



รายงานการวิจัย

แผนงานเรื่อง

เทคนิคการคัดกรอง และการวิเคราะห์แบบรู้ผลเร็ว: เครื่องมือของการค้นหายาใหม่
การเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อม และความปลอดภัยทางอาหาร ปีที่ 2

High throughput Screening / Analysis: Tool for Drug Discovery,
Environmental Monitoring and Food Safety (2nd year)

ผู้อำนวยการแผนงาน

รองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ชัยลภากุล

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2552

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

แผนงานวิจัยและโครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ประจำปีงบประมาณ 2552

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

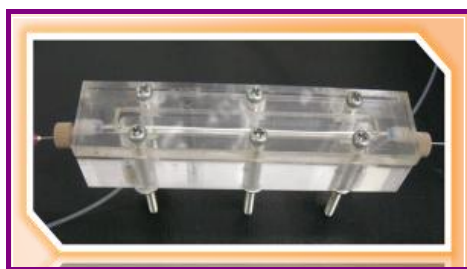
แผนงานวิจัยโครงการพัฒนาเทคนิคการคัดกรอง (High throughput screening, HTS) และการวิเคราะห์แบบรู้ผลเร็ว (High throughput analysis, HTA) เป็นโครงการที่พัฒนาเทคนิค เครื่องมือและวิธีวิเคราะห์ที่ให้ ทราบผลได้อย่างรวดเร็วเพื่อนำไปตรวจสอบคัดกรองสารออกฤทธิ์กลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระในพืช สมุนไพรไทย ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับการศึกษาด้านการค้นหายาตัวใหม่ นอกจากนี้ในโครงการ ยังได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ที่ให้ผลที่รวดเร็ว สามารถรองรับจำนวนตัวอย่างมากๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้ใน งานด้านการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารมลพิษในอาหารและสิ่งแวดล้อม

แผนงานวิจัยในปีที่ 2 นี้ ส่วนหนึ่งได้นำผลิตภัณฑ์ต้นแบบและผลการศึกษาที่พัฒนาขึ้นในปีที่ 1 มาพัฒนาเป็นระบบวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์ที่รู้ผลเร็ว ได้แก่ อุปกรณ์ต้นแบบ Multi-optical sensor สำหรับประเมินคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจาก พืชสมุนไพรไทย เป็นอุปกรณ์ต้นแบบนี้ได้นำผลการศึกษาจากปีที่ 1 คือปฏิกิริยาของสารอนุมูลอิสระ ชนิด Phenothiazine radical cation (PHTH^{•+}) ซึ่งให้ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เร็ว มาสร้างเป็นระบบตรวจวัดแบบอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์อย่างง่ายที่หาได้ในประเทศไทย สามารถใช้งานร่วมกับจานหลุมจำนวน 96 หลุม (12 แถว แถวละ 8 หลุม) โดยทำการตรวจวัดได้พร้อมกันทั้งแถว (8 หลุม)



วิธีวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าแบบอัตโนมัติด้วยระบบการอ่านผลแบบขนาน วิธีนี้ได้พัฒนาขึ้นจากอุปกรณ์ต้นแบบที่สร้างขึ้นในปีที่ 1 และการศึกษาชีวไฟฟ้าทำงานมาพัฒนาเป็นวิธี วิเคราะห์ Total antioxidant capacity ในผลไม้, สารสกัดจากพืชและผัก, ยาเม็ด และชาสมุนไพร และวิธีวิเคราะห์โลหะหนักที่เป็นพิษทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ โลหะตะกั่วและแคดเมียม

วิธีเตรียมตัวอย่างแบบออนไลน์ด้วยอุปกรณ์การแยกด้วยเมมเบรน วิธีนี้ได้ใช้อุปกรณ์ต้นแบบด้วยเมมเบรนชนิดเส้นใยกลวงที่สร้างขึ้นในปีที่ 1 มาใช้ร่วมกับระบบวิเคราะห์ แบบไหล เพื่อให้สามารถ แยกสารที่ต้องการวิเคราะห์ออกจากองค์ประกอบของตัวอย่างที่ซับซ้อนได้ง่าย และรวดเร็วโดยได้พัฒนา วิธีวิเคราะห์ไอออนเหล็กในน้ำผลไม้ และวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่าง ทางชีวภาพ



วิธีตรวจวัดปริมาณฟอสเฟตในแหล่งน้ำแบบอัตโนมัติ เป็นวิธีที่พัฒนามาจากระบบฟอสเฟตนาไลเซอร์ต้นแบบที่สร้างขึ้นในปีที่ 1 มีความเร็วในการวิเคราะห์สูง และได้นำไปใช้วิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตในแหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแหล่งน้ำ



นอกจากนี้ผลงานในปีที่ 2 ยังได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์วิธีใหม่ที่รู้ผลเร็วอีกหลายวิธี ได้แก่ วิธีวิเคราะห์แบบอัตโนมัติสำหรับการคัดกรองคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยการตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้า วิธีนี้อาศัยความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Xanthine oxidase จะทำให้เกิด กรดยูริก และสามารถตรวจวัดได้ด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า เพื่อแก้ปัญหาการรบกวนจากสีของตัวอย่าง กรณีที่ใช้วิธีตรวจวัดเชิงแสงและสามารถรองรับตัวอย่างจำนวนมากๆ ได้รวดเร็ว และมีค่าใช้จ่ายไม่สูง

ระบบอุปกรณ์ปฏิบัติการบนกระดาษสำหรับการคัดกรองและวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระจากพืชสมุนไพรไทย พืช ผัก และผลไม้ อาศัยหลักการของกระดาษกรองซึ่งมีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) และสารที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) มาเคลือบบนกระดาษกรองโดยมี การออกแบบให้เป็นหลุมสำหรับใส่สารเคมีที่จำเพาะต่อตัวอย่างและตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ เทคนิค นี้เป็นเทคนิคที่รวดเร็ว ใช้ง่าย ราคาถูก ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความไว ช่วยลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ใช้ปริมาณสารเคมีและตัวอย่างน้อย มีขนาดเล็กง่ายต่อการขนส่ง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย ทั้งในอุตสาหกรรมยา การแพทย์ และสามารถใช้ในพื้นที่ยากไกล

วิธีวิเคราะห์แบบอัตโนมัติสำหรับการตรวจวัดสารกันบูดที่ตกค้างในอาหาร วิธีนี้เป็นการใช้เทคนิคการแยกทาง Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC) ร่วมกับเทคนิคการตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้า เพื่อให้สามารถวิเคราะห์สารได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องและสามารถวิเคราะห์สารในปริมาณต่ำ

วิธีวิเคราะห์และยืนยันยาปฏิชีวนะกลุ่มเบต้าแลคแตมที่ตกค้างในเนื้อเยื่อสัตว์ ด้วยเทคนิค Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) วิธีนี้ใช้ปริมาณรีเอเจนต์น้อย คอลัมน์มีประสิทธิภาพในการแยกสูงและราคาถูกลงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิค Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (LC-MS, LC-MS/MS)

