

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากพืชในประเทศไทย

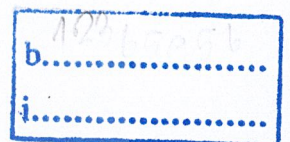
Dye-sensitized solar cell from Thai plant



T119170

นางสาวสุธาสินี ทองเอี่ยม
นางสาวสุธิลัดดา นาไชย
นางสาวสุนิสา สุริยะพันธ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **119170**
วัน,เดือน,ปี - ๖ S.ค. 2554



รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมไวแสงจากพืชในประเทศไทย

DYE –SENSITIZED SOLAR CELL FROM THAI PLANTS

ผู้จัดทำ

1. นางสาวสุราสินี ทองเยี่ยม รหัสนักศึกษา 50011719
2. นางสาวสุธิลัดดา นาไชย รหัสนักศึกษา 50011721
3. นางสาว สุนิสา สุริยะพันธ์ รหัสนักศึกษา 50011730



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.เต็มพงษ์ เพ็ชรกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากพืชในประเทศไทย

นางสาวสุชาสินี ทองเอี่ยม รหัส 50011719

นางสาวสุธิตัดดา นาไชย รหัส 50011721

นางสาวสุนิสา สุริยะพันธ์ รหัส 50011730

รศ.ดร.เต็มพงษ์ เพ็ชรกุล อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการสร้างและการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากพืชในประเทศไทย ซึ่งใช้เม็ดสีจากพืชเป็นตัวดูดกลืนแสงเพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้แผ่นเคลือบขั้วโปรงแสงนำไฟฟ้าเป็นฐานรอง เคลือบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์เพื่อกำหนดเป็นขั้วไฟฟ้าลบ และสารละลายเพลดทินัมเพื่อกำหนดเป็นขั้วไฟฟ้าบวก จากนั้นนำแผ่นเคลือบขั้วโปรงแสงนำไฟฟ้าทั้งสองมาประกบกัน โดยให้ด้านที่เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นด้านที่สัมผัสแสง ซึ่งด้านขั้วไฟฟ้าลบจะถูกข้อมด้วยสีย้อมไวแสงซึ่งสกัดจากพืช ในการทดลองครั้งนี้ ใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์คือไอโอดีน และได้ศึกษาการใช้สีย้อมไวแสงที่สกัดได้จากพืชต่าง ๆ เพื่อทดสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานไฟฟ้า

Dye-sensitized solar cell from Thai plants

Miss Suthasinee Thongiam ID. 50011719

Miss Suthiladda Nachai ID. 50011721

Miss Sunisa Suriyaphan ID. 50011730

Assoc.Prof.Dr.Teompong Petchakul Adviser

Educational year 2010

Abstract

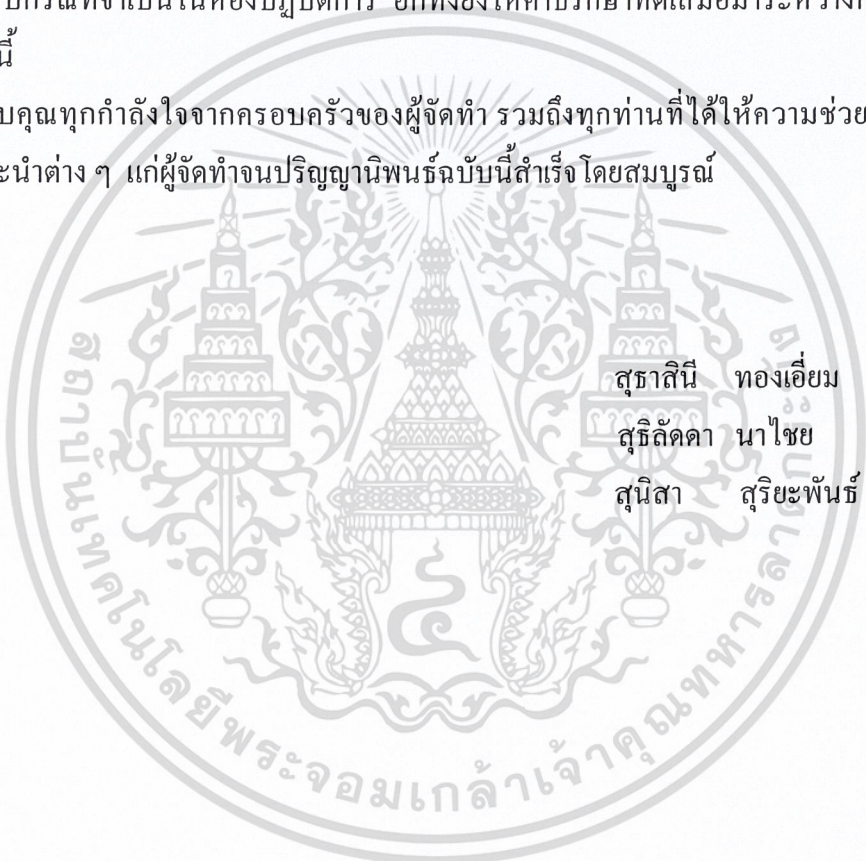
This thesis presents the design and development of dye-sensitized solar cells from Thai plant by using natural pigments to absorb sunlight and convert solar energy into electricity. The conductive glasses are used as base coated with TiO_2 to determine cathode and platinum solution to determine anode. Cathode is dyed with dye-sensitizer from Thai plant and set as the absorbed-sunlight side. We use iodine as the electrolyte in the experiment and learn the dye-sensitizer extracted from various plants by examining the effective of converting solar energy into electricity.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยคำชี้แนะการแก้ปัญหาและการให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์จาก รศ.ดร.เต็มพงษ์ เพ็ชรกุล ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำรายงานและโครงการ และได้รับการเอื้ออำนวยเครื่อง solar simulator เพื่อใช้ในการวัดผลการทดลอง จาก รศ.ดร.สุรัชชัย สยสิทธิ์ศักดิ์ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณพี่เบส พี่ชลินทร์ พี่นวย และพี่น้อง สำหรับความช่วยเหลือด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการ อีกทั้งยังให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมาระหว่างการทำปริญญานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณทุกกำลังใจจากครอบครัวของผู้จัดทำ รวมถึงทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ แก่ผู้จัดทำจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์



สุราสินี ทองเอี่ยม
สุรียัตตา นาไชย
สุนิสา สุริยะพันธ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV-VI
สารบัญรูปภาพ และกราฟ	VII-X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 ประวัติความเป็นมา	2
1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย	4
1.4 ขั้นตอนการทำงาน	4
1.5 ขอบเขตของงานที่ทำ	4
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎี	6
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)	6
2.1.1 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์	6
2.1.2 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์	8
2.1.3 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์	9
2.1.4 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	9
2.1.5 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์	10
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม (Dye-sensitized solar cell: DSSC)	10
2.2.1 ฟิล์มบางออกไซด์นำไฟฟ้าโปร่งแสง (Transparent conducting oxide thin film, TCO)	12
2.2.2 สีย้อมไวแสง (sensitizer)	12
2.2.3 ไททานเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	14
2.2.4 แพลทินัม (Platinum)	17
2.2.5 สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte solution)	18
2.2.6 ค่ามวลอากาศ (Air mass)	18
2.2.7 การวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม	20
2.3 เอทานอล (Ethanol)	21
2.4 เมทานอล (Methanol)	22
2.5 รงควัตถุ (Pigment)	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์การทดลอง และวิธีการทดลอง	24
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	24
3.2 การสกัดสีขี้อม	24
3.3 การเตรียมด้านข้าวบวก	31
3.4 การเตรียมด้านข้าวลบ	32
บทที่ 4 ผลการทดลอง	42
4.1 ผลการวัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสง จากพีชชนิดต่าง ๆ สกัดจากเมทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$	43
4.1.1 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากกะหล่ำเขียวที่สกัดจากเมทานอล	43
4.1.2 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากอัญชันที่สกัดจากเมทานอล	44
4.1.3 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเมทานอล	45
4.1.4 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากแก้วมังกรที่สกัดจากเมทานอล	46
4.1.5 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากใบเตยที่สกัดจากเมทานอล	47
4.1.6 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากแคโรทที่สกัดจากเมทานอล	48
4.2 ผลการวัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสง จากพีชชนิดต่าง ๆ สกัดจากเอทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$	49
4.2.1 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากกะหล่ำเขียวที่สกัดจากเอทานอล	49
4.2.2 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากอัญชันที่สกัดจากเอทานอล	50
4.2.3 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอล	51
4.2.4 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากแก้วมังกรที่สกัดจากเอทานอล	52
4.2.5 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากใบเตยที่สกัดจากเอทานอล	53
4.2.6 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากแคโรทที่สกัดจากเอทานอล	54
4.3 แสดงค่าเปรียบเทียบ E_{ff} ของกะหล่ำเขียว อัญชัน กะหล่ำม่วง แก้วมังกร ใบเตย แคโรท ในการสกัดจากเมทานอลที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$	55
4.4 ผลการวัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสง จากพีชชนิดต่าง ๆ ที่สกัดจากเมทานอล เวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$	57
4.4.1 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอล	57
4.4.2 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากแคโรทที่สกัดจากเอทานอล	58
4.4.3 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเมทานอล	59
4.4.4 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากชงโคที่สกัดจากเมทานอล	60
4.4.5 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขี้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเมทานอล	61

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 ผลการวัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากพีชชนิดต่าง ๆ ที่สกัดจากเอทานอล เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$	62
4.5.1 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอล	62
4.5.2 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแครอทที่สกัดจากเอทานอล	63
4.5.3 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเอทานอล	64
4.5.4 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากชงโคที่สกัดจากเอทานอล	65
4.5.5 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอล	66
4.6 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของพีชชนิดต่าง ๆ ที่สกัดจากเมทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$	67
4.7 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของพีชชนิดต่าง ๆ ที่สกัดจากเมทานอลที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$	72
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	77
5.1 สรุปผลการทดลอง	77
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	77
5.3 ข้อเสนอแนะ	78
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

สารบัญรูปภาพ และ กราฟ

หน้า

รูปที่ 2.1 เซลล์แสงอาทิตย์จากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอนแบบต่าง ๆ	7
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์	8
รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	9
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม	11
รูปที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบระดับพลังงานของ Dye และ conduction band ของ TiO_2	13
รูปที่ 2.6 การประยุกต์ใช้งานไททาเนียม	14
รูปที่ 2.7 โครงสร้างผลึกของไททาเนียม: (a) อนาเทส, (b) รูไทล์, และ (c) บรูคไคท์	15
รูปที่ 2.8 กระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อสารกึ่งตัวนำไททาเนียมถูกกระตุ้นด้วยแสง	17
รูปที่ 2.9 แสดงการคำนวณค่ามวลอากาศ	19
รูปที่ 2.10 กราฟแสดงสเปกตรัมแสงมาตรฐานที่ ASTM กำหนด	20
รูปที่ 2.11 กราฟ I-V (current-voltage curve) ของเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้แสง	21
รูปที่ 2.12 โครงสร้าง Ethyl alcohol	22
รูปที่ 2.13 โครงสร้าง Methyl alcohol	22
รูปที่ 3.1 เครื่องไอระเหยแบบสูญญากาศ	25
รูปที่ 3.2 เครื่องสกัดแบบร้อน	25
รูปที่ 3.3 สีย้อมที่สกัดจากพืช ด้วยตัวทำละลายเมทานอล	26
รูปที่ 3.4 สีย้อมที่สกัดจากพืชด้วยตัวทำละลายเอทานอล	26
รูปที่ 3.5 สีย้อมจากกะหล่ำม่วงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล	27
รูปที่ 3.6 สีย้อมจากแครอทที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล	27
รูปที่ 3.7 สีย้อมจากข้าวเหนียวดำที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล	28
รูปที่ 3.8 สีย้อมจากขงโคที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล	28
รูปที่ 3.9 สีย้อมจากกระเจี๊ยบที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล	28
รูปที่ 3.10 สีย้อมจากกะหล่ำม่วงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล	29
รูปที่ 3.11 สีย้อมจากแครอทที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล	29
รูปที่ 3.12 สีย้อมจากข้าวเหนียวดำที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล	30
รูปที่ 3.13 สีย้อมจากขงโคที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล	30
รูปที่ 3.14 สีย้อมจากกระเจี๊ยบที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล	30
รูปที่ 3.15 กระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยสารละลายแพลตตินัม	31
รูปที่ 3.16 เครื่องเป่าลมร้อน	31
รูปที่ 3.17 กระจกนำไฟฟ้า	32
รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการสกรีนไทเทเนียมไดออกไซด์ลงบนกระจกไฟฟ้า	32
รูปที่ 3.19 เตาเผาสามโซน	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ และ กราฟ

หน้า

รูปที่ 3.20 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากเมทานอล	33
รูปที่ 3.21 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากเอทานอล	33
รูปที่ 3.22 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากกะหล่ำม่วง ใช้ตัวทำละลายเมทานอล	34
รูปที่ 3.23 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากแคโรทใช้ตัวทำละลายเมทานอล	34
รูปที่ 3.24 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากข้าวเหนียวดำใช้ตัวทำละลายเมทานอล	35
รูปที่ 3.25 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากขงโคใช้ตัวทำละลายเมทานอล	35
รูปที่ 3.26 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากกระเจี๊ยบใช้ตัวทำละลายเมทานอล	36
รูปที่ 3.27 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากกะหล่ำม่วง ใช้ตัวทำละลายเอทานอล	36
รูปที่ 3.28 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากแคโรทใช้ตัวทำละลายเอทานอล	37
รูปที่ 3.29 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากข้าวเหนียวดำใช้ตัวทำละลายเอทานอล	37
รูปที่ 3.30 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากขงโคใช้ตัวทำละลายเอทานอล	38
รูปที่ 3.31 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากกระเจี๊ยบใช้ตัวทำละลายเอทานอล	38
รูปที่ 3.32 ตัวอย่างแผ่นกระจกที่ประกบกันแล้ว	39
รูปที่ 3.33 การเป่าเพื่อให้แผ่น โพลีเมอร์ติดกันทั้งสองด้าน	39
รูปที่ 3.34 แสดงตำแหน่งต่างๆของชั้นในเซลล์แสงอาทิตย์	40
รูปที่ 3.35 เครื่องทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์	40
รูปที่ 3.36 แสดงแผนผังการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์	41
กราฟที่ 4.1.1 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากกะหล่ำเขียวที่สกัดจากเมทานอล	43
กราฟที่ 4.1.2 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากอัญชันที่สกัดจากเมทานอล	44
กราฟที่ 4.1.3 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเมทานอล	45
กราฟที่ 4.1.4 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากแก้วมังกรที่สกัดจากเมทานอล	46
กราฟที่ 4.1.5 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากใบเตยที่สกัดจากเมทานอล	47
กราฟที่ 4.1.6 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากแคโรทที่สกัดจากเมทานอล	48
กราฟที่ 4.2.1 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากกะหล่ำเขียวที่สกัดจากเอทานอล	49
กราฟที่ 4.2.2 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากอัญชันที่สกัดจากเอทานอล	50
กราฟที่ 4.2.3 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอล	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ และ กราฟ

หน้า

กราฟที่ 4.2.4 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากแก้วมังกรที่สกัดจากเอทานอล	52
กราฟที่ 4.2.5 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากใบเตยที่สกัดจากเอทานอล	53
กราฟที่ 4.2.6 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากแครอทที่สกัดจากเอทานอล	54
กราฟที่ 4.3.1 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกะหล่ำเขียว อัญชัน กะหล่ำม่วง แก้วมังกร ใบเตย แครอท ในการสกัดจากเมทานอล	55
กราฟที่ 4.3.2 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกะหล่ำเขียว อัญชัน กะหล่ำม่วง แก้วมังกร ใบเตย แครอท ในการสกัดจากเอทานอล	56
กราฟที่ 4.4.1 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วง ที่สกัดจากเมทานอล	57
กราฟที่ 4.4.2 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแครอท ที่สกัดจากเมทานอล	58
กราฟที่ 4.4.3 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจาก ข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเมทานอล	59
กราฟที่ 4.4.4 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากชงโค ที่สกัดจากเมทานอล	60
กราฟที่ 4.4.5 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบ ที่สกัดจากเมทานอล	61
กราฟที่ 4.5.1 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วง ที่สกัดจากเอทานอล	62
กราฟที่ 4.5.2 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแครอท ที่สกัดจากเอทานอล	63
กราฟที่ 4.5.3 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจาก ข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเอทานอล	64
กราฟที่ 4.5.4 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากชงโค ที่สกัดจากเอทานอล	65
กราฟที่ 4.5.5 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบ ที่สกัดจากเอทานอล	66
กราฟที่ 4.6.1 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเมทานอล ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง	67
กราฟที่ 4.6.2 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของแครอทที่สกัดจากเมทานอล ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ และ กราฟ

	หน้า
กราฟที่ 4.6.3 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเมทานอล ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง	69
กราฟที่ 4.6.4 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของขงโคที่สกัดจากเมทานอล ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง	70
กราฟที่ 4.6.5 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกระเจี๊ยบที่สกัดจากเมทานอล ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง	71
กราฟที่ 4.7.1 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอล ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง	72
กราฟที่ 4.7.2 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของแครอทที่สกัดจากเอทานอล ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง	73
กราฟที่ 4.7.3 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเอทานอล ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง	74
กราฟที่ 4.7.4 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของขงโคที่สกัดจากเอทานอล ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง	75
กราฟที่ 4.7.5 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอล ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง	76

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในนโยบายการผลิตพลังงานทดแทนของประเทศไทย และเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานทดแทนอื่นๆ มีการค้นคว้าในประเทศไทย เช่น พลังงานลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ ปรากฏเป็นที่เด่นชัดว่า เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกนำมาใช้งานได้อย่างประสบความสำเร็จมากที่สุด เช่น มีการใช้ในหมู่บ้านชนบทห่างไกลที่ไฟฟ้าเข้าไปไม่ถึง ใช้สูบน้ำบาดาลในพื้นที่ทุรกันดาร ใช้ในระบบสื่อสารถ่ายทอดสัญญาณโทรศัพท์ ใช้ในการทหาร ฯลฯ ใน ค.ศ. 1998 ได้มีโครงการสาธิตการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านในเขตกรุงเทพมหานคร^[1] (Solar house) จำนวน 10 หลังอีกด้วย เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแล้วในประเทศไทยทั้งหมดในขณะนี้กำลังไฟฟ้าเอาท์พุทรวมประมาณ 3.7 MW หรือประมาณ 92,500 แผง (กำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้มีค่าประมาณ 40-50 W)

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลกเรามีมากมายมหาศาล ร้อยละ 99.99 ของพลังงานที่โลกเราได้รับมาจากดวงอาทิตย์ ส่วนที่เหลือร้อยละ 0.02 เป็นพลังงานความร้อนใต้พิภพ ปริมาณพลังงานของแสงอาทิตย์ที่เดินทางมาสู่โลกมีมากถึง 1.77×10^{14} kW ซึ่งมีมากกว่าปริมาณที่มนุษย์ต้องการ (3.8×10^8 kW) ถึงกว่าล้านเท่า ดังนั้นถ้ามนุษย์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงนี้ให้เป็นประโยชน์ก็จะช่วยประหยัดน้ำมันไปได้มาก สำหรับในประเทศไทยบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร เราได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 1,000 W หรือเฉลี่ย 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน (kWh/m²/day) ซึ่งหมายความว่า ในวันหนึ่ง ๆ บนพื้นที่เพียง 1 ตารางเมตรนั้น เราได้รับแสงอาทิตย์ 1 kW เป็นเวลานานถึง 4-5 ชั่วโมงนั่นเอง ถ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานเท่ากับ 15% ก็แสดงว่า เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่ 1 ตารางเมตร จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 150 W หรือเฉลี่ย 600-700 kWh/m²/day นั่นเอง ในเชิงเปรียบเทียบ ในวันหนึ่งๆ ประเทศไทยเรามีความต้องการพลังงานไฟฟ้าประมาณ 250 ล้าน kWh/day ดังนั้นถ้าเรามีพื้นที่ประมาณ 1,500 ตารางกิโลเมตร (0.3% ของประเทศไทย) เราก็จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้เพียงพอต่อความต้องการทั้งประเทศ

เซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถแปลงพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ด้วยปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดแรกได้แก่เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอนได้รับการพัฒนาขึ้นใน ค.ศ. 1954 การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์เริ่มจากการใช้งานในยานอวกาศ ค.ศ. 1958 และเมื่อเกิดเหตุการณ์วิกฤตน้ำมันในต้นทศวรรษที่ 1970 เซลล์แสงอาทิตย์จึงได้รับความสนใจในการใช้งานเป็นแหล่งพลังงานทดแทนบนพื้นโลก ปัจจุบัน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์แสงอาทิตย์ได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์อย่างใกล้ชิด ความต้องการเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละปีก็เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง ค.ศ. 1995 ปริมาณการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลกรวมกันได้ประมาณ 760 เมกะวัตต์ (MW) และปริมาณการผลิตทั่วโลกก็จะสูงถึงระดับ 100MW ต่อปีแล้ว ทางด้านต้นทุนการผลิตก็ได้ลดลงประมาณ 3-4 ดอลลาร์สหรัฐต่อวัตต์แล้ว

สำหรับในประเทศไทยจนถึงค.ศ. 1997 มีการติดตั้งใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์รวมแล้วประมาณ 3.7 MW และกำลังเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทุกปี^[2]

เซลล์แสงอาทิตย์ (SOLAR CELL) เป็นสิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำสามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ (หรือแสงจากหลอดไฟ) ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง ทันทีที่มีแสงตกกระทบ เซลล์แสงอาทิตย์ก็จะผลิตไฟฟ้าได้ทันที และไฟฟ้าที่ได้นั้นเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC current) เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง (renewable energy) ที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า สะอาดและไม่สร้างมลภาวะเป็นพิษใดๆ ขณะใช้งาน ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เพียงแต่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ไว้กลางแสงอาทิตย์ก็สามารถใช้งานได้ทันที เซลล์แสงอาทิตย์สามารถทำงานโดยไม่สร้างเสียงรบกวนหรือการเคลื่อนไหวและไม่เคยปรากฏว่ามีการคัดค้านการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เท่านั้น จึงเป็นการประหยัดน้ำมัน และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้จากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานที่มนุษย์ได้มาฟรีและไม่มีวันสิ้นสุด อายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ยาวนานกว่า 20 ปี ดังนั้นเมื่อลงทุนติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในครั้งแรก ก็แทบจะไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีกต่อไป

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้งานบนพื้นโลกมากที่สุดมี 3 ชนิด ได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกโพลีซิลิคอน และเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัส แต่ต้นทุนในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนค่อนข้างสูงจึงได้มีผู้คิดค้นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด สีย้อม (Dye-Sensitized Solar Cell) เพื่อนำมาทดแทนเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิคอน เซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิคอนตามปกติแล้วต้องใช้ซิลิคอนบริสุทธิ์ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้เราต้องเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงมาก แต่เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงใช้ต้นทุนที่ต่ำกว่า มีขั้นตอนในการผลิตง่ายกว่า และสามารถผลิตในปริมาณที่มากกว่าได้

1.2 ประวัติความเป็นมา

เซลล์แสงอาทิตย์ถูกสร้างขึ้นมาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1954 (พ.ศ. 2497) โดย แชปปีน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียสัน (Pearson) แห่งเบลล์เทเลโฟน (Bell Telephone)^[1] โดยทั้ง 3 ท่านนี้ได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ พี-เอ็น (P-N) แบบใหม่ โดยวิธีการแพร่สารเข้าไปในผลึกของซิลิคอน จนได้เซลล์แสงอาทิตย์อันแรกของโลก ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6% ซึ่งปัจจุบันนี้เซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกพัฒนาขึ้นจนมีประสิทธิภาพสูงกว่า 15% แล้ว ในระยะแรกเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่จะใช้สำหรับโครงการด้านอวกาศ ดาวเทียมหรือยานอวกาศที่ส่งจากพื้นโลกไปโคจรในอวกาศก็ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า ต่อมาจึงได้มีการนำเอาแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้บนพื้นโลกเช่นในปัจจุบันนี้ เซลล์แสงอาทิตย์ในยุคแรกๆ ส่วนใหญ่จะมีสีเทาดำ แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้เซลล์แสงอาทิตย์มีสีต่างๆ กันไป เช่น แดง น้ำเงิน เขียว ทอง เป็นต้น เพื่อความสวยงาม

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้ซิลิกอนเป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ก่อนนำไปสร้างเป็นเซลล์แสงอาทิตย์หรือที่เรียกว่า “Solar cell” เมื่อเราติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โฟตอน (Photon) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้าเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีทรัพยากรป่าไม้ค่อนข้างมาก มีพืชหลากหลายชนิดเหมาะแก่การที่จะใช้รงควัตถุจากพืชมาเป็นสีย้อมไวแสงสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ พร้อมทั้งในประเทศไทยไม่ค่อยมีงานวิจัยเรื่องนี้อย่างจริงจังสาเหตุเพราะต้องใช้ต้นทุนในการวิจัยสูง ใช้เวลานานกว่าจะเห็นผล รัฐบาลยังไม่ค่อยให้ความสำคัญในการทำวิจัยในเรื่องนี้และมักจะถูกคัดค้านจากนักวิชาการในเมืองใหญ่แต่ในต่างประเศนั้น มีรายงานการวิจัยหลายเรื่องที่ใช้สีย้อมไวแสงจากพืชโดยตรง นิยมสกัดสีย้อมจากดอกและผลของต้นไม้ อย่างเช่น ประเทศจีน Hao et al. (2006) รายงานว่าได้นำข้าวเหนียวดำ (black rice), ดอกปาริฉัตร, ดอก Rosa Xanthina, พริกและสาหร่ายทะเลมาสกัดด้วยแอลกอฮอล์แล้วทำให้สีย้อมบริสุทธิ์ขึ้นด้วยโครมาโทกราฟีนำสีย้อมมาทดลองทำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ได้ผลว่าสีย้อมจากข้าวเหนียวดำดีที่สุด เนื่องจากข้าวเหนียวดำมีแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งยึดเกาะฟิล์ม TiO₂ ได้ดี แอนโทไซยานิน ซึ่งพบได้ง่ายในดอกไม้และผลไม้ที่มีสีเข้ม และคงทนในสภาพกรด ได้รับความสนใจมากกว่ารงควัตถุในธรรมชาติชนิดอื่น สมบัติในการยึดเกาะอนุภาค TiO₂ เกิดจากหมู่ไฮดรอกซีในโมเลกุล งานวิจัยที่ใช้ส่วนของพืชที่มีสารในกลุ่มแอนโทไซยานินมาเป็นสีย้อมไวแสง เช่น Sirimanne et al. (2006) ใช้รงควัตถุจากผลทับทิม Dai and Rabani (2001) ใช้รงควัตถุจากผลทับทิมในดัวกลางที่เป็นน้ำ Garcia et al. (2003a) ใช้รงควัตถุในลูกหว้า (Eugenia jambolana Lam) โดยสกัดจากน้ำผลไม้สด Polo et al. (2006) ศึกษาการใช้แอนโทไซยานินสีม่วงน้ำเงินจาก jaboticaba (Myrtus cauliflora Mart) และ calafate (Berberies buxifolia Lam)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วน Kumara et al. (2006) รายงานสีย้อมไวแสงที่สกัดจากใบชิโซ (shiso) และ Garcia et al. (2003b) ศึกษาส่วนสกัดสดจากผล chaste tree (*Solanum americanum*, Mill.), mulberry (*Morus alba*, L.) และ cabbage-palm (*Euterpe oleracea*, Mart) มาใช้เป็นสีย้อมไวแสง เปรียบเทียบกับสารประกอบของรูทีเนียม และเสนอว่า การใช้สีย้อมไวแสงจากผลไม้ทั้งสาม เป็นทางเลือกในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่รวดเร็วกว่า ง่ายกว่า และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าสีย้อมสังเคราะห์ แต่ต้องรอการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในการใช้งาน ผลการวิจัยได้ทำให้นักวิจัยกลุ่มหนึ่งกล้าที่จะค้นหาสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติในประเทศบราซิล ซึ่งอุดมด้วยความหลากหลายทางชีวภาพต่อไป (Polo et al., 2004)

ในประเทศไทย Wongcharee et al. (2007) รายงานการศึกษาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ใช้สารสกัดจากกระเจี๊ยบ และดอกอัญชัน ได้ผลว่า กระเจี๊ยบให้ประสิทธิภาพดีกว่าดอกอัญชัน และสารผสม แตกต่างจากผลการทดลองของจักรพงษ์ ศรีแก้วเลิศ และคณะ ที่กล่าวว่าอัญชันให้กำลังไฟฟ้าดีที่สุด รองลงมาคือกระเจี๊ยบ ใบยอ และใบอ่อนสัก (กระทรวงพลังงาน, 2550)^[3]

1.3 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวัตถุดิบที่มีในประเทศในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดสีย้อมไวแสง สำหรับเป็นทางเลือกพลังงานทดแทน
2. เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมจากพืช
3. เพื่อลดต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงให้มีราคาถูกลง เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้อย่างแพร่หลาย

1.4 ขั้นตอนการทำงาน

1. ศึกษาการทำงานและส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์
2. ออกแบบและทดลองสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยสีย้อมไวแสงจากพืชชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทย
3. บันทึกค่าที่ได้และเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ จากพืชที่ต่างชนิดกัน

1.5 ขอบเขตของงานที่ทำ

ออกแบบและสร้างเซลล์แสงอาทิตย์จากพืชต่าง ๆ ในประเทศไทย โดยกำหนดให้มีขนาดของพื้นที่ที่เท่ากัน สีย้อมที่สกัดจากเอทานอลและเมทานอล เปรียบเทียบค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างต้นแบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย
2. สามารถลดต้นทุนในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้
3. ศึกษาพืชในประเทศไทยที่มีศักยภาพในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์
4. สามารถนำความรู้ที่ศึกษามาใช้ประโยชน์ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน ซึ่งมีราคาสูงที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โฟตอน (Photon) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาถึงการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน

การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีจุดเด่นที่สำคัญ แตกต่างจากวิธีอื่นหลายประการ ดังต่อไปนี้

1. ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในขณะที่ใช้งาน จึงทำให้ไม่มีมลภาวะทางเสียง
2. ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษจากขบวนการผลิตไฟฟ้า
3. มีการบำรุงรักษาน้อยมากและใช้งานแบบอัตโนมัติได้ง่าย
4. ประสิทธิภาพสูงที่ไม่ขึ้นกับขนาด
5. สามารถผลิตเป็นแผงขนาดต่าง ๆ ได้ง่าย ทำให้สามารถผลิตได้ปริมาณมาก
6. ผลิตไฟฟ้าได้แม้มีแสงแดดอ่อนหรือมีเมฆ
7. เป็นการใชพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มาฟรีและมีไม่สิ้นสุด
8. ผลิตไฟฟ้าได้ทุกมุมโลกแม้บนเกาะเล็ก ๆ กลางทะเล บนยอดเขาสูง และในอวกาศ
9. ได้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงซึ่งเป็นพลังงานที่นำมาใช้ได้สะดวกที่สุด

2.1.1 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

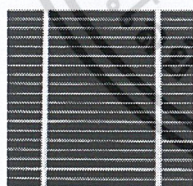
2.1.1.1 กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น คือ แบบที่เป็น รูปผลึก (Crystal) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่เป็นรูปผลึก จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell) และ ชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell)

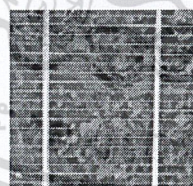
- เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell หรือ c-Si) ซิลิคอนเป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำที่มีราคาสูงที่สุด เนื่องจากซิลิคอนเป็นธาตุชนิดหนึ่งที่มีมากที่สุดในโลก สามารถถลุงได้จากหินและทราย เรานิยมใช้ธาตุซิลิคอนในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ใช้ทำทรานซิสเตอร์ ไอซี และเซลล์แสงอาทิตย์เทคโนโลยี c-Si ซึ่งได้รับความนิยมและใช้งานอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะพื้นที่ชนบทห่างไกลความเจริญที่ไม่มีไฟฟ้าใช้

- เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกโพลีซิลิคอน (Polycrystalline Silicon Solar Cell หรือ pc-Si) จากความพยายามในการที่จะลดต้นทุนการผลิตของ c-Si จึงทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี pc-Si ขึ้นส่งผลให้ต้นทุนการผลิต pc-Si ต่ำกว่า c-Si ร้อยละ 10 อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยี pc-Si ก็ได้รับความนิยมและใช้งานกันอย่างแพร่หลายเช่นกัน

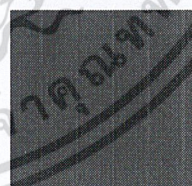
- เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell หรือ a-Si) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ธาตุซิลิคอนเช่นกัน แต่ไม่เป็นผลึก ผลของสารอะมอร์ฟัสจะทำให้เกิดเป็นฟิล์มบางของซิลิคอน ซึ่งมีความบางประมาณ 300 นาโนเมตร ทำให้ไม่สิ้นเปลืองเนื้อวัสดุ น้ำหนักเบา การผลิตทำได้ง่าย และข้อดีของ a-Si ไม่เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม จึงนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กินไฟฟ้าน้อย เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ วิทยุทรานซิสเตอร์ เป็นต้น



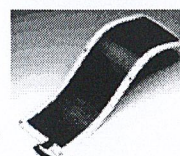
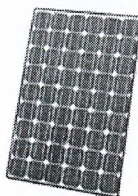
แบบผลึกเดี่ยว
(Single Crystal)



แบบผลึกรวม
(Poly Crystal)



แบบอะมอร์ฟัส
(Amorphous)



รูปที่ 2.1 เซลล์แสงอาทิตย์จากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอนแบบต่าง ๆ ^[1]

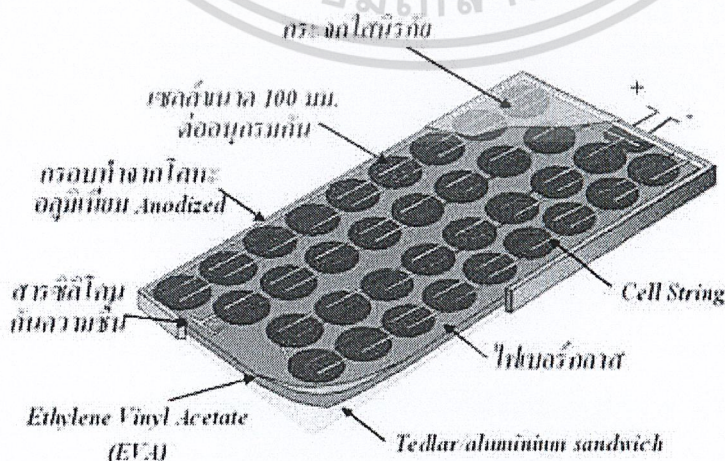
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้เช่นกัน ได้แก่ แกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs : Gallium Arsenide) แคดเมียมเทลลูไรด์ (CdTe : Cadmium Telluride) คอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (CIS : Copper Indium Diselenide) โดยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจาก GaAs จะมีประสิทธิภาพการแปลงพลังงานสูงที่สุด มีราคาแพงมากเมื่อเทียบกับการผลิตจากซิลิคอน จึงเหมาะกับการใช้งานด้านอวกาศ ใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต (ปัจจุบันนำมาใช้เพียง 7 % ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด)

2.1.2 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module หรือ Solar Panel)

การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กดำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแจ้งกลางแดดกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและ อีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีควมจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (laminated) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์^[1]

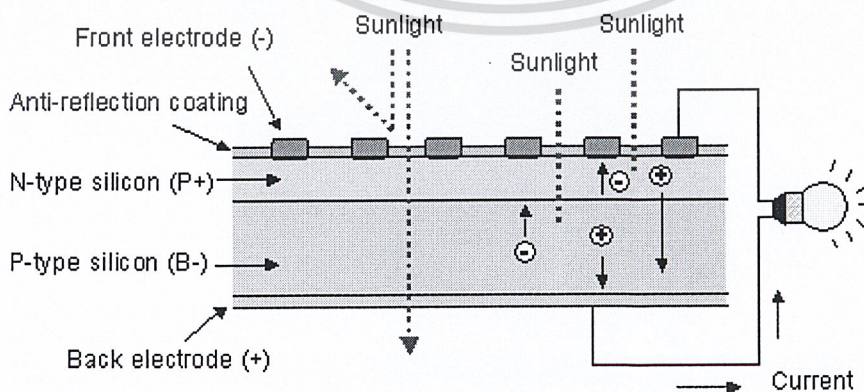
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

วัสดุสำคัญที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ใช้มากที่สุดในปัจจุบันได้แก่ สารซิลิคอน (Si) ซึ่งไม่เป็นพิษ เป็นสารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดในโลก จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถู และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 ม.ม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้ารับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

2.1.4 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าขึ้นในสารกึ่งตัวนำ โดยเมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและ โฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติพื้นฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์^[1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

2.1.5.1 ความเข้มของแสง

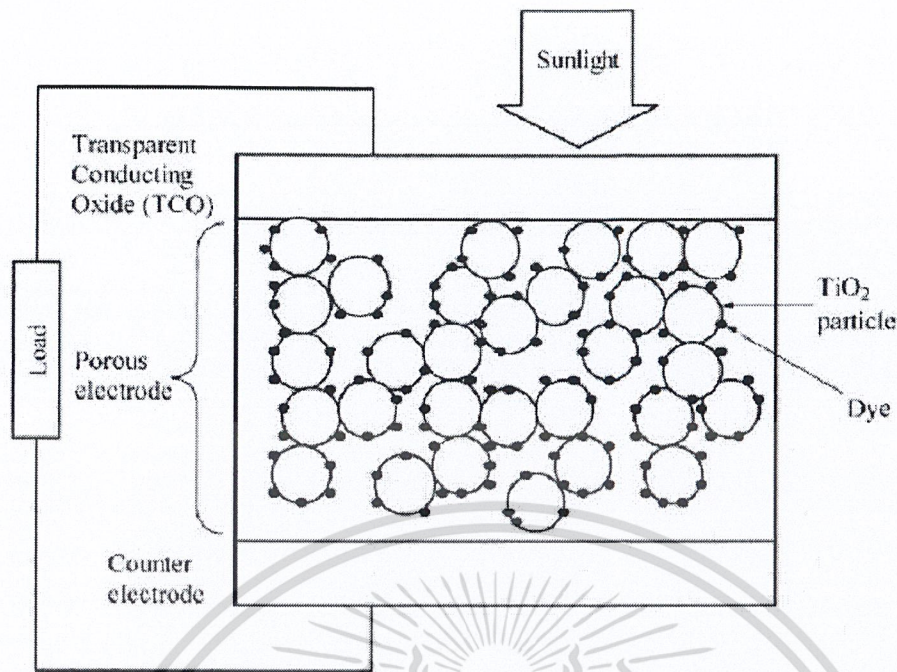
กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือ โวลต์ เทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้น โลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆ หมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้ม ของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 1,000 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และ ถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศา กับพื้น โลกความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 750 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

2.1.5.2 อุณหภูมิ

กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศา C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ V_{oc}) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศา C ก็จะหมายความว่าแรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศา C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศา C เช่น อุณหภูมิ 30 องศา C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5% ($0.5\% \times 5$ องศา C) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ V_{oc} จะลดลง 0.525 V ($21\text{ V} \times 2.5\%$) เหลือเพียง 20.475 V ($21\text{V} - 0.525\text{V}$) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแรงดันไฟฟ้างี้จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม (Dye-sensitized solar cell: DSSC)

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมนี้ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยมีโครงสร้างของเซลล์ดังนี้



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม^[4]

แต่ละส่วนประกอบมีลักษณะสำคัญดังนี้

- 1) กระจกนำไฟฟ้า (Transparent conductive oxide glass :TCO glass) ทำจากกระจกใส ที่เคลือบด้วย Indium Tin Oxide (ITO)
- 2) ชั้นอนุภาคสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor layer) เป็นสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ (Metal-oxide semiconductor) ที่มีช่องว่างแถบพลังงานสูง (wide band-gap) และสามารถสร้างพันธะยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลสีย้อมได้ โดยชั้นสารกึ่งตัวนำที่มีการศึกษากันมาก คือ TiO_2
- 3) โมเลกุลสีย้อม (Dye) เป็นโครงสร้างที่สำคัญที่ดูดซับพลังงานแสงและปลดปล่อยอิเล็กตรอนสถานะกระตุ้น โดยจะยึดเกาะกับอนุภาคสารกึ่งตัวนำ ด้วยพันธะ $-\text{OH}$ หรือ $=\text{O}$
- 4) สารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนที่ทำงานวงจรภายนอก กลับคืนสู่โมเลกุลสีย้อม

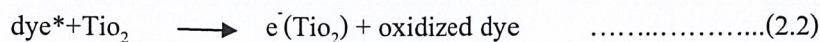
หลักการแปลงพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม เป็นขั้นตอนดังนี้

- 1) เมื่อโมเลกุล dye ถูกแสง จะถูกพลังงานแสงกระตุ้นให้ไปอยู่ในสถานะกระตุ้น (Excited state)

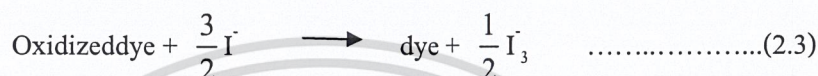


2) อิเล็กตรอนสถานะกระตุ้นของ dye มีพลังงานที่สูงกว่าระดับพลังงานต่ำสุดของแถบนำ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำ (Conduction band) จะย้ายไปอยู่บนแถบนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำ



- 3) อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากสารกึ่งตัวนำออกไปสู่วงจรรภายนอก ผ่าน photoelectrode
- 4) อิเล็กตรอนที่สูญเสียพลังงานจากวงจรรภายนอก กลับคืนสู่เซลล์ผ่านทาง counter electrode (ขั้วที่กระจะกนำไฟฟ้าเคลือบด้วย Pt อยู่ด้านล่างของเซลล์)
- 5) อิเล็กตรอนกลับคืนสู่โหมดโมเลกุลสีย้อม ผ่านปฏิกิริยา Redox ของ electrolyte



2.2.1 ฟิล์มบางออกไซด์นำไฟฟ้าโปร่งแสง (Transparent conducting oxide thin film, TCO)

ฟิล์มบางออกไซด์นำไฟฟ้าโปร่งแสงเป็นฟิล์มบางที่นำไปใช้กันมากในอุปกรณ์ Optoelectronic devices เช่น Flat panel display , solar cell และอื่นๆ ซึ่งฟิล์มชนิดนี้เป็นฟิล์มที่มีสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติทางแสงที่ดีควบคู่กัน โดยฟิล์มต้องมีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้ดีและแสงสามารถทะลุผ่านได้ดีมาก ดังนั้นการเลือกสารตั้งต้นเพื่อนำมาเตรียมฟิล์มต้องพิจารณาคุณสมบัติทั้ง 2 ข้อนี้เป็นสำคัญและโดยทั่วไป สารที่จะนำมาใช้ควรจะเป็นสารที่มีแถบช่องว่างพลังงานสูง สภาพต้านทานต่ำและความสามารถในการทะลุผ่านของแสงสูง ซึ่งฟิล์มบางที่นิยมใช้กัน ได้แก่ ฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ (SnO_2) ฟิล์มบางอินเดียมออกไซด์ (In_2O_3) อินเดียมทินออกไซด์ (ITO) ฟิล์มบางแคดเมียมสแตนเนส (Cd_2SnO_4) ฟิล์มบางซิงก์ออกไซด์ (ZnO) เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้สามารถปรับปรุงสมบัติทั้งทางไฟฟ้าและสมบัติทางแสงได้ด้วยการเติมสารเจือ

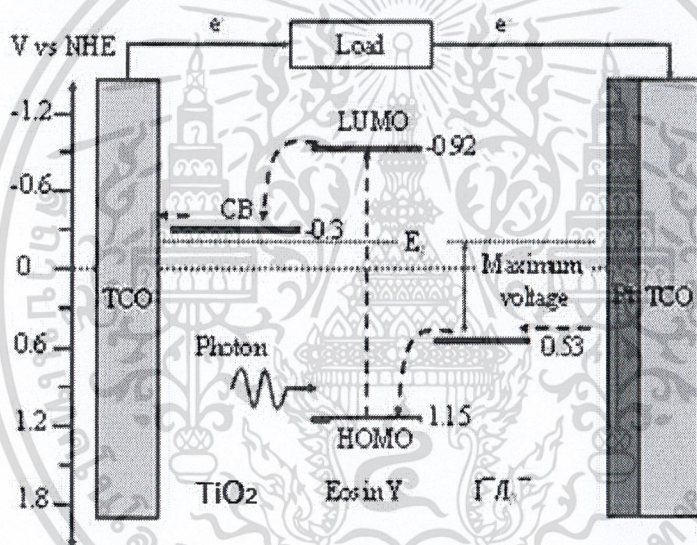
2.2.2 สีย้อมไวแสง (sensitizer)

สีย้อมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม เนื่องจากสีย้อมมีหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ เมื่อสีย้อมได้รับพลังงานแสงโมเลกุลของสีย้อมที่อยู่ในสถานะพื้น (HOMO) จะถูกกระตุ้นให้ไปอยู่ในสถานะกระตุ้น (LUMO) อิเล็กตรอนจากสีย้อมจะถูกฉีดเข้าไปในชั้นแถบตัวนำ (conduction band) ของสารกึ่งตัวนำ

โมเลกุลของเม็ดสีจะเคลือบอยู่บนผิวของอนุภาคโลหะออกไซด์ และทำหน้าที่ในการดูดกลืนแสงอาทิตย์โดยเฉพาะช่วงที่ตาเรามองเห็น โดยที่เม็ดสีย้อมจะต้องมีคุณสมบัติ คือ มีความเสถียรเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสถียรภาพเมื่ออยู่ในสภาวะที่ถูกออกซิไดซ์ สภาวะพื้นและสภาวะถูกกระตุ้น มีค่าการดูดกลืนแสงที่สูง มีราคาถูกและไม่เป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งปกติแล้วมักใช้โมเลกุลของสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะรูเทเนียม (Ru) กับลิแกนด์ในกลุ่มของโพลีไพริดีน (polypyridine) เนื่องจากว่าสารดังกล่าวมีราคาแพงอันเนื่องมาจากการมีอยู่น้อยมากของโลหะ Ru ดังนั้นการเลือกใช้สีย้อมที่สกัดได้จากพืช เช่น สารคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) หรืออื่นๆ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ให้มีราคาถูกลง

ในการเลือกสีย้อมนั้นจำเป็นต้องเลือกสีย้อมให้เหมาะสมกับสารกึ่งตัวนำ ต้องเลือกสีย้อมที่มีระดับ LUMO สูงกว่าระดับ conduction band ของสารกึ่งตัวนำนั้น ดังรูปที่ 2.5 หากเลือกสารกึ่งตัวนำที่มีระดับ conduction band สูงกว่าระดับ LUMO ของสีย้อม เมื่อสีย้อมได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้วจะไม่สามารถฉีดเข้าไปใน conduction band ของสารกึ่งตัวนำได้



รูปที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบระดับพลังงานของ Dye และ conduction band ของ TiO_2

