บทที่ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

พลังงานเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของคนทั่วโลก มนุษย์ได้สร้างแหล่งสะสมพลังงานในหลายรูปแบบ ซึ่งหลายแบบเหล่านั้นส่งผลก่อให้เกิดภัยธรรมชาติมากมายที่กำลังเกิดขึ้นในยุคปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์จึงได้คิดสร้างแหล่งพลังงานที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำ ลม ความร้อนใต้พิภพ แสงแดด เป็นต้น

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานอันมหาศาลและมีอยู่แทบทุกที่บนโลก ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ อีกทั้งยังไม่ต้องซื้อหา ดังนั้นหากเราสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้เราจะมีพลังงานใช้อย่างมหาศาล ปัจจุบันแสงอาทิตย์กำลังเป็นที่สนใจอย่างมากในวงการวิทยาศาสตร์ ได้มีนักวิจัยสามารถทำให้แสอาทิตย์อยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้าได้โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า โซลาร์เซลล์ (solar cells) หรือเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันดังเช่น

- กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น คือ แบบที่เป็นรูปผลึก (crystal) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (amorphous) แบบที่เป็นรูปผลึก จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (aingle crystalline silicon solar cell) และ ชนิดผลึกรวมซิลิคอน (poly crystalline silicon solar sell) แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือ ชนิดฟิล์มบาง อะมอร์ฟัสซิลิคอน (amorphous silicon solar cell)
- กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทนี้ จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก จึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต (ปัจจุบันนำมาใช้เพียง 7 % ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด)

ประเทศไทยก็ได้มีการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กันบ้างแล้ว เช่น ในโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนในพื้นที่ห่างไกลจากโทรคมนาคม แต่เซลล์แสงอาทิตย์ยังสนองความต้องการของสังคมได้น้อยเนื่องจากปัญหาหลัก คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงและระยะเวลาในการผลิตยังมีข้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

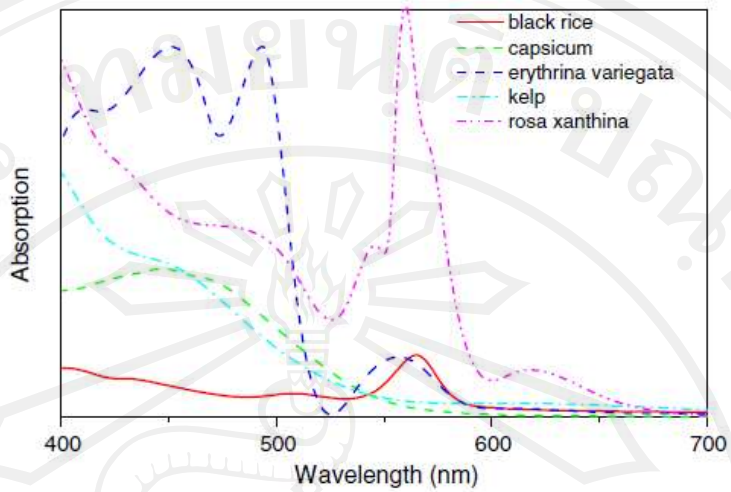
สงสัยในความไม่คุ้มทุน เช่นข้อกล่าวหาที่ว่า พลังงานที่ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์สิ้นเปลืองมากกว่าพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตได้ ซึ่งข้อจำกัดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารกึ่งตัวนำทำให้นักวิทยาศาสตร์สนใจที่จะผลิตพัฒนาอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่ง คือ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (dye-sensitized solar cells) ซึ่งว่ากันว่ามีต้นทุนในการผลิตที่ถูกกว่า ผลิตง่ายกว่า และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่อยู่ระหว่างการค้นหาพันธุ์พืชที่เหมาะสมในการทำสีย้อมไวแสงเพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต ความคุ้มค่าในการใช้งานและยังเป็นมิตรกับธรรมชาติ โดยใช้ความได้เปรียบที่ประเทศไทยมีปริมาณแสงอาทิตย์ที่ค่อนข้างมาก และความหลากหลายของพันธุ์พืช

