การวิเคราะห์หาปริมาณ Sudan I โดยใช้ Solid Phase Extraction ชนิด Moleculary Imprinted Polymer

T107774

นางสาวกุลธิดา ภูมัง
นายจิรศักดิ์ จิตรไพบูลย์

วิทย.
ก 926ก
2548
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....107774
วัน,เดือน,ปี.....10 พ.ค. 2553
b.....12210A19
i.....

โครงงานพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หาปริมาณ Sudan I โดยใช้ Solid Phase Extraction ชนิด Moleculary Imprinted Polymer

นางสาวกุลธิดา ภูฆัง
นายจิรศักดิ์ จิตรไพบูลย์

โครงงานพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Determination of Sudan I Using Molecularly Imprinted Solid Phase Extraction

Khullathida Phukhang

Jirasak Jitpibull

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of

Bechelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	การวิเคราะห์หาปริมาณ Sudan I โดยใช้ Solid Phase Extraction ชนิด Moleculary Imprinted Polymer
นักศึกษา	นางสาวกุลธิดา ภูมัง
	นายจิรศักดิ์ จิตรไพบูลย์
ภาควิชา	เคมี
สาขา	เคมีอุตสาหกรรม – เครื่องมือวิเคราะห์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล	.....
กรรมการ	อาจารย์พรทิพย์ ศัพทอนันต์	.....
กรรมการ	ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ	.....

.....
(ผศ.ดร. ประยงค์ ดวงดี)
หัวหน้าภาควิชาเคมี

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ เรื่อง	การวิเคราะห์หาปริมาณ Sudan I โดยใช้ Solid Phase Extraction ชนิด Moleculary Imprinted Polymer
นักศึกษา	นางสาวกุลธิดา ภูฆัง
	นายจิรศักดิ์ จิตรไพบูลย์
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม – เครื่องมือวิเคราะห์
ปีการศึกษา	2548
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

บทคัดย่อ

ในการทดลองนี้เป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสาร Sudan I ซึ่งเป็นสีย้อมชนิดหนึ่ง โดยการใช้ Molecularly Imprinted Polymer เป็น Solid Phase โดยสังเคราะห์ให้มีสัดส่วน เรซินต่อ Sudan I เป็น 100 และ 200 เท่า ซึ่งในที่นี้ใช้เรซิน 2 ชนิดด้วยกัน คือ เบอร์ 240 และ 288 จากนั้นทำการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดโดยทำการสกัดสารมาตรฐาน Sudan I ความเข้มข้น 5 ppm ที่ละลายด้วยน้ำจะสามารถทำการสกัดได้ และทำการสกัดด้วย methanol จะใช้เวลาในการทำและความสามารถในการชะเทียบกับ acetonitrile ดีกว่ามาก และยังพบอีกว่าเรซินเบอร์ 240 ที่สังเคราะห์เป็น MIP ในอัตราส่วน 100 เท่า จะสามารถทำการสกัดได้ค่าความเข้มข้นใกล้เคียงกับสารมาตรฐานมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Determination of Sudan I Using Molecularly Imprinted Solid Phase Extraction
Name	Misss. Khullathida Phukhang
	Mr. Jirasak Jitpibull
Department	Chemistry
Program	Industrial Chemistry – Analytical Instrumentation
Academic Year	2005
Special Project Adviser	Dr. Wiboon Praditvengkum

ABSTRACT

This research seek a suitable condition for extract Sudan I (dye) by using Molecularly Imprinted Polymer to be a Solid Phase. The ratio of resin/Sudan I in this research in 100 and 200 and use 2 kind of resin is 240 and 288. To seek a suitable condition for extract by extracted standard solution of Sudan I at concentration 5 ppm it must dissolve in water that it can extract and then elute by methanol that use timeless than elute by acetonitrile. MIP from resin 240 and ratio is 100 have a best value of Sudan I from extract nearness concentration of standard solution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ดร. วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ และคณะกรรมการ ที่อยู่ดูแลพวกเราพร้อมทั้งให้คำแนะนำในการทำโครงงานพิเศษจนสำเร็จลงได้ ขอขอบคุณพี่ ๆ ห้องปฏิบัติการทุกคนที่คอยช่วยเหลือเมื่อมีปัญหา และต้องขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ทุกคน ที่อยู่เป็นเพื่อนกันในตอนที่ต้องทำการทดลองจนดึก ๆ และคอยเป็นกำลังใจเสมอมา สุดท้าย ขอขอบคุณพี่ที่บริษัท SGS ที่จุดประกายความคิดทำให้เกิดโครงงานนี้มา

นายจิรศักดิ์ จิตรไพบูลย์

นางสาวกุลธิดา ภูฆัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 สีย้อม Sudan I	3
2.2 Molecularly imprinted polymers (MIP)	4
2.3 การสกัดแบบ Solid Phase Extraction	12
2.4 Polyester resin เบอร์ 240 BS และ 288W	14
2.5 อัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี	20
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	25
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	25
3.2 การเตรียม Molecularly Imprinted Polymer	26
3.3 การเตรียม Molecularly Imprinted Solid phase Extraction (MISPE) Column	27
3.4 วิธีดำเนินการทดลอง	27
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	32
4.1 การศึกษาหาค่าการดูดกลืนแสงของ Sudan I ในตัวทำละลายต่าง ๆ	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2 การศึกษาการล้าง MIP ที่เตรียมได้ในคอลัมน์ด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ	34
4.3 การทดสอบตัวชะ Sudan I ที่ละลายด้วย chloroform แล้วชะด้วย methanol	35
4.4 การทดสอบตัวชะ Sudan I ที่ละลายด้วยน้ำ โดยทำการชะด้วย methanol	36
4.5 การเปรียบเทียบความสามารถในการชะ Sudan I ที่ละลายด้วยน้ำระหว่าง methanol กับ acetonitrile	38
4.6 การทดสอบความสามารถของตัวชะโดยลดความผิดพลาดด้วยการทำ Blank	39
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	42
5.1 สรุปผลการทดลอง	42
5.2 ข้อเสนอแนะ	43
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของ Sudan I	3
รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการเกิด Molecular Imprinting	8
รูปที่ 2.3 แสดงภาพ Solid phase extraction cartridge	13
รูปที่ 2.4 แผนผังแสดงโครงสร้างทางเคมีในขบวนการสังเคราะห์ Polyester resin	16
รูปที่ 2.5 แสดงการเกิดอันตรกิริยาของสารเคมีกับการแผ่รังสีหรือแสง	20
รูปที่ 2.6 แสดงแสดงกระบวนการเกิดการกระตุ้น	21
รูปที่ 2.7 แสดงกระบวนการวัดการดูดกลืนแสง	21
รูปที่ 2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอบซอร์แบนซ์	23
รูปที่ 2.9 แสดงองค์ประกอบของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์	24
รูปที่ 4.1 แสดงสเปกตรัมของ Sudan I โดยใช้ตัวทำละลายเป็น methanol	32
รูปที่ 4.2 แสดงสเปกตรัมของ Sudan I โดยใช้ตัวทำละลายเป็น ethanol	33
รูปที่ 4.3 แสดงสเปกตรัมของ Sudan I โดยใช้ตัวทำละลายเป็น acetonitrile	34
รูปที่ ผ.1 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย methanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.4)	46
รูปที่ ผ.2 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย ethanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.4)	47
รูปที่ ผ.3 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย methanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.5)	48
รูปที่ ผ.4 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย ethanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.5)	49
รูปที่ ผ.5 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย acetonitrile (หัวข้อการทดลองที่ 4.5)	50
รูปที่ ผ.6 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย methanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.6)	51
รูปที่ ผ.7 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย ethanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.6)	52
รูปที่ ผ.8 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย acetonitrile (หัวข้อการทดลองที่ 4.6)	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนที่ใช้เตรียม MIP 26

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงเมื่อใช้ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ในการล้าง MIP 35

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงในขั้นตอนต่าง ๆ 36

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐานโดยการชะด้วย methanol จาก resin ชนิดต่าง ๆ 37

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐานโดยการชะด้วย ethanol จาก resin ชนิดต่าง ๆ 37

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลความเข้มข้นของชุดการชะด้วย acetonitrile 38

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลความเข้มข้นของชุดการชะด้วย methanol 38

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของชุดที่ทำการชะด้วย acetonitrile ตามด้วย ethanol 40

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของชุดที่ทำการชะด้วย Methanol ตามด้วย ethanol 41

ตารางที่ ผ.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย methanol (หัวข้อการทดลองข้อ 4.4) 46

ตารางที่ ผ.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย ethanol (หัวข้อการทดลองข้อ 4.4) 47

ตารางที่ ผ.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย methanol (หัวข้อการทดลองข้อ 4.5) 48

ตารางที่ ผ.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย ethanol (หัวข้อการทดลองข้อ 4.5) 49

ตารางที่ ผ.5 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย acetonitrile (หัวข้อการทดลองข้อ 4.5) 50

ตารางที่ ผ.6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย methanol (หัวข้อการทดลองข้อ 4.6) 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ผ.7 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย ethanol (หัวข้อการทดลองข้อ 4.6) 52

ตารางที่ ผ.8 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย acetonitrile (หัวข้อการทดลองข้อ 4.6) 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

ประเทศไทยเป็นประเทศทางเกษตรกรรม ผลผลิตทางการเกษตรจึงเป็นผลผลิตที่สร้างขึ้นได้จำนวนมาก ซึ่งสินค้าทางการเกษตรนี้เองเป็นสินค้าส่งออกหลักตัวหนึ่งของไทยที่สร้างรายได้ให้กับประเทศ

ในปัจจุบันเรื่องของสุขภาพเป็นเรื่องที่ถูกให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก จนทำให้หลาย ๆ ประเทศทั่วโลกให้ความสนใจในเรื่อง "สุขอนามัยและสุขอนามัยพืช" (The Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures, SPS) ประเทศพัฒนาแล้วมักจะใช้เป็นข้อต่อรองทางการค้า เพื่อกีดกันสินค้าเกษตรและอาหารจากประเทศด้อยพัฒนา หรือประเทศกำลังพัฒนาอยู่เสมอ โดยเฉพาะข้ออ้างที่ว่า เพื่อปกป้องสุขภาพและชีวิตของมนุษย์ สัตว์ และพืชในประเทศของตน และไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากข้อกีดกันนั้นเพราะสินค้าเกษตรกรรมเป็นสินค้าหลักของประเทศนั่นเอง จากเรื่องดังกล่าวทำให้เกิดการวิเคราะห์หาสารต่าง ๆ ที่อยู่ในพืช ผลไม้ และอาหารต่าง ๆ จนเกิดพบว่า ในพืช ผลไม้ และอาหารหลาย ๆ ชนิดมีสารเคมีชนิดหนึ่งปนเปื้อนมา นั่นคือ "ซูดาน"

สาร "ซูดาน" ได้ถูกนำมาใช้ในอาหารเพื่อสร้างสีสันให้ดูน่ารับประทานมากขึ้น "ซูดาน" ปนเปื้อนมากับพวกสินค้าแปรรูป ในสินค้าจำพวกเครื่องเทศ พริก ผงกระหรี่ ขมิ้น น้ำมันปาล์ม ฯลฯ ทำให้เกิดสีสันเป็นสีส้ม สีแดง ซึ่งเป็นสารย้อมสีที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งได้

ดังนั้นการวิเคราะห์หาสารเคมี "ซูดาน" จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อที่จะทราบถึงสาร "ซูดาน" ที่ปลอมปนอยู่ในพืช ผลไม้ และอาหาร ในระดับบุคคลจะได้หลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีสารปนเปื้อนเข้าไปในร่างกายได้ และในระดับประเทศนั้นจะได้เป็นพื้นฐานในการควบคุมมาตรฐานสินค้าส่งออกของไทย จากมาตรการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ "ความปลอดภัยด้านอาหาร" ตั้งแต่การรับรองแหล่งผลิตเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP), การรับรองแหล่งผลิตอุตสาหกรรมดีที่เหมาะสม (GMP), การวิเคราะห์อันตรายเพื่อควบคุมจุดวิกฤติ (HACCP) รวมถึงการบรรจุภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานสากลนั้น ได้ทำให้ต่างประเทศยอมรับในสินค้าเกษตรและอาหารของไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

ศึกษาการตรียม MIP จาก resin ทางการค้า และหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด Sudan I โดยใช้การสกัดแบบ Moleculary Imprinted Polymer Solid Phase Extraction

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการเตรียม MIP จาก resin ทางการค้า

2. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด Sudan I โดยใช้การสกัดแบบ Molecularly Imprinted Polymer Solid Phase Extraction และตรวจวัดด้วย UV-Visible Spectrophotometer

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

1. สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2. วางแผนการทดลอง โดยจัดหาอุปกรณ์ สารเคมี ตัวอย่าง และเครื่องมือที่ใช้

3. ดำเนินการทดลอง จัดเตรียม Molecularly Imprinted Polymer เพื่อใช้เป็น Solid Phase Extraction

4. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสาร Sudan I โดยใช้ Molecularly Imprinted Polymer ที่เตรียมได้ โดยทำการตรวจวัดด้วย UV-Visible spectrophotometer

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด Sudan I โดยใช้การสกัดแบบ Moleculary Imprinted Polymer Solid Phase Extraction

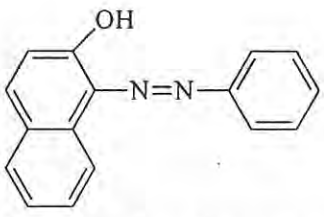
2. สามารถนำวิธีที่พัฒนาได้ไปประยุกต์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ Sudan I ในตัวอย่างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สีย้อม Sudan I [1]

Sudan I เป็นสีย้อมประเภท azo dye จัดอยู่ในกลุ่ม 1-phenylazo-2-hydroxynaphthalene สูตรโครงสร้างดังรูปที่ 1 มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 248.249 กรัม ไม่ละลายน้ำ ให้สีส้ม-แดง เป็นสีที่ใช้ทางด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ สีทาชนิดต่าง ๆ หมึกพิมพ์ อุตสาหกรรมการผลิตพลาสติก วัสดุสังเคราะห์อื่น ๆ น้ำมัน ปิโตรเคมี สารขัดเงารองเท้าและพื้น เป็นต้น สีในกลุ่มนี้นั้นสามารถจะผลิตได้ง่ายในระดับการค้า ซึ่งในทางด้านทฤษฎีแล้วสีในกลุ่มนี้จะเป็นผลิตผลจากปฏิกิริยา diazotization ซึ่งในเริ่มแรก primary amino group จะทำปฏิกิริยากับ sodium nitrite ในกรด hydrochlorous ซึ่งจะได้ diazonium chloride ออกมา ซึ่งเป็นสารประเภท electrophilic จากนั้นจะเข้าไปจับกับสารประกอบที่มี electron มาก เช่น 2-hydroxynapthalene ซึ่งจากปฏิกิริยานี้เราจะได้ azo pigment จำนวนมาก ซึ่งคุณสมบัติของสีที่ต่างกันนั้นจะมาจากหมู่ functional group ที่แตกต่างกัน การดูดซึม Sudan I เข้าสู่ร่างกายนั้น ผิวหนังจะเป็นส่วนที่สามารถดูดซึม Sudan I ได้ดีที่สุด โดยจะสามารถดูดซึมเข้าไปได้ 26.4% แต่เนื่องด้วย Sudan I นั้น มีสีแดงคล้ายกับอาหารจำพวกพริกหรือซอส จึงได้มีการนำมันเข้าไปผสมกับอาหารเหล่านั้นด้วย ซึ่งเป็นการผิดข้อห้ามของ EU ตามหน่วยงานมาตรฐานอาหารอังกฤษ (UK Food Standard Agency : FSA) ที่ได้ประกาศห้ามอย่างเด็ดขาดในเรื่องของการนำเข้าสินค้าประเภทอาหารที่มี สารปนเปื้อน Para red และ Sudan red ตัวที่ 1-4 เพราะว่า สารประเภทนี้ เป็นสารก่อมะเร็ง และเป็นสารที่สามารถก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ได้ ซึ่งจากการทดลองจะพบว่า เมื่อ Sudan I เข้าสู่ร่างกายแล้ว จะเกิดการ metabolism ผลิตภัณฑ์ที่ได้มานั้น พบว่า จะมีผลกระทบต่อ tRNA และ DNA บางชนิด ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ขึ้น รวมถึง การเกิดมะเร็งซึ่งจะเกิดที่กระเพาะปัสสาวะและที่ตับ



รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของ Sudan I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Molecularly Imprinted Polymers (MIP)

ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมานี้ molecular imprint ได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างกว้างขวาง เนื่องจากความน่าสนใจเกี่ยวกับ nano-technology และ "designer" material สำหรับ Molecularly imprinted polymers นี้ได้ถูกนำมาใช้ในวัตถุประสงค์ที่เฉพาะ เจาะจงในด้านต่าง ๆ

