การสกัดแอนทราควิโนนจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว โดยเอทานอล เมทานอล และ ไอโซโพรพานอล

นางสาวชนิดาภา พันธไชย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547
ISBN 974-53-1691-1
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EXTRACTION OF ANTHRAQUINONE FROM SPENT SILICA-ALUMINA USING ETHANOL METHANOL AND ISOPROPANOL

Miss Chanidapa Punthachai

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partail Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Science in Environmental Science (Inter-department)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-53-1691-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสกัดแอนทราควิโนนจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วด้วยเอทานอล เมทานอล และ ไอโซโพรพานอล
โดย	นางสาวชนิดาภา พันธไชย
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว.กัลยา ติงศภัทิย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ)

……..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ ชัยลภากุล)

…….....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ชัยพร ภู่ประเสริฐ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชนิดาภา พันธไชย: การสกัดแอนทราควิโนนจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วโดยเอทานอล เมทานอล และ ไอโซโพรพานอล (EXTRACTION OF ANTHRAQUINONE FROM SPENT SILICA-ALUMINA USING ETHANOL METHANOL AND ISOPROPANOL)
อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ, 130 หน้า ISBN 974-53-1691-1

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล เป็นตัวทำละลาย ซึ่งสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้ จะมีสีน้ำตาลแดง มีค่าการดูดกลืนแสงที่ 256 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องยูวีวิสสิเบิลสเปคโตรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ ทำการทดลอง โดยการศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัด ทำการแปรค่าระยะเวลาในการสกัดเป็น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที พบว่าตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด มีระยะเวลาการสกัดที่เหมาะสม คือ 10 นาที เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการสกัดน้อยกว่า แต่ให้ประสิทธิภาพในการสกัดใกล้เคียงกันกับระยะเวลาอื่นๆ จากนั้นทำการแปรผันค่าความเร็วรอบที่ทำการสกัดที่ 100, 150, 200 และ 250 รอบต่อนาที พบว่าที่ขนาดความเร็วรอบที่เหมาะสม คือ 200 รอบต่อนาที และทำการแปรผันน้ำหนักของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม โดยใช้เวลาในการสกัด 10 นาที และขนาดความเร็วรอบที่เหมาะสม 200 รอบต่อนาที ผลการสกัด พบว่า ซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้สูงสุด จากนั้นทำการศึกษาหาประสิทธิภาพการสกัดกลับของตัวทำละลาย พบว่า ตัวทำละลายที่ใช้แล้วให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการสกัดครั้งแรก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา 2547 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

4689053720 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

Keywords: EXTRACTION, ANTHRAQUINONE, SPENT SILICA ALUMINA, METHANOL, ETHANOL, ISOPROPANOL CHANIDAPA PUNTHACHAI; EXTRACTION OF ANTHRAQUINONE FROM SPENT SILICA- ALUMINA USING ETHANOL METHANOL AND ISOPROPANOL ADVISOR; ASSOC.PROF.PETPORN CHAWAKITCHAREON, Ph.D, 130 pp ISBN974-53-1691-1

This research investigated the extraction of Anthraquinone from spent silica-alumina using ethanol methanol and isopropanol. The result show that the extract solution has absorbance value at 256 nm performs by UV-Spectrophotometer. The Anthraquinone was extracted at a certain interval time 10, 20, 30, 40, 50 and 60 minute. The result indicated that at 10 minutes is the appropriate value because of the equal efficiency of the extraction at the minimum time. The extraction was performed by varying the frequency at 100,150,200 และ 250 round per minute. The result indicated that the optimum was found at 200 rounds per minute. The experiment was performed by varying the amount of spent silica-alumina at 1, 2, 3, 4 and 5 g.. The results indicated that the amount of spent silica-alumina at 5 g. gives the highest efficiency of extraction. This research also carries out the performance of extraction by reuse the solvent for extraction. The results indicated that the highest efficiency was performed at the first extraction process

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Field of study Environmental Science Student'ssignature Chanidapa Punthachai

Acadamic year 2547 Advisor's signature Petchporn C.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ ที่กรุณาสละเวลามาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และให้โอกาสในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ อีกทั้งยังให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการทำงานวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจแก้ไข และสนับสนุนในด้านต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ประธานกรรมการ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านสำหรับข้อคิดเห็น และคำเสนอแนะ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการเคมี ชั้น 12 และ ชั้น 15 คณะวิทยาศาสตร์ ตึกมหามกุฏ ห้องปฏิบัติการของสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ชั้น 17 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ สถานที่ และอำนวยความสะดวกในระหว่างการทำวิจัย

ขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ทบวงมหาวิทยาลัย

ความดีของวิทยานิพนธ์ ขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่ให้ความรัก การสนับสนุน ทั้งด้านกำลังทรัพย์ คำปรึกษา และกำลังใจ

ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกคนที่คอยช่วยเหลือเป็นอย่างดีทั้งในขณะศึกษาและดำเนินงานวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…… ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ…… จ
กิตติกรรมประกาศ…… ฉ
สารบัญ…… ช
สารบัญตาราง…… ญ
สารบัญรูป…… ด
บทที่ 1 บทนำ…… 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา…… 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย…… 2
1.3 สมมติฐาน…… 2
1.4 ขอบเขตการวิจัย…… 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ…… 3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…… 4
2.1กระบวนการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์…… 4
2.2 สารแอนทราควิโนน (Anthraquinone)…… 5
2.3 ซิลิกา – อะลูมินาที่ใช้แล้ว (Spent silica-alumina)…… 8
2.4 ตัวทำละลาย…… 10
2.4.1 เอทานอล…… 10
2.4.2 เมทานอล…… 13
2.4.3 ไอโซโพรพานอล…… 15
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…… 18
บทที่ 3 แผนการดำเนินการวิจัย…… 22
3.1 การเตรียมวัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับการวิจัย…… 22
3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง…… 24
3.3 การดำเนินการวิจัย…… 24
3.3.1 ศึกษาหาตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุด…… 24
3.3.1.1 ศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการชะละลาย……24
3.3.1.2 ศึกษาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการชะละลาย…… 25
3.3.1.3 ศึกษาหาปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว…… 25
ต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมในขั้นตอนสกัด

3.3.2 ศึกษาการนำกลับมาใช้ใหม่ของตัวทำละลาย……...26
3.3.2.1 ศึกษาหาปริมาณซิลิกา-อะลูมินาในการสกัดซ้ำ
ครั้งที่ 2 ของตัวทำละลาย……..26
3.3.2.2 ศึกษาหาปริมาณซิลิกา-อะลูมินาในการสกัดซ้ำครั้งที่ 2
ของตัวทำละลาย โดยเลือกใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา
จากการทดลอง……..26
3.3.3 ศึกษาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ……...27
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล……...28
4.1 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนน……..……..29
4.2 ตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุด ในการชะละลายสารแอนทราควิโนน
จากวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย……..31
4.2.1 ระยะเวลาที่เหมาะสม ในการชะละลายสารแอนทราควิโนน
ในขั้นตอนการสกัด……31
4.2.2 ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการชะละลายสารแอนทราควิโนน
ในขั้นตอนการสกัด……36
4.2.3 ปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อตัวทำละลายที่เหมาะสม
ในขั้นตอนการสกัด……...40
4.3 อายุการใช้งานของตัวสกัดในการนำกลับมาใช้ใหม่ของตัวทำละลาย…...…….45
4.3.1 จำนวนครั้งในการสกัดซ้ำครั้งที่ 2 ของตัวทำละลาย
โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม……..……..…45
4.3.2 จำนวนครั้งในการสกัดซ้ำครั้งที่ 2 ของตัวทำละลาย
โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม……...51
4.4 ศึกษาเปรียบเทียบและประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ
ในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว……..…..56
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย……...58
บทที่ 6 การประยุกต์ใช้และข้อเสนอแนะ……..……60
รายการอ้างอิง……..……61
บรรณานุกรม……...63
ภาคผนวก……65
ภาคผนวก ก.สเปกตรัมสารแอนทราควิโนน……...66

หน้า

ภาคผนวก ข. ตารางผลการทดลอง……..79
ภาคผนวก ค. การคำนวณค่าใช้จ่าย……113
ภาคผนวก ง.การวิเคราะห์ทางสถิติ……..……..……116
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……...…...….130

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว……8
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว……...9
ตารางที่ 2.3 ขนาดอนุภาคซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว……..9
ตารางที่ 2.4 ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว……...….10
ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการชะละลายเป็น 10 20 30 40 50 และ 60 นาที……...……32
ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลาย โดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และ เมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการชะละลาย เป็น 10 20 30 40 50 และ 60 นาที…….....33
ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรผันขนาดความเร็วรอบในการชะละลายเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที…….....36
ตารางที่ 4.4 แสดงประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรผันขนาดความเร็วรอบในการชะละลาย เป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที...……...…37
ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม……..40
ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม…….41
ตารางที่ 4.7 แสดงประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม…….……..42
ตารางที่4.8 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล……..……..46
ตารางที่ 4.9 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น (มิลลิกรัม) เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม โดยเอทานอล เมทานอลและไอโซโพรพานอล…….……..47