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

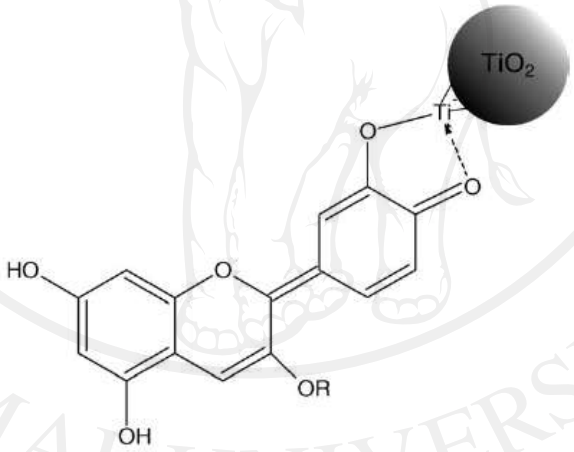
ในปี 1991 M. Grätzel [2] เป็นนักวิจัยคนแรกที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงในตอนนั้น Grätzel ใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide, TiO_2) เป็นสารกึ่งตัวนำ เนื่องจาก TiO_2 เป็นสารที่มีช่องว่างของแถบพลังงานกว้าง และสีย้อมไวแสงที่ใช้คือ N719 ซึ่งเมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่เตรียมได้พบว่าประสิทธิภาพของเซลล์มีค่าสูงกว่า 10% อย่างไรก็ตามการพัฒนาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้โดยใช้สารกึ่งตัวนำชนิดอื่นและสีย้อมไวแสงชนิดอื่นยังมีอยู่อย่างกว้างขวาง

ในปี 2006 ในประเทศจีน S. Hao และคณะ[3] รายงานว่าได้นำ Black rice, Erythrina variegate, Rosa xanthina, Kelp, และ Capsicum มาสกัดด้วยอัลกอฮอล์แล้วทำให้สีย้อมบริสุทธิ์ขึ้นด้วยโครมาโทกราฟฟีและวิเคราะห์ด้วยอัลตราไวโอเลตวิสิเบอลสเปกโทรสโกปี (uv–visible spectroscopy) ได้ผลดังรูปที่ 1.1 พบว่าสีย้อมสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่นต่างกันในช่วงของแสงที่ตามองเห็น (visible light) เมื่อนำสีย้อมมาทดลองทำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงได้ผลว่าจากข้าวเหนียวดำดีที่สุดเนื่องจากข้าวเหนียวดำมีแอนโทไซยานิน ซึ่งยึดเกาะกับฟิล์ม TiO_2 ได้ดีดังรูปที่ 1.2 โดยสรุปค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 1.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 1.1 แสดงค่าการดูดกลืนของสีย้อมจากพืชธรรมชาติที่สกัดได้จาก Black rice, Erythrina variegate, Rosa xanthina, Kelp, และ Capsicum [3]



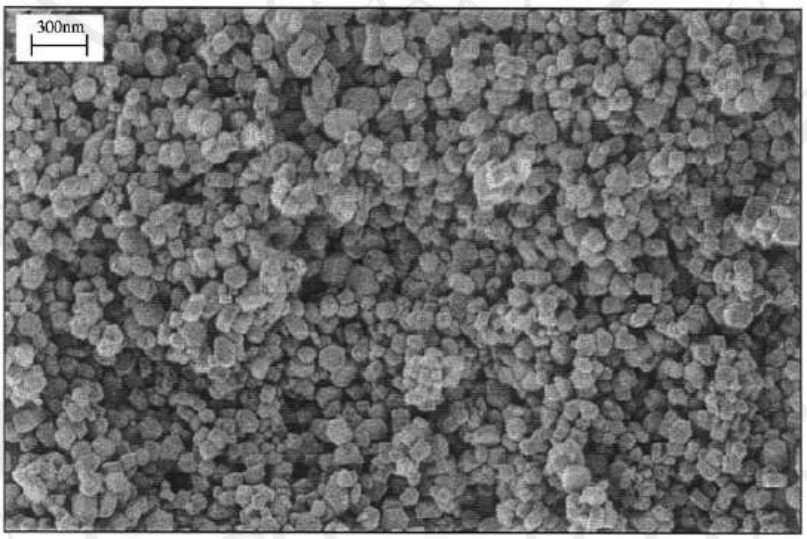
รูปที่ 1.2 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของ Anthocyanin และการยึดเกาะกับอนุภาค TiO_2 [3]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ใช้สีย้อมไวแสงจาก Black rice, Erythrina variegate, Rosa xanthina, Kelp, และ Capsicum [3]

Sensitizer	I_{sc}(mA)	V_{oc}(mV)	P_{max}(μW)	FF
Black rice	1.142	551	327	0.52
Erythrina variegate	0.776	484	207	0.55
Rosa xanthina	0.637	492	163	0.52
Kelp	0.443	441	118	0.62
Capsicum	0.225	412	58	0.63
Cis-$(dcbH_2)_2Ru(NCS)_2$	6.10	682	2787	0.67