2.2.2.1 Metal complexes sensitizer คือสีย้อมที่มีโลหะเป็นแกนของโครงสร้าง โดยส่วนมากจะเป็นสารจำพวกโลหะทรานซิชัน ข้อดีของสีย้อมชนิดนี้คือมีช่วงในการรับพลังงานแสงอาทิตย์กว้าง สามารถส่งถ่ายอิเล็กตรอนได้ดี แต่มีข้อเสียคือสังเคราะห์ยากและราคาสูง ปกติจะประกอบด้วย Anchoring ligands และ Ancillary ligands โดยที่ Anchoring ligands มีหน้าที่ในการยึดเกาะกับพื้นผิวของสารกึ่งตัวนำและถูกจัดอยู่ในกลุ่ม Chromophoric แต่ Anchoring ligands จะไม่สามารถจับกับสารกึ่งตัวนำได้แต่สามารถปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของสีย้อมได้จาก ligands นี้

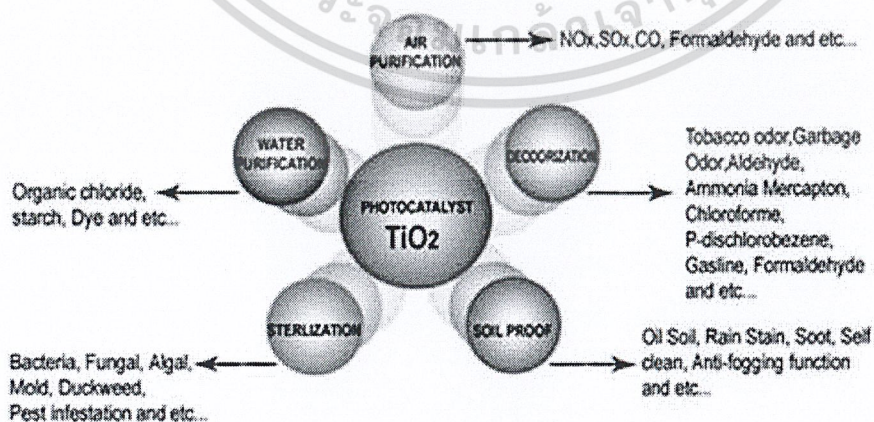
2.2.2.2 Natural sensitizers สีย้อมประเภทนี้สามารถสกัดได้จากธรรมชาติ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลไม้ ดอกไม้ หรือใบไม้ เป็นต้น สีย้อมประเภทนี้มีข้อดีคือ หาง่าย ราคาถูก ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม หากโรงงานถูกทำลายแล้วเครื่องมือการผลิตสำเร็จรูปมีน้อยลง เราก็ยังมีภูมิปัญญาที่จะนำวัตถุดิบในธรรมชาติมาแปรรูปใช้ได้มากขึ้น แต่สีย้อมประเภทนี้จะรับพลังงานแสงได้น้อยกว่าแบบ Metal complexes sensitizer นั่นคือ สารประเภท Natural sensitizers จะให้ประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าสารประเภท Metal complexes sensitizer

2.2.3 ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO₂)

ไททาเนียมหรือไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) เป็นสารประกอบออกไซด์ของโลหะไททาเนียมซึ่งอยู่ในกลุ่มโลหะทรานซิชัน ไททาเนียมได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการนำมาประยุกต์สำหรับการใช้งานด้านต่าง ๆ เนื่องจากมีความต้านทานการกัดกร่อนสูง ความหนาแน่นต่ำ มีความเสถียรต่อสารเคมี ไม่มีความเป็นพิษสูง ราคาไม่แพงมาก และคุณสมบัติพิเศษที่เป็นประโยชน์ที่อีกหลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไททาเนียมถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในด้านการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานรูปอื่น เช่น เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าในเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) และเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วม (Photocatalysis) เป็นต้น^[8] เนื่องจากไททาเนียมมีค่าการหักเหของสูง จึงถูกนำมาใช้เป็นสารเคลือบป้องกันการสะท้อนของแสงในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน (Silicon solar cell) และในอุปกรณ์ทางด้านกรมองเห็นชนิดแผ่นบาง (Thin film optical device) หลายชนิด ไททาเนียมยังถูกนำมาใช้เป็นตัวตรวจสอบก๊าซ (Gas sensor) เนื่องจากมีค่าการนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปได้ตามองค์ประกอบของก๊าซที่สภาวะบรรยากาศ เช่น สามารถใช้ตรวจสอบก๊าซออกซิเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ และมีเทน เป็นต้น นอกจากนี้ เนื่องจากไททาเนียมสามารถเข้ากับร่างกายมนุษย์ได้ จึงถูกนำมาใช้เป็นวัสดุทางชีวภาพ เช่น กระดูกเทียม เป็นต้น



รูปที่ 2.6 การประยุกต์ใช้งานไททาเนียม^[5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

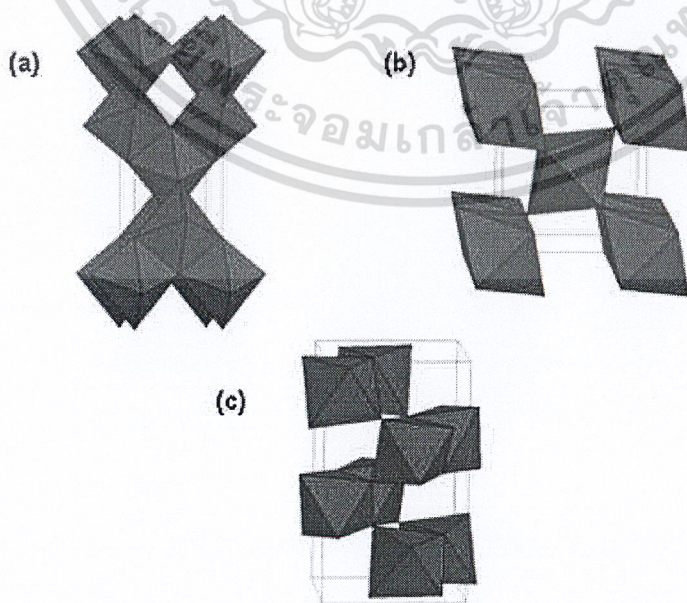
นอกจากไททาเนียมจะมีประสิทธิภาพสูงในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมแล้ว ยังสามารถนำมาใช้ในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาแบบปกติ (ไม่ใช้แสงร่วม) ได้ดีอีกด้วย โดยสามารถใช้เป็นทั้งตัวเพิ่มความสามารถในการทำปฏิกิริยา (Promoter) และตัวรองรับ (Support) ซึ่งกระบวนการที่ใช้ไททาเนียมในการเร่งปฏิกิริยา เช่น การกำจัดสารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) การกำจัดสารประกอบสารอินทรีย์ระเหยง่าย (เช่น ไดออกซิน สารประกอบคลอรีน) การผลิตไฮโดรเจนด้วยปฏิกิริยา Gas shift reaction กระบวนการสังเคราะห์สาร Fischer-Tropsch การกำจัดสารประกอบซัลเฟอร์ (H_2S , SO_2) เป็นต้น

2.2.3.1 โครงสร้างและคุณสมบัติของผลึกไททาเนียม

ไททาเนียมที่พบตามธรรมชาตินี้มีโครงสร้างผลึก 4 ชนิดหลักคือ

- อนาเทส (Anatase) ซึ่งมีโครงสร้างผลึกแบบเทตระโกนอล (Tetragonal)
- บรูคไคท์ (Brookite) ซึ่งมีโครงสร้างผลึกแบบออร์โธโรมบิก (Orthorhombic)
- รูไทล์ (Rutile) ซึ่งมีโครงสร้างผลึกแบบเทตระโกนอล (Tetragonal)
- ไททาเนียบี ($TiO_2(B)$) ซึ่งมีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก (Monoclinic)

โครงสร้างผลึกอนาเทส, รูไทล์, และบรูคไคท์ สามารถแสดงได้ในรูปของ ที่เป็น ปริมาตรฐานสี่เหลี่ยมสองอันประกบกันหรือออกตะฮีดรอล (Octahedral) โดยโครงสร้างผลึกทั้ง 3 ชนิดนี้มีความแตกต่างกันเนื่องมาจากการบิดตัวของแต่ละออกตะฮีดรอลที่เรียงต่อกันและจากรูปแบบการเรียงตัวของออกตะฮีดรอล โดยโครงสร้างผลึกอนาเทสเกิดมาจากการเรียงตัวต่อกันโดยใช้ส่วนยอดของแต่ละออกตะฮีดรอล ในขณะที่โครงสร้างผลึกรูไทล์เกิดมาจากการเรียงตัวต่อกันโดยใช้ส่วนขอบของแต่ละออกตะฮีดรอล และโครงสร้างผลึกบรูคไคท์เกิดมาจากการเรียงตัวต่อกันโดยใช้ทั้งส่วนยอดและส่วนขอบของแต่ละออกตะฮีดรอล



รูปที่ 2.7 โครงสร้างผลึกของไททาเนีย: (a) อนาเทส, (b) รูไทล์, และ (c) บรูคไคท์^[11]

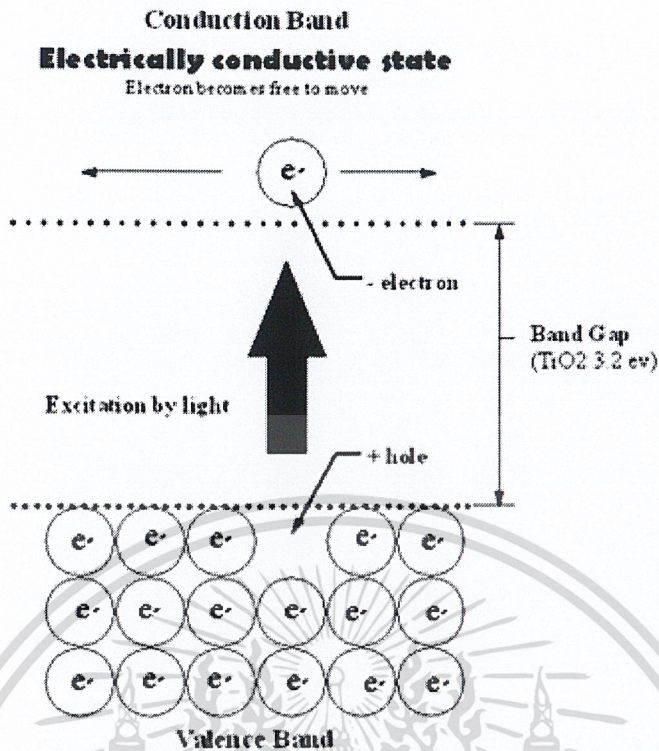
เอกสารฉบับนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงแม้ว่าโครงสร้างผลึกของไททาเนียมมีอยู่หลายชนิดตามที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่อนาเทสและรูไทล์เป็นโครงสร้างผลึกที่พบเป็นส่วนใหญ่ โดยปกติแล้วโครงสร้างผลึกอนาเทสสามารถเปลี่ยนโครงสร้างเป็นโครงสร้างผลึกรูไทล์ได้ที่อุณหภูมิมากกว่า 600 องศาเซลเซียส นับจนถึงปัจจุบันได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนโครงสร้างผลึกจากอนาเทสเป็นรูไทล์เป็นอย่างมาก เนื่องจากโครงสร้างผลึกของไททาเนียมเป็นตัวแปรที่สำคัญมากตัวแปรหนึ่งที่จะกำหนดประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วม ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบปกติ (ไม่ใช่แสงร่วม) หรือเซรามิกส์ที่ใช้ทำเยื่อแผ่นบาง (Membrane) โดยนอกจากอุณหภูมิแล้ว ยังมีอีกหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนโครงสร้างผลึกดังกล่าวได้แก่ ความดัน ปริมาณของผลึก ความไม่สมบูรณ์ของผลึก และขนาดของผลึกในการประยุกต์ใช้ไททาเนียมในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วม โครงสร้างผลึกทั้งอนาเทสและรูไทล์เป็นที่นิยมนำมาศึกษากันโดยทั่วไป สำหรับปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมโดยปกติ นั้น โครงสร้างผลึกอนาเทสให้ประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาสูงกว่าโครงสร้างผลึกรูไทล์ แต่อย่างไรก็ตามในบางปฏิกิริยา โครงสร้างผลึกรูไทล์หรือโครงสร้างผลึกผสมระหว่างอนาเทสและรูไทล์ (เช่น อนาเทส 70-75% และรูไทล์ 30-25%) ถูกรายงานว่าให้ประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาสูงกว่าโครงสร้างผลึกอนาเทส โดยทั้งนี้ทั้งนั้นมีตัวแปรหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาของแต่ละ โครงสร้างผลึกของไททาเนียมได้แก่ พื้นที่ผิว การกระจายตัวของรูพรุน ขนาดของอนุภาคผลึก และที่สำคัญมากคือ วิธีการที่ใช้ในการสังเคราะห์ผลึกไททาเนียม

2.2.3.2 คุณลักษณะทางด้านสารกึ่งตัวนำของไททาเนียมสำหรับปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วม

เนื่องจากไททาเนียมมีตำแหน่งที่ว่างของออกซิเจนใน โครงสร้างผลึก ไททาเนียม จึงจัดได้ว่าเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type semiconductor) ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วมที่เป็นสารกึ่งตัวนำนั้นจะมีความสามารถในการดูดซับสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยา 2 ชนิดไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งสามารถก่อให้เกิดทั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน (Oxidation and reduction reactions) โดยการกระตุ้นด้วยการดูดกลืนโฟตอนที่มีพลังงานเท่ากับหรือมากกว่าค่าพลังงานแบนด์แกป (Band gap energy) ความสามารถของสารกึ่งตัวนำที่จะถ่ายโอนอิเล็กตรอนไปยังสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาที่ถูกดูดซับไว้นั้นขึ้นอยู่กับตำแหน่งของพลังงานแบนด์แกปของสารกึ่งตัวนำและตำแหน่งของศักย์พลังงานในการเกิดรีดอกซ์ (Redox) ของสารที่ถูกดูดซับ โดยปกติแล้วระดับของพลังงานที่ต่ำที่สุดของคอนดักชันแบนด์ (Conduction band) จะเป็นระดับของศักย์พลังงานที่ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันด้วยอิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้น (Excited electron) ในทางกลับกัน ระดับของพลังงานที่สูงที่สุดของวาเลนซ์แบนด์ (Valence band) จะเป็นระดับศักย์พลังงานที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยโฮล (Hole) ที่เหลืออยู่หลังจากที่อิเล็กตรอนถูกกระตุ้นไปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 กระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อสารกึ่งตัวนำไททาเนียมถูกกระตุ้นด้วยแสง [5]

สารกึ่งตัวนำนั้นแตกต่างจากโลหะคือ มีความไม่ต่อเนื่องของระดับพลังงาน ทำให้เกิดเป็นช่องว่างของระดับพลังงานหรือแบนด์แกป ซึ่งส่งผลให้เกิดการแยกจากกันของอิเล็กตรอนและโฮลหลังจากที่ถูกกระตุ้นด้วยแสง ทำให้ทั้งอิเล็กตรอนและโฮลมีระยะเวลาเพียงพอในการเคลื่อนที่ผ่านไปยังพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาและก่อให้เกิดปฏิกิริยาในที่สุด ความแตกต่างของโครงสร้างผลึกของไททาเนียชนิดอนาเทสและรูไทล์ทำให้เกิดความแตกต่างของความหนาแน่นและโครงสร้างทางอิเล็กทรอนิกส์ ส่งผลให้มีค่าพลังงานแบนด์แกปแตกต่างกันคือ 3.20 eV สำหรับโครงสร้างผลึกอนาเทส และ 3.02 eV สำหรับโครงสร้างผลึกรูไทล์ ดังนั้นจึงทำให้ความสามารถในการดูดกลืนแสงเริ่มเกิดขึ้นในช่วงความยาวคลื่นของแสงที่แตกต่างกัน โดยโครงสร้างผลึกอนาเทสสามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นต่ำกว่า 384 นาโนเมตร ในขณะที่โครงสร้างผลึกรูไทล์สามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นต่ำกว่า 410 นาโนเมตร ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วม

2.2.4 แพลทินัม (Platinum)

แพลทินัม (Platinum) หรือทองคำขาว เป็นธาตุเคมีในกลุ่มโลหะทรานซิชัน โดยทั่วไปสามารถใช้งานเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาเคมี^[10] สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Pt มีเลขอะตอมนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะตอม 78 พลังงาน 5.65 eV คุณสมบัติพลทินัมเป็นโลหะสีเงิน เมื่อบริสุทธิ์จะอ่อนและเหนียว มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนเกือบเท่ากับ soda lime glass ดังนั้นจึงมักถูกใช้งานเป็นขั้วอิเล็กโทรด โดยจะไม่เกิดการออกซิไดส์ในอากาศที่อุณหภูมิใด ๆ ทนการกัดกร่อนที่อุณหภูมิสูง แต่อาจถูกทำให้สึกกร่อนโดย ฮาโลเจน , โซดาไนต์, กำมะถัน และด่างกัดกร่อนไม่ถูกละลายใน กรดไนตริกและไฮโดรคลอริก แต่ถูกละลายในกรดกัดทอง (aqua regia) และสารละลายเกลือ พลทินัม^[6]

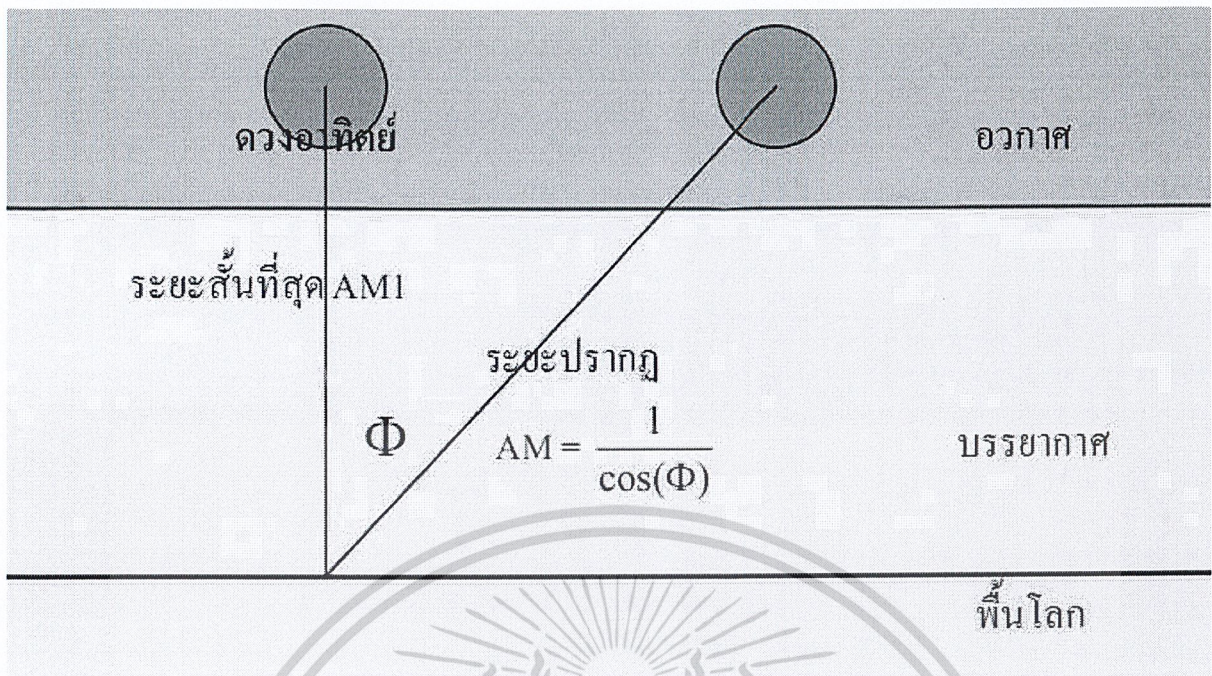
2.2.5 สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte solution)

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ ทำหน้าที่ในการส่งผ่านอิเล็กตรอน (electron transfer) จากขั้วไฟฟ้าแคโทดอิเล็กโทรดในฝั่งที่เป็นฟิล์มบางของโลหะพลทินัมไปยังโมเลกุลของเม็ดสีที่เสียอิเล็กตรอนไปในตอนแรกจากการถูกกระตุ้นด้วยแสง ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะอาศัยกระบวนการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction) และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) หรือที่เรียกว่าปฏิกิริยา รีดอกซ์ (Redox reaction) ซึ่งคุณสมบัติของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ดีมีดังนี้ จะต้องไม่มีการดูดกลืนแสงอาทิตย์ในช่วงที่ตามองเห็น มีความสามารถในการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน-ออกซิเดชันได้ง่าย เพื่อชดเชยอิเล็กตรอนให้แก่เม็ดสีที่ยอมที่อยู่ในรูปตัวออกซิไดส์ได้อย่างรวดเร็ว และจะต้องมีความคงตัวสูง ไม่ก่อให้เกิดสารประกอบตัวใหม่ที่ไม่ต้องการขึ้นภายในเซลล์ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่นิยมใช้ในการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้คือ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ในระบบ ที่ได้จากการแตกตัวของสาร ไอโอดีน (I_2) โดยจะมีประสิทธิภาพในการให้อิเล็กตรอนกับเม็ดสีที่ยอมที่อยู่ในรูปของตัวออกซิไดส์ที่สถานะพื้นได้เป็นอย่างดี

2.2.6 ค่ามวลอากาศ (Air mass)

ปริมาณแสงอาทิตย์ที่วัดได้ในอากาศมีค่าคงที่เรียกว่า Solar constant มีค่าเท่ากับ $1,365 \text{ W/m}^2$ เมื่อแสงแดดผ่านชั้นบรรยากาศโลก 30% จะสะท้อนกลับ และอีก 20 % จะถูกดูดกลืนด้วย เมฆ ฝุ่น ก๊าซเรือนกระจก คาร์บอนไดออกไซด์ และชั้นโอโซน เมื่อแสงแดดเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศเป็นระยะทางมากขึ้น ความเข้มแสงก็จะลดลงตามลำดับ โดยตามทฤษฎีแล้วจะลดลงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ส่งผลให้ในวันเดียวกัน เราจะสังเกตความเข้มแสงเปลี่ยนไป ทั้งนี้ความเข้มของแสงจะมีค่ามากที่สุดเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ตรงกลางฟ้าพอดี เราสามารถบอกลักษณะความเข้มของแสงได้ ตามระยะทางที่แสงเดินทางผ่านบรรยากาศ โดยค่าความเข้มแสงที่สูงที่สุดที่สังเกตได้บนผิวโลก เรียกว่าค่ามวลอากาศ 1 (Air Mass 1 – AM1) ดังนั้นแสงอาทิตย์ที่ไม่ผ่านบรรยากาศโลก จะเรียกว่าค่ามวลอากาศ 0 (AM0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

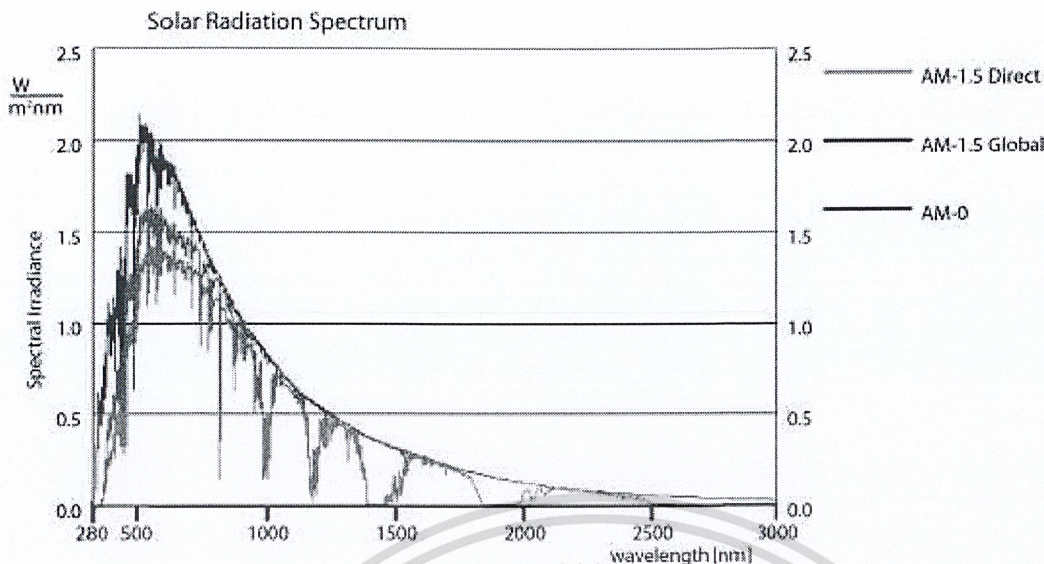


รูปที่ 2.9 แสดงการคำนวณค่ามวลอากาศ^[4]

ค่ามวลอากาศมีความสัมพันธ์กับมุมที่แสงอาทิตย์กระทำกับเส้นตั้งฉากผิว ถ้ามุมดังกล่าวคือ ค่ามวลอากาศจะมีค่าเท่ากับ Φ ค่ามวลอากาศจะมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{\cos \Phi}$

เนื่องจากกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นสัดส่วน โดยตรงกับความเข้มแสง เมื่อความเข้มสูงกระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าแทบจะไม่เป็นตามความเข้มแสงมากนัก แต่จะแปรตามอุณหภูมิ ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดค่าความเข้มแสงมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์คือ ความเข้มแสงที่วัดได้บนโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงตั้งฉากจากพื้นโลก ซึ่งมีความเข้มแสงเท่ากับ $1,000 \text{ mW/cm}^2$ ซึ่งเท่ากับ AM 1.5

American Society for Testing and Materials (ASTM) ได้กำหนดมาตรฐานความเข้มแสง สเปกตรัมของแสง โดยกำหนดในกรณีที่อากาศปลอดโปร่งปราศจากเมฆ หมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับผิวโลก ซึ่งความเข้มแสงมีค่าเท่ากับ $1,000 \text{ W/m}^2$ หรือ 100 mW/cm^2 ซึ่งเท่ากับ AM 1.5 และได้กำหนดแสงมาตรฐานสูงดังรูป



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงสเปกตรัมแสงมาตรฐานที่ ASTM กำหนด¹⁹⁾

2.2.7 การวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม

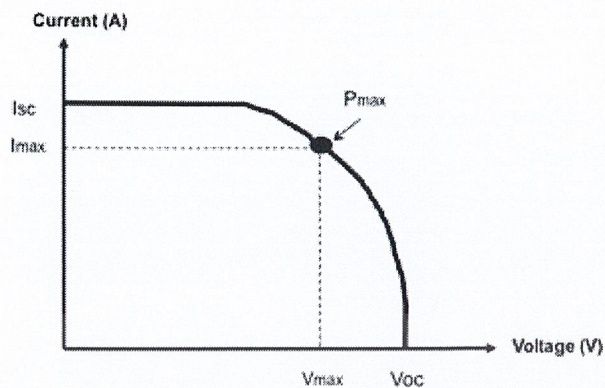
เมื่ออิเล็กตรอนที่สูญเสียพลังงานจากวงจรรายนอก กลับคืนสู่เซลล์ผ่านทาง counter electrode ถูกเชื่อมกับวงจรรายในของเซลล์แสงอาทิตย์ ผลรวมของกระแสไฟฟ้า (I) ซึ่งเป็นผลลัพธ์สองขั้วไฟฟ้า

$$I = I_p + I_D \dots\dots\dots(2.5)$$

ซึ่ง I_p คือ photogenerated current และ I_D คือ dark current กระแสรวมสูงสุดมีค่าเป็น I_{sc} เป็นค่าที่ได้นับมาจากเงื่อนไขของ short-circuit $\Delta E = V = 0$ ซึ่งเห็นได้จากกราฟ I-V (current-voltage curve) กระแสภายในตามรูป ค่า open circuit voltages (V_{oc}) เป็นปฏิกิริยากับพลังงานที่แตกต่างระหว่างระดับ Fermi ของสารกึ่งตัวนำและระดับพลังงานของ electrode redox couple ค่ากำลังสูงสุดที่สามารถคำนวณได้คือ $P_{max} = I_{max} \times V_{max}$ ซึ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมในรูป จากจุดที่มีกำลังสูงสุด ค่า Fill factor (FF) สามารถคำนวณได้ ซึ่งเป็นข้อมูลจากวัดของคุณภาพอุปกรณ์ที่ใช้ โดยพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสของกราฟ I-V (current-voltage curve)

$$FF = \frac{I_{max}V_{max}}{I_{sc}V_{oc}} \dots\dots\dots(2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 กราฟ I-V (current-voltage curve) ของเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้แสง ^[7]

ประสิทธิภาพ (E_{ff}) ของการแปรผันพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Eff = \frac{(I_{max})(V_{max})}{(P_{in})(area)} \times 100\% = \frac{(I_{sc})(V_{oc})(FF)}{P_{in}} \dots\dots(2.7)$$

โดย η คือ ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์
 P_{in} คือ ผลรวมของกำลังที่แผ่รังสีตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์
 I_{sc} คือ ค่ากระแสไฟฟ้าวงจรรปิด
 V_{oc} คือ ค่าศักย์ไฟฟ้าวงจรร
 I_{max} คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ทำให้มีกำลังสูงสุด
 V_{max} คือ ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ทำให้มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด

2.3 เอทานอล (Ethanol)

เอทานอล (Ethanol) หรือ เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) มีสูตรโมเลกุล C_2H_5OH เป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากการหมักพืชผลการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด เพื่อเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล จากนั้นจึงเปลี่ยนจากน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ โดยใช้เอนไซม์หรือกรดบางชนิดช่วยย่อย แอลกอฮอล์ชนิดนี้นำมาใช้ได้หลากหลาย เช่น ใช้เป็นตัวทำละลายสี แลคเกอร์ และยาใช้เช็ดทำความสะอาดแผล ใช้เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ได้แก่ เหล้า ไวน์ และเบียร์ ใช้เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

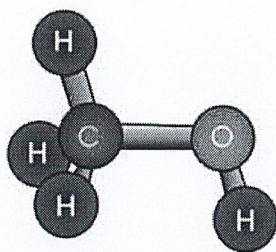
ตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน ใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง ใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ใช้ตกตะกอนกรดนิวคลีอิกในงานอนุชีววิทยา (Molecular Biology) เป็นต้น คุณสมบัติของเอทิลแอลกอฮอล์เป็นของเหลวไม่มีสี ระเหยได้ ไวไฟสูง สามารถละลายน้ำได้ การหายใจเข้าไปทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ เวียนศีรษะ ไอ เชื้องซึม และเกิดโรคน้ำท่วมปอด การสัมผัสผิวหนังทำให้เกิดการระคายเคือง แสบไหม้ ผื่นแดง สารนี้ดูดซึมผ่านผิวหนัง การกลืนหรือกินเข้าไป ทำให้เกิดการระคายเคือง ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ และมีอาการเซื่อง การสัมผัสถูกตาทำให้เกิดการระคายเคืองทำให้ตาแดง และปวดตา



รูปโครงสร้าง Ethyl alcohol

2.4 เมทานอล (Methanol)

เมทานอล (Methanol) หรือเมทิลแอลกอฮอล์ (Methyl alcohol) มีสูตรโครงสร้าง CH_3OH เป็นแอลกอฮอล์ที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการกลั่นทางปิโตรเคมี มีคุณสมบัติเป็นของเหลวใส ระเหยง่าย เป็นพิษ นิยมใช้เป็นตัวทำละลาย และใช้เป็นเชื้อเพลิง แอลกอฮอล์ชนิดนี้เป็นอันตรายต่อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย ไม่สามารถกินได้ ผลิตได้จากการสังเคราะห์ระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรเจนภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง หรือได้จากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ด้วยการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียหลายชนิด ใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรม เช่น สีทาไม้และน้ำมันเคลือบเงา หมึกพิมพ์ เป็นต้น เมื่อร่างกายรับเอาเมทานอลเข้าไปจะเกิดการสลายตัวเป็นกรดฟอร์มิก หรือ ฟอร์มัลดีไฮด์ (น้ำยาคองศพ) ในร่างกาย จะออกฤทธิ์ทำลายเนื้อเยื่อของร่างกาย โดยเฉพาะในส่วนของจอตา (Retina) ทำให้ตาบอด นอกจากนี้ผู้ที่ทำงานสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ที่มีเมทานอลเป็นตัวทำละลาย เช่น สีทาไม้ หากได้รับการสูดดมไอของเมทานอลนานๆ อย่างต่อเนื่อง อาจเป็นสาเหตุหนึ่งของเส้นเลือดอุดตันในสมอง และเชื้อหุ้มปอดอักเสบได้



รูปโครงสร้าง Methyl alcohol

2.5 รงควัตถุ (Pigment)

รงควัตถุ คือ สารที่สามารถดูดกลืนแสงได้ รงควัตถุแต่ละชนิดจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างกัน สะท้อนแสงต่างกัน ดังนั้น สีสีน ในพืช ผักและผลไม้ที่เราเห็นกันนั้นจึงมาจากสารเคมีตามธรรมชาติที่แตกต่างกันไป ได้แก่ คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ เบตาแคโรทีน แอนโทไซยานิน เป็นต้น โดยสารเคมีตามธรรมชาติที่ว่ามี คุณสมบัติที่ทำให้พืช ผัก และผลไม้แต่ละชนิดมีสีสีนที่แตกต่างกันไปอย่างเช่น คลอโรฟิลล์เป็นสารที่ทำให้ผักมีสีเขียว แคโรทีนอยด์ทำให้มีสีเหลืองและสีแดง สำหรับในผลไม้ก็มีโมเลกุลชนิดที่เรียกว่า แอลฟาแคโรทีน แกมมาแคโรทีนและไลโคพีน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของการสร้างสีของผลไม้ ตัวอย่างเช่นมะเขือเทศและแตงโมมีสีแดงสดเพราะมีไลโคพีนมากกว่าสารสีอย่างอื่น เป็นต้น

- 1) สารสีส้ม ได้แก่ เบต้าแคโรทีน (Betacarotene) เป็นกลุ่มของสารสีที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งเป็นเม็ดสีเหลืองส้มที่มีมากในแครอทและมะละกอ สีที่ปรากฏขึ้นในวัตถุดิบขึ้นกับอัตราส่วนแคโรทีนอยด์แต่ละชนิดที่มีอยู่และปริมาณของสารสีเหล่านั้น
- 2) สารสีแดง ได้แก่ ไลโคพีน (Lycopene) เป็นตัวการทำให้เกิดมะเขือเทศและแตงโมมีสีแดงสดใส ยังมีสาร เบต้าไซซิน (Betacycin) ที่ให้สีแดงในลูกทับทิมปีทรูท และแคนเบอร์รี่เช่นกัน
- 3) สารสีเหลือง ได้แก่ ลูทีน (Lutein) คือ สารสีเหลืองที่ให้สีสีนแก่ข้าวโพด
- 4) สารสีเขียว ได้แก่ คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้พืชผักต่าง ๆ มีสีเขียว ยิ่งผักที่มีสีเขียว เข้มมากก็ยิ่งมีคลอโรฟิลล์มาก เช่น ตำลึงคะน้า บร็อกโคลี ชะพลู ใบบัวบก เป็นต้น
- 5) สารสีม่วง ได้แก่ แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นสารสีที่ละลายในน้ำให้สีแดงและสีม่วง เช่น สีม่วงในดอกอัญชัน กะหล่ำม่วง ชมพู่มะเหมียว มะเขือม่วง แบล็กเบอร์รี่ บลูเบอร์รี่

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์การทดลอง และวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้สามารถแบ่งขั้นตอนการทดลองเป็นลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1. การสกัดสีข้อม
2. การเตรียมขี้ววก
3. การเตรียมขี้วลบ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

- 3.1.1 กระจกนำไฟฟ้า
- 3.1.2 ไททาเนียมไดออกไซด์
- 3.1.3 สารละลายแพลททินัม
- 3.1.4 แผ่นโพลีเมอร์หรือพลาสติกฟิล์ม
- 3.1.5 สารละลายอิเล็กโทรไลต์
- 3.1.6 สีข้อมไวแสงจากพืชชนิดต่างๆ
- 3.1.7 กลิปหนีบกระดาษ
- 3.1.8 หลอดหยด

3.2 การสกัดสีข้อม

ศึกษาการสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล

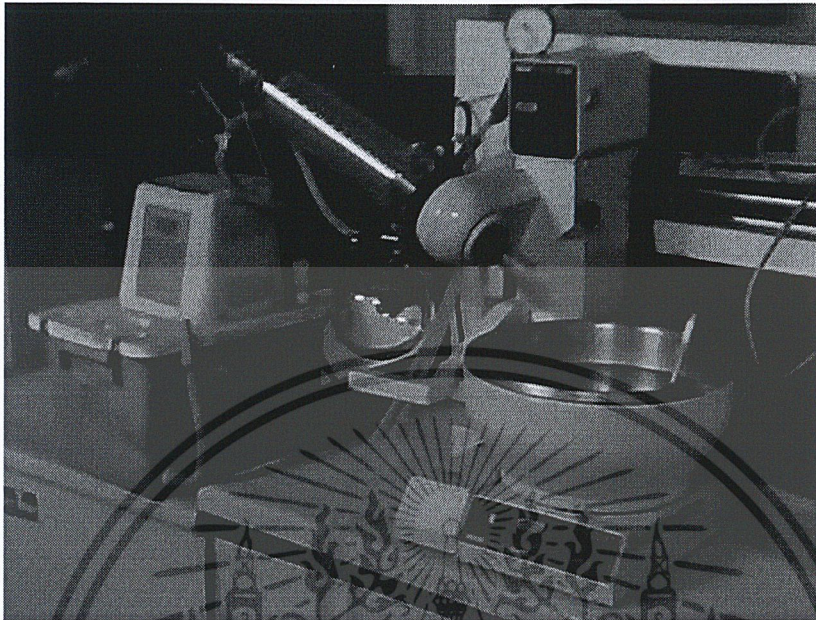
- 3.2.1 เตรียมพืชที่ใช้สกัด 15 g
- 3.2.2 สับให้ละเอียด

3.2.3 นำพืชที่สับละเอียดแล้วใส่ลงในบีกเกอร์ ผ่านการชั่งตวงประมาณ 15 g นำเข้าสู่กระบวนการสกัดคลอโรฟิลล์ ด้วยเครื่องสกัดแบบร่อนโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล 100 cm³ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

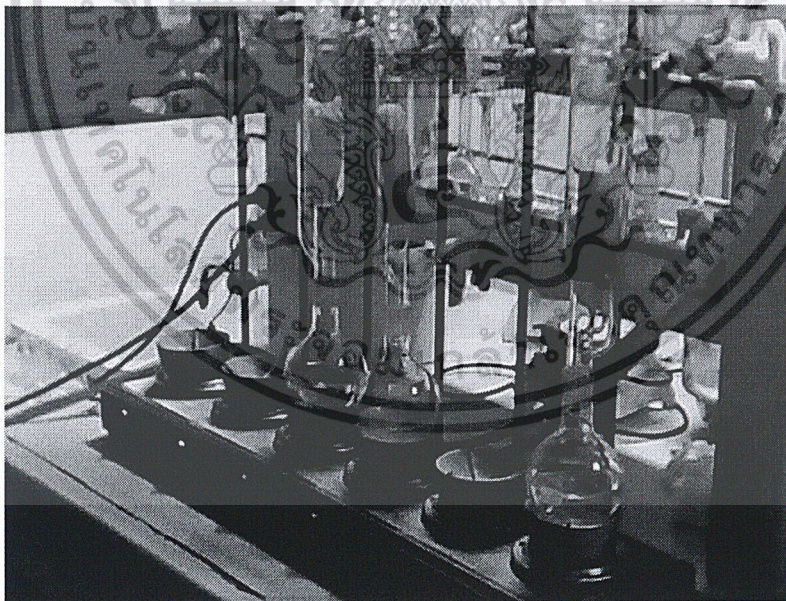
3.2.4 แยกเมทานอลออกจากสีข้อมด้วยเครื่องไอรระเหยแบบสุญญากาศ จนได้ปริมาตรของสีข้อมประมาณ 25 cm³

- 3.2.5 เก็บสีข้อมที่ได้ในภาชนะที่มีฝาปิดเพื่อนำไปข้อมสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

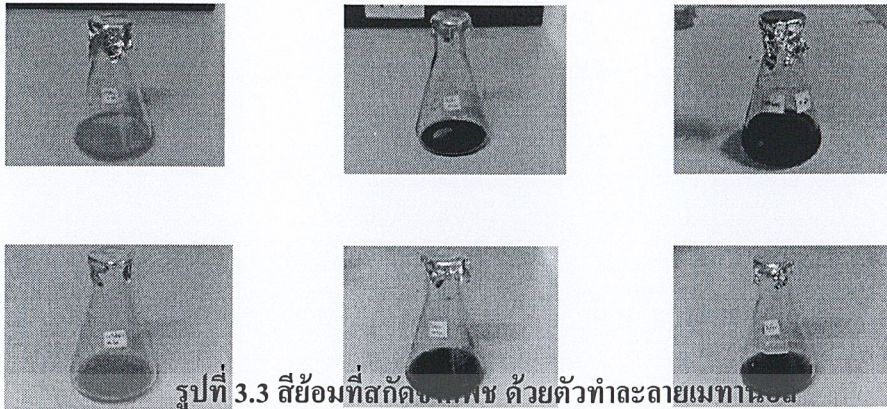


รูปที่ 3.1 เครื่องไอระเหยแบบสุญญากาศ



รูปที่ 3.2 เครื่องสกัดแบบร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ลี้อย้อมที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล

(ก) กะหล่ำเขียว (ข) อัญชัน (ค) กะหล่ำม่วง (ง) แครอท (จ) ใบเตย (ฉ) แก้วมังกร

ศึกษาการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล

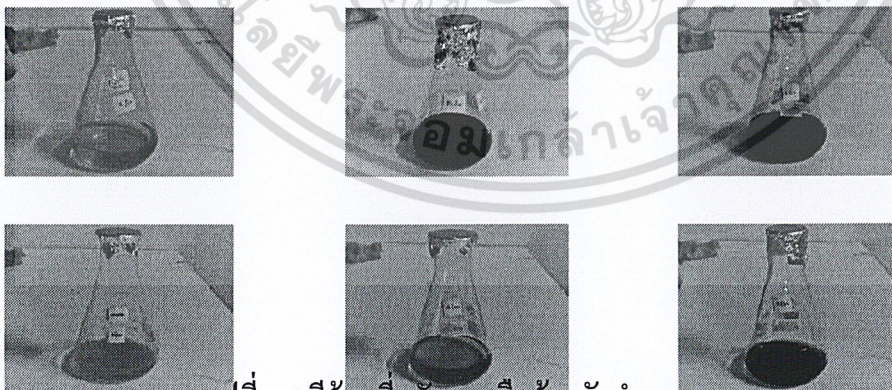
3.2.6 เตรียมพืชที่ใช้สกัด 15 g

3.2.7 สับให้ละเอียด

3.2.8 นำพืชที่สับละเอียดแล้วใส่ลงในบีกเกอร์ ผ่านการชั่งตวงประมาณ 15 g นำเข้าสู่กระบวนการสกัดคลอโรโฟลด์ ด้วยเครื่องสกัดแบบร้อนโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล 100 cm³ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

3.2.9 แยกเมทานอลออกจากลีส้อย้อมด้วยเครื่องไอระเหยแบบสูญญากาศ จนได้ปริมาตรของลีส้อย้อมประมาณ 25 cm³

3.2.10 เก็บลีส้อย้อมที่ได้ในภาชนะที่มีฝาปิดเพื่อนำไปย้อมสี



รูปที่ 3.4 ลี้อย้อมที่สกัดจากพืชด้วยตัวทำละลายเอทานอล

(ก) กะหล่ำเขียว (ข) อัญชัน (ค) กะหล่ำม่วง (ง) แครอท (จ) ใบเตย (ฉ) แก้วมังกร

ศึกษาการสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลโดยการสกัดที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง 5 ชั่วโมง

3.2.11 เตรียมพืชที่ใช้สกัด 15 g

3.2.12 สับให้ละเอียด

3.2.13 นำพืชที่สับละเอียดแล้วใส่ลงในบีกเกอร์ ผ่านการชั่งตวงประมาณ 15 g นำเข้าสู่กระบวนการสกัดคลอโรฟิลล์ ด้วยเครื่องสกัดแบบร้อนโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล 100 cm³ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง

3.2.14 แยกเมทานอลออกจากสีเขียว จนได้ปริมาตรของสีเขียวประมาณ 25 cm³

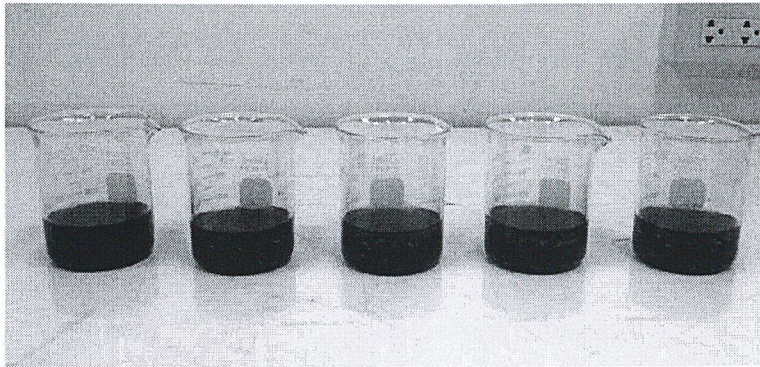
3.2.15 เก็บสีเขียวที่ได้ในภาชนะที่มีฝาปิดเพื่อนำไปย้อมสี



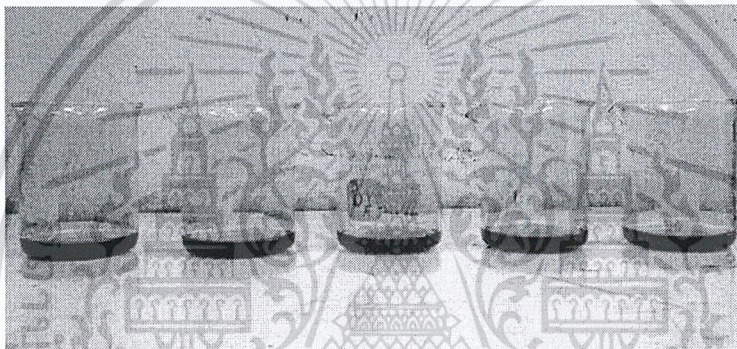
รูปที่ 3.5 สีเขียวจากกะหล่ำมวงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล (ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง



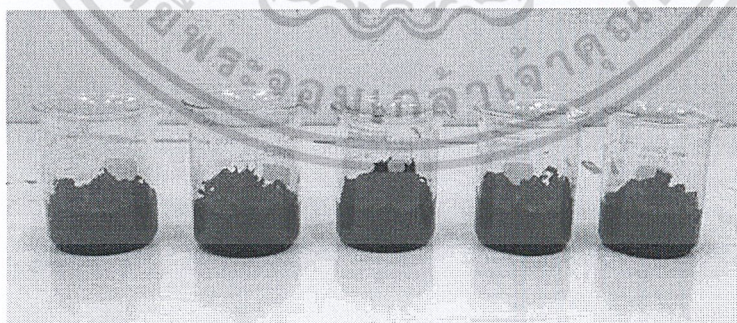
รูปที่ 3.6 สีเขียวจากแคโรทที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล (ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง



รูปที่ 3.7 สีย้อมจากข้าวเหนียวดำที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง



รูปที่ 3.8 สีย้อมจากขงโคที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง



รูปที่ 3.9 สีย้อมจากกระเจียบที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลโดยการสกัดที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง 5 ชั่วโมง