หน้า

ตารางที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลาย
ที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา
1 กรัมโดยเอทานอล เมทานอลและไอโซโพรพานอล……..…….……..49
ตารางที่4.11 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดย
ที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัมโดยเอทานอล
เมทานอล และไอโซโพรพานอล……..…….……..51
ตารางที่4.12 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น (มิลลิกรัม) เมื่อใช้ตัวทำละลาย
ที่ใช้แล้วมาวนใช้โดย ที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัดโดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม
โดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล……..……52
ตารางที่ 4.13 แสดงประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลาย
ที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา
5 กรัมโดยเอทานอล เมทานอลและไอโซโพรพานอล……53
ตารางที่ 4.14 ค่าใช้จ่ายในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินา……57
ตารางที่ ข.1.1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล
ไอโซโพรพา-นอลและเมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการชะละลาย
เป็น10 20 30 40 50 และ 60 นาที……..80
ตารางที่ ข.1.2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล
ไอโซโพรพานอลและเมทานอล เมื่อแปรผันขนาดความเร็วรอบในการ
ชะละลายเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที……..…...81
ตารางที่ ข.1.3 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล
ไอโซโพรพา-นอลและเมทานอล เมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น
1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม……..…….82
ตารางที่ ข.1.4 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลาย
ที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา
1 กรัม โดยเอทานอล……..……83
ตารางที่ ข.1.5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลาย
ที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา
1 กรัมโดยไอโซโพรพานอล……..……84

หน้า

ตารางที่ ข.1.6 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลาย
ที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา
1 กรัม โดยเมทานอล……85
ตารางที่ ข.1.7 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลาย
ที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา
5 กรัม โดยเอทานอล……86
ตารางที่ ข.1.8 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลาย
ที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา
5 กรัมโดยไอโซโพรพานอล……..……..87
ตารางที่ ข.1.9 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลาย
ที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา
5 กรัม โดยเมทานอล……...……88
ตารางที่ ข.2.1 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล
และ เมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการชะละลายเป็น 10 20 30 40 50
และ 60 นาที……89
ตารางที่ ข.2.2 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล
และ เมทานอล เมื่อแปรผันขนาดความเร็วรอบในการชะละลายเป็น
100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที……90
ตารางที่ ข.2.3 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอลและ
เมทานอลเมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม.....91
ตารางที่ ข.2.4 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้
โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยเอทานอล……...92
ตารางที่ ข.2.5 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้
โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม
โดยไอโซโพรพานอล……..93
ตารางที่ ข.2.6 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้
โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยเมทานอล…..…94
ตารางที่ ข.2.7 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้
โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา5 กรัมโดยเอทานอล……..95

หน้า

ตารางที่ ข.2.8 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา5 กรัม โดยไอโซโพรพานอล……96
ตารางที่ ข.2.9 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา5 กรัมโดยเมทานอล…...…97
ตารางที่ ข.2.10 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา1 กรัมโดยเอทานอล……...……98
ตารางที่ ข.2.11 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา1 กรัมโดยไอโซโพรพานอล……..99
ตารางที่ ข.2.12 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา1 กรัมโดยเมทานอล……...……..100
ตารางที่ ข.2.13 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา5 กรัมโดยเอทานอล……101
ตารางที่ ข.2.14 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา5 กรัมโดยไอโซโพรพานอล……102
ตารางที่ ข.2.15 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา5 กรัมโดยเมทานอล……103
ตารางที่ ข.3.1 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอลและเมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการชะละลายเป็น 10 20 30 40 50 และ 60 นาที……...……104
ตารางที่ ข.3.2 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอลและเมทานอล เมื่อแปรผันขนาดความเร็วรอบในการชะละลายเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที……...…105

หน้า

ตารางที่ ข.3.3 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอลและเมทานอล เมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม……106
ตารางที่ ข.3.4 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลาย เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยเอทานอล……107
ตารางที่ ข.3.5 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลาย เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยไอโซโพรพานอล……108
ตารางที่ ข.3.6 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลาย เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยเมทานอล……..109
ตารางที่ ข.3.7 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลาย เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5กรัมโดยเอทานอล……..……..110
ตารางที่ ข.3.8 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลาย เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5กรัมโดยไอโซโพรพานอล……..111
ตารางที่ ข.3.9 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลาย เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5กรัมโดยเมทานอล……...……112
ตาราง ง.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ t-test……..…117
ตาราง ง.2 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA…117
ตาราง ง.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA…...……..118
ตาราง ง.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที โดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test; DMRT……...……118

หน้า

ตาราง ง.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ t-test……119
ตาราง ง.6 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA……...…….119
ตาราง ง.7 การวิเคราะห์ความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA……...120
ตาราง ง.8 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที โดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test; DMRT……...……..120
ตาราง ง.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ t-test ……..….121
ตาราง ง.10 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA.121
ตาราง ง.11 การวิเคราะห์ความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA……...122
ตาราง ง.12 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที โดยวิธี Duncan’s New Multiple RangeTest; DMRT……..……122
ตาราง ง.13 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างเมื่อใช้เมทานอล, ไอโซโพรพานอล และเอทานอล เป็นตัวทำละลาย โดยวิธี Duncan’s New Multiple RangeTest; DMRT...123
ตาราง ง.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที เมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ t-test……123
ตาราง ง.15 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA……124
ตาราง ง.16 การวิเคราะห์ความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA……124
ตาราง ง.17 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยวิธี Duncan’s New Multiple RangeTest; DMRT……..……125

หน้า

ตาราง ง.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย เมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ t-test……125

ตาราง ง.19 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA……126

ตาราง ง.20 การวิเคราะห์ความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA……126

ตาราง ง.21 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยวิธี Duncan's New Multiple RangeTest; DMRT……127

ตาราง ง.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย เมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ t-test……127

ตาราง ง.23 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA……128

ตาราง ง.24 การวิเคราะห์ความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA……128

ตาราง ง.25 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยวิธี Duncan's New Multiple RangeTest; DMRT……129

ตาราง ง.26 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างเมื่อใช้ เมทานอล, ไอโซโพรพานอล และ เอทานอล เป็นตัวทำละลาย โดยวิธี Duncan's New Multiple RangeTest; DMRT……129

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)……..4
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของสารแอนทราควิโนน (Anthraquinone)……6
รูปที่ 3.1 ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว (Spent silica-alumina) จากโรงงานผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์……..……..23
รูปที่ 3.2 เครื่องเขย่าแบบกลับไป-กลับมา (Horizontal Shaker) รุ่น 3016 ยี่ห้อ GLF/Germany……23
รูปที่ 4.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ระดับความเข้มข้น 0.1-0.7 ppm. โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย...29
รูปที่ 4.2 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยเอทานอล……....29
รูปที่ 4.3 ค่าการดูดกลืนแสงที่ระดับความเข้มข้น 0.1-0.7 ppm. โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย..30
รูปที่ 4.4 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยเมทานอล……...…….30
รูปที่ 4.5 ค่าการดูดกลืนแสงที่ระดับความเข้มข้น 0.1-0.7 ppm. โดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย……..…….31
รูปที่ 4.6 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยไอโซโพรพานอล.....31
รูปที่ 4.7 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการชะละลายเป็น 10 20 30 40 50 และ 60 นาที…..34
รูปที่ 4.8 แสดงประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และ เมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการชะละลายเป็น 10 20 30 40 50 และ 60 นาที……..……..34
รูปที่ 4.9 สีของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล (ก) ไอโซโพรพานอล (ข) และเมทานอล (ค) เมื่อแปรผันระยะเวลาในการชะละลายเป็น 10 20 30 40 50 และ 60 นาที…....35
รูปที่ 4.10 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรผันขนาดความเร็วรอบในการชะละลายเป็น100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที……..……..38
รูปที่ 4.11 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรผันขนาดความเร็วรอบในการชะละลายเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที……..……..38
รูปที่ 4.12 สีของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล (ก) ไอโซโพรพานอล (ข) และเมทานอล (ค) เมื่อแปรผันขนาดความเร็วรอบในการชะละลายเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที……..……39

รูปที่ 4.13 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมโดยเอทานอล เมทานอลและไอโซโพรพานอล……42
รูปที่ 4.14 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมโดยเอทานอล เมทานอลและไอโซโพรพานอล……..……43
รูปที่ 4.15 แสดงประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม โดยเอทานอล เมทานอลและไอโซโพรพานอล……..43
รูปที่ 4.16 สีของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล (ก) ไอโซโพรพานอล (ข) และเมทานอล (ค) เมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม……44
รูปที่ 4.17 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล……..……..45
รูปที่ 4.18 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น (มิลลิกรัม) เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม โดยเอทานอล เมทานอลและไอโซโพรพานอล……..……48
รูปที่ 4.19 แสดงประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม โดยเอทานอล เมทานอลและไอโซโพรพานอล……..50
รูปที่ 4.20 สีของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล (ก) ไอโซโพรพานอล (ข) และเมทานอล (ค) เมื่อทำการสกัดซ้ำเมื่อใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม……50
รูปที่ 4.21 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัมโดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล……53
รูปที่ 4.22 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนน (มิลลิกรัมต่อกรัมซิลิกา-อะลูมินา) เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัมโดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล……..54
รูปที่ 4.23 แสดงประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม โดยเอทานอล เมทานอลและไอโซโพรพานอล……..……..54

หน้า

รูปที่ 4.24 สีของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล (ก) ไอโซโพรพานอล (ข) และเมทานอล (ค) เมื่อทำการสกัดซ้ำเมื่อใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม……55
รูปที่ 4.25 สีของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล เมทานอล และน้ำกลั่น……56
รูปที่ ก.1.1 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.1 ppm* 0.4489 ……..……67
รูปที่ ก.1.2 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.2 ppm* 0.4489……...…..…..…67
รูปที่ ก.1.3 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.3 ppm* 0.4489…….…..……68
รูปที่ ก.1.4 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.4 ppm* 0.4489……..……68
รูปที่ ก.1.5 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.5 ppm* 0.4489…….……..69
รูปที่ ก.1.6 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.6 ppm* 0.4489……..……69
รูปที่ ก.1.7 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.7 ppm* 0.4489…….……70
รูปที่ ก.1.8 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยเอทานอล.....70
รูปที่ ก.2.1 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.1 ppm* 0.4489.....71
รูปที่ ก.2.2 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.2 ppm* 0.4489…….……71
รูปที่ ก.2.3 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.3 ppm* 0.4489…….……72
รูปที่ ก.2.4 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.4 ppm* 0.4489…….……72
รูปที่ ก.2.5 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.5 ppm* 0.4489……..73
รูปที่ ก.2.6 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.6 ppm* 0.4489…….……73
รูปที่ ก.2.7 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.7 ppm* 0.4489……74
รูปที่ ก.2.8 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยไอโซโพรพานอล……74
รูปที่ ก.3.1 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.1 ppm* 0.4489……75
รูปที่ ก.3.2 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.2 ppm* 0.4489……75
รูปที่ ก.3.3 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.3 ppm* 0.4489……76
รูปที่ ก.3.4 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.4 ppm* 0.4489……76
รูปที่ ก.3.5 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.5 ppm* 0.4489……77
รูปที่ ก.3.6 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.6 ppm* 0.4489……77
รูปที่ ก.3.7 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.7 ppm* 0.4489……78
รูปที่ ก.3.8 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยเมทานอล……..78

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา จึงมีการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ยังผลให้เกิดของเสียอันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะก่อให้เกิดของเสียประเภทสารประกอบซิลิกา-อะลูมินาเป็นจำนวนมาก โดยประมาณการได้ว่าจะเกิดซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นจำนวนมากกว่า 100 ตันต่อปี ดังนั้น นอกจากจะทำให้เกิดของเสียมากมายแล้ว ยังทำให้โรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต้องรับภาระค่าใช้จ่ายในการบำบัดซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วอีกด้วย

ปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว โดยนำมาใช้ประโยชน์ในการทำวัสดุปูพื้น (ไลทิพย์, 2542) คอนกรีตบล็อกปูผนังรับน้ำหนัก (ผุสดี, 2546) หรือคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (หฤษฎ์, 2546) โดยในการกำจัดซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วจะต้องนำมาบำบัดโดยการทำให้เสถียรและทำการตรวจสอบกากของเสียของกรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรมโดยการทำให้เป็นก้อนแข็ง ซึ่งจะต้องทำการตรวจสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนดว่าด้วยการบำบัดของเสียตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (2540) ก่อนที่จะนำไปฝังกลบ แม้ว่า ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วไม่จัดเป็นของเสียอันตรายตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2540) แต่เนื่องจากในปัจจุบันพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการฝังกลบมีจำนวนลดลง จึงควรหลีกเลี่ยงวิธีการฝังกลบ และจำเป็นอย่างยิ่งในการหาแนวทางในการนำของเสียเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เนื่องจากมีการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว พบว่ามีปริมาณของสารประกอบแอนทราควิโนนรวมกันประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังนั้นหากสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมย้อมสีผ้าก็นับได้ว่าเป็นการเพิ่มคุณค่าของกากของเสียอุตสาหกรรม นอกจากนี้ ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว หากผ่านการสกัดสารแอนทราควิโนนแล้วจะสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ในอุตสาหกรรมการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาหาตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด คือ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอลในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

1.2.2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการสกัดสารแอนทราควิโนนโดยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด คือ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล

1.3 สมมติฐาน

ชนิดและสภาวะต่างๆของตัวทำละลายที่เหมาะสม สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดแอนทราควิโนนจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วจากกระบวนการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยใช้เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล เป็นตัวทำละลาย ทำการทดลองในหลอดทดลองที่มีฝาปิด โดยการเขย่า และทำการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนทราควิโนนโดยการวัดค่าความดูดกลืนคลื่นแสงด้วยเครื่องยูวีวิสสิเบิลสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ซึ่งสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้นี้ สามารถนำกลับมาใช้ในอุตสาหกรรมสีย้อม และ ซิลิกา-อะลูมินาก็สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้งในอุตสาหกรรมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่