แม้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่มีประสิทธิภาพสูงที่นักวิจัยส่วนใหญ่นิยมใช้กันเป็นโฟโตอิล็กโทรดคือ TiO_2 สารกึ่งตัวนำชนิดอื่นก็ยังคงได้รับความสนใจ ยกตัวอย่างเช่น ZnO ก็มีการนำมาใช้ ดังเช่นในปี 2002 K. Keis และคณะ [4] ได้ใช้ ZnO เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 150 nm ดังแสดงในรูป 1.3 เป็นโฟโตอิเล็กโทรดในการประกอบเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงและใช้ N719 เป็นสีย้อมไวแสง ซึ่งในการทดลองได้ใช้ ZnO ที่มีความหนาแตกต่างกัน 3 ค่าคือ 4, 8 และ 14 μm แช่ใน N719 ในปริมาณที่ต่างกัน ซึ่งผลที่ได้ถูกแสดงดังตารางที่ 1.2 และเมื่อทำการเพิ่ม 4 - tertbutylpyridine ลงไปในอิเล็กโทรไลท์จะทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์มีค่าสูงขึ้นและได้เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด 5% จากเซลล์ที่มีความหนาของชั้น ZnO เท่ากับ 14 μm และใช้เวลาในการแช่สีย้อมเป็นเวลา 30 นาที ดังตารางที่ 1.3



รูปที่ 1.3 แสดงโครงสร้างของ ZnO ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM [4]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1.2 แสดงผลการวัด J-V characteristics ของ ZnO ที่มีความหนาต่างกัน [4]

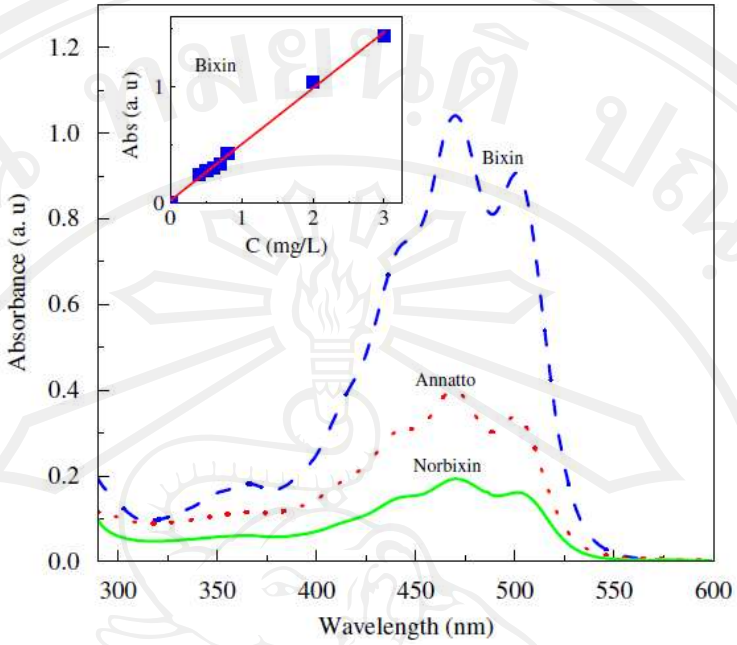
Film thickness (μm)	Residence time in dye	V_{oc} (V)	I_{sc} (mA/cm^2)	FF	η (%)
4	10 min	0.49	0.52	0.47	1.2
4	20 min	0.51	0.55	0.50	1.4
4	1 h	0.54	0.46	0.49	1.2
4	24 h	0.55	0.44	0.44	1.1
8	2 min	0.42	0.77	0.61	2.0
8	5 min	0.45	1.1	0.57	2.9
8	10 min	0.48	1.4	0.54	3.5
8	20 min	0.51	1.4	0.55	4.0
8	30 min	0.50	1.4	0.50	3.4
8	1 h	0.50	1.2	0.54	3.3
8	3 h	0.47	0.93	0.52	2.3
8	24 h	0.50	0.65	0.43	1.4
14	20 min	0.50	1.3	0.50	2.9
14	30 min	0.46	1.3	0.55	3.4
14	1 h	0.47	1.0	0.59	2.9
14	24 h	0.46	0.54	0.45	1.1
14	24 h[a]	0.45	1.3	0.58	3.4