วิธีวิเคราะห์สารปฏิชีวนะกลุ่มเพนนิซิลลินที่ตกค้างในตัวอย่างอาหารประเภทต่างๆ ที่มีแหล่งกำเนิดมาจากสัตว์ ด้วยเทคนิค Capillary Electrophoresis (CE) และ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) สำหรับการ วิเคราะห์นี้สามารถทำได้ง่าย ใช้สารเคมีในปริมาณน้อย สามารถวิเคราะห์สารได้รวดเร็ว และสามารถวิเคราะห์สารในระดับต่ำๆ ได้ โดยได้ศึกษาสารปฏิชีวนะ

วิธีการรับรู้ทางเคมีไฟฟ้าแบบอัดโนมิตีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโลหะเป็นพิษที่ปนเปื้อนในอาหารและ/หรือ สิ่งแวดล้อม โดยได้ปรับปรุงผิวหน้าตัวรับรู้หรือขั้วไฟฟ้าด้วยลิแกนด์ และนำมาใช้ทดสอบความสามารถในการตรวจวัด ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท

ผลงานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์ที่มีให้ผลที่รวดเร็ว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ในการศึกษาสมบัติการออกฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระจากพืชสมุนไพรไทยและสารสกัดจากธรรมชาติ และการ ตรวจสอบสารพิษ ที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและในผลิตภัณฑ์อาหาร ระบบวิเคราะห์หรือเครื่องมือวิเคราะห์ เป็นระบบที่ง่าย สามารถสร้างได้เองโดยใช้ทรัพยากรในประเทศ ลดการนำเข้า และราคาไม่แพง อุปกรณ์ต้นแบบสามารถนำไปจดสิทธิบัตรได้ วิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นสามารถตีพิมพ์เผยแพร่ในระดับ นานาชาติได้ ผลพลอยได้ที่ได้จากการทำงานวิจัยนี้ยังได้สร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ให้กับประเทศอีกด้วย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
 โครงการ เทคนิคการคัดกรอง และการวิเคราะห์แบบรู้ผลเร็ว: เครื่องมือของการค้นหาใหม่ การเฝ้าระวัง
 ทางสิ่งแวดล้อม และความปลอดภัยทางอาหาร ปีที่ 2

High throughput Screening / Analysis: Tool for Drug Discovery, Environmental Monitoring
 and Food Safety (2nd Year)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี 2552 จำนวนเงิน 5,000,000.00 บาท

ระยะเวลาทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2552 ถึง 30 กันยายน 2553

ผู้ดำเนินการวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.อรรณ ชัยภากุล (ผู้อำนวยการแผน และหัวหน้าโครงการย่อยที่ 1)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 0-2218-7615, โทรสาร 0-2218-7598

E-mail: chaorawon@yahoo.com และ corawon@chula.ac.th

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงใจ นาคะปรีชา (ผู้ช่วยผู้อำนวยการแผน และผู้ร่วมวิจัย)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

โทรศัพท์ 0-2201-5127, โทรสาร 0-2354-7151

E-mail: dnacapracha@gmail.com และ scdnc@mahidol.ac.th

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์ วรรณสุภากุล (หัวหน้าโครงการย่อยที่ 2)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 0-2218-7612, E-mail: pakorn.v@chula.ac.th

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภาพร ยังวิเศษ (รองหัวหน้าโครงการย่อยที่ 1 และ ผู้ร่วมวิจัย)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

โทรศัพท์ 0-2564-4440 ต่อ 2401, โทรสาร 0-2564-4483

E-mail: nyongvises@hotmail.com และ nyongvises1@gmail.com

Associate Professor Dr. Albert Schulte (ผู้ร่วมวิจัย)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โทรศัพท์: 044 22 4300 (work), E-mail: schulte@sut.ac.th และ albschulte@yahoo.com

รองศาสตราจารย์ ดร. จริญญา จักรมณี (ผู้ร่วมวิจัย)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์ 053-941908, โทรสาร 053-941910, E-mail: scijjkmn@chiangmai.ac.th

รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภลักษณ์ ศรีจารนัย (ผู้ร่วมวิจัย)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail: supalax@kku.ac.th

ดร. วัฒนา เสียงเพรา (ผู้ร่วมวิจัย)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โทรศัพท์ 081-346-0788, E-mail: weenasi@hotmail.com

ดร. นวลละออ รัตนวิมานวงศ์ (ผู้ร่วมวิจัย)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โทรศัพท์ 085-156-2627, E-mail: nuanlaorr@gmail.com

ดร. วรารุช ดิยพงศ์พัฒนา (ผู้ร่วมวิจัย)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

โทร 02-564-4440 ต่อ 2417, E-mail: t_warawut@hotmail.com, t_warawut@yahoo.com

ดร. พีระ อัจฉราเสถียร (ผู้ร่วมวิจัย)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

โทร 02-564-4440 ต่อ 2417, E-mail: achar001@yahoo.com

ดร. กาญจนา อุไรสินธุ์ (ผู้ร่วมวิจัย)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

โทรศัพท์ 0-2201-5120, E-mail: u_kanchana@hotmail.com

ดร. ณัฐวุฒิ เชิงชั้น (ผู้ร่วมวิจัย)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โทรศัพท์ 0-2737-3199 ต่อ 6235, โทรสาร 0-2326-4415, E-mail: nchoengchan@gmail.com

ดร. ภัตสรพล งามอุโฆษ (ผู้ร่วมวิจัย)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทร. 0-2218-7582, E-mail: passapol.ngamukot@gmail.com

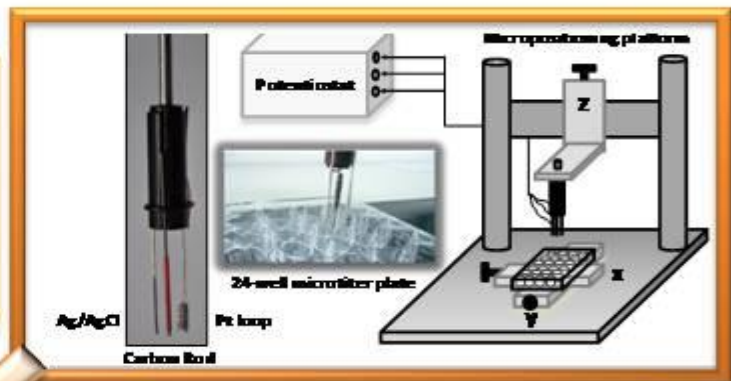


การติดตามผลของยา และมลภาวะ ทางสิ่งแวดล้อมโดย เครื่องมือวิเคราะห์เคมีไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ บนไมโครไทดอเตอร์เพลท



เครื่องวิเคราะห์เคมีไฟฟ้าแบบอัตโนมัติสำหรับการอ่านผลแบบขนานทางมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม

- ✓ การวิเคราะห์แบบอัตโนมัติ
- ✓ การเก็บรวบรวมตัวอย่าง
- ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าที่รวดเร็วกว่า
- ✓ ประหยัดค่าใช้จ่าย และเวลา
- สำหรับการทำโวลแทมเมตรี
- ✓ ลดปัญหาที่เกิดจากการทำโดยใช้มือ



