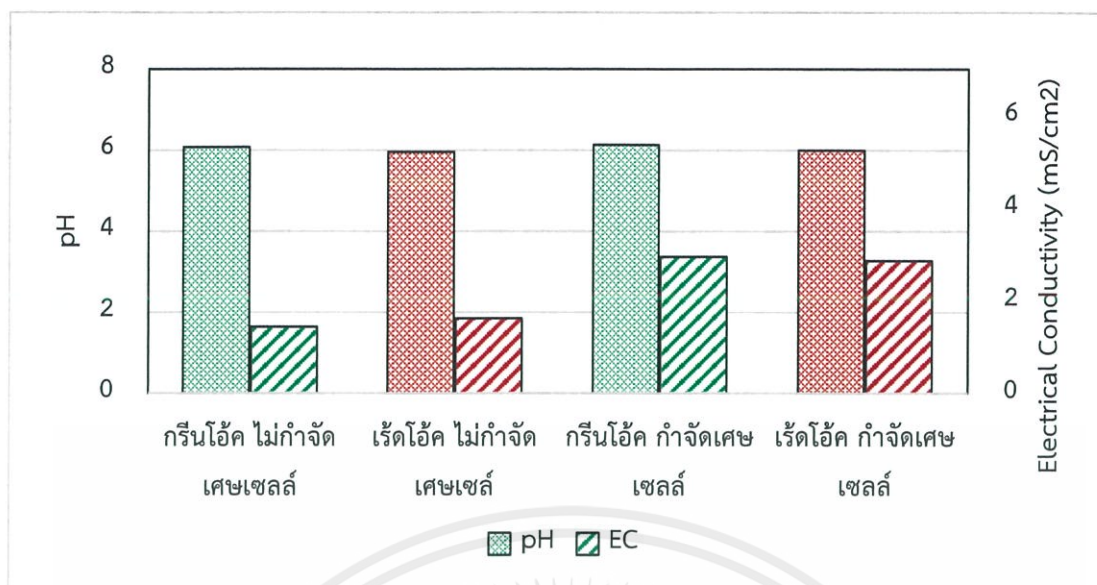
(ง)

ภาพที่ 4.3 ภาพสารสกัดพืช (ก) กรีนโอ๊คที่ไม่ได้ทำการกำจัดเศษเซลล์ (ข) กรีนโอ๊คที่ทำการกำจัดเศษเซลล์ (ค) เร้ดโอ๊คที่ไม่ได้ทำการกำจัดเศษเซลล์ (ง) เร้ดโอ๊คที่ทำการกำจัดเศษเซลล์

จากภาพที่ 4.4 สารสกัดพืชกรีนโอ๊ค และเร้ดโอ๊คที่ไม่ได้ทำการกำจัดเศษเซลล์ กรีนโอ๊ค และเร้ดโอ๊คที่ทำการกำจัดเศษเซลล์ มีค่าความเป็นกรด-เบสของพืชเท่ากับ 6.08, 5.96, 6.13 และ 6.00 ตามลำดับ ส่วนค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1.64, 1.85, 3.37 และ 3.27 mS/cm² ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบสของสารสกัดทั้ง 4 ชนิดมีค่าที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนค่าการนำไฟฟ้ามีความแตกต่างกันระหว่างสารสกัดที่ทำการกำจัดเศษเซลล์ กับสารสกัดที่ไม่ได้ทำการกำจัดเศษเซลล์ ซึ่งสารสกัดพืชที่ทำการกำจัดเศษเซลล์นั้นมีค่าการนำไฟฟ้าที่มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