ตารางที่ 1.3 แสดงผลการวัด J-V Characteristics ของ ZnO ที่เกิดจากการเติม 4 -tertbutylpyridine [4]

Film thickness (μm)	Residence time in dye	V_{oc} (V)	I_{sc} (mA/cm^2)	FF	η (%)
4	10 min	0.51	0.55	0.49	1.4
8	20 min	0.55	1.4	0.62	4.8
14	30 min	0.56	1.3	0.68	5.0

ในปี 2010 N.M. Gomez-Ortiz และคณะ [5] ได้ทำการทดลองโดยนำเม็ดจากต้น Achiote มากสัดเป็นสาร 3 ตัว ได้แก่ bixin, norbixin, และ annatto เพื่อนำมาใช้เป็นสีย้อมไวแสงสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนได้ผลดังรูปที่ 1.4 และใช้สารกึ่งตัวนำ TiO_2 และ ZnO เป็นโฟโตอิเล็กโทรด ได้ค่าประสิทธิภาพสูงสุด 0.37% จากสีย้อม bixin ที่ใช้ TiO_2 เป็นโฟโตอิเล็กโทรด ดังตารางที่ 1.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 1.4 แสดงค่าการดูดกลืนของสีย้อมทั้ง 3 ชนิด bixin, norbixin, และ annatto [5]

ตารางที่ 1.4 แสดงผลการวัด J-V Characteristics ของเซลล์แสงอาทิตย์จาก TiO_2 และ ZnO กับสีย้อมไวแสงจาก bixin, norbixin, และ annatto [5]

Substrate	Sensitizer	J_{sc} (mA/cm^2)	V_{oc} (V)	FF	η (%)
TiO_2	Bixin	1.1	0.57	0.59	0.37
	Annatto	0.53	0.56	0.66	0.19
	Norbixin	0.38	0.53	0.64	0.13
ZnO	Bixin	0.087	0.32	0.37	0.010
	Norbixin	0.15	0.34	0.34	0.017

ในปี 2008 งานวิจัยของผู้เขียนในระดับปริญญาตรี ได้ทำการทดลองสกัดสีย้อมไวแสงจากส่วนต่าง ๆ ของพืชในประเทศไทย 5 ชนิด ได้แก่ เปลือกแห้งของต้นงิ้ว ดอกพวงแสด ดอกเฟื่องฟ้า ลูกผักปรัง เปลือกสมอ โดยนำมาสกัดด้วยวิธีอย่างง่ายโดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายและนำมาใช้เป็นสีย้อมไวแสงในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ใช้สารกึ่งตัวนำเป็น TiO_2 ผลที่ได้สรุปดังตารางที่ 1.5 สีย้อมที่ให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ 0.54% จากสีย้อมไวแสงที่สกัดได้จากลูกผักปรัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1.5 แสดงค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่สกัดได้จากเปลือกแห้งของต้นงิ้ว ดอกพวงแสด ดอกเฟื้องฟ้า ลูกผักปรัง เปลือกสมอ

Sensitizer	**V_{oc} (V)**	**J_{sc} (mA/cm^2)**	**Fill Factor (FF)**	**Efficiency (%)**
เปลือกต้นงิ้ว	0.62	0.17	0.64	0.13
ดอกพวงแสด	0.37	0.08	0.92	0.06
ดอกเฟื้องฟ้า	0.62	0.15	0.72	0.14
ลูกผักปรัง	0.62	0.66	0.66	0.54
เปลือกสมอ	0.47	0.17	0.67	0.11

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าสีย้อมไวแสงที่สกัดได้จากพืชนั้นได้รับความสนใจแต่ประสิทธิภาพที่ได้นั้นยังต่ำอยู่ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาสีย้อมไวแสงที่สกัดได้จากพืชท้องถิ่นในประเทศไทยที่มีซิงก์ออกไซด์เป็นสารกึ่งตัวนำ โดยเป้าหมายหลักของงานวิจัยนี้คือการค้นหาสีย้อมไวแสงจากพืชท้องถิ่นที่มีอยู่ในประเทศไทยเพื่อประยุกต์ใช้เป็นสีย้อมในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์ให้ได้สูงที่สุด โดยงานวิจัยนี้ยังมีข้อดีในการที่ช่วยลดต้นทุนในผลิตและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาสีย้อมไวแสงที่มาจากพืชในธรรมชาติ
2. เพื่อศึกษาสมบัติการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงซิงก์ออกไซด์ที่ใช้สีย้อมไวแสงที่สกัดจากพืชธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved