



เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงด้วยสีย้อมจากพืชสมุนไพรในตำบลนานกกก อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์
Study of Dye sensitized Solar cells (DSSCs) fabricated by organic dyes from native medicinal plants in Nanokkok Sub-district, Lublae District, Uttaradit Province

จิราภรณ์ นิคมัทศน์^{1*}, พันธุ์ทิพย์ ถือเงิน², นลินี ชัยวิรัตน์นุกุล³

Jiraporn Nikomtat^{1*}, Panthip Tue-ngeun², Nalinee Chaiwiratnukul³

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อุดรดิตถ์ 53000 ประเทศไทย

¹Biology Program, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, 53000 Thailand

²สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อุดรดิตถ์ 53000 ประเทศไทย

²Chemistry Program, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, 53000 Thailand

³สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อุดรดิตถ์ 53000 ประเทศไทย

³Physics Program, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, 53000 Thailand

* Corresponding Author: jnikomtat@uru.ac.th

Received: 05 July 2016; Revised: 11 October 2016; Accepted: 14 October 2016; Available online: XXX

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สํารวจชนิดของพืชสมุนไพรที่ใช้ประโยชน์ตามภูมิปัญญาของชาวบ้าน (2) ศึกษาการสกัดสีย้อมไวแสงจากพืชสมุนไพรที่เลือก และ (3) ศึกษาประสิทธิภาพในการใช้สีย้อมไวแสงจากพืชสมุนไพรเป็นเซลล์ไฟฟ้าอินทรีย์ในการสํารวจพืชสมุนไพร จากการศึกษได้พบพืช สมุนไพรทั้งหมด 29 ชนิด จัดอยู่ใน 27 สกุล 18 วงศ์ จากนั้นได้คัดเลือกพืชสมุนไพรในพื้นที่ที่ศึกษาจำนวน 10 ชนิดมาทดสอบการดูดกลืนแสงของสีย้อมไวแสงที่สกัดได้ ผลการศึกษาพบว่า สีย้อมไวแสงที่สกัดได้จากพืชสมุนไพรทั้ง 10 ชนิด สามารถดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงความยาวคลื่นแสงที่ 210 ถึง 340 นาโนเมตร โดยที่สมุนไพรคาวตองและฟ้าทะลายโจรให้ค่าการดูดกลืนแสงในระดับสูง ดังนั้นพืชสมุนไพรทั้งสองชนิดจึงถูกเลือกนำมาศึกษาการสร้างเซลล์สุริยะโดยใช้สีย้อมไวแสงจากพืชสมุนไพรพบว่า เซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงจากใบคาวตองสกัดแบบสัดสามารถดูดซับบนอนุภาคผงไททาเนียมแบบละเอียดได้ดีกว่าอนุภาคผงไททาเนียมแบบปกติโดยให้ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดดีที่สุดเท่ากับ 0.022 โวลต์ ที่ สภาวะมาตรฐาน

คำสำคัญ: เซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสง; พืชสมุนไพร; อุตรดิตถ์

Abstract

The objectives of the study of Dye sensitized Solar cells (DSSCs) fabricated by organic dyes from some well-known native medicinal plants in Nanokkok Sub-district, Lublue District, Uttaradit Province were (1) to survey medicinal plants and some utilities from the villager around the target area, (2) to extract the dyes from the chosen medicinal plants, and (3) to achieve efficiency for solar cells using standard tests. We found the medicinal plants that cover 18 families 27 genera and 29 species. Furthermore, we also found 6 formulas of these medicinal plants combined with the other plants for treatment the diseases. Next, 10 medicinal plants were selected for absorbance test by UV-VIS Spectrophotometer which dry plants are extracted by water in period 1 day and 7 days. The profile result shows that the range of wavelength, 210-340 nm are well absorbed in all samples with high ability and they are independent from the duration in water. According to absorbance result, a *Houttuynia cordata* Thunb. and *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall. ex Nees, which showed the high optical density, are the best choices for fabricating dye sensitized solar cells. The, *H. cordata* Thunb. fresh extract as well as absorbs nano-titanium particles better than the macroscopic particles. Moreover, its performance of the dye's solar cells shows 0.022 volt in open-circuit at standard condition.

Keywords: Dye sensitized Solar cells; medicinal plant; Uttaradit

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาวิจัยและผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (Dye-Sensitized Solar Cell ชื่อย่อ DSC หรือ DSSC) ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดย M. Grätzel และ B. Óregan สีย้อมไวแสงใช้ หลักการคือ เลือกใช้สารย้อมไวแสง (dyed-sensitizers) เช่น N3 (tris(2,2'-bipyridyl -4,4' -carboxylate ruthenium) หรืออาจจะเป็นสารย้อมไวแสงชนิดอินทรีย์ (Organic dyes) เป็นตัวดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์ ซึ่งจะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนที่โคจรรอบแกนอะตอมแกนกลางซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุโลหะ ให้กระโดดจากสถานะ พื้น (ground state) ไปยังสถานะกระตุ้น (excited state) จากนั้นอิเล็กตรอนถูกทำให้เคลื่อนที่เข้าสู่แถบแกนนำ (conduction band) ของอนุภาคนำตัวนำ เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) ที่เคลือบไว้รอบๆ ตัวสีย้อมไวแสง อนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์ นั้นจะส่งอิเล็กตรอนไปยังสารนำไฟฟ้าโปร่งแสงเช่น ITO ที่เคลือบไว้บนกระจกหรือพลาสติกโปร่งใส ทางซ้าย แคโทด กระจกบนทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า (load) อิเล็กตรอนจะวิ่งกลับเข้ามาอีก ด้านแอนโนด ซึ่งมีสารอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) เช่น I₃⁻/I⁻ จะมารับอิเล็กตรอนโดยผ่าน ปฏิกิริยา/ออกซิเดชัน/รีดักชันเพื่อนำอิเล็กตรอนกลับเข้าสู่สารย้อมไวแสง แนวความคิดนี้เกิดจากการเลียนแบบการสังเคราะห์แสง ของพืชจะใช้คลอโรฟิลล์ทำหน้าที่เป็นตัวรับพลังงานโฟตอนและเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และน้ำ (H₂O) ไปเป็นน้ำตาล (C₂H₁₂O₆) และออกซิเจน (O₂) ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์แบบสาร ย้อมไวแสงจึงเปรียบ เปรียบได้กับใบไม้ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงรูปแบบพลังงานแสงอาทิตย์ให้อยู่ในรูปแบบพลังงานไฟฟ้า [1-4]