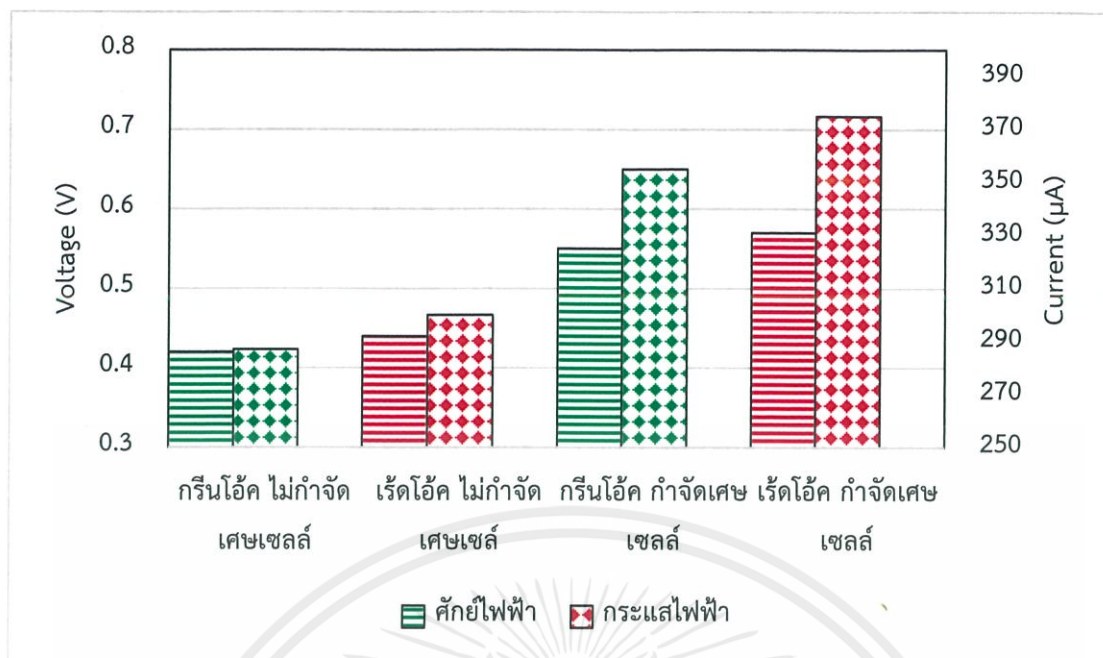


ภาพที่ 4.4 กราฟผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-เบสและค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัด

1. กรีนไอล์ที่ไม่ได้ทำการกำจัดเศษเซลล์
2. กรีนไอล์ที่ทำการกำจัดเศษเซลล์
3. เร้ดไอล์ที่ไม่ได้ทำการกำจัดเศษเซลล์
4. เร้ดไอล์ที่ทำการกำจัดเศษเซลล์

จากภาพที่ 4.5 สารสกัดพืชกรีนไอล์ และเร้ดไอล์ที่ไม่ได้ทำการกำจัดเศษเซลล์ กรีนไอล์ และเร้ดไอล์ที่ทำการกำจัดเศษเซลล์ มีค่าศักย์ไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.42 , 0.44, 0.55 และ 0.57 V ตามลำดับ ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับ 287.33, 300.33, 355 และ 375.67 μ A ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า สารสกัดพืชถูกกำจัดเศษเซลล์ออกไป มีค่าความสามารถทางไฟฟ้ามากขึ้น และสารสกัดพืชเร้ดไอล์มีค่ากระแสไฟฟ้าที่มากกว่ากรีนไอล์



ภาพที่ 4.5 กราฟผลการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของสารสกัด

1. กรีนอิเล็กโทรดที่ไม่ได้ทำการก้ำจัดพิเศษเซลล์
2. กรีนอิเล็กโทรดที่ทำการก้ำจัดพิเศษเซลล์
3. เร็ดอิเล็กโทรดที่ไม่ได้ทำการก้ำจัดพิเศษเซลล์
4. เร็ดอิเล็กโทรดที่ทำการก้ำจัดพิเศษเซลล์

3) ความเสถียรของสารสกัดพืช

นำสารสกัดที่พืชทั้ง 2 ชนิด ที่มีอัตราส่วน 1:1 และได้ทำการก้ำจัดพิเศษเซลล์ มาศึกษาสมบัติสารสกัดทางกายภาพ และชีวภาพที่เปลี่ยนแปลงไป ที่เวลา 0, 30 และ 60 นาที หลังจากเตรียมสารสกัด ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.1 และ 4.2

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบสของสารของสารสกัดพืชกรีนอิเล็กโทรดที่เวลา 0, 30 และ 60 นาที มีค่าเท่ากับ 6.22, 6.22 และ 6.33 สารสกัดพืชเร็ดอิเล็กโทรดมีค่าเท่ากับ 6.00, 6.03 และ 6.03 ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัดพืชกรีนอิเล็กโทรดที่เวลา 0, 30 และ 60 นาที มีค่าเท่ากับ 4.18, 4.22 และ 4.18 mS/cm² สารสกัดพืชเร็ดอิเล็กโทรด มีค่าเท่ากับ 3.27, 3.22 และ 3.25 mS/cm²

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า ในระยะ 60 นาที ค่าความเป็นกรด-เบส และค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัด มีความเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าศักย์ไฟฟ้าของสารสกัดพืชกรีนอิเล็กโทรดที่เวลา 0, 30 และ 60 นาที มีค่าเท่ากับ 0.46, 0.47 และ 0.43 V ตามลำดับ ค่าศักย์ไฟฟ้าของสารสกัดพืชเร็ดอิเล็กโทรดมีค่าเท่ากับ 0.56, 0.57 และ

0.52 ตามลำดับ ส่วนค่ากระแสไฟฟ้าของสารสกัดพืชกรีนอิเล็กโทรดที่เวลา 0 30 และ 60 นาที มีค่าเท่ากับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

341.67, 351.33 และ 315.33 μA ตามลำดับ ค่ากระแสไฟฟ้าของสารสกัดพืชเร็ดไ้คมีค่าเท่ากับ 383 , 405 และ 396.67 μA ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า ในช่วงระยะเริ่มต้นจนถึงนาที่ที่ 30 ค่าศักย์ไฟฟ้า และค่ากระแสไฟของสารสกัดพืชไม่มีการเปลี่ยนในเชิงสถิติ และนาที่ที่ 60 ค่าศักย์ไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้าเริ่มลดลงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.1 ตารางค่าความเป็นกรด-เบส และค่าการนำไฟฟ้า ณ เวลา ต่าง ๆ ของสารสกัด

ชนิดของพืช	เวลา (นาที่)	pH	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm ²)
กรีนไ้ค	0	6.22	4.18
	30	6.22	4.22
	60	6.23	4.18
เร็ดไ้ค	0	6.00	3.27
	30	6.03	3.22
	60	6.03	3.25

ตารางที่ 4.2 ตารางค่าศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ณ เวลา ต่าง ๆ ของสารสกัด

ชนิดของพืช	เวลา (นาที่)	ศักย์ไฟฟ้า(V)	กระแสไฟฟ้า(μA)
กรีนไ้ค	0	0.46 \pm 0.01	341.67 \pm 17.00
	30	0.47 \pm 0.03	351.33 \pm 7.63
	60	0.43 \pm 0.05	315.33 \pm 10.69
เร็ดไ้ค	0	0.56 \pm 0.02	383.00 \pm 17.12
	30	0.57 \pm 0.05	405.00 \pm 8.73
	60	0.52 \pm 0.01	396.67 \pm 14.46

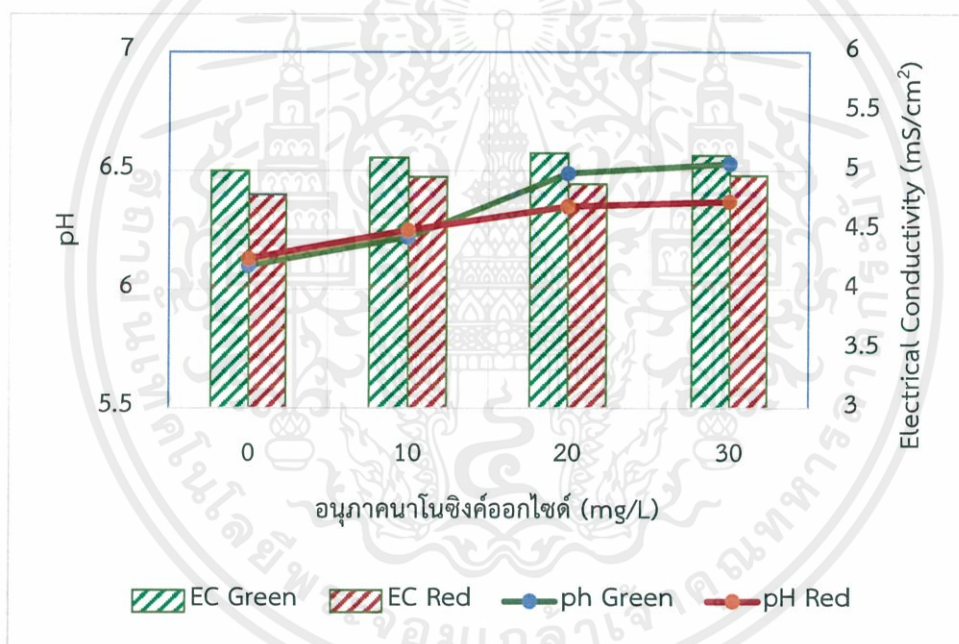
4.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ลงในสารสกัดพืช

ผู้วิจัยได้ทำการเติมสารอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ด้วยความเข้มข้น 0, 10, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงสารสกัดที่พืชทั้ง 2 ชนิด ที่มีอัตราส่วน 1:1 และได้ทำการกำจัดเศษเซลล์ จากนั้นทำการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ และเคมี ตามหัวข้อ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.6 สารสกัดพืชกรีนโอ๊คที่ได้ทำการเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ด้วยความเข้มข้น 0, 10, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 6.1, 6.22, 6.49 และ 6.53 ตามลำดับ มีค่า การนำไฟฟ้าเท่ากับ 5, 5.11, 5.15 และ 5.13 mS/cm² ตามลำดับ สารสกัดพืชเร็ดโอ๊คที่ได้ทำการเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ด้วยความเข้มข้น 0, 10, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 6.13, 6.25, 6.35 และ 6.37 ตามลำดับ มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 4.8, 4.95, 4.89 และ 4.96 mS/cm² ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า เมื่อเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ลงไปในสารสกัดพืช ทำให้สารสกัด มีค่าความเป็นกรด-เบสมากขึ้น และเมื่อเติมมากขึ้นความเป็นกรด-เบสก็ยิ่งมากขึ้น อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ยังทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ลงในสารสกัด ค่าการนำไฟฟ้าไม่เพิ่มขึ้น