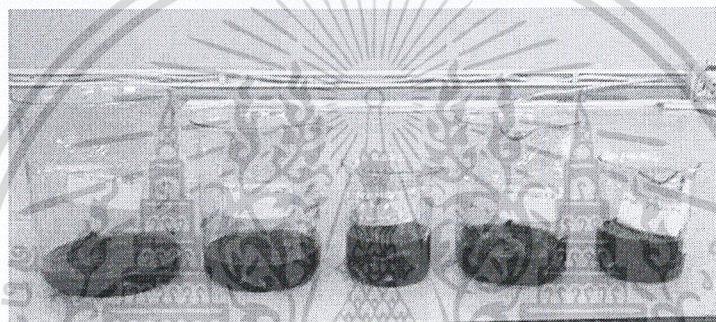
3.2.16 เตรียมพืชที่ใช้สกัด 15 g

3.2.17 สับให้ละเอียด

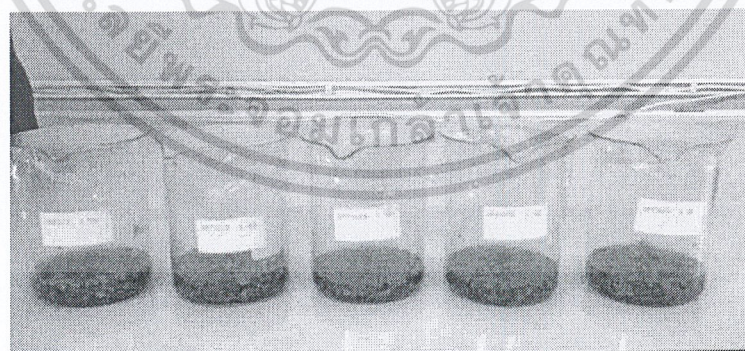
3.2.18 นำพืชที่สับละเอียดแล้วใส่ลงในบีกเกอร์ ผ่านการชั่งตวงประมาณ 15 g นำเข้าสู่กระบวนการสกัดคลอโรฟิลล์ ด้วยเครื่องสกัดแบบร้อน โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล 100 cm³ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง

3.2.19 แยกเอทานอลออกจากสีเขียว จนได้ปริมาตรของสีเขียวประมาณ 25 cm³

3.2.20 เก็บสีเขียวที่ได้ในภาชนะที่มีฝาปิดเพื่อนำไปย้อมสี

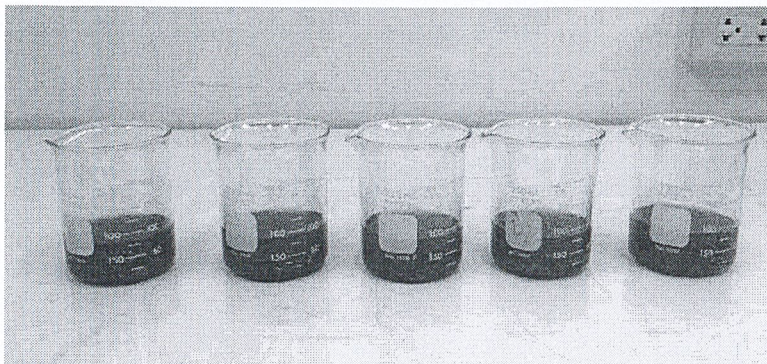


รูปที่ 3.10 สีเขียวจากกะหล่ำมวงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล (ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง

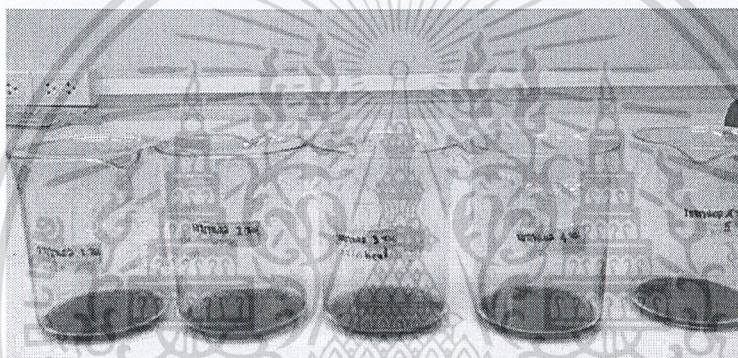


รูปที่ 3.11 สีเขียวจากแคร์ทที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล (ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง

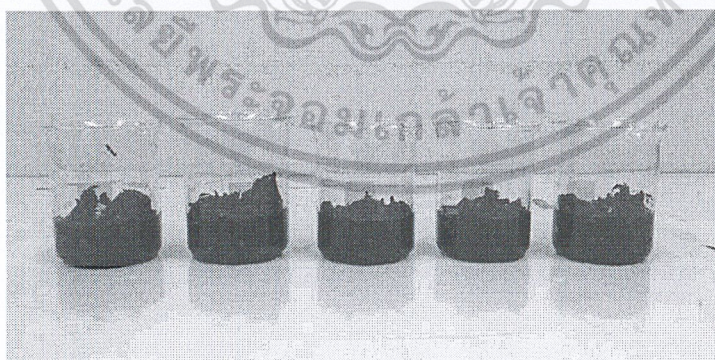
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 สีย้อมจากข้าวเหนียวดำที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง



รูปที่ 3.13 สีย้อมจากขิงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง



รูปที่ 3.14 สีย้อมจากกระเจี๊ยบที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเตรียมด้านขั้วบวก

3.3.1 ตัดกระจกนำไฟฟ้าให้มีขนาด $2 \times 3 \text{ cm}^2$ ทำความสะอาดกระจกนำไฟฟ้าโดยการแช่ใน acetone หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำ DI 2 แก้ว แล้วทำให้แห้งด้วยการเป่าแห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน (N₂)

3.3.2 สกรีนสารละลายแพตตินัม ขนาดตามที่ต้องการ โดยใช้สติกเกอร์ใส่กำหนดพื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$

3.3.3 นำกระจกที่เคลือบแล้วไปให้ความร้อนโดยใช้เตาเผาสามโซน โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส 30 นาที



รูปที่ 3.15 กระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบด้วยสารละลายแพตตินัม

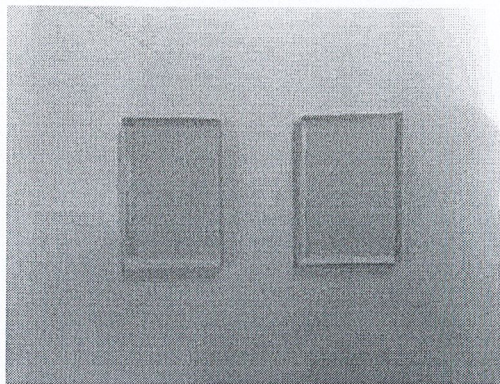
3.4 การเตรียมด้านขั้วลบ

3.4.1 ตัดกระจกนำไฟฟ้าให้มีขนาด $2 \times 3 \text{ cm}^2$ ทำความสะอาดกระจกนำไฟฟ้าโดยการแช่ใน acetone หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำ DI 2 แก้ว แล้วทำให้แห้งด้วยการเป่าแห้งด้วยแก๊สไนโตรเจน (N₂)



รูปที่ 3.16 เครื่องเป่าลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



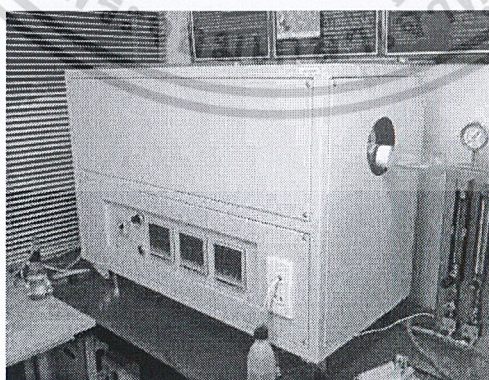
รูปที่ 3.17 กระจกนำไฟฟ้า

3.4.2 สกรีนไทเทเนียมไดออกไซด์ ขนาดตามที่ต้องการ โดยใช้สติกเกอร์ใส่กำหนดพื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการสกรีนไทเทเนียมไดออกไซด์ลงบนกระจกไฟฟ้า

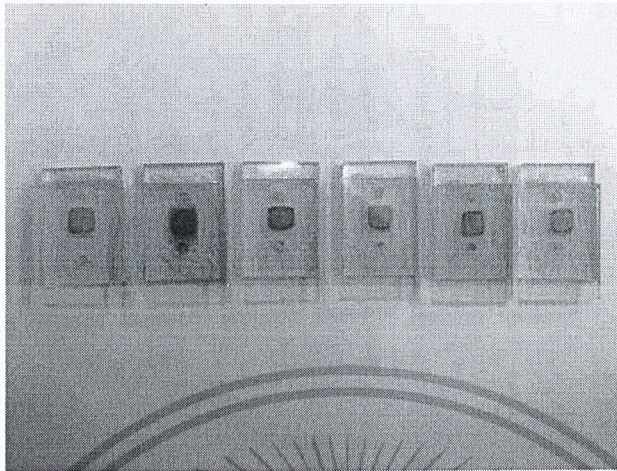
3.4.3 นำกระจกที่เคลือบแล้วไปให้ความร้อนโดยใช้เตาเผาสามโซน โดยให้ความร้อนที่ 450 องศาเซลเซียส 30 นาที



รูปที่ 3.19 เตาเผาสามโซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 นำกระจกที่ได้ แผลในสีย้อมไวแสงที่ได้จากพืชที่สกัดไว้ ย้อมที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน

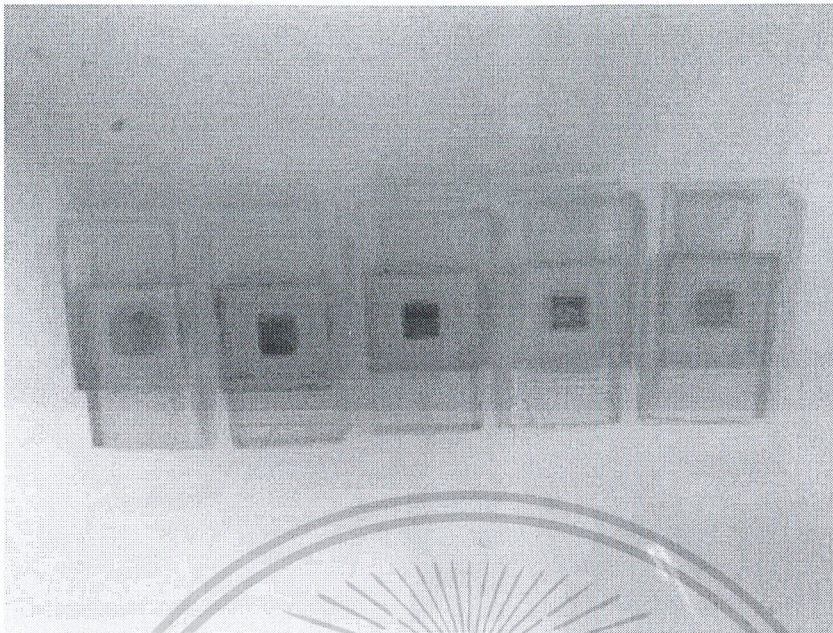


รูปที่ 3.20 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากเมทานอล
(ก) กะหล่ำเขียว (ข) อัญชัน (ค) กะหล่ำม่วง (ง) แก้วมังกร (จ) ใบเตย (ฉ) แครอท



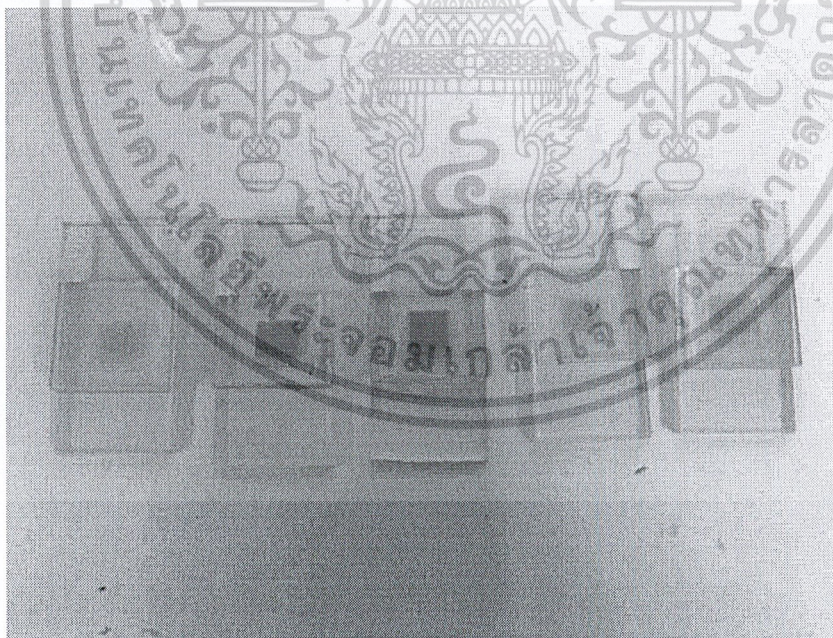
รูปที่ 3.21 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากเอทานอล
(ก) กะหล่ำเขียว (ข) อัญชัน (ค) กะหล่ำม่วง (ง) แก้วมังกร (จ) ใบเตย (ฉ) แครอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากกะหล่ำม่วงใช้ตัวทำละลายเมทานอล

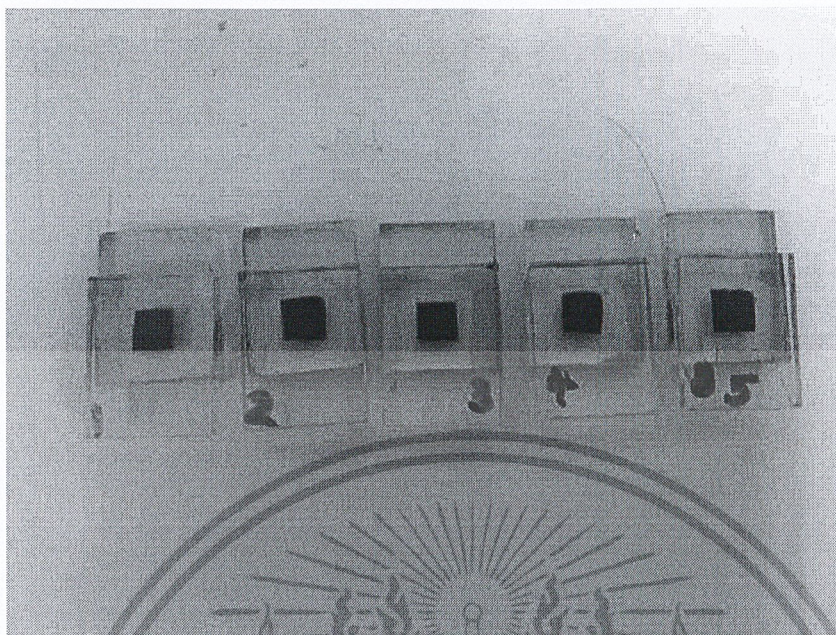
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง



รูปที่ 3.23 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากแครอทใช้ตัวทำละลายเมทานอล

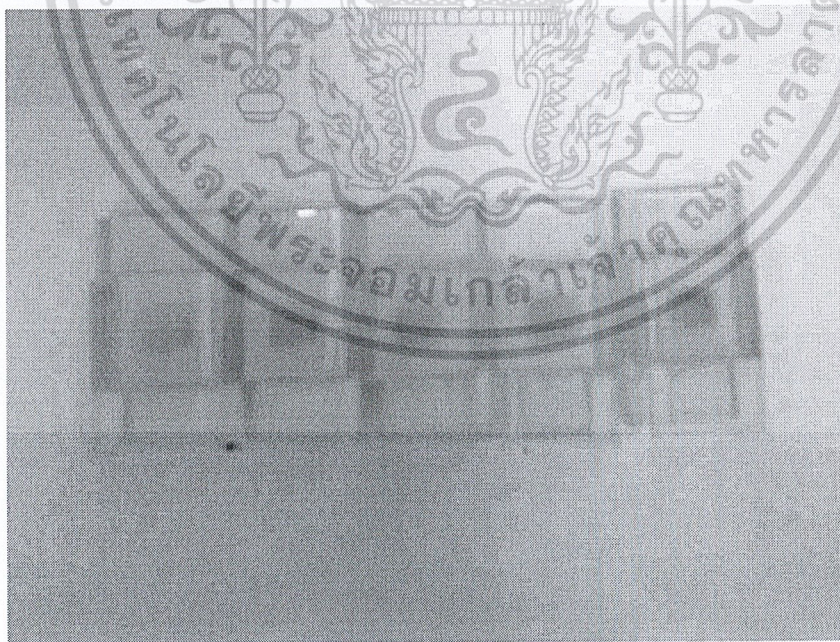
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากข้าวเหนียวดำใช้ตัวทำละลายเมทานอล

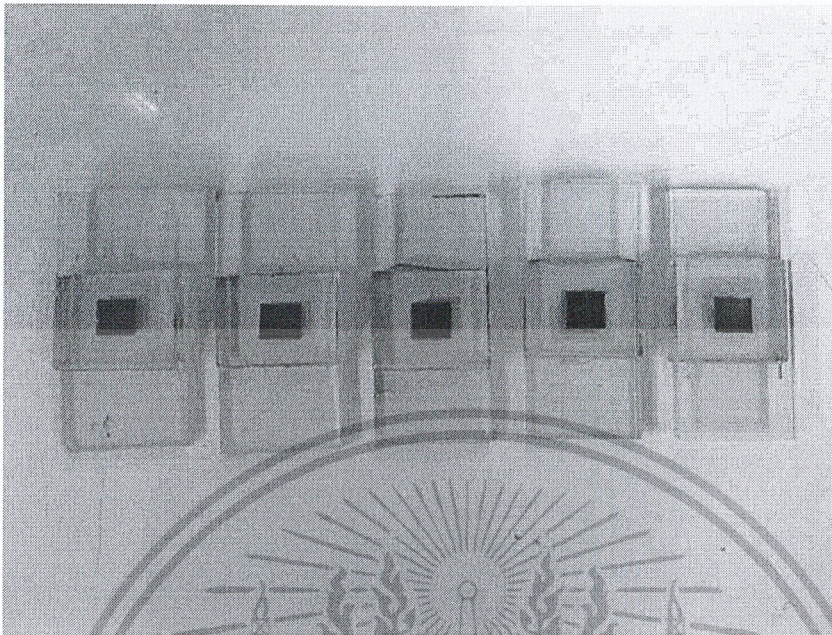
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง



รูปที่ 3.25 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากชงโคใช้ตัวทำละลายเมทานอล

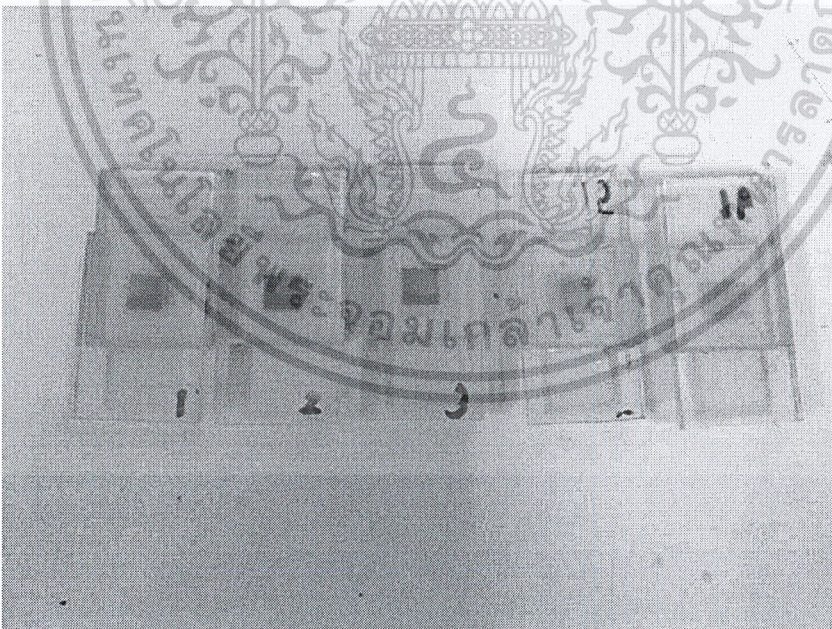
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ในนามของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากกระเจียบใช้ตัวทำละลายเมทานอล

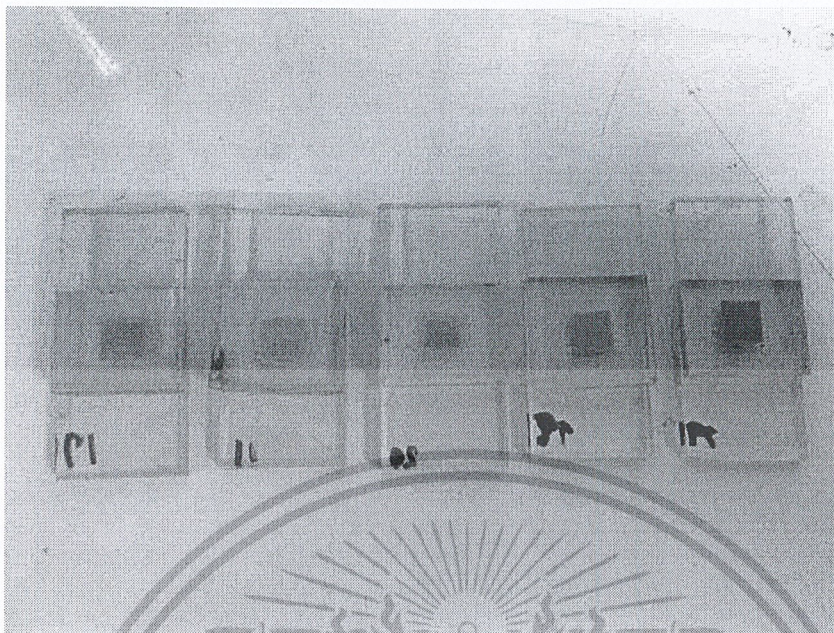
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง



รูปที่ 3.27 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากกะหล่ำม่วงใช้ตัวทำละลายเอทานอล

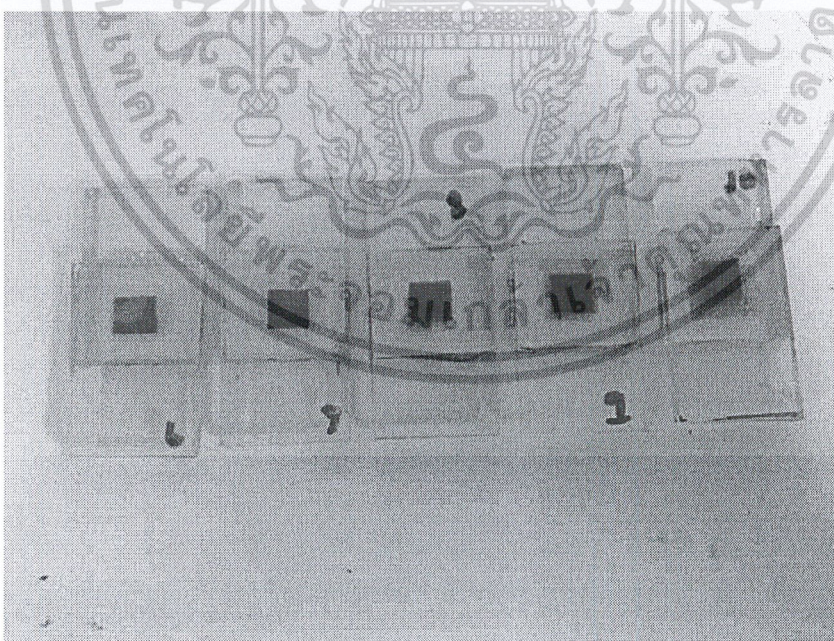
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากแครอทใช้ตัวทำละลายเอทานอล

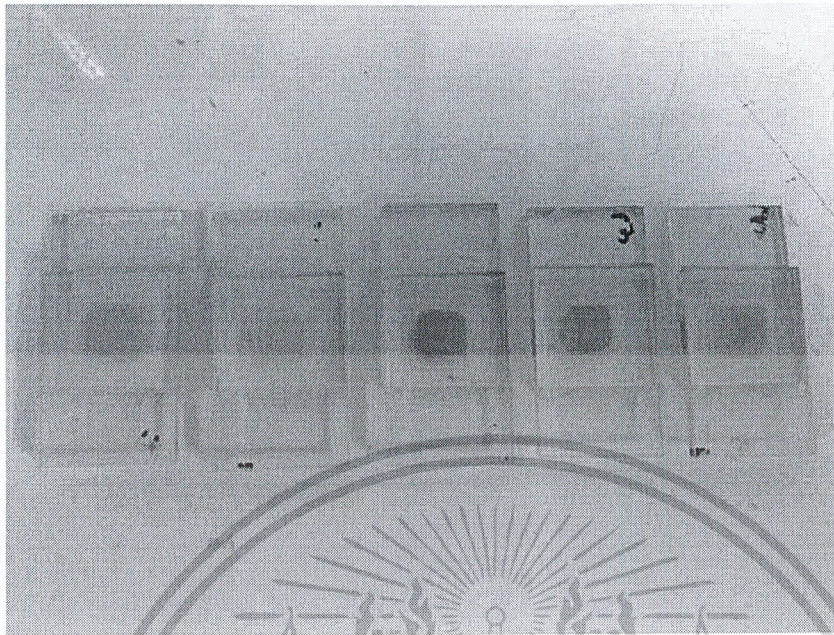
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง



รูปที่ 3.29 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากข้าวเหนียวดำใช้ตัวทำละลายเอทานอล

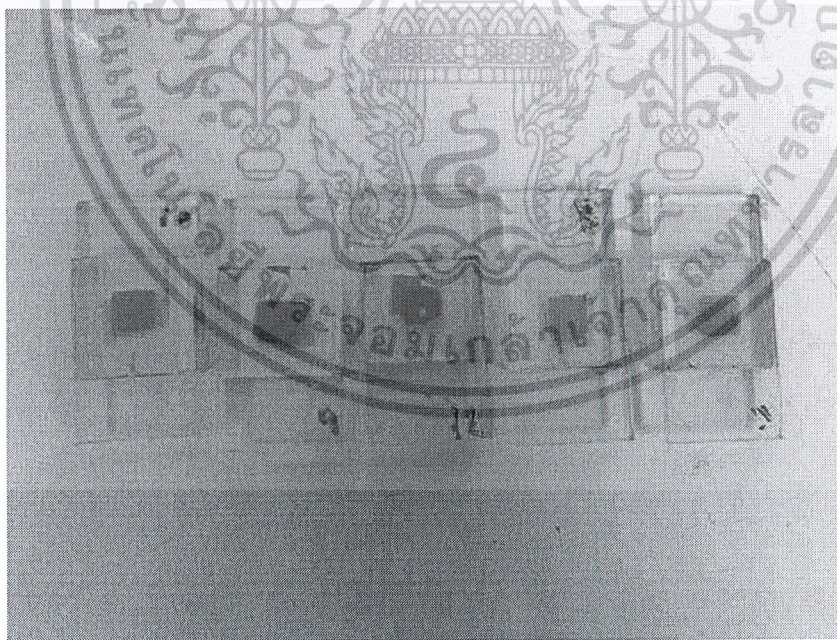
(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากขงโคใช้ตัวทำละลายเอทานอล

(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง

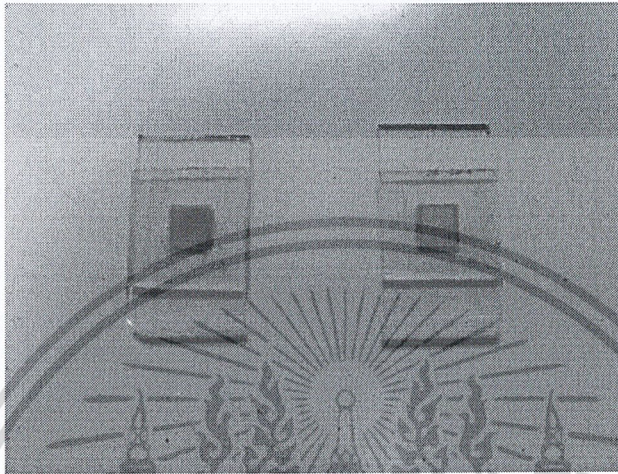


รูปที่ 3.31 เซลล์แสงอาทิตย์หลังแช่สีย้อมที่สกัดจากกระเจี๊ยบใช้ตัวทำละลายเอทานอล

(ก) 1 ชั่วโมง (ข) 2 ชั่วโมง (ค) 3 ชั่วโมง (ง) 4 ชั่วโมง (จ) 5 ชั่วโมง

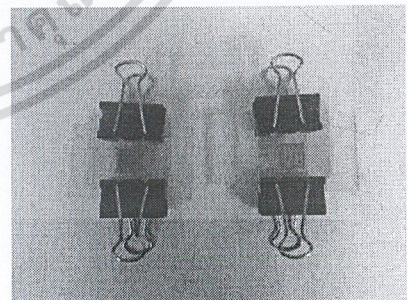
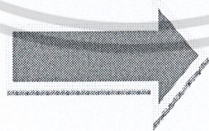
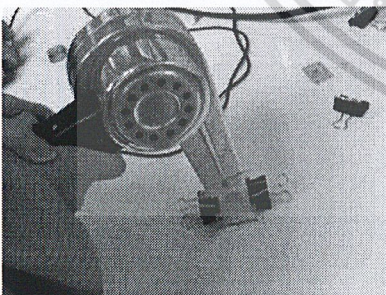
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 นำกระจกที่ผ่านการขัดสีแล้วมาประกบกับขั้วบวกที่เตรียมไว้โดยใช้แผ่นโพลีเมอร์เป็นตัวยึดระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง โดยเว้นพื้นที่ไว้สำหรับเติมอิเล็กโทรไลต์



รูปที่ 3.32 ตัวอย่างแผ่นกระจกที่ประกบกันแล้ว

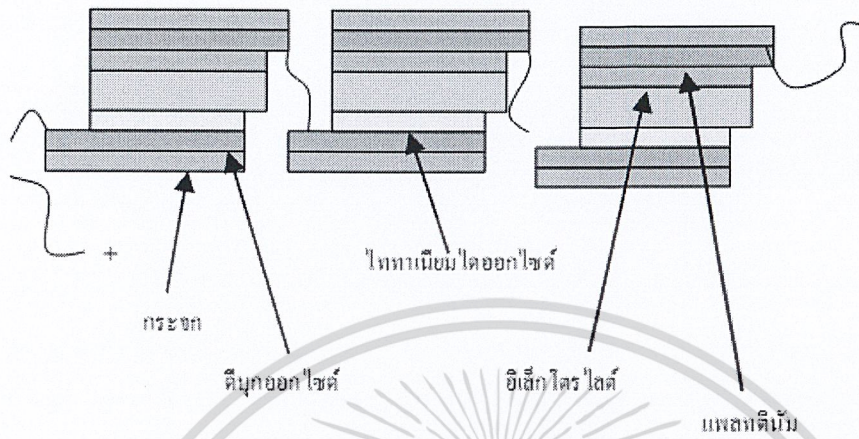
3.4.6 นำเซลล์ที่ประกบกันแล้วไปเป่าให้ความร้อนด้วยเครื่องเป่าความร้อน หลอมจนติดกระจกทั้งสองด้าน



รูปที่ 3.33 การเป่าเพื่อให้แผ่นโพลีเมอร์ติดกันทั้งสองด้าน

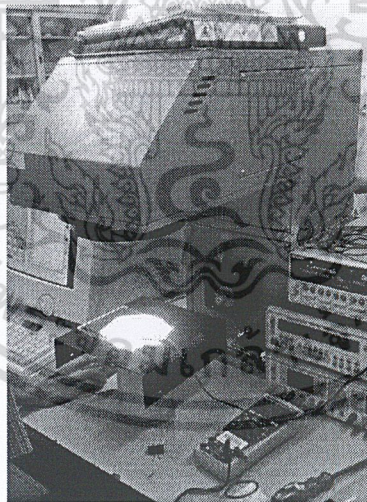
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7 หยดสารละลาย electrolyte เข้าไปตรงพื้นที่ว่างสำหรับขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เพื่อให้เป็นตัวแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้า



รูปที่ 3.34 แสดงตำแหน่งต่างๆของชั้นในเซลล์แสงอาทิตย์

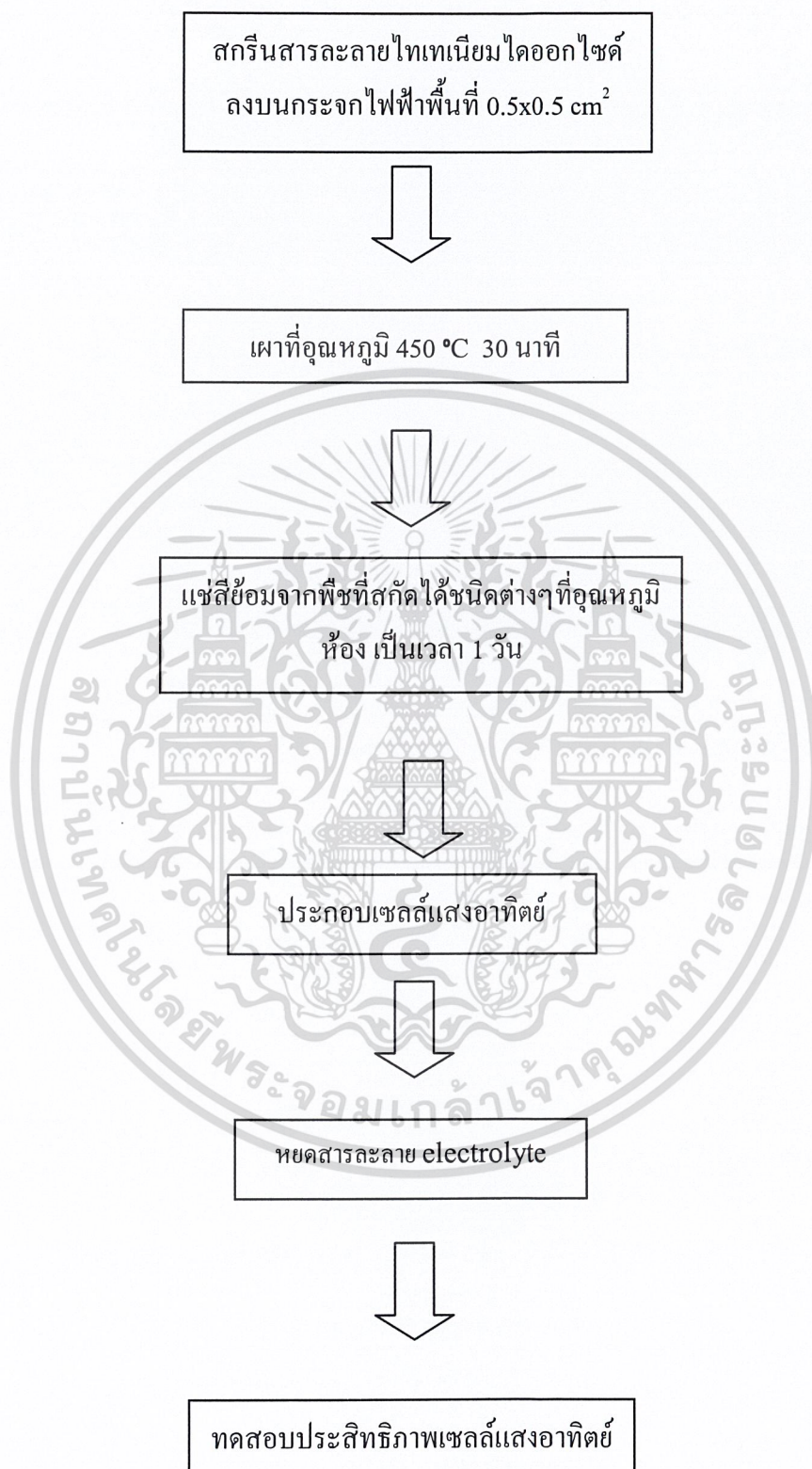
3.4.8 นำเซลล์ที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.35 เครื่องทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 3.36 แสดงแผนผังการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมไวแสงจากพืชในประเทศไทย โดยสร้างตามเงื่อนไขต่าง ๆ ตามวิธีการทดลองในบทที่ 3 เพื่อหาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อทดสอบค่าต่อไปนี้

- ค่ากระแสรวมสูงสุด มีค่าเป็น I_{sc} เป็นค่าที่ได้นับมาจากเงื่อนไขของ short-circuit

$\Delta E = V = 0$ ซึ่งเห็นได้จากกราฟ I-V (current-voltage curve)

- ค่า open circuit voltages (V_{oc}) เป็นปรากฏการณ์กับพลังงานที่แตกต่างระหว่างระดับ Fermi ของสารกึ่งตัวนำและระดับพลังงานของ electrode redox couple

- ค่ากำลังสูงสุดที่สามารถคำนวณได้คือ $P_{max} = I_{max} \times V_{max}$ ซึ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจตุรัส ที่มีกำลังสูงสุด

- ค่า Fill factor (FF) สามารถคำนวณได้ ซึ่งเป็นข้อมูลจากการวัดของคุณภาพอุปกรณ์ที่ใช้ โดยพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสของกราฟ I-V (current-voltage curve)

$$FF = \frac{I_{max} V_{max}}{I_{sc} V_{oc}}$$

ประสิทธิภาพ (Eff) ของการแปรผันพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$Eff = \frac{(I_{max})(V_{max})}{(P_{in})(area)} \times 100\% = \frac{(I_{sc})(V_{oc})(FF)}{P_{in}}$$

โดย η คือ ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

P_{in} คือ ผลรวมของกำลังที่แผ่รังสีตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์

I_{sc} คือ ค่ากระแสไฟฟ้าวงจรมัด

V_{oc} คือ ค่าศักย์ไฟฟ้าวงจรมัด

I_{max} คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ทำให้มีกำลังสูงสุด

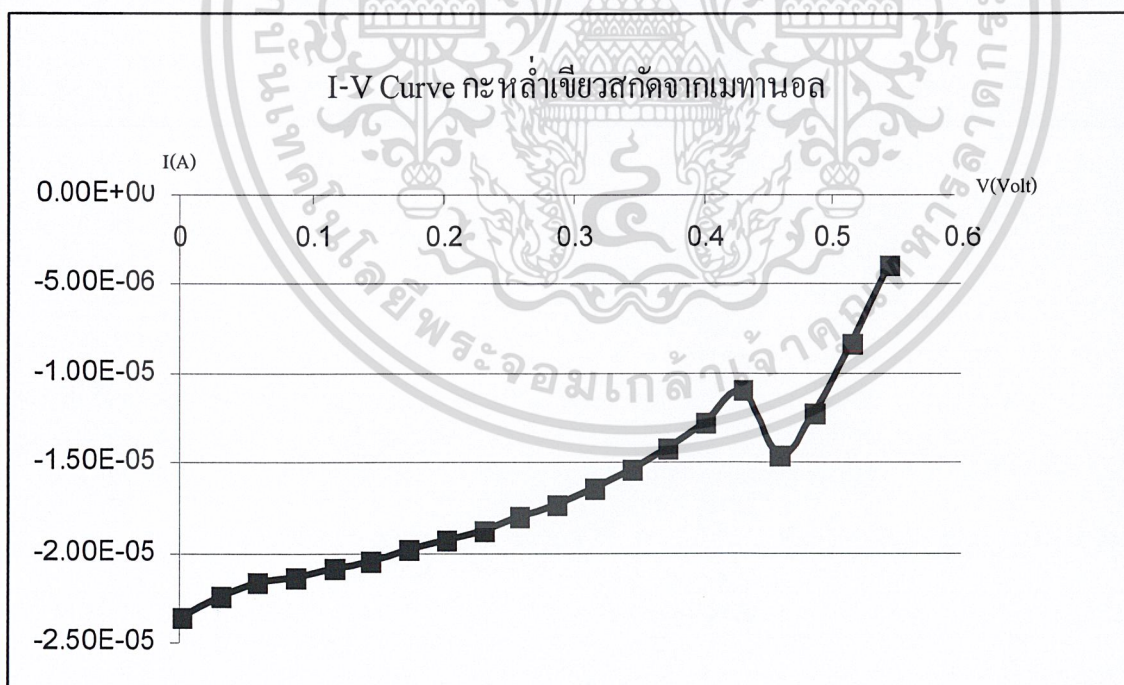
V_{max} คือ ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ทำให้มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลการวัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากพืชชนิดต่าง ๆ สกัดจากเมทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$

4.1.1 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำเขียวที่สกัดจากเมทานอล

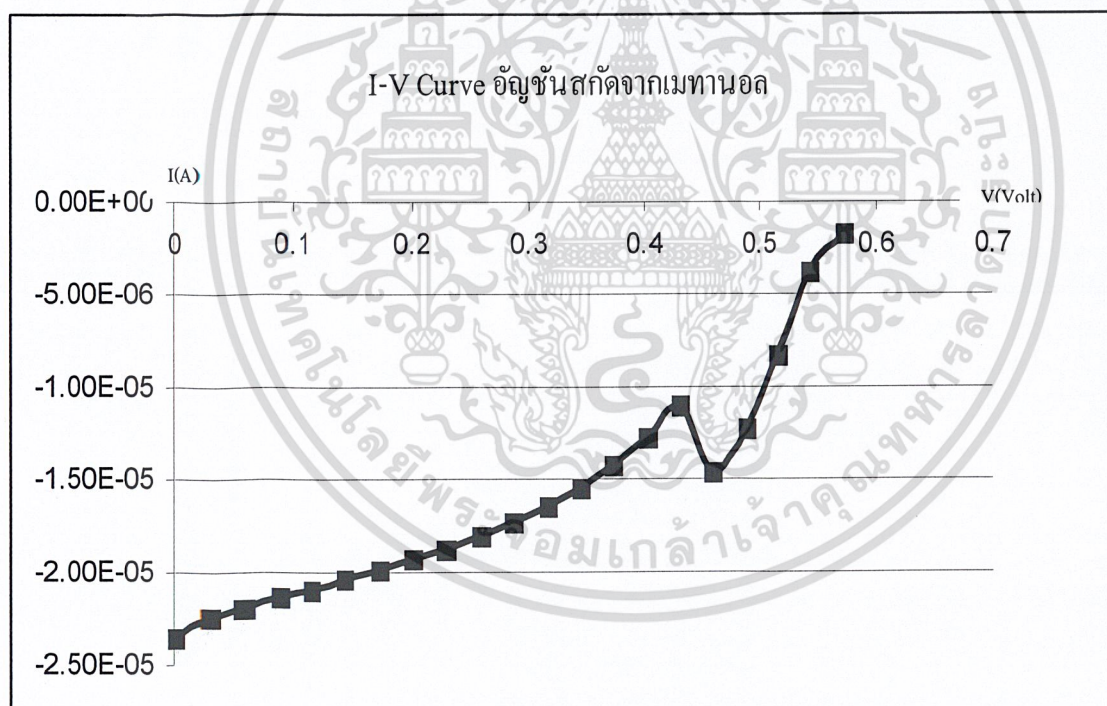
Isc	0.023	mA
Voc	0.543	V
Area	0.25	cm^2
Jsc	0.092	mA/cm^2
Pmax	0.007	mW
Pin	1000	W/m^2
Efficiency	0.028	%
Fillfactor	0.560	W/W



กราฟที่ 4.1.1 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำเขียวที่สกัดจากเมทานอล

4.1.2 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากอัญชันที่สกัดจากเมทานอล

Isc	0.017	mA
Voc	0.543	V
Area	0.25	cm ²
Jsc	0.276	mA/cm ²
Pmax	0.007	mW
Pin	1000	W/m ²
Efficiency	0.028	%
Fillfactor	0.758	W/W

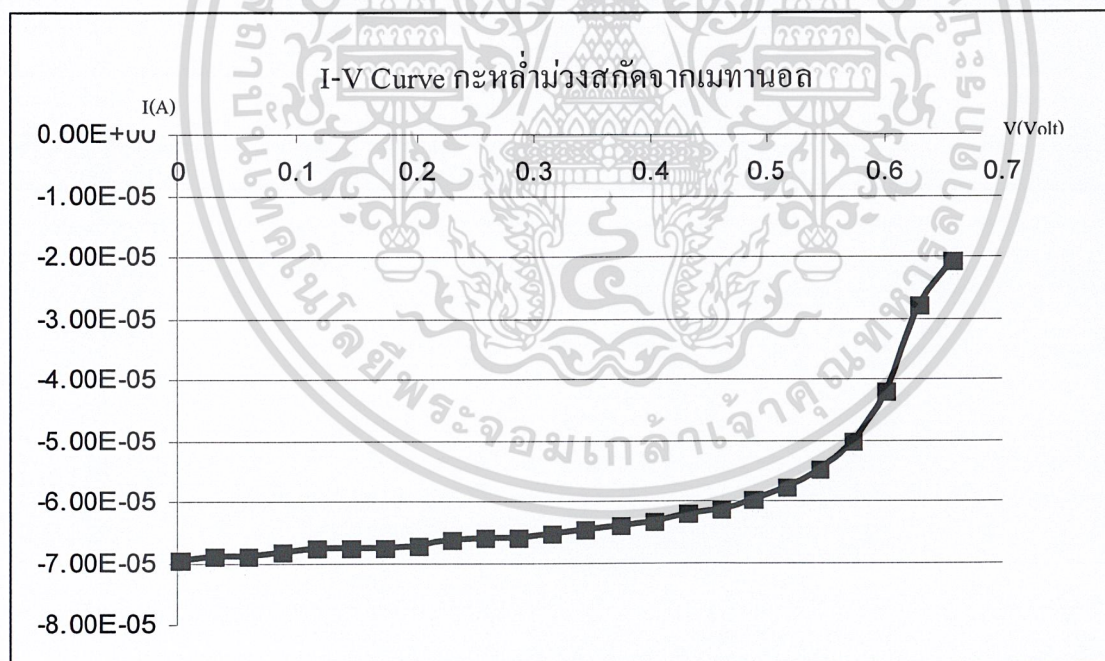


กราฟที่ 4.1.2 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากอัญชันที่สกัดจากเมทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเมทานอล

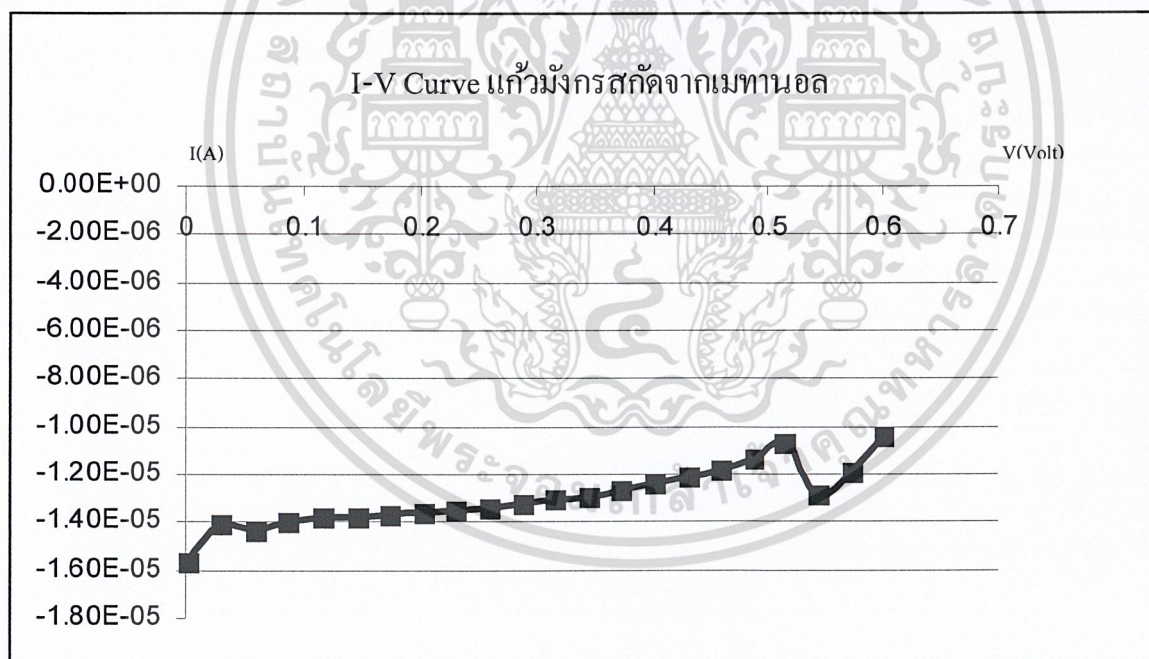
Isc	0.070	mA
Voc	0.657	V
Area	0.25	cm ²
Jsc	0.280	mA/cm ²
Pmax	0.030	mW
Pin	1000	W/m ²
Efficiency	0.120	%
Fillfactor	0.652	W/W