จากความสำคัญในการใช้ประโยชน์ของพืชสมุนไพรผู้วิจัยมีความสนใจทำการสำรวจความหลากหลายของพืชสมุนไพรที่นำมาใช้ประโยชน์ในการรักษาโรคในเขตตำบลนานกกก อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ และเป็นการศึกษาพื้นฐานในการนำพืชสมุนไพรมาเป็นสีย้อมไวแสงในเซลล์สุริยะ ผลการวิจัยจะทำให้เกิด การถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นไปสู่คนรุ่นหลังซึ่งมีผลต่อการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการใช้สมุนไพร

2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การสำรวจและเก็บรวบรวมพืชสมุนไพรและการใช้ประโยชน์

ลงพื้นที่สอบถามพืชสมุนไพรที่ชาวบ้านตำบลนานกกก ในการรักษาโรค สรรพคุณการรักษา วิธีการ ปรุง เป็นยา จากการสัมภาษณ์ และใช้แบบสอบถาม ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนานกกก ถ่ายรูป และบันทึกข้อมูลและเก็บตัวอย่างพืชสมุนไพรที่ได้จากการ สัมภาษณ์ รวบรวมผลการลงพื้นที่ นำตัวอย่างพืช สมุนไพรที่เก็บรวบรวมมาทำตัวอย่างพืชอัดแห้งในห้องปฏิบัติการ ตรวจสอบข้อมูล ลักษณะพืชสมุนไพร วงศ์ สกุล และชนิดจากหนังสือ เอกสาร และฐานข้อมูล ทางพฤกษศาสตร์ ได้แก่ ระบบสืบค้นข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ (2555) [5] สรรพคุณสมุนไพร 200 ชนิด (2555) [6] พรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏ อุตรดิตถ์ เล่มที่ 4 (2551) [7] พรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ เล่มที่ 7 (2554) [8] ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี (2555) [9] จิตราภรณ์ ธวัชพันธุ์ (2548) [10] และกนกอร รุ่งเหลือง (2547) [11] ตัวอย่างแห้งถูกเก็บไว้ที่สาขาชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ พืชสมุนไพรที่มีเป็นจำนวนมากในพื้นที่จำนวน 10 ชนิดนำมาทดสอบในขั้นตอนต่อไป

2.2 การเตรียมพืชสมุนไพรเพื่อสกัดสี้อมไวแสง

นำตัวอย่างพืชสมุนไพร 10 ชนิด ได้แก่ คาวตอง รวงจืด โตไม้รั้วลม กระชาย ตะไคร้ ข่า ขมิ้น ดีปลี ฟ้าทลายโจร และเพชรสังฆาต ล้างในน้ำให้สะอาด ตัดพืชสมุนไพรให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอบให้แห้งที่ อุณหภูมิ 60-100°C จนแห้งสนิท ตัวอย่างพืชสมุนไพรที่อบ ให้แห้งแล้วไปบดให้ละเอียดด้วยโกร่งบดสาร พืชสมุนไพรที่บดละเอียดแล้วลงไปจำนวน 1 กรัมเติมน้ำกลั่น ลงไปจำนวน 50 cm³ เขย่า ขวด หุ้มขวดรูป ชมพูด้วยกระดาษฟอยล์แล้วนำขวดรูปชมพูทั้งสองใบไปไว้ในที่มืดโดย ขวดที่ 1 ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 1 วัน ส่วนขวดใบ ที่ 2 ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 7 วัน ตามลำดับ ทำการทดลองจนครบทุกพืชตัวอย่าง กรองสี้อมจากพืชสมุนไพรด้วยกระดาษ นำสี้อมที่ สกัดได้จากพืชสมุนไพรไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

2.3 การเตรียมผงไททาเนียม

2.3.1 การเตรียมผงไททาเนียมแบบธรรมดา

ชั่งผงไททาเนียมจำนวน 6 กรัม นำผงที่ชั่งได้ผสมน้ำกลั่น 60 ml (เข้มข้น 7.5%) ที่อุณหภูมิ 200 °C เป็นเวลา 10 นาที เมื่อสารละลาย เย็นลงบรรจุลงขวดสำหรับพัน

2.3.2 การเตรียมผงไททาเนียมแบบละเอียด

ชั่งผงไททาเนียมจำนวน 6 กรัม นำผงไททาเนียมที่ได้มาผสมกับน้ำกลั่นด้วยวิธีการบดบด (Ball milling) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แยก และล้างเม็ดบดออกจากสารละลายด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายที่ได้พร้อมด้วย แท่งแม่เหล็กคนสารไประเหยบนแผ่นความร้อนที่ อุณหภูมิ 200 °C ให้ได้ปริมาตร 60 ml เมื่อสารละลาย เย็นลงบรรจุลงขวดสำหรับพัน

