

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ว1ด

(ฉบับปรับปรุงปี พ.ศ. 2558)

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบการเสนอของบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 ตามมติคณะรัฐมนตรี

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารสเตียรอยด์ ในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรไทย
ด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดสีแบบกระดาษ
(อังกฤษ) Determination of Steroid in Thai Herbal Medicine Products
Utilizing a Paper Base-Colorimetric Sensor

ชื่อแผนงานวิจัย (ภาษาไทย) (กรณีเป็นโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย)
(ภาษาอังกฤษ)

ส่วน ก : ลักษณะโครงการวิจัย

- ☒ โครงการวิจัยใหม่
- ☐ โครงการวิจัยต่อเนื่องระยะเวลา.....ปี ปีนี้เป็นปีที่..... รหัสโครงการวิจัย.....
- I ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559)*
- ยุทธศาสตร์ การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจสู่การเติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน
- การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัยและนวัตกรรม
- II ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555-2559)
- ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 4 การสร้างศักยภาพและความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมและบุคลากรทางการวิจัย
- กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 พัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมสู่เชิงพาณิชย์ รวมทั้งองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ และการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ในวิทยาการต่าง ๆ
- แผนงานวิจัยที่ 1.1 การวิจัยและพัฒนานวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์และองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- III ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติรายประเด็น
- ยุทธศาสตร์ การวิจัยด้านการพัฒนาสมุนไพรของประเทศไทย
- ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 2 การวิจัยและการพัฒนาสมุนไพรไทย และสมุนไพรไทยเพื่อพัฒนาเป็นยาทั้งในรูปแบบยาแผนไทย ยาแผนปัจจุบัน และยาสำหรับสัตว์
- แผนงานวิจัยที่ ๓ การวิจัยเพื่อควบคุมกำกับมาตรฐานยา การติดตามเฝ้าระวังคุณภาพและความปลอดภัยในการใช้ยาสมุนไพร

IV ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายรัฐบาล

ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการวิจัย

1. ผู้รับผิดชอบ [คณะผู้วิจัย บทบาทของนักวิจัยแต่ละคนในการทำวิจัย และสัดส่วนที่ทำการวิจัย (%)] และหน่วยงาน ประกอบด้วย หน่วยงานหลักและหน่วยงานสนับสนุน

1.1 นายนรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ สัดส่วนการทำวิจัย 50 %, ใช้เวลาทำวิจัย 21 ชั่วโมง/สัปดาห์
หน่วยงาน สาขาวิชาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตภัณฑ์การเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โทร. 053-875815
E-mail: narin_t15@hotmail.com

มีหน้าที่ในการพัฒนาการสร้างอุปกรณ์เซนเซอร์แบบกระดาษ

1.2 นายศักดิ์ชัย เสถียรพิระกุล สัดส่วนการทำวิจัย 20 %, ใช้เวลาทำวิจัย 6 ชั่วโมง/สัปดาห์
หน่วยงาน สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
โทร. 053-873530-1 โทรสาร 053-878225
E-mail: sakchais@mju.ac.th

หน้าที่ช่วยวิจัย สร้าง ประดิษฐ์ชิ้นส่วนเครื่องมือและการใช้เครื่องมือ

1.3 นางภาวิณี อารีศรีสม สัดส่วนการทำวิจัย 15 %, ใช้เวลาทำวิจัย 6 ชั่วโมง/สัปดาห์
หน่วยงาน สาขาวิชาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตภัณฑ์การเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โทร. 053-875815
E-mail: thongsrisomboon@hotmail.com

มีหน้าที่ในเก็บตัวอย่างและศึกษาวิเคราะห์ตัวอย่าง

1.4 นายมานิชย์ ถนอมวัฒน์ สัดส่วนการทำวิจัย 15 %, ใช้เวลาทำวิจัย 6 ชั่วโมง/สัปดาห์
หน่วยงาน สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
โทร. 053-873530-1 โทรสาร 053-878225
E-mail: manoch_@hotmail.com

มีหน้าที่สร้าง ประดิษฐ์ชิ้นส่วนเครื่องมือและการใช้เครื่องมือวิเคราะห์

2. ประเภทการวิจัย

การวิจัยและพัฒนา (research and development)

3. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย

สาขาวิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช

4. คำสำคัญ (keywords) ของโครงการวิจัย

Paper based colorimetric sensor; Steroid; Thai herbal medicine product

5. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

สมุนไพรของไทยถูกนำมาใช้เป็นยารักษาผู้คนในท้องถิ่นของประเทศไทยมาเป็นเวลาช้านานจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากเป็นพืชที่สามารถหาได้ง่ายและสามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกที่ จึงทำให้เป็นที่นิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในสมัยอดีต และกลับมาเป็นที่นิยมอีกครั้งปัจจุบันนี้ และนอกจากนั้นยังพบว่าสมุนไพรของไทยยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ของยาได้หลายรูปแบบเพื่อให้เหมาะแก่การนำไปใช้ ไม่ว่าจะเป็น ยาน้ำ ยาลูกกลอน ยาแคปซูล ยาหมอง เป็นต้น ซึ่งเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่ทำให้คนไทยสามารถเลือกใช้อย่างสมุนไพรของไทยได้หลากหลายรูปแบบ และเพื่อให้ตรงกับการรักษาและวิธีการใช้มากยิ่งขึ้น

เนื่องจากสมุนไพรไทย และผลิตภัณฑ์ของยาสมุนไพรไทยได้รับความนิยมมากขึ้น จึงทำให้ผู้ผลิตหวังที่จะมุ่งขายเพื่อให้ได้กำไร โดยไม่ได้สนใจในเรื่องของคุณภาพของการผลิต คุณภาพของยาสมุนไพรไทย

ที่ขาย ส่งผลให้สมุนไพรไทย และผลิตภัณฑ์ของยาสมุนไพรไทยพบปัญหาต่าง^{1, 2} ๆ ตามมา เช่น มีการปลอมปนยาแผนปัจจุบันลงในยาสมุนไพร การพบเชื้อจุลินทรีย์และสารจุลินทรีย์ การปนเปื้อนของสารโลหะหนัก การปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืช รวมถึงพบการปนเปื้อนสารสเตียรอยด์³ เป็นต้น ดังนั้นหน่วยงานของทางภาครัฐจึงได้ออกมาควบคุมในเรื่องของดังกล่าวโดยได้ใช้วิธีการออกไปสุ่มตรวจ หรือออกกฎหมายควบคุม เช่น การควบคุมคุณภาพของสมุนไพรและผลิตภัณฑ์ของสมุนไพรตำรับมาตรฐานยาสมุนไพรไทย⁴ (Thai Herbal Pharmacopia: THP) เพื่อใช้ในควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตเป็นต้น

สเตียรอยด์⁵⁻⁸ เป็นสารประเภทฮอร์โมนที่ร่างกายสร้างขึ้น มีประโยชน์ในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของสารโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ตลอดจนควบคุมสมดุลของอิเล็กโทรไลต์ เกลือแร่ และน้ำในร่างกาย และสามารถบรรเทาอาการอักเสบได้ จึงได้มีการสังเคราะห์ขึ้นเพื่อนำมาใช้เป็นยาที่มีประโยชน์หลายด้านทั้ง ด้านการอักเสบ ใช้เป็นยากดภูมิคุ้มกัน และใช้ในผู้ที่ขาดฮอร์โมนประเภทนี้ จัดได้ว่าเป็นยาที่มีสรรพคุณดีมาก สามารถใช้รักษาโรคได้หลายชนิด เช่น โรคหอบหืด หรือโรคเอส แอลอี (โรคพุ่มพวง) โรคผิวหนังที่เกิดจากการแพ้ โรคหิด เป็นต้น โดยในรูปยามีชื่อว่า เพรดนิโซโลน (prednisolone), เดกซ์ซามะทาโซน (dexamethasone) เป็นต้น แม้สเตียรอยด์จะเป็นสารภายในร่างกายแต่เมื่อนำมาใช้เป็นยาจะต้องใช้ตามความจำเป็นเท่านั้นมิฉะนั้นจะเกิดอันตราย ยิ่งถ้าได้รับสเตียรอยด์เป็นเวลานานหรือในขนาดสูงมากจะยิ่งเป็นอันตรายมากขึ้น อันตรายที่จะเกิดขึ้นนั้น ได้แก่ ความดันโลหิตสูง เพิ่มน้ำตาลในเลือด กระดูกพรุน ต้อหิน ต้อกระจก เกิดแผลในกระเพาะอาหาร ผิบบวม หน้ากลมเป็นวงพระจันทร์ หลังเป็นหนอก เป็นต้น ยาสเตียรอยด์มักพบปนปลอมในยาชุด ยาลูกกลอน ยาสมุนไพร ยาต้ม ยาหม้อ รวมทั้งยาที่อวดอ้างสรรพคุณว่ารักษาได้สารพัดโรค และส่วนมากจะตรวจพบสาร เพรดนิโซโลน (prednisolone), เดกซ์ซามะทาโซน (dexamethasone)^{1, 9}

ในปัจจุบันการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสเตียรอยด์ในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรไทยสามารถตรวจได้สองแบบคือ ประเภทแรกเป็นการตรวจสอบแบบเชิงคุณภาพ (qualitative analysis) เช่น Thin layer chromatography¹⁰ หรือชุดตรวจสเตียรอยด์ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ¹¹ และอีกประเภทคือการตรวจสอบแบบเชิงปริมาณ มีหลายเทคนิคที่นิยมใช้ในการทดสอบได้แก่ spectrophotometry^{12, 13} High Performance Liquid Chromatography-Diode array (HPLC-DAD)^{14, 15} และ High Performance Liquid Chromatography- Mass Spectrometry (HPLC-MS)^{16, 17} เป็นต้น แต่เนื่องจากวิธีการทดสอบดังกล่าวต้องให้เครื่องมืออุปกรณ์ที่มีราคาแพง ระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบนาน รวมถึงปริมาณสารเคมีที่ใช้มีปริมาณมาก และต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญในการตรวจสอบ จึงทำให้ต้นทุนที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์มีราคาที่แพง และต้องทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น จึงทำให้การทดสอบแต่ละครั้งเสียค่าใช้จ่ายที่แพง ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงได้มีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ทางเคมีที่สะอาด (green analytical chemistry) หรือพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์ที่มีราคาถูก ลดระยะเวลาในการตรวจ ลดการใช้สารตัวอย่างและสารเคมีในปริมาณน้อย หรือสามารถใช้แล้วทิ้งเพื่อลดความยุ่งยากและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่าง และสามารถพกพาได้ เป็นต้น