กราฟที่ 4.1.3 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเมทานอล

4.1.4 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแก้วมังกรที่สกัดจากเมทานอล

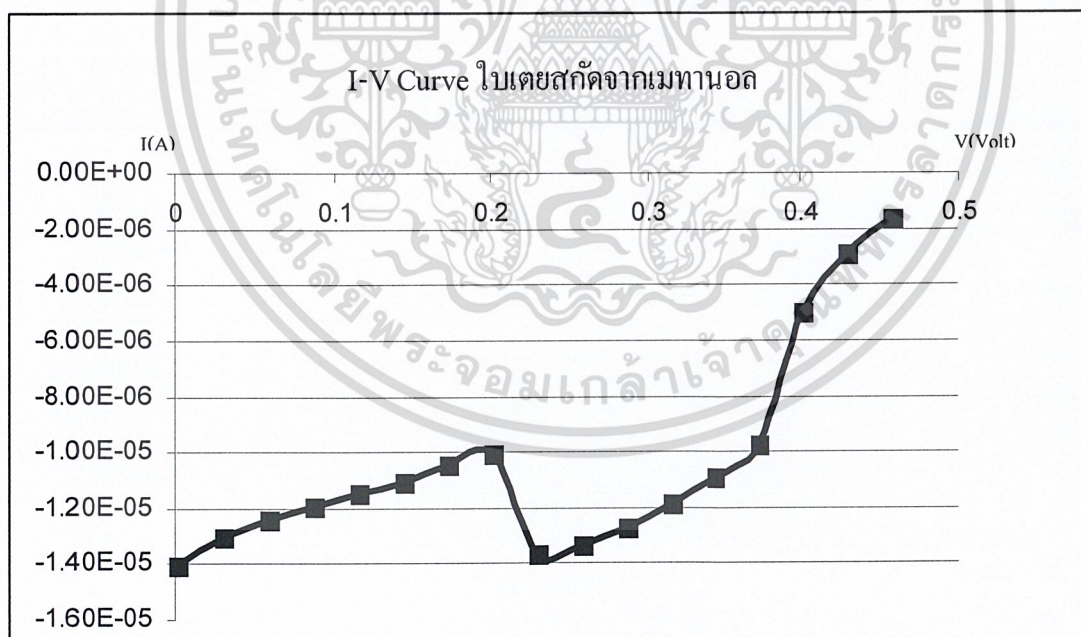
Isc	0.014	mA
Voc	0.572	V
Area	0.25	cm ²
Jsc	0.276	mA/cm ²
Pmax	0.007	mW
Pin	1000	W/m ²
Efficiency	0.028	%
Fillfactor	0.874	W/W



กราฟที่ 4.1.4 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแก้วมังกรที่สกัดจากเมทานอล

4.1.5 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากไบโพลีเมอร์ที่สกัดจากเมทานอล

Isc	0.014	mA
Voc	0.458	V
Area	0.25	cm ²
Jsc	0.056	mA/cm ²
Pmax	0.004	mW
Pin	1000	W/m ²
Efficiency	0.016	%
Fillfactor	0.624	W/W

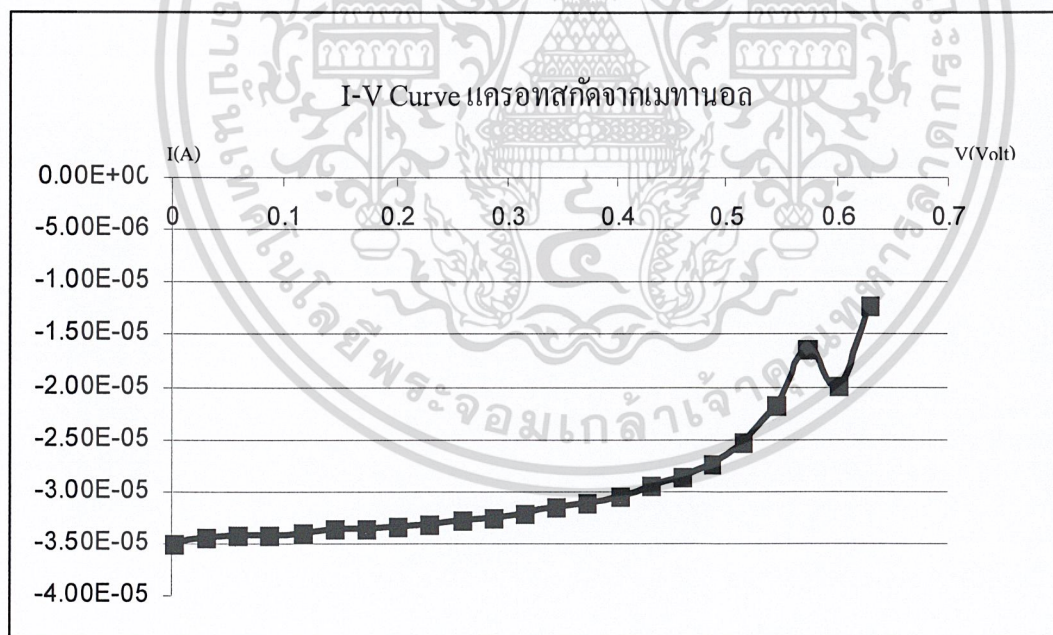


กราฟที่ 4.1.5 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากไบโพลีเมอร์ที่สกัดจากเมทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนที่สกัดจากเมทานอล

Isc	0.035	mA
Voc	0.629	V
Area	0.25	cm ²
Jsc	0.140	mA/cm ²
Pmax	0.013	mW
Pin	1000	W/m ²
Efficiency	0.052	%
Fillfactor	0.591	W/W



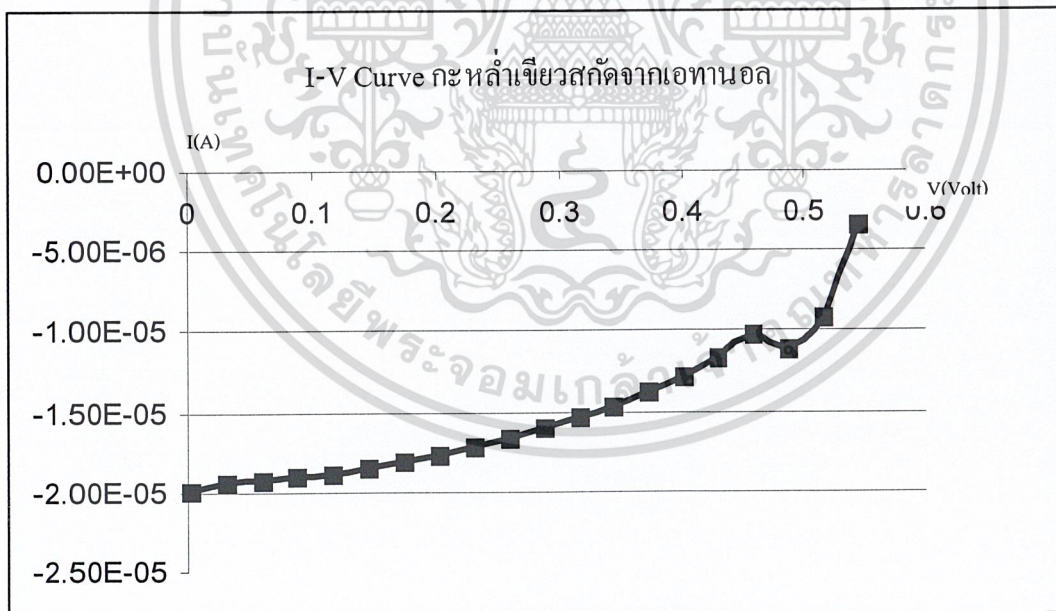
กราฟที่ 4.1.6 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนที่สกัดจากเมทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากพืชชนิดต่างๆสกัดจากเอทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$

4.2.1 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำเขียวที่สกัดจากเอทานอล

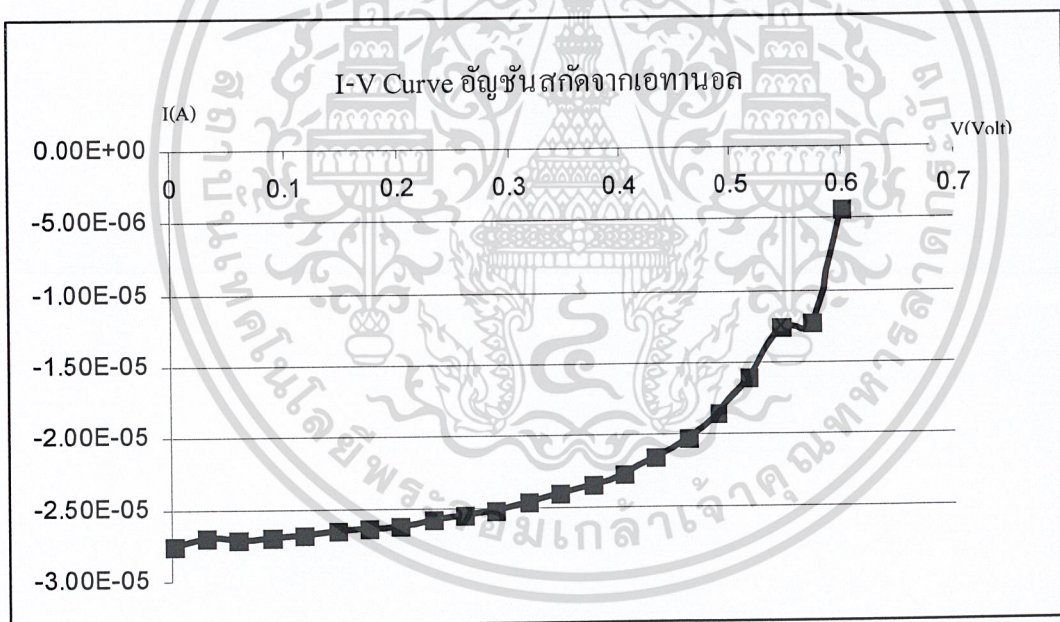
Isc	0.020	mA
Voc	0.544	V
Area	0.25	cm^2
Jsc	0.8	mA/cm^2
Pmax	0.005	mW
Pin	1000	W/m^2
Efficiency	0.02	%
Fillfactor	0.460	W/W



กราฟที่ 4.2.1 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำเขียวที่สกัดจากเอทานอล

4.2.2 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากอัญชันที่สกัดจากเอทานอล

Isc	0.027	mA
Voc	0.600	V
Area	0.25	cm ²
Jsc	0.108	mA/cm ²
Pmax	0.009	mW
Pin	1000	W/m ²
Efficiency	0.036	%
Fillfactor	0.556	W/W

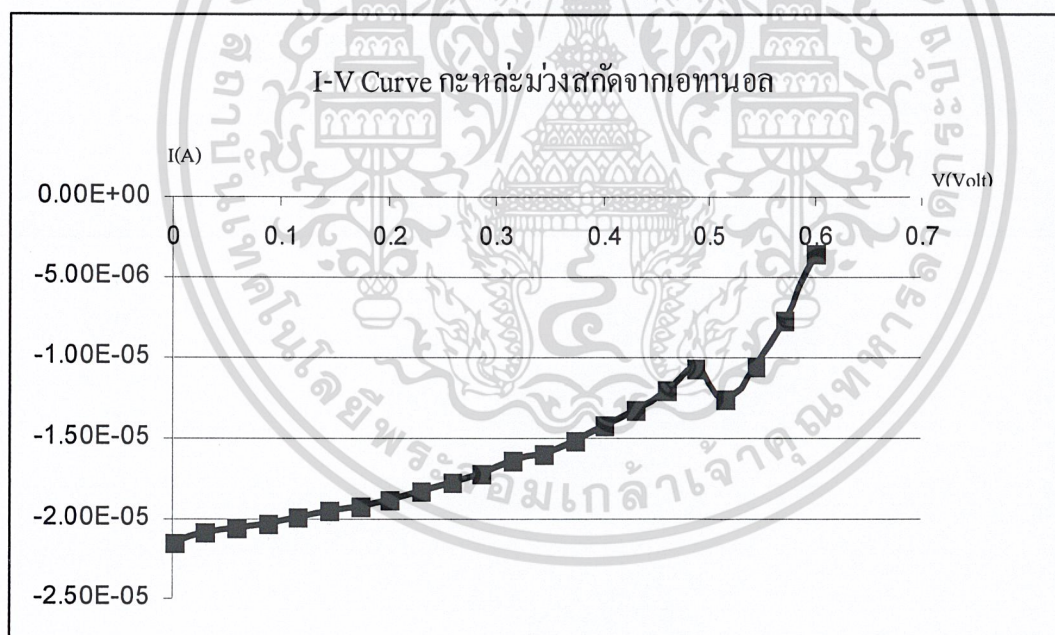


กราฟที่ 4.2.2 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากอัญชันที่สกัดจากเอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอล

Isc	0.022	mA
Voc	0.601	V
Area	0.25	cm ²
Jsc	0.088	mA/cm ²
Pmax	0.006	mW
Pin	1000	W/m ²
Efficiency	0.024	%
Fillfactor	0.454	W/W

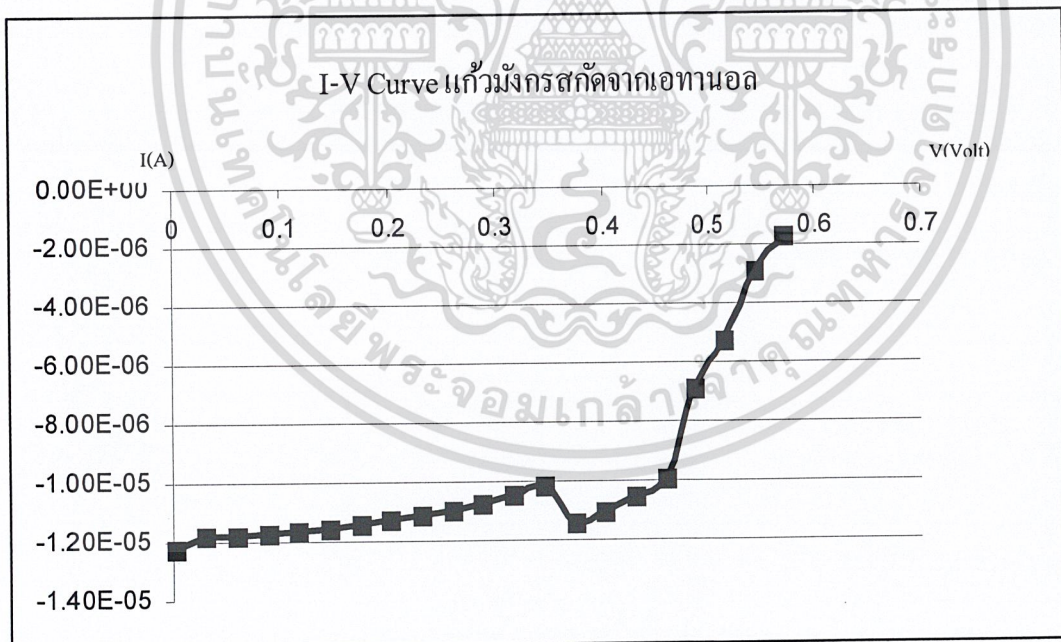


กราฟที่ 4.2.3 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแก้วมังกรที่สกัดจากเอทานอล

Isc	0.012	mA
Voc	0.572	V
Area	0.25	cm ²
Jsc	0.048	mA/cm ²
Pmax	0.005	mW
Pin	1000	W/m ²
Efficiency	0.02	%
Fillfactor	0.728	W/W

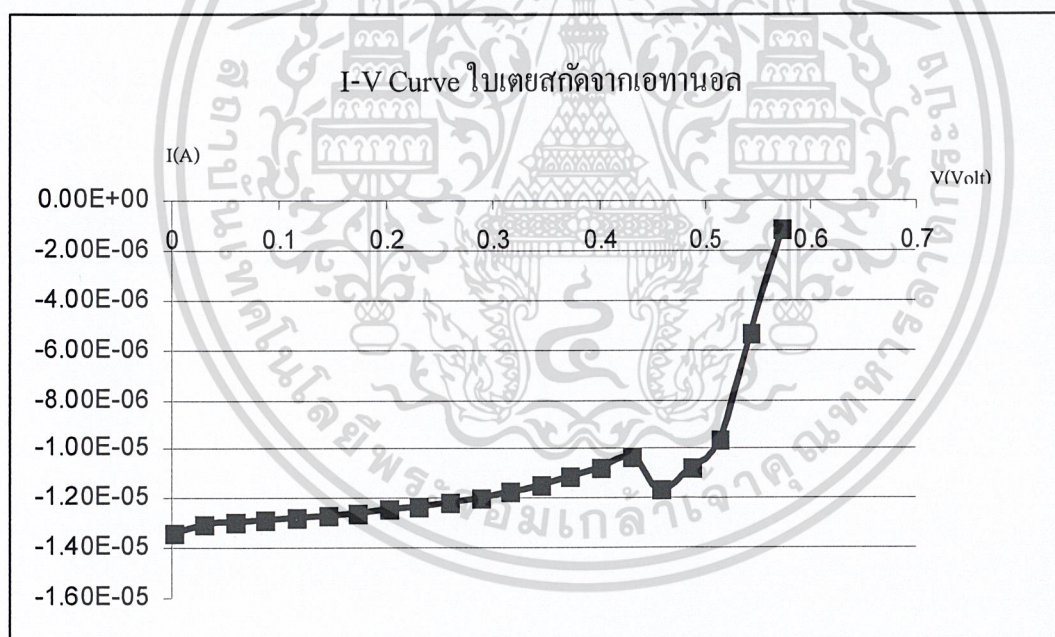


กราฟที่ 4.2.4 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแก้วมังกรที่สกัดจากเอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากใบเตยที่สกัดจากเอทานอล

Isc	0.013	mA
Voc	0.572	V
Area	0.25	cm ²
Jsc	0.052	mA/cm ²
Pmax	0.005	mW
Pin	1000	W/m ²
Efficiency	0.02	%
Fillfactor	0.672	W/W

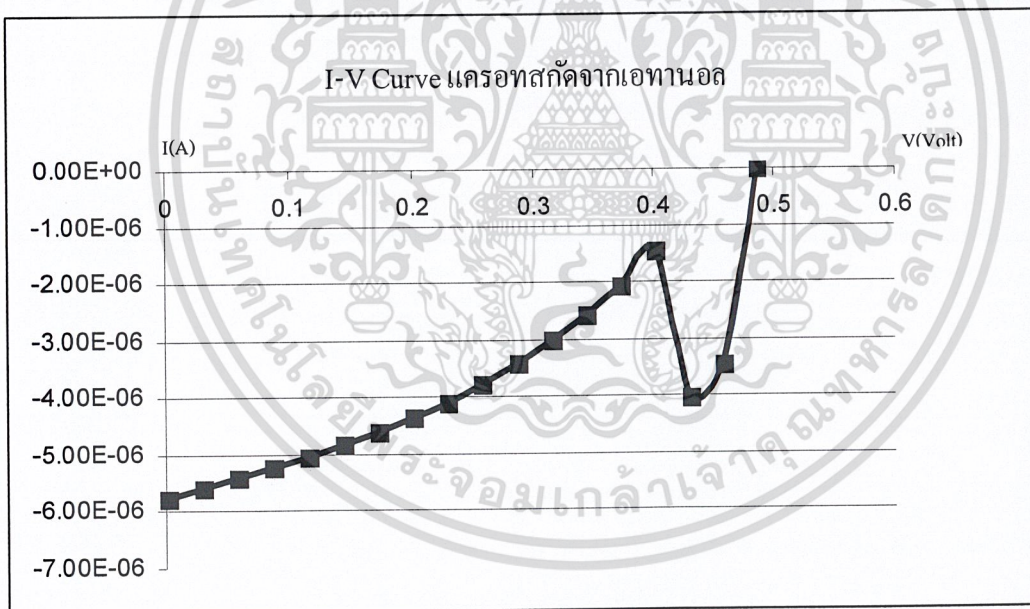


กราฟที่ 4.2.5 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากใบเตยที่สกัดจากเอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนสกัดจากเอทานอล

Isc	0.006	mA
Voc	0.486	V
Area	0.25	cm ²
Jsc	0.024	mA/cm ²
Pmax	0.002	mW
Pin	1000	W/m ²
Efficiency	0.008	%
Fillfactor	0.686	W/W

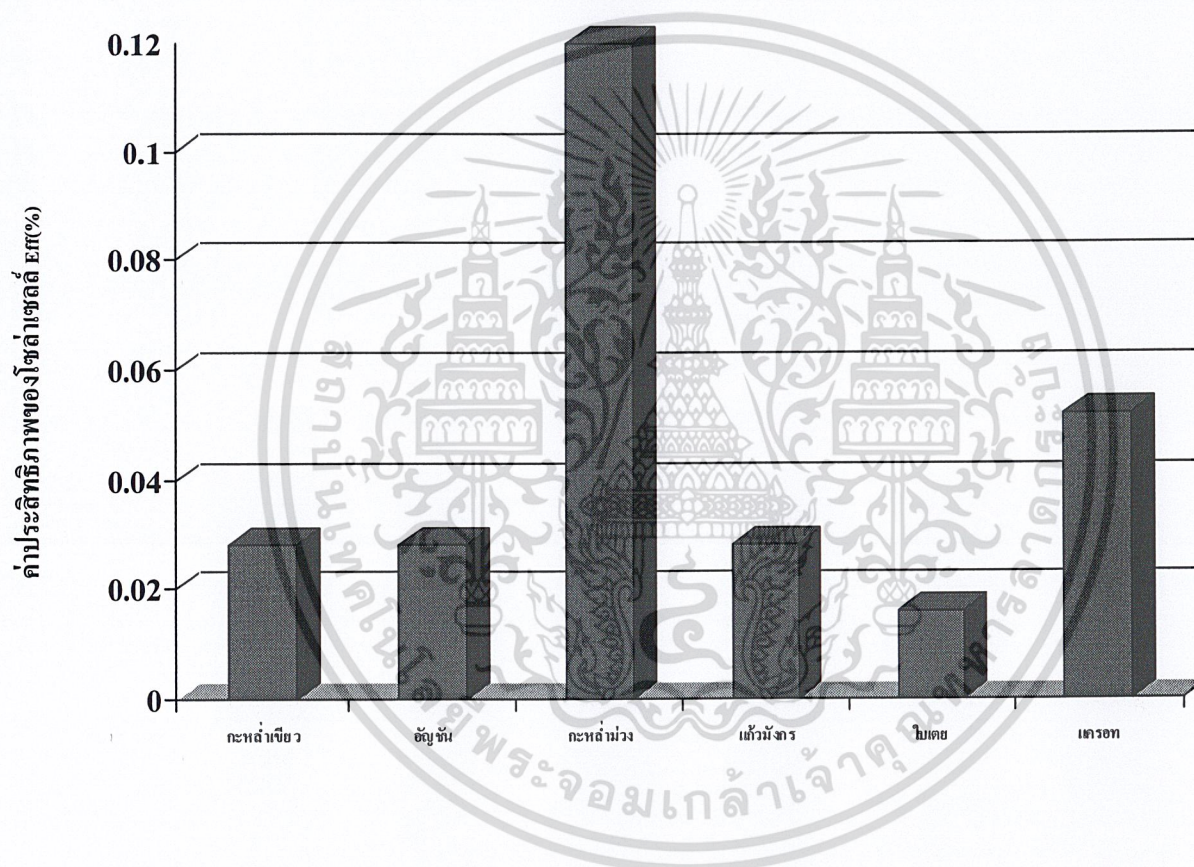


กราฟที่ 4.2.6 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีน
ที่สกัดจากเอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกะหล่ำเขียว อัญชัน กะหล่ำม่วง แก้วมังกร ใเบเตย แครอท ในการสกัดจากเมทานอลที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$

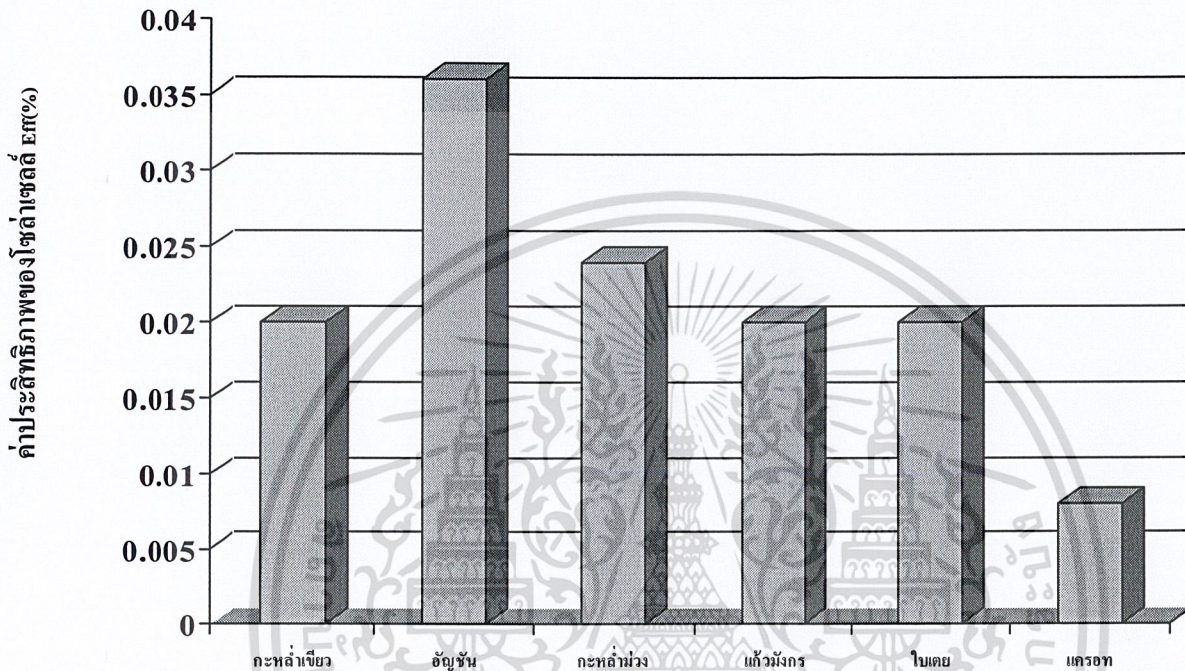
กราฟที่ 4.3.1 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกะหล่ำเขียว อัญชัน กะหล่ำม่วง แก้วมังกร ใเบเตย แครอท ในการสกัดจากเมทานอล



จากกราฟเป็นการแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างๆที่สกัดสีข้อมไวแสงจากเมทานอลเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของการแปลงพลังงานของ กะหล่ำเขียว อัญชัน กะหล่ำม่วง แก้วมังกร ใเบเตย แครอท มีค่าเท่ากับ 0.028 % , 0.028 % , 0.120 % , 0.028 % , 0.016 % , 0.052 % ตามลำดับ โดยสีข้อมที่ได้จากกะหล่ำม่วงมีค่าประสิทธิภาพดีที่สุดในการสกัดจากเมทานอลมีค่าเท่ากับ 0.120 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 4.3.2 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกะหล่ำเขียว อัญชัน กะหล่ำม่วง แก้วมังกร ใตเตย แครอท ในการสกัดจากเอทานอล



จากกราฟเป็นการแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างๆที่สกัดสีเขียวแสงจากเอทานอล เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแปลงพลังงานของ กะหล่ำเขียว อัญชัน กะหล่ำม่วง แก้วมังกร ใตเตย แครอท มีค่าเท่ากับ 0.02 % , 0.036 % , 0.024 % , 0.02 % , 0.02 % , 0.008 % ตามลำดับ โดยสีเขียวที่ได้จากอัญชันมีค่าประสิทธิภาพดีที่สุดในการสกัดจากเอทานอลมีค่าเท่ากับ 0.036 %

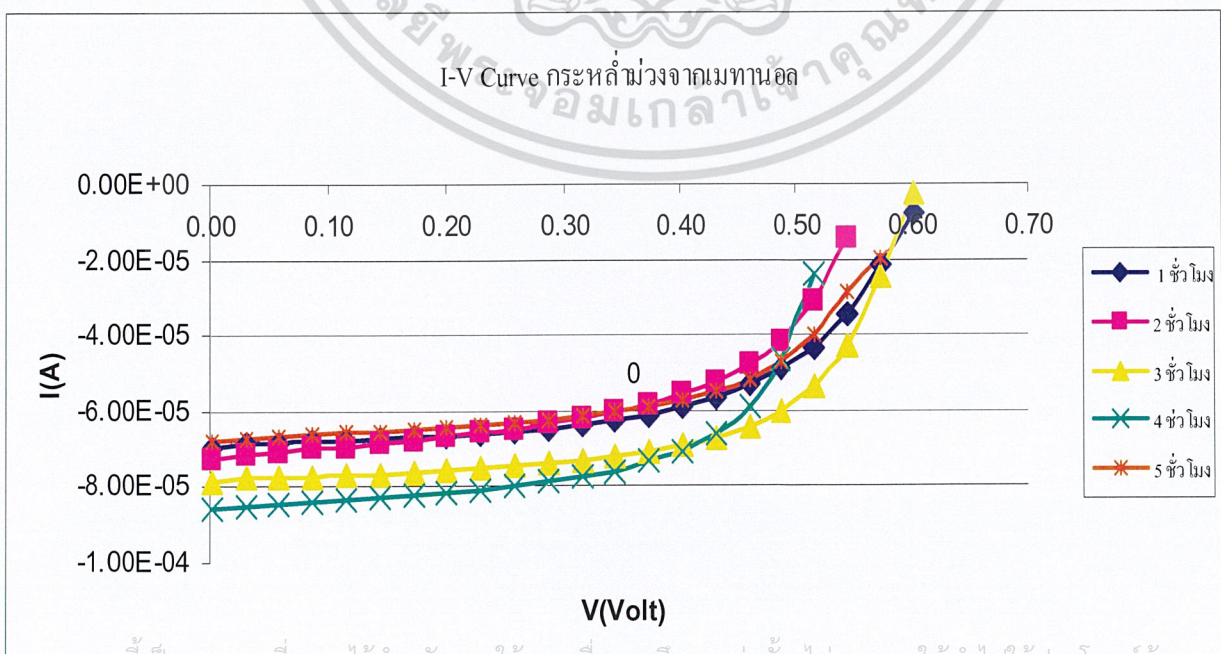
จากกราฟข้างต้นเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพจากการสกัดจากเอทานอล และจากการสกัดจากเอทานอล พบว่าสีเขียวที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของการทดลองคือ สีเขียวจากกะหล่ำม่วงที่ได้จากการสกัดจากเอทานอล มีค่าเท่ากับ 0.120 %

4.4 ผลการวัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากพืชชนิดต่าง ๆ ที่สกัดจากเมทานอล เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$

4.4.1 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำมวงที่สกัดจากเอทานอล

เวลา	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.	5 ชม.
Isc (mA)	0.070	0.073	0.079	0.086	0.068
Voc(V)	0.601	0.543	0.601	0.515	0.572
Jsc(mA/cm ²)	0.280	0.292	0.316	0.316	0.272
Pmax(mW)	0.024	0.023	0.030	0.028	0.024
Eff(%)	0.096	0.092	0.120	0.112	0.096
FF(W/W)	0.570	0.580	0.632	0.632	0.617

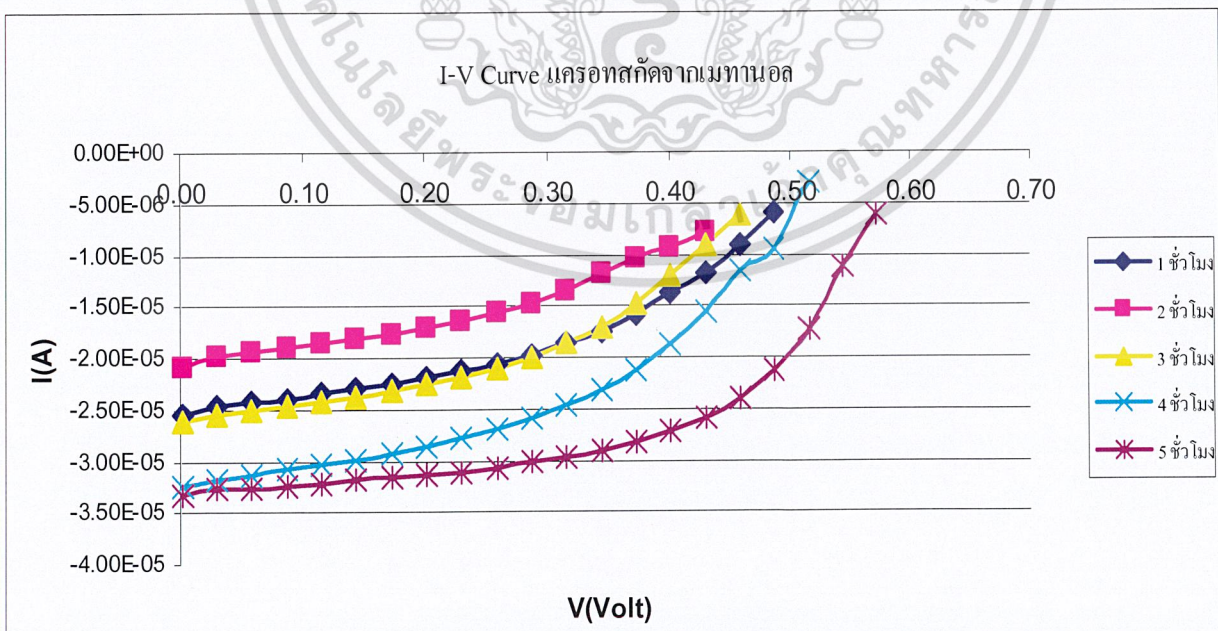
กราฟที่ 4.4.1 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำมวงที่สกัดจากเมทานอล



4.4.2 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนที่สกัดจากเมทานอล

เวลา	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.	5 ชม.
Isc (mA)	0.026	0.021	0.026	0.032	0.033
Voc(V)	0.487	0.429	0.458	0.515	0.572
Jsc(mA/cm ²)	0.104	0.084	0.104	0.128	0.132
Pmax(mW)	0.006	0.004	0.006	0.008	0.012
Eff(%)	0.024	0.016	0.024	0.032	0.048
FF(W/W)	0.474	0.444	0.504	0.485	0.636

กราฟที่ 4.4.2 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนที่สกัดจากเมทานอล

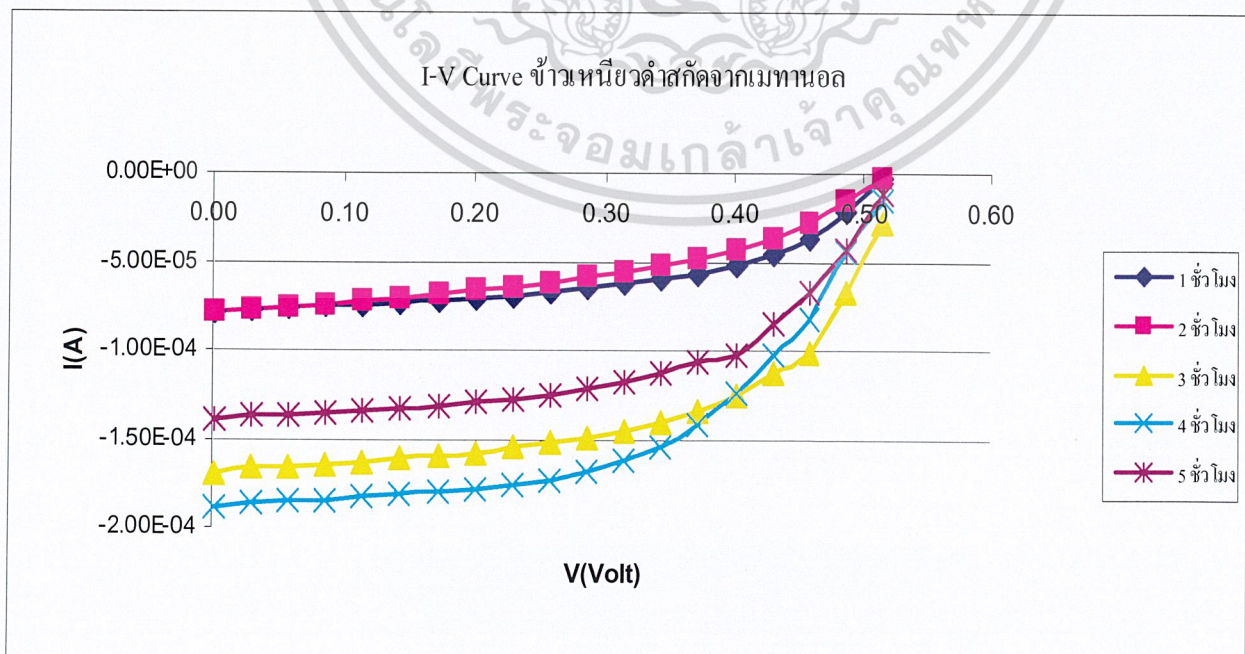


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเมทานอล

เวลา	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.	5 ชม.
Isc (mA)	0.078	0.081	0.169	0.189	0.139
Voc(V)	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515
Jsc(mA/cm ²)	0.312	0.324	0.676	0.756	0.556
Pmax(mW)	0.021	0.020	0.051	0.053	0.041
Eff(%)	0.084	0.080	0.204	0.212	0.164
FF(W/W)	0.523	0.479	0.586	0.545	0.573

กราฟที่ 4.4.3 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเมทานอล

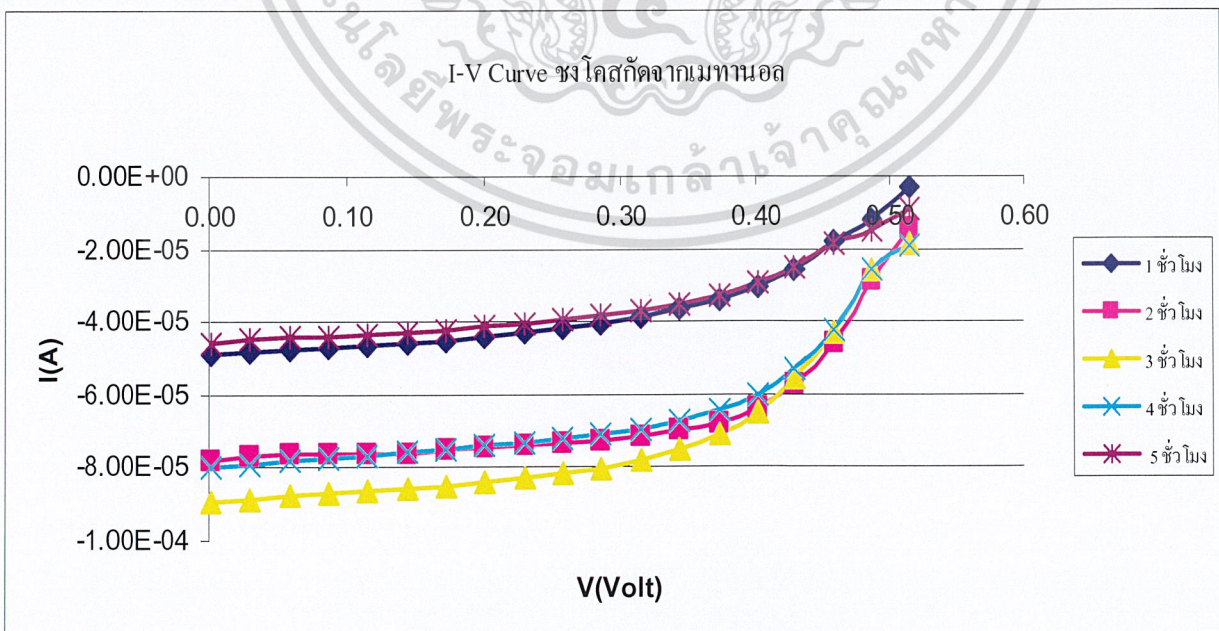


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากขงโคที่สกัดจากเมทานอล

เวลา	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.	5 ชม.
Isc (mA)	0.049	0.078	0.090	0.080	0.046
Voc(V)	0.515	0.515	0.515	0.515	0.515
Jsc(mA/cm ²)	0.196	0.312	0.360	0.320	0.184
Pmax(mW)	0.013	0.026	0.026	0.024	0.012
Eff(%)	0.052	0.104	0.104	0.096	0.048
FF(W/W)	0.515	0.647	0.561	0.583	0.507

กราฟที่ 4.4.4 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากขงโคที่สกัดจากเมทานอล

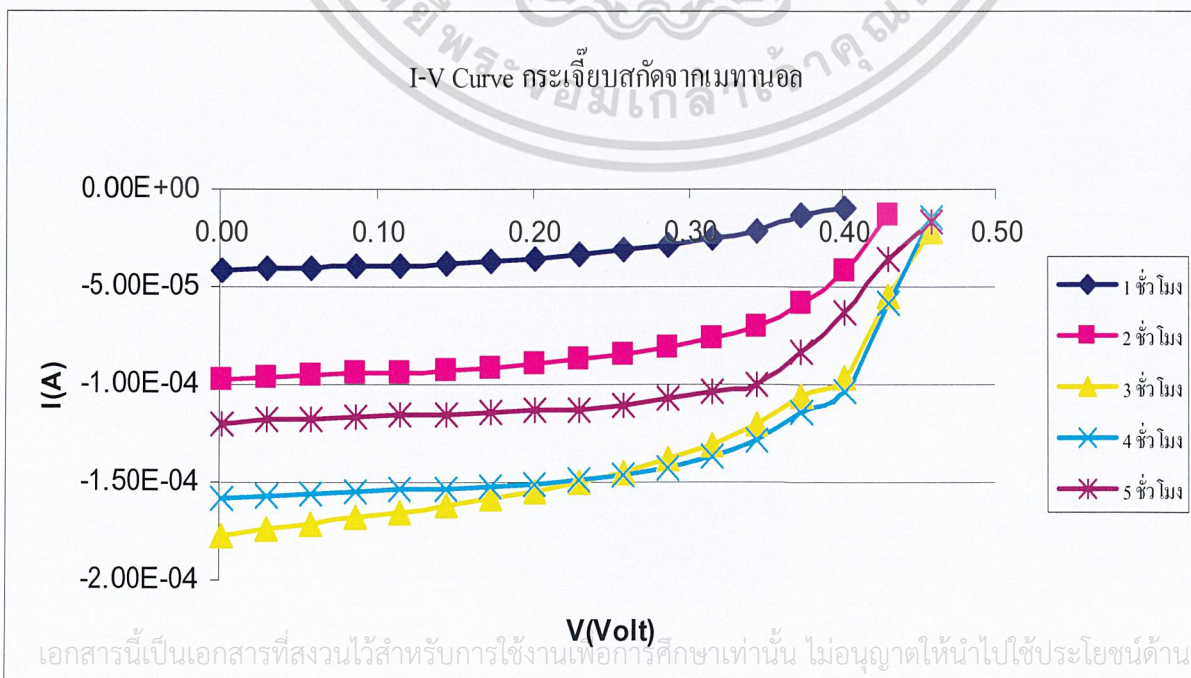


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจียบที่สกัดจากเมทานอล

เวลา	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.	5 ชม.
Isc (mA)	0.042	0.098	0.178	0.158	0.120
Voc(V)	0.401	0.429	0.458	0.458	0.458
Jsc(mA/cm ²)	0.168	0.392	0.712	0.632	0.480
Pmax(mW)	0.009	0.024	0.042	0.042	0.034
Eff(%)	0.036	0.096	0.168	0.168	0.136
FF(W/W)	0.534	0.571	0.515	0.580	0.619

กราฟที่ 4.4.5 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจียบที่สกัดจากเมทานอล



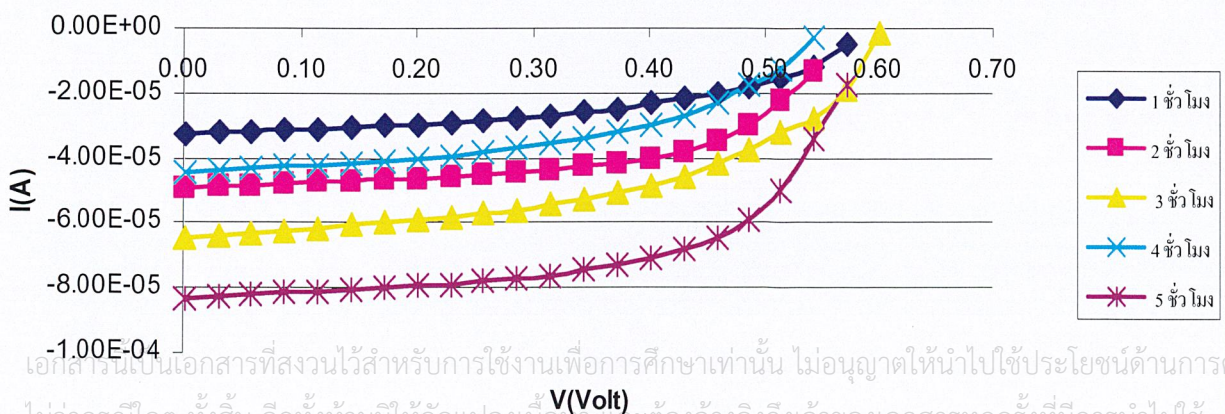
4.5 ผลการวัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากพืชชนิดต่าง ๆ ที่สกัดจากเอทานอล เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$

4.5.1 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอล

เวลา	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.	5 ชม.
Isc (mA)	0.033	0.050	0.065	0.045	0.083
Voc(V)	0.572	0.543	0.601	0.544	0.572
Jsc(mA/cm ²)	0.132	0.200	0.260	0.180	0.332
Pmax(mW)	0.010	0.016	0.020	0.012	0.030
Eff(%)	0.040	0.064	0.080	0.048	0.120
FF(W/W)	0.530	0.589	0.512	0.490	0.632