2.4 การเตรียมเซลล์แสงอาทิตย์สี้อมไวแสง

ตัดกระจกนำไฟฟ้าให้ได้ขนาด 5x5 cm² จำนวน 2 แผ่นต่อหนึ่งเซลล์ ล้างให้สะอาดด้วย เอทานอลแล้วเป่าให้แห้ง นำด้านที่นำ ไฟฟ้าของกระจกแผ่นแรกมาเคลือบด้วยผงคาร์บอนเพื่อทำเป็นขั้วแคโทด นำกระจกนำไฟฟ้าวางบนแผ่นความร้อนที่อุณหภูมิ 200 °C โดยให้ด้านที่นำไฟฟ้าอยู่ข้างบน จากนั้นพ่นสารละลายไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) ที่เตรียมไว้ด้านบนของกระจกประมาณ 4-5 ชั้น ทำ เป็นขั้วแอโนด นำแผ่นกระจกที่ พ่นสาร แล้วมาเช็ดสารที่เคลือบบริเวณขอบออกให้เหลือพื้นที่สาร 4x4 cm² แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 450 °C นาน 15 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น นำกระจกที่เผาแล้วมาแช่ในสี้อมที่เตรียมไว้เวลานาน 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง พ่นสารละลายไททา นีเยิมลงบนกระจกนำไฟฟ้า จากนั้นซับสี้อมส่วนเกินออกด้วยกระดาษทิชชู แล้วหยด สารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ลงไป

ประมาณ 2-3 หยด จากนั้นนำกระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบ ผงคาร์บอนไว้มาประกบทับด้านบน เซ็ดสารละลายไอโอดีนส่วนเกินออก ยึดกระจกทั้งสองแผ่นไว้ด้วยคลิปหนีบ วัดค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงด้วยมัลติมิเตอร์

3. ผลและการอภิปรายผลการวิจัย

3.1 การสำรวจและเก็บรวบรวมพืชสมุนไพรและการใช้ประโยชน์

การศึกษาการสำรวจพืชสมุนไพรและการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรเริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2555 ทำการสอบถามพืชสมุนไพรที่ชาวบ้านในตำบล ใช้ในการรักษาโรค วิธีการใช้ สรรพคุณการรักษาและวิธีการปรุง จากการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสอบถาม ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ที่ตำบลนานกกก บันทึกข้อมูลและเก็บตัวอย่างพืชสมุนไพรที่ได้จากการสัมภาษณ์ และนำตัวอย่างพืชสมุนไพร ที่เก็บรวบรวมมาทำตัวอย่างพืชอัดแห้ง

การตรวจสอบรายละเอียดทางพฤกษศาสตร์ของพืชสมุนไพร วงศ์ (Family) สกุล (Genus) และชนิด (Species) จากหนังสือและฐานข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ ผลการศึกษาพบพืชสมุนไพรจากภูมิปัญญาการใช้ ประโยชน์ทั้งหมด 18 วงศ์ 27 สกุล 29 ชนิด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พืชสมุนไพร วิธีการนำไปใช้และสรรพคุณของพืชสมุนไพรในตำบลนานกกก อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ลำดับ	ชื่อพืช	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	วิธีการใช้	สรรพคุณ
1	กะเพรา	<i>Ocimum sanctum</i> L.	Lamiaceae	นำมาขยี้แล้วอุดตรง	แก้ปวดฟัน นำมาประกอบอาหารบริเวณที่ปวด
2	กระชาย	<i>Boesenbergia rotunda</i> (L.) Mansf.	Zingiberacea e	ใช้เหง้าดองกับสุรากิน แก้เหน็บชา	ยาเจริญอาหาร แก้ตกขาว ขับปัสสาวะ ท้องอืดท้องเฟ้อ
3	ขมิ้น	<i>Curcuma longa</i> L.	Zingiberaceae	ใช้เป็นส่วนผสมในตำรับยาบำรุงเลือด เจริญอาหาร	บำรุงเลือด เจริญอาหาร
4	ข่า	<i>Alpinia galanga</i> (L.) Willd.	Zingiberaceae	ใช้การฝน และนำไปทำให้เหง้าปรุงเป็นอาหาร	แก้ผื่นคัน แก้ภูมิแพ้ แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ ขับลม
5	ควาดอง	<i>Houttuynia cordata</i> Thunb.	Saururaceae	ใช้ใบรับประทานเป็นอาหาร	สรรพคุณ แก้ความดัน มะเร็ง
6	คำฝอย	<i>Carthamus tinctorius</i> L.	Asteraceae	ใช้ดอกทำให้แห้ง ใช้ปริมาณเพียงหยิบมือ ชงกับน้ำร้อน	ขยายหลอดเลือด
7	ชะพลู	<i>Piper sarmentosum</i> Roxb.	Piperaceae	ใช้ใบสดรับประทาน	ช่วยขับเสมหะในทรวงอก

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพืช	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	วิธีการใช้	สรรพคุณ
8	ดีปลี	<i>Piper retrofractum</i> Vahl.	Piperaceae	ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร ใช้กลิ่นเหล่านี้	แก้ปวดท้อง จุกเสียด
9	โตไม่รู้ล้ม	<i>Elephantopus scaber</i> L.	Asteraceae	ใช้ดองกับเหล้า	ใช้เพิ่มกำลัง
10	ตะไคร้	<i>Cymbopogon citratus</i> Stapf.	Poaceae	ใช้ทั้งต้นปรุงอาหาร นำ รากมาบดละเอียด ชง กับน้ำดื่มเข้าเย็น	ขยายหลอดเลือด แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ บำรุงธาตุ เจริญอาหาร และขับเหงื่อ
11	บอระเพ็ด	<i>Tinospora crispa</i> (L.) Miers ex Hook.f. & Thomson	Menispermaceae	รับประทานสดโดยการ จิ้มเกลือ รับประทาน ติดต่อกัน	ลดความดัน ลดเบาหวาน
12	ไพล	<i>Zingiber montanum</i> (Koenig) Link ex Dietr	Zingiberaceae	นำหัวมาตำแล้วนำไปห่อผ้าขาวแล้วนำไปอุ่นหรือ อังไฟให้ร้อนและนำไป ประคบ	ฟกซ้ำ บวม
13	เปล้าใหญ่	<i>Croton oblongifolius</i> Roxb.	Euphobiaceae	ใบต้ม ใช้อาบ	ให้เมล็ดลูกเข้าอุ้ง สำหรับหญิงหลังคลอด
14	ฝิ่นต้น	<i>Jatropha multifida</i> L.	Euphobiaceae	ใช้เปลือกที่มีรสฝาด	ปรุงกินเป็นยาคุมพยาธิ แก้ ท้องร่วง แก้อาเจียน
15	เพชรสังฆาต	<i>Cissus quadrangularis</i> L.	Vitaceae	นำยางออกไปก่อน นำไปตากแห้ง บดเป็น ผงใส่เม็ดยาคปซูลหรือ กินดิบโดยการตัดปล้อง ยัดใส่ในกล้วย รับประทาน	แก้ริดสีดวง
16	ฟ้าทะลายโจร	<i>Andrographis paniculata</i> (Burm.f.) Wall. ex Nees	Acanthaceae	กินใบสด ใช้ได้ทุกส่วนของต้น (ส่วนทั้ง5 ได้แก่ ลำต้น ใบ ดอก ผล เมล็ด) นำมาสับ จากนั้นนำไปต้ม	แก้ไข้ แก้ไอ แก้หวัด แก้พิษต่างๆ แก้ปวดข้อปวดหลัง ปวดเอว ส่วน ใบรับประทานสด ใช้แก้ไอ ขับเสมหะ

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพืช	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	วิธีการใช้	สรรพคุณ
17	มะกรูด	<i>Citrus hystrix</i> DC.	Rutaceae	เป็นส่วนผสมในตำรับยา แก้เวียนหัว ตาลาย	แก้เวียนหัว ตาลาย
18	มะระขี้นก	<i>Momordica charantia</i> L.	Cucurbitaceae	ใช้ใบสด	ขับพยาธิ
19	มะลิ	<i>Jasminum sambac</i> (L.) Aiton	Oleaceae	นำดอกตากให้แห้ง บด เป็นผง ชงกับน้ำร้อน	แก้ร้อนใน กระหายน้ำ
20	มะเฟือง	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Averrhoaceae	รับประทานทั้งลูก หรือ นำมาคั้นเป็นน้ำดื่ม	แก้ปัสสาวะอื่น ขับปัสสาวะ
21	มะแว้งต้น	<i>Solanum indicum</i> L.	Solanaceae	ใช้ใบสดนำมาตำพอก บริเวณแผล ใช้ห้าม เลือด แก้ฝีบวมมีหนอง ใช้ผลนำมาต้มกินเป็นยา แก้ไอ	ขับเสมหะ หรือใช้น้ำมาเผาไฟเอา ควันสูดดมแก้ปวดฟัน ได้ รากใช้ นำมาตำใช้พอกเท้าที่แตกเป็น แผล
22	ย่านาง	<i>Tiliacora triandra</i> (Colebr.) Diels	Menispermaceae	คั้นน้ำใบย่านาง น้ำชา ข้าว และสมุนไพรที่เป็น ยาแก้หัดดวงมาผสมกัน ดื่มจากกร ผสม คั้น น้ำจากใบ	แก้ร้อนใน
23	รางจืด	<i>Thumbergia laurifolia</i> Lindl.	Acanthaceae	นำใบมาขยี้ ผสมกับน้ำ อาบ	แก้ไข้ แก้พิษงู พิษแมงป่อง ขับ สารพิษออกจากร่างกาย ล้างพิษ ถอนพิษไข้
24	ว่านหาง จระเข้	<i>Aloe vera</i> (L.) Burm.f.	Asphodelaceae	ปอกเปลือกล้างให้ สะอาดวางบนแผลสด หรือปั้นดื่ม ปอกเปลือก ล้างยางออกให้หมด ใช้ วุ้นปิดแผลสด	รักษาแผลสด ต้มแก้ร้อนใน ใช้ รักษาแผลสด ผลถลอก สมาน แผล แก้ร้อนใน
25	สระระแห่น	<i>Metha cordifolia</i> Opiz.	Lamiaceae	รับประทานใบสด	แก้กระหาย ขับพยาธิ ช่วยขับลม ขับเหงื่อ ใช้เป็นส่วนผสมของยา อม น้ำยาบ้วนปาก และใช้ ประกอบอาหาร