ในปัจจุบันนักวิจัยมีความพยายามในการพัฒนา และสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดให้เป็นอุปกรณ์วิเคราะห์แบบพกพาที่มีราคาไม่แพง จากวัสดุราคาถูกสามารถใช้แล้วทิ้งได้ เช่นกระดาษ ซึ่งเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับเครื่องตรวจวัดที่มีสภาพไวสูง และมีความจำเพาะเจาะจงสูง อย่างเช่นการตรวจวัดด้วยสี (colorimetric analysis)^{18, 19} ตรวจวัดด้วยเคมีไฟฟ้า (electrochemical analysis)²⁰ การตรวจวัดการเรืองแสงด้วยปฏิกิริยาเคมี หรือการเหนี่ยวนำโดยอาศัยปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี ให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถตรวจวัดด้วยวิธีทางโฟโตเคมีลูมิเนสเซนซ์ (photo-chemiluminescence)^{21, 22} จะสามารถช่วยให้การวิเคราะห์ทดสอบทำได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว มีสภาพไวของการวิเคราะห์สูง และมีขีดจำกัดของการตรวจวิเคราะห์ในระดับความเข้มข้นต่ำๆ ได้ดี จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงทำให้

การประยุกต์ใช้ระบบปฏิบัติการขนาดเล็ก ได้รับความนิยอย่างสูงในวงการนักวิทยาศาสตร์ที่มีแนวทางการวิจัยพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์ที่มีขนาดกะทัดรัด และมีราคาไม่สูงมากนัก

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ สนใจที่จะทำการพัฒนาการวิเคราะห์ด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดสีด้วยกระดาษที่มีขนาดเล็ก ราคาถูกและสามารถใช้แล้วทิ้งได้²³ จากการใช้วัสดุราคาถูกเช่นกระดาษ เพื่อใช้เป็นการตรวจสอบสารสเตียรอยด์แบบเบื้องต้น (screen test) หรือตรวจหาปริมาณสารสเตียรอยด์ร่วมด้วยการตรวจวัดสีที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีของสเตียรอยด์กับสารรีเอเจนต์ โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Smartphone) ถ่ายภาพและวัดค่าสีโดยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop ทำให้สามารถตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารสเตียรอยด์ในผลิตภัณฑ์สมุนไพรไทย โดยกระบวนการวิเคราะห์จะอาศัยการเปลี่ยนแปลงสี หรือระบบการตรวจวัดภาพถ่ายจากโทรศัพท์แล้ววัดค่าสีโดยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop ซึ่งเป็นเครื่องมือง่ายๆ สามารถหาซื้อได้ตามร้านค้าอุปกรณ์มือถือทั่วไป จึงทำให้ลดการซื้ออุปกรณ์ที่มีความจำเพาะ ที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ รวมทั้งช่วยลดขั้นตอนของการวิเคราะห์ลงให้น้อยที่สุด และสามารถพัฒนาต่อยอดสำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับงานตรวจวิเคราะห์ปริมาณสเตียรอยด์ในผลิตภัณฑ์สมุนไพรไทยในภาคสนามต่อไป คาดว่าชุดตรวจที่พัฒนาขึ้นมา สามารถวิเคราะห์ปริมาณสารสเตียรอยด์ได้ภายในขอบเขตของค่ามาตรฐานของสำนักงานอาหารและยาหรือองค์การอนามัยโลก และช่วยยกระดับมาตรฐานของสมุนไพรไทยให้ทัดเทียมกับระดับนานาชาติและเป็นที่ยอมรับในระดับมาตรฐานสากลได้

ในส่วนของผู้ประชาชนทั่วไปสามารถเลือกซื้อยาสมุนไพรของไทยได้อย่างปลอดภัย โดยสามารถทำการตรวจสอบได้ด้วยตนเองเมื่อใช้วิธีการตรวจที่พัฒนาขึ้นมา ทำให้สามารถเลือกซื้อยาสมุนไพรที่ปลอดภัยสเตียรอยด์ปลอมปนมาใช้ได้ สำหรับหน่วยงานที่รับผิดชอบในการตรวจประเมินคุณภาพของยาสมุนไพร สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของยาสมุนไพรได้ หรือเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือทางเลือกสำหรับตรวจสอบเบื้องต้น ทดแทนเครื่องมือวิเคราะห์ราคาแพง แต่ยังคงมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สูง สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำและต่อเนื่อง เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากจะใช้ปริมาณสารตัวอย่างและรีเอเจนต์ในปริมาณน้อยแล้ว ยังมีราคาถูก สามารถใช้แล้วทิ้งได้ ซึ่งช่วยประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ทดสอบตัวอย่างในปริมาณมากๆ ได้

6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อพัฒนาและออกแบบเซนเซอร์ตรวจวัดสีด้วยกระดาษ เพื่อตรวจเบื้องต้น(screen test) หรือวิเคราะห์หาปริมาณสเตียรอยด์ในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรไทย จากวัสดุราคาถูกสามารถใช้แล้วทิ้งได้เลยเช่นกระดาษ โดยใช้การตรวจวัดสี (colorimetry) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทางเคมี แล้วตรวจวัดค่าสีที่ได้จากภาพถ่ายโทรศัพท์มือถือ

7. ขอบเขตของโครงการวิจัย

พัฒนาและออกแบบสร้างเซนเซอร์ตรวจวัดสีด้วยกระดาษ เพื่อตรวจหาสารสเตียรอยด์เบื้องต้น (screen test) หรือตรวจหาปริมาณสารสเตียรอยด์ในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรไทย โดยใช้การตรวจวัดสี (colorimetry) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทางเคมีของสเตียรอยด์ และวัดค่าสีจากภาพถ่ายโทรศัพท์มือถือด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ที่มีราคาถูก ประกอบไปด้วยกระบวนการต่างๆ ที่สำคัญดังนี้

7.1 ศึกษาปฏิกิริยาเคมีของสเตียรอยด์กับสารรีเอเจนต์ ที่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีด้วยปฏิกิริยาทางเคมี เช่น 2,4-dinitrophenylhy, nitrophenylhydrazine และ salicyloylhydrazide เป็นต้น

7.2 ออกแบบ และดัดแปลงเครื่องพิมพ์เลเซอร์ เพื่อทำการออกแบบและพัฒนารูปแบบ ลวดลายของช่องทางเดินของสารรีเอเจนต์บนเซนเซอร์ตรวจวัดสีด้วยกระดาษ ให้เป็นระบบปฏิบัติการขนาดจิ๋ว (microfluidics) ชนิดกระดาษ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสแตียรอยด์กับรีเอเจนต์ โดยจะใช้หมึกพิมพ์ชนิดที่เป็น wax มาพิมพ์บนกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เพื่อลดการใช้ปริมาณสารรีเอเจนต์ให้น้อยลง แต่สามารถวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7.3 ออกแบบระบบ และวิธีการตรวจวัดสีด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดสีแบบกระดาษ ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสีจากปฏิกิริยาเคมีของสแตียรอยด์กับสารรีเอเจนต์ เพื่อสามารถใช้เป็นวิธีการตรวจสอบเบื้องต้น (screen test) สารสเตียรอยด์ ในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรไทย

7.4 ทดลองเพิ่มสภาพไวของปฏิกิริยา โดยศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของระบบเซนเซอร์ตรวจวัดสีแบบกระดาษ โดยศึกษาตัวแปรทางกายภาพ และตัวแปรทางเคมีอื่นๆ ของสารรีเอเจนต์ เป็นต้น

7.5 ออกแบบระบบ และวิธีการตรวจวัดสีด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดสีแบบกระดาษ และกระบวนการแปรผลข้อมูลที่ได้จากการเกิดเปลี่ยนแปลงสีจากปฏิกิริยาเคมีของสแตียรอยด์กับสารรีเอเจนต์ด้วยโทรศัพท์มือถือและโปรแกรม Adobe Photoshop เพื่อใช้เป็นวิธีการตรวจสอบหาปริมาณสเตียรอยด์ในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรไทย

7.6 ศึกษาผลของ interferences ที่อาจกระทบต่อการวิเคราะห์ พร้อมทั้งวิธีหลีกเลี่ยงและวิธีการจำกัดสารรบกวนต่างๆ

7.7 ศึกษาคุณลักษณะของการวิเคราะห์ เช่นความแม่นยำ ความเที่ยงตรง ชัดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดอัตราเร็วของการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธีมาตรฐาน เช่น AOAC เป็นต้น

7.8 นำชุดตรวจที่พัฒนาขึ้นมาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรไทย พร้อมกับการเปรียบเทียบความเที่ยงตรงในการวิเคราะห์ เพื่อสรุปผล วิจัย และเขียนรายงาน

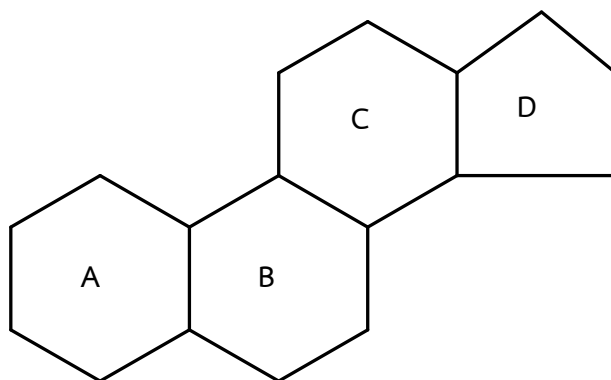
8. ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้มีกรอบแนวคิดว่า การพัฒนาเซนเซอร์ตรวจวัดสีด้วยกระดาษ เพื่อใช้ตรวจเบื้องต้น (screen test) สารสเตียรอยด์ หรือวิเคราะห์ปริมาณสเตียรอยด์ในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรไทย โดยการใช้การตรวจวัดสี (colorimetry) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทางเคมีของสแตียรอยด์ และวัดค่าสีจากภาพถ่าย โทรศัพท์มือถือด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop เพื่อใช้ตรวจวิเคราะห์ปริมาณสเตียรอยด์ ในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรไทย โดยปัจจุบันการตรวจวิเคราะห์สารดังกล่าวต้องใช้เครื่องมือวิเคราะห์ระดับสูงเช่น HPLC-DAD หรือ LC-MS เป็นต้นซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง หากสามารถพัฒนาวิธีวิเคราะห์ที่มีความรวดเร็ว ว่องไวสูงมาทดแทนการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ราคาสูงดังกล่าว เพื่อสามารถใช้ในการตรวจเบื้องต้น (screen test) และตรวจวิเคราะห์ปริมาณสเตียรอยด์ในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรไทย หรือสามารถพัฒนาชุดตรวจขึ้นสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในภาคสนามสำหรับประชาชนทั่วไปที่เลือกซื้อยาสมุนไพรไทย รวมทั้งหน่วยงานที่ตรวจเฝ้าระวังคุณภาพของยาสมุนไพรไทย โดยใช้อุปกรณ์ราคาถูก สามารถใช้แล้วทิ้งได้ และใช้สารเคมี ใช้สารตัวอย่าง สารรีเอเจนต์ในปริมาณที่น้อยๆ ที่เรียกว่าระบบปฏิบัติการขนาดจิ๋ว (ไมโคร/มิโครฟลูอิดิกส์) ร่วมกับการตรวจวัดสีโดยใช้ภาพถ่าย โทรศัพท์มือถือและโปรแกรม Adobe Photoshop ซึ่งจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการตรวจวิเคราะห์ได้

9. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

สเตียรอยด์ (steroid) เป็นยาด้านอักเสบและแก้แพ้ ใช้รักษาโรคทางการแพทย์ได้อย่างกว้างขวาง²⁴ ใช้รักษาอาการแพ้ชนิดรุนแรงหรือเรื้อรัง เช่น หอบหืด แพ้ยา ข้ออักเสบรูมาตอยด์ หรือ กลุ่มโรคออโตอิมมูน (ปฏิกิริยาภูมิคุ้มกันต่อเนื้อเยื่อของตัวเอง หรือภูมิแพ้ตนเอง) เช่น โรคไตเนโฟรติก เอสแอลอี(โรคพุ่มพวง) หน้าเปื้อนจากเส้นประสาทอักเสบ อัมพาตอักเสบจากคางทูม เป็นต้น ถึงแม้ว่าจะมีประโยชน์ในการรักษาโรค แต่เนื่องจากเป็นยาที่มีผลข้างเคียงสูง และอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ สำหรับพิษในระยะสั้นของสเตียรอยด์นั้นอาจทำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหาร น้ำตาลในเลือดสูง(เป็นโรคเบาหวาน) ความดันโลหิตสูง ลดภูมิคุ้มกันของร่างกายทำให้ติดเชื้อ (เช่น วัณโรค ปอดอักเสบ) หน้าบวม เป็นสิว ถ้าหากมีการใช้ติดต่อกันในระยะยาว จะทำให้ กระดูกผุ กระดูกหักง่าย มีจ้ำเขียวขึ้นตามผิวหนัง กลืนแสบในลำคอเสียความสมดุล หน้าบวม ลำตัวบวม แขนขาลีบ โรคจิตประสาท ตาเป็นต้อกระจกหรือต้อหิน พิษที่รุนแรงที่สุดคือ ทำให้ต่อมหมวกไตฝ่อ เมื่อเกิดภาวะเครียดของร่างกาย ก็อาจทำให้ช็อกถึงตายได้ เรียกภาวะนี้ว่า ภาวะวิกฤตจากต่อมหมวกไตฝ่อ²⁵

สเตียรอยด์มีโครงสร้างหลักเป็นวง 4 วงเชื่อมต่อกัน โดยที่ 3 วง (A, B, C) เป็นหกเหลี่ยมต่างมีจำนวนคาร์บอนอยู่ 6 อะตอม และมีห้าเหลี่ยม 1 วง (D) ที่มีจำนวนคาร์บอน 5 อะตอม ดังแสดงในรูป 1

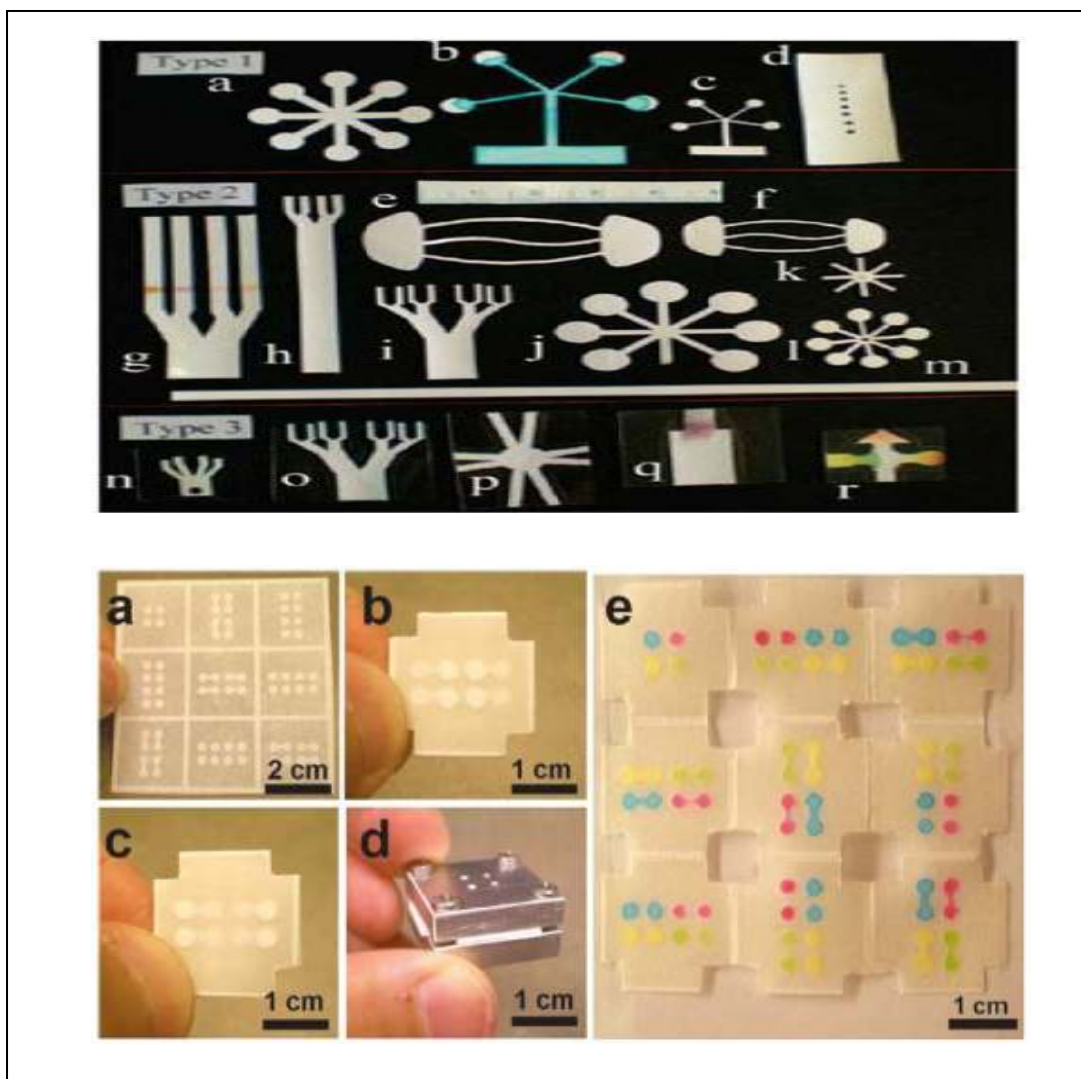


รูป 1 สูตรโครงสร้างทั่วไปของสเตียรอยด์²⁶

ยาสเตียรอยด์มักพบปนปลอมใน ยาลูกกลอน ยาชุด ยาหม้อ ยาสมุนไพร ยาต้ม รวมทั้งยาที่อวดอ้างสรรพคุณว่ารักษาได้สารพัดโรค และส่วนมากจะตรวจพบสาร เพรดนิโซโลน (prednisolone), เดกซ์ซามิแทโซน (dexamethasone)^{1, 9} วิธีที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณสเตียรอยด์ ที่นิยมใช้ในปัจจุบันจะอาศัย เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวร่วมด้วยการตรวจวัดด้วย ยูวีไดโอดเอเรย์ (HPLC-DAD) หรือ แมสสเปกโตรเมตรี (LC-MS) เพราะมีความจำเพาะสูง และสามารถตรวจสอบปริมาณสารที่มีปริมาณเล็กน้อยได้อย่างแม่นยำ

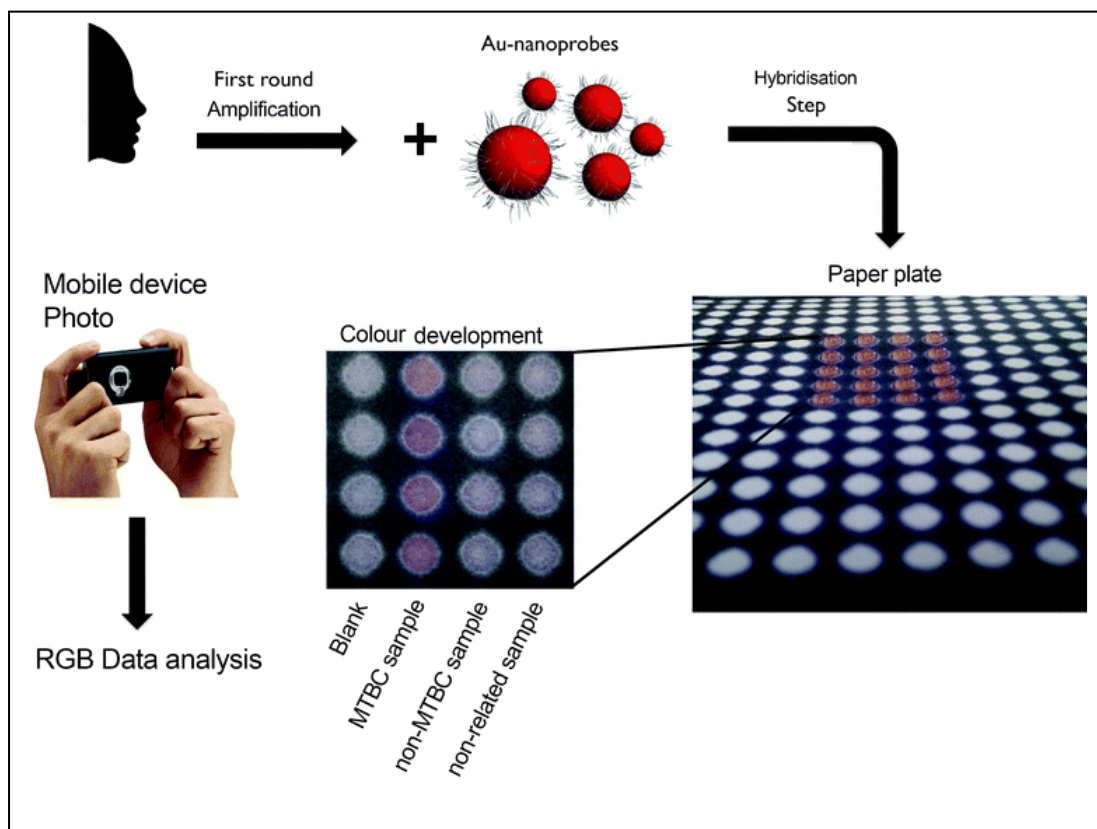
การใช้เครื่อง HPLC-DAD หรือ HPLC-MS นั้นมีค่าใช้จ่ายสูงในการวิเคราะห์ และใช้เวลานาน รวมถึงต้องต้องใช้เจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญสูง จึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการทดสอบวิเคราะห์สูงตามมา ดังนั้นในการวิจัยนี้จะพัฒนาเซนเซอร์ตรวจวัดสีด้วยกระดาษ เพื่อการตรวจเบื้องต้น (screen test) สเตียรอยด์หรือวิเคราะห์หาปริมาณสเตียรอยด์ในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรไทย โดยใช้กระบวนการเปลี่ยนแปลงสี (colorimetry) ของสารสเตียรอยด์ ร่วมกับการตรวจวัดสีโดยใช้ภาพถ่ายโทรศัพท์มือถือและโปรแกรม Adobe Photoshop โดยทำการศึกษาในยาสมุนไพรไทย จากแหล่งผลิตบริเวณจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดใกล้เคียง ซึ่งเซนเซอร์ตรวจวัดสีด้วยกระดาษที่พัฒนาขึ้น จะเป็นระบบปฏิบัติการขนาดเล็กที่ผลิตจากกระดาษ เพื่อให้สามารถใช้ในการตรวจวัดได้ง่าย รวดเร็ว และประหยัดสารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และสามารถใช้งานได้ทั้งนี้ ซึ่งปัจจุบันพบว่ามีการใช้งานแพร่หลายขึ้นอย่างมาก เนื่องจากเซลล์ลูโลสไฟเบอร์

ในกระดาษ ทำหน้าที่เป็นช่องทางในการไหลของสารละลายที่มีตัวทำละลายเป็นน้ำ (hydrophilic pathway) โดยอาศัยแรงตึงผิวในการขับเคลื่อนสารละลาย การออกแบบและผลิตช่องทางเดิน (channel) สำหรับการออกแบบและสร้างเซนเซอร์แบบกระดาษสามารถสร้างได้หลายเทคนิค ได้แก่ เทคนิค photolithography^{27, 28} inject printing²⁹ plasma treatment^{30, 31} paper cutting^{32, 33} และ wax printing³⁴⁻³⁶ เป็นต้น ลักษณะตัวอย่างของเซนเซอร์กระดาษมีได้หลายรูปแบบดังแสดงในรูป 2



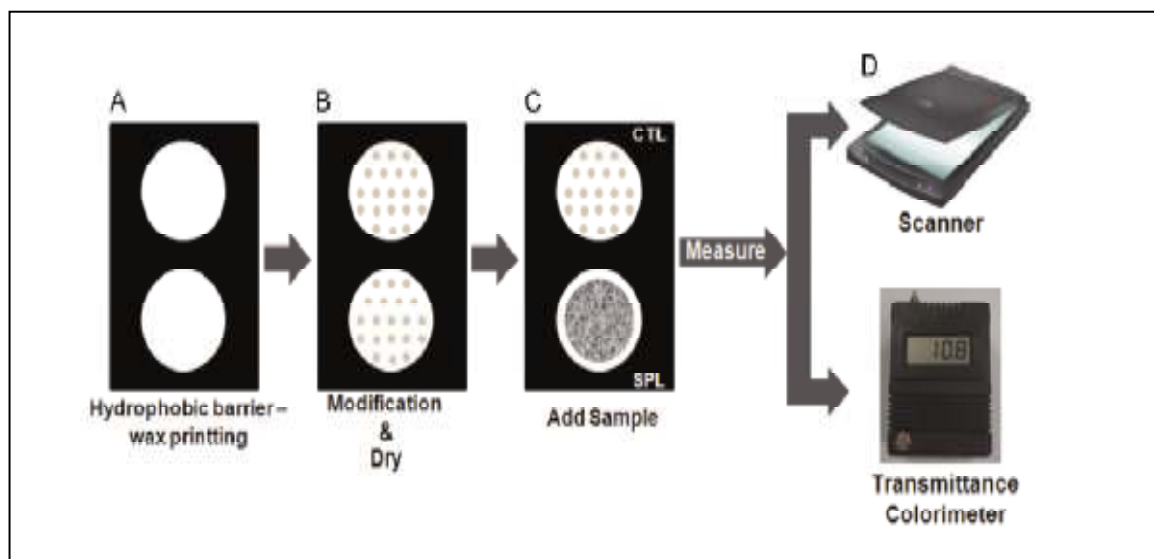
รูป 2 ลักษณะตัวอย่างของเซนเซอร์กระดาษ^{37, 38}

โดยงานวิจัยนี้ สนใจจะใช้เทคนิคการพิมพ์อย่างง่าย โดยใช้เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ต โดยอาศัยหมึกพิมพ์ที่ทำจากวัสดุที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic material) มาทำการพิมพ์บนกระดาษกรองโดยใช้หลอดลายที่ออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไป เช่นงานวิจัยของ Nie et al.³⁹ ที่ใช้หมึกพิมพ์ชนิดที่เป็น wax มาพิมพ์บนกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เพื่อใช้เป็นช่องทางสำหรับการวิเคราะห์ กลูโคส และงานวิจัยของ Veigas et al.⁴⁰ ใช้ wax มาพิมพ์บนกระดาษ ร่วมกับทองคำนาโน เมื่อสาร Tuberculosis (TB) ทำปฏิกิริยากับทองคำนาโนที่เติมลงไปบนจุดที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีขึ้น ทำให้สามารถตรวจสอบหาสาร Tuberculosis (TB) ได้ ดังแสดงในรูป 3



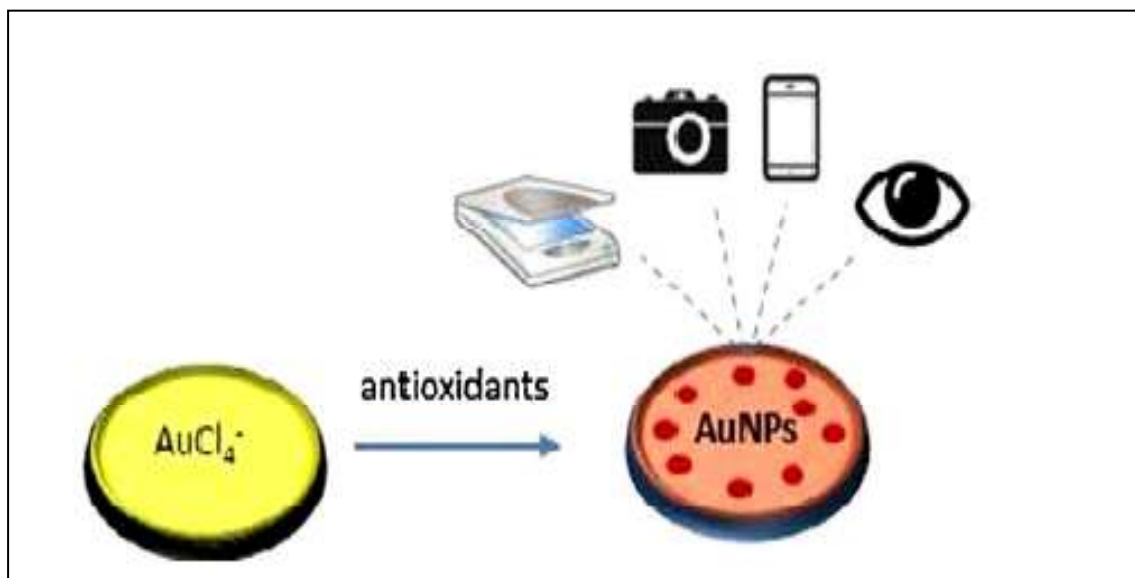
รูป 3 การออกแบบของเซนเซอร์แบบกระดาษที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ Tuberculosis⁴⁰

Ferreira et al.⁴¹ ใช้หมึกพิมพ์ชนิดที่เป็น wax มาพิมพ์บนกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ร่วมกับเงินนาโน เมื่อวิตามินในตัวอย่างทำปฏิกิริยากับทองคำนาโนที่เติมลงไปบนจุดที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาก็ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีขึ้น นำค่าที่ได้ไปอ่านค่าสีที่เปลี่ยนแปลงด้วยเครื่องสแกนเนอร์ ก็จะทำให้สามารถ ตรวจสอบหาปริมาณวิตามินซีได้ดังแสดงในรูป 4



รูป 4 การออกแบบ เซนเซอร์แบบกระดาษสำหรับวิเคราะห์วิตามินซี⁴¹

เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Choleva et al.⁴² ได้ทำการวิเคราะห์หาสารต้านอนุมูลอิสระโดยการหยดทองคำนาโนลงบนจุดที่เกิดปฏิกิริยาที่ผ่านการพิมพ์ด้วย wax บนกระดาษกรอง หลังจากนั้นเมื่อสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างถูกหยดลงไปก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสี นำค่าที่ได้ไปอ่านค่าสีที่เปลี่ยนแปลงด้วยเครื่องสแกนเนอร์ ก็จะทำให้สามารถตรวจสอบหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างได้ดังแสดงในรูป 5



รูป 5 การออกแบบ เซนเซอร์แบบกระดาษสำหรับวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ⁴²

เนื่องจากการการเกิดเปลี่ยนแปลงสีของปฏิกิริยาทางเคมีของสารสแตยรอยด์กับสารรีเอเจนต์บางชนิดเช่น 2,4-dinitrophenylhy, nitrophenylhydrazine และ salicyloylhydrazide จะอาศัยปฏิกิริยาเคมีที่มีความจำเพาะของรีเอเจนต์กับสารสแตยรอยด์ในสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้น และปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดขึ้นบนเซลล์ลูโลสไฟเบอร์ในกระดาษ ทำหน้าที่เป็นช่องทางในการไหลของสารละลาย และสามารถตรวจวัดด้วยเครื่องมืออย่างง่าย ๆ เช่นสังเกตด้วยการเปลี่ยนแปลงสี (screen test) หรือสามารถตรวจหาปริมาณโดยใช้โทรศัพท์มือถือโดยใช้เป็นตัวถ่ายภาพ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลภาพถ่ายที่ได้มาแปลผลโดยดูจากปริมาณค่าสีจากภาพถ่ายที่ได้ ด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop และเมื่อทำการอ่านค่าสีที่เกิดขึ้นเทียบกับสารมาตรฐาน จะทำให้การวิเคราะห์ทดสอบทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำลง

ดังนั้นหากนำเซนเซอร์ตรวจวัดสีด้วยกระดาษที่พัฒนาขึ้นมาตรวจวิเคราะห์สารสแตยรอยด์ จะทำให้กระบวนการตรวจวัดสารสแตยรอยด์ที่พัฒนาขึ้นมาได้ เป็นวิธีที่ใช้สารเคมีน้อย ราคาไม่สูงและใช้เวลาวิเคราะห์ที่สั้น คาดว่าจะช่วยทำให้เกิดผลดีต่อประชาชนทั่วไปที่ใช้ยาสมุนไพรไทย และห้องปฏิบัติการที่เฝ้าระวังตรวจสอบคุณภาพสมุนไพรไทยได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถวิเคราะห์หาปริมาณสารสแตยรอยด์ได้ รวมทั้งช่วยประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการวิเคราะห์ และมีความรวดเร็ว สามารถวิเคราะห์ได้หลาย ๆ ตัวอย่างในเวลาเพียงอันสั้น ซึ่งอาจนำไปสู่การสร้างเครื่องมือตรวจวัดภาคสนามที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของยาสมุนไพรไทยได้เป็นอย่างดี

10. เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

1. นันทนา กลิ่นสุนทร, ชมพูนุท นุตสถาปนา, และ ปริญชา มาประดิษฐ์. การสำรวจคุณภาพยาสมุนไพรในเขตสาธารณสุขที่ 4 และ 5. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ **2557**, 56, (1), 40-51.
2. จิตรา ชัยวัฒน์, จิราณูช แจ่มทวีกุล, สันติพงษ์ วงศ์เพ็ญทักษ์ และ ปรัชญาพร อินทองแก้ว. ความปลอดภัยของยาจากสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติ. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ **2557**, 56, (3), 123-134.
3. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. เผยพบยาแผนโบราณปนเปื้อนสเตียรอยด์. http://www.fda.moph.go.th/www_fda/data_center/ifm_mod/nw/841734050_ข่าวพบสเตียรอยด์ในยาแผนโบราณ_ส่ง_270355_.pdf
4. นันทนท สิทธิชัย. มาตรฐานของสมุนไพรในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย. วารสารสมุนไพรไทย **2547**, 11, (1), 21-32.
5. ธีรรัตน์ เหลืองมันคง. ปลอดภัยหรือไม่เมื่อใช้สเตียรอยด์. <http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/142/สเตียรอยด์-ใช้แล้วปลอดภัยหรือไม่/>
6. Veenstra, D. L.; Best, J. H.; Hornberger, J.; Sullivan, S. D.; Hricik, D. E., Incidence and long-term cost of steroid-related side effects after renal transplantation. *American Journal of Kidney Diseases* **1999**, 33, (5), 829-839.
7. Citterio, F., Steroid side effects and their impact on transplantation outcome. *Transplantation* **2001**, 72, (12 Suppl), S75-80.
8. ทักษิณ เรืองแปง. ภัยร้ายจากยาสเตียรอยด์. http://www.med.cmu.ac.th/hospital/dis/2011/index.php?option=com_content&view=article&id=70:steroid&catid=18:knowledge&Itemid=35
9. ดวงทิพย์ อรรถธร, สรียา แซ่ลิ้ม, สิริณทิพย์ วิชญวรนนท์, อธิษฐ์ คล้ายสัณติ และ สุกัญญา เดชอดิษฐ์. การศึกษาการปนเปื้อนของยาสเตียรอยด์ เพรดนิโซโลนและเด็กซ์เมทาโซนในยาแผนโบราณในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ **2553**, 13, (1).
10. Cimpoiu, C.; Hosu, A.; Hodisan, S., Analysis of some steroids by thin-layer chromatography using optimum mobile phases. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* **2006**, 41, (2), 633-637.
11. นพมาศ สุนทรเจริญนนท์. ตรวจสอบการปนเปื้อนยาสเตียรอยด์ในผลิตภัณฑ์สมุนไพรไม่ยากอย่างที่คิด. <http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/228/ตรวจสอบการปนเปื้อนยาสเตียรอยด์ในผลิตภัณฑ์สมุนไพรไม่ยากอย่างที่คิด>
12. Hassan, S. M.; Fattah, M. M. A.; Zaki, M. T. M., Spectrophotometric determination of some steroid sex-hormones. *Fresenius' Zeitschrift für analytische Chemie* **1976**, 281, (5), 371-377.
13. Forist, A. A.; Theal, S., Spectrophotometric determination of steroid esters. *Journal of the American Pharmaceutical Association* **1958**, 47, (7), 520-522.
14. Hoang, V. D.; Hue, N. T.; Tho, N. H.; Nguyen, H. M. T., Simultaneous determination of chloramphenicol, dexamethasone and naphazoline in ternary and quaternary mixtures by RP-HPLC, derivative and wavelet transforms of UV ratio spectra. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **2015**, 139, 20-27.

15. Chen, Q.; Zielinski, D.; Chen, J.; Koski, A.; Werst, D.; Nowak, S., A validated, stability-indicating HPLC method for the determination of dexamethasone related substances on dexamethasone-coated drug-eluting stents. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* **2008**, 48, (3), 732-738.
16. Shackleton, C., Clinical steroid mass spectrometry: A 45-year history culminating in HPLC–MS/MS becoming an essential tool for patient diagnosis. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* **2010**, 121, (3–5), 481-490.
17. Ma, Y.-C.; Kim, H.-Y., Determination of Steroids by Liquid Chromatography/Mass Spectrometry. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry* **1997**, 8, (9), 1010-1020.
18. Ratnarathorn, N.; Chailapakul, O.; Henry, C. S.; Dungchai, W., Simple silver nanoparticle colorimetric sensing for copper by paper-based devices. *Talanta* **2012**, 99, (0), 552-557.
19. Chen, Y.; Zilberman, Y.; Mostafalu, P.; Sonkusale, S. R., Paper based platform for colorimetric sensing of dissolved NH₃ and CO₂. *Biosensors and Bioelectronics* **2015**, 67, (0), 477-484.
20. Richte, M. M., Electrochemiluminescence (ECL). *Chemical Reviews* **2004**, 104, 3003-3036.
21. Grayeski, M. L., Chemiluminescence analysis. *Analytical Chemistry* **1987**, 59, (21), 1243A-1256A.
22. Lancaster, J. S., Chemiluminescence detection in analytical chemistry. *Endeavour* **1992**, 16, (4), 194-200.
23. Liu, W.; Kou, J.; Xing, H.; Li, B., Paper-based chromatographic chemiluminescence chip for the detection of dichlorvos in vegetables. *Biosensors and Bioelectronics* **2014**, 52, (0), 76-81.
24. สุรวุฒิ ปรีชานนท์. ยาสเตียรอยด์ ยามหัศจรรย์ แต่ดาบสองคม. http://www.vichaiyut.co.th/html/jul/37-2550/p74-76_37.asp
25. ราชวิทยาลัยแพทยออร์โธปิดิกส์แห่งประเทศไทย สเตียรอยด์. http://www.rcost.or.th/web/index.php?option=com_content&view=article&id=13:2010-01-28-07-23-10&catid=19&Itemid=109
26. Hunt, L. Steroids. <http://www.chem.ucalgary.ca/courses/350/Carey5th/Ch26/ch26-5-1.html>
27. Martinez, A. W.; Phillips, S. T.; Butte, M. J.; Whitesides, G. M., Patterned paper as a platform for inexpensive, low-volume, portable bioassays. *Angew Chem Int Ed Engl* **2007**, 46, (8), 1318-20.
28. Martinez, A. W.; Phillips, S. T.; Whitesides, G. M., Three-dimensional microfluidic devices fabricated in layered paper and tape. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2008**, 105, (50), 19606-19611.

29. Khan, M. S.; Fon, D.; Li, X.; Tian, J.; Forsythe, J.; Garnier, G.; Shen, W., Biosurface engineering through ink jet printing. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* **2010**, 75, (2), 441-447.
30. Li, X.; Tian, J.; Shen, W., Progress in patterned paper sizing for fabrication of paper-based microfluidic sensors. *Cellulose* **2010**, 17, (3), 649-659.
31. Li, X.; Tian, J.; Nguyen, T.; Shen, W., Paper-Based Microfluidic Devices by Plasma Treatment. *Analytical Chemistry* **2008**, 80, (23), 9131-9134.
32. Wang, W.; Wu, W. Y.; Zhu, J. J., Tree-shaped paper strip for semiquantitative colorimetric detection of protein with self-calibration. *J Chromatogr A* **2010**, 11, (24), 3896-9.
33. Fenton, E. M.; Mascarenas, M. R.; Lopez, G. P.; Sibbett, S. S., Multiplex lateral-flow test strips fabricated by two-dimensional shaping. *ACS Appl Mater Interfaces* **2009**, 1, (1), 124-9.
34. Lu, Y.; Shi, W.; Jiang, L.; Qin, J.; Lin, B., Rapid prototyping of paper-based microfluidics with wax for low-cost, portable bioassay. *ELECTROPHORESIS* **2009**, 30, (9), 1497-1500.
35. Leung, V.; Shehata, A.-A. M.; Filipe, C. D. M.; Pelton, R., Streaming potential sensing in paper-based microfluidic channels. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* **2010**, 364, (1-3), 16-18.
36. Zhong, Z. W.; Wang, Z. P.; Huang, G. X. D., Investigation of wax and paper materials for the fabrication of paper-based microfluidic devices. *Microsystem Technologies* **2012**, 18, (5), 649-659.
37. Fenton, E. M.; Mascarenas, M. R.; López, G. P.; Sibbett, S. S., Multiplex Lateral-Flow Test Strips Fabricated by Two-Dimensional Shaping. *ACS Applied Materials & Interfaces* **2009**, 1, (1), 124-129.
38. Liu, H.; Crooks, R. M., Three-Dimensional Paper Microfluidic Devices Assembled Using the Principles of Origami. *Journal of the American Chemical Society* **2011**, 133, (44), 17564-17566.
39. Nie, Z.; Deiss, F.; Liu, X.; Akbulut, O.; Whitesides, G. M., Integration of paper-based microfluidic devices with commercial electrochemical readers. *Lab on a Chip* **2010**, 10, (22), 3163-3169.
40. Veigas, B.; Jacob, J. M.; Costa, M. N.; Santos, D. S.; Viveiros, M.; Inacio, J.; Martins, R.; Barquinha, P.; Fortunato, E.; Baptista, P. V., Gold on paper-paper platform for Au-nanoprobe TB detection. *Lab on a Chip* **2012**, 12, (22), 4802-4808.
41. Ferreira, D. C. M.; Giordano, G. F.; Soares, C. C. d. S. P.; de Oliveira, J. F. A.; Mendes, R. K.; Piazzetta, M. H.; Gobbi, A. L.; Cardoso, M. B., Optical paper-based sensor for ascorbic acid quantification using silver nanoparticles. *Talanta* **2015**, 141, 188-194.
42. Choleva, T. G.; Kappi, F. A.; Giokas, D. L.; Vlessidis, A. G., Paper-based assay of antioxidant activity using analyte-mediated on-paper nucleation of gold nanoparticles as colorimetric probes. *Analytica Chimica Acta* **2015**, 860, 61-69.

11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยวิทยาศาสตร์พื้นฐานในสาขาวิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช ซึ่งเน้นด้านการวิเคราะห์ปริมาณสารเจือปนในสมุนไพรไทย ดังนั้นการเผยแพร่ผลการศึกษาและความรู้จากการวิจัยด้านนี้แก่ประชาชนทั่วไป นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้สนใจ จะช่วยให้ประชาชนสามารถทำการตรวจสอบยาสมุนไพรไทยก่อนนำไปใช้ได้ และเลือกใช้อย่างปลอดภัยที่ไม่มีสารสเตียรอยด์ปลอมปน สำหรับหน่วยงานที่คอยเฝ้ากำกับ หรือดูแลคุณภาพของยาสมุนไพร สามารถทำการตรวจได้อย่างไว และรวดเร็ว ทันต่อสถานการณ์การระบาดของยาสมุนไพร สามารถลดต้นทุน ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ปริมาณสารเจือปนได้นอกจากนี้ยังเป็นการเสริมสร้างประโยชน์จากการวิจัย หรือห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะเป็นการขยายขอบเขตการใช้ประโยชน์ทางวิชาการ โดยใช้ผลการวิจัยนี้เป็นแนวทางในการพึ่งตนเอง กระตุ้นและส่งเสริมให้หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน ที่มีห้องปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์ได้ต้นตัวและหันมาพัฒนาประดิษฐ์เครื่องมือราคาถูกลง จากวัสดุ อุปกรณ์ที่มีอยู่ เป็นการทดแทนการนำเข้า เครื่องมือราคาสูงจากต่างประเทศ และพัฒนาศักยภาพของคนไทย โดยใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์และองค์ความรู้ที่มีอยู่ ในการพัฒนาประเทศแบบยั่งยืน

โดยข้อมูลของงานวิจัยนี้ สามารถเสนอผลงานและเผยแพร่ในวารสารทางวิชาการทั้งภายในและต่างประเทศ อีกทั้งยังสามารถเผยแพร่ข้อมูลและสร้างฐานเรียนรู้ดังกล่าวแก่ภาคอุตสาหกรรมและประชาชนทั่วไป เพื่อเป็นต้นแบบ (prototype) สำหรับวิธีการตรวจสอบปลอมปนในยาสมุนไพรได้

12. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

ภายหลังสิ้นสุดโครงการคาดว่าจะได้งานวิจัยชิ้นใหม่ที่สามารถถ่ายทอดความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ โดยผ่านการนำเสนอผลการวิจัย ในการประชุมสัมมนาทางวิชาการระดับท้องถิ่น ระดับชาติ หรือ ระดับนานาชาติ หรืออาจนำเสนอในรูปแบบเอกสารทางวิชาการโดยการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ ระดับชาติ หรือ ระดับนานาชาติ ตามความเหมาะสม ส่วนจะนำไปตีพิมพ์ในวารสารประเภทใดนั้น ขึ้นอยู่กับหัวเรื่องและการประยุกต์ผลการวิจัยของโครงการนี้

13. วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ดำเนินงานในห้องปฏิบัติการสาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

14. ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย (ให้ระบุขั้นตอนอย่างละเอียด)
ระยะเวลา 1 ปี (เริ่มตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2558 – 30 กันยายน 2559)

ขั้นตอนการทำงาน	2558			2559								
	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย
1. ศึกษาและค้นคว้า ปฏิบัติการเคมีของสเต็มเซลล์กับสารรีเอเจนต์ต่าง ๆ และจัดซื้อ วัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ สารเคมีที่ใช้ในการตรวจวัดสารสเต็มเซลล์	←→											
2. ดัดแปลงเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท เพื่อผลิตเซนเซอร์ตรวจวัดสีแบบกระดาษ โดยทำการออกแบบลวดลายช่องทางเดินของสาร (channel) ที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารรีเอเจนต์และสารสเต็มเซลล์ รวมถึงขนาดของเซนเซอร์	←→											
3. ศึกษาออกแบบกระบวนการตรวจวัดสีที่เกิดจากการเปลี่ยนสีจากปฏิกิริยาเคมีของสเต็มเซลล์กับสารรีเอเจนต์ เพื่อใช้เป็นวิธีการตรวจสอบเบื้องต้น (screen test) สารสเต็มเซลล์	←→											
4. ทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของตัวแปรทางกายภาพและตัวแปรทางเคมี ของสารรีเอเจนต์เพื่อให้การตรวจวัดมีประสิทธิภาพสูงสุด			←→									
5. ศึกษาออกแบบกระบวนการตรวจวัดและการแปรผลจากข้อมูลที่ได้จากการเกิดเปลี่ยนแปลงสีจากปฏิกิริยาเคมีของสเต็มเซลล์กับสารรีเอเจนต์ด้วยโทรศัพท์มือถือและโปรแกรม Adobe Photoshop เพื่อใช้เป็นวิธีการตรวจสอบหาปริมาณสเต็มเซลล์					←→							
6. ศึกษาผลของ interferences ที่อาจกระทบต่อการวิเคราะห์ พร้อมทั้งวิธีหลีกเลี่ยงและวิธีการจำกัดสารรบกวนต่างๆ							←→					
7. ประยุกต์และทดสอบกับการวิเคราะห์ตัวอย่างจริงและเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน								←→				
8. แปลผลข้อมูลเพื่อสรุปผลงานการวิจัยและส่งผลงานตีพิมพ์ เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์และ manuscript									←→			

15. ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย (อุปกรณ์การวิจัย, โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ) ระบุเฉพาะปัจจัยที่ต้องการเพิ่มเติม

- เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท
- ชุดไมโครปิเปต
- วัสดุทางวิทยาศาสตร์ เช่น สารเคมี วัสดุสิ้นเปลืองทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น
- อุปกรณ์ช่วยการบันทึกข้อมูลจากการทดลอง เช่น กระดาษพิมพ์รายงาน สมุดบันทึก ปากกา วัสดุคอมพิวเตอร์ โปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูป

16. งบประมาณของโครงการวิจัย

รายละเอียดงบประมาณการวิจัย จำแนกตามงบประมาณประเภทต่าง

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
1. งบบุคลากร	-
2. งบดำเนินงาน	
2.1 ค่าตอบแทนคณะผู้ดำเนินงาน	
- หัวหน้าโครงการ	30,000
- นักวิจัย	30,000
2.2 ค่าใช้สอย	
2.2.1 ค่าจ้างเหมาค่าจ้างเหมา (เช่น ทำอุปกรณ์ดัดแปลงเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท จัดทำวัสดุทางอิเล็กทรอนิกส์ ค่าจ้างเก็บตัวอย่าง ค่าจ้างวิเคราะห์ข้อมูล ค่าจ้างวิเคราะห์ทางเคมี ฯลฯ)	50,000
2.3 ค่าวัสดุ	
2.3.1 ค่าวัสดุสำนักงาน ค่าวัสดุไฟฟ้า และวัสดุคอมพิวเตอร์	50,000
2.3.2 ค่าสารเคมีบริสุทธิ์ ค่าวัสดุวิทยาศาสตร์ และวัสดุวิทยาศาสตร์สิ้นเปลือง	55,000
2.3.3 ค่าอุปกรณ์ เครื่องแก้วต่าง ๆ	10,000
2.3.3 ค่าบริหารโครงการ 10 %	25,000
3. งบลงทุน	-
รวมงบประมาณที่เสนอขอ	250,000

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยจ่ายทุกรายการ

17. ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

ประเภทของผลสำเร็จ ผลสำเร็จตามเป้าหมายที่แสดงผลกระทบได้ (goal results, G)

คะแนนผลสำเร็จ 10

- ได้ผลสำเร็จเบื้องต้น (P) ปี 2558 คือ ได้เซนเซอร์ตรวจวัดสีแบบกระดาษ สำหรับตรวจเบื้องต้น (screen test) สารสเต็มรอยดื้อในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรไทย
- ได้ผลสำเร็จขั้นกลาง (I) ปี 2559 คือ ได้ต้นแบบชุดตรวจเซนเซอร์ตรวจวัดสีแบบกระดาษ แบบใช้แล้วทิ้งเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสเต็มรอยดื้อในผลิตภัณฑ์ยาสมุนไพรไทยที่ผลการวิเคราะห์ที่ได้จะต้องสอดคล้องกับวิธีมาตรฐาน
- ได้ผลสำเร็จในขั้นปลาย (G) ในปี 2559 คือ สามารถจดลิขสิทธิ์หรือสิทธิบัตร อนุสิทธิบัตร

18. ค่าชี้แจงอื่น ๆ (ถ้ามี)

19. ลงลายมือชื่อ หัวหน้าโครงการวิจัย พร้อมวัน เดือน ปี

วัน/เดือน/ปี	ชื่อ-สกุล	ลายมือชื่อ	หน่วยงาน
.....	นายณรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์		คณะผลิตกรรมการเกษตร
.....	นายศักดิ์ชัย เสถียรพิระกุล		คณะวิทยาศาสตร์
.....	นางภาวิณี อารีศรีสม		คณะผลิตกรรมการเกษตร
.....	นายมานิชย์ ถนอมวัฒน์		คณะวิทยาศาสตร์

20. ลงลายมือชื่อ ของผู้บังคับบัญชาของหน่วยงาน

ลงลายมือชื่อ ผู้บังคับบัญชา

วัน/เดือน/ปี	ชื่อ-สกุล	ลายมือชื่อ	หน่วยงาน
.....	นายเรืองชัย จุวัฒน์สำราญ.....		คณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร

ส่วน ค : ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติและผลงานขอหัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายนรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Narin Taokaenchan
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 5710 00409 55 4
3. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์
เวลาที่ใช้ทำวิจัย (ชั่วโมง : สัปดาห์) 21
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
หน่วยงานหลัก:คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
63 หมู่ 4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
โทรศัพท์ 053-87-5815 โทรสาร 053-87-5800
โทรศัพท์มือถือ 085-032-6663
E-mail : narin_t15@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่สำเร็จการศึกษา	สถานที่ศึกษา	ระดับการศึกษา	สาขาวิชา
2544	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	ปริญญาตรี	เคมี
2551	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	ปริญญาโท	เคมีประยุกต์
2557	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	ปริญญาเอก	เคมีประยุกต์

6. สาขาวิชาการศึกษาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - เคมีวิเคราะห์
 - สมุนไพรวิเคราะห์
 - การตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหาร งานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 ผู้อำนวยการแผนการวิจัย -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย

- ผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิต และ ความเข้มแสงต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของใบเตยหอม (สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 58)

7.3 ผู้ร่วมโครงการวิจัย

- ผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อปริมาณสารเอเซียติโคไซด์ และคุณสมบัติต้านออกซิเดชัน ในระบบปลูกเปรียบเทียบแบบอินทรีย์และเคมีของบัวบก (สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 57)

7.4 งานวิจัยที่ทำสำเร็จแล้ว

ผลงานทางวิชาการ/งานวิจัยที่ทำสำเร็จแล้ว

ผลงานวิจัยที่พิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

งานวิจัยวิจัยที่ตีพิมพ์

1. Narin Taokaenchan, TaninTangkuaram, Pusit Pookmanee, Sirirat Phaisansuthichol, Surasak Kuimalee and Sakchai Satienperakul. Enhanced electrogeneratedchemiluminescence of tris(2,2'-bipyridyl)ruthenium(II) system by L-cysteine-capped CdTe quantum dots and its application for the determination of nitrofurans antibiotics. Biosensors and Bioelectronics. 2015. Vol 66. 231-232. Impact factor: 6.451
2. Narin Taokaenchan, Rudchadaporn Puntharod, Tanin Tangkuaram, Pusit Pookmanee, Sirirat Phaisansuthichol, Supaporun Sangsrirachan and Sakchai Satienperakul. Specific speciation of As(III) and As(V) in aqueous solution by a split microfluidic chemiluminescence system. Journal of Flow Injection Analysis. 2014. Vol. 31, No. 1. 27-37. Impact factor: -
3. Narin Taokaenchan, Tanin Tangkuaram, Pusit Pookmanee and Sakchai Satienperakul. 2012. Microfluidic chemiluminescence device for Arsenic (III) determination in Thai traditional herbs. PACCON 2012 proceeding book. Impact factor: -

ผลงานวิจัยที่นำเสนอในงานประชุมวิชาการ

1. Narin Taokaenchan, Tanin Tangkuaram, Pusit Pookmanee, Sirirat Phaisalsuthichol, and Sakchai Satienperakul. 2014. Enhanced electrogeneratedchemiluminescence of tris(2,2'-bipyridyl) ruthenium(II) system by L-cysteine-capped CdTe quantum dots and its application. Biosensors. 2014 : 26th Anniversary World Congress on Biosensors, 23-27 May 2014, Melbourne, Australia.
2. Narin Taokaenchan, Ratchadaporn Puntharod, Tanin Tangkuaram, Pusit Pookmanee, Sirirat Phaisalsuthichol, Supaporn Sangsrirachan and Sakchai Satienperakul. 2014. Specific speciation of As(III) and As(V) in aqueous solution by split microfluidic chemiluminescence system. International Symposia on Research towards Green Innovation. January 14. Chiang Mai, Thailand.
3. Narin Taokaenchan, Tanin Tangkuaram, Pusit Pookmanee, Sirirat Phaisalsuthichol, and Sakchai Satienperakul. 2013. Electrochemiluminescence from tris(2,2'-bipyridyl) ruthenium (II) in the presence of L-cysteine-capped CdTe quantum dots and its application for the determination of selected nitrofurans antibiotic residues. ASEAN⁺ .

2013. The 2nd Regional Symposium on Biosensors, Biodiagnostics and Biochips. December 11-13, Mae Fah Luang University, Thailand.

4. Narin Taokaenchan, Tanin Tangkuaram, Posit Pookmanee, Sirirat Phaisalsuthichol, Supaporn Sangsrirachan and Sakchai Satienerakul. 2012. Simultaneous determination of arsenite and arsenate in aqueous solution by a split flow injection chemiluminescence system. SPEC 2012 : Shedding New Light on Disease conference, November 11-16, Chiang Mai, Thailand.

5. Narin Taokaenchan, Tanin Tangkuaram, Pusit Pookmanee and Sakchai Satienerakul. 2012. Microfluidic chemiluminescence device for Arsenic (III) determination in Thai traditional herbs. Pure and Applied Chemistry International Conference, January 11-13, The Empress Chaing Mai hotel. Thailand.

ประวัติและผลงานของนักวิจัยร่วม

- . ชื่อ (ภาษาไทย) นาย ศักดิ์ชัย เสถียรพีระกุล
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Sakchai Satienerakul
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 00080478
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 7
4. หน่วยงานและที่อยู่ติดต่อได้สะดวก
สถานที่ทำงาน ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
หมายเลขโทรศัพท์ (053) 873544-5 โทรสาร (053) 878225 E-mail sakchais@mju.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	ระดับการศึกษา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ปีที่สำเร็จ	สาขา	ประเทศ
ปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2538	เคมี	ไทย
ปริญญาโท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2541	เคมี	ไทย
ปริญญาเอก	Doctor of Philosophy (Ph.D.)	La Trobe University	2547	Analytical Chemistry	Australia

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

Flow injection Analysis
Environmental Analytical Chemistry
Electrochemical Analysis
Chemiluminescence Chemistry

7.ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหาร งานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 ผู้อำนวยการแผนการวิจัย -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย

การพัฒนาวิธีเพอร์วาทอร์ชัน โพลินเจกชัน ร่วมกับการตรวจวัดการเรืองแสงด้วยปฏิกิริยาเคมี สำหรับการวิเคราะห์สารปนเปื้อนทางการเกษตร (สกว)

การออกแบบและสร้างระบบโพลินเจกชันอะนาไลซิส สำหรับการประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์สารปนเปื้อนสิ่งแวดล้อมทางการเกษตร (วช 2549)

7.3 งานวิจัยที่สำเร็จแล้ว

ผลงานทางวิชาการ/งานวิจัยที่สำเร็จแล้ว

ผลงานวิจัยที่พิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

1. Pawinee Thongsrisomboon, Boonsom Liawruangrath, Saisunee Liawruangrath, **Sakchai Satienperakul**. Flow injection chemiluminescence determination of neomycin in pharmaceutical formulations. Journal of Flow Injection Analysis. 2010, 27, 36-41. Impact factor: -
2. Pawinee Thongsrisomboon, Boonsom Liawruangrath Saisunee Liawruangrath and **Sakchai Satienperakul**. Determination of nitrofurans residues in animal feeds by flow injection chemiluminescence procedure. Food Chemistry. 2010, 123, 834-839. Impact factor: 3.146.
3. **Sakchai Satienperakul**, Porntana Pongdong and Saisunee Liawruangrath, Pervaporation flow injection analysis for the determination of sulphite in food samples utilising potassium permanganate-rhodamine B chemiluminescence detection. Food Chemistry. 2010, 121, 893-898. Impact Factor: 3.146.
4. Lori Shayne T Alamo, Tanin Tangkuarum and **Sakchai Satienperakul**. Determination of sulfite by pervaporation flow injection with amperometric detection using copper hexacyanoferrate-carbon nanotube modified carbon paste electrode. Talanta. 2010, 81, 1793-1799. Impact factor: 3.206.
5. **Sakchai Satienperakul** and Arsan Prommintta. Gas-diffusion flow injection procedure for the determination of sulphite in foods utilising amperometric detection. KU Science Journal. 2008, 1, 60-65. Impact factor: -
6. Sakchai Satienperakul, Saisunee Liawruangrath and Terrence J. Cardwell. Novel chemiluminescence-flow injection analysis for the determination of sulphide in aqueous samples. Luminescence. 2006, 21, 290-291. Impact factor: 1.317.
7. **Sakchai Satienperakul**, Terrence J. Cardwell, Spas D. Kolev, Claire E. Lenehan and Neil W. Barnett. A sensitive procedure for the rapid determination of arsenic (III) by flow injection analysis and

chemiluminescence detection. *Analytica Chimica Acta*. 2005, 554, 25-30. Impact factor: 3.186.

8. **Sakchai Satienperakul**, Terrence J. Cardwell, Robert W. Cattrall, Ian D. McKelvie, Douglas M. Taylor and Spas D.Kolev. Determination of carbon dioxide in gaseous samples by gas diffusion-flow injection. *Talanta*. 2004, 62, 631-636. Impact factor: 3.374.
9. **Sakchai Satienperakul**, Sami Y. Sheikheldin, Terrence J. Cardwell, Robert W. Cattrall, Maria D. Luque de Castro, Ian D. McKelvie and Spas D.Kolev. Pervaporation-flow injection analysis of phenol after on-line derivatisation to phenyl acetate. *Analytica Chimica Acta*. 2003, 485, 37-42. Impact factor: 3.186.

ผลงานวิจัยที่พิมพ์เผยแพร่ในที่ประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ

1. Satienperakul, S., Liawruangrath, S., *Indirect Atomic Absorption Spectrophotometric Determination of Ascorbic Acid in Fruit Juice*, 23rd Congress on Science and Technology of Thailand, 20-22 October 1997.
2. Satienperakul, S., Liawruangrath, S., *Flow Injection Spectrophotometric Procedure for Trace Aluminium Determination*, 24th Congress on Science and Technology of Thailand, Bangkok, 19-21 October 1998.
3. Satienperakul, S., Liawruangrath, S., Jumnongpien, P. and Boonruang, S., *Synthesis and Characteristic of Picoline Aldehyde Salicyloylhydrazone and Its Applications for Spectrophotometric Determination of Copper (II)*, 25th Congress on Science and Technology of Thailand, Pisanuloke, 20-22 October 1999.
4. Sangphagdee, C., Satienperakul, S., and Liawruangrath, S., *Determination of Cadmium Copper and Zinc in Water Samples from Ping River and Mae Kha Canal by Atomic Absorption Spectrophotometry*, 26th Congress on Science and Technology of Thailand, Bangkok, 18-20 October 2000.
5. Satienperakul, S. and Liawruangrath, S., *Flow Injection Spectrophotometric procedure for Aluminium Determination in Tap Water*, *International Conference on Water Resources Management in Intermontane Basins.*, 2-6 Feb., 1999, 613.
6. Satienperakul, S. and Liawruangrath, S., *Comparative Determination of Aluminium(III) in Tap Water by Flow Injection Spectrometry Using Pyridoxal Salicyloylhydrazone and Chrome Azurol S.*, The Fourth Princess Chulabhorn International Science Congress, 28 November - 2 December 1999, Bangkok, Thailand.
7. Satienperakul, S., Sheikheldin, S. Y., Cardwell, T. J., Cattrall, R. W., Luque de Castro, M. D., McKelvie, I. D. and Kolev, S. D., Pervaporation-flow injection

- analysis of phenol after on-line derivatisation, *9th International Conference on Flow Analysis*, Geelong (Australia), Abstract (2003) 38.
8. Satienperaku, S.I, Boriboon, K. and Liawruangrath, S., Development of Gas Diffusion Flow Injection Procedure for the Determination of Total Sulphide in Natural Waters, *32nd Congress on Science and Technology of Thailand*, Bangkok, 11-13 October 2006.
 9. Satienperakul, S., Liawruangrath, S., and Cardwell T. J., A Simple Chemiluminescence Flow Injection Analysis for the Determination of Sulphide in Aqueous Samples, *14th International Symposium on Bioluminescence and Chemiluminescence*, San Diego, 15-19 October 2006.
 10. S Satienperakul, W Sirikeaw, J Supanya and S Boonrasri, Mg-EDTA Mercury Electrode for Potentiometric Measurement: An Alternative Tool for the Determination of Magnesium in Field Latex, *2nd Pure and applied chemistry conferences*, Bangkok, 30 Jan-1 Feb, 2008.
 11. S Satienperakul and A Prommint, Gas-Diffusion Flow Injection Procedure for the Determination of Sulphite in Foods Utilising Amperometric Detection, *2nd Pure and applied chemistry conferences*, Bangkok, 30 Jan-1 Feb, 2008.
 12. C. Tatana, and S. Satienperakul, Flow Injection Chemiluminescence Determination of Nitrofurazone in Food Products by Enhancing Cu (II) Catalysed Luminol-Hydrogen Peroxide Reaction, *International symposium on flow-based analysis VII*, Chiang Mai, 16-18 Dec, 2007.
 13. P. Thongsrisomboon, B Liawruangrath, S Liawruangrath and S Satienperakul Flow Injection Procedure for the Determination of Furazolidone, Nitrofurantoin and Nitrofurazone using Acidic Potassium Permanganate as Chemiluminescence Reagent, *International symposium on flow-based analysis VII*, Chiang Mai, 16-18 Dec, 2007.
 14. P. Phongdong and S. Satienperakul Preliminary investigation for the Determination of Sulphite in Pickled Foods Based on Gas Diffusion Flow Injection with Chemiluminescence Detection, *International symposium on flow-based analysis VII*, Chiang Mai, 16-18 Dec, 2007.
 15. S. Satienperakul and O. Ruenkhum, Determination of chlorocresol by gas diffusion flow injection with amperometric detection, *14th International conference on flow injection analysis*, Berlin, 3-7 Sep, 2007
 16. P. Thongsrisomboon, B Liawruangrath, S. Liawruangrath and S Satienperakul, Selective determination of nitrofur derivatives in pharmaceutical formulations using flow injection coupled with chemiluminescence detection, *14th International conference on flow injection analysis*, Berlin, 3-7 Sep, 2007.
 17. P. Pongdong S. Liawruangrath and S. Satienperakul, Pervaporation flow injection procedure for the determination of sulphite in pickled food by

- using a sensitive potassium permanganate-rhodamine-B chemiluminescence detection, *The 15th International Conference on Flow Injection Analysis including related techniques (ICFIA 2008)* Nagoya, Japan, 28 Sep - 3 Oct, 2008.
18. C. Tatana and S. Satienperakul The determination of furazolidone, nitrofurantoin and nitrofurazone in honey and bee products by HPLC utilizing a post-column chemiluminescence detection, *The 15th International Conference on Flow Injection Analysis including related techniques (ICFIA 2008)* Nagoya, Japan, 28 Sep - 3 Oct, 2008.
 19. L. S. Alamo, T. Tangkumarum and S. Satienperakul A carbon nanotubes - copperhexacyanoferrate composite electrode and its application for the determination of sulphite by pervaporation flow injection amperometry, *The 15th International Conference on Flow Injection Analysis including related techniques (ICFIA 2008)* Nagoya, Japan, 28 Sep - 3 Oct, 2008.
 20. T. Moonta and S. Satienperakul Flow Injection Potentiometry for an Indirect Determination of Contaminated Tetracycline in Food Samples Using CuS/Ag₂S Membrane Electrode **Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON 2009), Phitsanuloke, 23 January 2009**
 21. W. Som-Aum, J. Threepom, and S. Satienperakul. Determination of arsenic in water sample on microfluidic device with chemiluminescence detection. **Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON 2009), Phitsanuloke, 23 January 2009.**
 22. S Satienperakul, T Tangkumarum, R Pantharod, K Buttaraj, M Thanomwat, K Chomchen and T Sriwan. Lead/silver sulfide based solid state ion-selective membrane electrodes prepared by co-precipitation method. Proceedings of the 27th MST Annual Conference. 20-22 January 2010, Samui, Thailand.
 23. A. Prominta, T. Pojanagaroon, S. Liawruangrath, T. Tangkumarum, S. Satienperakul, Amperometric biosensors based on Nafion®/Gox/PANi/MnO₂ modified carbon paste electrode for glucose determination, Proceedings of the Pure and Applied Chemistry International Conference 2011, Bangkok, Thailand.
 24. A. Prominta, T. Pojanagaroon, S. Liawruangrath and S. Satienperakul, Development of flow injection analysis with modified amperometric biosensor for determination of glucose in biological fluids, Proceedings of 14th Asian Chemical Congress 2011, Bangkok, Thailand.
 25. W. Sirikeaw, T. Pojanagaroon, S. Liawruangrath and S. Satienperakul, A microfluidic device for the determination of selected nitrofurans in pharmaceutical preparations using chemiluminescence detection, Proceedings of the Pure and Applied Chemistry International Conference 2011, Bangkok, Thailand.

2. ผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อปริมาณสารเอเซียติโคไซด์ และคุณสมบัติด้านออกซิเดชัน ในระบบปลูกเปรียบเทียบแบบอินทรีย์และเคมีของบัวบก

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :-

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องต้มสมุนไพรจากรางจืด (หัวหน้าโครงการ) แหล่งทุน: คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สถานภาพในการทำวิจัย

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ :

1. การเปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพเพคตินจากกล้วยน้ำว้าไส้แดง กล้วยน้ำว้าไส้เหลือง และกล้วยน้ำว้าไส้ขาว (ผู้ร่วมวิจัย) แหล่งทุน: คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สถานภาพในการทำวิจัย: ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละ 50

2. การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไพลโดยการสกัดด้วยน้ำร้อน (ผู้ร่วมวิจัย) แหล่งทุน: มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สถานภาพในการทำวิจัย: ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละ 80

3. ผลของการใช้มูลค่างาวและชนิดของภาชนะปลูกน็อคดาวนต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ของขมิ้นชันในระบบการปลูกแบบอินทรีย์ (ผู้ร่วมวิจัย) แหล่งทุน: มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สถานภาพในการทำวิจัย: ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละ 40

ประวัติและผลงานของนักวิจัยร่วม

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นาย มาโนชย์ ถนอมวัฒน์
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Manoch Thanomwat
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ
3. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์
4. หน่วยงานและที่อยู่ติดต่อได้สะดวก
สถานที่ทำงาน หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
หมายเลขโทรศัพท์ (053) 873665 โทรสาร (053) 878225 E-mail
manoch_@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	ระดับการศึกษา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ปีที่สำเร็จ	สาขา	ประเทศ
ปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	2549	วิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

Chromatography

Environmental Chemistry

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหาร งานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 นักวิจัยร่วมโครงการวิจัย

7.1.1 การพัฒนาวิธีการสกัดแยกและวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ

- 7.1.2 การศึกษาองค์ประกอบและศักยภาพในการผลิตไบโอดีเซลของน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดส้มเขียวหวาน
- 7.1.3 คุณสมบัติขี้เถ้าแอมलगและองค์ประกอบทางเคมีจากสารสกัดจากใบ และเมล็ด ของพืชสกุลน้อยหน่า

7.2 งานวิจัยที่ทำสำเร็จแล้ว

S Satienperakul, T Tangkuarum, R Pantharod, K Buttaraj, M Thanomwat, K Chomchen and T Sriwan. Lead/silver sulfide based solid state ion-selective membrane electrodes prepared by co-precipitation method. Proceedings of the 27th MST Annual Conference. 20-22 January 2010, Samui, Thailand.