กราฟที่ 4.5.1 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอล

I-V Curve กะหล่ำม่วงสกัดจากเอทานอล

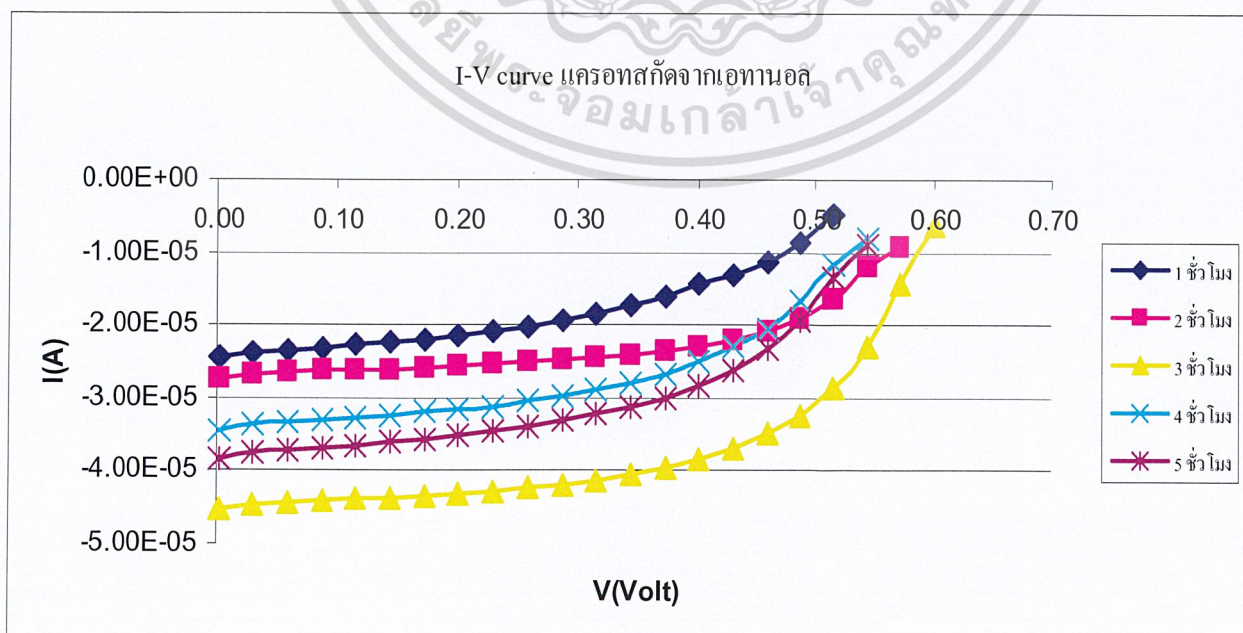


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนที่สกัดจากเอทานอล

เวลา	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.	5 ชม.
Isc (mA)	0.024	0.027	0.042	0.034	0.038
Voc(V)	0.515	0.572	0.601	0.544	0.544
Jsc(mA/cm ²)	0.096	0.108	0.168	0.136	0.152
Pmax(mW)	0.006	0.010	0.016	0.010	0.011
Eff(%)	0.024	0.040	0.064	0.040	0.044
FF(W/W)	0.485	0.648	0.634	0.541	0.532

กราฟที่ 4.5.2 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนที่สกัดจากเอทานอล

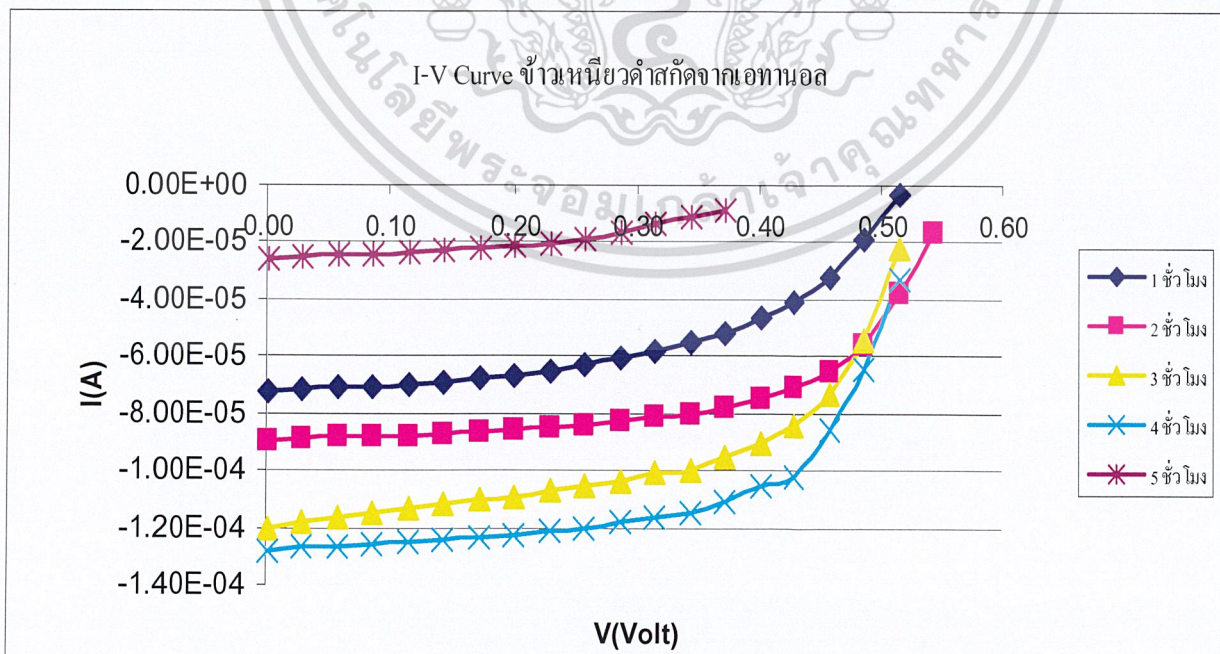


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเอทานอล

เวลา	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.	5 ชม.
Isc (mA)	0.073	0.091	0.121	0.128	0.027
Voc(V)	0.515	0.543	0.515	0.515	0.372
Jsc(mA/cm ²)	0.292	0.364	0.484	0.512	0.108
Pmax(mW)	0.020	0.031	0.037	0.044	0.005
Eff(%)	0.080	0.124	0.148	0.176	0.020
FF(W/W)	0.532	0.627	0.594	0.667	0.498

กราฟที่ 4.5.3 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเอทานอล

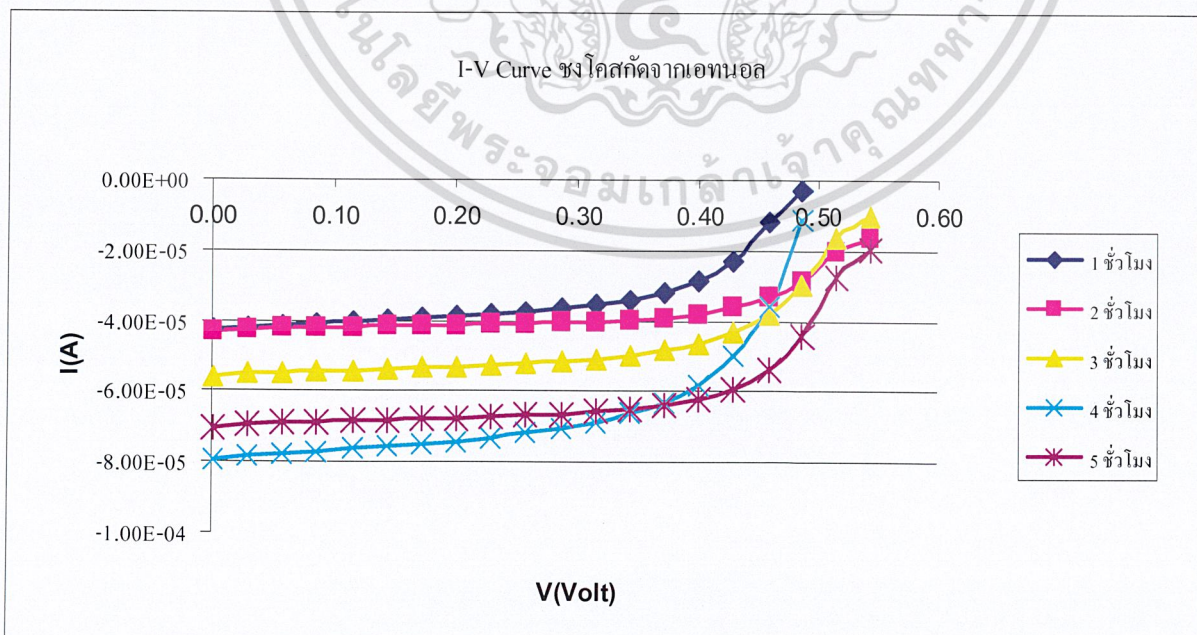


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.4 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากรงโคที่สกัดจากเอทานอล

เวลา	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.	5 ชม.
Isc (mA)	0.043	0.043	0.056	0.080	0.070
Voc(V)	0.486	0.544	0.544	0.486	0.543
Jsc(mA/cm ²)	0.172	0.172	0.224	0.320	0.280
Pmax(mW)	0.012	0.016	0.020	0.023	0.026
Eff(%)	0.048	0.064	0.080	0.092	0.104
FF(W/W)	0.574	0.684	0.657	0.592	0.684

กราฟที่ 4.5.4 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากรงโคที่สกัดจากเอทานอล

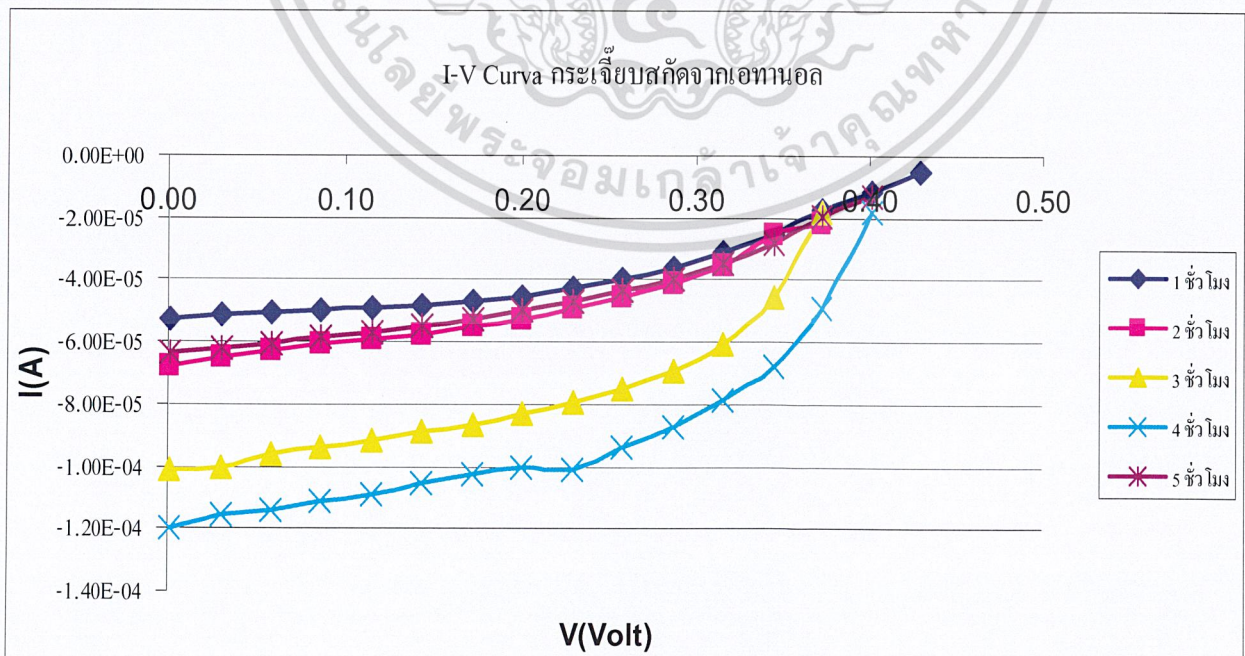


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.5 ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอล

เวลา	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.	5 ชม.
Isc (mA)	0.053	0.068	0.101	0.120	0.064
Voc(V)	0.430	0.372	0.372	0.401	0.401
Jsc(mA/cm ²)	0.212	0.272	0.404	0.480	0.256
Pmax(mW)	0.010	0.012	0.020	0.025	.011
Eff(%)	0.040	0.048	0.080	0.100	0.044
FF(W/W)	0.439	0.474	0.532	0.520	0.429

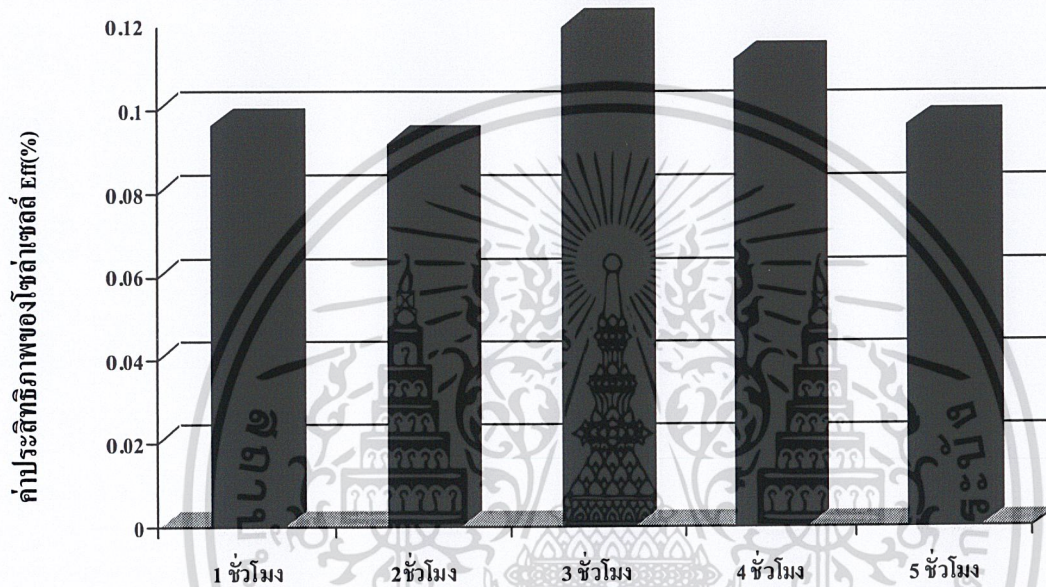
กราฟที่ 4.5.5 I-V characteristic curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

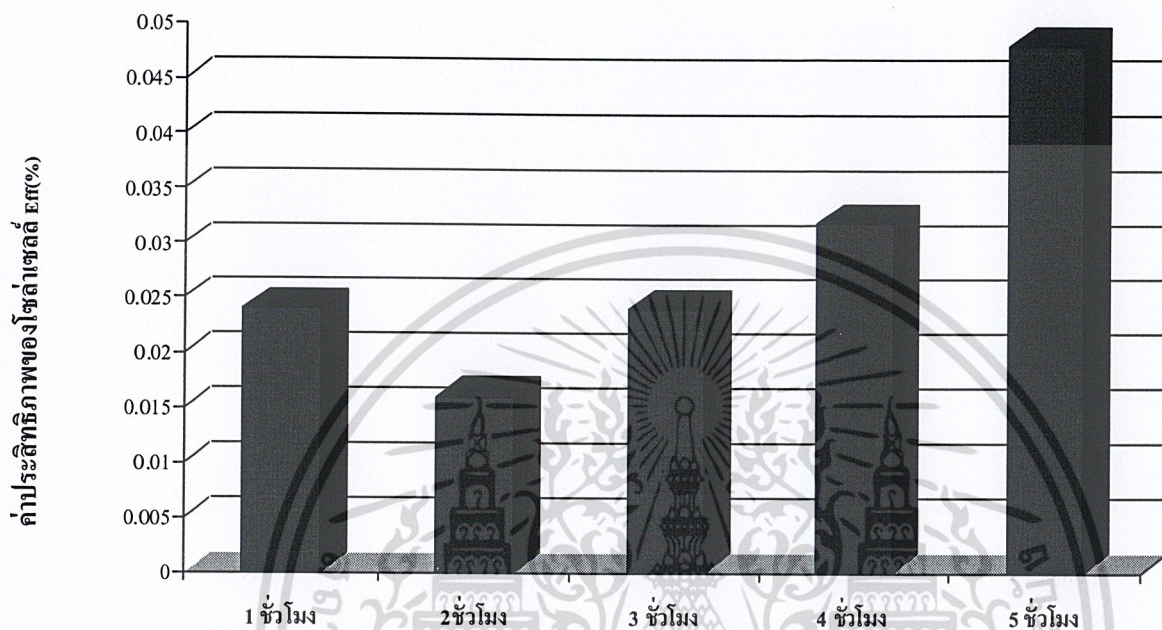
4.6 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของพีชชนิดต่าง ๆ ที่สกัดจากเมทานอลที่พื้นที่ 0.5×0.5 cm^2

กราฟที่ 4.6.1 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเมทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



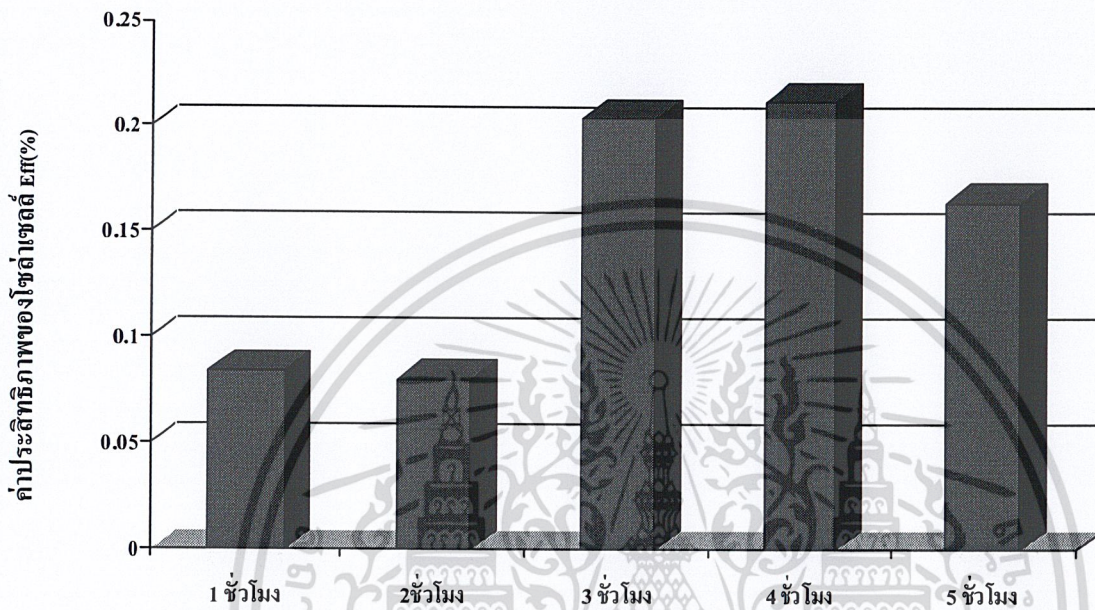
จากกราฟที่ 4.6.1 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากกะหล่ำม่วงโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล ที่พื้นที่ 0.5×0.5 cm^2 เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.096% , 0.092%, 0.120%, 0.112%, 0.096 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการสกัดกะหล่ำม่วงจากเมทานอลคือที่เวลา 3 ชั่วโมง

กราฟที่ 4.6.2 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของแคโรททีสกัดจากเมทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



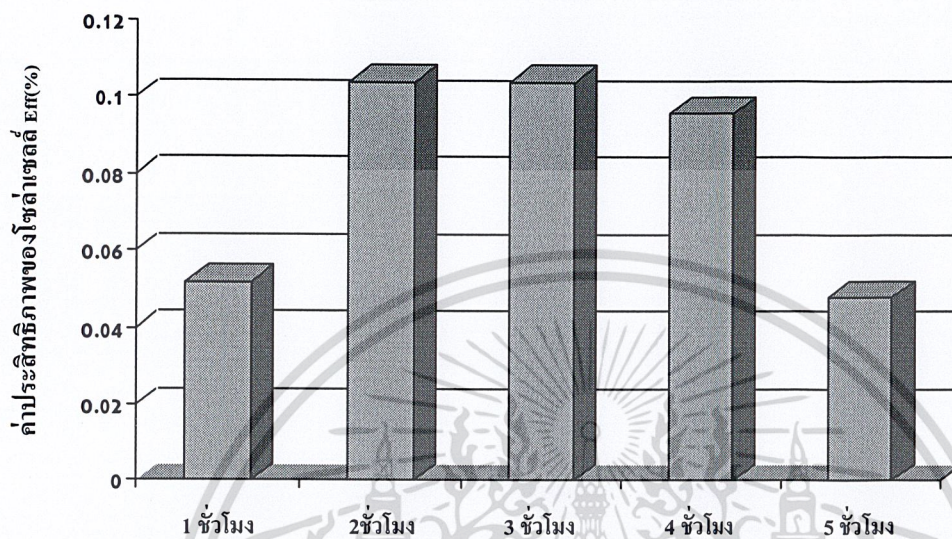
จากกราฟที่ 4.6.2 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากแคโรททีโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.024% , 0.016%, 0.024%, 0.032%, 0.048 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการสกัดแคโรททีจากเมทานอลคือที่เวลา 5 ชั่วโมง

กราฟที่ 4.6.3 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเมทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



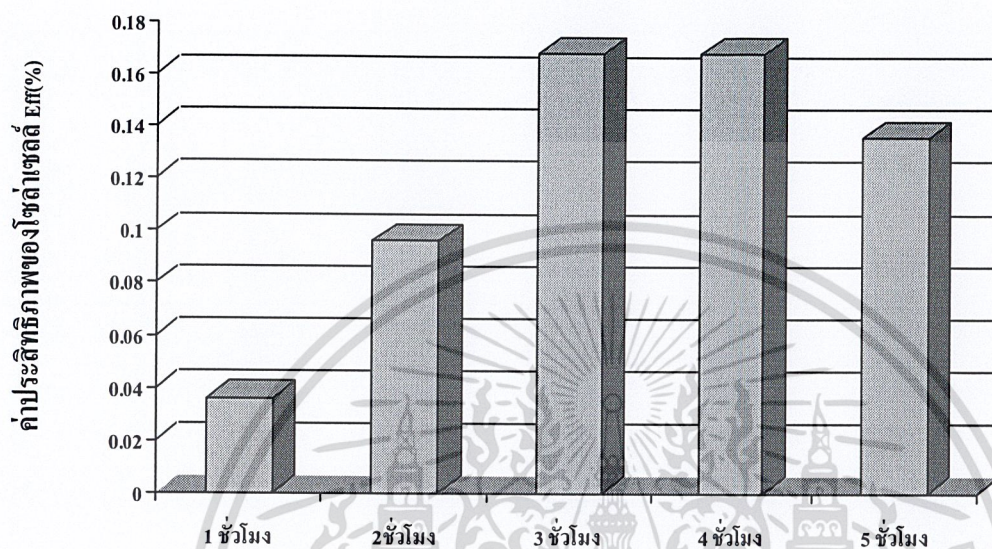
จากกราฟที่ 4.6.3 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากข้าวเหนียวดำโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.084% , 0.080% , 0.204% , 0.212% , 0.164% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการสกัดข้าวเหนียวดำจากเมทานอลคือที่เวลา 4 ชั่วโมง แต่เมื่อเวลาการสกัดเป็น 5 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพที่ได้มีค่าลดลง

กราฟที่ 4.6.4 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของชงโคที่สกัดจากเมทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



จากกราฟที่ 4.6.4 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของคลอโรฟิลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากชงโคโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห้าเวลามีค่าเท่ากับ 0.052% , 0.104%, 0.104%, 0.096%, 0.048% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดใน การสกัดชงโคจากเมทานอลคือที่เวลา 2 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง เมื่อเวลาการสกัดเป็น 4 และ 5 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพมีค่าลดลงตามลำดับ

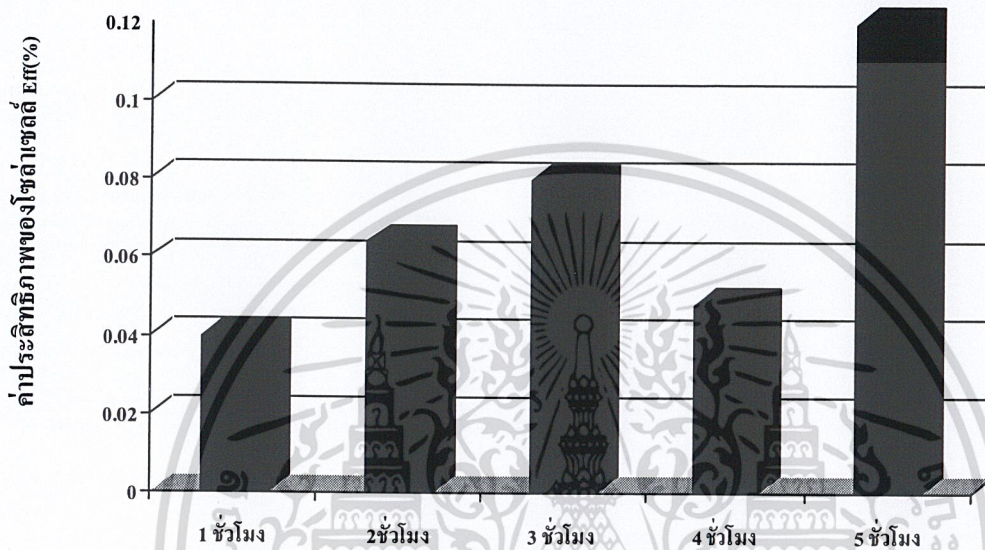
กราฟที่ 4.6.5 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกระเจียบที่สกัดจากเมทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



จากกราฟที่ 4.6.5 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากกระเจียบ โดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล ที่พื้นที่ 0.5×0.5 cm² เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.036% , 0.096% , 0.168% , 0.168% , 0.136% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการสกัดกระเจียบจากเมทานอลคือที่เวลา 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง เมื่อเวลาการสกัดเป็น 5 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพมีค่าลดลง

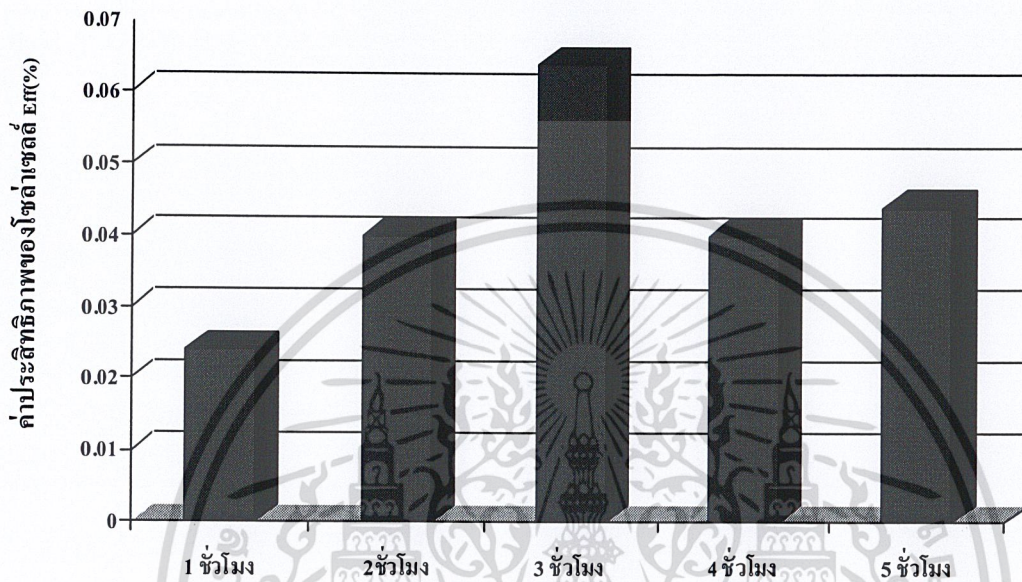
4.7 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของพืชชนิดต่างที่สกัดจากเมทานอลที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$

กราฟที่ 4.7.1 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกะหล่ำมวงที่สกัดจากเอทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



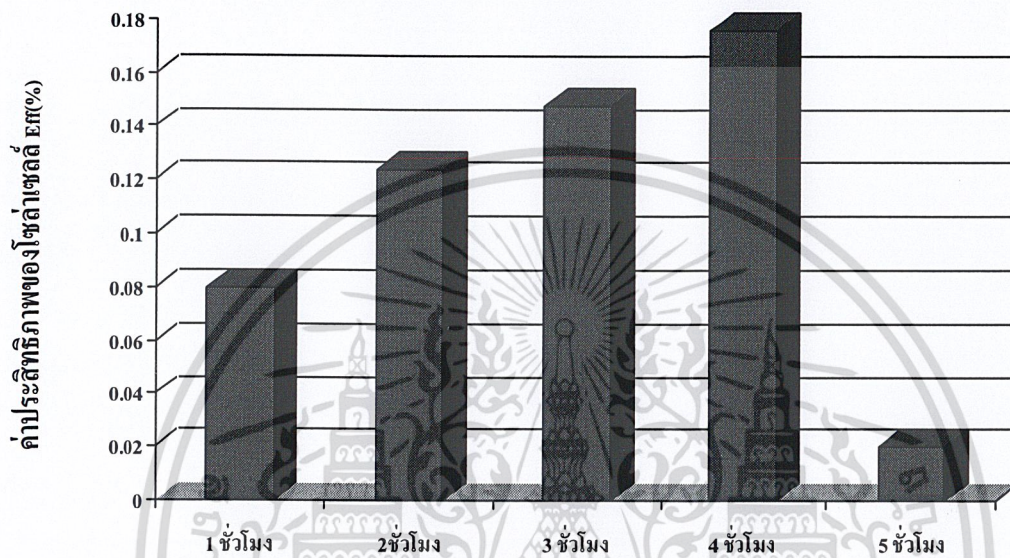
จากกราฟที่ 4.7.1 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากกะหล่ำมวงโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.040% , 0.064%, 0.080%, 0.048%, 0.120% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดใน การสกัดกะหล่ำมวงจากเอทานอลคือที่เวลา 5 ชั่วโมง โดยค่าประสิทธิภาพที่ได้เมื่อใช้เมทานอลที่ เวลาการสกัด 3 ชั่วโมงนั้น ได้เท่ากับค่าประสิทธิภาพที่ได้เมื่อใช้เอทานอลที่เวลาการสกัด 5 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาในเรื่องเวลา จึงสรุปได้ว่าเมทานอลมีความเหมาะสมมากกว่าในการสกัดกะหล่ำมวง สำหรับนำมาทำสีย้อมเซลล์แสงอาทิตย์

กราฟที่ 4.7.2 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของแคโรทที่สกัดจากเอทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



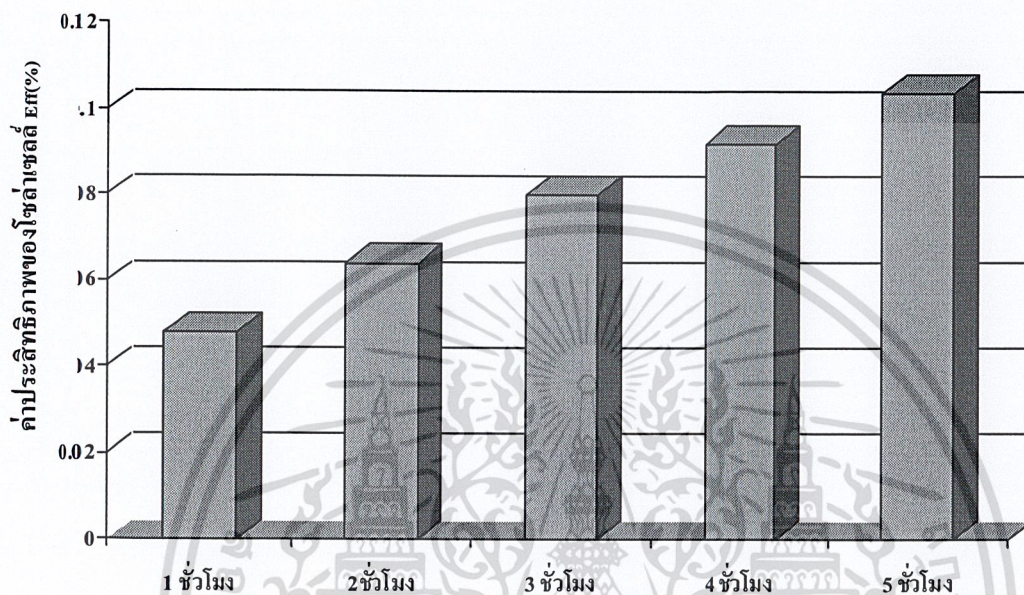
จากกราฟที่ 4.7.2 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากแคโรทโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.024% , 0.040%, 0.064%, 0.040%, 0.044% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการสกัดแคโรทจากเอทานอลคือที่เวลา 3 ชั่วโมง โดยเมื่อเวลาการสกัดเป็น 4 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพที่ได้มีค่าลดลง เมื่อเวลาการสกัดเป็น 5 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพที่ได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้ระหว่างการสกัดจากเอทานอลและเมทานอล พบว่าเอทานอลมีความเหมาะสมมากกว่าในการสกัดแคโรทเพื่อนำไปทำสีข้อมสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ โดยพิจารณาจากเวลาที่ใช้น้อยกว่าแต่ให้ประสิทธิภาพเท่า ๆ กัน

กราฟที่ 4.7.3 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเอทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



จากกราฟที่ 4.7.3 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากข้าวเหนียวดำโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.080% , 0.124% , 0.148% , 0.176% , 0.020% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดใน การสกัดข้าวเหนียวดำจากเอทานอลคือที่เวลา 4 ชั่วโมง แต่เมื่อเวลาการสกัดเป็น 5 ชั่วโมง ค่า ประสิทธิภาพที่ได้มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด เปรียบเทียบค่าที่ได้กับสีข้อมข้าวเหนียวดำที่สกัดจาก เอทานอล สังเกตค่าประสิทธิภาพสูงสุดของแต่ละกราฟแสดงผล พบว่าสีข้อมจากเมทานอลให้ ประสิทธิภาพสูงกว่าแม้ใช้เวลาในการสกัดเท่ากันคือ 4 ชั่วโมง จึงพิจารณาว่าเมทานอลเหมาะสม มากกว่าในการสกัดสีข้อมข้าวเหนียวดำสำหรับนำไปทำเซลล์แสงอาทิตย์

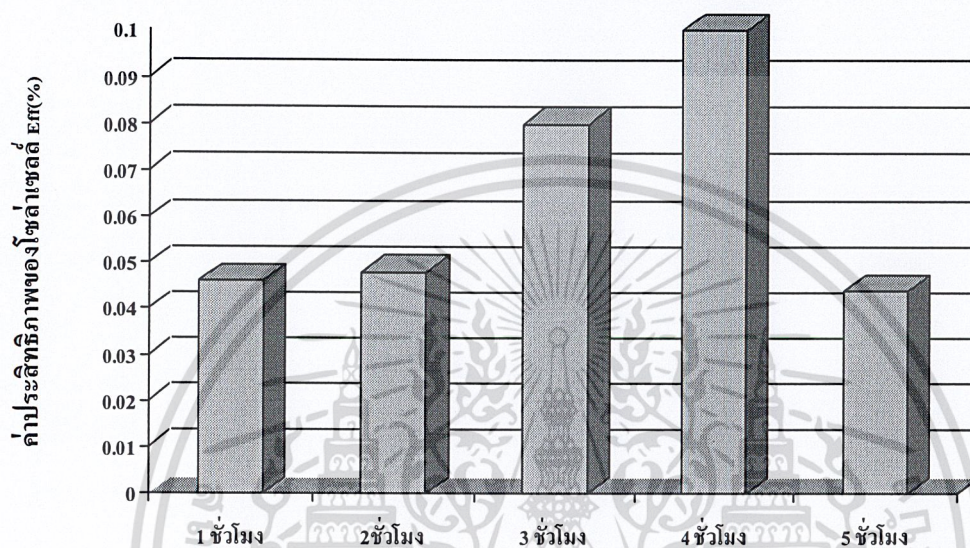
กราฟที่ 4.7.4 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของขงโคที่สกัดจากเอทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



จากกราฟที่ 4.7.4 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากขงโค โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.048% , 0.064% , 0.080% , 0.092% , 0.104% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดใน การสกัดขงโคจากเอทานอลคือที่เวลา 5 ชั่วโมง พบว่าการสกัดอาจมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาใน การสกัดมากขึ้น พิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการสกัดจากเมทานอลและเอทานอล พบว่าเมทา นอลมีความเหมาะสมสำหรับการสกัดสีเขียวขงโคสำหรับสร้างเซลล์แสงอาทิตย์มากกว่า เนื่องจาก สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเท่ากันในเวลาที้น้อยกว่าได้ โดยใช้เวลา 2 ชั่วโมง ขณะที่เอทานอลต้อง ใช้เวลาการสกัด 5 ชั่วโมง

กราฟที่ 4.7.5 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอล

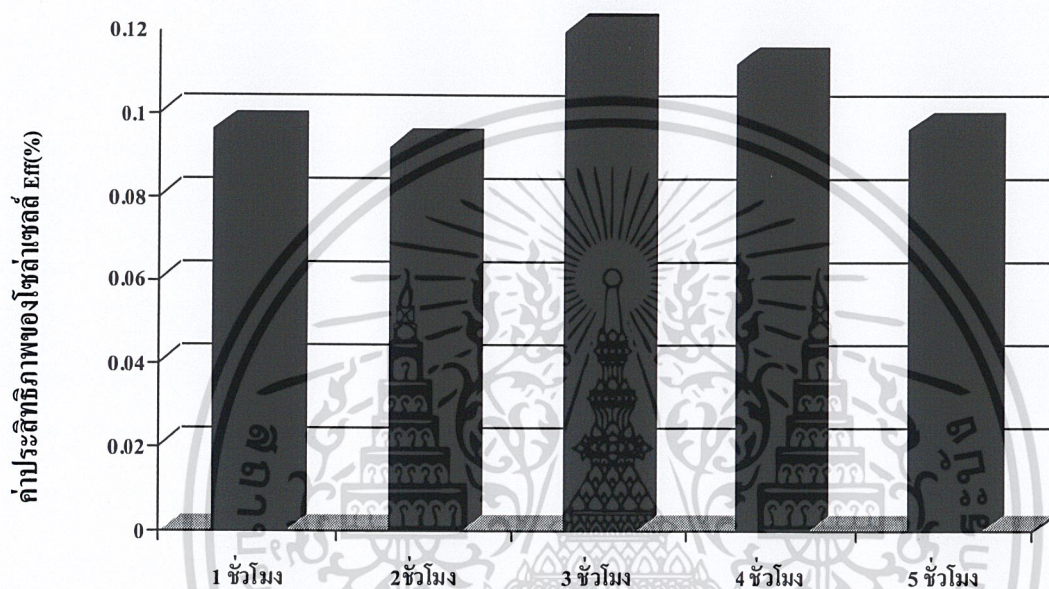
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



จากกราฟที่ 4.7.5 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากชงโคโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห้าเวลามีค่าเท่ากับ 0.040% , 0.048% , 0.080% , 0.100% , 0.044% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดใน การสกัดชงโคจากเอทานอลคือที่เวลา 4 ชั่วโมงเมื่อเวลาการสกัดเป็น 5 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพมีค่าลดลง แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการสกัดจากเอทานอลและเมทานอลแล้ว พบว่าการสกัดจากเมทานอลให้ประสิทธิภาพสูงกว่าโดยใช้เวลาน้อยกว่าคือที่เวลา 3 ชั่วโมง ในขณะที่การสกัดจากเอทานอล ประสิทธิภาพสูงสุดที่ได้อยู่ที่เวลา 4 ชั่วโมง ทั้งยังได้ค่าประสิทธิภาพที่น้อยกว่า จึงพิจารณาว่าเมทานอลมีความเหมาะสมมากกว่าในการสกัดสีเขียวกระเจี๊ยบเพื่อนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์

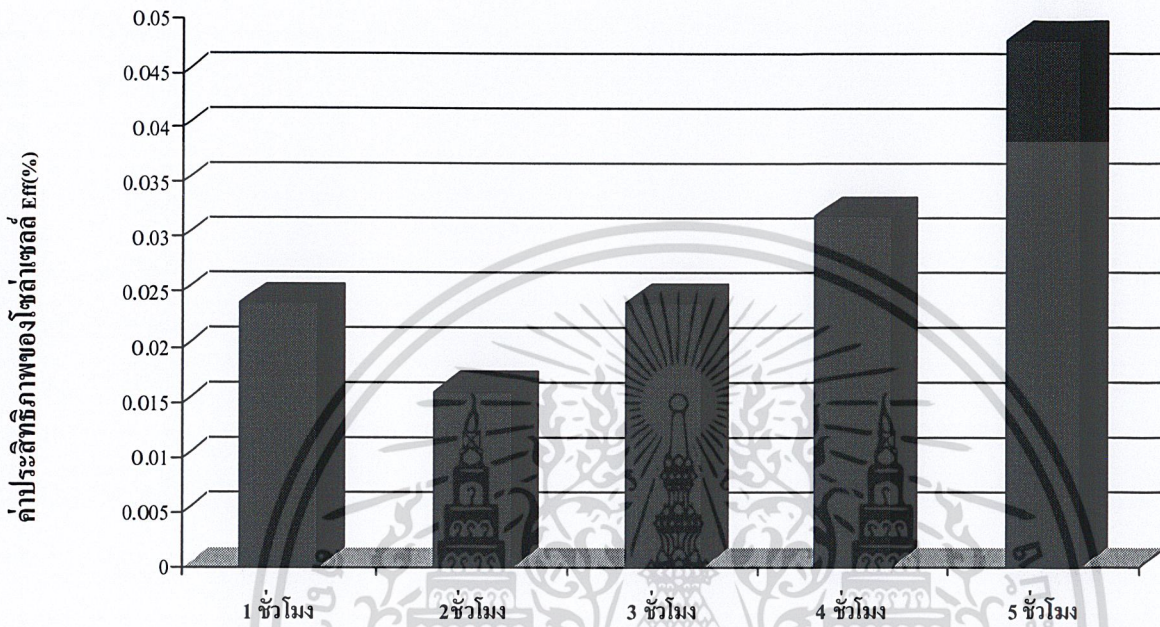
4.6 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของพืชชนิดต่าง ๆ ที่สกัดจากเมทานอลที่พื้นที่ 0.5×0.5 cm^2

กราฟที่ 4.6.1 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเมทานอล
ที่เวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง



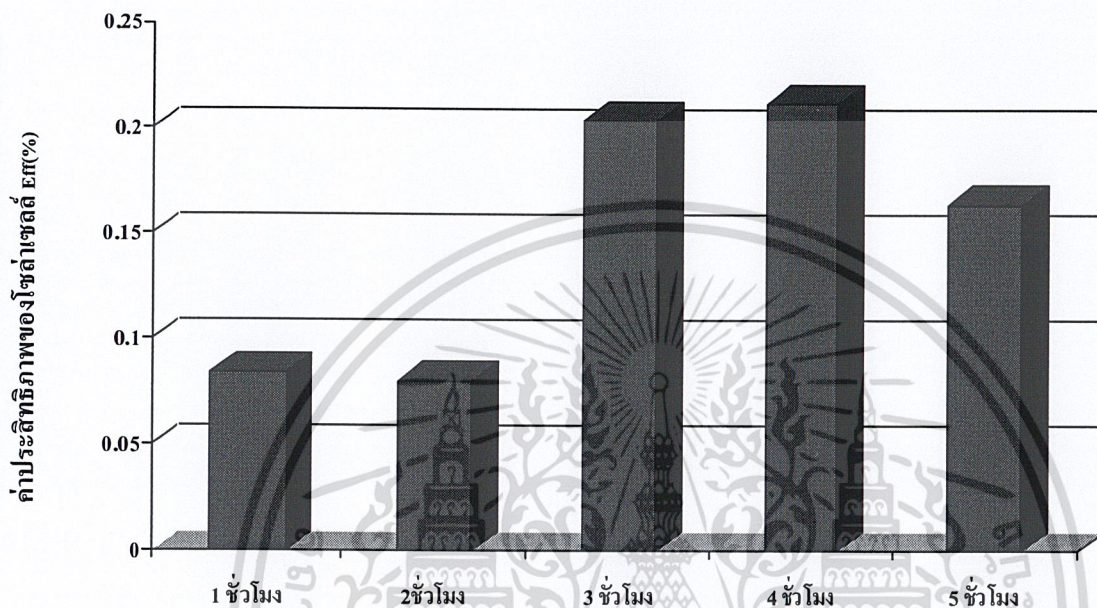
จากกราฟที่ 4.6.1 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากกะหล่ำม่วงโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล ที่พื้นที่ 0.5×0.5 cm^2 เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.096% , 0.092%, 0.120%, 0.112%, 0.096 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการสกัดกะหล่ำม่วงจากเมทานอลคือที่เวลา 3 ชั่วโมง

กราฟที่ 4.6.2 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของแคโรททีสกัดจากเมทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



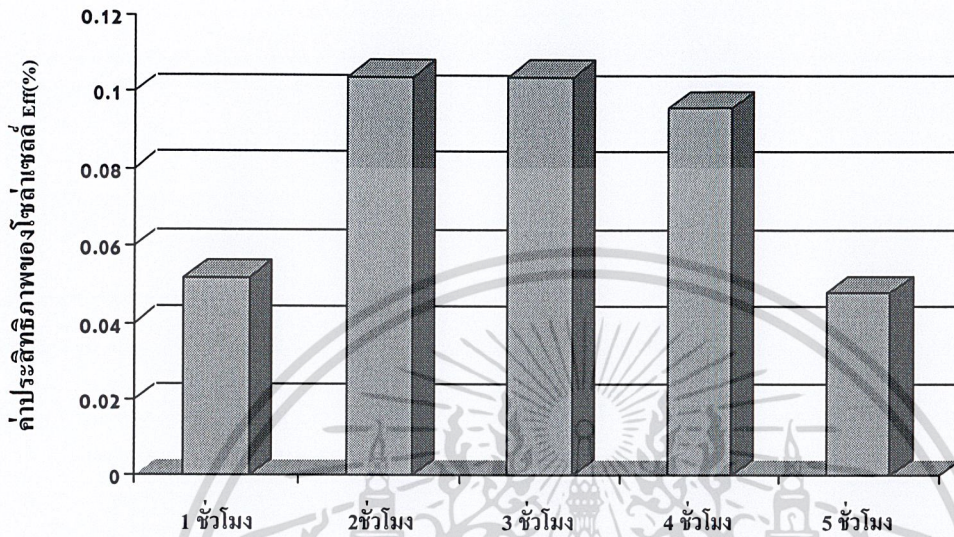
จากกราฟที่ 4.6.2 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากแคโรททีโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.024% , 0.016%, 0.024%, 0.032%, 0.048 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการสกัดแคโรททีจากเมทานอลคือที่เวลา 5 ชั่วโมง

กราฟที่ 4.6.3 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเมทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



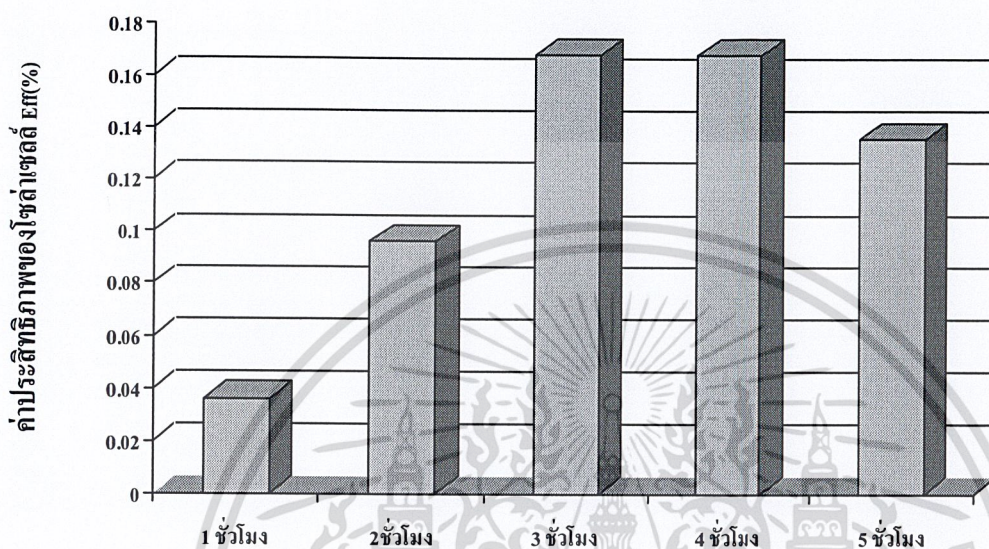
จากกราฟที่ 4.6.3 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากข้าวเหนียวดำโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.084% , 0.080% , 0.204% , 0.212% , 0.164% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการสกัดข้าวเหนียวดำจากเมทานอลคือที่เวลา 4 ชั่วโมง แต่เมื่อเวลาการสกัดเป็น 5 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพที่ได้มีค่าลดลง

กราฟที่ 4.6.4 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของชงโคที่สกัดจากเมทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