เครื่องวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า มีคอมพิวเตอร์ควบคุมอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ในระยะเวลาทางละเอียดโดยใช้สำหรับเคลื่อนที่ ขั้วไฟฟ้าทำงาน/นับ/อ้างอิง ขึ้นและลงไปที่สารตัวอย่างที่บรรจุในแต่ละหลุมของไมโครไทดอเตอร์เพลท เพื่อทำการวิเคราะห์บนไมโครไทดอเตอร์เพลท 24 หลุม โดยใช้เทคนิคโวลแทมเมตรีการดำเนินการทั้งหมดเป็นแบบอัตโนมัติโดยใช้โปรแกรมคำสั่งผ่านคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลการดำเนินการวัดตัวอย่างมีความเร็วกว่าการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าแบบใช้มือ

การประยุกต์อย่างมีศักยภาพ

> การวิเคราะห์ยา

ติดตามสารสกัดจากพืช
ความคุมการปลดปล่อยยา

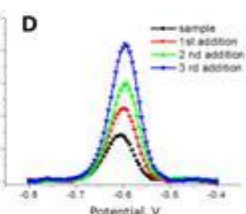
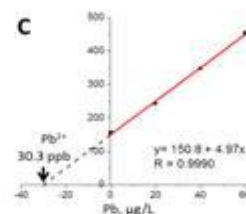
> การติดตามมลพิษสิ่งแวดล้อม

การวัดปริมาณโลหะหนัก ที่มีปริมาณน้อย
การทดสอบยาฆ่าพืช และยาฆ่าแมลง

Performance	
ตัวอย่างที่นำมาศึกษา (sample)	ตะกั่ว (Pb)
ช่วงความเป็นเส้นตรง (Linearity range)	5-250 ppb
ขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด (LOD)	2 ppb
ความแม่นยำในการวิเคราะห์ (PSD, %)	~5%
ความเที่ยงในการวิเคราะห์ (Recovery, %)	~97%
จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้/ ชั่วโมง (Sample throughput)	20
ขนาดตัวอย่าง	10-100 μ L

A	No.	Solution
		Pb μ g/L
	1	0
	2	20
	3	40
	4	60

H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
2	3	4	1
H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
3	4	1	2
H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
4	1	2	3



รูป A แสดงการบรรจุสารละลายมาตรฐานและทำให้สารตัวอย่าง ในไมโครไทดอเตอร์เพลท 24 หลุม รูป B ลำดับการบรรจุสารละลายในไมโครไทดอเตอร์เพลท ตามรูป A, รูป C แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีโวลแทมเมตรีของสารละลายมาตรฐานและตัวอย่าง โดยใช้วิธีเติมสารละลายมาตรฐาน, รูป D แสดงกราฟมาตรฐานโดยพล็อตระหว่างความสูงของกระแสกับความเข้มข้นของตะกั่วในหน่วย ppb หรือ μ g/L โดยที่จุดตัดแกน x คือความเข้มข้นของตะกั่วในสารตัวอย่าง

Biochem Unit

ดร.ดร. Albert Schulte และ นางสาวสิริรัตน์ อินทรท้วน
Biochemistry and Electrochemistry Research Unit, สาขาวิชาเคมี สำนักวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา 30000, ประเทศไทย
Tel 0-4422-3968, E-mail: schulte@sut.ac.th, pooi_22@hotmail.com

AO Screener



เครื่องคัดกรองสารสกัด
สมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้าน
อนุมูลอิสระ

คุณสมบัติ

- เป็นเครื่องคัดกรองสารสกัดสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยอ่านจากจานหลุม 96 หลุม ใช้งาน สะดวก
- 1 จานหลุม (96 หลุม) ใช้เวลา 4 นาที
- ใช้การตรวจวัดโดยวัด % radical scavenging โดยใช้ PHTH^o
- วิธีตรวจวัดใส่รีเอเจนต์และสารสกัดปริมาตรอย่างละ 150 ไมโครลิตร

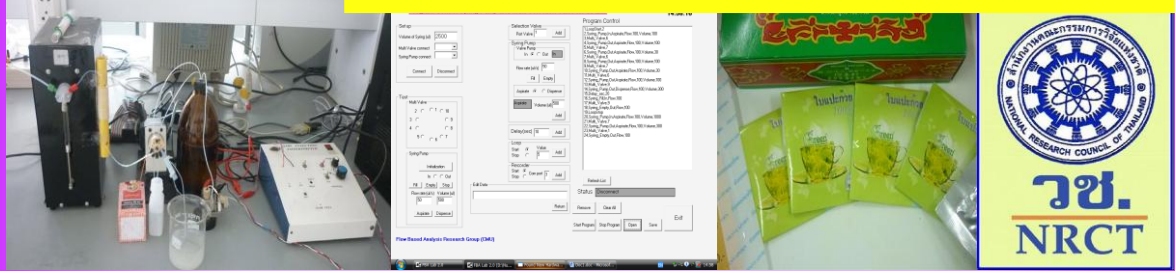
ติดต่อ

ผศ. ดร. นภาพร ยิ่งวิเศษ
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
จ. ปทุมธานี 12121
nyoungvises@hotmail.com





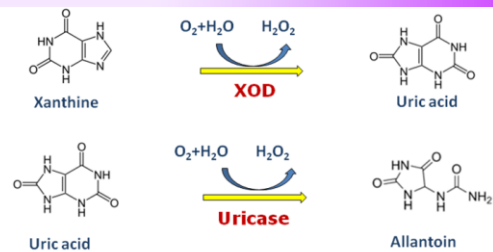
แอนติ-เอ็กซ์โอดี อะนาไลเซอร์ เครื่องมือคัดกรองหายารักษาโรคเกาต์



เครื่องมือและวิธีการอัตโนมัติในการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส ของสารสกัดจากสมุนไพร

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องมือและวิธีการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แซนทีนออกซิเดส (XOD) ของสารสกัดจากสมุนไพร ขึ้นเองในห้องปฏิบัติการ โดยอาศัยเทคนิคซีเควนเชียลอินเจกชันอะนาไลซิส ซึ่งสามารถควบคุมการดูด/ผลัดสารละลายต่างๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำในระดับไมโครลิตร ทำให้การวิเคราะห์ซึ่งประกอบด้วยหลายขั้นตอนทำได้สะดวก รวดเร็ว ประหยัด และเป็นอัตโนมัติ โดยในการวิเคราะห์นี้ XOD จะเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแซนทีนไปเป็นกรดยูริก ซึ่งจะถูกเปลี่ยนไปเป็น allantoin โดยเอนไซม์ยูริคเอสอีกต่อหนึ่ง ทั้งสองขั้นนี้จะมีผลผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ออกมา ซึ่งสามารถทำการวัดหาปริมาณได้ด้วยเครื่องกลูโคสรีโมเตอร์ที่สร้างขึ้น

ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์แสดงดังข้างล่างนี้



คุณลักษณะของวิธี

วัดปริมาณการยับยั้งเอนไซม์แซนทีนออกซิเดสโดยเทียบกับสารละลาย allopurinol มาตรฐาน โดย

1. สามารถวิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ XOD ในช่วง 0.05-1.00 mM as allopurinol
2. ความแม่นยำ 3.4% (0.2 mM, n=7)
3. วิเคราะห์ได้ 16 ตัวอย่างต่อชั่วโมง
4. ปริมาณสารที่ใช้ต่อการวิเคราะห์ 150 μ L ต่อตัวอย่าง
5. ค่าใช้จ่ายต่อตัวอย่างประมาณ 50 บาท



PERCH-CIC
PERDO

ติดต่อ รองศาสตราจารย์ ดร. จรุณ จักรมณี

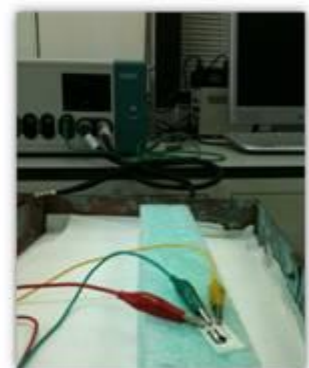
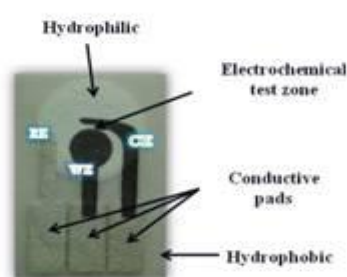
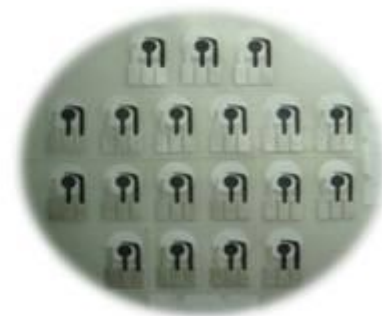
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ถ.หัวขี้แก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

E-mail: scijjkmn@chiangmai.ac.th Tel.: 0897551001 Fax: 053941909



พารามิเตอร์	
ช่วงความเข้มข้นเป็นเส้นตรง	3-140 ppm
ขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด (LOD)	1 ppm
ความเร็วในการตรวจวัด	30 ตัวอย่างชั่วโมง
ขนาดตัวอย่าง	20 μ L

กรดเฟอรูลิกจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มฟีนอลิก มีฤทธิ์ในการต้านการชราของเซลล์ ป้องกันการเกิดเซลล์มะเร็ง และโรคหัวใจ เป็นต้น แหล่งที่พบกรดเฟอรูลิกมากที่สุดได้แก่ เมล็ด และใบของพืชต่างๆ ธัญพืชต่างๆ เช่น ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวโอ๊ต เมล็ดกาแฟ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาพฤติกรรมทางไฟฟ้าของกรดเฟอรูลิกโดยใช้อุปกรณ์ปฏิบัติการบนกระดาษร่วมกับการตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้า โดยสามารถนำอุปกรณ์ปฏิบัติการบนกระดาษมาใช้ร่วมกับการตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้าเพื่อตรวจวัดปริมาณกรดเฟอรูลิกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง สามารถวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว ใช้งานง่าย และราคาไม่แพง



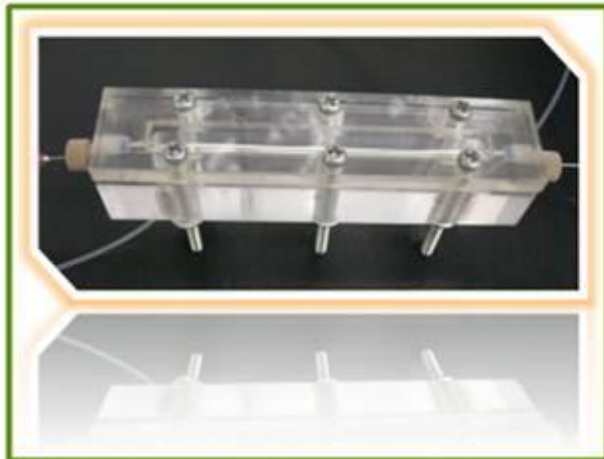
ติดต่อ รศ.ดร.อรรพวง ชัยฉกากุล
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Tel. 02-2187615 E-mail: corawon@chula.ac.th

- ✓ สามารถวิเคราะห์สารได้อย่างรวดเร็ว
- ✓ ใช้สารปริมาณน้อย
- ✓ ราคาถูก
- ✓ อุปกรณ์มีขนาดเล็ก สามารถพกพาได้
- ✓ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



Easy Single Strand Module

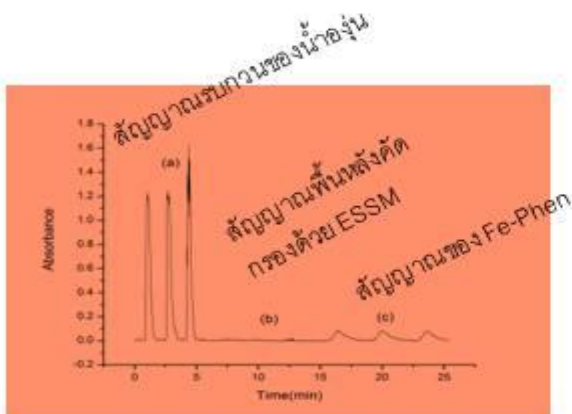
อุปกรณ์คัดกรองสิ่งรบกวนสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค UV-Vis Spectrometry



- เทคโนโลยีการคัดกรองด้วยเมมเบรนชนิดเส้นใยกลวง (อาศัยขนาดโมเลกุล)
- คัดกรองสารโมเลกุลใหญ่ เช่น กาก ตะกอน โปรตีน ไขมัน เป็นต้น
- ใช้เส้นใยกลวงเพียงหนึ่งเส้นต่อการใช้งาน
- เชื่อมต่อกับระบบวิเคราะห์แบบไหล และ ส่วนตรวจวัด Spectrometer ได้ง่าย

ตัวอย่างการใช้ ESSM ในการวิเคราะห์ไอออนเหล็ก (Fe^{2+}) ในน้ำอู่น

Fe^{2+} เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีส้มแดง (Fe-Phen) ตรวจวัดด้วย Spectrometer

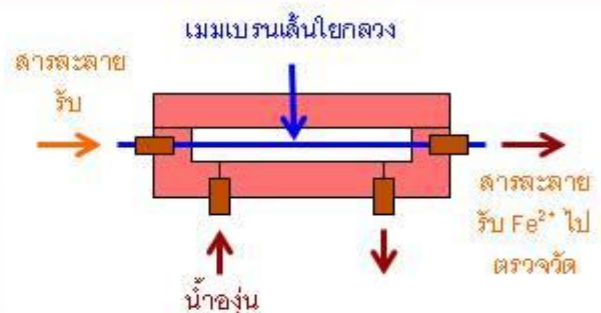


ช่วงความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้	3-30 mg/L
ตัวอย่างต่อชั่วโมง	24
ความเที่ยง	<2%
ความแม่นยำ (การได้กลับคืน+เติม Fe ในน้ำอู่น)	89-92%

การหาปริมาณเหล็กในน้ำอู่น

วิธีทั่วไป (ย่อยด้วยกรด+ตัวรีดิวซ์)	4.5 mg/L
ใช้ ESSM*	2.4 mg/L
ใช้ ESSM + ตัวรีดิวซ์**	3.8 mg/L

*ไอออนเหล็กในตัวอย่างบางส่วนอยู่ในรูป Fe^{3+} , **ไอออนเหล็กในตัวอย่างบางส่วนดูดซับกับกากตะกอน

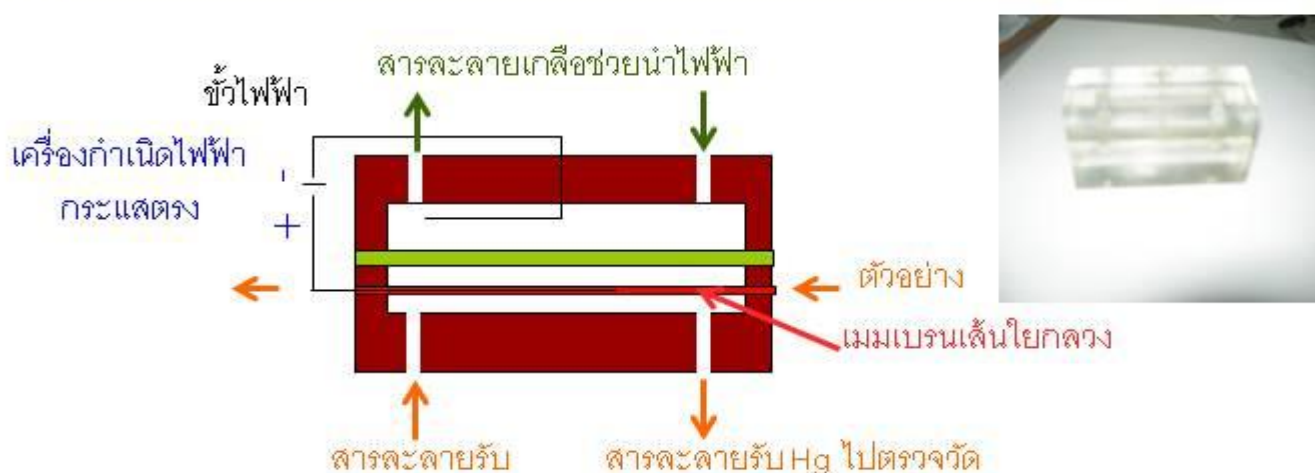


ติดต่อ ผศ.ดร.ปกรณ์ วรานุภากุล E-mail: Pakorn.w@chula.ac.th

Chromatography and paration Research Unit ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Electro-Assisted ESSM

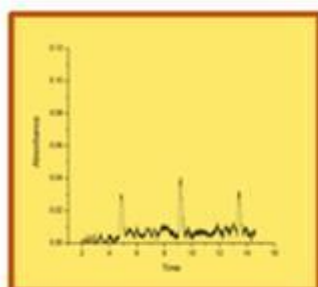
การใช้ Electro-Assisted ESSM ในการวิเคราะห์ปรอท



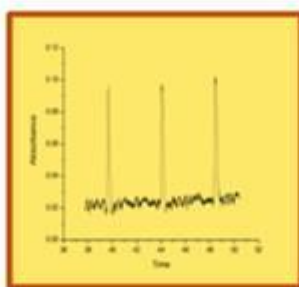
- ใช้อุปกรณ์ ESSM ดัดแปลง โดยการเพิ่มขั้วไฟฟ้า
- ใช้แรงผลักดันทางไฟฟ้าช่วยเร่งให้อิออนที่ต้องการผ่านเมมเบรนได้เร็วขึ้น
- สามารถคัดกรองสิ่งรบกวนและแยกไอออนที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว
- เชื่อมต่อกับระบบวิเคราะห์แบบไหล และส่วนตรวจวัดอื่นๆ ได้ง่าย

สัญญาณปรอทที่ระดับความเข้มข้นที่เท่ากัน ใช้เวลาเท่ากัน

ไม่ได้ใช้ไฟฟ้าเร่ง



ใช้ไฟฟ้าเร่ง



ความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้	0.1 – 1 mg/L
จำนวนตัวอย่างต่อชั่วโมง	12
ความเที่ยง	<3%

- สามารถเพิ่มสัญญาณวิเคราะห์ได้ถึง 3 เท่า
- สามารถลดเวลาวิเคราะห์จาก 15 นาที เป็น 5 นาที
- วิธีการนี้ยังได้ระดับความเข้มข้นที่ยังไม่ไวพอที่จะใช้กับตัวอย่างจริงทางสิ่งแวดล้อม

ติดต่อ ผศ.ดร.ปกรณ วรบุญกลาง E-mail: Pakorn.w@chula.ac.th

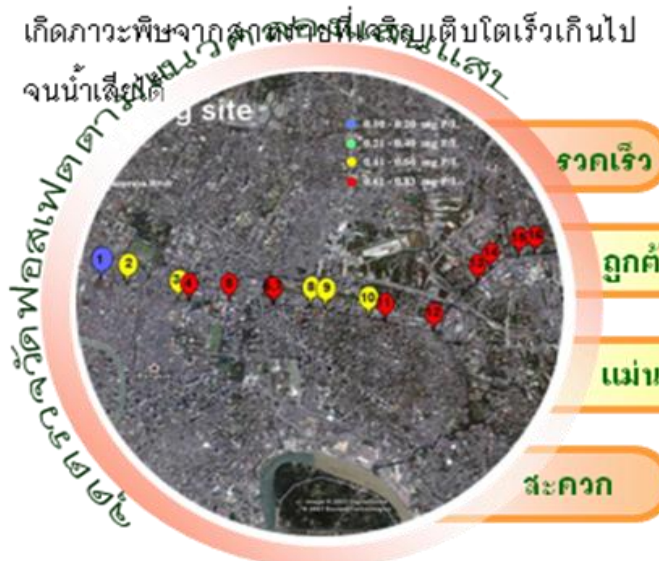
Chromatography and paration Research Unit ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Phosphate Analyzer 'Heavy Duty'

เครื่องเฝ้าระวังมลภาวะจากฟอสเฟต
ในแหล่งน้ำชุมชน

Phosphate Analyzer รุ่น 'Heavy Duty' เป็น
เครื่องคำนวณที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้สำหรับการวัดและ
เฝ้าระวังมลภาวะจากฟอสเฟตในแหล่งน้ำชุมชน
โดยเครื่องวัดได้ถูกออกแบบให้รองรับการวัด
ตัวอย่างได้คราวละหลายๆ อ่านผลเร็วภายใน 1 นาที
การนำส่งตัวอย่างน้ำและน้ำยาเคมี เป็นไปอย่าง
อัตโนมัติ ใช้หลักการแบบโมลิบดีนัมบลู เหมาะสม
จะใช้วัดตามแหล่งน้ำ เพื่อเฝ้าระวังภาวะที่มี
ฟอสเฟตเกินมาตรฐาน ซึ่งหากอยู่ในแหล่งน้ำนิ่ง จะ
เกิดภาวะพิษจากสาหร่ายที่เติบโตเร็วเกินไป
จนน้ำเสียได้