Molecularly imprinting จะถูกห้อมล้อมด้วย polymeri-zable functional monomers อย่างเป็นระเบียบรอบ ๆ template สำหรับการจัดเรียงตัวจะเกิดจากแรงกระทำของ non-covalent เช่น H-bond, ion-pair interaction (non-covalent imprinted) หรือ แรงกระทำ covalent (covalent imprinted) ซึ่งจะเกิดระหว่าง template และ functional monomers จากนั้น complex ที่เกิดขึ้นจะถูกรวมกันด้วยกระบวนการ polymerization ให้เป็น highly crosslinked macroporous polymer matrix จากนั้นทำการสกัดเอา template ออกมาทำให้ใน polymer นั้นจะเกิดเป็นรูที่มีรูปร่างและ functional groupที่เฉพาะเจาะจงกับ template ต้นแบบ วิธีการที่มีอยู่สำหรับ molecularly imprinted ซึ่งมีทั้งความยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพ และ imprint นั้นสามารถใช้ขัดขวางโมเลกุลขนาดเล็กชนิดอื่นที่มีอยู่อย่างมากมายได้ซึ่งทำให้เกิดความมั่นใจได้ว่าผลของ polymers ที่ได้จะมี affinity สูงและมีความเฉพาะเจาะจงต่อ template [2]

การสังเคราะห์ MIP สามารถทำได้ 3 ชนิดดังนี้

1. วิธีการแบบ non-covalent ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างกว้างขวางเนื่องจากมีวิธีการทำและมีขั้นตอนการเกิด complex ที่ง่ายโดยจะผสม template กับ functional monomer ที่เหมาะสม หรือ monomer ใน porogen (solvent) ที่เหมาะสม หลังจากการสังเคราะห์แล้วจะนำ template ออกจาก polymer ที่ได้โดยการล้างด้วยตัวทำละลายตัวเดียวหรือหลายตัวผสมกัน จากนั้นเมื่อถึงขั้นการนำไปใช้โดย template จะกลับเข้าไปใน MIP อีกครั้งซึ่งจะเป็นการใช้ประโยชน์จากเกิด non-covalent interaction

2. วิธีการแบบ covalent protocol ซึ่งจะเกิดจากการสร้างพันธะโควาเลนต์ระหว่าง template และ functional monomer ซึ่งมีความจำเป็นต้องทำก่อนเกิด polymerization ยิ่งกว่านั้น การขจัด template ออกจาก polymer matrix หลังจากการสังเคราะห์ผ่าน covalent protocol แล้ว จำเป็นที่จะต้องทำลาย covalent bonds ซึ่งท้ายที่สุดแล้วจะนำ polymer ทำการสกัดด้วย Soxhlet หรือทำปฏิกิริยากับ reagent ในสารละลาย

3. วิธีการแบบ semi-covalent จะมีความสามารถเกือบเท่ากับสองวิธีก่อนรวมกัน ซึ่ง covalent bound จะถูกสร้างขึ้นระหว่าง template และ functional monomer ก่อนที่จะเกิดการ polymerization ในขณะที่ template ได้ถูกขจัดออกจาก polymer matrix หลังจากนั้นจะนำ analyte มาเกิด non-covalent interaction กับ MIP ซึ่งเหมือนกับการเกิด non-covalent imprinting protocol [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสังเคราะห์ MIP [4]

Template

ในทุกกระบวนการของ molecular imprinting นั้น template เป็นส่วนหลักที่สำคัญซึ่งมันจะรวมเข้าโดยตรงกับ functional group ในแบบต่อ ๆ กัน น่าเสียดายที่ template ทุกตัวนั้น ไม่สามารถนำมาใช้ได้ ในการทำ polymerization แบบ free radical นั้น template ควรเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างช้า ๆ ภายใต้สภาวะที่เหมาะแก่การเกิด polymerization ดังนั้น ทางเลือกของการทำแม่แบบอาจจะต้องใช้ความพยายามถ้า template นั้นสามารถเกิดปฏิกิริยาใน radical reaction หรือ สำหรับเหตุผลอื่น ๆ ที่เนื่องมาจากความไม่เสถียรภายใต้สภาวะ polymerization ดังนั้น เพื่อให้เลือก template ได้อย่างเหมาะสม ควรพิจารณาดังนี้

1. Template นั้น เกี่ยวข้องกับทุกหมู่ function ใด ๆหรือไม่
2. Template ที่ไปเกี่ยวข้องกับหมู่ function นั้น มีความสามารถที่จะไปขัดขวางหรือหน่วงการเกิด free radical polymerization หรือไม่
3. Template นั้น มีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หรือการโดนรังสี UV หรือไม่

Functional monomer

Functional monomer นั้นเป็นส่วนเริ่มแรกสำหรับการเกิด binding interaction ใน imprinting binding site และสำหรับ non-covalent molecular imprinting protocol ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไป จะใช้ในปริมาณที่มากเกินพอโดยสัมพันธ์กับจำนวน mole ของ template ซึ่งจะสนับสนุนให้เกิดลักษณะของ template, การรวมกันของ functional monomer (template:functional monomer = 1:4 และจะใช้มากกว่านั้นสำหรับ non-covalent imprinting) มันมีความสำคัญมากสำหรับความเหมาะสมกันของ function ของ template กับ function ของ monomer เพื่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสูงสุดเพื่อทำให้เกิด imprinting effect และเมื่อใช้หมู่ functional monomer 2 หรือมากกว่านั้นเพื่อใช้พร้อมกันใน "cocktail" polymerization อย่างไรก็ตามต้องระลึกว่า สัดส่วนที่เหมาะสมของ monomer เพื่อให้แน่ใจว่า polymerization นั้น สามารถเป็นไปได้

Functional monomer ที่มากมายกับ โครงสร้างทางเคมีที่หลากลายและความมีขั้วซึ่งมีอยู่ทางการค้านั้นทำให้สามารถเตรียมได้โดยการออกแบบสัดส่วนให้เหมาะสม

Cross linkers

ใน imprinted polymer นั้น cross linker จะมีส่วนทำให้เกิดความสำเร็จ 3 อย่างด้วยกันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Cross linker มีความสำคัญในการควบคุมความเป็นผลึกของ polymer matrix ซึ่งใช้ใน gel-type, macroporous หรือ micro gel powder

2. จะช่วยให้เกิดความเสถียรของ imprinted binding site

3. ช่วยทำให้เกิดความเสถียรทางเชิงกลของ polymer matrix

ซึ่งเมื่อใช้ cross linker ในสัดส่วนที่สูงจะทำให้เกิดความคงทนของรูสำหรับ วัสดุชนิด macroporous และยังทำให้เกิดวัสดุที่เกิดความเสถียรทางเชิงกล ซึ่ง polymer ส่วนมากจะใช้ cross linker มากกว่า 80%

สำหรับเหตุผลเดียวกัน ซึ่งมันสมควรจะเหมาะสมกับสัดส่วนในการทำปฏิกิริยากับ functional monomer ใน cocktail polymerization เพื่อให้แน่ในถึงการรวมกันอย่างเรียบร้อยของ comonomer ซึ่ง สัดส่วนของ cross linker ก็สมควรที่พอดีกันด้วยกับ functional monomer และสำหรับ สัดส่วนในการทำปฏิกิริยาของ cross linker อาจจะไม่ทราบเมื่ออยู่ในแบบการประมาณซึ่งในบางครั้งอาจทำการศึกษาของปริมาตรของโครงสร้างที่ได้จากการสังเคราะห์ที่ใช้ตัวแทน

Solvents (Porogens)

สารละลายนั้นจะช่วยให้ส่วนประกอบทั้งหมดที่ใช้ในการ polymerization เข้าสู่เฟสเดียว อย่างไรก็ตามมันก็มีหน้าที่ที่สำคัญเป็นอันดับสองในหน้าที่สำหรับการสร้างรูพรุนใน macroporous polymers ซึ่งสำหรับเหตุผลนี้ทำให้เราเรียกมันว่า porogen เมื่อ macroporous polymer ได้เริ่มขึ้น ทั้งโดยธรรมชาติและปริมาตรของ porogen สามารถใช้ในการควบคุมความเป็นผลึกและปริมาตรรวมของรูพรุนทั้งหมด เพื่อเพิ่มความเจาะจงจะใช้ทางด้าน thermodynamic ในสารละลายที่ดีเพื่อนำให้เกิด polymers ขึ้น พร้อมทั้งจะช่วยเพิ่มคุณภาพของรูพรุนและความเฉพาะเจาะจงของพื้นผิว แต่ถ้าใช้ thermodynamic กับสารละลายที่ไม่ดีก็จะทำให้ได้ polymers ที่ช่วยสร้างรูพรุนที่ไม่ดีและพื้นผิวมีความเฉพาะเจาะจงต่ำ และถ้าเพิ่มปริมาตรของ porogen จะเพิ่มปริมาตรของปริมาตรรูพรุนเช่นกัน

นอกจากนั้นมันยังทำหน้าที่สองอย่างด้วยกันคือเป็นทั้งสารละลายและตัวทำให้เกิดรูพรุน สำหรับการเป็นสารละลายใน non-covalent polymerization ต้องใช้ความรอบคอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Initiator

ตามหลักการแล้ว ในหลาย ๆ วิธีของการเกิดตัวริเริ่มซึ่งได้มีการอธิบายมาก่อนหน้านี้แล้วนั้น สามารถที่จะใช้ในการริเริ่มการเกิดพอลิเมอร์แบบ free radical ในขณะที่มี Template อยู่ อย่างไรก็ตาม ยังจะใช้กระตุ้นสำหรับการเลือกตัวหนึ่งเหนือตัวอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากระบบในระหว่างการศึกษา

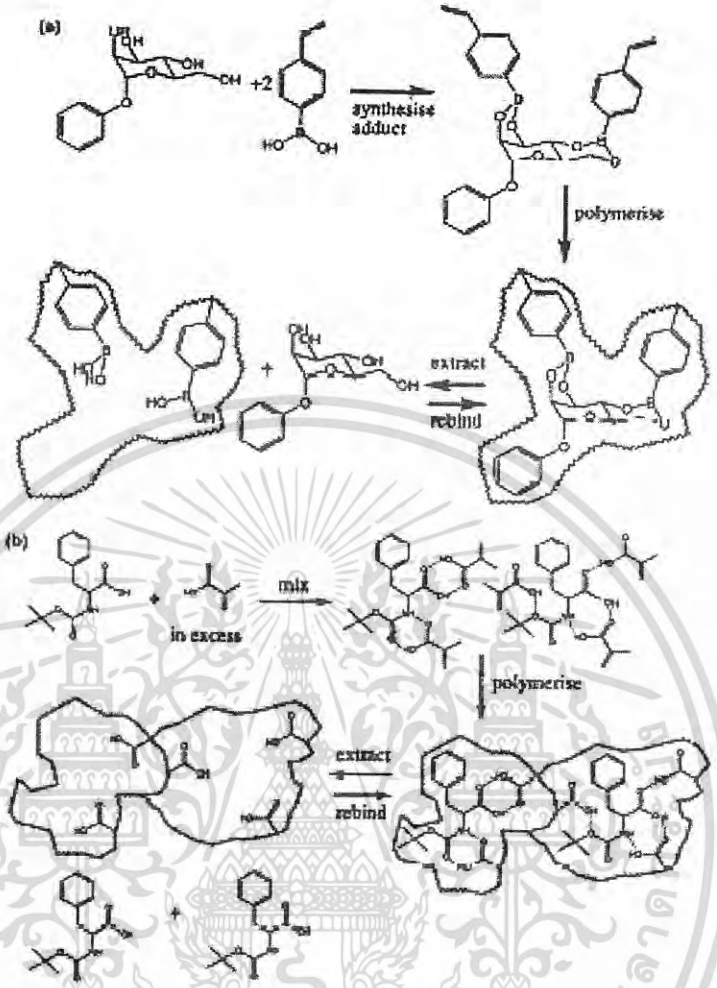
การเกิด MIP [2]

การเกิดพันธะนั้นจะได้จากการที่ molecular imprinting แสดงให้เห็นถึงลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นกับแรงที่เกิดขึ้นระหว่างการเกิด polymerization ซึ่ง affinity เฉลี่ยของ binding site จะเตรียมโดยการใช้พันธะ non-covalent ซึ่งโดยปรกติแล้วจะอ่อนกว่าการเตรียมโดยการใช้ covalent เนื่องมาจาก electrostatic, H-bonding, π-π และ hydrophobic interaction ระหว่าง template และ functional monomer ซึ่งใช้โดยเฉพาะในการก่อให้เกิดการรวมกันของโมเลกุล ยิ่งกว่านั้น การที่ functional monomer ที่มากเกินพอนั้นสัมพันธ์กับ template ซึ่งเป็นที่ต้องการโดยปรกติแล้วเพื่อให้เกิด template-functional monomer ที่เหมาะสม และ เพื่อให้เกิดการคงสภาพในระหว่างการเกิด polymerization จากผลที่ได้ เศษเพียงเล็กน้อยของ functional monomer ซึ่งจะเกิดการรวมกันแบบสุ่มเข้าสู่ polymer matrix เพื่อทำให้เกิด non-selective biding site

อย่างไรก็ตาม เมื่อพันธะ covalent ได้เกิดขึ้นระหว่าง template และ functional monomer ก่อนที่จะเกิดการ polymerization มันจะทำให้เกิดความแน่นอนมากขึ้นและทำให้binding site มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้นกว่าการทำเป็นแบบ non-covalent เนื่องจาก template และ functional monomer เกิดแรงกระทำต่อกันซึ่งจะทำให้ไม่มีความเสถียรอย่างและแน่นอนในระหว่างการทำ imprinting แต่กระนั้น non-covalent imprinting protocol ก็ยังเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการเตรียม MIPs เนื่องมาจากว่าข้อดีที่มีมากกว่าข้อดีของ covalent ซึ่งจะเห็นได้จากวิธีการสังเคราะห์แสดงดังรูปที่ 2

ในบาง polymers จะเตรียมจากวิธีแบบ non-covalent ซึ่งจะพบว่าบางที template จะเกิดพันธะกับ polymer มันจะมีความแข็งแรงมาก ซึ่งจะยากในการขจัด template ส่วนสุดท้ายที่เหลือน้อยมากออกไปหลังจากการล้าง polymer หลาย ๆ ครั้งแล้ว และเมื่อ MIP นั้นได้ถูกใช้ template ที่ยังเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยนั้นก็จะสามารถถูกชะออกมาได้เช่นเดียวกัน ซึ่งปัญหาการ bleeding นี้จะมีปัญหาหลักเมื่อทำการสกัด analyte ที่มีปริมาณน้อยมาก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการเกิด Molecular imprinting โดย (a) เป็นการเกิดแบบ covalent imprinting ของ phenyl α-D-mannoside โดยใช้ vinylphenylboronic acid และ (b) เป็นการเกิดแบบ non-covalent ของ Boc-phenylalanine โดยใช้ methacrylic acid

เพื่อป้องกันการเกิดปัญหานี้ ได้มีการสังเคราะห์ MIPs โดยการใช้ตัวแทนของ target molecule เป็น template แทน ซึ่งสำหรับวิธีนี้แล้ว ถ้า MIP เกิดการ bleed ออกมา template ที่ถูกชะออกมานั้นก็จะไม่มีผลรบกวนต่อการทำปริมาณวิเคราะห์ของ target analyte อย่างไรก็ตามมันก็ยังไม่ใช่วิธีการแก้ปัญหาโดยเสมอไป ในอีกทางหนึ่งนั้น บางครั้งเราจะไม่สามารถระบุหรือหาตัวแทนที่เหมาะสมได้หรือในอีกทางหนึ่ง MIP ก็ไม่ได้ใช้เป็นเทคนิคเดียวที่ใช้ก่อนการแยกเสมอไป เช่น การทำเทคนิค HLPC เป็นต้น ด้วยเหตุผลนี้ วิธีทางอื่นอย่างเช่น thermal annihilation,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

microwave-assited extraction, และ การใช้ supercritical fluid extraction นั้น ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการขจัดเอา template ออกจาก MIP

มีความจำเป็นที่ต้องอ้างถึงการควบคุมการเกิด polymerization ซึ่ง non-imprinted polymer (NIP) ก็ควรที่จะต้องสังเคราะห์ไปพร้อม ๆ กันด้วย ซึ่งจะทำการสังเคราะห์เหมือนกับ MIP แต่จะไม่ใส่ template ลงไป สำหรับการประเมินค่าของผลการทำ imprinting ความเฉพาะเจาะจงของ NIP และ MIP จะถูกเปรียบเทียบกัน

จุดเด่นของ MIPs ที่ได้นั้นจะมีหลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับวิธีการในการเตรียมตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ในปัจจุบันในการทำ polymerization ที่กระทำกันอย่างแพร่หลายเพื่อทำการเตรียม MIPs จะรวมถึง conventional solution, suspension, precipitation, multi-step swelling และ emulsion core-shell และมันก็ยังมีวิธีอื่น ๆ ที่ยังใช้ในการเตรียมเช่นเดียวกัน แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้กันเป็นประจำ

MIP ที่ได้จากการใช้การ polymerization แบบ conventional solution จะได้ออกมาเป็นผลึกขนาดใหญ่ ซึ่งจะต้องทำการบดก่อนที่จะใช้ ยกเว้นจะเตรียมแบบไม่มีการรบกวน อย่างไรก็ตาม การเตรียมแบบ suspension (ใน fluorocarbons หรือ น้ำ) และ precipitation polymerization จะทำให้ MIP ที่เตรียมได้นั้นจะได้ในรูปแบบของผลึกทรงกลม แต่ในขณะที่การเตรียมแบบ multi-step swelling หรือ emulsion core shell นั้น MIP ที่ได้จะมีลักษณะเรียวยาวเป็นเมล็ด

Conventional solution polymerization เป็นวิธีที่นิยมกันอย่างมากเนื่องจากมันมีความง่ายและสามารถใช้ได้อย่างกว้างขวาง แต่มีข้อเสียในส่วนของกระบวนการในการบดและการร่อน ซึ่งนอกจากจะสิ้นเปลืองและเสียเวลาแล้ว ยังจะทำให้อนุภาคที่ได้มีขนาดไม่เท่ากัน แต่เมื่อนำ MIP มาทำเป็น solid phase แล้ว การที่ขนาดกระจายตัวไม่สม่ำเสมอจะไม่เป็นปัญหาหลัก

การใช้ MIP เป็น Solid phase Extraction (MISPE)

การมีค่า affinity ที่สูงและความเฉพาะเจาะจงของ MIP ทำให้เกิดความคิดซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสกัดสารตัวอย่าง การทำ preconcentration และ การ clan up ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่น ๆ เราสามารถใช้เป็น solid phase extraction column ซึ่งในหลาย ๆ การทดลองนั้นได้มีการใช้ MIP ในการสกัดและในส่วนของการ clean up ของ analytes จาก complex matrix ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความเที่ยงตรงและความแม่นจะยังดีขึ้นและ detection limit จะต่ำลงเมื่อใช้ SPE ที่ใช้ MIP โดยเปรียบเทียบกันกับการใช้การสกัดแบบธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MISPE มีพื้นฐานจากกระบวนการ SPE แบบปรกติ คือทำการปรับสภาพก่อนใช้ ทำการ loading สารตัวอย่าง ทำการ clean-up และทำขั้นชะออกมาซึ่งเป็นการทำกันเป็นประจำอยู่แล้ว

ในระหว่างการปรับสภาพ โพรง (binding site) ของ MIP จะถูกกระตุ้นเพื่อทำให้เกิดแรงระหว่าง analyte ที่เป็นเป้าหมายในสารตัวอย่างให้มากที่สุด

ในขั้นของการ loading ตัวกลางในสารตัวอย่างจะมีผลกระทบโดยตรงต่อการจำคุณสมบัติของ imprint polymers ด้วยเหตุนี้ ถ้าสารตัวอย่างไหลซึมกับ MIP ใน ตัวทำละลายที่มีขั้วน้อย การ loading อย่างเฉพาะเจาะจงก็จะสำเร็จได้ ซึ่งคือ analyte ที่เป็นเป้าหมายจะถูกเก็บกักอย่างเฉพาะเจาะจงบน MIP ในขณะที่ matrix ของสารตัวอย่างไม่ถูกกักไว้ อย่างไรก็ตาม เมื่อ analyte ที่สนใจนั้นอยู่ในสารตัวกลางที่เป็นของเหลว ทั้ง analyte และสารรบกวนตัวอื่น ๆ จะถูกกักไว้อย่างไม่เฉพาะเจาะจงบน polymer ฉะนั้นเพื่อให้การสกัดอย่างเฉพาะเจาะจงสำเร็จได้ จึงต้องใช้การ clean up ด้วยสารละลายอินทรีย์ก่อนที่จะทำ elution step ซึ่งการ clean up นี้จะมีความวิกฤตใน MISPE มากกว่าการทำแบบ SPE ธรรมดา

ในขั้น clean up จะถูกทำให้สมบูรณ์โดยต้องอาศัยในส่วนของ pH ตามธรรมชาติ และปริมาตรของสารละลายที่ใช้ล้าง เพื่อทำให้ MIP สามารถใช้ประโยชน์ได้ตามความสามารถของมันที่สามารถจำโมเลกุลเป้าหมายได้ ดังนั้น สารละลายที่นำมาใช้ในขั้น clean up ต้องสามารถหยุด interaction แบบไม่เฉพาะเจาะจงโดยไม่ทำให้เกิดความยุ่งยากต่อการเกิด interaction อย่างเฉพาะเจาะจงระหว่าง MIP กับ โมเลกุลที่เป็นเป้าหมาย เพื่อให้จุดประสงค์ตามนี้ สารละลายอินทรีย์ที่มีขั้วน้อย อย่างเช่น dichloromethane, toluene หรือ chloroform จะใช้กันอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ได้ผลออกมาดีก็ยังใช้สารละลายที่มีความเป็นขั้วสูง อย่างเช่น acetonitrile หรือ methanol เมื่อตัวอย่างเป็นน้ำได้ไหลเข้าสู่ MIP ขั้นการ clean up จะมีปัญหาเกิดขึ้น เนื่องจาก สารละลายที่ใช้ล้างนั้นส่วนมากจะไม่มีขั้ว ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาของการแยกชั้นกัน เพื่อป้องกันปัญหานี้ MIP สามารถที่จะทำให้แห้งได้ (เช่น การเป่าอากาศโดยตรงสู่ polymer) ซึ่ง ถ้าน้ำจำนวนน้อย ๆ ยังคงเหลืออยู่บน cartridge หลังจากการใส่สารตัวอย่างแล้ว ความสามารถใน binding ของ MIP อาจมีผลกระทบต่อขั้นย่อย ๆ ของการ clean up ในกรณีนี้จะลดการคงอยู่และความเฉพาะเจาะจงได้

แม้ว่าขั้นการทำ clean up จะมีความสำคัญต่อการทำการสกัดที่มีความเฉพาะเจาะจง แต่มันก็สามารถที่จะไม่ใช้ได้เมื่อขั้นของการชะมีความเฉพาะเจาะจงเพียงพอ ในกรณีนี้ แม้ว่า analyte และสารประกอบตัวอื่น ๆ ในสารตัวอย่างจะยังคงอยู่บน MIP ด้วย interaction แบบไม่เฉพาะเจาะจง ในระหว่างขั้นการ load ตัวอย่าง การชะที่เฉพาะเจาะจงของ analytes เป้าหมายก็สามารถเกิดขึ้นได้โดยการใช้ solvent ที่มีความเหมาะสม เพื่อให้ได้มาซึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญ มันจำเป็นต้องใช้ solvent ปริมาณน้อย ๆ แต่ interaction ระหว่าง analyte กับ MIP จะแข็งแรงมาก ซึ่งทำให้ปริมาณของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

solvent ที่ใช้ในการชะต้องใช้มากขึ้น เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ การใช้สารละลายอินทรีย์ผสมหรือสาระละลายอินทรีย์กับน้ำ หรือ modifier เช่น acetic acid หรือ pyridine ก็สามารถใช้ได้ แต่ในอีกทางหนึ่ง น้ำไปรบกวน interaction แบบ non-covalent ที่เป็นแบบเฉพาะเจาะจงได้ หรือในอีกทางหนึ่ง modifier ก็จะเกิดการแข่งขันกับ binding site ในการเกิด interact กับโมเลกุลเป้าหมาย ซึ่งทั้งคู่จะทำให้เกิดผลของการถูกชะออกมาเร็วเกินไปของ analyte

เมื่อการชะอย่างเฉพาะเจาะจงนั้นได้เกิดขึ้น MISPE สามารถจะรวมโดยตรงกับการตรวจวัดเฉพาะได้เลย

ในส่วนที่เหมือนกันของการใช้ SPE ที่เป็นแบบธรรมดา MISPE สามารถที่จะใช้ในแบบ off-line และ on-line ได้ โดยการรวมเข้ากันกับเทคนิคทาง chromatographic โดยเฉพาะอย่างยิ่ง high performance liquid chromatography (HPLC) อย่างไรก็ตาม MISPE ที่ใช้ศึกษากันส่วนมากจะเป็นแบบ off-line ไม่ใช่แค่การใช้เครื่องมือที่ง่าย แต่ยังรวมถึงสภาวะในการชะที่มีความแรงมากซึ่งสามารถทำได้โดยไม่จำเป็นต้องสนใจกับเครื่องมือวิเคราะห์เนื่องมาจากสารละลาย pH หรือ modifier ที่ใช้ด้วยกันไม่ได้

ในการใช้งานแบบ off-line นั้น จะใช้ polyethylene cartridges ซึ่งจะทำการ packed ด้วย polymer (ประมาณ 15-500 mg) หลังจากการทำการปรับสภาพ loading และการ clean-up (เมื่อมีความจำเป็น) แล้ว จะเก็บสารที่สกัดจากขั้นของการชะ แล้วทำการฉีดเข้าสู่ระบบของการวิเคราะห์ เช่น LC, GC และ Capillary electrophoresis

Off-line MISPE ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการสกัดสารประกอบต่าง ๆ มากมาย จาก matrix ที่แตกต่างกัน เช่น ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม (น้ำจากแม่น้ำ น้ำจากบ่อน้ำ น้ำเสียจากโรงบำบัด น้ำทะเล และที่สกัดจากดิน) biofluid (urine, serum, plasma และ เลือด) ตัวอย่างที่เป็นเนื้อเยื่อ อาหาร เป็นต้น

การใช้งานแบบ on-line นั้น สารตัวอย่างจะผ่านเข้าสู่ MIP และจะถูกฉีดโดยตรงเข้าสู่ระบบการวิเคราะห์เลย

On-line MISPE ได้ถูกพัฒนาโดยการรวมกับ pre-column packed ด้วยปริมาณเพียงเล็กน้อยของ polymer (ใช้ MIP 50 mg เป็นต้น) เข้ากับ ระบบของ LC ซึ่ง mobile phase ของ LC จะเป็นตัวชะของระบบ MISPE ดังนั้น mobile phase จะไปทำให้เกิดการคายของ analyte ที่ถูกกักบน MIP และนำมันเข้าสู่ระบบวิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม มันสามารถเกิดปัญหาได้เมื่อ mobile phase มีความสามารถไม่มากพอที่จะรบกวนการเกิด interaction ที่เฉพาะเจาะจงระหว่าง analyte กับ MIP ซึ่งเราสามารถใช้ modifier (เช่น กรดหรือเบสที่แรง) ซึ่งจะทำการเติมใน mobile phase เพื่อทำให้เกิดการรบกวนต่อ interaction ที่เกิดขึ้นระหว่าง MIP กับ analyte อย่างไรก็ตาม การใช้ modifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางชนิดอาจทำให้เกิดปัญหาในการแยกของระบบ chromatographic ซึ่งความไม่ลงรอยกันนี้สามารถลดลงได้โดยง่ายเมื่อทำแบบ offline MISPE เมื่อให้การดูดซับแห้งเสียก่อนที่จะทำขั้น clean-up ซึ่งจะทำได้โดยง่าย

แต่กระนั้น จำนวนของการวิจัยของ on-line MISPE ก็ยังเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำการศึกษาเกี่ยวกับการสกัดหา analyte จาก matrice หลายแบบ อย่างเช่น ตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม biological และทางด้านอาหาร เป็นต้น

2.3 การสกัดแบบ Solid Phase Extraction [5]

ขอบเขตของการละลายของสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์จะอาศัยการกระจายตัวอยู่ระหว่างของเหลว 2 ชนิดที่แยกชั้นกัน และหลักความแตกต่างนี้ได้ถูกใช้ในการแยกชนิดของสารเคมีมานับสิบปี

หลักการ

การแบ่งชั้นของตัวถูกละลายระหว่างของเหลว 2 ชนิดที่แยกชั้นกันเป็นการเกิดสมดุลโดยใช้กฎของการกระจายตัว (distribution law) ถ้าชนิดของตัวถูกละลาย A ถูกปล่อยให้กระจายตัวระหว่างชั้นน้ำและชั้นอินทรีย์ จะเกิดการสมดุลโดยเขียนได้ดังนี้

$$A(aq) \rightleftharpoons A(org) \qquad (1)$$

ซึ่งในวงเล็บ หมายถึงวัฏภาคของ aqueous และ organic ตามลำดับ ในอุดมคติ อัตราส่วนของ A ที่เกิด activities ในวัฏภาค 2 วัฏภาคจะคงที่และไม่ขึ้นกับปริมาณของ A ทั้งหมดนั่นคือที่อุณหภูมิใด ๆ

$$K = \frac{(a_A)_{org}}{(a_A)_{aq}} \approx \frac{[A]_{org}}{[A]_{aq}} \qquad (2)$$

ซึ่ง $(a_A)_{org}$ และ $(a_A)_{aq}$ เป็นการเกิด activities ของ A ในแต่ละวัฏภาคและส่วนของวงเล็บปีกกา คือความเข้มข้นเป็นโมล่าของ A ซึ่งค่าคงที่สมดุล K คือ ค่าคงที่การกระจาย (distribution constant)

ค่าคงที่การกระจายนั้นมีประโยชน์มาก เนื่องจากค่าเหล่านี้ทำให้เราสามารถคำนวณหาความเข้มข้นของสารที่ต้องการวิเคราะห์ที่อยู่ในสารละลายหลังจากการสกัดและยังเป็นแนวทางที่แสดงความมีประสิทธิภาพในการแยกโดยการสกัดอีกด้วย แสดงดังสมการ (2) คือ ความเข้มข้นของ A ที่อยู่ในสารละลาย aqueous หลังจากสกัดไป i ครั้งด้วยสารละลาย organic ($[A]_i$)

$$[A]_i = \left(\frac{V_{aq}}{V_{org}K + V_{aq}}\right)^i [A]_0 \qquad (3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$[A]_i$ = ความเข้มข้นของ A ที่อยู่ในสารละลาย aqueous หลังจากสกัด

V_{aq} = ปริมาตร (mL)ของสารละลายที่ความเข้มข้นเริ่มต้น ($[A]_0$)

i = จำนวนครั้งของการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์

V_{org} = ปริมาตรของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด

Solid-Phase Extraction

การสกัดโดยใช้ของเหลวนั้น มีข้อจำกัดมากมาย ซึ่งการสกัดจากสารละลาย aqueous ตัวทำละลายที่สามารถใช้ได้ต้องไม่ละลายน้ำ และต้องไม่เกิด emulsions การสกัดแบบ liquid-liquid extraction คือ ต้องใช้ปริมาณของตัวทำละลายมาก ซึ่งจะเกิดปัญหาในการกำจัดทิ้ง และการสกัดแบบนี้ส่วนมาก จะเป็นแบบ manual ซึ่งจะช้าและทำให้เสียเวลามาก

Solid-phase extraction หรือ Liquid-solid extraction สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ โดยเทคนิคนี้จะใช้ membrane หรือ ใช้ syringe ที่ทิ้งได้ หรือ cartridge สารละลายอินทรีย์ที่ไม่ชอบน้ำจะถูกเคลือบหรือทำให้เกิดพันธะทางเคมี กับผงซิลิกา เพื่อทำเป็น solid extracting phase ซึ่งสารประกอบนี้สามารถเป็นได้ทั้งแบบ ไม่มีขั้ว มีขั้วปานกลาง หรือมีขั้วมาก โดยหมู่ function จะไปเกิดพันธะกับสารประกอบที่ไม่ชอบน้ำในสารตัวอย่าง ด้วยแรง van der Waals และสกัดสารตัวอย่างออกจากสารละลายได้

ตัวอย่างของ cartridge สำหรับ solid-phase extraction แสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 2.3 แสดงภาพ Solid phase extraction cartridge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างจะถูกใส่ใน cartridge และจะเพิ่มความดันโดยใช้ syringe หรือใช้ท่ออากาศหรือไนโตรเจน อาจมีตัวเลือกคืออาจใช้ระบบสุญญากาศในการดึงสารตัวอย่างผ่านตัวสกัด โมเลกุลของสารอินทรีย์จะถูกสกัดออกจากสารตัวอย่างแล้วเข้าไปอยู่ใน solid-phase จากนั้นสารตัวอย่างจะถูกชะออกจาก solid-phase ด้วยตัวทำละลาย เช่น methanol จากการสกัดนี้ องค์ประกอบที่เราต้องการจากน้ำปริมาณมากจะถูกชะตัวทำละลายที่มีปริมาณน้อย องค์ประกอบนั้นจะมีความเข้มข้นสูงขึ้น วิธี Preconcentration มีความจำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์หาสารที่มีปริมาณน้อยมาก ในบางครั้งการสกัดแบบ Solid-phase extraction สิ่งเจือปนจะถูกสกัดเข้าไปใน solid phase ในขณะที่สารประกอบที่เราสนใจจะผ่านออกไม่ถูกกักไว้

นอกจากนี้ packed cartridges ที่ใช้ใน solid-phase extraction สามารถใช้เป็น membranes ขนาดเล็ก หรือ extraction disk ได้ ซึ่งมีประโยชน์ในการลดเวลาในการสกัดและปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ Solid phase extraction สามารถทำเป็นแบบการไหลแบบต่อเนื่อง ซึ่งเป็นขั้นตอนการทำ preconcentration แบบอัตโนมัติ

2.4 Polyester resin เบอร์ 240 BS และ 288W [7]

โพลีเอสเทอร์ resin หมายถึง polymer ซึ่งประกอบด้วย ester group $\left(\text{—C(=O)—O—}\right)$ ตั้งแต่ 2 กรุ๊ปขึ้นไป เกิดจากการรวมตัวเป็น polymer แบบ Condensation Polymerization ของสารประกอบ จำพวกไกลคอล (Glycol) และ ไดเบซิกแอซิด (Dibasic acid)

โดยทั่วไปโพลีเอสเทอร์ resin แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดอิ่มตัว (Saturated polyester resin) และชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated Polyester resin) แต่สำหรับโพลีเอสเทอร์ resinที่จะกล่าวต่อไปนี้ เป็นชนิดไม่อิ่มตัว อยู่ในสภาพของเหลว ซึ่งภายหลังจากการผสมกับตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) หรือตัวทำให้แข็ง แล้วจะได้พลาสติกแข็งซึ่งไม่สามารถแปรสภาพเป็นพลาสติกเหลวหรือคืนรูปได้อีก เรียกว่า Thermosetting plastic

คุณสมบัติของ polyester resin

Polyester resin เป็นพลาสติกที่มีคุณสมบัติเหมาะสมทั้งทางกายภาพ ทางไฟฟ้า และทางเคมี

คุณสมบัติทางกายภาพ

Polyester resin มีคุณสมบัติ แข็ง ใส เงา และสามารถใช้งานในอุณหภูมิสูง ดีกว่าพลาสติกชนิด thermoplastic แต่เมื่อเทียบกับโลหะ ความเหนียว ยืดหยุ่น ความแข็งแรง ของ Polyester resin จะเทียบกับโลหะไม่ได้ แต่ในปัจจุบัน เราสามารถเพิ่มความแข็งแรงของพลาสติกชนิดนี้ได้โดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสริมใยแก้วหรือ fiber glass ลงไป เรียกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเสริมแรงระหว่าง Polyester resin กับใยแก้วว่า พลาสติกเสริมแรงใยแก้ว หรือ ผลิตภัณฑ์ fiber glass หรือ F.R.P. (Fiber glass reinforced plastic) ซึ่งมีคุณสมบัติเบา เหนียว ไม่เปราะ และแข็งแรง เมื่อเทียบความแข็งแรงต่อน้ำหนัก จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสแข็งแรงกว่า

คุณสมบัติทางไฟฟ้า

Polyester resin มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าครบถ้วน สามารถนำไปใช้เป็นฉนวนไฟฟ้า (insulator) ได้

คุณสมบัติทางเคมี

Polyester resin สามารถทนการกัดกร่อนของสารเคมี ไม่เป็นสนิม

การใช้งาน

จากคุณสมบัติต่าง ๆ ของ Polyester resin ดังได้กล่าวมาแล้ว ทำให้ลักษณะการใช้งานของพลาสติกชนิดนี้ กว้างขวางมาก สามในสี่ส่วนของพลาสติกชนิด thermosetting ทั้งหมด จะเป็น Polyester resin

ลักษณะการใช้งานของ Polyester resin แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. การหล่อ (Casting) เช่น ผลิตภัณฑ์พลาสติกหล่อชนิดต่าง ๆ เช่น กระดุม หินอ่อนเทียม แก้วเทียม ฯลฯ
2. การ laminate หรือการเคลือบ เช่น ผลิตภัณฑ์เคลือบรูปวิทยาศาสตร์ ฯลฯ
3. การขึ้นรูปแบบ molding เช่น ผลิตภัณฑ์ Fiber Glass หรือ F.R.P.

โดยทั่วไปแล้ว 80% ของปริมาณ Polyester resin ทั้งหมดจะใช้งานในด้านผลิตภัณฑ์ Fiber Glass หรือ F.R.P. ส่วนที่เหลือในก็ใช้งานในด้านพลาสติกหล่อ เคลือบรูปวิทยาศาสตร์ เครื่องประดับ ฯลฯ

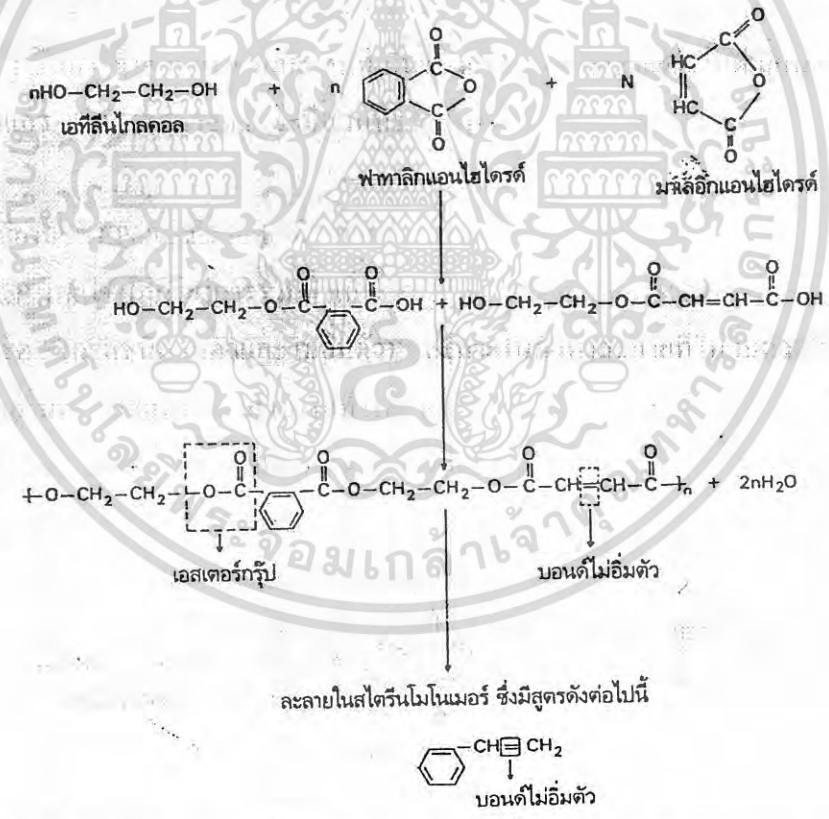
เคมีของ Polyester resin

โครงสร้างทางเคมีของ Polyester resin หรือ ต้นกำเนิดของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ มาจากสารอินทรีย์ Polyester resin เป็น polymerization ของ ester คือ มี ester หลายตัวใน polyester เอส-เทอร์ที่รู้จักทั่ว ๆ ไปคือ สารประกอบที่มีกลิ่นหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอสเทอร์เป็นผลจากการทำปฏิกิริยา ระหว่างกรด กับแอลกอฮอล์ สำหรับ Polyester resin ถ้าถูกแยกส่วนต่าง ๆ ออกมา จะพบว่า ส่วนประกอบคือ ไกลคอล ซึ่งเป็นพวกแอลกอฮอล์ แลไดเบ-ซิกแอซิด ซึ่งเป็นสารจำพวกกรด และส่วนที่เป็นของเหลว คือ monomer แต่เมื่อพูดถึงโครงสร้างโดยละเอียดแล้ว Polyester resin จะมีส่วนประกอบที่ซับซ้อน รายละเอียดมากกว่าเอสเทอร์มากทีเดียว

คำนิยามของ Polyester resin คือ สารประกอบที่น้ำหนักโมเลกุลสูง เกิดจากการทำปฏิกิริยาเป็น polymer โดยใช้ปฏิกิริยาการรวมตัวเป็น ester ของสารประกอบสองชนิดคือ ไกลคอล และไดเบซิกแอซิด (กรดชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว) ละลายในตัวทำละลายที่ไม่อิ่มตัว เช่น styrene monomer อยู่ในสภาพของเหลว สามารถทำให้แข็งตัวโดยความร้อน หรือเติมตัวเร่ง โดยมีตัวช่วยเร่งปฏิกิริยา (Accelerator หรือ promoter) ช่วยให้ตัวเร่งทำงาน (แข็งตัว) ได้ที่อุณหภูมิห้อง แสดงดังรูปที่ 21



รูปที่ 2.4 แผนผังแสดงโครงสร้างทางเคมีในขบวนการสังเคราะห์ Polyester resin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หลังจากละลาย Polyester resin ลงใน monomer พันธะที่ไม่อิ่มตัวของ Polyester resin จะทำปฏิกิริยากับพันธะชนิดไม่อิ่มตัวของ monomer บางส่วน ส่วนที่เหลือจะทำปฏิกิริยาขณะ Polyester resin แข็งตัว

วัตถุดิบที่ใช้ในการสังเคราะห์ Polyester resin

1. ไกลคอล (Glycol)

ไกลคอลที่นิยมใช้ มี Ethylene Glycol, Propylene Glycol, Dipropylene Glycol, Diethylene Glycol, Neopentyl Glycol, Bisphenol A

ไกลคอลแต่ละชนิด จะมีผลต่อคุณสมบัติ Polyester ต่าง ๆ กัน เช่น คุณสมบัติเกี่ยวกับความเหนียว ความยืดหยุ่น ทนสารเคมี ทนการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

2. กรดอิ่มตัว

กรดอิ่มตัวที่นิยมใช้มี Adipic Acid, Phthalic Anhydried, Isophthalic Acid เป็นตัวควบคุมความนิ่ม และยืดหยุ่น ช่วยให้การละลายของ Polyester resin ใน styrene monomer ดีขึ้น เพิ่มความใส ทนสารเคมีและอื่น ๆ

3. กรดไม่อิ่มตัว

กรดไม่อิ่มตัวที่นิยมใช้มี Maleic Anhydried, Fumalic Acid, กรดไม่อิ่มตัวเป็นตัวควบคุมการทำปฏิกิริยาของ Polyester resin ความร้อนขณะ Polyester resin แข็งตัว ทนสารเคมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์และอื่น ๆ

4. Monomer

Monomer ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ Styrene monomer เนื่องจากราคาถูก มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดี และสามารถทำปฏิกิริยากับ Polyester resin ขณะเกิดปฏิกิริยาแข็งตัว (Curing Reaction) ได้ดี นอกจาก Styrene monomer แล้ว monomer อื่น ๆ เช่น Methyl Methacrylate ซึ่งมีคุณสมบัติในการทนสภาพแวดล้อมได้ดี สีคงทน แต่เนื่องจากคุณสมบัติในการแข็งตัวไม่ดีพอ ดังนั้น จึงนิยมใช้ monomer ตัวนี้ ผสมตัว Styrene monomer

Vinyl Toluene, Chlorostyrene, Diallyl phthalate ใช้เพื่อคุณสมบัติเฉพาะอื่น ๆ แต่ไม่นิยมเนื่องจากราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

107774

5. Inhibitor

Inhibitor หรือสารยับยั้ง หรือ ตัวป้องกันไม่ให้ Polyester แข็งตัว เนื่องจาก เป็นตัวป้องกันการเกิด polymerization ของ Polyester resin เป็นตัวช่วยยืดอายุของ Polyester resin สามารถเก็บ Polyester resin ไว้ได้นาน ช่วยในการปรับเวลาการแข็งตัวของ Polyester resin นอกจากนั้นยังช่วยลดความร้อน ที่เกิดขึ้นขณะ Polyester resin แข็งตัว ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจปรับปรุงหรือแก้ไขได้โดยการเลือกใช้ inhibitor ที่เหมาะสม โดยทั่วไป inhibitor ที่ใช้ เป็นสารจำพวก ควิโนน เช่น Benzquinone หรือ Hydroquinone

6. promoter หรือตัวช่วยเร่งปฏิกิริยา

โพรโมเตอร์เป็นตัวช่วยให้ตัวเร่งทำงานที่อุณหภูมิห้อง ส่วนใหญ่เป็นสารจำพวกเกลือของโลหะ เช่น Cobalt Octoate, Cobalt Naphthenate หรือสารจำพวกเอมีน เช่น Diethyl aniline, Dimethyl aniline

Promoter แต่ละตัวจะมีความจำเพาะเจาะจงกับตัวเร่งแต่ละตัว

7. Catalyst

Catalyst จะต่างกับ inhibitor คือ เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยา polymerization ทำให้ Polyester resin แข็งตัว ส่วนใหญ่เป็นสารพวก peroxide

8. Additive

Additive หรือสารเติมแต่ง นอกจากสารที่จำเป็นที่กล่าวมาแล้ว ยังมีสารเติมแต่งอีกมากมายที่ใส่ลงไป เพื่อให้มีคุณสมบัติ ต่าง ๆ เช่น ใสไปเพื่อลดการหดตัวของ Polyester resin ลดความร้อนขณะที่ Polyester resin แข็งตัว ดูดแสง UV เพื่อให้ Polyester resin คงคุณสมบัติเดิม ลดการเหนียวหน้า โดยการเติมไขหรือขี้ผึ้ง

ขบวนการผลิต

วัตถุดิบพวกกรดส่วนใหญ่ จะอยู่สภาพของแข็ง ไกลคอลส่วนใหญ่อยู่ในสภาพของเหลว เติมวัตถุดิบ ทั้งสองชนิดลงในถังปฏิกิริยา หรือหม้อต้ม ที่มีอุณหภูมิสูงปริมาณ 200-220 ^{o}C ขณะทำปฏิกิริยาจะมีน้ำเกิดขึ้น ภายในถังปฏิกิริยาจะมีออกซิเจนไม่ได้ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการออกซิเดชั่นอันเป็นสาเหตุทำให้สีของ Polyester ที่ได้เข้ม ดังนั้น ขณะทำปฏิกิริยา จะมีการเติมแก๊สเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน หรือ คาร์บอนไดออกไซด์ ลงในถัง นอกจากเป็นการไล่หรือแทนที่ออกซิเจนแล้ว ยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยในการพาน้ำ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา polymerization ออกจากหม้อต้มด้วย อันจะทำให้ปฏิกิริยาในการเกิด Polyester resin เร็วขึ้น นอกจากนั้น อัตราการคน และความเร็วของแก๊สเฉื่อย ที่ให้เข้าไป ก็มีส่วนช่วยให้ปฏิกิริยาเร็วขึ้นเช่นเดียวกัน

ขณะทำปฏิกิริยาจะมีการวัดขนาดของ polymer ที่เกิดขึ้น เมื่อได้ขนาดตามความต้องการ ก็จะหยุดปฏิกิริยาลง โดยเติม inhibitor และลดอุณหภูมิลง จะได้ Polyester resin ซึ่งมีลักษณะแข็งหรือเกือบแข็ง จากนั้นก็ถูกถ่ายลงในถัง ซึ่งมี styrene monomer เตรียมอยู่แล้ว เรียกถังนี้ว่า Thining Tank ในขณะละลายด้วย styrene monomer อุณหภูมิต้องไม่เกิน 60 ^{o}C เพื่อป้องกัน Polyester resin แข็งตัว

จากนั้น จะเติมส่วนประกอบเพิ่มเติมอื่น ๆ เช่น promoter และ additive อื่น ๆ ตามต้องการ เสร็จแล้วบรรจุลงถังเพื่อจำหน่ายต่อไป

การแข็งตัวของ Polyester resin

Polyester resin สามารถแข็งตัวได้หลายวิธีดังนี้ คือ

1. โดยใช้ตัว catalyst หรือตัวทำให้แข็ง และความร้อน
2. โดยใช้ catalyst และตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง
3. โดยใช้ แสง UV
4. โดยใช้ลำ electron

วิธีที่ง่าย สะดวก และนิยมมากคือ การใช้ตัว catalyst และตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ขณะ Polyester resin คือ ปฏิกิริยา polymerization ระหว่าง styrene monomer และพันธะที่ไม่อิ่มตัวของ Polyester resin solid มี catalyst หรือแสงเป็นตัวเร่ง หรือ ตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาสำหรับตัว catalyst ที่อุณหภูมิห้องจะไม่ทำปฏิกิริยา ต้องอาศัยความร้อนหรือ promoter เป็นตัวกระตุ้นให้ทำงาน

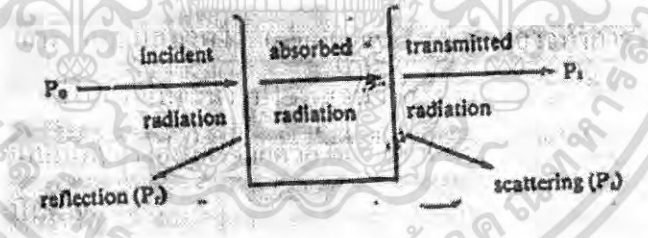
โดยทั่วไปการแข็งตัวของ Polyester resin แบ่งออกได้เป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกหลังจากเติมตัว catalyst แล้ว จน Polyester resin เริ่มแข็งตัวเป็นวุ้น ช่วงหลังจน Polyester resin แข็งตัวเต็มที่ เรียกว่า cure time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (Ultraviolet and Visible Spectroscopy) [6]