1.4.1 ศึกษาประสิทธิภาพในการสกัดสารแอนทราควิโนนของตัวทำละลาย

1.4.1.1 ศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนน

1.4.1.2 ศึกษาหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนน

1.4.1.3 ศึกษาหาปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมในขั้นตอนการสกัด

1.4.2 ศึกษาการนำกลับมาใช้ใหม่ของตัวทำละลาย

1.4.2.1 ศึกษาหาการสกัดซ้ำครั้งที่ 2 ของตัวทำละลาย โดยเลือกใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม

1.4.2.2 ศึกษาหาการสกัดซ้ำครั้งที่ 2 ของตัวทำละลาย โดยเลือกใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่เหมาะสมในขั้นตอนการสกัด

1.4.3 ศึกษาเปรียบเทียบและประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ ในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถทราบตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา- อะลูมินาที่ใช้แล้ว จากตัวทำละลายกลุ่มแอลกอฮอล์ทั้ง 3 ชนิด คือ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล

1.5.2 สามารถทราบแนวทางในการนำแอนทราควิโนนและซิลิกา-อะลูมินากลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์

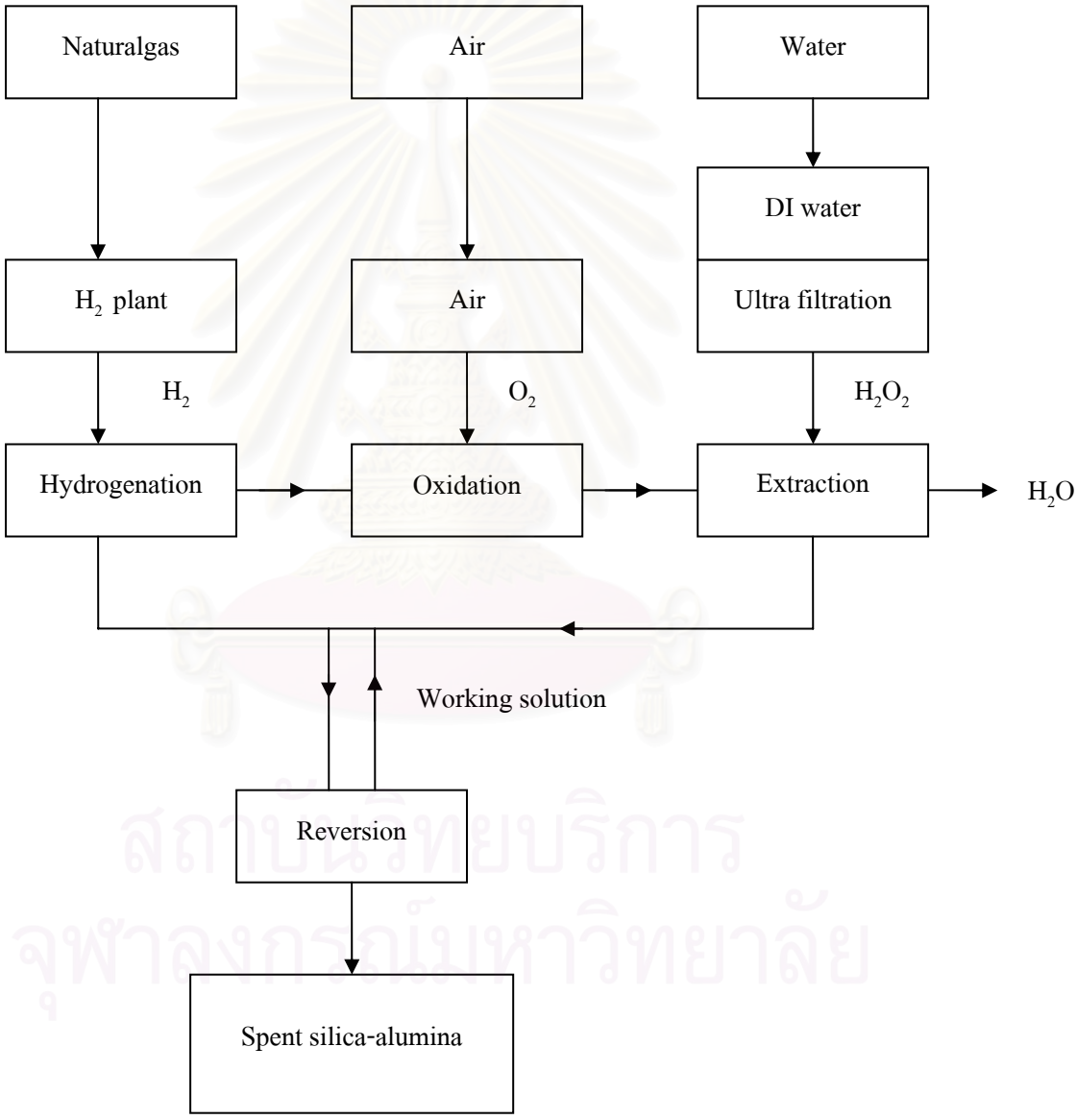
1.5.3 สามารถเลือกใช้ตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพจากตัวทำละลายแอลกอฮอล์ทั้ง 3 ชนิด ทั้งทางกระบวนการและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์



รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) (ไลทิพย์, 2542)

กระบวนการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจน โดยมีสาร Working solution (EQ) เป็นสารที่ทำให้เกิดการรวมตัวของก๊าซทั้งสอง ในขณะที่สาร Working solution เมื่อใช้ครบ 1 รอบการทำงานจะเกิดความชื้นและมีสิ่งสกปรกปนเปื้อน จึงมีการใช้สารซิลิกา-อะลูมินาในการดูดความชื้นและสิ่งสกปรกออก โดยปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตดังนี้

ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชั่น

$$EQ + H_2 \longrightarrow EQH \qquad (1.1)$$

ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

$$EQH + O_2 \longrightarrow EQ + H_2O_2 \qquad (1.2)$$

การดูดความชื้นและสิ่งสกปรก

$$EQ + \text{silica-alumina} \longrightarrow EQ + \text{Spent silica-alumina} \qquad (1.3)$$

ซึ่งในกระบวนการนี้ จะก่อให้เกิดของเสียประเภทสารประกอบซิลิกา-อะลูมินาเป็นจำนวนมาก โดยประมาณการได้ว่าจะเกิดซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็นจำนวนมากกว่า 100 ตันต่อปี ดังนั้นนอกจากจะทำให้เกิดของเสียซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วขึ้นมากมายแล้ว โรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ยังต้องรับภาระค่าใช้จ่ายในการบำบัดซิลิกา- อะลูมินาที่ใช้แล้วอีกด้วย

2.2 สารแอนทราควิโนน (Anthraquinone)

แอนทราควิโนนเป็นสารประกอบจำพวกควิโนนที่พบมากที่สุดและมีความสำคัญที่สุด พบได้ทั้งในรูปอิสระและในรูปกลัยโคไซด์ และอาจพบในรูป Reduce forms เช่น Oxanthrones, Anthranols, Anthrones และ Dianthrones

แอนทราควิโนนมีโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย 3-ring system เป็นสารที่มีสีแดงส้ม แต่อาจพบได้ตั้งแต่สีเหลือง-น้ำตาล ส่วน aglycone ของแอนทราควิโนนละลายได้ดีในด่างให้สีชมพู-แดง ละลายได้ใน organic solvent เช่น เบนซีน อีเทอร์ และคลอโรฟอร์ม เป็นต้น

จากการศึกษาทางเภสัชศาสตร์ พบว่า Free Anthraquinone เป็นสารที่ออกฤทธิ์เป็นยาถ่ายหรือยาระบาย โดยที่สารแอนทราควิโนนมีฤทธิ์เป็นยาระบายได้ เนื่องมาจากถูกรีดิวส์ให้เป็น Free anthranol โดยแบคทีเรียในลำไส้

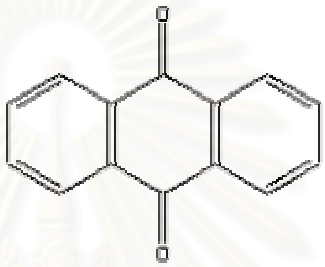
2.2.1 ชื่อเคมี IUPAC: 9,10-Dioxoanthracene;

ชื่อเคมีทั่วไป 9, 10-Anthraquinon

ชื่อพ้องอื่นๆ Anthraquinone; 9,10-Anthracenedione; 9,10-Dihydro-9,10-dioxoanthracene; Anthradione; Corbit; Hoelite; Morkit; Anthracenequinone; Anthracenedione; Anthrapel;

สูตรโมเลกุล $C_{14}H_8O_2$

สูตรโครงสร้าง



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของสารแอนทราควิโนน (Anthraquinone)

2.2.2 การใช้ประโยชน์ (Uses)

เป็นสารเริ่มในการถ่ายภาพ และการผลิตสีย้อม

เป็น Free anthranol เป็นสารที่ออกฤทธิ์เป็นยาถ่ายหรือยาระบาย เนื่องจากถูก reduced โดยแบคทีเรียในลำไส้

2.2.3 ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD_{50} (มก./กก.): > 0.001 (หนู)

LC_{50} (มก./$ม^3$): 1300/4 ชั่วโมง (หนู)

2.2.4 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ : เป็นผลึก

สี : เหลือง

กลิ่น : เฉพาะตัว

น้ำหนักโมเลกุล : 208.22

จุดเดือด (^{0}ซ.) : 379-381

จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง (^{0}ซ.): 283-285

ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ=1): 1.438

ความหนาแน่นไอ (อากาศ=1): 7.16

ความดันไอ (มม.ปรอท): 1 ที่ 190 ^{0}ซ.