คุณลักษณะของเครื่อง

การวัด	ใช้ยาที่ทำปฏิกิริยาเฉพาะกับฟอสเฟตแบบออคโมลิบดีนัมบลู การดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ที่ 690 nm ภายในเครื่อง
ช่วงความเข้มข้นของฟอสเฟต	กว้าง (0 – 300 µg P/L)
ขีดจำกัดค่าสุดท้ายที่วัดได้	ต่ำมาก (4.9 µg P/L)
ความเที่ยง	สูง (%RSD = 3)
ความแม่นยำ	สูง (%Recovery = 97.119)
ความเร็วในการวัดตัวอย่าง	สูง (55 ตัวอย่างต่อชั่วโมง)
ใช้งานง่าย	ไม่ต้องเตรียมตัวอย่างเพราะมีหัวกรองตัวอย่างในตัว
ขนาด	กะทัดรัด ใช้พื้นที่น้อย (30x45x45 cm)



PERCH-CIC



ติดต่อ

ดร. กาญจนา อูไรสินทร์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ต. พระราม 6 กรุงเทพฯ 10400

E-mail: sckw@mahidol.ac.th Tel & Fax: 02-2015127

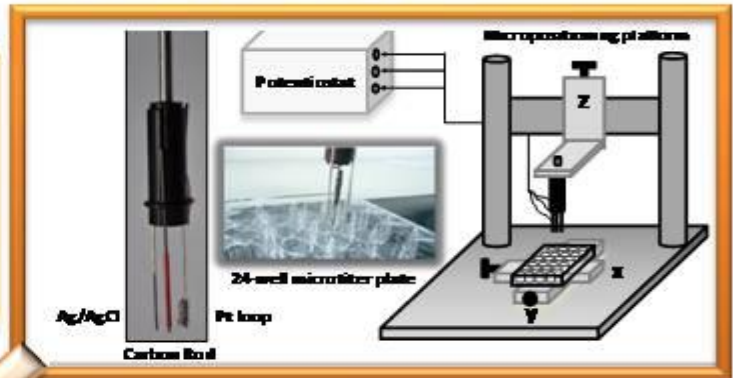


การติดตามผลของยา และมลภาวะ ทางสิ่งแวดล้อมโดย เครื่องมือการวิเคราะห์เคมีไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ บนไมโครไโตเตอร์เพลท



เครื่องมือการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าแบบอัตโนมัติสำหรับการอ่านผลแบบขนานและการวิเคราะห์
สารอนุมูลอิสระจากสารสกัดจากพืชและสารมลพิษทางสิ่งแวดล้อม

- ✓ การวิเคราะห์แบบอัตโนมัติ
- ✓ การเก็บรวบรวมตัวอย่าง
ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าที่รวดเร็วกว่า
- ✓ ประหยัดค่าใช้จ่าย และเวลา
สำหรับการทำโวลแทมเมตรี
- ✓ ลดปัญหาที่เกิดจากการทำโดยใช้มือ



เครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า มีคอมพิวเตอร์ควบคุมอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ในระนาบทางละเอียดโดยใช้สำหรับเคลื่อนที่ ขั้วไฟฟ้าทำงาน/นับ/อ้างอิง ขึ้นและลงไปที่สารตัวอย่างที่บรรจุในแต่ละหลุมของไมโครไโตเตอร์เพลท เพื่อทำการวิเคราะห์บนไมโครไโตเตอร์เพลท 24 หลุม โดยใช้เทคนิคโวลแทมเมตรี การดำเนินการทั้งหมดเป็นแบบอัตโนมัติโดยใช้โปรแกรมคำสั่งผ่านคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลการดำเนินการวัดตัวอย่างมีความเร็วกว่าการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าแบบใช้มือ

ตาราง แสดงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระรวม ในหน่วยไทลอค ของตัวอย่างประเภทต่างๆ

ชนิด	ตัวอย่าง	Trolox equivalent $\mu\text{mole/g sample}$
พืชสด	ผักตบ	491 $\pm$ 8.6
	ผักแว่น	661 $\pm$ 11.1
ชา	มะรุม	37.90 $\pm$ 3.42
	กุหลาบ	41.32 $\pm$ 6.86
ผลไม้	ฝรั่ง	35.9 $\pm$ 1.40
	มะละกอ	18.8 $\pm$ 1.40

การประยุกต์อย่างมีศักยภาพ

> การวิเคราะห์ยา

ติดตามสารสกัดจากพืช
ควบคุมการปลดปล่อยยา

> การติดตามมลพิษสิ่งแวดล้อม

การวัดปริมาณโลหะหนัก ที่มีปริมาณน้อย
การทดสอบยาฆ่าพืช และยาฆ่าแมลง

Performance

ตัวอย่างที่นำมาศึกษา (sample)	วิตามินซี อี, ผลไม้, ชาสมุนไพร, พืชสด
ช่วงความเป็นเส้นตรง (Linearity range)	10-100 $\times 10^{-9}$ mole Trolox equivalent
ขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด (LOD)	10 $\times 10^{-9}$ mole Trolox equivalent
ความแม่นยำในการวิเคราะห์ (RSD, %)	~8%
ความเที่ยงในการวิเคราะห์ (Recovery, %)	~95%
จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้/ ชั่วโมง (Sample throughput)	20
ขนาดตัวอย่าง	10-100 μL



ดร. Albert Schulte และ นางสาวศิริรัตน์ อินทรกำแหง
Biochemistry and Electrochemistry Research Unit, มหาวิทยาลัยสุรนารี สำนักวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา 30000, ประเทศไทย
Tel. 0-4422-3968, E-mail: schulte@sut.ac.th, pooi_22@hotmail.com



วช.
NRCT

วิธีแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี สำหรับการวิเคราะห์ยาปฏิชีวนะเบต้าแลค แตมในเนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์ปลอดภัย ?

ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจด้านสุขภาพและ
ความปลอดภัยของอาหารเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในอาหารประเภท
เนื้อสัตว์นั้น เกษตรกรยังคงมีการใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อป้องกันและ
รักษาโรค แต่ยาปฏิชีวนะนั้น อาจตกค้างและส่งผลกระทบต่อมายัง
ผู้บริโภค



งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตร
เมทรีสำหรับการวิเคราะห์ยาปฏิชีวนะเบต้าแลคแตม คือ อะม็อกซิซิลลิน
และแอมพิซิลลินในเนื้อหมูและเนื้อไก่ ซึ่งมีความแม่นยำ ความเที่ยง และ
ความจำเพาะสูง



พารามิเตอร์	อะม็อกซิซิลลิน	แอมพิซิลลิน
ช่วงความเป็นเส้นตรง (ไมโครกรัมต่อกรัม)	0.5 - 20	0.5 - 20
ความเที่ยง (Precision) (% RSD)		
Repeatability (n = 10)	8.15	8.07
Reproducibility (n = 6)	13.34	8.74
ความแม่นยำ (Recovery) (Mean $\pm$ SD)	95.68 $\pm$ 3.46	99.12 $\pm$ 4.19
ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่หาปริมาณได้ (ไมโครกรัมต่อกรัม)	0.5	0.5



สนใจติดต่อ: อ.ดร.วารุท ดิยพงษ์วัฒนา
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
โทรศัพท์ 081-420-5075; E-mail: t_warawut@hotmail.com



Method Development for Determination of Parabens by Ultra-Performance Liquid Chromatography couple with Electrochemical Detection



A rapid ultra-performance liquid chromatographic (UPLC) method using amperometric detection has been developed for the simultaneous determination of three preservatives including methylparaben (MB), ethylparaben (EB) and propylparaben (PB). A short monolithic C18 column was used to perform the separation. The amperometric detection using Boron-doped diamond electrode has been investigated. The separation of the three preservatives was achieved in 2 minute. The method was applied for the determination of parabens in food samples.

UPLC : takes **full advantage** of chromatographic principles

Electrochemical detection
→ using Boron-doped diamond

High Pressure Pump
High-Throughput
Increase Resolution



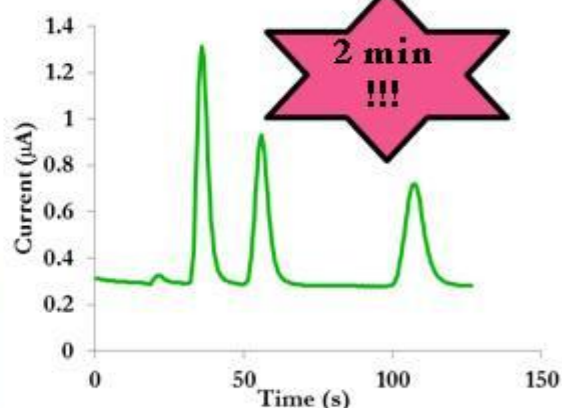
BDD



Low & Stable
background
No fouling

Results

The separation of the three parabens was achieved in 2 minute.



Contact: Orawon Chailapakul
Email: corawon@chula.ac.th
Tel: 0-2218-7615

อาหารเหล่านี้ปลอดภัยหรือไม่?



วิธีการวิเคราะห์ทองแดงตกค้างในอาหาร

การปนเปื้อนของโลหะต่างๆทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ โดยสาเหตุหนึ่งมาจากการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อน ในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นศึกษาและพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจวัด ถึงแม้ว่าทองแดงนั้นจะเป็นโลหะที่จำเป็นต่อร่างกาย ถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินไปก็จะก่อให้เกิดโรค หรือความผิดปกติต่างๆได้เช่นกัน

การวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงโดยให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับลิแกนด์ ด้วยหลักการทางเคมีไฟฟ้า จะทำให้สามารถเพิ่มสัญญาณในการตรวจวิเคราะห์สูงขึ้นและมีความจำเพาะเจาะจงในการวิเคราะห์มากขึ้น อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว

คุณลักษณะของวิธีที่พัฒนาได้

การวัด	ใช้หลักการทางเคมีไฟฟ้าทำให้ทองแดงมีความเข้มข้นสูงก่อนวัดโดยการแลกเปลี่ยนศักย์ไฟฟ้า
ความเร็วในการวัดตัวอย่าง	สูง (20 ตัวอย่างต่อชั่วโมง)
ช่วงความเข้มข้น	กว้าง (0.1-50 ppb)
ขีดจำกัดต่ำสุดที่วัดได้	0.018 ppb
ความเที่ยง	สูง (% RSD = 1.45%)
ความแม่นยำ	สูง (% recovery = 97-104%)
การใช้งาน	ง่าย
ขนาดเครื่องมือ	กะทัดรัด พกพาง่าย



ติดต่อ ดร. วีณา เลียงเพระ
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 วัฒนา กรุงเทพฯ 10110 โทร 02-649-5000 ต่อ 8208
อีเมล weena@swu.ac.th

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

กิตติกรรมประกาศ.....	ii
บทสรุปผู้บริหาร (Excecutive Summary)	iii
รายนามผู้วิจัย.....	vi
สารบัญเรื่อง.....	viii
สารบัญตาราง.....	x
สารบัญรูป.....	xi
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
รายละเอียดความเชื่อมโยงระหว่างโครงการวิจัยย่อย.....	3
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	4
บทที่ 2 รายละเอียดที่ได้รับจากการวิจัย.....	5
โครงการย่อยที่ 1 การคัดกรองแบบรู้ผลเร็วเพื่อการค้นหาใหม่.....	5
1.1 การพัฒนาระบบวิธีการวิเคราะห์แบบใหม่ที่รวดเร็วเพื่อประเมินคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของ สารสกัดจากพืชสมุนไพรไทย.....	11
1.2 เครื่องมือการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าแบบอัตโนมัติสำหรับการอ่านผลแบบขนานและการวิเคราะห์ สารอนุมูลอิสระจากสารสกัดจากพืช.....	17
1.3 การพัฒนาระบบวิเคราะห์อัตโนมัติสำหรับตรวจคัดกรองฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว.....	18
1.4 การวิเคราะห์ปริมาณกรดเพอร์รูริกโดยใช้อุปกรณ์ปฏิบัติการบนกระดาษร่วมกับการตรวจวัดทาง เคมีไฟฟ้า.....	31
โครงการย่อยที่ 2 ระบบวิเคราะห์อัตโนมัติแบบรู้ผลเร็วเพื่อเฝ้าระวังมลพิษทางสิ่งแวดล้อมและความ ปลอดภัยทางอาหาร.....	34
2.1 วิธีเตรียมตัวอย่างแบบออนไลน์ด้วยอุปกรณ์การแยกด้วยเมมเบรนสำหรับวิเคราะห์ไอออนหนักที่ เสริมลงในตัวอย่างน้ำผลไม้.....	39
2.2 วิธีวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างปัสสาวะด้วยเมมเบรนไดอะไลซิสแบบมีสนามไฟฟ้าช่วยร่วมกับการ วิเคราะห์โดยมีพื้นฐานจากการไหล.....	41
2.3 ‘ฟอสเฟตอะนาไลเซอร์’: ชุดเครื่องมือต้นแบบเพื่อวัดปริมาณฟอสเฟตในแหล่งน้ำธรรมชาติ.....	44
2.4 การวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าแบบอัตโนมัติสำหรับการอ่านผลแบบขนานสำหรับการวิเคราะห์ มลภาวะทางสิ่งแวดล้อม.....	48