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อพืช	ชื่อวิทยาศาสตร์	วงศ์	วิธีการใช้	สรรพคุณ
26	โสมไทย	<i>Talinum paniculatum</i> Gaertn.	Portulacaceae	ไม่ค่อยนิยม เนื่องจาก สรรพคุณทางยาน้อยกว่าโสมจีน โสมฝรั่ง	แก้ไข้
27	หนอนตายหยาก	<i>Stemona tuberosa</i> Lour.	Stemonaceae	ผสมในตำรับยาแก้โรคมะเร็ง	ถ่ายเป็นเลือด
28	หนุมานนั่งแท่น	<i>Jatropha podagrica</i> Hook	Euphobiaceae	ใช้ยางจากส่วนต่างๆ ของต้น ทาแผล	ช่วยห้ามเลือด รักษาฝี แต่เมล็ดมีพิษ
29	หญ้าหนวดแมว	<i>Orthosiphon aristatus</i> (Blume) Miq.	Lamiaceae	นำหญ้าหนวดแมวมาตำใส่น้ำชา	รักษาอาการหอบ

นอกจากนี้ยังมีการใช้พืชสมุนไพรเป็นตำรับ ยารักษาโรคและอาการต่างๆ รวม 6 ตำรับ ได้แก่ ตำรับยาล้างไตตำรับยาบำรุงเลือด เจริญอาหาร ตำรับยา แก้โรคมะเร็ง ถ่ายเป็นเลือด ตำรับยาขับเลือดตกค้างสำหรับหญิงแรกคลอด ตำรับบำรุงร่างกาย และ ตำรับยา แก้เวียนหัวตาลาย

ตารางที่ 2 การใช้พืชสมุนไพรเป็นตำรับยาในการรักษาโรค

ลำดับ	ตำรับยา	ชื่อพืช	ชื่อพืชที่ใช้เป็นเครื่องเทศ	ชื่อพืชที่ใช้เป็นในตำรับยา	วิธีการใช้
1	ตำรับยาล้างไต	สัก มะเฟือง แพรก	หญ้า	-	นำมีดถากเปลือกสัก โดยการถากชั้นเท่านั้น ใช้ 3 แห่ง นำมาย่างไฟ นำมีดถากเปลือกมะเฟือง โดยการถากชั้นเท่านั้น ใช้ 3 แห่ง นำมาย่างไฟ นำเปลือกสัก เปลือกมะเฟืองที่ย่างไฟแล้วอย่างละ 3 แห่ง ใส่หม้อต้มพร้อมหญ้า แพรกนำน้ำที่ได้จากการต้ม มาดื่ม
2	ตำรับยาบำรุงเลือด เจริญอาหาร	ไพล ขมิ้น อ้อย กระเทียม กระชาย กุ่มน้ำ กุ่มบก กล้วย ปัดบัวแดง อีลุ้ม ทองหลวง เปลือกแวง จำาย เปลือกถ่อน	พริกไทย	เทียน ทั้ง ห้า มะขามเปียก น้ำผึ้ง น้ำอ้อย	นำพืชขยงเว้นพืชที่ใช้เป็นเครื่องเทศมาผสมกัน สับพืช นำไปตากแดด เมื่อแห้งแล้วนำมาบดให้ละเอียด หมักกับ ส่วนที่เป็นเครื่องเทศ ได้แก่ พริกไทย เทียนทั้งห้า มะขามเปียก น้ำผึ้ง น้ำอ้อย และใส่เกลือ ปั่นเป็นก้อนรับประทาน

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับ	ตำรับยา	ชื่อพืช	ชื่อพืชที่ใช้เป็น เครื่องเทศ ในตำรับยา	วิธีการใช้
3	ตำรับยาแก้ โรคมะเร็ง ถ่ายเป็นเลือด	หนอน ตาย หยาก ข้าวเย็น เท นือ ข้าวเย็นใต้ ข้าวทั้ง เปลือก	-	นำส่วนผสมทั้งหมดใส่หม้อต้ม ต้มน้ำดี
4	ตำรับยาขับ เลือดตกค้าง สำหรับหญิง แรกคลอด	หญ้าไทร ใบบง ใบ ข่อย ใบกระจาว แก่น ฝ้าย ไม้ฝาง หยวง ดอกคำ	-	นำพืชทุกอย่างมัดให้มีขนาดเท่าๆกัน ตากให้แห้ง นำไปต้ม ต้มน้ำดื่ม
5	ตำรับบำรุง ร่างกาย	โตไม่รู้ล้ม หญ้าโคยงแดง หญ้าโคยงขาว หัว ตะไคร้	-	นำทั้งหมดมาต้ม ต้มน้ำดื่ม
6	ตำรับยาแก้ เวียนหัว ตาลาย	มะกรูด เทียนทั้งห้า กระเทียม	-	เจาะเอาส่วนในของมะกรูดออก จากนั้นนำเทียนทั้งห้าและ กระเทียมใส่ไป ช่างในผลมะกรูดแทน นำไปเผาไฟให้ไหม้ นิดหน่อย บดให้ละเอียดปั้นเป็นลูกกลอน รับประทาน

3.2 ค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมไวแสงจากพืชสมุนไพร

การทดสอบการดูดกลืนแสงของสีย้อมไวแสงจากพืชสมุนไพร ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ช่วงความยาวคลื่น แสงที่สีย้อมไวแสงของพืชสมุนไพรทั้ง 10 ชนิดสามารถดูดกลืนแสงได้ดี ก็คือ ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 210-340 nm โดยสีย้อมไวแสงของพืชสมุนไพรส่วนใหญ่ที่สกัดได้จะมาจากส่วน ของใบ ซึ่งสามารถดูดกลืนแสงได้ดีกว่าการสกัดมาจากส่วนหัว เม็ด ลำต้นและราก ยกเว้นกระชาย ตะไคร้และ ขมิ้น เนื่องจากส่วนใบของพืชสมุนไพรจะคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) อยู่ ซึ่งสามารถสังเคราะห์แสงได้ดี กว่าส่วนอื่นๆ และเมื่อเปรียบเทียบการสกัดสีย้อมไวแสงของพืชสมุนไพรในน้ำในระยะเวลาที่แตกต่างกัน (1 และ 7 วัน) พบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของสีย้อมไวแสงที่สกัดเป็นระยะเวลา 1 วัน ไม่แตกต่างจากการสกัด เป็นระยะเวลา 7 วัน ดังนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดสีย้อมไวแสงมากหรือน้อยจึงไม่ค่อยส่งผลมากนักต่อ ความสามารถในการดูดกลืนแสงของสีย้อมไวแสงที่ได้

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น ทำให้เราสามารถคัดเลือกสีย้อมไวแสงได้ โดยจะเลือกสีย้อมไวแสงของพืช สมุนไพรที่สกัดมาจากพืชสมุนไพรส่วนใบ และใช้เวลาในการสกัดเป็นระยะเวลา 1 วันเพื่อความสะดวกและ รวดเร็วในการนำไปวัดค่าแรงเคลื่อน ไฟฟ้าต่อไป ซึ่งได้แก่ สีย้อมไวแสงจากคาวตองและฟ้าทะลายโจร เนื่องจาก พืชสมุนไพรทั้งสองชนิดนี้สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นและสีย้อมไวแสงของพืช ทั้งสองชนิดนี้ให้ค่าการดูดกลืน แสงที่ดีด้วย

3.3 ศึกษาเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงจากพืชสมุนไพร

การศึกษาเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมจากพืชสมุนไพร (ภาพที่ 1) ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด สีย้อมไวแสงที่ใช้สีย้อมจากพืชสมุนไพรที่มีค่าการ ดูดกลืนแสงสูงที่สุดได้แก่ คาวตองและฟ้าทะลายโจร พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ใช้สีย้อมจากใบคาวตองสกัดแบบสด สามารถดูดซับบนอนุภาคผง ไททาเนียมแบบละเอียดได้ดีกว่าอนุภาคผงไททาเนียมแบบปกติ โดยให้ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่ดีที่สุด 0.022 โวลต์ ในขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ดูดซับด้วยผงอนุภาคไททาเนียมขนาดปกติไม่สามารถ วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ใช้สีย้อมที่สกัดจากใบฟ้าทะลายโจรสกัดแบบสดที่ดูดซับบนอนุภาคผงไททาเนียมขนาดปกติ และผงไททาเนียมแบบละเอียดให้ค่าแรงดันไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน แต่เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ใช้สีย้อมจากใบฟ้าทะลายโจรสกัดแบบแห้งให้ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สีย้อมจากใบฟ้าทะลายโจรที่สกัดแบบสดเล็กน้อย แต่ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้มีค่าไม่เสถียร

ตารางที่ 3 ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ความสว่าง 40 klx

สารกึ่งตัวนำ (TiO ₂)	สีย้อมไวแสง	ลักษณะพืชสมุนไพร	แรงดันไฟฟ้า (Volt)
แบบปกติ	ฟ้าทะลายโจร	สด	0.008
แบบปกติ	คาวตอง	สด	-
แบบละเอียด	ฟ้าทะลายโจร	สด	0.008
แบบละเอียด	ฟ้าทะลายโจร	แห้ง	0.010*
แบบละเอียด	คาวตอง	สด	0.022

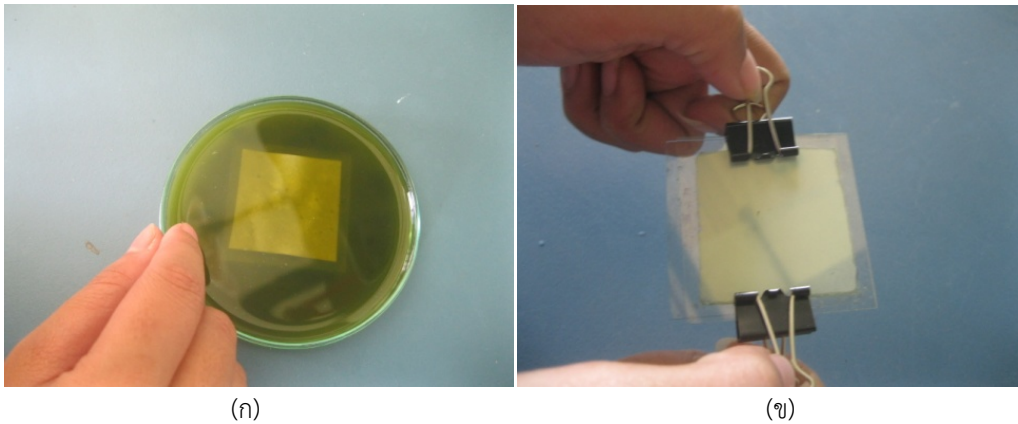
* ค่าไม่เสถียร สูงสุดที่ 0.010 Volt แล้วค่อยลดลง