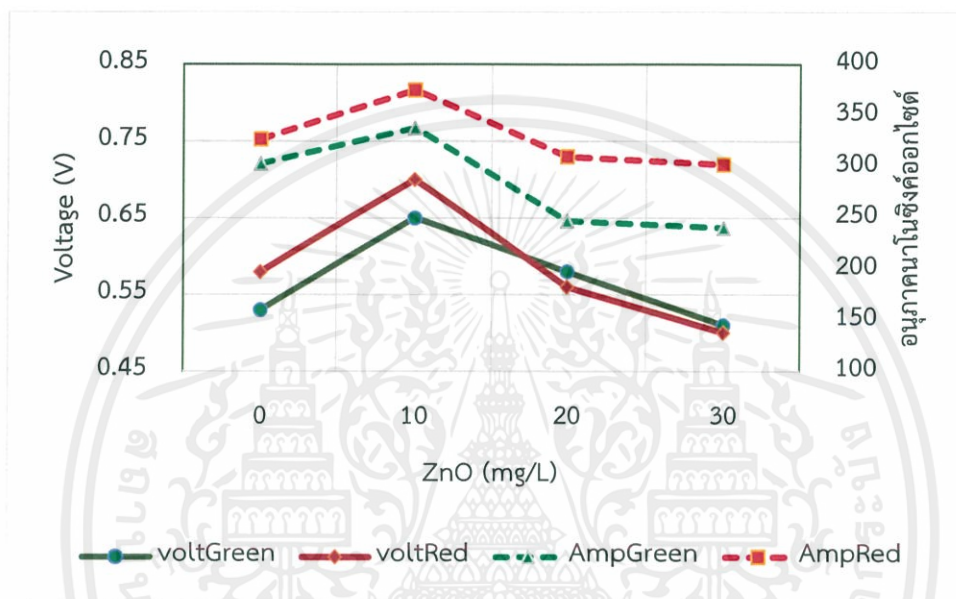
ภาพที่ 4.6 กราฟผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-เบสและค่าการนำไฟฟ้าของสารสกัด

1. สารสกัดพืชกรีนโอ๊คและเร็ดโอ๊คที่มีความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 0 mg/L
2. สารสกัดพืชกรีนโอ๊คและเร็ดโอ๊คที่มีความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 10 mg/L
3. สารสกัดพืชกรีนโอ๊คและเร็ดโอ๊คที่มีความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 20 mg/L
4. สารสกัดพืชกรีนโอ๊คและเร็ดโอ๊คที่มีความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 30 mg/L

จากภาพที่ 4.7 สารสกัดพืชกรีนโอ๊คที่ได้ทำการเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ด้วยความเข้มข้น 0, 10, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 0.53, 0.65, 0.58 และ 0.51 V ตามลำดับ ค่ากระแสไฟฟ้ามักเท่ากับ 303.33, 338.67, 247 และ 240 μ A ตามลำดับ ส่วนสารเอกสารถูกมองว่าเป็นเอกสารถูกมองไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารสกัดพืชเร้ดโอ๊คที่ได้ทำการเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ด้วยความเข้มข้น 0, 10, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าศักย์ไฟฟ้าค่าเท่ากับ 0.58, 0.7, 0.56 และ 0.5 V ตามลำดับ ค่ากระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 327, 375.67, 310.33 และ 302 μ A ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า เมื่อเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ลงในสารสกัดพืช ด้วยอัตรา 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีค่าศักย์ไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้าเพิ่มมาก แต่เมื่อเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ลงในสารสกัดพืชมากเกินไป กลับทำให้ค่าศักย์ และค่ากระแสไฟฟ้าลดลง



ภาพที่ 4.7 กราฟผลการตรวจสอบค่าทางไฟฟ้าของสารสกัด

1. ค่าศักย์ไฟฟ้าของสารสกัดกรีนโอ๊คที่เติม ZnO
2. ค่าศักย์ไฟฟ้าของสารสกัดเร้ดโอ๊คที่เติม ZnO
3. ค่ากระแสไฟฟ้าของสารสกัดกรีนโอ๊คที่เติม ZnO
4. ค่ากระแสไฟฟ้าของสารสกัดเร้ดโอ๊คที่เติม ZnO

4.3 ผลการตรวจสอบองค์ประกอบรงควัตถุในสารสกัดพืช

ผู้วิจัยได้ทำการนำใบของพืชตัวอย่างกรีนโอ๊ค และเร้ดโอ๊ค ทำการตรวจสอบรงควัตถุ เพื่อวิเคราะห์หาความเกี่ยวข้องระหว่างรงควัตถุในสารสกัดพืชกับลักษณะของพืชตัวอย่าง

จากภาพที่ 4.8 พืชกรีนโอ๊คและเร้ดโอ๊คที่นำมาใช้ในการทดลอง เมื่อมองด้วยตาเปล่ามีความแตกต่างกันที่ลักษณะของใบ กรีนโอ๊คมีใบเป็นสีเขียวอมเหลือง ส่วนเร้ดโอ๊คนั้นมีใบเป็นสีน้ำตาลเข้มอมแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

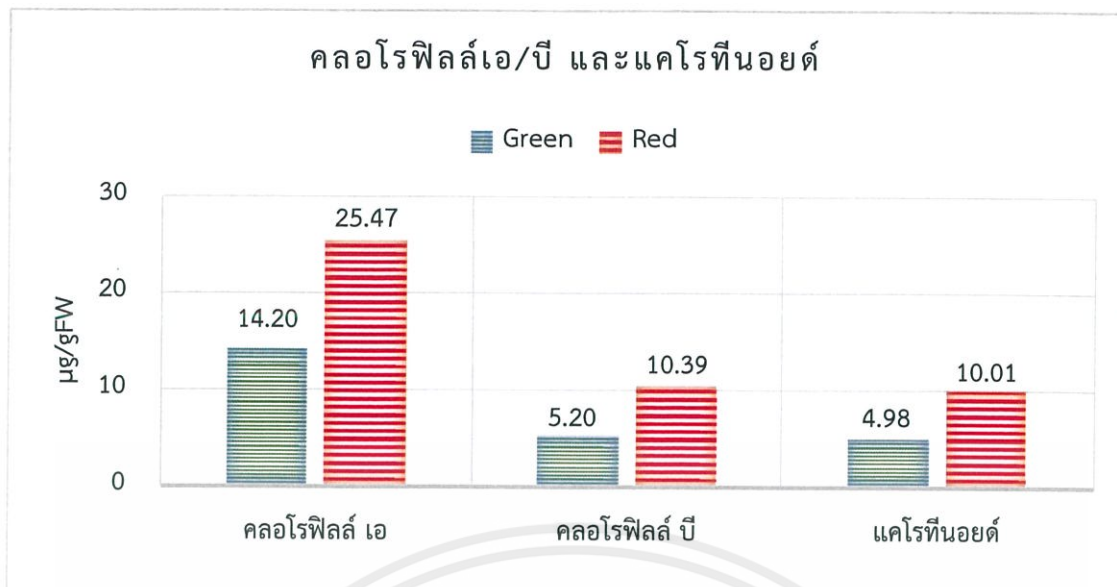
ภาพที่ 4.8 ภาพลักษณะของใบพืช (ก) กรีนโอ๊ค (ข) เร้ดโอ๊ค

4.3.1 การตรวจสอบคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์

ผู้วิจัยได้ทำการนำพืชตัวอย่างที่บดเรียบร้อยแล้ว ไปแช่ในอซิโตนและเก็บไว้ที่เวลา 48 ชม. ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นได้นำสารสกัดไปตรวจสอบค่าทางแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer หาค่า คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ ในหน่วย ($\mu\text{g/gFW}$.)

จากภาพที่ 4.9 สารสกัดพืชกรีนโอ๊คและเร้ดโอ๊คมีค่าคลอโรฟิลล์เอ เท่ากับ 14.208 และ 25.470 $\mu\text{g/gFW}$ ตามลำดับ มีค่าคลอโรฟิลล์บี เท่ากับ 5.209 และ 10.394 $\mu\text{g/gFW}$ ตามลำดับ มีค่าแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 4.981 และ 10.010 $\mu\text{g/gFW}$ ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า สารสกัดพืชเร้ดโอ๊คมีค่าคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ มากกว่าสารสกัดพืชกรีนโอ๊ค

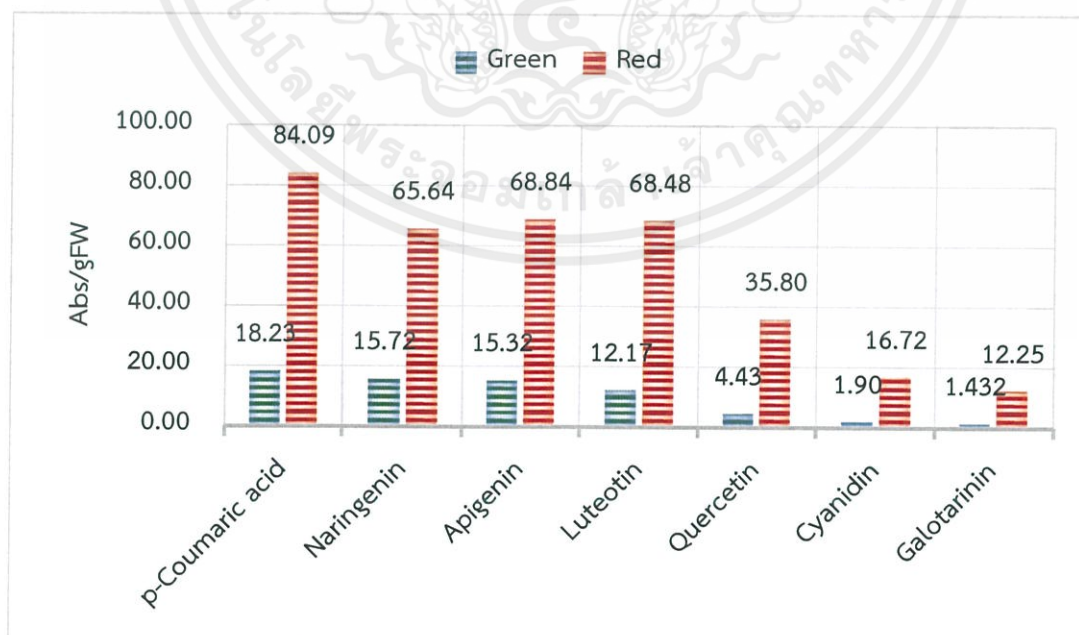


ภาพที่ 4.9 กราฟผลการตรวจสอบคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์

4.3.2 การตรวจสอบฟลาโวนอยด์

ผู้วิจัยได้ทำการดูดสารที่สกัดส่วนที่ใสใส่หลอด Microcentrifuge เพื่อวัดการดูดกลืนแสงของกลุ่มสารฟลาโวนอยด์ ด้วยเครื่อง Spectrophotometer หาค่า ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ในหน่วย (Abs/gFW.)

จากภาพที่ 4.10 พบว่า สารสกัดพืชเร็ดไค้มีค่าดูดกลืนแสงของกลุ่มสารฟลาโวนอยด์มากกว่าสารสกัดพืชกรีนไค้



ภาพที่ 4.10 กราฟผลการตรวจสอบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดสอบระบบวงจรกระแสไฟฟ้าของสารสกัด

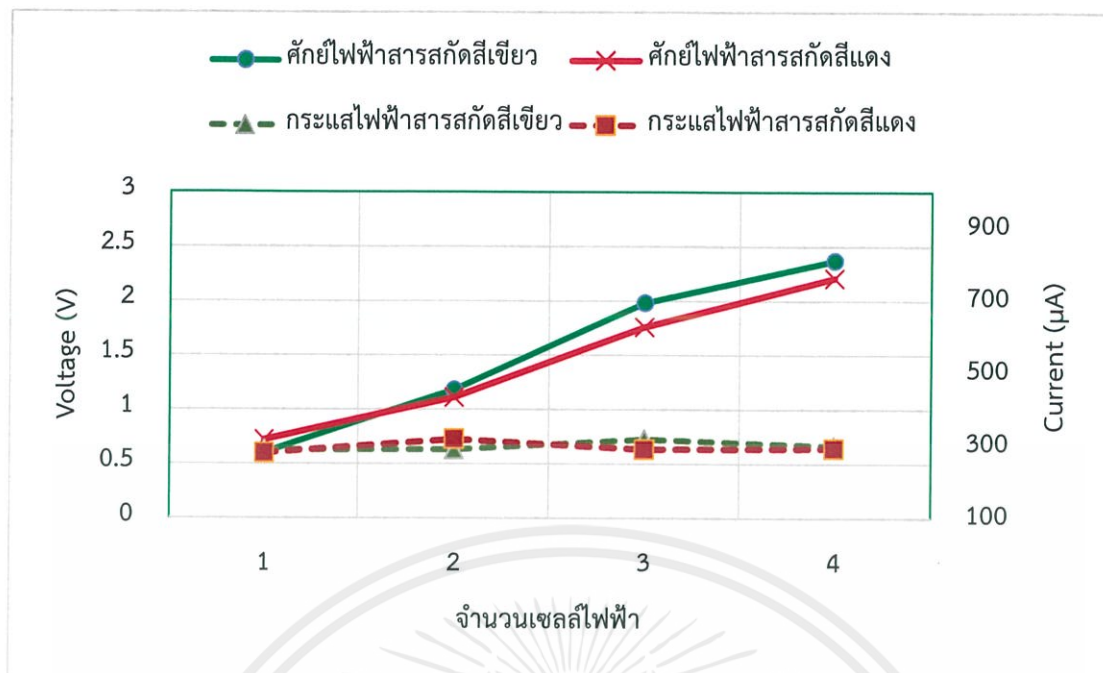
ผู้วิจัยได้นำสารสกัดที่มีอัตราส่วนที่ให้ค่าทางไฟฟ้าดีที่สุด (เติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ด้วยอัตรา 10 mg/L) ทำการทดลองต่อวงจรไฟฟ้าของเซลล์ที่ได้จำนวนมากกว่า 1 เซลล์เข้าเชื่อมต่อกัน เพื่อศึกษาวิธีการเพิ่มกำลังไฟฟ้าสำหรับนำเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพไปใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

4.4.1 ระบบวงจรกระแสไฟฟ้าแบบอนุกรม

นำขั้วแอโนดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพเซลล์แรกเชื่อมต่อกับขั้วลบ และนำขั้วแคโทดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพเซลล์แรกเชื่อมต่อกับขั้วแอโนดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพเซลล์ที่ 2 ส่วนขั้วแคโทดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพเซลล์ที่ 2 นั้นเชื่อมต่อกับขั้วแอโนดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพเซลล์ที่ 3 ทำอย่างนี้ต่อเนื่องไปจนเซลล์ไฟฟ้าเซลล์สุดท้าย และนำขั้วแคโทดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพเซลล์สุดท้ายเชื่อมต่อกับขั้วบวก

จากภาพ 4.11 สารสกัดพืชกรีนโอ๊คมีค่าศักย์ไฟฟ้าของวงจรในระบบอนุกรมที่มีจำนวนเซลล์ไฟฟ้า 1 2 3 และ 4 เซลล์ มีค่าเท่ากับ 0.6, 1.18, 1.98 และ 2.37 V ตามลำดับ สารสกัดพืชเร้ดโอ๊คมีค่าศักย์ไฟฟ้าค่าเท่ากับ 0.72, 1.11, 1.78 และ 2.21 V ตามลำดับ และสารสกัดพืชกรีนโอ๊คมีค่ากระแสไฟฟ้าของวงจรในระบบอนุกรมที่มีจำนวนเซลล์ไฟฟ้า 1 2 3 และ 4 เซลล์ มีค่าเท่ากับ 288, 289, 318.67 และ 299.67 μA ตามลำดับ ส่วนสารสกัดพืชเร้ดโอ๊คมีค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับ 279.67 , 318, 290.33 และ 290.33 μA ตามลำดับ