จากกราฟที่ 4.6.4 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากชงโคโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห้าเวลามีค่าเท่ากับ 0.052% , 0.104%, 0.104%, 0.096%, 0.048% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดใน การสกัดชงโคจากเมทานอลคือที่เวลา 2 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง เมื่อเวลาการสกัดเป็น 4 และ 5 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพมีค่าลดลงตามลำดับ

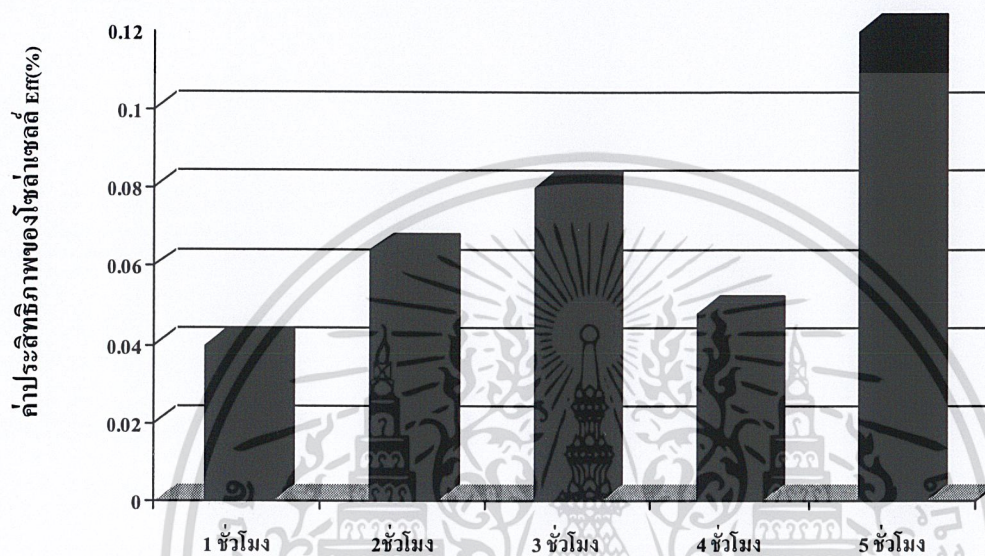
กราฟที่ 4.6.5 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกระเจี๊ยบที่สกัดจากเมทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



จากกราฟที่ 4.6.5 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากกระเจี๊ยบโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.036% , 0.096% , 0.168% , 0.168% , 0.136% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดใน การสกัดกระเจี๊ยบจากเมทานอลคือที่เวลา 3 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง เมื่อเวลาการสกัดเป็น 5 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพมีค่าลดลง

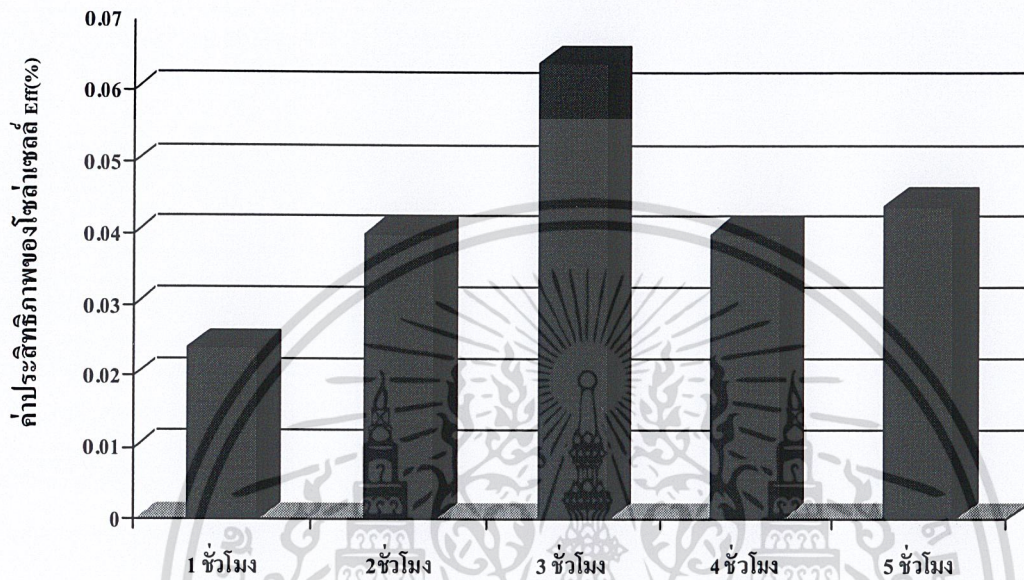
4.7 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของพืชชนิดต่างที่สกัดจากเมทานอลที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$

กราฟที่ 4.7.1 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



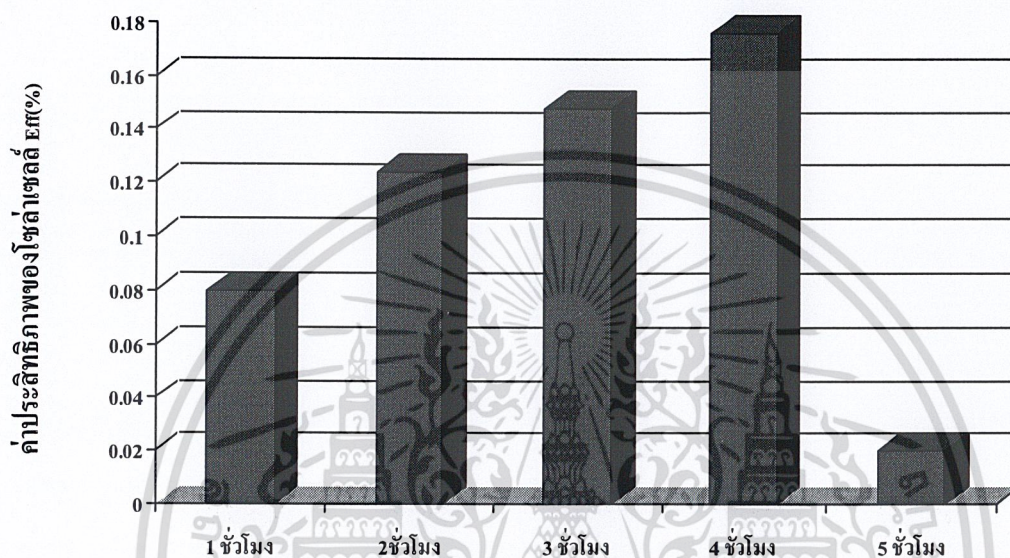
จากกราฟที่ 4.7.1 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากกะหล่ำม่วงโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห้เวลามีค่าเท่ากับ 0.040% , 0.064%, 0.080% , 0.048% , 0.120% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดใน การสกัดกะหล่ำม่วงจากเอทานอลคือที่เวลา 5 ชั่วโมง โดยค่าประสิทธิภาพที่ได้เมื่อใช้เมทานอลที่ เวลาการสกัด 3 ชั่วโมงนั้น ได้เท่ากับค่าประสิทธิภาพที่ได้เมื่อใช้เอทานอลที่เวลาการสกัด 5 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาในเรื่องเวลา จึงสรุปได้ว่าเมทานอลมีความเหมาะสมมากกว่าในการสกัดกะหล่ำม่วง สำหรับนำมาทำสีย้อมเซลล์แสงอาทิตย์

กราฟที่ 4.7.2 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของเครื่องที่สกัดจากเอทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



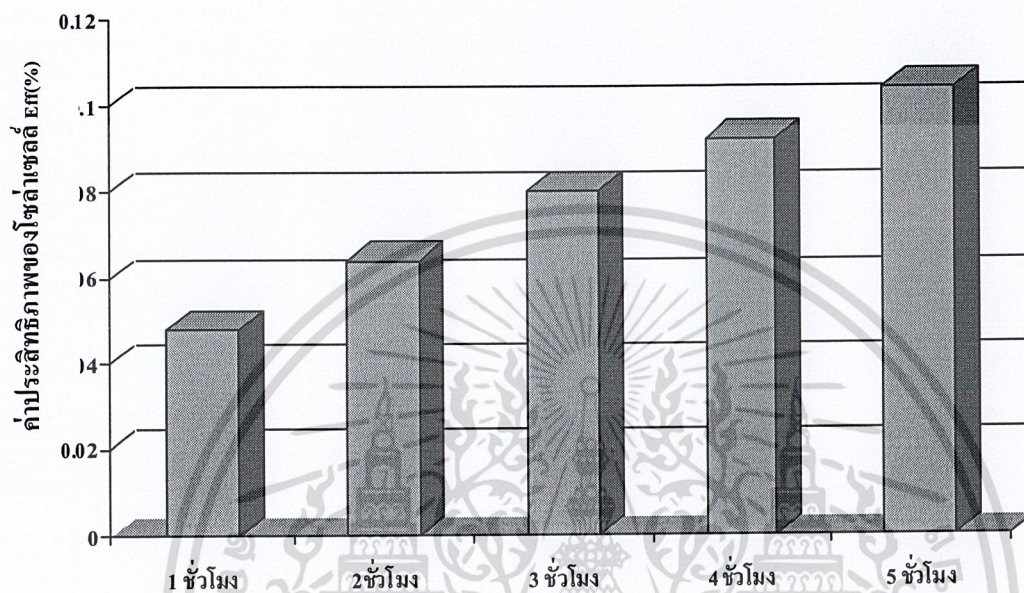
จากกราฟที่ 4.7.2 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากเครื่องโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห้าเวลามีค่าเท่ากับ 0.024% , 0.040% , 0.064% , 0.040% , 0.044% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดใน การสกัดเครื่องจากเอทานอลคือที่เวลา 3 ชั่วโมง โดยเมื่อเวลาการสกัดเป็น 4 ชั่วโมง ค่า ประสิทธิภาพที่ได้มีค่าลดลง เมื่อเวลาการสกัดเป็น 5 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพที่ได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้ระหว่างการสกัดจากเอทานอลและเมทานอล พบว่าเอทานอลมีความ เหมาะสมมากกว่าในการสกัดเครื่องเพื่อนำไปทำสีย้อมสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ โดยพิจารณาจาก เวลาที่ใช้น้อยกว่าแต่ให้ประสิทธิภาพเท่า ๆ กัน

กราฟที่ 4.7.3 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเอทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



จากกราฟที่ 4.7.3 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากข้าวเหนียวดำโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล ที่พื้นที่ 0.5×0.5 cm² เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.080% , 0.124% , 0.148% , 0.176% , 0.020% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดใน การสกัดข้าวเหนียวดำจากเอทานอลคือที่เวลา 4 ชั่วโมง แต่เมื่อเวลาการสกัดเป็น 5 ชั่วโมง ค่า ประสิทธิภาพที่ได้มีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัด เปรียบเทียบค่าที่ได้กับสีข้อมข้าวเหนียวดำที่สกัดจาก เอทานอล สังเกตค่าประสิทธิภาพสูงสุดของแต่ละกราฟแสดงผล พบว่าสีข้อมจากเมทานอลให้ ประสิทธิภาพสูงกว่าแม้ใช้เวลาในการสกัดเท่ากันคือ 4 ชั่วโมง จึงพิจารณาว่าเมทานอลเหมาะสม มากกว่าในการสกัดสีข้อมข้าวเหนียวดำสำหรับนำไปทำเซลล์แสงอาทิตย์

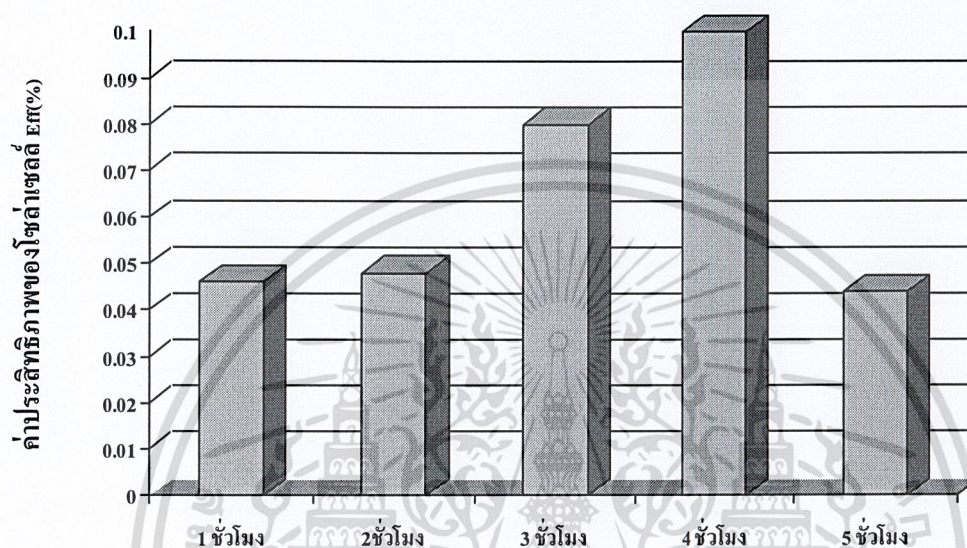
กราฟที่ 4.7.4 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของขงโคที่สกัดจากเอทานอล
ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



จากกราฟที่ 4.7.4 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากขงโคโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงห่าเวลามีค่าเท่ากับ 0.048% , 0.064%, 0.080%, 0.092%, 0.104% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดใน การสกัดขงโคจากเอทานอลคือที่เวลา 5 ชั่วโมง พบว่าการสกัดอาจมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาใน การสกัดมากขึ้น พิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการสกัดจากเมทานอลและเอทานอล พบว่าเมทา นอลมีความเหมาะสมสำหรับการสกัดสีเขียวขงโคสำหรับสร้างเซลล์แสงอาทิตย์มากกว่า เนื่องจาก สามารถให้ค่าประสิทธิภาพเท่ากันในเวลาที้น้อยกว่าได้ โดยใช้เวลา 2 ชั่วโมง ขณะที่เอทานอลต้อง ใช้เวลาการสกัด 5 ชั่วโมง

กราฟที่ 4.7.5 แสดงค่าเปรียบเทียบ Eff ของกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอล

ที่เวลา 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 ชั่วโมง



จากกราฟที่ 4.7.5 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สกัดจากชงโคโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล ที่พื้นที่ $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ เปรียบเทียบที่เวลา 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 4 ชั่วโมง และ 5 ชั่วโมง จะเห็นว่า ค่าประสิทธิภาพของทั้งช่วงทำเวลามีค่าเท่ากับ 0.040% , 0.048% , 0.080% , 0.100% , 0.044% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าค่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดใน การสกัดชงโคจากเอทานอลคือที่เวลา 4 ชั่วโมง เมื่อเวลาการสกัดเป็น 5 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพมีค่าลดลง แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการสกัดจากเอทานอลและเมทานอลแล้ว พบว่าการสกัดจากเมทานอลให้ประสิทธิภาพสูงกว่าโดยใช้เวลาน้อยกว่าคือที่เวลา 3 ชั่วโมง ในขณะที่การสกัดจากเอทานอล ประสิทธิภาพสูงสุดที่ได้อยู่ที่เวลา 4 ชั่วโมง ทั้งยังได้ค่าประสิทธิภาพที่น้อยกว่า จึงพิจารณาว่าเมทานอลมีความเหมาะสมมากกว่าในการสกัดสีข้อมกระเจี๊ยบเพื่อนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากพืชในประเทศไทย ได้ใช้กระจกนำไฟฟ้าเป็นขั้วนำไฟฟ้าสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นขั้วนำไฟฟ้าลบ ใช้สารละลายแพลตทินัม (Pt) เป็นขั้วไฟฟ้าบวก สร้างขั้วนำไฟฟ้าบวกและขั้วนำไฟฟ้าลบขนาด $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส สกัดสีย้อมจากพืชโดยใช้เอทานอล 99 % และเมทานอล 99 % ในการสกัด ที่เวลาการสกัด 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ พืชที่นำมาศึกษา ได้แก่ กระหล่ำปลีม่วง แครอท ข้าวเหนียวดำ และชงโค จากนั้นพิจารณาหาการสกัดที่เหมาะสมที่สุดโดยดูจากประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างได้ วิธีการวัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ใช้เครื่องวัด solar simulator ซึ่งเป็นการจำลองวงจรการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ โดยปรับเทียบใช้ความเข้มแสงมาตรฐานที่ $1,000 \text{ W/m}^2$ ภายใต้สเปกตรัมของแสงอาทิตย์ หรือ Air Mass เท่ากับ 1.5 แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟแสดงผลเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาขั้นตอนการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยการสังเคราะห์สีย้อมจากพืชทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ กระหล่ำปลีม่วง แครอท ข้าวเหนียวดำ ชงโค และกระเจี๊ยบ โดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล และตัวทำละลายเอทานอล พบว่าสีย้อมที่ใช้ตัวทำละลายเมทานอลจะให้ค่ากระแสแสงจล (Isc) อยู่ในช่วง 0.021-0.189 mA ค่าแรงดันวงจรเปิดอยู่ในช่วง 0.401-0.601 V ค่าประสิทธิภาพ (Eff) อยู่ในช่วง 0.016-0.212% ค่าฟิลแฟคเตอร์ (FF) อยู่ในช่วง 0.444-0.632 และสีย้อมที่ใช้ตัวทำละลายเอทานอลจะให้ค่ากระแสแสงจล (Isc) อยู่ในช่วง 0.027-0.128 mA ค่าแรงดันวงจรเปิดอยู่ในช่วง 0.372-0.601V ค่าประสิทธิภาพ (Eff) อยู่ในช่วง 0.024-0.176% ค่าฟิลแฟคเตอร์ (FF) อยู่ในช่วง 0.439-0.667 โดยสีย้อมที่สกัดจากข้าวเหนียวดำโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล ที่เวลา 4 ชั่วโมงให้ประสิทธิภาพที่สูงที่สุดเท่ากับ 0.212 %

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้พบว่า สีย้อมที่สกัดจากพืชสามารถนำมาใช้เป็นตัวเซนซิไทเซอร์ได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพที่ได้ยังมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสีย้อมสังเคราะห์ และมีอายุการใช้งานสั้นเนื่องจากอิเล็กโทรไลต์ระเหยค่อนข้างง่าย งานวิจัยชิ้นนี้จึงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังไม่เหมาะสมในการนำไปใช้เชิงพาณิชย์ และสีย้อมยังไม่มีประสิทธิภาพพอ แต่เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตแล้วยังมีราคาถูกกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากข้อมสังเคราะห์ กระบวนการผลิตมีขั้นตอนไม่ยุ่งยาก สีย้อมจากพืชยังสังเคราะห์ได้ง่าย หาได้ง่าย อย่างไรก็ตามเราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากพืชได้โดยการใช้พืชที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงมาใช้และพัฒนาคุณภาพอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้เหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากประเทศไทยมีความหลากหลายทางธรรมชาติ ทำให้มีพืชอยู่หลายชนิดที่เหมาะสมในการนำมาทำเป็นสีย้อม ดังนั้น เพื่อเป็นการพัฒนาการวิจัยต่อไป สามารถเลือกพืชที่มีค่าการดูดกลืนแสงที่สูงและมีวิธีการสังเคราะห์ที่ง่ายมาใช้เป็นตัวเซนซิทไวเซอร์สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ได้
2. ในการทำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ยังมีค่าประสิทธิภาพที่ต่ำมาก และอายุการใช้งานยังน้อย เมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากสีย้อมสังเคราะห์ อาจจะยังไม่คุ้มค่า แต่สามารถพัฒนาประสิทธิภาพให้สูงขึ้นได้โดยการพัฒนาคุณภาพสีย้อมและอิเล็กทรอนิกส์



บรรณานุกรม

เอกสารอ้างอิง

- [1] การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย. เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์. (ออนไลน์) 2552.
จาก <http://www2.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm>
- [2] คุณิต เครื่องาม. สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- [3] พีรศักดิ์ คมสัน. เซลล์แสงอาทิตย์กับลิเทียมไอออนจากพืชในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 35 ฉบับที่ 4 (ตุลาคม – ธันวาคม 2550): 205-214
- [4] สรรเพชรญ นิลผาย. โครงสร้างนาโนซึ่งก่อออกไซด์สำหรับการประยุกต์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดลิเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551)
- [5] ชรรมนัญ ศรีทะวงศ์. ไททานเนียม: ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสงร่วม.
จาก <http://www.vcharkarn.com/varticle/27809>
- [6] American Chemical Society. **Platinum**.
from <http://periodic.lanl.gov/elements/78.html>
- [7] Anu college of engineering and computer science. **Photovoltaic Panel Simulation User's Guide**.
from <http://engnet.anu.edu.au/DEpeople/Andres.Cuevas/Sun/help/PVguide.html>
- [8] Chang Neng ZHANG and others. **Low Sheet Resistance Counter Electrode in Dye-sensitized Solar Cell**. Chinese Chemical Letters Vol.15 No.11, 2004: 1369-1372
- [9] Green rhino energy. **Defining standard spectra for solar panels**.
from <http://www.greenrhinoenergy.com/solar/radiation/spectra.php>
- [10] Kasem K. Kasem. **Platinum as a Reference Electrode in Electrochemical Measurements**.
Platinum Metals Review Vol.52 Issue 2, April 2008: 100-106
- [11] University of Colorado. **Mineral Structure and Property Data TiO₂ Group**.
from <http://ruby.colorado.edu/~smyth/min/tio2.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ่านประกอบ

ทินกร แก้วอินทร์ และคณะ. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัย
อุบลราชธานี ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม 2550): 14 - 31

Arunchaiya Marisa and others. **DURABILITY TEST UNDER SUN-EXPOSURE OF DYE-
SENSITIZED SOLAR CELLS USING NATURAL DYES AS SENSITIZERS AND SOLID
ELECTROLYTE.** Kasetsart University and Institute of Solar Energy Technology
Development (SOLARTEC), 35th Congress on Science and Technology of Thailand

Aukkaravittayapun S and others. **Dye Sensitized Solar Cell(DSSC).** National Metal and Materials
Technology Center (MTEC)

Chang Ho Yoon a and others. **Enhanced performance of a dye-sensitized solar cell with an
electrodeposited-platinum counter electrode.** Korea University and Daejin University. (online)
2007

David J. Spiers. **Solar Electricity and Solar Fuels.** Helsinki University of Technology, 1989

Dr. Ouyang Jianyong. **High-Performance Dye-Sensitized Solar Cells with Conducting Polymer/
Carbon Nanotube Composites as counter electrode**

James & James LTD. **Renewable Energy World Vol.2 No.6 November 1999, UK**

Jianming Lin and others. **Improvement of performance of dye-sensitized solar cells based on
electrodeposited-platinum counter electrode.** *Electrochimica Acta* Volume 53 Issue 12, 1
May 2008: 4161-4166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอล เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57611000E-2	-3.69509200E-5	2.06E-06
-2.71980800E-2	-3.30157200E-5	8.98E-07
1.28793700E-3	-3.29149300E-5	-4.24E-08
2.98113800E-2	-3.21450400E-5	-9.58E-07
5.83689200E-2	-3.16891800E-5	-1.85E-06
8.69238400E-2	-3.13873300E-5	-2.73E-06
1.15513100E-1	-3.09669800E-5	-3.58E-06
1.44052700E-1	-3.05582400E-5	-4.40E-06
1.72549700E-1	-3.00861700E-5	-5.19E-06
2.01072900E-1	-2.96271200E-5	-5.96E-06
2.29631400E-1	-2.91075100E-5	-6.68E-06
2.58157700E-1	-2.85515100E-5	-7.37E-06
2.86714600E-1	-2.77699400E-5	-7.96E-06
3.15303100E-1	-2.69583800E-5	-8.50E-06
3.43827200E-1	-2.60152900E-5	-8.94E-06
3.72385300E-1	-2.47096300E-5	-9.20E-06
4.00936600E-1	-2.32461200E-5	-9.32E-06
4.29493400E-1	-2.13056800E-5	-9.15E-06
4.58020400E-1	-1.90398400E-5	-8.72E-06
4.86507400E-1	-1.59667000E-5	-7.77E-06
5.15031600E-1	-1.19547000E-5	-6.16E-06
5.43577700E-1	-1.17560800E-5	-6.39E-06
5.72168000E-1	-4.97066100E-6	-2.84E-06
6.00736100E-1	1.00951900E-5	6.06E-06
6.29252400E-1	2.73032600E-5	1.72E-05
6.57816300E-1	7.15846800E-5	4.71E-05
6.86375100E-1	1.23009100E-4	8.44E-05
7.14901000E-1	2.36293700E-4	1.69E-04
7.43426800E-1	3.89945200E-4	2.90E-04
7.71984100E-1	5.95201400E-4	4.59E-04
8.00484200E-1	8.49808000E-4	6.80E-04
8.29038600E-1	1.09092200E-3	9.04E-04
8.57602200E-1	1.45923300E-3	1.25E-03
8.86194100E-1	1.84825800E-3	1.64E-03
9.14755900E-1	2.26529800E-3	2.07E-03
9.43274400E-1	2.70603300E-3	2.55E-03
9.71801500E-1	3.16715300E-3	3.08E-03
1.00035800E+0	3.64263900E-3	3.64E-03
-5.57642000E-2	-4.61144400E-5	2.57E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57508500E-2	-5.20775600E-5	2.90E-06
-2.71973600E-2	-4.96392300E-5	1.35E-06
1.28603000E-3	-4.95534600E-5	-6.38E-08
2.98023200E-2	-4.88199900E-5	-1.46E-06
5.83517600E-2	-4.84959600E-5	-2.83E-06
8.68992800E-2	-4.80449500E-5	-4.18E-06
1.15480900E-1	-4.75663500E-5	-5.49E-06
1.44022200E-1	-4.71803900E-5	-6.80E-06
1.72526800E-1	-4.67874100E-5	-8.07E-06
2.01057000E-1	-4.63294700E-5	-9.32E-06
2.29623600E-1	-4.59071900E-5	-1.05E-05
2.58157700E-1	-4.52930300E-5	-1.17E-05
2.86708100E-1	-4.45303600E-5	-1.28E-05
3.15289300E-1	-4.36493000E-5	-1.38E-05
3.43804800E-1	-4.26141200E-5	-1.47E-05
3.72355700E-1	-4.14926900E-5	-1.55E-05
4.00902300E-1	-4.00181500E-5	-1.60E-05
4.29467900E-1	-3.78721700E-5	-1.63E-05
4.58000900E-1	-3.48269200E-5	-1.60E-05
4.86496400E-1	-3.00646100E-5	-1.46E-05
5.15028700E-1	-2.23401700E-5	-1.15E-05
5.43574800E-1	-1.30097300E-5	-7.07E-06
5.72162500E-1	1.66011600E-5	9.50E-06
6.00714300E-1	6.14745300E-5	3.69E-05
6.29226400E-1	1.25298300E-4	7.88E-05
6.57779300E-1	2.42002300E-4	1.59E-04
6.86351900E-1	3.92127300E-4	2.69E-04
7.14886500E-1	5.78755900E-4	4.14E-04
7.43420600E-1	7.97178700E-4	5.93E-04
7.71986400E-1	1.03979100E-3	8.03E-04
8.00476900E-1	1.21678200E-3	9.74E-04
8.29032400E-1	1.49669100E-3	1.24E-03
8.57587600E-1	1.75527800E-3	1.51E-03
8.86170900E-1	1.97772500E-3	1.75E-03
9.14724600E-1	2.14260400E-3	1.96E-03
9.43241700E-1	2.25313600E-3	2.13E-03
9.71776800E-1	2.33081900E-3	2.27E-03
1.00034000E+0	2.38993000E-3	2.39E-03
-5.57558500E-2	-7.40104000E-5	4.13E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57653900E-2	-6.94833900E-5	3.87E-06
-2.72028400E-2	-6.52760100E-5	1.78E-06
1.28889100E-3	-6.49237000E-5	-8.36E-08
2.98132900E-2	-6.38991600E-5	-1.90E-06
5.83694000E-2	-6.28881400E-5	-3.67E-06
8.69245500E-2	-6.22551200E-5	-5.41E-06
1.15513600E-1	-6.14992000E-5	-7.10E-06
1.44053200E-1	-6.07230200E-5	-8.75E-06
1.72550200E-1	-6.00541000E-5	-1.04E-05
2.01072200E-1	-5.91453400E-5	-1.19E-05
2.29631900E-1	-5.81470400E-5	-1.34E-05
2.58157500E-1	-5.70248700E-5	-1.47E-05
2.86714300E-1	-5.59135500E-5	-1.60E-05
3.15303800E-1	-5.43821100E-5	-1.71E-05
3.43827700E-1	-5.26554900E-5	-1.81E-05
3.72386200E-1	-5.09648500E-5	-1.90E-05
4.00937800E-1	-4.85260800E-5	-1.95E-05
4.29494600E-1	-4.55911800E-5	-1.96E-05
4.58020400E-1	-4.19414400E-5	-1.92E-05
4.86507700E-1	-3.73556000E-5	-1.82E-05
5.15031600E-1	-3.12391100E-5	-1.61E-05
5.43578100E-1	-2.25843000E-5	-1.23E-05
5.72169900E-1	-1.88202500E-5	-1.08E-05
6.00732800E-1	-1.41636800E-6	-8.51E-07
6.29254200E-1	2.52189100E-5	1.59E-05
6.57818900E-1	8.18158600E-5	5.38E-05
6.86378000E-1	1.38018600E-4	9.47E-05
7.14903800E-1	2.65265600E-4	1.90E-04
7.43428800E-1	4.27135100E-4	3.18E-04
7.71985700E-1	6.40395600E-4	4.94E-04
8.00485600E-1	9.04457000E-4	7.24E-04
8.29039800E-1	1.15359000E-3	9.56E-04
8.57602600E-1	1.54338800E-3	1.32E-03
8.86195100E-1	1.95405200E-3	1.73E-03
9.14757300E-1	2.39342400E-3	2.19E-03
9.43275800E-1	2.85588200E-3	2.69E-03
9.71802500E-1	3.33546900E-3	3.24E-03
1.00035800E+0	3.82530200E-3	3.83E-03
-5.57692100E-2	-8.57656000E-5	4.78E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57537100E-2	-4.74068200E-5	2.64E-06
-2.71978400E-2	-4.47514000E-5	1.22E-06
1.28626800E-3	-4.45177600E-5	-5.73E-08
2.98035100E-2	-4.36055700E-5	-1.30E-06
5.83548500E-2	-4.31457700E-5	-2.52E-06
8.69031000E-2	-4.25310400E-5	-3.70E-06
1.15486600E-1	-4.21210400E-5	-4.87E-06
1.44027900E-1	-4.15994400E-5	-5.99E-06
1.72530700E-1	-4.08354200E-5	-7.05E-06
2.01060500E-1	-4.00267000E-5	-8.05E-06
2.29626400E-1	-3.92631300E-5	-9.02E-06
2.58158700E-1	-3.81728900E-5	-9.85E-06
2.86711500E-1	-3.70120100E-5	-1.06E-05
3.15293100E-1	-3.56814400E-5	-1.13E-05
3.43809800E-1	-3.40664000E-5	-1.17E-05
3.72361900E-1	-3.21029200E-5	-1.20E-05
4.00909200E-1	-2.96182700E-5	-1.19E-05
4.29474100E-1	-2.67695900E-5	-1.15E-05
4.58006900E-1	-2.27662200E-5	-1.04E-05
4.86501200E-1	-1.74092700E-5	-8.47E-06
5.15032300E-1	-1.43715900E-5	-7.40E-06
5.43578900E-1	-2.92828800E-6	-1.59E-06
5.72167300E-1	1.48282100E-5	8.48E-06
6.00719000E-1	5.06175300E-5	3.04E-05
6.29244200E-1	9.79287000E-5	6.16E-05
6.57787100E-1	1.58365400E-4	1.04E-04
6.86358000E-1	2.56661900E-4	1.76E-04
7.14890700E-1	3.72140400E-4	2.66E-04
7.43422300E-1	5.07442100E-4	3.77E-04
7.71985800E-1	6.58700800E-4	5.09E-04
8.00489300E-1	8.19802400E-4	6.56E-04
8.29047800E-1	9.86967400E-4	8.18E-04
8.57592200E-1	1.02913100E-3	8.83E-04
8.86177100E-1	1.19824200E-3	1.06E-03
9.14732300E-1	1.32661000E-3	1.21E-03
9.43249100E-1	1.42474800E-3	1.34E-03
9.71782700E-1	1.50411900E-3	1.46E-03
1.00034500E+0	1.57469400E-3	1.58E-03
-5.57587100E-2	-7.70755300E-5	4.30E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57563300E-2	-8.57235100E-5	4.78E-06
-2.72016500E-2	-8.31908500E-5	2.26E-06
1.28340700E-3	-8.30888600E-5	-1.07E-07
2.98028000E-2	-8.23138300E-5	-2.45E-06
5.83531900E-2	-8.19994000E-5	-4.79E-06
8.69021400E-2	-8.14177000E-5	-7.08E-06
1.15486900E-1	-8.09659500E-5	-9.35E-06
1.44026300E-1	-8.06617800E-5	-1.16E-05
1.72529200E-1	-8.00136000E-5	-1.38E-05
2.01058600E-1	-7.93370700E-5	-1.60E-05
2.29622400E-1	-7.88299200E-5	-1.81E-05
2.58154900E-1	-7.78696800E-5	-2.01E-05
2.86707600E-1	-7.68839700E-5	-2.20E-05
3.15290000E-1	-7.60815300E-5	-2.40E-05
3.43808200E-1	-7.45945000E-5	-2.56E-05
3.72360200E-1	-7.29024600E-5	-2.71E-05
4.00908000E-1	-7.10235200E-5	-2.85E-05
4.29471500E-1	-6.83888800E-5	-2.94E-05
4.58003500E-1	-6.48915900E-5	-2.97E-05
4.86497600E-1	-5.92802700E-5	-2.88E-05
5.15028000E-1	-5.01099300E-5	-2.58E-05
5.43576200E-1	-3.37905700E-5	-1.84E-05
5.72163500E-1	-1.70528400E-5	-9.76E-06
6.00718100E-1	4.22948500E-5	2.54E-05
6.29233700E-1	1.08495100E-4	6.83E-05
6.57788800E-1	2.48277100E-4	1.63E-04
6.86360200E-1	4.27123300E-4	2.93E-04
7.14893100E-1	6.55575700E-4	4.69E-04
7.43426100E-1	9.27399300E-4	6.89E-04
7.71976500E-1	1.11057600E-3	8.57E-04
8.00477900E-1	1.43340700E-3	1.15E-03
8.29035000E-1	1.71931800E-3	1.43E-03
8.57592000E-1	1.94254100E-3	1.67E-03
8.86178300E-1	2.08860400E-3	1.85E-03
9.14733900E-1	2.16042400E-3	1.98E-03
9.43250400E-1	2.19259500E-3	2.07E-03
9.71782700E-1	2.23159500E-3	2.17E-03
1.00034400E+0	2.30150200E-3	2.30E-03
-5.57484600E-2	-1.82197400E-3	1.02E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57560900E-2	-7.28720500E-5	4.06E-06
-2.71983100E-2	-6.95325700E-5	1.89E-06
1.28483800E-3	-6.94414900E-5	-8.94E-08
2.98044700E-2	-6.85437700E-5	-2.04E-06
5.83565200E-2	-6.82587900E-5	-3.98E-06
8.69061900E-2	-6.79792100E-5	-5.91E-06
1.15490900E-1	-6.76444800E-5	-7.81E-06
1.44031000E-1	-6.72729100E-5	-9.69E-06
1.72533000E-1	-6.69005400E-5	-1.15E-05
2.01060300E-1	-6.66871800E-5	-1.34E-05
2.29624500E-1	-6.60500200E-5	-1.52E-05
2.58156800E-1	-6.53429300E-5	-1.69E-05
2.86709100E-1	-6.46749700E-5	-1.85E-05
3.15293100E-1	-6.38129100E-5	-2.01E-05
3.43811500E-1	-6.26659900E-5	-2.15E-05
3.72364500E-1	-6.11477700E-5	-2.28E-05
4.00913000E-1	-5.92259600E-5	-2.37E-05
4.29476500E-1	-5.66805100E-5	-2.43E-05
4.58006900E-1	-5.31795700E-5	-2.44E-05
4.86500000E-1	-4.88808700E-5	-2.38E-05
5.15029400E-1	-4.32284000E-5	-2.23E-05
5.43576700E-1	-3.48044700E-5	-1.89E-05
5.72164700E-1	-2.16768500E-5	-1.24E-05
6.00711900E-1	-7.67813800E-6	-4.61E-06
6.29238100E-1	2.62484100E-5	1.65E-05
6.57799600E-1	9.14905800E-5	6.02E-05
6.86359200E-1	1.68090600E-4	1.15E-04
7.14890600E-1	3.06233200E-4	2.19E-04
7.43421400E-1	4.77612300E-4	3.55E-04
7.71984300E-1	6.88997800E-4	5.32E-04
8.00488400E-1	9.33116300E-4	7.47E-04
8.29034900E-1	1.06144600E-3	8.80E-04
8.57592500E-1	1.34116500E-3	1.15E-03
8.86179100E-1	1.58415900E-3	1.40E-03
9.14735800E-1	1.79042700E-3	1.64E-03
9.43252900E-1	1.95610800E-3	1.85E-03
9.71785300E-1	2.07640700E-3	2.02E-03
1.00034600E+0	2.16321600E-3	2.16E-03
-5.57506100E-2	-1.59656200E-4	8.90E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57572800E-2	-7.54617100E-5	4.21E-06
-2.71999800E-2	-7.28568000E-5	1.98E-06
1.28459900E-3	-7.26960100E-5	-9.36E-08
2.98035100E-2	-7.13642400E-5	-2.13E-06
5.83570000E-2	-7.06990400E-5	-4.13E-06
8.69066700E-2	-6.97994000E-5	-6.07E-06
1.15492300E-1	-6.93824800E-5	-8.01E-06
1.44033400E-1	-6.85644900E-5	-9.88E-06
1.72534500E-1	-6.77131900E-5	-1.17E-05
2.01061500E-1	-6.67371100E-5	-1.34E-05
2.29624700E-1	-6.56883900E-5	-1.51E-05
2.58155300E-1	-6.46349200E-5	-1.67E-05
2.86708800E-1	-6.33592700E-5	-1.82E-05
3.15292800E-1	-6.17589700E-5	-1.95E-05
3.43812500E-1	-6.02263600E-5	-2.07E-05
3.72366400E-1	-5.81456400E-5	-2.17E-05
4.00915100E-1	-5.55776800E-5	-2.23E-05
4.29477700E-1	-5.23289200E-5	-2.25E-05
4.58007800E-1	-4.78721600E-5	-2.19E-05
4.86500700E-1	-4.13977200E-5	-2.01E-05
5.15029200E-1	-3.11286100E-5	-1.60E-05
5.43577000E-1	-1.45091300E-5	-7.89E-06
5.72167000E-1	1.33401800E-5	7.63E-06
6.00722300E-1	5.98782800E-5	3.60E-05
6.29238200E-1	1.23819500E-4	7.79E-05
6.57794500E-1	2.49809500E-4	1.64E-04
6.86365000E-1	4.19398800E-4	2.88E-04
7.14896900E-1	6.40722100E-4	4.58E-04
7.43428900E-1	9.09500500E-4	6.76E-04
7.71977400E-1	1.10562400E-3	8.54E-04
8.00478200E-1	1.45628300E-3	1.17E-03
8.29036600E-1	1.78587900E-3	1.48E-03
8.57595200E-1	2.06600600E-3	1.77E-03
8.86182200E-1	2.27036100E-3	2.01E-03
9.14739000E-1	2.39369900E-3	2.19E-03
9.43256600E-1	2.45118000E-3	2.31E-03
9.71788000E-1	2.49212300E-3	2.42E-03
1.00034800E+0	2.55376800E-3	2.55E-03
-5.57522800E-2	-1.16673200E-4	6.51E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดลิเทียมไอโวนแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57589500E-2	-8.08283100E-5	4.51E-06
-2.72004600E-2	-7.85213600E-5	2.14E-06
1.28603000E-3	-7.86116700E-5	-1.01E-07
2.98085200E-2	-7.76173800E-5	-2.31E-06
5.83608200E-2	-7.76341800E-5	-4.53E-06
8.69121600E-2	-7.71922400E-5	-6.71E-06
1.15500200E-1	-7.67897100E-5	-8.87E-06
1.44038900E-1	-7.66397100E-5	-1.10E-05
1.72539200E-1	-7.59586400E-5	-1.31E-05
2.01065300E-1	-7.56265100E-5	-1.52E-05
2.29627100E-1	-7.50779600E-5	-1.72E-05
2.58157700E-1	-7.42812300E-5	-1.92E-05
2.86711900E-1	-7.37374500E-5	-2.11E-05
3.15296200E-1	-7.30185100E-5	-2.30E-05
3.43817700E-1	-7.19076100E-5	-2.47E-05
3.72372600E-1	-7.05553200E-5	-2.63E-05
4.00921600E-1	-6.91654300E-5	-2.77E-05
4.29482500E-1	-6.69787000E-5	-2.88E-05
4.58011600E-1	-6.41698900E-5	-2.94E-05
4.86501700E-1	-6.00355300E-5	-2.92E-05
5.15030600E-1	-5.33007300E-5	-2.75E-05
5.43576700E-1	-4.26274600E-5	-2.32E-05
5.72168000E-1	-2.41199500E-5	-1.38E-05
6.00712300E-1	-2.63053500E-6	-1.58E-06
6.29247900E-1	4.67809100E-5	2.94E-05
6.57800100E-1	1.23406400E-4	8.12E-05
6.86369100E-1	2.51170700E-4	1.72E-04
7.14898300E-1	4.13107500E-4	2.95E-04
7.43427500E-1	6.19164700E-4	4.60E-04
7.71988900E-1	8.67148500E-4	6.69E-04
8.00477700E-1	1.06116100E-3	8.49E-04
8.29038100E-1	1.37540100E-3	1.14E-03
8.57598100E-1	1.68267500E-3	1.44E-03
8.86187200E-1	1.96148900E-3	1.74E-03
9.14745700E-1	2.17486400E-3	1.99E-03
9.43263500E-1	2.29423200E-3	2.16E-03
9.71793300E-1	2.33658700E-3	2.27E-03
1.00035200E+0	2.36193700E-3	2.36E-03
-5.57520400E-2	-1.38772500E-4	7.74E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57599100E-2	-8.87007200E-5	4.95E-06
-2.72016500E-2	-8.61626900E-5	2.34E-06
1.28960600E-3	-8.59878100E-5	-1.11E-07
2.98094700E-2	-8.52996900E-5	-2.54E-06
5.83643900E-2	-8.46998700E-5	-4.94E-06
8.69166900E-2	-8.40806500E-5	-7.31E-06
1.15502800E-1	-8.35960700E-5	-9.66E-06
1.44043400E-1	-8.27636800E-5	-1.19E-05
1.72542600E-1	-8.23980500E-5	-1.42E-05
2.01067900E-1	-8.16073200E-5	-1.64E-05
2.29630500E-1	-8.07260200E-5	-1.85E-05
2.58158700E-1	-7.98211000E-5	-2.06E-05
2.86713100E-1	-7.83959100E-5	-2.25E-05
3.15299500E-1	-7.72339100E-5	-2.44E-05
3.43818700E-1	-7.59176300E-5	-2.61E-05
3.72375200E-1	-7.34558600E-5	-2.74E-05
4.00924700E-1	-7.05734300E-5	-2.83E-05
4.29484400E-1	-6.60395900E-5	-2.84E-05
4.58014700E-1	-5.87524100E-5	-2.69E-05
4.86504100E-1	-4.64253700E-5	-2.26E-05
5.15032800E-1	-2.37120800E-5	-1.22E-05
5.43583200E-1	1.55875100E-5	8.47E-06
5.72178200E-1	7.88371200E-5	4.51E-05
6.00723000E-1	1.56032400E-4	9.37E-05
6.29247300E-1	2.98924200E-4	1.88E-04
6.57805900E-1	4.72637000E-4	3.11E-04
6.86376300E-1	6.82110800E-4	4.68E-04
7.14907300E-1	9.17311900E-4	6.56E-04
7.43423100E-1	9.29900400E-4	6.91E-04
7.71980900E-1	1.15430200E-3	8.91E-04
8.00479900E-1	1.30748800E-3	1.05E-03
8.29039700E-1	1.40768700E-3	1.17E-03
8.57599500E-1	1.47402700E-3	1.26E-03
8.86188000E-1	1.53265000E-3	1.36E-03
9.14746600E-1	1.60250300E-3	1.47E-03
9.43264000E-1	1.68684800E-3	1.68E-03
9.71794000E-1	1.78522300E-3	1.64E-03
1.00035200E+0	1.89284200E-3	1.89E-03
-5.57537100E-2	-3.34609000E-3	1.87E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกะหล่ำม่วงที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57580000E-2	-7.03510900E-5	3.92E-06
-2.71990300E-2	-6.83177800E-5	1.86E-06
1.28698300E-3	-6.80377400E-5	-8.76E-08
2.98080400E-2	-6.71040000E-5	-2.00E-06
5.83622500E-2	-6.68089200E-5	-3.90E-06
8.69154900E-2	-6.63163100E-5	-5.76E-06
1.15503100E-1	-6.57072800E-5	-7.59E-06
1.44042300E-1	-6.54492600E-5	-9.43E-06
1.72542300E-1	-6.50210400E-5	-1.12E-05
2.01066700E-1	-6.43107600E-5	-1.29E-05
2.29629500E-1	-6.36477800E-5	-1.46E-05
2.58157700E-1	-6.31414000E-5	-1.63E-05
2.86713400E-1	-6.23316400E-5	-1.79E-05
3.15298600E-1	-6.14423600E-5	-1.94E-05
3.43819600E-1	-6.03907500E-5	-2.08E-05
3.72374800E-1	-5.91391000E-5	-2.20E-05
4.00925200E-1	-5.74163700E-5	-2.30E-05
4.29485300E-1	-5.49108800E-5	-2.36E-05
4.58013300E-1	-5.19462800E-5	-2.38E-05
4.86504300E-1	-4.71790000E-5	-2.30E-05
5.15031300E-1	-3.98414300E-5	-2.05E-05
5.43578600E-1	-2.84609000E-5	-1.55E-05
5.72169300E-1	-1.96223600E-5	-1.12E-05
6.00724200E-1	1.70994700E-5	1.03E-05
6.29252600E-1	6.35216100E-5	4.00E-05
6.57802800E-1	1.15844100E-4	7.62E-05
6.86371200E-1	2.26036600E-4	1.55E-04
7.14900600E-1	3.61359600E-4	2.58E-04
7.43429300E-1	5.29695100E-4	3.94E-04
7.71989500E-1	7.22763200E-4	5.58E-04
8.00491600E-1	9.17687000E-4	7.35E-04
8.29055100E-1	1.04615800E-3	8.67E-04
8.56608000E-1	1.05007600E-3	9.01E-04
8.84039300E-1	1.05007400E-3	9.31E-04
9.11695600E-1	1.05007400E-3	9.61E-04
9.43264400E-1	8.96835700E-4	8.46E-04
9.71793700E-1	1.11859700E-3	1.09E-03
1.00035200E+0	1.23580200E-3	1.24E-03
-5.57522800E-2	-1.46885600E-3	8.19E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57522800E-2	-2.59974500E-5	1.45E-06
-2.71928300E-2	-2.42245700E-5	6.59E-07
1.29079800E-3	-2.44118400E-5	-3.14E-08
2.98121000E-2	-2.37139900E-5	-7.07E-07
5.83665400E-2	-2.33966300E-5	-1.37E-06
8.69185900E-2	-2.30850600E-5	-2.01E-06
1.15505700E-1	-2.27135800E-5	-2.62E-06
1.44046500E-1	-2.23712300E-5	-3.22E-06
1.72545700E-1	-2.19653000E-5	-3.79E-06
2.01070800E-1	-2.14361600E-5	-4.31E-06
2.29632400E-1	-2.08939500E-5	-4.80E-06
2.58162300E-1	-2.01894600E-5	-5.21E-06
2.86717400E-1	-1.94150200E-5	-5.57E-06
3.15302400E-1	-1.84727000E-5	-5.82E-06
3.43823200E-1	-1.73611200E-5	-5.97E-06
3.72379100E-1	-1.60072700E-5	-5.96E-06
4.00929200E-1	-1.42558700E-5	-5.72E-06
4.29488900E-1	-1.21147600E-5	-5.20E-06
4.58016600E-1	-1.22044900E-5	-5.59E-06
4.86504600E-1	-8.69616700E-6	-4.23E-06
5.15034000E-1	-1.10449600E-6	-5.69E-07
5.43588400E-1	6.11827200E-6	3.33E-06
5.72171800E-1	1.26045200E-5	7.21E-06
6.00726200E-1	3.10124500E-5	1.86E-05
6.29250800E-1	5.18473300E-5	3.26E-05
6.57811000E-1	8.01161700E-5	5.27E-05
6.86369900E-1	1.09249000E-4	7.50E-05
7.14897900E-1	1.65295100E-4	1.18E-04
7.43425100E-1	2.31314700E-4	1.72E-04
7.71983600E-1	3.14072500E-4	2.42E-04
8.00483200E-1	4.14998100E-4	3.32E-04
8.29045200E-1	5.35035400E-4	4.44E-04
8.57607200E-1	6.72709000E-4	5.77E-04
8.86197800E-1	8.23683300E-4	7.30E-04
9.14759000E-1	9.80718800E-4	8.97E-04
9.43265100E-1	9.83984200E-4	9.28E-04
9.71794700E-1	1.14649200E-3	1.11E-03
1.00035200E+0	1.27222700E-3	1.27E-03
-5.57551400E-2	-4.20139000E-5	2.34E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนที่สกัดจากเหทานอลเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57553800E-2	-2.89948700E-5	1.62E-06
-2.71945000E-2	-2.71349000E-5	7.38E-07
1.28936800E-3	-2.74127200E-5	-3.53E-08
2.98113800E-2	-2.67857400E-5	-7.99E-07
5.83660600E-2	-2.65911900E-5	-1.55E-06
8.69183500E-2	-2.63363300E-5	-2.29E-06
1.15505500E-1	-2.63021100E-5	-3.04E-06
1.44044900E-1	-2.60806400E-5	-3.76E-06
1.72544700E-1	-2.57807600E-5	-4.45E-06
2.01070100E-1	-2.55895600E-5	-5.15E-06
2.29631700E-1	-2.53654400E-5	-5.82E-06
2.58160800E-1	-2.51406300E-5	-6.49E-06
2.86716000E-1	-2.47509200E-5	-7.10E-06
3.15301900E-1	-2.42607600E-5	-7.65E-06
3.43823400E-1	-2.40093100E-5	-8.26E-06
3.72379100E-1	-2.35127200E-5	-8.76E-06
4.00929000E-1	-2.28751000E-5	-9.17E-06
4.29489900E-1	-2.19647600E-5	-9.43E-06
4.58018300E-1	-2.07573500E-5	-9.51E-06
4.86507700E-1	-1.90585400E-5	-9.27E-06
5.15034400E-1	-1.62436200E-5	-8.37E-06
5.43580500E-1	-1.18132600E-5	-6.42E-06
5.72166100E-1	-9.10809800E-6	-5.21E-06
6.00732300E-1	6.20638000E-6	3.73E-06
6.29247100E-1	1.82293100E-5	1.15E-05
6.57807800E-1	5.29164200E-5	3.48E-05
6.86380500E-1	9.32988100E-5	6.40E-05
7.14897300E-1	1.31863900E-4	9.43E-05
7.43424300E-1	2.13059200E-4	1.58E-04
7.71982900E-1	3.03063500E-4	2.34E-04
8.00482300E-1	4.09761700E-4	3.28E-04
8.29044000E-1	5.33041200E-4	4.42E-04
8.57606200E-1	6.70383300E-4	5.75E-04
8.86197000E-1	8.17974900E-4	7.25E-04
9.14758400E-1	9.68835500E-4	8.86E-04
9.41889900E-1	1.05007500E-3	9.91E-04
9.71794000E-1	1.03237500E-3	1.00E-03
1.00035200E+0	1.20569700E-3	1.21E-03
-5.57587100E-2	-5.56109900E-5	3.10E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57549000E-2	-4.70828800E-5	2.63E-06
-2.71956900E-2	-4.51020200E-5	1.23E-06
1.28889100E-3	-4.51982600E-5	-5.82E-08
2.98116200E-2	-4.45652100E-5	-1.33E-06
5.83655800E-2	-4.44332700E-5	-2.59E-06
8.69183500E-2	-4.41083700E-5	-3.83E-06
1.15505500E-1	-4.38658600E-5	-5.07E-06
1.44045400E-1	-4.36690500E-5	-6.29E-06
1.72545000E-1	-4.33709900E-5	-7.48E-06
2.01070300E-1	-4.31993100E-5	-8.69E-06
2.29632100E-1	-4.27341300E-5	-9.81E-06
2.58161300E-1	-4.23002100E-5	-1.09E-05
2.86716500E-1	-4.18889800E-5	-1.20E-05
3.15302400E-1	-4.12228500E-5	-1.30E-05
3.43823900E-1	-4.04902500E-5	-1.39E-05
3.72379100E-1	-3.95990900E-5	-1.47E-05
4.00930400E-1	-3.83239500E-5	-1.54E-05
4.29489900E-1	-3.68870200E-5	-1.58E-05
4.58018300E-1	-3.48247700E-5	-1.60E-05
4.86508800E-1	-3.23395700E-5	-1.57E-05
5.15034700E-1	-2.86694400E-5	-1.48E-05
5.43582000E-1	-2.30279300E-5	-1.25E-05
5.72172300E-1	-1.43340600E-5	-8.20E-06
6.00719700E-1	-6.31926800E-6	-3.80E-06
6.29247300E-1	1.11236900E-5	7.00E-06
6.57808100E-1	4.51124100E-5	2.97E-05
6.86379900E-1	8.32951800E-5	5.72E-05
7.14898300E-1	1.18675600E-4	8.48E-05
7.43425100E-1	1.93638700E-4	1.44E-04
7.71983500E-1	2.75621400E-4	2.13E-04
8.00483700E-1	3.75087800E-4	3.00E-04
8.29045200E-1	4.94101000E-4	4.10E-04
8.57607200E-1	6.32899300E-4	5.43E-04
8.86198200E-1	7.91082000E-4	7.01E-04
9.14759000E-1	9.66033500E-4	8.84E-04
9.43265200E-1	1.04891600E-3	9.89E-04
9.71795000E-1	1.27751800E-3	1.24E-03
1.00035300E+0	1.49073100E-3	1.49E-03
-5.57580000E-2	-6.13500600E-5	3.42E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดลิเทียมไวแสงจากแคโรททีสกัดจากอทานอลเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57553800E-2	-3.64884800E-5	2.03E-06
-2.71949800E-2	-3.44195700E-5	9.36E-07
1.29103700E-3	-3.44360900E-5	-4.44E-08
2.98125700E-2	-3.36471700E-5	-1.00E-06
5.83677300E-2	-3.33914200E-5	-1.95E-06
8.69207400E-2	-3.30684900E-5	-2.87E-06
1.15508100E-1	-3.26941700E-5	-3.78E-06
1.44047700E-1	-3.24089600E-5	-4.67E-06
1.72547600E-1	-3.19657600E-5	-5.52E-06
2.01072500E-1	-3.15512200E-5	-6.34E-06
2.29633600E-1	-3.11470500E-5	-7.15E-06
2.58162700E-1	-3.04502800E-5	-7.86E-06
2.86717900E-1	-2.97390400E-5	-8.53E-06
3.15303300E-1	-2.89662300E-5	-9.13E-06
3.43825300E-1	-2.78846100E-5	-9.59E-06
3.72381200E-1	-2.66766600E-5	-9.93E-06
4.00931100E-1	-2.51107600E-5	-1.01E-05
4.29491500E-1	-2.30580300E-5	-9.90E-06
4.58018800E-1	-2.04375700E-5	-9.36E-06
4.86508800E-1	-1.67408900E-5	-8.14E-06
5.15036300E-1	-1.15276300E-5	-5.94E-06
5.44246900E-1	-1.00140000E-5	-5.44E-06
5.72183500E-1	5.36083400E-6	3.07E-06
6.00725900E-1	1.34567500E-5	8.08E-06
6.29252800E-1	4.48764000E-5	2.82E-05
6.57813400E-1	7.92367100E-5	5.21E-05
6.86372900E-1	1.12030500E-4	7.69E-05
7.14900300E-1	1.88280100E-4	1.35E-04
7.43427600E-1	2.77889800E-4	2.07E-04
7.71986100E-1	3.93169500E-4	3.04E-04
8.00486300E-1	5.36570400E-4	4.30E-04
8.29048600E-1	7.09052100E-4	5.88E-04
8.57611100E-1	9.06022700E-4	7.77E-04
8.86189900E-1	1.00111300E-3	8.87E-04
9.14749500E-1	1.23525400E-3	1.13E-03
9.43267800E-1	1.44215500E-3	1.36E-03
9.71796900E-1	1.62465400E-3	1.58E-03
1.00035500E+0	1.76976200E-3	1.77E-03
-5.57589500E-2	-6.26630200E-5	3.49E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57549000E-2	-4.02759500E-5	2.25E-06
-2.71954500E-2	-3.84906200E-5	1.05E-06
1.29175200E-3	-3.84406200E-5	-4.95E-08
2.98125700E-2	-3.76126000E-5	-1.12E-06
5.83684400E-2	-3.73073600E-5	-2.18E-06
8.69216900E-2	-3.69378500E-5	-3.21E-06
1.15508300E-1	-3.65312900E-5	-4.22E-06
1.44048500E-1	-3.61468600E-5	-5.21E-06
1.72547100E-1	-3.56285700E-5	-6.15E-06
2.01072500E-1	-3.51610900E-5	-7.07E-06
2.29633100E-1	-3.44918700E-5	-7.92E-06
2.58161300E-1	-3.38811700E-5	-8.75E-06
2.86717200E-1	-3.31544100E-5	-9.51E-06
3.15303100E-1	-3.22594400E-5	-1.02E-05
3.43825100E-1	-3.12548700E-5	-1.07E-05
3.72381000E-1	-2.99833300E-5	-1.12E-05
4.00930900E-1	-2.83152300E-5	-1.14E-05
4.29492000E-1	-2.62171100E-5	-1.13E-05
4.58019500E-1	-2.33022000E-5	-1.07E-05
4.86509100E-1	-1.93387100E-5	-9.41E-06
5.15035400E-1	-1.33942100E-5	-6.90E-06
5.43581700E-1	-8.97226000E-6	-4.88E-06
5.72180500E-1	4.55980700E-6	2.61E-06
6.00727300E-1	2.52470700E-5	1.52E-05
6.29254000E-1	6.35679200E-5	4.00E-05
6.57113400E-1	1.05001300E-4	6.91E-05
6.86373800E-1	1.68645300E-4	1.16E-04
7.14901300E-1	2.66840600E-4	1.91E-04
7.43428100E-1	3.85609300E-4	2.87E-04
7.71986700E-1	5.32840900E-4	4.11E-04
8.00487300E-1	7.06920400E-4	5.66E-04
8.29050700E-1	9.04014200E-4	7.49E-04
8.57600800E-1	9.96070900E-4	8.54E-04
8.86190200E-1	1.22105300E-3	1.08E-03
9.14750300E-1	1.41422300E-3	1.29E-03
9.43267600E-1	1.57156000E-3	1.48E-03
9.71796900E-1	1.68015700E-3	1.63E-03
1.00035500E+0	1.73965800E-3	1.74E-03
-5.57601500E-2	-7.09459700E-5	3.96E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนสกัดจากมะเขือเทศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57553800E-2	-2.92789800E-5	1.63E-06
-2.71945000E-2	-2.57116900E-5	6.99E-07
1.29270600E-3	-2.54953200E-5	-3.28E-08
2.98137700E-2	-2.46186700E-5	-7.34E-07
5.83691600E-2	-2.42971000E-5	-1.42E-06
8.69216900E-2	-2.39001100E-5	-2.08E-06
1.15510000E-1	-2.34581800E-5	-2.71E-06
1.44049400E-1	-2.29953900E-5	-3.31E-06
1.72548500E-1	-2.25059900E-5	-3.88E-06
2.01073900E-1	-2.19686300E-5	-4.42E-06
2.29635200E-1	-2.13030700E-5	-4.89E-06
2.58163200E-1	-2.06032400E-5	-5.32E-06
2.86718800E-1	-1.96866500E-5	-5.64E-06
3.15305200E-1	-1.86237000E-5	-5.87E-06
3.43826500E-1	-1.73724100E-5	-5.97E-06
3.72382400E-1	-1.57772000E-5	-5.88E-06
4.00932600E-1	-1.36476900E-5	-5.47E-06
4.29492200E-1	-1.08068200E-5	-4.64E-06
4.58019700E-1	-1.14687600E-5	-5.25E-06
4.86504800E-1	-5.91743000E-6	-2.88E-06
5.15041400E-1	5.17922000E-6	2.67E-06
5.43584600E-1	1.32723000E-5	7.21E-06
5.72175900E-1	3.65234600E-5	2.09E-05
6.00731800E-1	6.58219400E-5	3.95E-05
6.29182900E-1	1.05003000E-4	6.61E-05
6.57806600E-1	1.67003400E-4	1.10E-04
6.86374400E-1	2.82465100E-4	1.94E-04
7.14902500E-1	4.28855400E-4	3.07E-04
7.43430600E-1	6.17868800E-4	4.59E-04
7.71990200E-1	8.49158200E-4	6.56E-04
8.00479900E-1	1.02646600E-3	8.22E-04
8.29040900E-1	1.35744200E-3	1.13E-03
8.57601300E-1	1.69590200E-3	1.45E-03
8.86191200E-1	2.04891500E-3	1.82E-03
9.14751100E-1	2.40083600E-3	2.20E-03
9.43269000E-1	2.73799800E-3	2.58E-03
9.71798200E-1	3.04710700E-3	2.96E-03
1.00035600E+0	3.31244500E-3	3.31E-03
-5.57584800E-2	-4.69664200E-5	2.62E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนที่สกัดจากมะเขือเทศเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57541800E-2	-2.46192100E-5	1.37E-06
-2.71933100E-2	-2.12091100E-5	5.77E-07
1.29389800E-3	-2.07408600E-5	-2.67E-08
2.98156700E-2	-1.98558300E-5	-5.92E-07
5.83703500E-2	-1.93949500E-5	-1.13E-06
8.69233600E-2	-1.89621800E-5	-1.65E-06
1.15511700E-1	-1.85123400E-5	-2.14E-06
1.44050800E-1	-1.80482600E-5	-2.60E-06
1.72550200E-1	-1.75952000E-5	-3.04E-06
2.01074100E-1	-1.70339800E-5	-3.43E-06
2.29634800E-1	-1.63849200E-5	-3.76E-06
2.58162700E-1	-1.55457100E-5	-4.01E-06
2.86719300E-1	-1.46454000E-5	-4.20E-06
3.15306200E-1	-1.34016300E-5	-4.23E-06
3.43827700E-1	-1.18245200E-5	-4.07E-06
3.72382600E-1	-1.42279200E-5	-5.30E-06
4.00934000E-1	-1.16030700E-5	-4.65E-06
4.29492500E-1	-7.71024000E-6	-3.31E-06
4.58021400E-1	1.15688400E-6	5.30E-07
4.86519600E-1	8.18719900E-6	3.98E-06
5.15039000E-1	1.52552800E-5	7.86E-06
5.43587000E-1	3.55373100E-5	1.93E-05
5.72179000E-1	5.81934300E-5	3.33E-05
6.00735300E-1	8.97067900E-5	5.39E-05
6.29250000E-1	1.23953800E-4	7.80E-05
6.57808500E-1	1.94838400E-4	1.28E-04
6.86375600E-1	2.80942400E-4	1.93E-04
7.14903200E-1	3.93479400E-4	2.81E-04
7.43429800E-1	5.36541200E-4	3.99E-04
7.71988900E-1	7.12222100E-4	5.50E-04
8.00489500E-1	9.18447900E-4	7.35E-04
8.29041000E-1	1.05758600E-3	8.77E-04
8.57602100E-1	1.33233500E-3	1.14E-03
8.86191700E-1	1.59884700E-3	1.42E-03
9.14751800E-1	1.85373000E-3	1.70E-03
9.43269500E-1	2.07893400E-3	1.96E-03
9.71799300E-1	2.25410100E-3	2.19E-03
1.00035700E+0	2.36407200E-3	2.36E-03
-5.57575200E-2	-4.24924700E-5	2.37E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดลิเทียมไวแสงจากแคโรททีสกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57551400E-2	-2.91821100E-5	1.63E-06
-2.71942600E-2	-2.64105900E-5	7.18E-07
1.29222900E-3	-2.61493000E-5	-3.37E-08
2.98149600E-2	-2.54588400E-5	-7.59E-07
5.83703500E-2	-2.51122300E-5	-1.47E-06
8.69233600E-2	-2.46938600E-5	-2.15E-06
1.15510900E-1	-2.42408100E-5	-2.80E-06
1.44051100E-1	-2.37606900E-5	-3.42E-06
1.72549200E-1	-2.32242000E-5	-4.01E-06
2.01073900E-1	-2.25830900E-5	-4.54E-06
2.29635000E-1	-2.18636000E-5	-5.02E-06
2.58163500E-1	-2.09894200E-5	-5.42E-06
2.86719600E-1	-1.99567400E-5	-5.72E-06
3.15306200E-1	-1.86071100E-5	-5.87E-06
3.43828200E-1	-1.69532100E-5	-5.83E-06
3.72384300E-1	-1.48081600E-5	-5.51E-06
4.00935200E-1	-1.18958100E-5	-4.77E-06
4.29494100E-1	-1.13435100E-5	-4.87E-06
4.58018100E-1	-6.15904900E-6	-2.82E-06
4.86516000E-1	3.69281300E-6	1.80E-06
5.15038500E-1	1.06505800E-5	5.49E-06
5.43586000E-1	2.91147700E-5	1.58E-05
5.72178400E-1	5.04777400E-5	2.89E-05
6.00734400E-1	8.08817100E-5	4.86E-05
6.29250200E-1	1.13263000E-4	7.13E-05
6.57808700E-1	1.83345700E-4	1.21E-04
6.86376300E-1	2.71209400E-4	1.86E-04
7.14903500E-1	3.85939300E-4	2.76E-04
7.43431600E-1	5.28818300E-4	3.93E-04
7.71990500E-1	6.99732300E-4	5.40E-04
8.00490400E-1	8.95819200E-4	7.17E-04
8.29042100E-1	1.02805200E-3	8.52E-04
8.57603100E-1	1.27073000E-3	1.09E-03
8.86192900E-1	1.49524100E-3	1.33E-03
9.14752600E-1	1.70512800E-3	1.56E-03
9.43271000E-1	1.88508700E-3	1.78E-03
9.71799400E-1	2.01468800E-3	1.96E-03
1.00035700E+0	2.07641800E-3	2.08E-03
-5.57572800E-2	-4.69972000E-5	2.62E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากแคโรทีนสกัดจากมะทานอลเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57568100E-2	-3.52309300E-5	1.96E-06
-2.71959300E-2	-3.32365300E-5	9.04E-07
1.29509000E-3	-3.33464800E-5	-4.29E-08
2.98171000E-2	-3.26639900E-5	-9.74E-07
5.83729700E-2	-3.25910400E-5	-1.90E-06
8.69267000E-2	-3.23864700E-5	-2.82E-06
1.15514500E-1	-3.21500800E-5	-3.71E-06
1.44054900E-1	-3.18457200E-5	-4.59E-06
1.72552600E-1	-3.16587700E-5	-5.46E-06
2.01076700E-1	-3.13802300E-5	-6.31E-06
2.29636700E-1	-3.10545300E-5	-7.13E-06
2.58164200E-1	-3.06579000E-5	-7.91E-06
2.86720800E-1	-3.01833100E-5	-8.65E-06
3.15307900E-1	-2.96840900E-5	-9.36E-06
3.43829400E-1	-2.90108400E-5	-9.97E-06
3.72386900E-1	-2.81839000E-5	-1.05E-05
4.00937300E-1	-2.71815800E-5	-1.09E-05
4.29496500E-1	-2.58183000E-5	-1.11E-05
4.58024300E-1	-2.39050400E-5	-1.09E-05
4.86512700E-1	-2.12722700E-5	-1.03E-05
5.15038300E-1	-1.72821300E-5	-8.90E-06
5.43584800E-1	-1.11132800E-5	-6.04E-06
5.72173200E-1	-6.15371900E-6	-3.52E-06
6.00745900E-1	1.04752300E-5	6.29E-06
6.29255300E-1	2.85341700E-5	1.80E-05
6.57818700E-1	7.52240700E-5	4.95E-05
6.86377000E-1	1.11142800E-4	7.63E-05
7.14904300E-1	2.07561500E-4	1.48E-04
7.43430700E-1	3.18301100E-4	2.37E-04
7.71988500E-1	4.56017300E-4	3.52E-04
8.00488500E-1	6.20270300E-4	4.97E-04
8.29052200E-1	8.09947000E-4	6.71E-04
8.57616500E-1	1.01457300E-3	8.70E-04
8.86195500E-1	1.08366100E-3	9.60E-04
9.14755800E-1	1.34546500E-3	1.23E-03
9.43273500E-1	1.56769200E-3	1.48E-03
9.71802000E-1	1.76149700E-3	1.71E-03
1.00035900E+0	1.92281200E-3	1.92E-03
-5.57599100E-2	-6.03647500E-5	3.37E-06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเอทานอลเป็น