การดูดกลืนแสงหรือรังสีที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิล ซึ่งอยู่ในช่วง 190-800 nm ของสารเคมีนั้น ส่วนใหญ่ได้แก่พวกสารอินทรีย์ (organic compound) หรือสารประกอบเชิงซ้อน (complex compound) หรือ สารอนินทรีย์ (inorganic compound) ทั้งที่มีสีและไม่มีสี สมบัติของสารดังกล่าวนี้ได้นำมาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณอย่างกว้างขวาง เพราะวิธีนี้ให้ความถูกต้องแม่นยำดี และมีสภาพไว (sensitivity) สูง โดยอาจทำการวิเคราะห์อยู่ในรูปของธาตุหรือโมเลกุลก็ได้ แต่ในกรณีที่จะนำไปใช้พิสูจน์ว่าสารตัวอย่างนั้นเป็นสารอะไร มีโครงสร้างอย่างไร อาจจะต้องใช้เทคนิคอย่างอื่นเข้าช่วยด้วย เพื่อให้เกิดความแน่ใจ เช่น ใช้เทคนิคทาง IR หรือ NMR Spectroscopy เป็นต้น

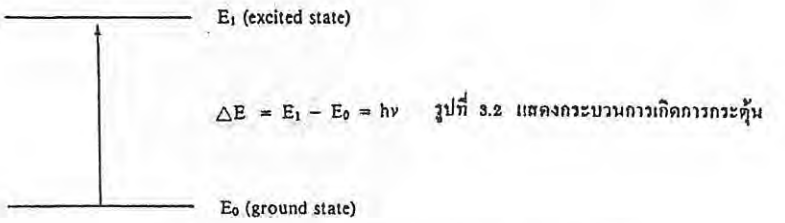
โดยทั่วไปเทคนิคการวิเคราะห์นี้บางครั้งนิยมเรียกว่า UV-Visible Spectrophotometry แต่ถ้าสารที่ทำการวิเคราะห์มีสีหรือทำให้เกิดสีขึ้น สารที่มีสีนั้นจะดูดกลืนแสงในช่วงวิสิเบิล อาจเรียกว่า Colorimetry



รูปที่ 2.5 แสดงการเกิดอันตรกิริยาของสารเคมีกับการแผ่รังสีหรือแสง

เมื่อให้ลำแสงที่เคลื่อนอย่างต่อเนื่องกัน (continuous beam of radiation) ผ่านเข้าไปในวัตถุใส จะพบว่า แสงบางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนเกิดการสะท้อน บางส่วนกระเจิง และบางส่วนผ่านทะลุออกไป ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ถ้าให้แสงที่ทะลุออกไปนั้นผ่านเข้าเครื่องกระจายแสง (เช่น ปริซึม หรือเกรตติง) จะเห็นว่าสเปกตรัมหายไปส่วนหนึ่ง ส่วนที่หายไปนี้จะเรียกว่า absorption spectrum พลังงานที่ถูกดูดกลืนไปนั้นจะทำให้โมเลกุลหรืออะตอมเปลี่ยนระดับของพลังงานจากสถานพื้น (ground state) ไปยังสถานะกระตุ้น (excited state) ดังแสดงในรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

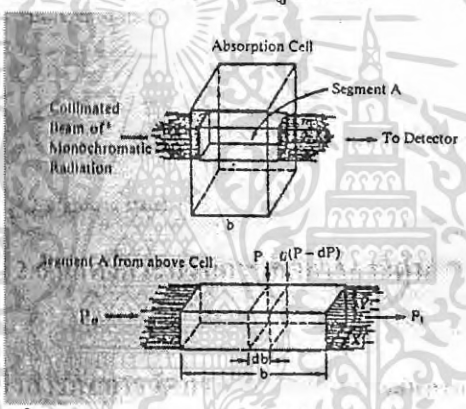


รูปที่ 3.2 แสดงกระบวนการเกิดการกระตุ้น

รูปที่ 2.6 แสดงกระบวนการเกิดการกระตุ้น

หลักในการหาปริมาณของสารกับการวัดปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืน

ในการวัดปริมาตรของแสงหรือ radiation ที่ถูกดูดกลืนด้วยสารตัวอย่างนั้น เราสามารถทำได้โดยให้ลำแสงผ่านเข้าไปในสารตัวอย่าง แล้ววัดปริมาณของแสงที่ผ่านทะลุออกมา โดยเปรียบเทียบกับแสงที่ทะลุออกมาเมื่อไม่มีสารตัวอย่าง ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงกระบวนการวัดการดูดกลืนแสง

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของ radiant power ที่เกิดจากการผ่าน monochromatic radiation เข้าไปในเซลล์ ซึ่งใส่แต่ตัวทำละลายกับสารอื่น ๆ ซึ่งไม่มีสารที่จะดูดกลืนแสง เรียกว่า "blank solution" ดังนั้น radiant power ที่ผ่านทะลุออกมาให้เป็น P_0

พิจารณาจากรูป Segment A

P_0 = corrected incident radiant energy

dP = radiant power ที่ลดลงเพียงเล็กน้อย เมื่อผ่านชั้นบาง ๆ หรือเป็น radiant power ที่ถูกดูดกลืนโดยชั้นบาง ๆ db

ถ้าเราคิดว่า พลังงานที่ถูกดูดกลืนไปเนื่องจากการเกิดอันตรกิริยาระหว่างโฟตอนกับจำนวนอนุภาคของสาร ดังนั้น จำนวนการชนกันที่เกิดในชั้นบาง ๆ จึงปันปฏิภาคกับจำนวนโฟตอนที่ผ่านเข้าไป และจำนวนอนุภาคของสารนั้นคือ

$-dP \propto nP$

n = จำนวนอนุภาค หรือ absorbing species ในปริมาตรเล็ก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P = radiant power = จำนวน photon ต่อพื้นที่หน้าตัดต่อวินาที

$\therefore$ ในชั้นบาง ๆ db จะมีจำนวนอนุภาค $n = \frac{6.02 \times 10^{23}\, c.x.y.db}{1000}$

$$= 6.02 \times 10^{20}\, c.x.y.db$$

c = ความเข้มข้น mol/L

ให้ x และ y คงที่ ซึ่งเป็นขนาดของเซลล์ที่ลำแสงผ่าน

$\therefore$ n = kc db

k = ค่าคงที่ = 6.02×10^{20} x.y. อนุภาค- ซม.^{2} /โมล

radiant power ที่ลดลงเป็นปฏิภาคโดยตรงกับจำนวนครั้งที่เกิดการชน

- dP α np

$$-\frac{dP}{P} = k' c \times db \qquad \text{----- (1)}$$

$$\therefore \int_{P_0}^{P} \frac{dP}{P} = -k' c \int_{0}^{b} db$$

$$\ln \frac{P}{P_0} = -k' cb \qquad \text{----- (2)}$$

$$\log \frac{P}{P_0} = -\frac{k'}{2.303} bc = -\varepsilon bc$$

$$A = \varepsilon bc = \log \frac{P_0}{P} \qquad \text{----- (3)}$$

หรือ $-\log T = \varepsilon bc$ ----- (4)

A = แอบซอร์แบนซ์ (absorbance)

ε = โมลาร์แอบซอ์พติวิตี (molar absorptivity)

b = ความกว้างของเซลล์ เป็น ซม.

c = ความเข้มข้น เป็น โมล/ลิตร

ถ้าความเข้มข้นเป็น กรัม/ลิตร หรือหน่วยอื่น ให้เขียนเป็น

A = abc ----- (5)

a = แอพซอร์พติวิตี (absorptivity)

ทั้ง ε และ a เป็นค่าคงที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารและความยาวคลื่น

สมการที่ 3 และ 5 เรียกว่า กฎของเบียร์ (Beer's law) หรือกฎของเบียร์และแลมเบิร์ต (Beer and Lambert's law) ซึ่งอาจกล่าวสั้น ๆ ได้ว่า "ค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารละลายจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มข้น"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ของ A และเปอร์เซ็นต์ทรานสมิตแทนซ์

$$\frac{P}{P_0} = T$$

$$100\frac{P}{P_0} = \%T$$

$$\log 100\frac{P}{P_0} = \log \%T$$

$$2 + \log\frac{P}{P_0} = \log \%T$$

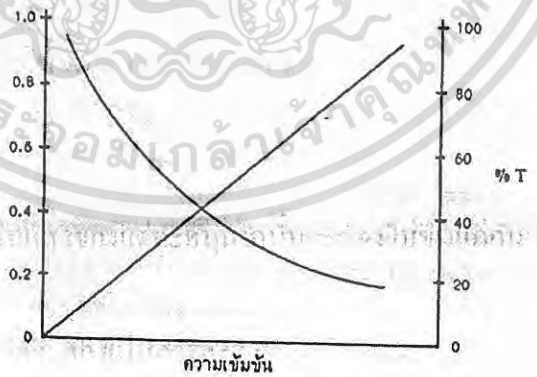
$$2 - A = \log \%T$$

$$A = 2 - \log\%T \qquad \text{----- (6)}$$

การที่เราได้กฎของเบียร์เป็น $A = \varepsilon bc$ นี้เราได้สมมติว่า

1. แสงหรือ radiant power ที่ใช้ผ่านสารละลายหรือวัตถุนั้นต้องเป็น monochromatic radiation
2. กระบวนการดูดกลืนแสงของแต่ละอนุภาคนั้นจะต้องไม่ขึ้นแก่กัน นั่นคือสารละลายจะต้องเจือจาง
3. สารละลายที่นำไปวัดจะต้องเป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน

ถ้าเขียนกราฟระหว่าค่า A กับความเข้มข้น จะได้กราฟเป็นเส้นตรง แต่ถ้าเขียนกราฟระหว่างเปอร์เซ็นต์ทรานสมิตแทนซ์ กับความเข้มข้น จะได้กราฟเป็นเส้นโค้ง ดังรูปที่ 2.8

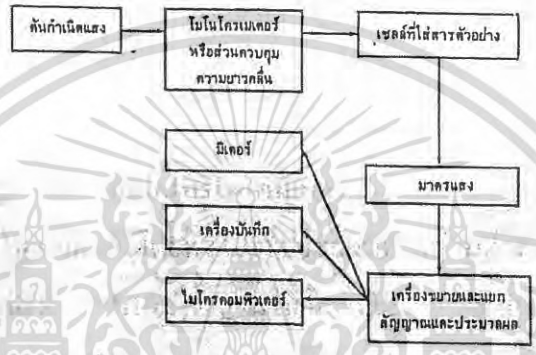


รูปที่ 2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอบซอร์แบนซ์และเปอร์เซ็นต์ทรานสมิตแทนซ์กับความเข้มข้นของสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ ต้นกำเนิดแสงจะเป็นแหล่งที่ให้พลังงานแก่สาร จากนั้นจะเข้าสู่โมโนโครเมเตอร์เพื่อทำการเลือกให้ได้ความยาวคลื่นที่ต้องการ จากนั้น ลำแสงที่ถูกแยกจนเป็นลำแสดงเดียวแล้วจะเข้าสู่เซลล์ใส่สาร แสงที่ผ่านตัวอย่างแล้วจะเข้าสู่เครื่องตรวจวัด เพื่อทำการหาค่าดูดกลืนแสงแล้วแสดงผลออกมาทางด้านจอแสดงผล สำหรับแผนผังของเครื่องแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงองค์ประกอบของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

E.Caroและคณะ [3]ได้ตรวจสอบเกี่ยวกับหลักในการใช้ molecularly imprinted polymers (MIPs) เป็น selective materials ใน molecularly imprinted solid-phase extraction (MISPE) ซึ่งจะนำ polymers ที่สังเคราะห์ขึ้นนี้ไปใช้เป็นตัวดูดซับ ไม่เพียงแต่ทำ pre-concentration และ clean up ตัวอย่างได้แต่ยังเป็นการสกัดที่เฉพาะเจาะจงต่อ analyte เป้าหมายอีกด้วยซึ่งมีความสำคัญมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสารตัวอย่างมีความซับซ้อนและสิ่งเจือปนสามารถรบกวนการวิเคราะห์ด้านการหาปริมาณได้ ดังนั้นจึงมีการประยุกต์ใช้ MISPE เพื่อ แยกสารประกอบออกจาก matrix ที่ซับซ้อน เช่นตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม หรือ biological

Francesco Puoci และคณะ [8] อธิบายการสังเคราะห์ molecularly imprinted polymers (MIPs) สำหรับ solid phase extraction (MISPE) โดยใช้ Sudan I เป็น template กระบวนการนี้จะทำให้ความเข้มข้นของสารประกอบนี้เพิ่มขึ้นเพื่อทำให้สามารถตรวจวัดได้โดยเครื่อง HPLC นอกจากนี้ยังทำการศึกษาความสามารถของ MISPE cartridges ในการเลือก absorb Sudan I ออกจาก food matrices จะพิจารณาความแตกต่างในการเกิดปฏิกิริยากับ Sudan I เมื่อใช้ MIPs เป็นเฟสอยู่กับที่ใน SPE เปรียบเทียบกับ non imprinted polymers (NIPs)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี

1. Sudan red I เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท Fluka Chemi
2. Gracial acetic acid เกรดวิเคราะห์
3. Methanol เกรดวิเคราะห์
4. Chloroform เกรดวิเคราะห์
5. Dichloromethane เกรดวิเคราะห์
6. Acetonitrile เกรดวิเคราะห์
7. ไนโตรเจนเหลว

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. ปีเปต
3. ลูกยาง
4. กระบอกตวง
5. ขวดวัดปริมาตร
6. กรวยแก้ว
7. หลอดหยด
8. แท่งแก้วคน
9. ช้อนตักสาร
10. ชุดสกัด Soxhlet
11. กระจกนาฬิกา
12. ชุด cartridge สำหรับการสกัดแบบ solid phase extraction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่อง UV-Visible spectroscopy จากบริษัท Jenway รุ่น 6405 และจากบริษัท Jasco รุ่น 7800
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก จากบริษัท Denver Instrument รุ่น TC 254
3. Heating mental
4. Oven จากบริษัท Fisher Scientific
5. เครื่องบดพลาสติก ขนาด sieve 0.08 mm จากบริษัท Retsch

3.2 การเตรียม Molecularly imprinted polymer

1. ชั่ง Sudan I และ Resin มาตามสัดส่วนที่ต้องการตามตารางที่ 3.1 กวนให้เข้ากัน และทำ blank polymer โดยไม่ใส่ Sudan I

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนที่ใช้เตรียม MIP

Resin/Sudan I ratio	น้ำหนัก Resin (g)	น้ำหนัก Sudan I (g)	hardener (หยด)
100 (100 เท่า)	10	0.1	2
200 (200 เท่า)	10	0.05	2

*resinที่ทำการศึกษาได้แก่resinเบอร์ 240 BS และ 288 W

2. เติม hardener ผสมให้เข้ากัน
3. เทส่วนผสมลง foil อบที่ 75 $^{\circ}$C เป็นเวลา 1 ช.ม.
4. ทิ้งให้เย็นแล้วนำมาใส่เครื่องบด โดย
    4.1 ตัว blank นำมาปั่นได้เลย
    4.2 ตัวที่มี Sudan I นำมาแช่ Nitrogen เหลว แล้วรีบนำไปบด
5. นำผง resin ที่ได้จากการบดมาสกัดด้วย methanol + 1% acetic acid โดยใช้การสกัดแบบ Soxhlet เป็นเวลา 1ชั่วโมง
6. อบผง resin ที่สกัดแล้ว 60°C เป็นเวลา 1 คืน
7. ผงที่อบเสร็จแล้วนำมาเก็บไว้ใน plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การเตรียม Molecularly Imprinted Solid phase Extraction (MISPE) Column

1. อุดท้าย column ด้วย สำลี
2. ทำการ Pack MIP จำนวน 500 mg ลงใน column
3. ทำการ rinse ด้วย chloroform และ methanol จำนวน 10 ml ทั้งสองชนิด

3.4 วิธีดำเนินการทดลอง

ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมะสมสำหรับการใช้ MIP ในการสกัด Sudan I ดังนี้

3.4.1 การศึกษาหาค่าการดูดกลืนแสงของ Sudan I ในตัวทำละลายต่าง ๆ

1. ชั่งสาร Sudan I มา 0.5 g ละลายใน methanol
2. ใส่ขวดวัดปริมาตร 100 ml ปรับปริมาตรจนถึงขีดบอกปริมาตร
3. นำไป scan ค่าการดูดกลืนแสงตั้งแต่ 200-650 nm
4. ทำซ้ำโดยเปลี่ยนตัวทำละลายเป็น ethanol และ acetonitrile ตามลำดับ

3.4.2 การศึกษาล้าง MIP ที่เตรียมได้ในคอลัมน์ด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ

1. MIP ที่ใช้ในการศึกษาได้แก่
   1. resinเบอร์ 288
   2. resinเบอร์ 288 (100 เท่า)
   3. resinเบอร์ 288 (200 เท่า)
   4. resinเบอร์ 240
   5. resinเบอร์ 240 (100 เท่า)
   6. resinเบอร์ 240 (200 เท่า)
2. ทำการล้าง MIP ดังกล่าวด้วย methanol จำนวน 5 ml รองรับสารละลายที่ออกมาจากคอลัมน์ นำไปตรวจวัดการดูดกลืนด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 501.4 nm
3. ทำการล้าง MIP ดังกล่าวด้วย chloroform จำนวน 5 ml รองรับสารละลายที่ออกมาจากคอลัมน์ นำไปตรวจวัดการดูดกลืนด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 501.4 nm
4. ทำการล้าง MIP ดังกล่าวด้วย acetonitrile จำนวน 5 ml รองรับสารละลายที่ออกมาจาก คอลัมน์ นำไปตรวจวัดการดูดกลืนด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความ ยาวคลื่น 501.4 nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการล้าง MIP ดังกล่าวด้วย dichloromethane จำนวน 5 ml รองรับสารละลายที่ออกมาจากคอลัมน์ นำไปตรวจวัดการดูดกลืนด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 501.4 nm

3.4.3 การทดสอบตัวชะ Sudan I ที่ละลายด้วย Chloroform และชะด้วย Methanol

1. rinse คอลัมน์ด้วย chloroform ตามด้วย methanol อย่างละ 5 ml
2. ทำการเตรียมสารมาตรฐาน Sudan I เข้มข้น 10 ppm
   2.1 ชั่ง Sudan I มา 0.010g จากนั้นละลายด้วย chloroform ปรับปริมาตรจนเป็น 100 ml จะได้ Sudan I ความเข้มข้น 100 ppm
   2.2 ปิเปตสารละลายในข้อ 2.1 มา 2.5 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตร 25 ml ปรับปริมาตรด้วย chloroform จะได้สารมาตรฐาน Sudan I ความเข้มข้น 10 ppm
3. ใส่สารละลายมาตรฐาน Sudan I ความเข้มข้น 10 ppm จำนวน 5ml ลงในแต่ละคอลัมน์ เก็บสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 501.4 nm ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer
4. ทำการ wash ด้วย dichloromethane จำนวน 5 ml เก็บสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 501.4 nm ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer
5. ทำการชะด้วย methanol จำนวน 5 ml เก็บสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 501.4 nm ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer

3.4.4 การทดสอบตัวชะ Sudan I (ละลายในน้ำ)โดยทำการชะด้วย Methanol

1. rinse คอลัมน์ด้วย chloroform ตามด้วย methanol อย่างละ 5 ml
2. เตรียมสารมาตรฐาน Sudan I ความเข้มข้น 5 ppm
   2.1. ชั่ง Sudan I 0.025g ละลายด้วย ethanol 100 ml จะได้ความเข้ม 250 ppm
   2.2. ปิเปตสารละลายในข้อ 2.1มา 5 ml ปรับปริมาตรเป็น 25 ml จะได้ความเข้ม 50 ppm เป็น stock solution
   2.3. เตรียม working solution โดย ปิเปต stock solution มา 2.5 ml ปรับปริมาตรเป็น 25 ml ด้วยน้ำ
3. ใส่สารละลายมาตรฐาน Sudan I ความเข้มข้น 5 ppm จำนวน 5 ml ลงใน column รอจน column แห้ง
4. ทำการ elute ด้วย methanol เก็บสารละลายที่ได้จนได้ปริมาตรเป็น 5 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการ ล้าง column ด้วย ethanol เก็บสารละลายที่ได้จนได้ปริมาตรเป็น 5 ml

6. เตรียมสารมาตรฐาน Sudan I ความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 ppm ในตัวทำละลาย methanol และ ethanol เพื่อสร้างกราฟมาตรฐานดังนี้

6.1. ชั่ง Sudan I 0.025 g ละลายด้วย ethanol 100 ml จะได้ความเข้มข้น 250 ppm

6.2. ปิเปตสารละลายในข้อ 6.1 มา 5 ml ปรับปริมาตรด้วย ethanol เป็น 25 ml ได้ความเข้มข้น 50 ppm

6.3. ปิเปต ในข้อ 6.2 มา 1, 2, 3, 4 และ 5 ml ปรับปริมาตรด้วย ethanol เป็น 25 ml จะได้สามาตรฐานความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 ppm ตามลำดับ

6.4. สำหรับตัวทำละลายที่เป็น methanol ทำเช่นเดียวกัน แต่เปลี่ยนจากethanol เป็น methanol

7. นำสารละลายที่ได้จากการ elute และ ethanol ในตอนสุดท้ายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 501.4 nm

3.4.5 การเปรียบเทียบความสามารถในการชะ Sudan I (ละลายในน้ำ) ระหว่าง methanol และ acetonitrile

1. rinse คอลัมน์ด้วย chloroform ตามด้วย methanol อย่างละ 5 ml
2. เตรียมสารมาตรฐาน Sudan I ความเข้มข้น 5ppm

2.1. ชั่ง Sudan I 0.025g ละลายด้วย ethanol 100 ml จะได้ความเข้ม 250 ppm

2.2. ปิเปตสารละลายในข้อ 2.1มา 5 ml ปรับปริมาตรเป็น 25 ml จะได้ความเข้ม 50 ppm เป็น stock solution

2.3. เตรียม working solution โดย ปิเปต stock solution มา 2.5 ml ปรับปริมาตรเป็น 25 ml ด้วยน้ำ

3. ใส่สารละลายมาตรฐาน Sudan I ความเข้มข้น 5 ppm จำนวน 5 ml ลงใน column รอจน column แห้ง
4. ทำการ elute ด้วย methanol เก็บสารละลายที่ได้จนได้ปริมาตรเป็น 5 ml
5. ทำการ ล้าง column ด้วย ethanol เก็บสารละลายที่ได้จนได้ปริมาตรเป็น 5 ml
6. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 – 10 เปลี่ยนตัว elute เป็น acetonitrile
7. เตรียมสารมาตรฐาน Sudan I ความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 ppm ในตัวทำละลาย methanol, acetonitrile และ ethanol เพื่อสร้างกราฟมาตรฐานดังนี้

7.1. ชั่ง Sudan I 0.025 g ละลายด้วย ethanol 100 ml จะได้ความเข้มข้น 250 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2. ปิเปตสารละลายในข้อ 7.1 มา 5 ml ปรับปริมาตรด้วย ethanol เป็น 25 ml ได้ความเข้มข้น 50 ppm

7.3. ปิเปต ในข้อ 7.2 มา 1, 2, 3, 4 และ 5 ml ปรับปริมาตรด้วย ethanol เป็น 25 ml จะได้สารมาตรฐานความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 ppm ตามลำดับ

7.4. สำหรับตัวทำละลายที่เป็น methanol และ acetonitrile ทำเช่นเดียวกัน แต่เปลี่ยนจากethanol เป็น methanol และ acetonitrile ตามลำดับ

7.5. นำสารละลายที่ได้จากการทำ elute และ ethanol ที่ทำการล้างท้ายสุดในทุกข้อ วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 501.4 nm

3.4.6 การทดสอบความสามารถของตัวชะ Sudan I (ละลายในน้ำ) ระหว่าง methanol และ acetonitrile โดยลดความผิดพลาดด้วยการทำ blank

1. rinse คอลัมน์ด้วย chloroform ตามด้วย methanol อย่างละ 5 ml
2. ทำ blank โดยการชะด้วย methanol 10 ml ในทุกคอลัมน์
3. เตรียมสารมาตรฐาน Sudan I ความเข้มข้น 5ppm

   3.1 ชั่ง Sudan I 0.025g ละลายด้วย ethanol 100 ml จะได้ความเข้ม 250 ppm

   3.2 ปิเปตสารละลายในข้อ 3.1 มา 5 ml ปรับปริมาตรเป็น 25ml จะได้ความเข้ม 50 ppm เป็น stock solution

   3.3 เตรียม working solution โดย ปิเปต stock solution มา 2.5 ml ปรับปริมาตรเป็น 25 ml ด้วยน้ำ

4 ใส่สารละลายมาตรฐาน Sudan I ความเข้มข้น 5 ppm จำนวน 5 ml ลงใน column รอจน column แห้ง

5 ทำการ elute ด้วย methanol เก็บสารละลายที่ได้จนได้ปริมาตรเป็น 5 ml

6 ทำการ ล้าง column ด้วย ethanol เก็บสารละลายที่ได้จนได้ปริมาตรเป็น 5 ml

7 ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 – 6 เปลี่ยนตัว elute เป็น acetonitrile

8 เตรียมสารมาตรฐาน Sudan I ความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 ppm ในตัวทำละลาย methanol, acetonitrile และ ethanol เพื่อสร้างกราฟมาตรฐานดังนี้

   8.1 ชั่ง Sudan I 0.025 g ละลายด้วย ethanol 100 ml จะได้ความเข้มข้น 250 ppm

   8.2 ปิเปตสารละลายในข้อ 8.1 มา 5 ml ปรับปริมาตรด้วย ethanol เป็น 25 ml ได้ความเข้มข้น 50 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 ปิเปต ในข้อ 8.2 มา 1, 2, 3, 4 และ 5 ml ปรับปริมาตรด้วย ethanol เป็น 25 ml จะได้สาร-มาตรฐานความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 ppm ตามลำดับ

8.4 สำหรับตัวทำละลายที่เป็น methanol และ acetonitrile ทำเช่นเดียวกัน แต่เปลี่ยนจาก ethanol เป็น methanol และ acetonitrile ตามลำดับ

8.5 นำสารละลายที่ได้จากการทำ blank, elute และ ethanol ที่ทำการล้างท้ายสุด วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 501.4 nm

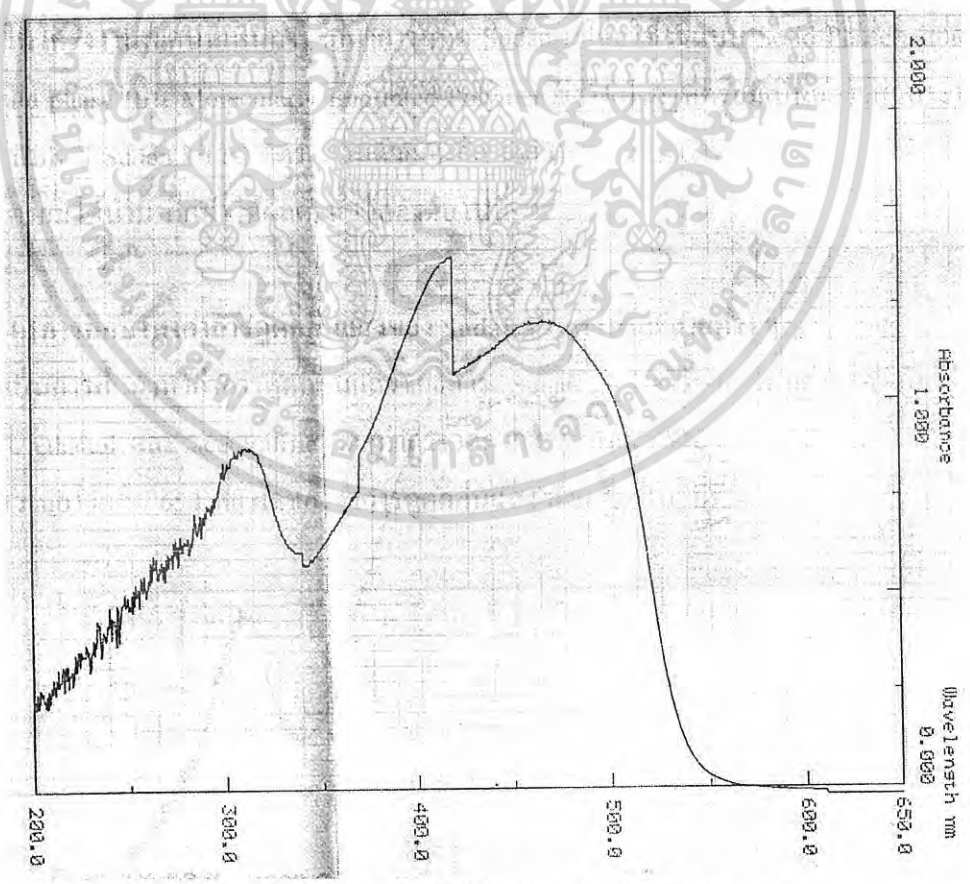
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในโครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาการสกัด Sudan I โดยใช้วิธีแบบ Solid Phase extraction ซึ่งใช้ Solid phase เป็น Molecularly Imprinted Polymer ซึ่งได้ทำการเตรียมเป็นอัตราส่วนระหว่าง Polymer กับสาร Sudan I ไว้ 2 อัตราส่วนด้วยกันคือ 100 เท่า และ 200 เท่า หลังจากนั้นได้นำ Solid Phase ที่เตรียมได้นำมาศึกษาได้ผลดังหัวข้อดังต่อไปนี้

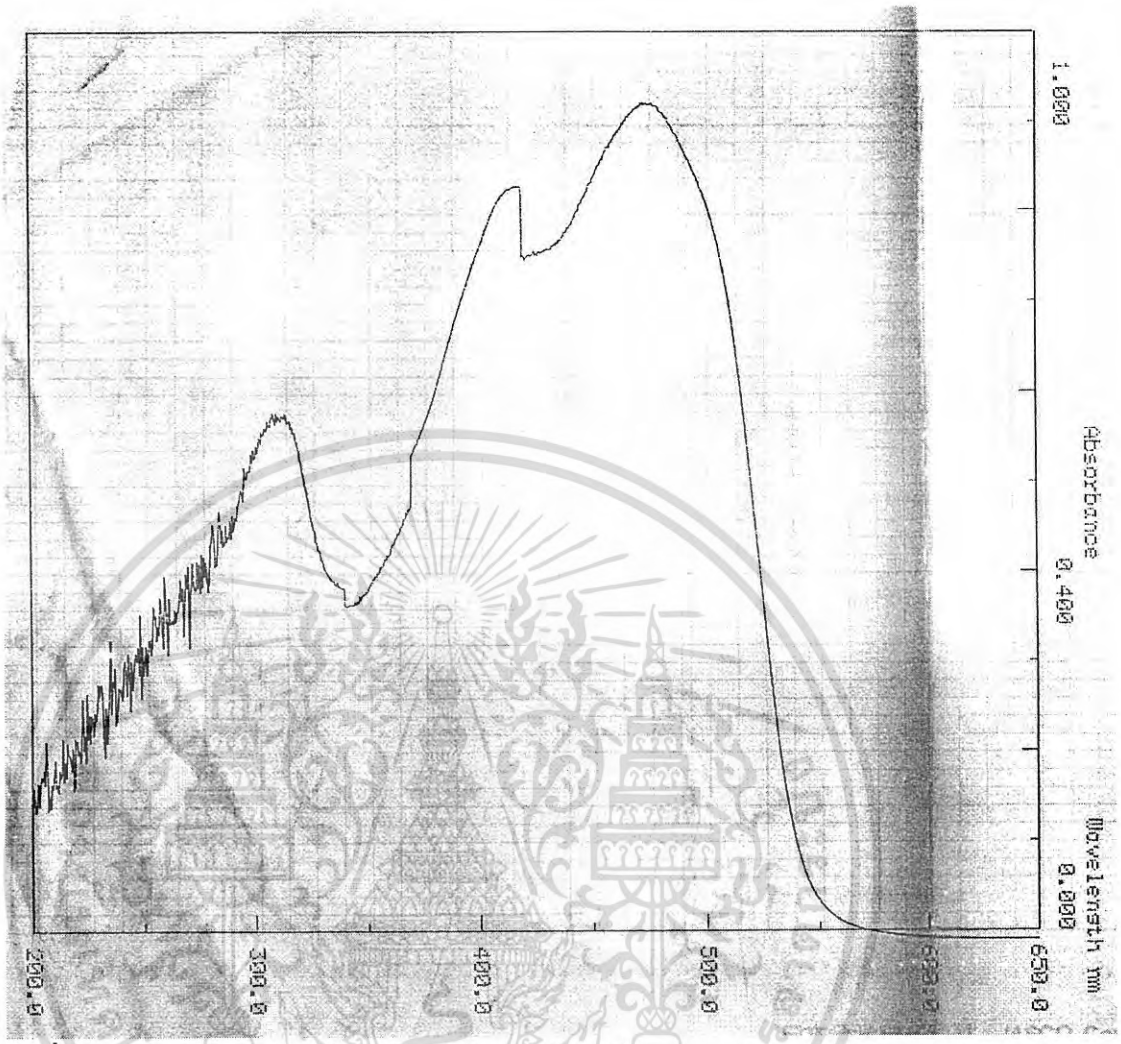
4.1การศึกษาหาค่าการดูดกลืนแสงของ Sudan I ในตัวทำละลายต่าง ๆ