พบว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนเซลล์ในวงจรแบบอนุกรม ทำให้ระบบมีค่าศักย์ไฟฟ้าที่สูงขึ้นได้ โดยที่ค่ากระแสไฟฟ้ายังคงค่าเท่าเดิมตามทฤษฎีไฟฟ้า



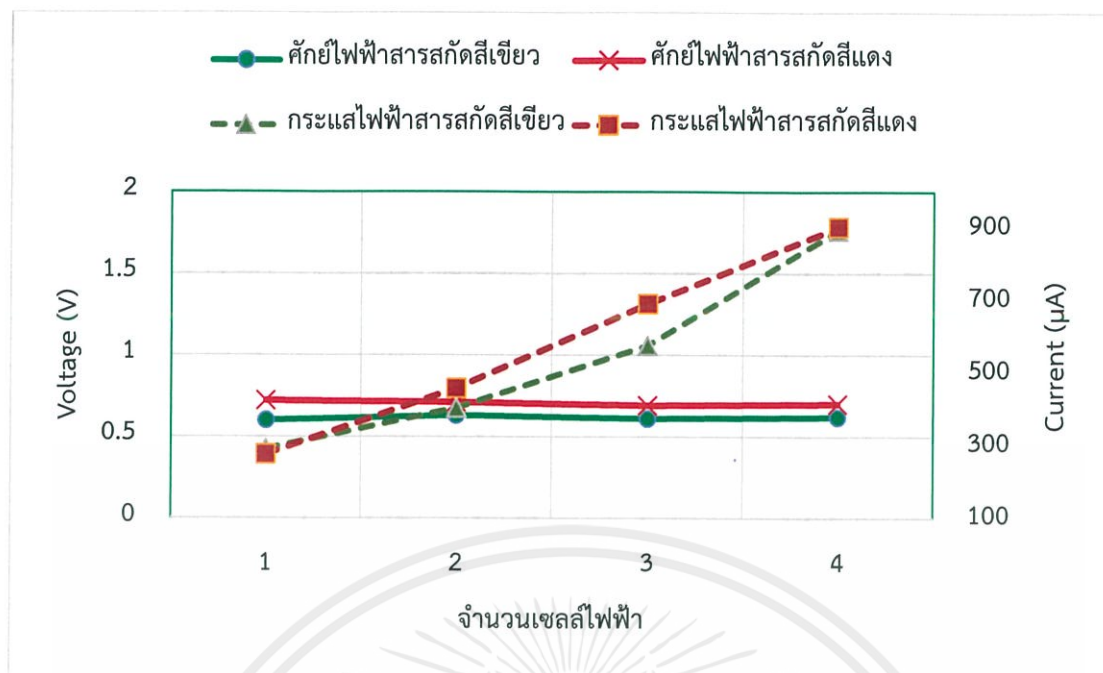
ภาพที่ 4.11 กราฟผลการตรวจสอบค่าศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของวงจรแบบอนุกรม

4.4.2 ระบบวงจรกระแสไฟฟ้าแบบขนาน

นำขั้วแคโทดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพทุกเซลล์เชื่อมต่อกับขั้วบวก และนำขั้วแอนโนดของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพทุกตัวเชื่อมต่อกับขั้วลบ

จากภาพ 4.12 สารสกัดพืชกรีนโอ๊คมีค่าศักย์ไฟฟ้าของวงจรในระบบขนานที่มีจำนวนเซลล์ไฟฟ้า 1 2 3 และ 4 เซลล์ มีค่าเท่ากับ 0.6, 0.63, 0.61 และ 0.62 V ตามลำดับ ส่วนสารสกัดพืชเร้ดโอ๊คมีค่าศักย์ไฟฟ้า เท่ากับ 0.72, 0.71, 0.69 และ 0.7 V ตามลำดับ และสารสกัดพืชกรีนโอ๊คมีค่ากระแสไฟฟ้าของวงจรในระบบอนุกรมที่มีจำนวนเซลล์ไฟฟ้า 1 2 3 และ 4 เซลล์ มีค่าเท่ากับ 291.33, 404.67, 576.67 และ 894.67 μA ตามลำดับ ส่วนสารสกัดพืชเร้ดโอ๊คมีค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับ 276, 458.67, 691.33 และ 903 μA ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ในวงจรแบบอนุกรม ทำให้ระบบมีค่ากระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นได้ โดยที่ค่าศักย์ไฟฟ้ายังคงค่าเท่าเดิมตามทฤษฎีไฟฟ้า