เวลา 1 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57715900E-2	-7.52811000E-5	4.20E-06
-2.72090400E-2	-7.23622100E-5	1.97E-06
1.29842800E-3	-7.22916900E-5	-9.31E-08
2.98230600E-2	-7.14514900E-5	-2.13E-06
5.83815600E-2	-7.09272600E-5	-4.14E-06
8.69364700E-2	-7.06990400E-5	-6.15E-06
1.15527200E-1	-6.99034000E-5	-8.07E-06
1.44066100E-1	-6.88567100E-5	-9.92E-06
1.72562400E-1	-6.79657400E-5	-1.17E-05
2.01083400E-1	-6.69731800E-5	-1.35E-05
2.29642600E-1	-6.51977500E-5	-1.50E-05
2.58167500E-1	-6.32019100E-5	-1.63E-05
2.86725000E-1	-6.09491500E-5	-1.75E-05
3.15314800E-1	-5.81792700E-5	-1.83E-05
3.43839600E-1	-5.53323600E-5	-1.90E-05
3.72396900E-1	-5.15430300E-5	-1.92E-05
4.00949500E-1	-4.64865900E-5	-1.86E-05
4.29507500E-1	-4.07248900E-5	-1.75E-05
4.58031900E-1	-3.18700800E-5	-1.46E-05
4.86518900E-1	-1.85643400E-5	-9.03E-06
5.15038500E-1	-2.88360200E-6	-1.49E-06
5.43590800E-1	3.16040500E-5	1.72E-05
5.72191600E-1	1.00403200E-4	5.74E-05
6.00737800E-1	1.86006700E-4	1.12E-04
6.29266100E-1	3.49965200E-4	2.20E-04
6.57829000E-1	5.54460100E-4	3.65E-04
6.86396700E-1	8.09831100E-4	5.56E-04
7.14913500E-1	1.01043500E-3	7.22E-04
7.43436200E-1	1.38636000E-3	1.03E-03
7.71989600E-1	1.77388300E-3	1.37E-03
8.00485800E-1	2.17094900E-3	1.74E-03
8.29050200E-1	2.56177900E-3	2.12E-03
8.57614200E-1	2.92091300E-3	2.50E-03
8.86206400E-1	3.22729000E-3	2.86E-03
9.14768900E-1	3.47900400E-3	3.18E-03
9.43287600E-1	3.69260600E-3	3.48E-03
9.71813900E-1	3.87999200E-3	3.77E-03
1.00036800E+0	4.04707700E-3	4.05E-03
-5.57656300E-2	-1.00118900E-3	5.58E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเอทานอลเป็น

เวลา 2 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57735000E-2	-9.18622100E-5	5.12E-06
-2.72109500E-2	-8.97349400E-5	2.44E-06
1.29652000E-3	-8.97190000E-5	-1.16E-07
2.98211600E-2	-8.87100000E-5	-2.64E-06
5.83787000E-2	-8.82661600E-5	-5.15E-06
8.69357600E-2	-8.81491100E-5	-7.66E-06
1.15526200E-1	-8.77893000E-5	-1.01E-05
1.44065400E-1	-8.71942200E-5	-1.26E-05
1.72561600E-1	-8.64823400E-5	-1.49E-05
2.01083200E-1	-8.60302200E-5	-1.73E-05
2.29640500E-1	-8.50910600E-5	-1.95E-05
2.58164900E-1	-8.41149000E-5	-2.17E-05
2.86723100E-1	-8.26293000E-5	-2.37E-05
3.15312100E-1	-8.12685800E-5	-2.56E-05
3.43837300E-1	-7.98334200E-5	-2.74E-05
3.72394800E-1	-7.77559600E-5	-2.90E-05
4.00947300E-1	-7.45109400E-5	-2.99E-05
4.29504200E-1	-7.08636400E-5	-3.04E-05
4.58030500E-1	-6.53957200E-5	-3.00E-05
4.86515800E-1	-5.54689000E-5	-2.70E-05
5.15039700E-1	-3.76149500E-5	-1.94E-05
5.43586500E-1	-1.65680400E-5	-9.01E-06
5.72184100E-1	4.85866100E-5	2.78E-05
6.00735900E-1	1.20572400E-4	7.24E-05
6.29263600E-1	2.80730500E-4	1.77E-04
6.57826800E-1	4.82811700E-4	3.18E-04
6.86394600E-1	7.38637200E-4	5.07E-04
7.14922400E-1	1.03654800E-3	7.41E-04
7.43434200E-1	1.24612800E-3	9.26E-04
7.71988000E-1	1.66451900E-3	1.28E-03
8.00484200E-1	2.06416500E-3	1.65E-03
8.29048800E-1	2.43838700E-3	2.02E-03
8.57613100E-1	2.75315300E-3	2.36E-03
8.86206000E-1	2.98565500E-3	2.65E-03
9.14768300E-1	3.14880300E-3	2.88E-03
9.43286400E-1	3.26868400E-3	3.08E-03
9.71812600E-1	3.36191500E-3	3.27E-03
1.00036700E+0	3.44461600E-3	3.45E-03
-5.57663400E-2	-1.31567500E-3	7.34E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเอทานอลเป็น

เวลา 3 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57656300E-2	-1.25148500E-4	6.98E-06
-2.72035600E-2	-1.20777100E-4	3.28E-06
1.29795100E-3	-1.20716200E-4	-1.55E-07
2.98223500E-2	-1.17878000E-4	-3.51E-06
5.83808400E-2	-1.16508600E-4	-6.80E-06
8.69367100E-2	-1.14905900E-4	-9.99E-06
1.15527200E-1	-1.13602100E-4	-1.31E-05
1.44066100E-1	-1.12019600E-4	-1.61E-05
1.72562100E-1	-1.10415700E-4	-1.91E-05
2.01084100E-1	-1.09012500E-4	-2.19E-05
2.29642400E-1	-1.06939100E-4	-2.46E-05
2.58167500E-1	-1.05483200E-4	-2.72E-05
2.86725800E-1	-1.03481300E-4	-2.97E-05
3.15315000E-1	-1.00819300E-4	-3.18E-05
3.43841800E-1	-1.04004700E-4	-3.58E-05
3.72400500E-1	-9.54214200E-5	-3.55E-05
4.00951900E-1	-9.05581000E-5	-3.63E-05
4.29508700E-1	-8.41852000E-5	-3.62E-05
4.58032100E-1	-7.32043800E-5	-3.35E-05
4.86518600E-1	-5.44813500E-5	-2.65E-05
5.15041600E-1	-2.19563100E-5	-1.13E-05
5.43592200E-1	3.40771900E-5	1.85E-05
5.72181900E-1	1.00098600E-4	5.73E-05
6.00738300E-1	2.44858600E-4	1.47E-04
6.29266300E-1	4.20732800E-4	2.65E-04
6.57828700E-1	6.41206100E-4	4.22E-04
6.86396800E-1	9.05802800E-4	6.22E-04
7.14911500E-1	1.08232100E-3	7.74E-04
7.43434800E-1	1.44889400E-3	1.08E-03
7.71988500E-1	1.80029900E-3	1.39E-03
8.00485300E-1	2.12572400E-3	1.70E-03
8.29049100E-1	2.38961500E-3	1.98E-03
8.57613100E-1	2.54720900E-3	2.18E-03
8.86206200E-1	2.58999800E-3	2.30E-03
9.14768700E-1	2.55840900E-3	2.34E-03
9.43286300E-1	2.49497900E-3	2.35E-03
9.71812600E-1	2.43603800E-3	2.37E-03
1.00036700E+0	2.39903700E-3	2.40E-03
-5.57661100E-2	-1.43443800E-3	8.00E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเอทานอลเป็น

เวลา 4 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57665800E-2	-1.30424900E-4	7.27E-06
-2.72047500E-2	-1.28164100E-4	3.49E-06
1.29509000E-3	-1.28028600E-4	-1.65E-07
2.98202000E-2	-1.26872700E-4	-3.78E-06
5.83775000E-2	-1.26542900E-4	-7.39E-06
8.69331400E-2	-1.25641600E-4	-1.09E-05
1.15524500E-1	-1.25003000E-4	-1.44E-05
1.44063000E-1	-1.24407500E-4	-1.79E-05
1.72559000E-1	-1.23152400E-4	-2.12E-05
2.01081000E-1	-1.22542800E-4	-2.46E-05
2.29639800E-1	-1.21040600E-4	-2.78E-05
2.58164400E-1	-1.20057500E-4	-3.10E-05
2.86722700E-1	-1.18216300E-4	-3.39E-05
3.15312100E-1	-1.16524500E-4	-3.67E-05
3.43837000E-1	-1.14639600E-4	-3.94E-05
3.72395800E-1	-1.10541400E-4	-4.12E-05
4.00948300E-1	-1.05563800E-4	-4.23E-05
4.29505800E-1	-1.02378900E-4	-4.40E-05
4.58029300E-1	-8.56516600E-5	-3.92E-05
4.86517000E-1	-6.47734900E-5	-3.15E-05
5.15038700E-1	-3.30346700E-5	-1.70E-05
5.43589600E-1	1.54235900E-5	8.38E-06
5.72188700E-1	8.40335600E-5	4.81E-05
6.00735500E-1	1.57150100E-4	9.44E-05
6.29262900E-1	2.90652000E-4	1.83E-04
6.57824800E-1	4.46262600E-4	2.94E-04
6.86392100E-1	6.33918100E-4	4.35E-04
7.14919000E-1	8.53603100E-4	6.10E-04
7.43433800E-1	1.00082300E-3	7.44E-04
7.71987700E-1	1.28507300E-3	9.92E-04
8.00483300E-1	1.56534300E-3	1.25E-03
8.29047300E-1	1.83780800E-3	1.52E-03
8.57611800E-1	2.08304800E-3	1.79E-03
8.86204000E-1	2.27976300E-3	2.02E-03
9.14766800E-1	2.41436000E-3	2.21E-03
9.43284700E-1	2.49233800E-3	2.35E-03
9.71810700E-1	2.52667400E-3	2.46E-03
1.00036500E+0	2.52934200E-3	2.53E-03
-5.57668200E-2	-1.65882700E-3	9.25E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเอทานอลเป็น

เวลา 5 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57687300E-2	-3.03772800E-5	1.69E-06
-2.72049900E-2	-2.66682200E-5	7.25E-07
1.29604300E-3	-2.62445200E-5	-3.38E-08
2.98211600E-2	-2.52552700E-5	-7.53E-07
5.83798900E-2	-2.47030100E-5	-1.44E-06
8.69348000E-2	-2.42893600E-5	-2.11E-06
1.15526700E-1	-2.36680900E-5	-2.73E-06
1.44065600E-1	-2.29967800E-5	-3.31E-06
1.72562400E-1	-2.22542300E-5	-3.84E-06
2.01083200E-1	-2.13727800E-5	-4.30E-06
2.29641700E-1	-2.01160300E-5	-4.62E-06
2.58167000E-1	-1.85659000E-5	-4.79E-06
2.86725000E-1	-1.65071800E-5	-4.73E-06
3.15314500E-1	-1.36585700E-5	-4.31E-06
3.43838000E-1	-1.51619600E-5	-5.21E-06
3.72432900E-1	-9.67158800E-6	-3.60E-06
4.00956900E-1	1.75298600E-6	7.03E-07
4.29508200E-1	9.16641100E-6	3.94E-06
4.58034300E-1	2.95715700E-5	1.35E-05
4.86523200E-1	5.37023500E-5	2.61E-05
5.15049700E-1	8.72194600E-5	4.49E-05
5.43588200E-1	1.19699700E-4	6.51E-05
5.72181800E-1	1.89587600E-4	1.08E-04
6.00738400E-1	2.74967900E-4	1.65E-04
6.29266100E-1	3.81326800E-4	2.40E-04
6.57828600E-1	5.08892600E-4	3.35E-04
6.86394600E-1	6.56159000E-4	4.50E-04
7.14920200E-1	8.21031500E-4	5.87E-04
7.43445000E-1	1.00285100E-3	7.46E-04
7.71988500E-1	1.05711700E-3	8.16E-04
8.00484500E-1	1.33068300E-3	1.07E-03
8.29048200E-1	1.60291000E-3	1.33E-03
8.57612100E-1	1.87625500E-3	1.61E-03
8.86205300E-1	2.13275100E-3	1.89E-03
9.14768600E-1	2.34807400E-3	2.15E-03
9.43286400E-1	2.51036800E-3	2.37E-03
9.71812700E-1	2.61366300E-3	2.54E-03
1.00036700E+0	2.66069500E-3	2.66E-03
-5.57665800E-2	-1.30125700E-3	7.26E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเมทานอลเป็น

เวลา 1 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57713500E-2	-8.13507400E-5	4.54E-06
-2.72092800E-2	-7.80738000E-5	2.12E-06
1.29747400E-3	-7.78907600E-5	-1.00E-07
2.98211600E-2	-7.68321200E-5	-2.29E-06
5.83796500E-2	-7.55049300E-5	-4.41E-06
8.69352800E-2	-7.51093800E-5	-6.53E-06
1.15525000E-1	-7.44394600E-5	-8.60E-06
1.44064200E-1	-7.32948500E-5	-1.06E-05
1.72560900E-1	-7.18640800E-5	-1.24E-05
2.01083200E-1	-7.07123100E-5	-1.42E-05
2.29639800E-1	-6.91244500E-5	-1.59E-05
2.58165600E-1	-6.73690800E-5	-1.74E-05
2.86723900E-1	-6.47762600E-5	-1.86E-05
3.15314300E-1	-6.26091100E-5	-1.97E-05
3.43838700E-1	-6.00858000E-5	-2.07E-05
3.72397200E-1	-5.63793600E-5	-2.10E-05
4.00949700E-1	-5.19514400E-5	-2.08E-05
4.29506500E-1	-4.55279400E-5	-1.96E-05
4.58030900E-1	-3.66127900E-5	-1.68E-05
4.86517700E-1	-2.17541200E-5	-1.06E-05
5.15036100E-1	-2.12386300E-6	-1.09E-06
5.43591300E-1	3.83385400E-5	2.08E-05
5.72181000E-1	1.05251900E-4	6.02E-05
6.00738000E-1	2.25981500E-4	1.36E-04
6.29266100E-1	3.87872200E-4	2.44E-04
6.57829300E-1	5.98711700E-4	3.94E-04
6.86397100E-1	8.52421600E-4	5.85E-04
7.14911600E-1	1.00395700E-3	7.18E-04
7.43434400E-1	1.31231100E-3	9.76E-04
7.71988500E-1	1.59960500E-3	1.23E-03
8.00484700E-1	1.86147900E-3	1.49E-03
8.29048600E-1	2.10076600E-3	1.74E-03
8.57612800E-1	2.31740000E-3	1.99E-03
8.86205400E-1	2.50704100E-3	2.22E-03
9.14768100E-1	2.66120900E-3	2.43E-03
9.43286100E-1	2.77032100E-3	2.61E-03
9.71812100E-1	2.83342300E-3	2.75E-03
1.00036600E+0	2.86109800E-3	2.86E-03
-5.57675400E-2	-2.30046800E-3	1.28E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดลิเทียมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเมทานอลเป็น

เวลา 2 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57718300E-2	-8.34337300E-5	4.65E-06
-2.72114300E-2	-7.99960300E-5	2.18E-06
1.29652000E-3	-7.89585300E-5	-1.02E-07
2.98197300E-2	-7.74721400E-5	-2.31E-06
5.83777400E-2	-7.60145000E-5	-4.44E-06
8.69343300E-2	-7.42850000E-5	-6.46E-06
1.15524500E-1	-7.26251500E-5	-8.39E-06
1.44063700E-1	-7.07064300E-5	-1.02E-05
1.72559000E-1	-6.84316300E-5	-1.18E-05
2.01081000E-1	-6.61371700E-5	-1.33E-05
2.29640500E-1	-6.40562100E-5	-1.47E-05
2.58166100E-1	-6.14632400E-5	-1.59E-05
2.86723100E-1	-5.85268000E-5	-1.68E-05
3.15312400E-1	-5.54587800E-5	-1.75E-05
3.43837500E-1	-5.24532500E-5	-1.80E-05
3.72396700E-1	-4.83537900E-5	-1.80E-05
4.00948000E-1	-4.34160900E-5	-1.74E-05
4.29504400E-1	-3.70990300E-5	-1.59E-05
4.58029500E-1	-2.82380600E-5	-1.29E-05
4.86516700E-1	-1.51799300E-5	-7.39E-06
5.15031800E-1	-2.12144900E-6	-1.09E-06
5.43588600E-1	2.37414100E-5	1.29E-05
5.72185200E-1	6.42457900E-5	3.68E-05
6.00734900E-1	1.03411500E-4	6.21E-05
6.29262300E-1	1.66547500E-4	1.05E-04
6.57822600E-1	2.37833100E-4	1.56E-04
6.86388100E-1	3.20951700E-4	2.20E-04
7.14912700E-1	4.15441200E-4	2.97E-04
7.43437200E-1	5.20173200E-4	3.87E-04
7.71992700E-1	6.32942200E-4	4.89E-04
8.00490400E-1	7.48315100E-4	5.99E-04
8.29056400E-1	8.57141900E-4	7.11E-04
8.57621100E-1	9.44352300E-4	8.10E-04
8.86214700E-1	9.92258200E-4	8.79E-04
9.14777600E-1	1.00691400E-3	9.21E-04
9.43295100E-1	1.02303200E-3	9.65E-04
9.71821700E-1	1.04328500E-3	1.01E-03
1.00018100E+0	1.05007900E-3	1.05E-03
-5.57794600E-2	-1.02211500E-3	5.70E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเมทานอลเป็น

เวลา 3 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57680100E-2	-1.71860900E-4	9.58E-06
-2.72059400E-2	-1.68781500E-4	4.59E-06
1.29652000E-3	-1.69041800E-4	-2.19E-07
2.98209200E-2	-1.66428300E-4	-4.96E-06
5.83784600E-2	-1.65904400E-4	-9.69E-06
8.69348000E-2	-1.64021300E-4	-1.43E-05
1.15525000E-1	-1.63045800E-4	-1.88E-05
1.44064200E-1	-1.61379500E-4	-2.32E-05
1.72560500E-1	-1.59469200E-4	-2.75E-05
2.01082200E-1	-1.57671500E-4	-3.17E-05
2.29640200E-1	-1.54418300E-4	-3.55E-05
2.58165800E-1	-1.52197800E-4	-3.93E-05
2.86724600E-1	-1.49198300E-4	-4.28E-05
3.15312900E-1	-1.45333600E-4	-4.58E-05
3.43838500E-1	-1.40325900E-4	-4.82E-05
3.72396700E-1	-1.34241000E-4	-5.00E-05
4.00948800E-1	-1.25274500E-4	-5.02E-05
4.29505800E-1	-1.12952100E-4	-4.85E-05
4.58030500E-1	-1.01232100E-4	-4.64E-05
4.86517700E-1	-6.66682600E-5	-3.24E-05
5.15040900E-1	-2.75166700E-5	-1.42E-05
5.43590800E-1	2.30602600E-5	1.25E-05
5.72190200E-1	8.82981000E-5	5.05E-05
6.00737800E-1	1.50921500E-4	9.07E-05
6.29264700E-1	2.71656400E-4	1.71E-04
6.57826200E-1	4.07893700E-4	2.68E-04
6.86393300E-1	5.69145700E-4	3.91E-04
7.14918700E-1	7.50934000E-4	5.37E-04
7.43444900E-1	9.43741100E-4	7.02E-04
7.70355700E-1	1.05007900E-3	8.09E-04
8.00484200E-1	9.95029700E-4	7.97E-04
8.29048300E-1	1.20796800E-3	1.00E-03
8.57611500E-1	1.36392700E-3	1.17E-03
8.86204200E-1	1.49227600E-3	1.32E-03
9.14766900E-1	1.59175200E-3	1.46E-03
9.43284600E-1	1.67508100E-3	1.58E-03
9.71810800E-1	1.75073600E-3	1.70E-03
1.00036500E+0	1.81832400E-3	1.82E-03
-5.57670600E-2	-2.25079700E-3	1.26E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเมทานอลเป็น

เวลา 4 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57673000E-2	-1.92494100E-4	1.07E-05
-2.72059400E-2	-1.88267300E-4	5.12E-06
1.29723500E-3	-1.88684400E-4	-2.45E-07
2.98211600E-2	-1.86336100E-4	-5.56E-06
5.83794100E-2	-1.85122600E-4	-1.08E-05
8.69348000E-2	-1.84539900E-4	-1.60E-05
1.15526200E-1	-1.82693200E-4	-2.11E-05
1.44065600E-1	-1.81327800E-4	-2.61E-05
1.72562100E-1	-1.79644000E-4	-3.10E-05
2.01084100E-1	-1.78206500E-4	-3.58E-05
2.29642900E-1	-1.76092700E-4	-4.04E-05
2.58168000E-1	-1.72912300E-4	-4.46E-05
2.86725300E-1	-1.68469300E-4	-4.83E-05
3.15314800E-1	-1.62506500E-4	-5.12E-05
3.43839200E-1	-1.54316000E-4	-5.31E-05
3.72397400E-1	-1.41790800E-4	-5.28E-05
4.00948800E-1	-1.24298600E-4	-4.98E-05
4.29505600E-1	-1.02698700E-4	-4.41E-05
4.58030000E-1	-8.20318200E-5	-3.76E-05
4.86516700E-1	-4.40270100E-5	-2.14E-05
5.15039900E-1	-1.52806500E-5	-7.87E-06
5.43591700E-1	3.82814800E-5	2.08E-05
5.72190400E-1	9.55336400E-5	5.47E-05
6.00736500E-1	1.52940200E-4	9.19E-05
6.29263900E-1	2.41368000E-4	1.52E-04
6.57824500E-1	3.37985800E-4	2.22E-04
6.86390300E-1	4.47843600E-4	3.07E-04
7.14915800E-1	5.70121100E-4	4.08E-04
7.43440500E-1	7.03118500E-4	5.23E-04
7.71996300E-1	8.43606900E-4	6.50E-04
8.00493800E-1	9.84268100E-4	7.88E-04
8.26545800E-1	1.05008100E-3	8.71E-04
8.57610200E-1	9.03794500E-4	7.75E-04
8.86211300E-1	8.21821000E-4	7.28E-04
9.14775100E-1	9.37629300E-4	8.58E-04
9.43294500E-1	1.01143700E-3	9.54E-04
9.71822100E-1	1.05003200E-3	1.02E-03
1.00036400E+0	9.25414300E-4	9.26E-04
-5.57687300E-2	-2.55757100E-3	1.43E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากข้าวเหนียวดำที่สกัดจากเมทานอลเป็น