เป็นการศึกษาหาค่าการดูดกลืนแสงของสาร Sudan I ในตัวทำละลายต่าง ๆ กัน ได้แก่ methanol, ethanol และ acetonitrile โดยทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงตั้งแต่ความยาวคลื่น 200 nm จนถึงที่ความยาวคลื่น 650 nm ผลของค่าการดูดกลืนแสง ดังแสดงในรูปที่ 4.1-4.3



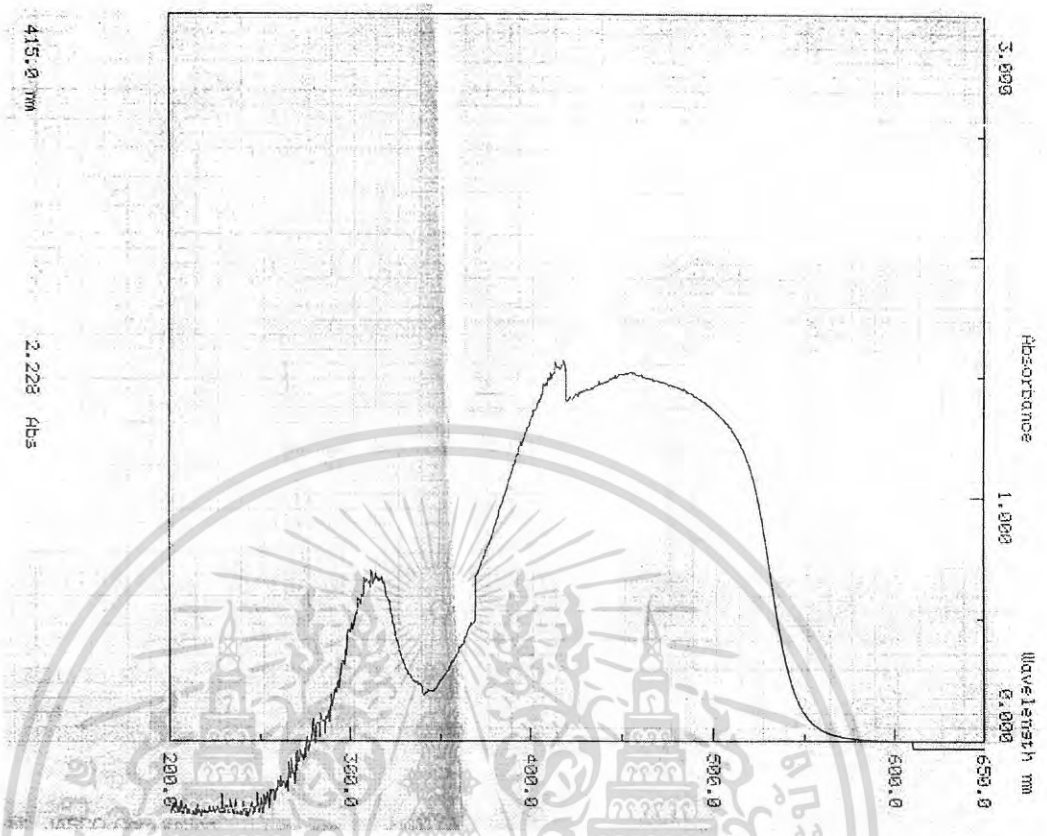
รูปท่ 4.1 แสดงสเปกตรัม Sudan I โดยใช้ตัวทำละลายเป็น methanol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงสเปกตรัม Sudan I โดยใช้ตัวทำละลายเป็น ethanol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงสเปกตรัม Sudan I โดยใช้ตัวทำละลายเป็น acetonitrile

พบว่า ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายทั้ง 3 ตัวที่มีค่ามากที่สุดโดยเฉลี่ยแล้ว อยู่ที่ 501.4 nm จึงใช้ค่าความยาวคลื่นนี้เป็นความยาวคลื่นที่ใช้ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Sudan I

4.2 การศึกษาล้าง MIP ที่เตรียมได้ในคอลัมน์ด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ

นำ MIP แต่ละชนิดที่สังเคราะห์และทำการแพ็คลงคอลัมน์เรียบร้อยแล้วนั้น นำมาทำการล้างด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ เพื่อดูว่า สาร Sudan I มีการออกมาจาก MIP ที่สังเคราะห์หรือไม่เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ต่างกันในการชะ โดยสารละลายที่ออกมาจากคอลัมน์หลังจากการล้างนั้น จะนำไปตรวจวัดหาปริมาณ Sudan I ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 501.4 nm ค่าการวัดที่ได้ แสดงดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงเมื่อใช้ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ในการล้าง MIP

ชนิด resin	ค่าการดูดกลืนแสง (A) ในตัวทำละลายต่าง ๆ			
	methanol	chloroform	acetonitrile	dichloromethane
240 (blank)	0.009	0.000	0.039	-0.027
240 (200 เท่า)	0.005	0.027	0.050	0.066
240 (100 เท่า)	0.006	-0.002	0.000	0.040 (สีเหลืองอ่อน)
288 (blank)	-0.001	0.051	0.030	-0.028
288 (200 เท่า)	0.001	0.029	-0.019	-0.019
288 (100 เท่า)	0.013	0.034	0.000	-0.022

พบว่า บางตัวที่ค่าการดูดกลืนแสงมีค่ามากเนื่องจาก สารที่ชะออกมานั้นขุ่น ทำให้ค่าที่ได้สูงขึ้น ซึ่งเกิดจากการใช้แรงดันอัดให้ตัวทำละลายออกมา เนื่องจากใช้เวลาในการชะนานมาก ส่วนตัวที่ไม่ขุ่นนั้นให้ค่าการดูดกลืนแสงที่น้อยมาก แสดงว่ามีสาร Sudan I ออกมาเพียงเล็กน้อยจาก MIP

4.3 การทดสอบตัวชะ Sudan I ที่ละลายด้วย chloroform แล้วชะด้วย methanol

เป็นการทดสอบการชะสารมาตรฐาน Sudan I ความเข้มข้น 10 ppm ที่ละลายด้วย Chloroform แล้วทำการชะด้วย methanol ใน resinแต่ละชนิด โดยทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานที่เหลือหลังจากใส่ลงใน column แล้ว และค่าการดูดกลืนแสงของการ wash และการ elute แล้วนำมาเปรียบเทียบค่า ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนในขั้นตอนต่าง ๆ

ชนิด resin	ค่าการดูดกลืนแสง (A)		
	สารมาตรฐานที่ออกจากคอลัมน์	เมื่อทำการล้างด้วย dichloromethane	เมื่อทำการชะด้วย methanol
240 (200 เท่า)	0.601	0.242	0.440
240 (100 เท่า)	0.500	0.220	0.432
288 (200 เท่า)	0.472	0.106	0.418
288 (100 เท่า)	0.471	0.134	0.140

พบว่า เมื่อใช้ chloroform ทำสารมาตรฐาน Sudan I นั้น เมื่อทำการใส่สารมาตรฐานลงไปในคอลัมน์แล้ว พบว่าสารมาตรฐานที่เหลือยังเป็นสีเดิมอยู่ และยังพบด้วยว่า ยังมีสารละลายบางส่วนยังติดอยู่ที่บริเวณสำลีสามารถสังเกตได้จากสำลีจะเปลี่ยนเป็นสีส้ม ดังนั้น เมื่อทำการ wash และ elute ออกมาแล้ว ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จึงได้น้อยมาก เมื่อเทียบกับสารที่เหลือ ส่วนในบางคอลัมน์ของ 288 (200 เท่า), 240 (100 เท่า) และ 240 (200 เท่า) นั้นมีการขุ่น ทำให้ค่าที่ได้สูงขึ้น

4.4 การทดสอบตัวชะ Sudan I ที่ละลายด้วยน้ำโดยทำการชะด้วย methanol

เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการสกัดสาร Sudan I ที่ทำการละลายด้วยน้ำที่ความเข้มข้น 5 ppm ของMIP แต่ละชนิดที่ทำการสังเคราะห์ขึ้น โดยทำการชะด้วย methanol และทำการล้างคอลัมน์ด้วย ethanol เพื่อตรวจดูว่ายังมีสาร Sudan I อีกเท่าใดที่ methanol ยังชะออกมาไม่หมด สารละลายที่ได้ทั้งจากการชะ และจากการล้าง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 501.4 nm แล้วทำกราฟมาตรฐาน เพื่อทำการคำนวณ หาปริมาณของ Sudan I สกัดออกมาได้ ค่าการดูดกลืนแสง และความเข้มข้นที่สกัดได้ แสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน โดยการชะด้วย methanol จาก resin ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของ resin	ค่าการดูดกลืนแสง (A)	ความเข้มข้น (ppm)
240	0.158	3.04
MIP 240 (100 เท่า)	0.189	3.66
MIP 240 (200 เท่า)	0.180	3.48
288	0.281	5.52
MIP 288 (100 เท่า)	0.153	2.93
MIP 288 (200 เท่า)	0.203	3.94

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน โดยการชะด้วย ethanol จาก resin ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของ resin	ค่าการดูดกลืนแสง (A)	ความเข้มข้น (ppm)
240	0.041	0.66
MIP 240 (100 เท่า)	0.160	0.65
MIP 240 (200 เท่า)	0.071	0.93
288	0.105	2.79
MIP 288 (100 เท่า)	0.040	1.20
MIP 288 (200 เท่า)	0.056	1.81

พบว่า methanol สามารถใช้เป็นตัว elute ได้ดีในระดับหนึ่ง แต่ไม่สามารถที่จะชะ Sudan I ออกมาได้หมด ซึ่งเป็นเพราะพันธะระหว่าง Sudan I กับ MIP ค่อนข้างที่จะแข็งแรง ทำให้ methanol ชะ Sudan I ออกมาได้ไม่หมด และหลังจากที่ทำการล้างด้วย ethanol ต่อแล้วนั้น พบว่า resin เบอร์ MIP 288 (200 เท่า) มีสาร Sudan I ที่มาจาก MIP ออกมาด้วยเนื่องจากค่าความเข้มข้นรวมจากการชะและจากการล้างนั้นมากเกินกว่า 5 ppm และบางตัวนั้น ไม่สามารถชะออกมาได้หมดด้วย และสำหรับ resin เบอร์ 288 นั้น ค่าที่ได้มีค่าเกินกว่าสารมาตรฐาน เนื่องด้วย สารละลายที่ elute ออกมานั้นเกิดการขุ่นเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การเปรียบเทียบความสามารถในการชะ Sudan I ที่ละลายด้วยน้ำ ระหว่าง methanol และ acetonitrile

เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการสกัดสาร Sudan I ที่ทำการละลายด้วยน้ำที่ความเข้มข้น 5 ppm ของMIP แต่ละชนิดที่ทำการสังเคราะห์ขึ้น โดยเปรียบเทียบการชะ methanol กับ acetonitrile และทำการล้างคอลัมน์เมื่อเสร็จการชะแต่ละตัวด้วย ethanol เพื่อตรวจดูว่ายังมีสาร Sudan I อีกเท่าใดที่ methanol และ acetonitrile ยังชะออกมาไม่หมด สารละลายที่ได้ทั้งจากการชะ และจากการล้าง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 501.4 nm แล้วทำกราฟมาตรฐาน เพื่อทำการคำนวณ หาปริมาณของ Sudan I ที่สกัดออกมาได้ ค่าการดูดกลืนแสง และความเข้มข้นที่สกัดได้ แสดงดังตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลความเข้มข้นของชุดการชะด้วย acetonitrile

ชนิดของ resin	ค่าการดูดกลืนแสงของ acetonitrile (A)	ค่าดูดกลืนแสงของส่วนที่ชะด้วย ethanol (A)	ความเข้มข้น (ppm) ของตัว elute	ความเข้มข้น (ppm) ของ ethnaol
240 BL	0.651	0.134	11.43	2.33
240 (100 เท่า)	0.330	0.117	5.78	2.03
240 (200 เท่า)	0.224	0.047	3.91	0.77
288 BL	0.340	0.104	5.95	1.79
288 (100 เท่า)	0.313	0.099	5.48	1.71
288 (200 เท่า)	0.217	0.078	3.79	1.33

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลความเข้มข้นของชุดการชะด้วย methanol

ชนิดของ resin	ค่าการดูดกลืนแสงของ methanol (A)	ค่าดูดกลืนแสงของส่วนที่ชะด้วย ethanol (A)	ความเข้มข้น (ppm) ของตัว elute	ความเข้มข้น (ppm) ของ ethnaol
240 BL	0.110	0.053	2.06	0.88
240 (100 เท่า)	0.174	0.070	3.36	1.18
240 (200 เท่า)	0.169	0.022	3.26	0.32
288 BL	0.332	0.226	6.56	3.98
288 (100 เท่า)	0.215	0.045	4.19	0.74
288 (200 เท่า)	0.209	0.040	4.07	0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า ค่าความเข้มข้นที่คิดได้จากการทำกราฟมาตรฐาน จาก acetonitrile นั้น จะมีค่ามากเกินกว่า 5 ppm เนื่องมาจาก สารละลายที่ชะออกมาได้นั้น เกิดการขุ่น ทำให้ค่าที่ได้ผิดพลาดไป ทางด้านสารละลาย methanol พบว่า ถึงแม้ว่าจะชะออกมาได้ไม่หมด แต่สารละลายที่ได้ก็ไม่มีความขุ่น และยังใช้เวลาในการทำเร็วกว่า acetonitrile มาก สำหรับบางตัวที่ค่ารวมกันระหว่าง methanol และ ethanol แล้วเกินกว่า 5 ppm นั้น เนื่องจากสาร Sudan I ที่อยู่ใน MIP ได้ออกมาด้วย และอาจจะเกิดจากการที่ยังมีสาร Sudan I หลงเหลือจากการทดลองก่อนหน้า

4.6 การทดสอบความสามารถของตัวชะโดยลดความผิดพลาดด้วยการทำ blank

เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการสกัดสาร Sudan I ที่ทำการละลายด้วยน้ำที่ความเข้มข้น 5 ppm ของMIP แต่ละชนิดที่ทำการสังเคราะห์ขึ้น โดยเปรียบเทียบการชะ methanol และ acetonitrile และทำการล้างคอลัมน์เมื่อเสร็จการชะแต่ละตัวด้วย ethanol เพื่อตรวจดูว่ายังมีสาร Sudan I อีกเท่าใดที่ methanol และ acetonitrile ยังชะออกมาไม่หมด ก่อนทำ ได้มีการทำ blank สำหรับแต่ละคอลัมน์ขึ้น เพื่อทำการลด error ที่มาจากการที่สาร Sudan I ที่อยู่ใน MIP นั้นออกมาด้วย สารละลายที่ได้ทั้งจากการชะ จาก blank และจากการล้าง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 501.4 nm แล้วทำกราฟมาตรฐาน เพื่อทำการคำนวณ หาปริมาณของ Sudan I สกัดออกมาได้ ค่าการดูดกลืนแสง และความเข้มข้นที่สกัดได้แสดงดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสง ความเข้มข้น ของชุดที่ทำการชะด้วย acetonitrile ตามด้วย ethanol

ชนิดของ resin	ค่า Abs ของ Blank	ความเข้มข้นของ Blank (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสงของส่วนที่ชะด้วย acetonitrile (A)	ความเข้มข้นของส่วนที่ชะด้วย acetonitrile (ppm)	ความเข้มข้นของส่วนที่ชะด้วย acetonitrileที่ลบ blank แล้ว (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A) ของส่วนที่ชะด้วย ethanol	ความเข้มข้นของส่วนที่ชะด้วย ethanol (ppm)
240 BL	0.041	0.90	0.651	15.12	14.22	0.540	9.51
240 (100 เท่า)	0.315	12.18	0.330	7.54	-4.64	0.072	1.04
240 (200 เท่า)	0.014	0	0.224	5.04	5.04	0.244	4.15
288 BL	0.047	1.15	0.340	7.78	6.63	0.460	8.06
288 (100 เท่า)	0.030	0.45	0.313	7.14	6.69	0.484	8.5
288 (200 เท่า)	0.000	0	0.217	4.87	4.87	0.417	7.29

ตาราง 4.8 ตารางแสดงค่าการดูดกลืนแสง ความเข้มข้น ของชุดที่ทำการชะด้วย methanol ตามด้วย ethanol

ชนิดของ resin	ค่า Abs ของ Blank	ความเข้มข้นของ Blank (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสงของส่วนที่ชะด้วย methanol (A)	ความเข้มข้นของส่วนที่ชะด้วย methanol (ppm)	ความเข้มข้นของส่วนที่ชะด้วย methanol ที่ลบ blank แล้ว (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสงของส่วนที่ชะด้วย ethanol (A)	ความเข้มข้นของส่วนที่ชะด้วย ethanol (ppm)
240 BL	0.032	0.53	0.238	4.51	3.97	0.106	1.65
240 (100เท่า)	0.000	0	0.233	4.40	4.40	0.073	1.06
240 (200 เท่า)	0.002	0	0.263	5.02	5.02	0.024	0.17
288 BL	0.064	1.85	0.365	7.12	5.27	0.144	2.34
288 (100 เท่า)	0.004	0	0.205	3.83	3.83	0.080	1.18
288 (200 เท่า)	0.006	0	0.220	4.14	4.14	0.058	0.78