ขั้นตอนแรกของการศึกษาเซลล์สุริยะชนิดสีย้อมไวแสงจากพืชสมุนไพรทำการสำรวจพืชสมุนไพรที่ใช้ ประโยชน์ตามภูมิปัญญาของชาวบ้านในตำบลนานกกก อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ พืชสมุนไพรที่พบ ทั้งหมด 29 ชนิด มีรายงานสรรพคุณการนำมาใช้รักษาโรคแล้วทุกชนิด ที่น่าสนใจ มีพืชสมุนไพรที่นำมาใช้ ประโยชน์ตามภูมิปัญญาของชาวบ้านตำบลนานกกกจำนวน 5 ชนิดที่แตกต่างจากรายงานการบันทึกสรรพคุณ ที่มีมาก่อนหน้านี้ พืชสมุนไพรเหล่านี้ ได้แก่ กะเพรา บอระเพ็ด เปล้าใหญ่ ผื่นต้นและหญ้าหนวดแมว ซึ่งมีความแตกต่างดังนี้ (1) กะเพรา จากการลงสำรวจข้อมูลการใช้ประโยชน์พบว่า ชาวบ้านตำบลนานกกก ใช้ใบกะเพรามาช้แล้วอุดฟันบริเวณที่ปวดฟัน ใช้แก้ปวดฟัน ส่วนรายงานบันทึก สรรพคุณของกะเพรา พบว่า กะเพรา ใช้แก้อาการท้องอืด ท้องเฟ้อ และปวดท้อง แก้อาการคลื่นไส้ อาเจียน ขับพยาธิ ขับน้ำนมสตรีหลังคลอด แก้อ้อ และขับเห็บ [6,12] (2) บอระเพ็ด พบว่า ชาวบ้านตำบลนานกกก ใช้ส่วนต้นบอระเพ็ดการรับประทานสดต้นบอระเพ็ด นำมาจิ้มเกลือ และรับประทานติดต่อกัน เพื่อลดความดันโลหิต และลดการเป็นเบาหวาน ส่วนรายงาน บันทึกสรรพคุณ ของบอระเพ็ด พบว่า ต้นบอระเพ็ดใช้แก้ไข้ บำรุงกำลัง แก้อ่อนในกระหายน้ำ แก้สะอึก เป็นยาขมเจริญอาหาร [6] (3) เปล้าใหญ่ พบว่า นำใบมาต้ม และใช้อาบสำหรับหญิง หลังคลอดเพื่อให้นมลูกเข้าอู่ ส่วนรายงานบันทึกสรรพคุณของเปล้าใหญ่ พบว่า หมอยา พื้นบ้านจังหวัด อุบลราชธานี ใช้ใบ ผสมกับเครื่องส้มและตะไคร้หอม ต้มน้ำดื่มและอาบแก้วิงเวียน ช่วยให้อ่อน ไหลเวียนดี [9] (4) ผื่นต้น พบว่า ใช้เปลือกที่มีรสฝาด ประุงกินเป็นยาคุม พยาธิ แก้ท้องร่วง แก้อาเจียน ขณะที่รายงานบันทึกสรรพคุณของผื่นต้น พบว่า เปลือกนำมาปรุงเป็นยาแก้ อาเจียน แก้ท้องเสีย แก้ปวดเมื่อยตามข้อ แก้ลมแดงและเป็นยาคุมธาตุ [7-8] (5) หญ้าหนวดแมว พบว่า ใช้หญ้าหนวดแมวมาตำ ใส่ น้ำข้าวข้าวแล้วนำมาต้มรับประทาน เพื่อรักษาอาการหอบ ขณะที่มีการรายงานการบันทึกสรรพคุณของหญ้าหนวดแมวว่า นำทั้งต้นมาใช้แก้โรคไต ขับปัสสาวะ รักษา โรคปวดตามสันหลัง รักษาโรคนี้่ว รักษาโรคเยื่อจมูกอักเสบ [6]

ความสามารถในการดูดกลืนแสงของรงควัตถุหรือสารสีสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthetic pigment) ที่ทำหน้าที่ในการรับแสง โดยจะดึงพลังงานแสงและให้อิเล็กตรอน (electron, e⁻) เป็นผู้นำพลังงานนั้นเข้าสู่ กระบวนการทางเคมี ซึ่งรงควัตถุในพืชมีหลายชนิด และมีความสามารถในการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น ต่างกัน ตัวอย่างเช่น คลอโรฟิลล์จัดเป็นรงควัตถุสีเขียวที่พบมากในพืช แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุสีแดง และสีส้มและไฟโคบิลิน ประกอบด้วยไฟโคอีทรีทรินซึ่งดูดแสงสีเหลืองและเขียว เป็นต้น โดยที่พืชที่มีสีของรงควัตถุที่ต่างกัน ก็จะทำให้ความสามารถในการดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า ส่วนใบของควาดองและฟ้าทะลายโจรมีความเหมาะสมที่จะนำมาทำการสกัดในน้ำเป็นระยะเวลา 1 วัน เนื่องจากสีขมไวแสงที่ได้จากพืชทั้งสองชนิดมีความสามารถดูดกลืนแสงได้ดีและหาได้ง่ายในท้องถิ่น แต่ อย่างไรก็ตาม การสกัดในงานวิจัยนี้ยังต้องทำการพัฒนาต่อไปอีก โดยการเปลี่ยนชนิดของตัวทำละลาย เพิ่มปริมาณของพืชสมุนไพรที่นำมาทำการสกัดให้มากขึ้น หาช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัด

ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขมไวแสงที่ใช้สีขมจากพืชสมุนไพร พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขมไวแสงที่ใช้สีขมจากใบควาดองสกัดแบบสด สามารถดูดซับบนอนุภาคผงไททาเนียมแบบละเอียดได้ดีกว่าอนุภาคผงไททาเนียมแบบปกติ โดย ให้ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่ดีที่สุด 0.022 V ในขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขมไวแสงที่ดูดซับด้วยผงอนุภาคไททาเนียมขนาดปกติไม่สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ เนื่องจากกระบวนการที่ทำให้ขนาดของผงอนุภาคละเอียดขึ้นช่วยลดขนาดของผงอนุภาคและเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวเพื่อให้โมเลกุลของสีขมไวแสงสามารถยึดเกาะได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลให้มีการกระจายตัวของช่องว่างระหว่างอนุภาคอย่างสม่ำเสมอและเพิ่มระยะทางการแพร่ของอิเล็กตรอนให้มากขึ้น [13]

สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขมไวแสงที่ใช้สีขมที่สกัดจากใบฟ้าทะลายโจรสกัดแบบสดที่ดูดซับ บนอนุภาคผงไททาเนียมขนาดปกติ และผงไททาเนียมแบบละเอียดให้ค่าแรงดันไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน แต่เซลล์ แสงอาทิตย์ชนิดสีขมไวแสงที่ใช้สีขมจากใบฟ้าทะลายโจรสกัดแบบแห้งให้ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สีขมจากใบฟ้าทะลายโจรที่สกัดแบบสดเล็กน้อยแต่ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้มีค่าไม่เสถียร ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีขมไวแสงที่ใช้สีขมจากการสกัดแบบสดจะให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ดีกว่า



ภาพที่ 1 แผ่นกระจกที่เคลือบด้วยไททาเนียมแช่ลงในสีขมไวแสงที่สกัดจากพืช (ก) การประกอบเซลล์แสงอาทิตย์สีขมไวแสง (ข)

4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาได้พบพืช สมุนไพรทั้งหมด 29 ชนิด จัดอยู่ใน 27 สกุล 18 วงศ์ นำพืชมาทดสอบการดูดกลืนแสงของสีขมไวแสงที่สกัดได้ ผลการศึกษาพบว่า สีขมไวแสงที่สกัดได้จากพืชสมุนไพรทั้ง 10 ชนิด สามารถดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงความยาวคลื่นแสงที่ 210 ถึง 340 นาโนเมตร โดยที่สมุนไพรควาดองและฟ้าทะลายโจรให้ค่าการดูดกลืนแสงในระดับสูง ดังนั้นพืชสมุนไพรทั้งสองชนิดจึงถูกเลือกนำมาศึกษาการสร้างเซลล์สุริยะโดยการใช้น้ำสีขมไวแสงจากพืชสมุนไพร พบว่า เซลล์สุริยะชนิดสีขมไวแสงจากใบควาดองสกัดแบบสดสามารถดูดซับบนอนุภาคผงไททาเนียมแบบละเอียดได้ดีกว่าอนุภาคผงไททาเนียมแบบปกติ โดยให้ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่ดีที่สุดเท่ากับ 0.022 โวลต์ ที่ สภาวะมาตรฐาน

5. ข้อเสนอแนะ

ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่เตรียมได้จากงานวิจัยนี้ยังได้ค่าไม่สูงเพียงพอที่จะวัดค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ จึงต้องมีการพัฒนาทั้งในส่วนของสีย้อมสารละลายอิเล็กโทรไลต์และการพัฒนาอนุภาคของสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จได้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรทิพพา พิญาพงษ์ ที่ปรึกษาโครงการ ขอขอบพระคุณองค์การบริหารส่วนตำบลนานกกก กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล นานกกก ผู้อำนวยการโรงเรียนนานกกก อาสาสมัคร และชาวบ้านตำบลนานกกก และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่สนับสนุนสถานที่และงบประมาณในการดำเนินโครงการวิจัย

7. References

- [1] Y. Amao, Y. Yamada, Near-IR Light-Sensitized Voltaic Conversion System Using Nanocrystalline TiO₂ Film by Zn Chlorophyll Derivative Aggregate, *Langmuir*. 2(1) (2005) 3008-3012.
- [2] A. Hagfeldt, M. Grätzel, Molecular Photovoltaics, *Acc. Chem. Res.* 33(2000) 269-277.
- [3] U. Bach, D. Lupo, P. Comte, J. Moser, F. Weissörtel, J. Salbeck, H. Spreitzer, M. Grätzel, Solid-state dye-sensitized mesoporous TiO₂ solar cells with high photon-to-electron conversion efficiencies, *Nature*. 395 (1998) 583-585.
- [4] A. Raturi, Y. Fepuleai, Photosynthesis in a test tube- dye sensitized solar cells as a teaching tool, *Renewable Energy (RE)*. 35(2010) 1010-1013.
- [5] Plants data searching system of Botanic Garden Organizing, Plants data center, Botanic Garden Organizing, <http://www.qsbg.org>, 14 March 2013.
- [6] Two Hundred Medicinal Plants Properties, Project of Plant Genetic conservation Project under the Royal initiative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn, <http://www.rspg.or.th>, 14 March 2013.
- [7] Plants in Uttaradit Rajabhat University No.4, Project of Plant Genetic conservation Project under the Royal initiative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn by Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit Rajabhat University, Wanida Printing Co.,Ltd. Chiangmai, 2008.
- [8] Plants in Uttaradit Rajabhat University No.7, Project of Plant Genetic conservation Project under the Royal initiative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn by Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit Rajabhat University, Wanida Printing Co.,Ltd. Chiangmai, 2011.
- [9] Medicinal Plant Database of Faculty of Pharmaceutical Sciences, Ubon Ratchathani University. <http://www.phargar den.com>, 14 March 2013.
- [10] J. Tawatpun, Principle of Taxonomy. Kasetsart University Press. Bangkok, 2005.
- [11] K. Riwlung, Taxonomy of Flowering Plant, Faculty of Sciences, Chandrakasem Rajabhat University, Bangkok, 2004.
- [12] Limpiyaprapan. M, Medicinal Plants Production. SE-EDUCATION Public Company Limited, Bangkok, 2011.

- [13] V. Promaruk, T. Sudyoadsuk, S. Sangsuwan, T. Keawin, Dye-Sensitized Solar Cells, DSSCs, Acad. J. UBU. 9(2) (2007) 14-31.