2.5 การพัฒนาวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรีสำหรับการวิเคราะห์ยาปฏิชีวนะเบต้าแลคแตมในเนื้อเยื่อสัตว์.....	49
2.6 การพัฒนาวิธีการเตรียมตัวอย่างร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโตรโฟรีซิส และโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงสำหรับการวิเคราะห์สารปฏิชีวนะที่ตกค้างในอาหาร.....	52
2.7 การพัฒนาวิธีตรวจวัดพาราเบนโดยเทคนิคอัลตราเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟีร่วมกับการตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้า.....	55
2.8 การสร้างระบบรับรู้ทางเคมีไฟฟ้าเพื่อการวิเคราะห์ปริมาณโลหะเป็นพิษที่ปนเปื้อนในอาหาร.....	57
บทที่ 3 สรุปผลการทดลอง.....	60
สรุปภาพรวมของแผนงานวิจัยและผลการทดลองในโครงการย่อย.....	60
บทที่ 4 ข้อคิดเห็น / อุปสรรคที่พบ พร้อมแนวทางการแก้ไข.....	66
ภาคผนวก 1.....	71
ภาคผนวก 2.....	88
ภาคผนวก 3.....	102
ภาคผนวก 4.....	138
ภาคผนวก 5.....	149
ภาคผนวก 6.....	158
ภาคผนวก 7.....	163
ภาคผนวก 8.....	181
ภาคผนวก 9.....	192
ภาคผนวก 10.....	196
ภาคผนวก 11.....	207
ภาคผนวก 12.....	217

สารบัญตาราง (List of Tables)

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างชาสมุนไพร.....	6
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างผลไม้(ข้าวโพด).....	10
ตารางที่ 3 การทดสอบความใช้ได้ของเครื่องโดยศึกษาพารามิเตอร์บางชนิด.....	13
ตารางที่ 4 การศึกษา Analytical parameters.....	15
ตารางที่ 5 การวิเคราะห์น้ำชาสมุนไพรเพื่อประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเทียบกับ Trolox และปริมาณรวมของสารกลุ่มฟีนอลิกคำนวณเปรียบเทียบกับ Gallic acid.....	16
ตารางที่ 6 สภาวะที่เหมาะสมของระบบ SI-XOD-Amp.....	21
ตารางที่ 7 ปริมาณ allopurinol ในตัวอย่างยารักษาโรคเกาต์ วิเคราะห์ด้วยระบบ SI-XOD-Amp.....	22
ตารางที่ 8 สภาวะที่เหมาะสมของระบบ SI-XOD-Col.....	24
ตารางที่ 9 ปริมาณ XOD-inhibitor ในตัวอย่างชาบางชนิด.....	25
ตารางที่ 10 สภาวะที่เหมาะสมของระบบ FI-I-Amp.....	28
ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างชาด้วยวิธีที่พัฒนาขึ้น.....	29
ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์สารปนเปื้อนในอาหาร.....	35
ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์สารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม.....	38
ตารางที่ 14 คุณลักษณะของวิธีวิเคราะห์ไอออนเหล็กในตัวอย่างน้ำผลไม้.....	40
ตารางที่ 15 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธี TMK.....	41
ตารางที่ 16 สรุปสภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง Phosphate analyzer ที่พัฒนาขึ้น*.....	44
ตารางที่ 17 สภาวะที่เหมาะสมของ GC-MS.....	49
ตารางที่ 18 สรุปสภาวะที่เหมาะสมของการตรวจวัดทองแดงจากตะกั่วตรวจวัดทางเคมีไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น.....	57
ตารางที่ 19 สรุปประสิทธิภาพของวิธีการในด้านต่างๆ.....	57
ตารางที่ 20 Tolerance ratios ของไอออนต่างๆ ที่อาจพบได้ในตัวอย่างอาหาร.....	58

สารบัญรูป (List of Illustration)

รูปที่ 1 ภาพจำลองการทำงานเครื่อง multi-optical sensor สำหรับประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ.....	11
รูปที่ 2 (ก) เครื่องคัดกรองฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสมุนไพร โดยอาศัยหัววัดแสงแปลหัวพร้อมกัน (ข) Multi-optical sensor หัววัด LDR/LED 8 คู่ในบล็อก PMMA.....	13
รูปที่ 3 ก) ระบบ Microfluidic ข) ภาพขยายแผ่นชิพ.....	14
รูปที่ 4 ระบบซีเควนเชียลอะนาไลซิสที่มีการตรวจวัดแบบแอมป์โรเมตรี (SI-XOD-Amp).....	18
รูปที่ 5 ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น.....	19
รูปที่ 6 ระบบ SI-XOD-Amp สำหรับการวิเคราะห์ xanthine oxidase-inhibiting activity.....	20
รูปที่ 7 ระบบ SI-XOD-Col สำหรับการวิเคราะห์ xanthine oxidase-inhibiting activity.....	23
รูปที่ 8 Correlation between the XOD-inhibitory activity and the total XOD inhibitor content expressed as allopurinol equivalents of tea samples.....	26
รูปที่ 9 ระบบ FI-I-Amp สำหรับตรวจวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ.....	27
รูปที่ 10 Correlation of total XOD inhibitor content expressed as allopurinol equivalent and total antioxidative activity as ascorbic acid equivalent of tea samples.....	30
รูปที่ 11 อุปกรณ์ปฏิบัติการบนกระดาษ และข้าวไฟฟ้าแบบพิมพ์สกรีน.....	32
รูปที่ 12 อุปกรณ์การแยกด้วยเมมเบรนชนิดเส้นใยกลวงและสัญญาณ Background.....	39
รูปที่ 13 ระบบวิเคราะห์โปรทแบบอัตโนมัติที่รวมอุปกรณ์การแยกด้วยเมมเบรนชนิดเส้นใยกลวง คัดแปลงโดยใส่สนามไฟฟ้า.....	41
รูปที่ 14 โปรแกรมสำหรับสั่งงานระบบวิเคราะห์หาปริมาณโปรทแบบอัตโนมัติสมบูรณ์แบบ.....	42
รูปที่ 15 สัญญาณวิเคราะห์ด้วยระบบวิเคราะห์โปรทความเข้มข้น 0.5 mg L^{-1} a) blank b) ไม่มีศักย์ไฟฟ้า c) ใช้ศักย์ไฟฟ้า 9 volt วิธีการวิเคราะห์.....	42
รูปที่ 16 (a) แผนผัง และ (b) ภาพถ่ายของเครื่อง Phosphate analyzer ที่พัฒนาขึ้น.....	44
รูปที่ 17 คลองแสนแสบ.....	45
รูปที่ 18 จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง 20 จุดจากคลองแสนแสบ.....	46
รูปที่ 19 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่างน้ำจากคลองแสนแสบทั้ง 20 จุด.....	46
รูปที่ 20 ขั้นตอนการวิเคราะห์สารปฏิชีวนะจากตัวอย่างน้ำนม.....	53
รูปที่ 21 โครมาโทแกรมของการหาปริมาณสารปฏิชีวนะโดยใช้วิธี CPE-HPLC (a) ตัวอย่างน้ำนมวัว (b) ตัวอย่างน้ำนมวัวที่เติมยาปฏิชีวนะ $5 \mu\text{g mL}^{-1}$	54
รูปที่ 22 คอลัมน์ Reverse phase C18 ที่มีความยาวคอลัมน์ 25 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.6 มิลลิเมตร	55
รูปที่ 23 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานพาราเบนความเข้มข้น 10 ppm ที่ภาวะที่เหมาะสม.....	56
รูปที่ 24 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณโลหะ.....	58