พบว่า เมื่อทำการทำ blank แล้ว ค่าที่ได้จาก methanol มีค่าที่ดีขึ้น ไม่ค่อยเกินจากค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานสักเท่าใด แต่หากรวมกับความเข้มข้นของ ethanol นั้นยังเกินอยู่ เป็นผลมาจาก ethanol ทำให้สาร Sudan I ที่อยู่ใน MIP ออกมาเองอีกด้วย ส่วนค่าที่ได้จาก acetonitrile ยังมีค่าประมาณเดิม เนื่องจาก สารละลายที่ได้จากการชะและยังใช้เวลาในการชะมากกว่า Methanol อีกด้วย ยังมีการขุ่นอยู่

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณ Sudan I โดยใช้ Solid Phase Extraction ชนิด Molecularly Imprinted Polymer โดย

- ศึกษาค่าการดูดกลืนแสงของสารSudan I ในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ
- ศึกษาการล้างคอลัมน์ MIP ด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ
- ศึกษาการชะสาร Sudan I ที่ละลายด้วย Chloroform
- ศึกษาการชะสาร Sudan I ที่ละลายด้วยน้ำ แล้วทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการชะระหว่าง methanol กับ acetonitrile

จากการทดลองสรุปผลได้ดังนี้

1. การศึกษาค่าการดูดกลืนแสงของสาร Sudan I ในตัวทำละลายทั้งสาม พบว่าที่ 501.4 nm ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ดีทั้งหมด และเราได้เลือกใช้แสงที่ความยาวคลื่นนี้ในการทำการทดลอง

2. การศึกษาการชะต่าง ๆ นั้น พบว่า ในการเตรียมสารละลายเพื่อให้เกิดการสกัดได้สำหรับการใช้ MIP ทุกชนิดในการสกัดสาร Sudan I นั้น จำเป็นต้องเตรียม working solution ในน้ำ หากเตรียมด้วย chloroform แล้วพบว่า MIP จะไม่สามารถจับกับ Sudan I ได้ แต่หากเตรียมในน้ำ MIP จะทำการจับกับ Sudan I ได้ สามารถสังเกตได้จากสีของ MIP จะเข้มขึ้นหากมีการจับกับ Sudan I และที่สำคัญ สาร Sudan I สามารถที่จะหลุดออกมาจาก MIP ได้ทุกครั้งเมื่อทำการผ่านตัวทำละลายเข้าไปใน column ที่มี MIP อยู่ เป็นผลเนื่องมาจากในการเตรียมอาจจะทำการสกัดเอา Sudan I ออกมาได้ไม่ไหมด แต่เราสามารถลดความผิดพลาดลงได้โดยการทำ Blank ก่อนที่จะทำการสกัด ซึ่งจะให้ผลที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

3. ในขั้นตอนการสกัดสาร Sudan I โดยใช้ MIP นั้นพบว่ายิ่ง MIP มีอัตราส่วนของ Sudan I ในขั้นการสังเคราะห์มาก MIP จะยิ่งจับกับ Sudan I ได้มากขึ้นเนื่องจากมี site ของ Sudan I มากขึ้น จากการทดลอง พบว่าเมื่อทำการชะโดยใช้ methanol และทำ blank เพื่อช่วยลดความผิดพลาดแล้ว resin MIP ชนิด 240 (100 เท่า) ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด โดยให้ค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การทำการชะสารละลายชนิดอื่นที่ไม่ใช่ methanol พบว่ามีการใช้เวลาในการทำนานมาก อาจย่นระยะเวลาในการทำได้ โดยการใช้ปั๊ม
2. เนื่องจากในการชะบางคอลัมน์สารละลายที่ได้มาจะมีความขุ่น เนื่องจากว่า MIP หลุดตามมาด้วยเป็นผลจากการที่ MIP มีขนาดเล็กมาก สำลีอาจจะกั้นไม่อยู่ อาจใช้ membrane เป็นตัวกั้นแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

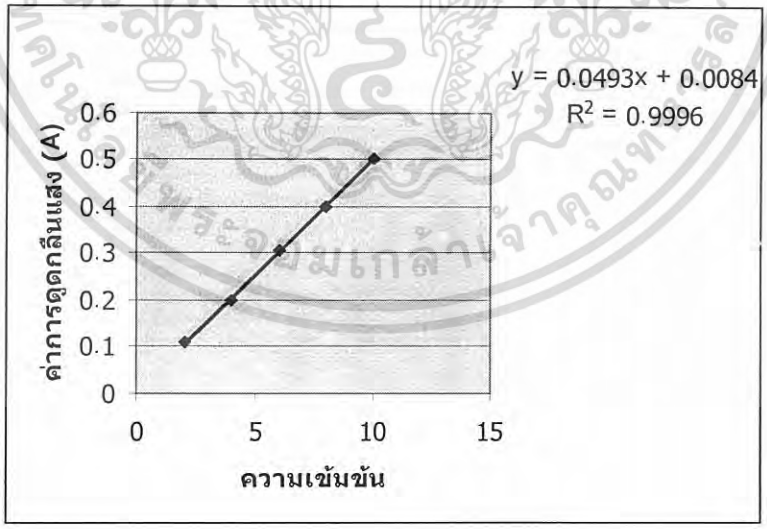
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางที่ ผ.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย methanol (หัวข้อการทดลองข้อ 4.4)

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)
2	0.110
4	0.202
6	0.305
8	0.400
10	0.504

รูปที่ ผ.1 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย methanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.4)

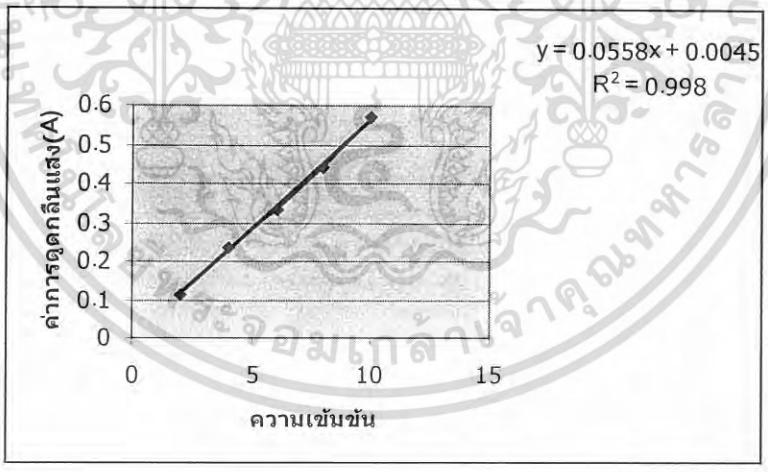


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ. 2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย Ethanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.4)

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)
2	0.115
4	0.235
6	0.335
8	0.440
10	0.570

รูปที่ ผ.2 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย ethanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.4)

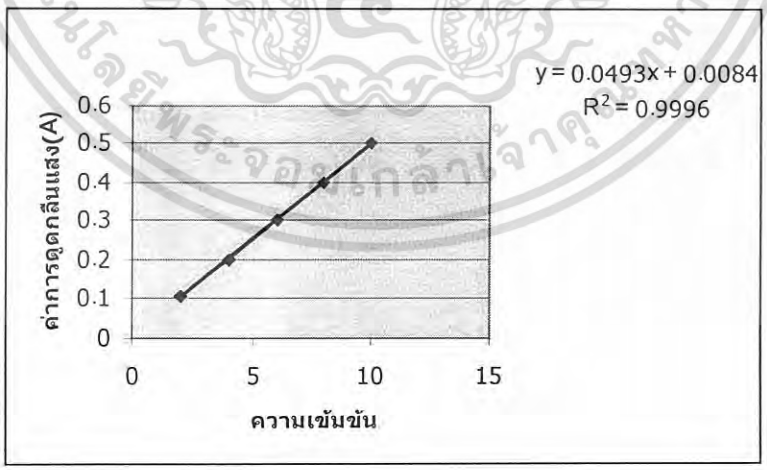


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ. 3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย methanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.5)

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)
2	0.110
4	0.202
6	0.305
8	0.400
10	0.504

รูปที่ ผ.3 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย methanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.5)

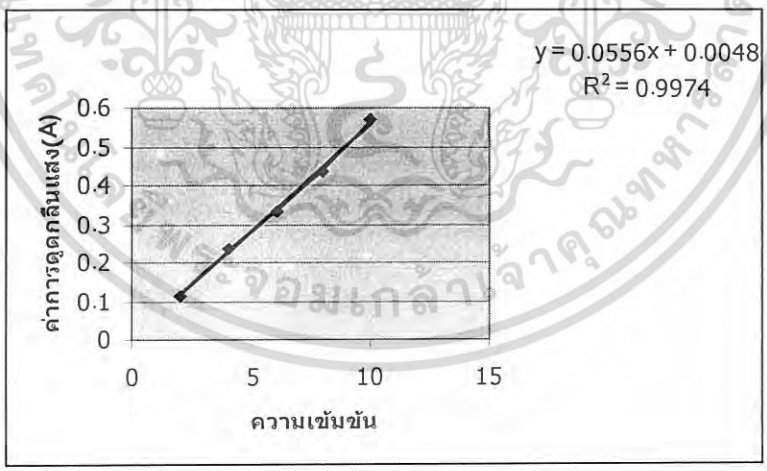


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย ethanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.5)

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)
2	0.115
4	0.235
6	0.335
8	0.437
10	0.570

รูปที่ ผ.4 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย ethanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.5)

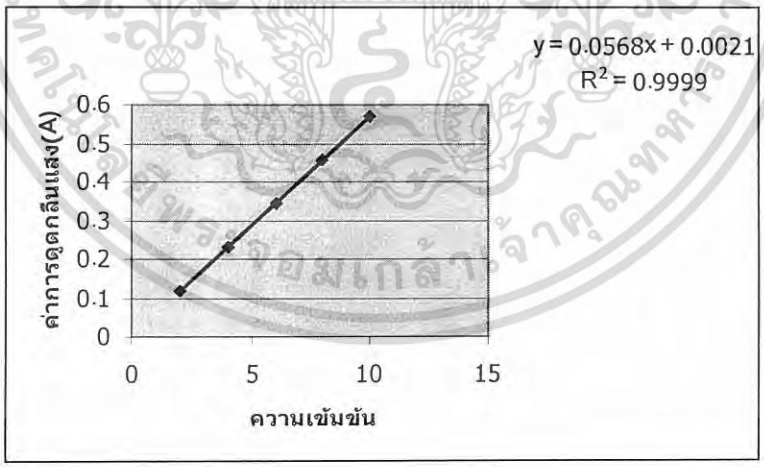


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.5 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย Acetonitrile (หัวข้อการทดลองที่ 4.5)

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)
2	0.116
4	0.229
6	0.343
8	0.454
10	0.571

รูปที่ ผ.5 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย acetonitrile (หัวข้อการทดลองที่ 4.5)

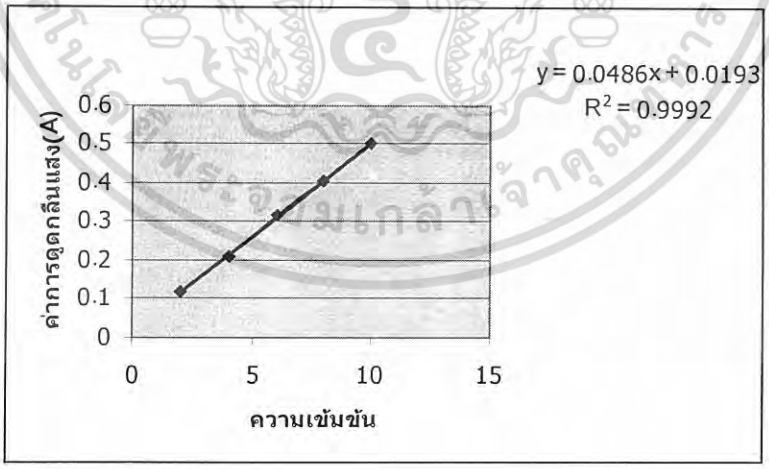


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย methanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.6)

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)
2	0.116
4	0.210
6	0.318
8	0.405
10	0.504

รูปที่ ผ.6 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย methanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.6)

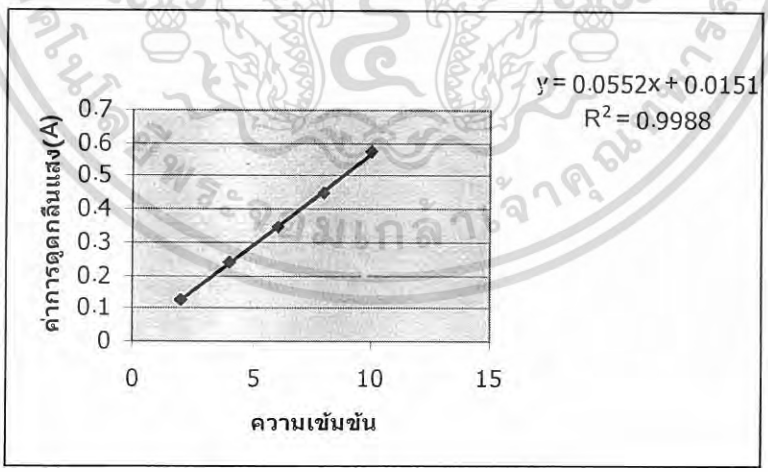


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.7 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย ethanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.6)

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)
2	0.125
4	0.240
6	0.345
8	0.447
10	0.573

รูปที่ ผ.7 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย ethanol (หัวข้อการทดลองที่ 4.6)

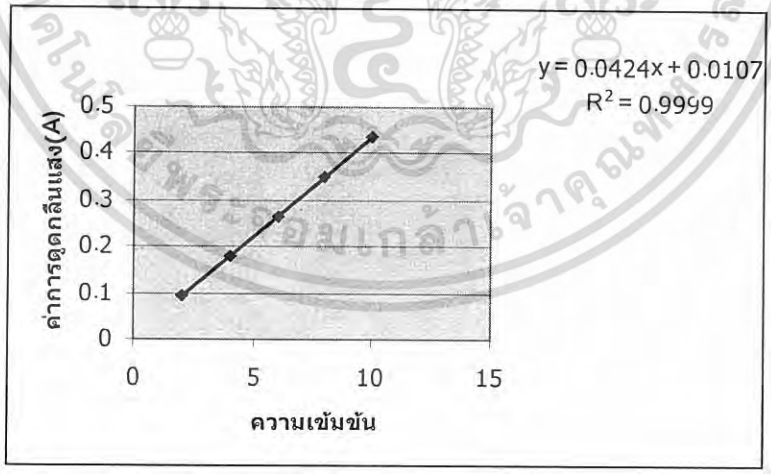


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.8 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย Acetonitrile (หัวข้อการทดลองที่ 4.6)

ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (A)
2	0.096
4	0.178
6	0.267
8	0.349
10	0.434

รูปที่ ผ.8 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Sudan I ที่ละลายด้วย acetonitrile (หัวข้อการทดลองที่ 4.6)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Peter Møller, Hakan Wallin. 2000. Genotoxic hazards of azo pigments and other colorants related to1-phenylazo-2-hydroxynaphthalene. **Mutation Research**. 462 : 13–30.

[2] Andrew G. Mayes, Klaus Mosbach. 1997. Molecularly imprinted polymers: useful materials for analytical chemistry?. **Trends in Analytical Chemistry**, Vol.16, No.6 :321-332.

[3] E. Caro, R.M. Marcé, F. Borrull, P.A.G. Cormack, D.C. Sherrington. 2005. Application of molecularly imprinted polymers to solid-phase extraction of compounds from environmental and biological samples. **Trends in Analytical Chemistry**, Vol.20, No.10: 1-12.

[4] Peter A.G. Comack, Amaia Zurutuza Elorza. 2004. Molecularly imprinted polymers: synthesis and characterization. **Journal of Chromatography B**, 804 :173-182.

[5] Douglas A. Skoog, Donald M. West, F. James Holler, Stanley R. Crouch. 2004. **Fundamentals of Analytical Chemistry**. United States. Thomson Learning

[6] แม้น อมรสิทธิ์, อมร เพชรสม, 2534, **Principles and Techniques of Instrumental Analysis**. กรุงเทพ. ภาคเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[7] พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์.2544. **เครื่องประดับ**. กรุงเทพ. หจก. ป. สัมพันธ์พาณิชย์

[8] Francesco Puoci, Carmelo Garreffa, Francesca Iemma, Rita Muzzalupo, Umile Gianfranco Spizzirri, Nevio Picci. 2004. Molecularly imprinted solid phase extraction of sudan I in food matrices. **Food Chemistry**, 93 :349-353.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้