เวลา 5 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57673000E-2	-1.41513400E-4	7.89E-06
-2.72052300E-2	-1.38274500E-4	3.76E-06
1.29675900E-3	-1.38779600E-4	-1.80E-07
2.98214000E-2	-1.37321700E-4	-4.10E-06
5.83791700E-2	-1.36511500E-4	-7.97E-06
8.69345700E-2	-1.35757000E-4	-1.18E-05
1.15525200E-1	-1.34313400E-4	-1.55E-05
1.44064900E-1	-1.33180100E-4	-1.92E-05
1.72560700E-1	-1.31437000E-4	-2.27E-05
2.01082200E-1	-1.29496000E-4	-2.60E-05
2.29640200E-1	-1.27390300E-4	-2.93E-05
2.58166100E-1	-1.24920700E-4	-3.23E-05
2.86725000E-1	-1.21763800E-4	-3.49E-05
3.15314100E-1	-1.17858600E-4	-3.72E-05
3.43839200E-1	-1.12657300E-4	-3.87E-05
3.72397400E-1	-1.06122300E-4	-3.95E-05
4.00952100E-1	-1.02254400E-4	-4.10E-05
4.29505600E-1	-8.50557100E-5	-3.65E-05
4.58031200E-1	-6.67215200E-5	-3.06E-05
4.86516700E-1	-4.27522600E-5	-2.08E-05
5.15040200E-1	-1.19939100E-5	-6.18E-06
5.43590100E-1	2.77586400E-5	1.51E-05
5.72186900E-1	7.93883000E-5	4.54E-05
6.00735700E-1	1.34643700E-4	8.09E-05
6.29262900E-1	2.29091200E-4	1.44E-04
6.57824800E-1	3.41340000E-4	2.25E-04
6.86391100E-1	4.75931700E-4	3.27E-04
7.14917100E-1	6.26003300E-4	4.48E-04
7.43442500E-1	7.74204500E-4	5.76E-04
7.71997900E-1	9.00255900E-4	6.94E-04
8.00495400E-1	1.01826200E-3	8.15E-04
8.29046500E-1	9.93442700E-4	8.24E-04
8.57609900E-1	1.22046200E-3	1.05E-03
8.86203100E-1	1.41045700E-3	1.25E-03
9.14765100E-1	1.58071100E-3	1.45E-03
9.43283300E-1	1.72638200E-3	1.63E-03
9.71809300E-1	1.84764900E-3	1.80E-03
1.00036400E+0	1.94738000E-3	1.95E-03
-5.57677700E-2	-1.19407600E-3	6.66E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากขงโคที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57692100E-2	-4.66374500E-5	2.60E-06
-2.72069000E-2	-4.30042400E-5	1.17E-06
1.29699700E-3	-4.27076700E-5	-5.54E-08
2.98204400E-2	-4.17007200E-5	-1.24E-06
5.83784600E-2	-4.11904500E-5	-2.40E-06
8.69348000E-2	-4.05357100E-5	-3.52E-06
1.15525200E-1	-4.02518500E-5	-4.65E-06
1.44065100E-1	-3.97931400E-5	-5.73E-06
1.72560200E-1	-3.92743800E-5	-6.78E-06
2.01082500E-1	-3.86997300E-5	-7.78E-06
2.29640700E-1	-3.81452100E-5	-8.76E-06
2.58166300E-1	-3.74195400E-5	-9.66E-06
2.86724800E-1	-3.64435300E-5	-1.04E-05
3.15312400E-1	-3.53793700E-5	-1.12E-05
3.43838000E-1	-3.39950300E-5	-1.17E-05
3.72395000E-1	-3.19651700E-5	-1.19E-05
4.00947300E-1	-2.85477600E-5	-1.14E-05
4.29505100E-1	-2.26661900E-5	-9.74E-06
4.58030000E-1	-1.18251600E-5	-5.42E-06
4.86516700E-1	-2.57421000E-6	-1.25E-06
5.15041600E-1	2.34863900E-5	1.21E-05
5.43593900E-1	8.46367700E-5	4.60E-05
5.72179100E-1	1.24221400E-4	7.11E-05
6.00735900E-1	2.42227100E-4	1.46E-04
6.29263800E-1	3.61877100E-4	2.28E-04
6.57825600E-1	5.05690900E-4	3.33E-04
6.86392700E-1	6.74152300E-4	4.63E-04
7.14919000E-1	8.65674600E-4	6.19E-04
7.43444400E-1	1.04761300E-3	7.79E-04
7.71986600E-1	1.10472300E-3	8.51E-04
8.00483000E-1	1.38770100E-3	1.11E-03
8.29046800E-1	1.62048300E-3	1.34E-03
8.57611200E-1	1.81779700E-3	1.56E-03
8.86203500E-1	1.95872900E-3	1.74E-03
9.14766200E-1	2.03207900E-3	1.86E-03
9.43284700E-1	2.05881800E-3	1.94E-03
9.71810000E-1	2.07104800E-3	2.01E-03
1.00036400E+0	2.08072400E-3	2.08E-03
-5.57680100E-2	-3.17624800E-3	1.77E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากขงโคที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57704000E-2	-4.51936200E-5	2.52E-06
-2.72061800E-2	-4.28324900E-5	1.17E-06
1.29675900E-3	-4.29217300E-5	-5.56E-08
2.98216300E-2	-4.23162000E-5	-1.26E-06
5.83791700E-2	-4.19023600E-5	-2.45E-06
8.69350400E-2	-4.17137500E-5	-3.63E-06
1.15525700E-1	-4.16794500E-5	-4.82E-06
1.44063900E-1	-4.15478900E-5	-5.99E-06
1.72560500E-1	-4.13151600E-5	-7.13E-06
2.01082000E-1	-4.11454700E-5	-8.27E-06
2.29640500E-1	-4.08994800E-5	-9.39E-06
2.58165600E-1	-4.06666500E-5	-1.05E-05
2.86723100E-1	-4.03500200E-5	-1.16E-05
3.15313300E-1	-3.99679100E-5	-1.26E-05
3.43837700E-1	-3.96094400E-5	-1.36E-05
3.72396500E-1	-3.89070900E-5	-1.45E-05
4.00948800E-1	-3.78630200E-5	-1.52E-05
4.29505300E-1	-3.60138100E-5	-1.55E-05
4.58030700E-1	-3.32165800E-5	-1.52E-05
4.86517200E-1	-2.83478300E-5	-1.38E-05
5.15040400E-1	-2.00822500E-5	-1.03E-05
5.43587000E-1	-1.62816400E-5	-8.85E-06
5.72184100E-1	1.30243400E-5	7.45E-06
6.00740000E-1	4.32554000E-5	2.60E-05
6.29270000E-1	8.16943900E-5	5.14E-05
6.57823100E-1	1.00489500E-4	6.61E-05
6.86388500E-1	2.03445900E-4	1.40E-04
7.14913500E-1	3.04858400E-4	2.18E-04
7.43437300E-1	4.39202600E-4	3.27E-04
7.71993000E-1	6.11242800E-4	4.71E-04
8.00491600E-1	8.19429300E-4	6.56E-04
8.29059200E-1	1.03956500E-3	8.62E-04
8.57611400E-1	1.10723000E-3	9.50E-04
8.86204500E-1	1.39932200E-3	1.24E-03
9.14766700E-1	1.61936400E-3	1.48E-03
9.43284500E-1	1.78234700E-3	1.68E-03
9.71810900E-1	1.88100600E-3	1.83E-03
1.00036500E+0	1.92558400E-3	1.93E-03
-5.57680100E-2	-2.26876600E-3	1.27E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากขงโคที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57689700E-2	-5.99217200E-5	3.34E-06
-2.72061800E-2	-5.60063300E-5	1.52E-06
1.29509000E-3	-5.57673000E-5	-7.23E-08
2.98202000E-2	-5.48424700E-5	-1.64E-06
5.83772700E-2	-5.46150300E-5	-3.19E-06
8.69338500E-2	-5.43471800E-5	-4.72E-06
1.15524100E-1	-5.39676100E-5	-6.23E-06
1.44063700E-1	-5.36221800E-5	-7.73E-06
1.72560200E-1	-5.31496800E-5	-9.17E-06
2.01081500E-1	-5.29431400E-5	-1.06E-05
2.29640000E-1	-5.23865200E-5	-1.20E-05
2.58165400E-1	-5.18497700E-5	-1.34E-05
2.86723100E-1	-5.13071300E-5	-1.47E-05
3.15312100E-1	-5.05687200E-5	-1.59E-05
3.43836100E-1	-4.95630700E-5	-1.70E-05
3.72395500E-1	-4.81715300E-5	-1.79E-05
4.00947300E-1	-4.63776200E-5	-1.86E-05
4.29504600E-1	-4.32573100E-5	-1.86E-05
4.58030000E-1	-3.82171100E-5	-1.75E-05
4.86517000E-1	-2.96953400E-5	-1.44E-05
5.15041600E-1	-1.59735900E-5	-8.23E-06
5.44010900E-1	-1.00311000E-5	-5.45E-06
5.72179600E-1	8.67340700E-6	4.96E-06
6.00741100E-1	6.12293200E-5	3.68E-05
6.29273100E-1	9.96847900E-5	6.27E-05
6.57821400E-1	1.23839800E-4	8.15E-05
6.86387500E-1	2.24181800E-4	1.54E-04
7.14912300E-1	3.19458000E-4	2.28E-04
7.43435900E-1	4.40787300E-4	3.28E-04
7.71991300E-1	5.92052000E-4	4.56E-04
8.00489300E-1	7.74213900E-4	6.20E-04
8.29055700E-1	9.85317400E-4	8.17E-04
8.57609300E-1	1.11606200E-3	9.57E-04
8.86202100E-1	1.40518100E-3	1.25E-03
9.14764600E-1	1.67922500E-3	1.54E-03
9.43283000E-1	1.94457500E-3	1.83E-03
9.71809500E-1	2.18145800E-3	2.12E-03
1.00036500E+0	2.36687300E-3	2.37E-03
-5.57665800E-2	-1.53257600E-3	8.55E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากรงกที่สกัดจากเหทานอลเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57744500E-2	-8.22109100E-5	4.58E-06
-2.72104700E-2	-7.92265600E-5	2.16E-06
1.29747400E-3	-7.92259200E-5	-1.03E-07
2.98216300E-2	-7.80898400E-5	-2.33E-06
5.83801300E-2	-7.74275000E-5	-4.52E-06
8.69340900E-2	-7.71578900E-5	-6.71E-06
1.15525200E-1	-7.62422600E-5	-8.81E-06
1.44063700E-1	-7.56551500E-5	-1.09E-05
1.72559300E-1	-7.50295000E-5	-1.29E-05
2.01082700E-1	-7.40379300E-5	-1.49E-05
2.29641000E-1	-7.31422000E-5	-1.68E-05
2.58167000E-1	-7.16831000E-5	-1.85E-05
2.86724300E-1	-7.04745000E-5	-2.02E-05
3.15312600E-1	-6.85442200E-5	-2.16E-05
3.43837000E-1	-6.61747800E-5	-2.28E-05
3.72395300E-1	-6.29333500E-5	-2.34E-05
4.00947300E-1	-5.79713100E-5	-2.32E-05
4.29504200E-1	-4.99271800E-5	-2.14E-05
4.58030000E-1	-3.57568200E-5	-1.64E-05
4.86517000E-1	-1.10935900E-5	-5.40E-06
5.15043000E-1	3.02887500E-5	1.56E-05
5.43596500E-1	9.29243800E-5	5.05E-05
5.72180400E-1	1.71011900E-4	9.79E-05
6.00737800E-1	3.22596600E-4	1.94E-04
6.29265400E-1	5.04831700E-4	3.18E-04
6.57828700E-1	7.31474000E-4	4.81E-04
6.86397100E-1	9.95801300E-4	6.84E-04
7.14909900E-1	1.15826600E-3	8.28E-04
7.43433200E-1	1.48220400E-3	1.10E-03
7.71987900E-1	1.76940700E-3	1.36E-03
8.00484400E-1	1.99080600E-3	1.59E-03
8.29048600E-1	2.10742700E-3	1.75E-03
8.57611500E-1	2.13088600E-3	1.83E-03
8.86204100E-1	2.11537400E-3	1.87E-03
9.14766000E-1	2.09399600E-3	1.92E-03
9.43284000E-1	2.09966900E-3	1.98E-03
9.71810100E-1	2.13984900E-3	2.08E-03
1.00036500E+0	2.20684100E-3	2.21E-03
-5.57684900E-2	-3.39950000E-3	1.90E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากขงโคที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57727800E-2	-7.23869300E-5	4.04E-06
-2.72097600E-2	-6.98403300E-5	1.90E-06
1.29604300E-3	-7.01342200E-5	-9.09E-08
2.98206800E-2	-6.92224600E-5	-2.06E-06
5.83798900E-2	-6.89547000E-5	-4.03E-06
8.69352800E-2	-6.87421100E-5	-5.98E-06
1.15526000E-1	-6.83856600E-5	-7.90E-06
1.44064700E-1	-6.81350100E-5	-9.82E-06
1.72560000E-1	-6.76509100E-5	-1.17E-05
2.01081800E-1	-6.75366000E-5	-1.36E-05
2.29639500E-1	-6.72028800E-5	-1.54E-05
2.58165800E-1	-6.67589500E-5	-1.72E-05
2.86723900E-1	-6.62638000E-5	-1.90E-05
3.15312600E-1	-6.55265500E-5	-2.07E-05
3.43838200E-1	-6.50404000E-5	-2.24E-05
3.72396500E-1	-6.38802000E-5	-2.38E-05
4.00948300E-1	-6.19763300E-5	-2.48E-05
4.29505300E-1	-5.90259200E-5	-2.54E-05
4.58031400E-1	-5.38929900E-5	-2.47E-05
4.86517200E-1	-4.41223500E-5	-2.15E-05
5.15041100E-1	-2.74334900E-5	-1.41E-05
5.43587200E-1	-1.96134400E-5	-1.07E-05
5.72182800E-1	2.96999500E-5	1.70E-05
6.00743100E-1	7.59512000E-5	4.56E-05
6.29263500E-1	1.07020600E-4	6.73E-05
6.57825000E-1	2.18464500E-4	1.44E-04
6.86391200E-1	3.37543000E-4	2.32E-04
7.14916600E-1	4.92880000E-4	3.52E-04
7.43441800E-1	6.88202000E-4	5.12E-04
7.71998400E-1	9.21758100E-4	7.10E-04
8.00485000E-1	1.04429900E-3	8.36E-04
8.29049300E-1	1.34539700E-3	1.12E-03
8.57613000E-1	1.60898500E-3	1.38E-03
8.86205700E-1	1.80882900E-3	1.60E-03
9.14768900E-1	1.89721600E-3	1.74E-03
9.43286100E-1	1.90181800E-3	1.79E-03
9.71811400E-1	1.88753200E-3	1.83E-03
1.00036600E+0	1.87414600E-3	1.87E-03
-5.57665800E-2	-2.43433500E-3	1.36E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากขงโคที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57701600E-2	-5.26970700E-5	2.94E-06
-2.72066600E-2	-4.91735000E-5	1.34E-06
1.29723500E-3	-4.89495700E-5	-6.35E-08
2.98206800E-2	-4.81173900E-5	-1.43E-06
5.83794100E-2	-4.74592500E-5	-2.77E-06
8.69336100E-2	-4.70799000E-5	-4.09E-06
1.15525200E-1	-4.63698800E-5	-5.36E-06
1.44064400E-1	-4.57256000E-5	-6.59E-06
1.72560700E-1	-4.49791100E-5	-7.76E-06
2.01083700E-1	-4.39746400E-5	-8.84E-06
2.29640700E-1	-4.30310200E-5	-9.88E-06
2.58167000E-1	-4.16763100E-5	-1.08E-05
2.86724800E-1	-4.03691500E-5	-1.16E-05
3.15314800E-1	-3.86153300E-5	-1.22E-05
3.43839400E-1	-3.66052800E-5	-1.26E-05
3.72397200E-1	-3.41411400E-5	-1.27E-05
4.00950200E-1	-3.06227200E-5	-1.23E-05
4.29505300E-1	-2.56753400E-5	-1.10E-05
4.58031700E-1	-1.81291800E-5	-8.30E-06
4.86516700E-1	-1.70098100E-5	-8.28E-06
5.15039700E-1	-2.84984800E-6	-1.47E-06
5.43589400E-1	1.49371800E-5	8.12E-06
5.72186100E-1	5.65506600E-5	3.24E-05
6.00746900E-1	9.32631900E-5	5.60E-05
6.29263500E-1	1.16176700E-4	7.31E-05
6.57824400E-1	2.01948700E-4	1.33E-04
6.86390300E-1	2.93156000E-4	2.01E-04
7.14915200E-1	4.12293500E-4	2.95E-04
7.43439600E-1	5.63206400E-4	4.19E-04
7.71995800E-1	7.44849300E-4	5.74E-04
8.00494800E-1	9.46819800E-4	7.58E-04
8.29047700E-1	9.42970600E-4	7.82E-04
8.57612100E-1	1.18230200E-3	1.01E-03
8.86205100E-1	1.35220900E-3	1.20E-03
9.14767900E-1	1.46962600E-3	1.34E-03
9.43285600E-1	1.55807200E-3	1.47E-03
9.71811100E-1	1.64367100E-3	1.60E-03
1.00036500E+0	1.73193000E-3	1.73E-03
-5.57677700E-2	-1.80491600E-3	1.01E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากขงโคที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57735000E-2	-8.00149000E-5	4.46E-06
-2.72111900E-2	-7.76606500E-5	2.11E-06
1.29604300E-3	-7.78202200E-5	-1.01E-07
2.98214000E-2	-7.66551100E-5	-2.29E-06
5.83772700E-2	-7.63057200E-5	-4.45E-06
8.69343300E-2	-7.61032100E-5	-6.62E-06
1.15524300E-1	-7.64067400E-5	-8.83E-06
1.44062800E-1	-7.59736400E-5	-1.09E-05
1.72559700E-1	-7.51711000E-5	-1.30E-05
2.01080300E-1	-7.44221800E-5	-1.50E-05
2.29639300E-1	-7.40223200E-5	-1.70E-05
2.58164900E-1	-7.30398500E-5	-1.89E-05
2.86722200E-1	-7.23644800E-5	-2.07E-05
3.15311400E-1	-7.12481000E-5	-2.25E-05
3.43836800E-1	-6.97206900E-5	-2.40E-05
3.72394300E-1	-6.75654600E-5	-2.52E-05
4.00947300E-1	-6.34938500E-5	-2.55E-05
4.29504900E-1	-5.69212400E-5	-2.44E-05
4.58029700E-1	-4.58297300E-5	-2.10E-05
4.86517200E-1	-2.84733300E-5	-1.39E-05
5.15039000E-1	-2.44470900E-5	-1.26E-05
5.43590800E-1	2.10167300E-5	1.14E-05
5.72184700E-1	5.87857100E-5	3.36E-05
6.00745800E-1	9.83441600E-5	5.91E-05
6.29261400E-1	1.20142000E-4	7.56E-05
6.57822800E-1	2.20535100E-4	1.45E-04
6.86388900E-1	3.21521300E-4	2.21E-04
7.14913700E-1	4.51637000E-4	3.23E-04
7.43438400E-1	6.14929000E-4	4.57E-04
7.71994800E-1	8.11161100E-4	6.25E-04
8.00494200E-1	1.02535800E-3	8.21E-04
8.29046100E-1	1.08384000E-3	8.99E-04
8.57609700E-1	1.34728800E-3	1.16E-03
8.86202300E-1	1.55580600E-3	1.38E-03
9.14764600E-1	1.71461700E-3	1.57E-03
9.43282500E-1	1.83831300E-3	1.73E-03
9.71808700E-1	1.96004800E-3	1.90E-03
1.00036300E+0	2.08347400E-3	2.08E-03
-5.57675400E-2	-2.01668500E-3	1.12E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากขงโคที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57746900E-2	-9.23852900E-5	5.15E-06
-2.72128600E-2	-8.98210300E-5	2.44E-06
1.29795100E-3	-8.95267000E-5	-1.16E-07
2.98206800E-2	-8.84175800E-5	-2.64E-06
5.83794100E-2	-8.75793600E-5	-5.11E-06
8.69336100E-2	-8.67955700E-5	-7.55E-06
1.15524800E-1	-8.65558200E-5	-1.00E-05
1.44063500E-1	-8.59903800E-5	-1.24E-05
1.72560200E-1	-8.50516400E-5	-1.47E-05
2.01081300E-1	-8.41222900E-5	-1.69E-05
2.29638800E-1	-8.28174800E-5	-1.90E-05
2.58165800E-1	-8.16447900E-5	-2.11E-05
2.86723400E-1	-8.02165900E-5	-2.30E-05
3.15313600E-1	-7.78404800E-5	-2.45E-05
3.43837300E-1	-7.51896000E-5	-2.59E-05
3.72396500E-1	-7.08326400E-5	-2.64E-05
4.00947800E-1	-6.45939900E-5	-2.59E-05
4.29504200E-1	-5.54319100E-5	-2.38E-05
4.58028800E-1	-4.25716400E-5	-1.95E-05
4.86515000E-1	-2.56094900E-5	-1.25E-05
5.15038300E-1	-1.86101800E-5	-9.59E-06
5.43588200E-1	1.95863000E-5	1.06E-05
5.72184800E-1	5.69461900E-5	3.26E-05
6.00746200E-1	1.00058800E-4	6.01E-05
6.29260500E-1	1.31024600E-4	8.24E-05
6.57822300E-1	2.27653500E-4	1.50E-04
6.86388500E-1	3.28493400E-4	2.25E-04
7.14914000E-1	4.56279500E-4	3.26E-04
7.43437600E-1	6.16025100E-4	4.58E-04
7.71993600E-1	8.09478300E-4	6.24E-04
8.00493000E-1	1.02585300E-3	8.21E-04
8.29046200E-1	1.12905900E-3	9.36E-04
8.57610500E-1	1.40924100E-3	1.21E-03
8.86203200E-1	1.65303700E-3	1.46E-03
9.14765600E-1	1.85740300E-3	1.70E-03
9.43283600E-1	2.00318900E-3	1.89E-03
9.71809900E-1	2.09901600E-3	2.04E-03
1.00036500E+0	2.18181200E-3	2.18E-03
-5.57665800E-2	-2.39132400E-3	1.33E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากขงโคที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57739700E-2	-8.34301600E-5	4.65E-06
-2.72121400E-2	-8.03286700E-5	2.19E-06
1.29652000E-3	-7.98298400E-5	-1.04E-07
2.98202000E-2	-7.89125300E-5	-2.35E-06
5.83789300E-2	-7.80208600E-5	-4.55E-06
8.69338500E-2	-7.74041400E-5	-6.73E-06
1.15524500E-1	-7.65880400E-5	-8.85E-06
1.44063900E-1	-7.58343400E-5	-1.09E-05
1.72560200E-1	-7.51732200E-5	-1.30E-05
2.01081500E-1	-7.40460500E-5	-1.49E-05
2.29638600E-1	-7.32794000E-5	-1.68E-05
2.58164900E-1	-7.21290000E-5	-1.86E-05
2.86722400E-1	-7.07834300E-5	-2.03E-05
3.15311000E-1	-6.93778300E-5	-2.19E-05
3.43835600E-1	-6.70359300E-5	-2.30E-05
3.72394100E-1	-6.42980600E-5	-2.39E-05
4.00946900E-1	-5.98812800E-5	-2.40E-05
4.29504600E-1	-5.29271500E-5	-2.27E-05
4.58029500E-1	-4.22979500E-5	-1.94E-05
4.86516500E-1	-2.57549400E-5	-1.25E-05
5.15039200E-1	-1.91303000E-5	-9.85E-06
5.43589400E-1	2.43194000E-5	1.32E-05
5.72186000E-1	6.61383500E-5	3.78E-05
6.00740800E-1	1.04994100E-4	6.31E-05
6.29261400E-1	1.49468200E-4	9.41E-05
6.57823100E-1	2.55650300E-4	1.68E-04
6.86389100E-1	3.69342500E-4	2.54E-04
7.14913800E-1	5.13843800E-4	3.67E-04
7.43438600E-1	6.94013600E-4	5.16E-04
7.71995100E-1	9.10905800E-4	7.02E-04
8.00482200E-1	1.05795700E-3	8.47E-04
8.29046400E-1	1.35527100E-3	1.12E-03
8.57610300E-1	1.64507700E-3	1.41E-03
8.86203300E-1	1.92395100E-3	1.71E-03
9.14766100E-1	2.16448300E-3	1.98E-03
9.43284700E-1	2.34073000E-3	2.21E-03
9.71810500E-1	2.43994400E-3	2.37E-03
1.00036500E+0	2.47604700E-3	2.48E-03
-5.57668200E-2	-1.71227700E-3	9.55E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากขงโคที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57708700E-2	-4.79221100E-5	2.67E-06
-2.72073700E-2	-4.58154500E-5	1.25E-06
1.29485100E-3	-4.56742400E-5	-5.92E-08
2.98197300E-2	-4.47380600E-5	-1.33E-06
5.83775000E-2	-4.42059700E-5	-2.58E-06
8.69331400E-2	-4.38946600E-5	-3.82E-06
1.15524800E-1	-4.33319400E-5	-5.01E-06
1.44063200E-1	-4.26997300E-5	-6.15E-06
1.72558800E-1	-4.21607300E-5	-7.28E-06
2.01080800E-1	-4.13606300E-5	-8.32E-06
2.29638800E-1	-4.05577000E-5	-9.31E-06
2.58164900E-1	-3.95615900E-5	-1.02E-05
2.86722900E-1	-3.83319100E-5	-1.10E-05
3.15311900E-1	-3.68348600E-5	-1.16E-05
3.43836800E-1	-3.50392400E-5	-1.20E-05
3.72395300E-1	-3.27302800E-5	-1.22E-05
4.00947300E-1	-2.94629000E-5	-1.18E-05
4.29503900E-1	-2.49636400E-5	-1.07E-05
4.58029500E-1	-1.87300900E-5	-8.58E-06
4.86514600E-1	-1.76712800E-5	-8.60E-06
5.15040400E-1	-8.78208700E-6	-4.52E-06
5.43599400E-1	1.04780100E-5	5.70E-06
5.72180700E-1	2.20283700E-5	1.26E-05
6.00740200E-1	6.00599200E-5	3.61E-05
6.29269500E-1	9.23498000E-5	5.81E-05
6.57821200E-1	1.09937900E-4	7.23E-05
6.86387200E-1	1.85780300E-4	1.28E-04
7.14911900E-1	2.61535500E-4	1.87E-04
7.43435600E-1	3.55253900E-4	2.64E-04
7.71990500E-1	4.64677200E-4	3.58E-04
8.00488200E-1	5.79870700E-4	4.64E-04
8.29054100E-1	6.82170700E-4	5.66E-04
8.57618500E-1	7.47883100E-4	6.41E-04
8.86212100E-1	7.85054100E-4	6.96E-04
9.14774500E-1	8.19803000E-4	7.50E-04
9.43293000E-1	8.66349700E-4	8.17E-04
9.71819900E-1	9.28449900E-4	9.02E-04
1.00037500E+0	9.96917500E-4	9.97E-04
1.96332200E-1	-1.04980300E-3	5.85E-05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57491800E-2	-5.60352200E-5	3.12E-06
-2.72007000E-2	-5.30751000E-5	1.44E-06
1.21307400E-3	-5.27156400E-5	-6.83E-08
2.97255500E-2	-5.15442500E-5	-1.54E-06
5.82714100E-2	-5.07401100E-5	-2.96E-06
8.68141700E-2	-5.00436100E-5	-4.35E-06
1.15390300E-1	-4.92078800E-5	-5.68E-06
1.43931600E-1	-4.81598500E-5	-6.94E-06
1.72440500E-1	-4.69096800E-5	-8.09E-06
2.00976100E-1	-4.51957200E-5	-9.09E-06
2.29546100E-1	-4.29032800E-5	-9.85E-06
2.58083800E-1	-4.00157300E-5	-1.03E-05
2.86630900E-1	-3.59954300E-5	-1.03E-05
3.15208200E-1	-3.11136700E-5	-9.81E-06
3.43718100E-1	-2.49938700E-5	-8.59E-06
3.72263200E-1	-1.70022700E-5	-6.33E-06
4.00808100E-1	-2.18849200E-5	-8.77E-06
4.29382100E-1	-4.94356900E-6	-2.12E-06
4.57920800E-1	2.36938700E-5	1.09E-05
4.86426400E-1	8.70083800E-5	4.23E-05
5.14953900E-1	1.54520500E-4	7.96E-05
5.43501400E-1	2.94316900E-4	1.60E-04
5.72082000E-1	4.56331600E-4	2.61E-04
6.00626200E-1	6.47977300E-4	3.89E-04
6.29141100E-1	8.55681000E-4	5.38E-04
6.57644900E-1	1.05006300E-3	6.91E-04
6.86250000E-1	1.21808600E-3	8.36E-04
7.14786300E-1	1.50510000E-3	1.08E-03
7.43322700E-1	1.78586600E-3	1.33E-03
7.71889300E-1	2.04205000E-3	1.57E-03
8.00394900E-1	2.32627500E-3	1.86E-03
8.28945200E-1	2.58885000E-3	2.15E-03
8.57494500E-1	2.85184900E-3	2.45E-03
8.86072300E-1	3.07126100E-3	2.72E-03
9.14621100E-1	3.30776100E-3	3.03E-03
9.43136300E-1	3.55378300E-3	3.35E-03
9.71676000E-1	3.80130900E-3	3.69E-03
1.00024400E+0	4.06542000E-3	4.07E-03
-5.57448900E-2	-1.82849200E-3	1.02E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57551400E-2	-7.63601300E-5	4.26E-06
-2.72052300E-2	-7.01841900E-5	1.91E-06
1.24287600E-3	-6.77290500E-5	-8.78E-08
2.97567800E-2	-6.49560800E-5	-1.94E-06
5.83045500E-2	-6.28464600E-5	-3.67E-06
8.68473100E-2	-6.07661800E-5	-5.28E-06
1.15425800E-1	-5.90275400E-5	-6.82E-06
1.43967900E-1	-5.80720700E-5	-8.37E-06
1.72475600E-1	-5.50589200E-5	-9.50E-06
2.01007100E-1	-5.23998800E-5	-1.05E-05
2.29576300E-1	-4.93346000E-5	-1.13E-05
2.58115100E-1	-4.55446400E-5	-1.18E-05
2.86663500E-1	-4.12240300E-5	-1.18E-05
3.15240400E-1	-3.50136400E-5	-1.10E-05
3.43752900E-1	-2.49837800E-5	-8.59E-06
3.72300600E-1	-2.15761400E-5	-8.03E-06
4.00849100E-1	2.50085300E-5	1.00E-05
4.29427100E-1	8.52920500E-5	3.66E-05
4.57954200E-1	1.66724200E-4	7.64E-05
4.86454000E-1	3.30530600E-4	1.61E-04
5.14990800E-1	5.28201500E-4	2.72E-04
5.43540000E-1	7.66880600E-4	4.17E-04
5.72124400E-1	1.02779900E-3	5.88E-04
6.00656200E-1	1.20842300E-3	7.26E-04
6.29170300E-1	1.54822100E-3	9.74E-04
6.57718900E-1	1.86917300E-3	1.23E-03
6.86290900E-1	2.18451100E-3	1.50E-03
7.14825700E-1	2.48836700E-3	1.78E-03
7.43360300E-1	2.77698000E-3	2.06E-03
7.71925900E-1	3.04731100E-3	2.35E-03
8.00430900E-1	3.29182600E-3	2.64E-03
8.28982100E-1	3.51831600E-3	2.92E-03
8.57533600E-1	3.72680600E-3	3.20E-03
8.86113600E-1	3.93363500E-3	3.49E-03
9.14663900E-1	4.14248600E-3	3.79E-03
9.43179800E-1	4.35004700E-3	4.10E-03
9.71717600E-1	4.55148000E-3	4.42E-03
1.00028400E+0	4.75451600E-3	4.76E-03
-5.57491800E-2	-5.07354800E-3	2.83E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57458400E-2	-1.09025400E-4	6.08E-06
-2.71945000E-2	-1.02106700E-4	2.78E-06
1.27148600E-3	-1.01224600E-4	-1.31E-07
2.97782400E-2	-1.04459700E-4	-3.12E-06
5.83260100E-2	-9.60727300E-5	-5.61E-06
8.68701900E-2	-9.38406400E-5	-8.16E-06
1.15450900E-1	-9.13671400E-5	-1.06E-05
1.43991000E-1	-8.88795000E-5	-1.28E-05
1.72498200E-1	-8.62616900E-5	-1.49E-05
2.01030500E-1	-8.31676700E-5	-1.67E-05
2.29600000E-1	-7.93140600E-5	-1.82E-05
2.58135800E-1	-7.48369300E-5	-1.93E-05
2.86684800E-1	-6.90423200E-5	-1.98E-05
3.15263300E-1	-6.04195200E-5	-1.91E-05
3.43778400E-1	-4.54829300E-5	-1.56E-05
3.72328000E-1	-1.82730900E-5	-6.80E-06
4.00878700E-1	3.04850800E-5	1.22E-05
4.29455800E-1	1.03610800E-4	4.45E-05
4.57980400E-1	2.11142900E-4	9.67E-05
4.86480200E-1	3.99398900E-4	1.94E-04
5.15016300E-1	6.11545300E-4	3.15E-04
5.43565500E-1	8.59048700E-4	4.67E-04
5.72137500E-1	1.02607300E-3	5.87E-04
6.00682600E-1	1.35606200E-3	8.15E-04
6.29197500E-1	1.67210700E-3	1.05E-03
6.57747500E-1	1.99340800E-3	1.31E-03
6.86319500E-1	2.31473100E-3	1.59E-03
7.14854200E-1	2.63058300E-3	1.88E-03
7.43387700E-1	2.93637600E-3	2.18E-03
7.71953200E-1	3.22596400E-3	2.49E-03
8.00457400E-1	3.48984900E-3	2.79E-03
8.29010400E-1	3.72734500E-3	3.09E-03
8.57562700E-1	3.94695000E-3	3.38E-03
8.86144000E-1	4.16859200E-3	3.69E-03
9.14695500E-1	4.39926800E-3	4.02E-03
9.43211600E-1	4.63581500E-3	4.37E-03
9.71749100E-1	4.87567100E-3	4.74E-03
1.00031400E+0	5.11811400E-3	5.12E-03
-5.57475100E-2	-6.12057500E-3	3.41E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57501300E-2	-1.27409200E-4	7.11E-06
-2.71935500E-2	-1.20610100E-4	3.28E-06
1.28269200E-3	-1.20016500E-4	-1.56E-07
2.98016100E-2	-1.15820200E-4	-3.45E-06
5.83541400E-2	-1.13693200E-4	-6.64E-06
8.69042900E-2	-1.11402000E-4	-9.68E-06
1.15490000E-1	-1.08661800E-4	-1.26E-05
1.44030300E-1	-1.05633300E-4	-1.52E-05
1.72531800E-1	-1.02780400E-4	-1.77E-05
2.01059100E-1	-1.11492500E-4	-2.24E-05
2.29623800E-1	-1.08621500E-4	-2.49E-05
2.58151800E-1	-1.04845600E-4	-2.71E-05
2.86704800E-1	-8.71665400E-5	-2.50E-05
3.15289500E-1	-7.89317600E-5	-2.49E-05
3.43808200E-1	-6.75777800E-5	-2.32E-05
3.72360900E-1	-4.90796200E-5	-1.83E-05
4.00911800E-1	-1.81624300E-5	-7.28E-06
4.29478600E-1	3.52521500E-5	1.51E-05
4.58006400E-1	1.04144600E-4	4.77E-05
4.86500700E-1	2.47627800E-4	1.20E-04
5.15030600E-1	4.22099800E-4	2.17E-04
5.43579800E-1	6.41470500E-4	3.49E-04
5.72170500E-1	9.01947800E-4	5.16E-04
6.00711100E-1	1.09680100E-3	6.59E-04
6.29231900E-1	1.45764700E-3	9.17E-04
6.57786700E-1	1.81537800E-3	1.19E-03
6.86356200E-1	2.18893000E-3	1.50E-03
7.14885700E-1	2.57031600E-3	1.84E-03
7.43414400E-1	2.95167100E-3	2.19E-03
7.71974600E-1	3.32243200E-3	2.56E-03
8.00475500E-1	3.66626300E-3	2.93E-03
8.29034300E-1	3.96878000E-3	3.29E-03
8.57592100E-1	4.21602900E-3	3.62E-03
8.86179300E-1	4.42086300E-3	3.92E-03
9.14735400E-1	4.61685900E-3	4.22E-03
9.43253000E-1	4.81925100E-3	4.55E-03
9.71785100E-1	5.02754500E-3	4.89E-03
1.00034600E+0	5.24043200E-3	5.24E-03
-5.57501300E-2	-6.75523800E-3	3.77E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเอทานอลเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57544200E-2	-6.87397300E-5	3.83E-06
-2.72009400E-2	-6.48045200E-5	1.76E-06
1.27434700E-3	-6.38297400E-5	-8.28E-08
2.97901600E-2	-6.19305500E-5	-1.85E-06
5.83403100E-2	-6.02653300E-5	-3.52E-06
8.68878400E-2	-5.86997800E-5	-5.10E-06
1.15469700E-1	-5.68851100E-5	-6.57E-06
1.44010300E-1	-5.48026600E-5	-7.90E-06
1.72516300E-1	-5.24865300E-5	-9.06E-06
2.01047200E-1	-5.00185100E-5	-1.01E-05
2.29613300E-1	-4.70523400E-5	-1.08E-05
2.58147000E-1	-4.36502700E-5	-1.13E-05
2.86699100E-1	-3.94257400E-5	-1.13E-05
3.15280200E-1	-3.44291000E-5	-1.09E-05
3.43795800E-1	-2.81449900E-5	-9.68E-06
3.72345700E-1	-1.94024300E-5	-7.23E-06
4.00894900E-1	-1.30737300E-5	-5.24E-06
4.29461500E-1	1.35077600E-5	5.80E-06
4.57999500E-1	4.99599300E-5	2.29E-05
4.86294000E-1	1.04995400E-4	5.11E-05
5.15023200E-1	1.98031100E-4	1.02E-04
5.43571200E-1	3.54872700E-4	1.93E-04
5.72158100E-1	5.59284100E-4	3.20E-04
6.00708100E-1	8.12235900E-4	4.88E-04
6.29216600E-1	1.00612900E-3	6.33E-04
6.57768500E-1	1.34356200E-3	8.84E-04
6.86339500E-1	1.67586800E-3	1.15E-03
7.14872600E-1	1.99370500E-3	1.43E-03
7.43404300E-1	2.28518500E-3	1.70E-03
7.71967500E-1	2.54375000E-3	1.96E-03
8.00470100E-1	2.75604800E-3	2.21E-03
8.29025100E-1	2.90937600E-3	2.41E-03
8.57579700E-1	2.99960700E-3	2.57E-03
8.86163400E-1	3.05735500E-3	2.71E-03
9.14716800E-1	3.11643900E-3	2.85E-03
9.43233700E-1	3.18733700E-3	3.01E-03
9.71768600E-1	3.27022100E-3	3.18E-03
1.00033200E+0	3.37128600E-3	3.37E-03
-5.57475100E-2	-4.67522200E-3	2.61E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดลิเทียมไอโวนแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57534700E-2	-4.53775300E-5	2.53E-06
-2.71978400E-2	-4.21341500E-5	1.15E-06
1.27816200E-3	-4.18066300E-5	-5.42E-08
2.97949300E-2	-4.09341000E-5	-1.22E-06
5.83450800E-2	-4.03080200E-5	-2.35E-06
8.68938000E-2	-3.95713700E-5	-3.44E-06
1.15476100E-1	-3.87114600E-5	-4.47E-06
1.44017000E-1	-3.77394900E-5	-5.44E-06
1.72520200E-1	-3.66645400E-5	-6.33E-06
2.01050000E-1	-3.53635400E-5	-7.11E-06
2.29616400E-1	-3.36553800E-5	-7.73E-06
2.58149900E-1	-3.14858000E-5	-8.13E-06
2.86700700E-1	-2.90654300E-5	-8.33E-06
3.15283100E-1	-2.55815000E-5	-8.07E-06
3.43800800E-1	-2.08477600E-5	-7.17E-06
3.72352600E-1	-1.35788600E-5	-5.06E-06
4.00899400E-1	-1.18059400E-5	-4.73E-06
4.29465500E-1	1.46673200E-5	6.30E-06
4.58001100E-1	4.27849600E-5	1.96E-05
4.86500500E-1	8.22781900E-5	4.00E-05
5.15023000E-1	1.22720400E-4	6.32E-05
5.43570000E-1	2.05373400E-4	1.12E-04
5.72156200E-1	2.97083400E-4	1.70E-04
6.00705400E-1	4.08506000E-4	2.45E-04
6.29225700E-1	5.40280400E-4	3.40E-04
6.57780500E-1	6.92709500E-4	4.56E-04
6.86352600E-1	8.65013500E-4	5.94E-04
7.14886900E-1	1.04194200E-3	7.45E-04
7.43405000E-1	1.12534300E-3	8.37E-04
7.71966900E-1	1.39706800E-3	1.08E-03
8.00468900E-1	1.64748900E-3	1.32E-03
8.29025100E-1	1.89102100E-3	1.57E-03
8.57580900E-1	2.11110200E-3	1.81E-03
8.86165700E-1	2.29345700E-3	2.03E-03
9.14720700E-1	2.43747900E-3	2.23E-03
9.43237500E-1	2.55812500E-3	2.41E-03
9.71771500E-1	2.66957600E-3	2.59E-03
1.00033400E+0	2.77895400E-3	2.78E-03
-5.57491800E-2	-3.97348100E-3	2.22E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57484600E-2	-1.02210000E-4	5.70E-06
-2.72076100E-2	-1.01085000E-4	2.75E-06
1.27434700E-3	-9.78736400E-5	-1.27E-07
2.97913600E-2	-9.64877300E-5	-2.88E-06
5.83419800E-2	-9.56267900E-5	-5.58E-06
8.68897400E-2	-9.45755600E-5	-8.22E-06
1.15472300E-1	-9.38184400E-5	-1.08E-05
1.44013200E-1	-9.27664100E-5	-1.34E-05
1.72517100E-1	-9.11846000E-5	-1.57E-05
2.01046900E-1	-8.93590500E-5	-1.80E-05
2.29612600E-1	-8.74697300E-5	-2.01E-05
2.58146000E-1	-8.48800800E-5	-2.19E-05
2.86698100E-1	-8.12672800E-5	-2.33E-05
3.15279000E-1	-7.64968000E-5	-2.41E-05
3.43795500E-1	-6.97213000E-5	-2.40E-05
3.72347400E-1	-5.88765500E-5	-2.19E-05
4.00896300E-1	-4.11108600E-5	-1.65E-05
4.29462700E-1	-1.27254500E-5	-5.47E-06
4.57999000E-1	2.94847700E-5	1.35E-05
4.86500700E-1	8.56152300E-5	4.17E-05
5.15023700E-1	1.33800000E-4	6.89E-05
5.43571200E-1	2.50767300E-4	1.36E-04
5.72157500E-1	3.65381700E-4	2.09E-04
6.00706500E-1	4.98954300E-4	3.00E-04
6.29226900E-1	6.51922500E-4	4.10E-04
6.57781100E-1	8.24856600E-4	5.43E-04
6.86354000E-1	1.00939000E-3	6.93E-04
7.14873700E-1	1.06081400E-3	7.58E-04
7.43404400E-1	1.33077100E-3	9.89E-04
7.71966900E-1	1.56789900E-3	1.21E-03
8.00468900E-1	1.79151900E-3	1.43E-03
8.29024300E-1	1.98739100E-3	1.65E-03
8.57580200E-1	2.14290900E-3	1.84E-03
8.86164300E-1	2.26890900E-3	2.01E-03
9.14718600E-1	2.39212800E-3	2.19E-03
9.43235200E-1	2.52223700E-3	2.38E-03
9.71769900E-1	2.65535400E-3	2.58E-03
1.00033200E+0	2.78850900E-3	2.79E-03
-5.57496500E-2	-5.83253700E-3	3.25E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57496500E-2	-1.84949500E-4	1.03E-05
-2.71964100E-2	-1.79074900E-4	4.87E-06
1.27935400E-3	-1.77472700E-4	-2.30E-07
2.97956500E-2	-1.73583700E-4	-5.18E-06
5.83455600E-2	-1.71386400E-4	-1.00E-05
8.68930800E-2	-1.67814800E-4	-1.46E-05
1.15475900E-1	-1.65044100E-4	-1.91E-05
1.44016300E-1	-1.62374100E-4	-2.34E-05
1.72520600E-1	-1.58749400E-4	-2.74E-05
2.01050500E-1	-1.54384400E-4	-3.10E-05
2.29616600E-1	-1.50353600E-4	-3.45E-05
2.58149600E-1	-1.44826400E-4	-3.74E-05
2.86700700E-1	-1.37930300E-4	-3.95E-05
3.15282600E-1	-1.31033200E-4	-4.13E-05
3.43799100E-1	-1.20749600E-4	-4.15E-05
3.72349700E-1	-1.06358400E-4	-3.96E-05
4.00891300E-1	-9.63832000E-5	-3.86E-05
4.29457700E-1	-5.46476700E-5	-2.35E-05
4.57994900E-1	-2.09672100E-5	-9.60E-06
4.86496400E-1	5.46254100E-5	2.66E-05
5.15023000E-1	1.24588800E-4	6.42E-05
5.43570800E-1	2.49702800E-4	1.36E-04
5.72157100E-1	3.86333700E-4	2.21E-04
6.00706800E-1	5.47916000E-4	3.29E-04
6.29226700E-1	7.34713500E-4	4.62E-04
6.57782000E-1	9.45498400E-4	6.22E-04
6.86340500E-1	1.08845300E-3	7.47E-04
7.14872800E-1	1.36933100E-3	9.79E-04
7.43404400E-1	1.64517800E-3	1.22E-03
7.71967200E-1	1.92665700E-3	1.48E-03
8.00469900E-1	2.20564500E-3	1.77E-03
8.29025400E-1	2.47632600E-3	2.05E-03
8.57580400E-1	2.73832800E-3	2.35E-03
8.86164900E-1	2.99383000E-3	2.65E-03
9.14718600E-1	3.24202600E-3	2.97E-03
9.43235900E-1	3.47312200E-3	3.28E-03
9.71770600E-1	3.69681400E-3	3.59E-03
1.00033300E+0	3.90612000E-3	3.91E-03
-5.57475100E-2	-2.43482000E-3	1.36E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57482200E-2	-1.62832000E-4	9.08E-06
-2.71937800E-2	-1.58344600E-4	4.31E-06
1.28293000E-3	-1.58561500E-4	-2.06E-07
2.97994600E-2	-1.56565600E-4	-4.67E-06
5.83500900E-2	-1.56496800E-4	-9.14E-06
8.68976100E-2	-1.55273600E-4	-1.35E-05
1.15481400E-1	-1.53463000E-4	-1.77E-05
1.44022200E-1	-1.53086100E-4	-2.21E-05
1.72524700E-1	-1.52000900E-4	-2.62E-05
2.01053600E-1	-1.50808400E-4	-3.03E-05
2.29619700E-1	-1.48665200E-4	-3.41E-05
2.58153000E-1	-1.46764900E-4	-3.79E-05
2.86704300E-1	-1.42556000E-4	-4.09E-05
3.15286400E-1	-1.36799600E-4	-4.31E-05
3.43803400E-1	-1.28016100E-4	-4.40E-05
3.72354700E-1	-1.14237000E-4	-4.25E-05
4.00897000E-1	-1.03332800E-4	-4.14E-05
4.29461700E-1	-5.88952800E-5	-2.53E-05
4.57998800E-1	-1.44782500E-5	-6.63E-06
4.86498400E-1	3.90833400E-5	1.90E-05
5.15035400E-1	9.56969700E-5	4.93E-05
5.43572700E-1	1.36215400E-4	7.40E-05
5.72159100E-1	2.74552700E-4	1.57E-04
6.00709100E-1	3.98578900E-4	2.39E-04
6.29229400E-1	5.50619600E-4	3.46E-04
6.57784300E-1	7.33923600E-4	4.83E-04
6.86357300E-1	9.47560200E-4	6.50E-04
7.14877600E-1	1.07620300E-3	7.69E-04
7.43408200E-1	1.39490400E-3	1.04E-03
7.71970700E-1	1.69454700E-3	1.31E-03
8.00472600E-1	1.99281500E-3	1.60E-03
8.29029000E-1	2.26855200E-3	1.88E-03
8.57585200E-1	2.48681800E-3	2.13E-03
8.86169900E-1	2.61537300E-3	2.32E-03
9.14724900E-1	2.66116600E-3	2.43E-03
9.43241400E-1	2.67996800E-3	2.53E-03
9.71775400E-1	2.70773000E-3	2.63E-03
1.00033700E+0	2.75098700E-3	2.75E-03
-5.57472700E-2	-7.27317900E-3	4.06E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวัดเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากกระเจี๊ยบที่สกัดจากเมทานอลเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

V(Volt)	I(A)	P(watt)
-5.57482200E-2	-1.22538300E-4	6.83E-06
-2.71940200E-2	-1.19688000E-4	3.26E-06
1.28197700E-3	-1.19899300E-4	-1.55E-07
2.97982700E-2	-1.18175900E-4	-3.52E-06
5.83486600E-2	-1.17612900E-4	-6.87E-06
8.68969000E-2	-1.16861700E-4	-1.02E-05
1.15480400E-1	-1.15967100E-4	-1.34E-05
1.44020800E-1	-1.15295300E-4	-1.66E-05
1.72524500E-1	-1.14362500E-4	-1.97E-05
2.01053600E-1	-1.13364500E-4	-2.28E-05
2.29619300E-1	-1.12602000E-4	-2.59E-05
2.58152500E-1	-1.10543100E-4	-2.85E-05
2.86704300E-1	-1.07734300E-4	-3.09E-05
3.15286200E-1	-1.03234700E-4	-3.26E-05
3.43797400E-1	-1.03582300E-4	-3.56E-05
3.72349000E-1	-8.32563400E-5	-3.10E-05
4.00897500E-1	-6.34347400E-5	-2.54E-05
4.29464100E-1	-3.52741200E-5	-1.52E-05
4.57997800E-1	-1.67980600E-5	-7.69E-06
4.86497900E-1	4.51943300E-5	2.20E-05
5.15035400E-1	9.77149800E-5	5.03E-05
5.43571500E-1	1.41637200E-4	7.70E-05
5.72158100E-1	2.53734500E-4	1.45E-04
6.00707300E-1	3.60019200E-4	2.16E-04
6.29227400E-1	4.87668700E-4	3.07E-04
6.57781600E-1	6.39518900E-4	4.21E-04
6.86354200E-1	8.17070100E-4	5.61E-04
7.14888300E-1	1.01530200E-3	7.26E-04
7.43406800E-1	1.14582000E-3	8.52E-04
7.71968800E-1	1.44678000E-3	1.11E-03
8.00471200E-1	1.73187500E-3	1.39E-03
8.29027300E-1	2.02465500E-3	1.68E-03
8.57583800E-1	2.30998400E-3	1.98E-03
8.86169000E-1	2.57029500E-3	2.28E-03
9.14724000E-1	2.78950900E-3	2.55E-03
9.43240500E-1	2.96671500E-3	2.80E-03
9.71775100E-1	3.11931900E-3	3.03E-03
1.00033800E+0	3.26654300E-3	3.27E-03
-5.57475100E-2	-5.77634500E-3	3.22E-04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้