ภาพที่ 4.12 กราฟผลการตรวจสอบค่าศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของวงจรแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้เป็นการศึกษาสารสกัดของพืช 2 ชนิด คือ กรีนโอ๊ค และเร้ดโอ๊ค เพื่อหาวิธีการเตรียมสารสกัด และผลกระทบของสารสกัด เมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (0, 10, 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพ และทางชีวภาพ

5.1 สรุปผลการวิจัย

- กรีนโอ๊ค และเร้ดโอ๊ค มีค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรด-เบส ไม่แตกต่างกัน แต่เร้ดโอ๊ค มีสมบัติทางไฟฟ้าที่ดีกว่ากรีนโอ๊คเล็กน้อย
- การเตรียมสารสกัด พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ 1:1 ที่กำจัดเศษเซลล์ออกจากสารสกัด ซึ่งระยะเวลาในการเก็บรักษาสารสกัด 0 30 และ 60 นาที พบว่า คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีไม่มีความแตกต่างกันในเชิงสถิติ
- การเพิ่มความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ในสารสกัดพืช พบว่า ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่มากที่สุด และเร้ดโอ๊คมีค่าที่มากกว่ากรีนโอ๊ค
- การตรวจสอบสารรงควัตถุในสารสกัดพืช พบว่า เร้ดโอ๊คมีปริมาณสารคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และฟลาโวนอยด์มากกว่ากรีนโอ๊ค ซึ่งสอดคล้องกับค่ากระแสไฟฟ้าของสารสกัด
- ระบบเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพสามารถเพิ่มค่าของสมบัติทางไฟฟ้าได้ โดยการเพิ่มจำนวนเซลล์ และต่อวงจรเป็นรูปแบบอนุกรม หรือแบบขนาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การใช้ตัวอย่างจากธรรมชาติ มีผลให้เกิดความแปรปรวนในการทดลองในแต่ละครั้ง ควรคุมให้ตัวอย่างมีความสม่ำเสมอ
2. ควรออกแบบภาชนะที่บรรจุสารสกัดชีวภาพให้เหมาะกับการต่อวงจรในระบบต่าง ๆ
3. ควรทดลองทำการวิจัยกับสารนาโนชนิดอื่นเช่น TiO_2 สกัดชีวภาพ
4. การปรับจำนวนเซลล์พืช จะส่งผลให้ได้สมบัติทางไฟฟ้าที่เหมาะสม และสามารถต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสม (อนุกรม+ขนาน) เพื่อให้ระบบมีค่าทางไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] สารานุกรมเสรี วิกีพีเดีย. Wikipedia. คลอโรฟิลล์.
[Online]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/คลอโรฟิลล์>.
- [2] เบต้าแคโรทีน และแคโรทีนอยด์. [Online]. Available: <http://www.siamchemi.com>.
- [3] ฟลาโวนอยด์. [Online]. Available: <http://www.biology.ipst.ac.th/?p=937>
- [4] นภาพร ทวีแสง. “การสังเคราะห์หอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เจือด้วยคอปเปอร์ด้วยวิธีตกตะกอนร่วมเพื่อใช้เป็นวัสดุที่ทำงานด้วยพลังแสงอาทิตย์” หน้า 5-6, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2012.
- [5] Albert Einstein. "The Nobel Prize in Physics 1921 " Nobel Prize official page.
- [6] วีรญาดา บางแบ่ง. “การพัฒนาบทปฏิบัติการเรื่องไฟฟ้าเคมี” หน้า 23-27, มหาวิทยาลัยรังสิต. 2005.
- [7] วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น. [Online]. Available: http://www.kksci.com/elreaning/phi/page/phi_1.htm.
- [8] Satarupa N. and Tushar Kanti N. " Preparation of Bio-voltaic Cell from The Extract of Different Plant Parts " International Journal of Innovative Research and Review, Vol. 3, January-March, pp.88-93, 2015.
- [9] Velusamy V. and Visalakshi L. “Power Generation from Plant Extracts” Lecturer in Physics, Paavai College of Engineering. 2009.
- [10] Prajjal D. “A vegetative voltaic cell”, SCIENTIFIC CORRESPONDENCE, CURRENT SCIENCE, vol. 85, pp.244-245, 2003.
- [11] Lakshmi k. Singh “Performance of fruit extract of Mela stoma malabathrum” L. as sensitizer in DSSCs, Department of Physics, North Eastern Regional Institute of Science and Technology. 2014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] F. Teoli. "Role of pH and pigment concentration for natural dye-sensitized solar cells treated with anthocyanin extracts of common fruits" University di Roma Tor Vergata. 2015.

[13] J. B. Baxter and E. S. Aydil," Dye-sensitized solar cells based on semiconductor morphologies with ZnO nanowires", Solar Energy Materials & Solar Cells, vol. 90, pp. 36-44, 2006.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายชนาธิป ไทยเมือง
วัน-เดือน-ปีเกิด	15 กุมภาพันธ์ 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดพะเยา
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 90 หมู่2 ตำบลเชียงบาน อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา 56110
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2553 จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษา ที่โรงเรียน สาธิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2557 เข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร บัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัสดุนาโน วิทยาลัยนาโน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้