ความสามารถในการละลายน้ำที่ (กรัม/100 มล.): ไม่ละลายน้ำที่20^{0}ซ.

แฟคเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm = 8.51 มก./ม^{3}

2.2.5 ข้อมูลทางกายภาพและเคมีอื่น ๆ: สารนี้สามารถละลายได้ในอีเธอร์ และตัวทำละลายอินทรีย์ สามารถทำให้เป็นผลึกอีกครั้งจากตัวทำละลายที่มีจุดเดือดสูงโดยเฉพาะจากตัวทำละลาย Pyridine ที่มีขั้ว, Aniline, Nitrobenzene, Amine และ Dimethylformmamine

2.2.6 อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ-การหายใจเข้าไป จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อ เมือก และทางเดินหายใจส่วนบน

สัมผัสทางผิวหนัง-การสัมผัสถูกผิวหนัง จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อ ผิวหนัง สารนี้อาจทำให้เกิดปฏิกิริยาภูมิแพ้ที่ผิวหนังได้

กินหรือกลืนเข้าไป-การกลืนกินเข้าไป จะทำให้เกิดอันตรายได้

สัมผัสถูกตา-การสัมผัสถูกตา จะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อตา

2.2.7 ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

สารที่เข้ากันไม่ได้: สารออกซิไดซ์อย่างแรง

สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัวหรือการเผาไหม้คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์

2.2.8 การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

จุดวาบไฟ (^{0}ซ.): 185

จุดลุกติดไฟได้เอง (^{0}ซ.): 650

2.2.9 การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

วิธีการปฏิบัติอุบัติเหตุเมื่อเกิดการรั่วไหล ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจ ชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) รองเท้าบูทยาง และถุงมือยาง

เก็บส่วนที่หกรั่วไหลเพื่อนำไปกำจัด

หลีกเลี่ยงการเกิดฝุ่น

จัดให้มีการระบายอากาศในพื้นที่และล้างบริเวณหกรั่วไหล

การกำจัดสารนี้นำไปละลายหรือไปผสมกับตัวทำลายที่เผาไหม้ได้จากนั้นนำไปเผาในเตาเผาสารเคมี

ป้องกันไม่ให้สารเคมีที่หกรั่วไหล ไหลลงสู่ท่อระบายน้ำ แม่น้ำ และแหล่งน้ำอื่นๆ

2.2.10 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

ไม่ก่อให้เกิดผลต่อระบบนิเวศน์ หากมีการใช้และจัดการกับสารอย่างเหมาะสม

2.2.11 การเก็บและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

วิธีการเก็บตัวอย่าง: กระดาษกรองหลอดเก็บตัวอย่าง อิมพิ้นเจอร์

วิธีการวิเคราะห์: ชั่งน้ำหนัก แก๊ซโครมาโตกราฟฟี สเปคโตโฟโตมิเตอร์อะตอมมิกแอบซอปชั่น

2.3 ซิลิกา – อะลูมินาที่ใช้แล้ว (Spent silica-alumina)

ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว จัดเป็นของเสียจากอุตสาหกรรมที่ได้จากกระบวนการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจนทำปฏิกิริยากันโดยมีสาร Working solution (EQ) ซึ่งเป็นสารละลายที่เกิดจากสารประกอบในกลุ่มแอนทราควิโนน สาร Working solution นี้เป็นสารที่ทำให้เกิดการรวมตัวของก๊าซทั้งสอง ในขณะที่สาร Working solution เมื่อใช้ครบ 1 รอบการทำงานจะเกิดความชื้นและมีสิ่งสกปรกปนเปื้อน จึงจำเป็นต้องใช้สารซิลิกา-อะลูมินาในการดูดความชื้นและสิ่งสกปรกออก ดังนั้นในกระบวนการนี้เองทำให้เกิดซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ซึ่งมีส่วนประกอบและ องค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว (ประเสริฐ, 2541)

ส่วนประกอบ	ปริมาณโดยน้ำหนัก	
	มก./ก.	%
Aluminium oxide	550-630	55.0-63.0
Silicium oxide	120-160	12.0-16.0
Water soluble salt	70-130	7.0-13.0
Moisture content	100	10.0
Ethyl tetrahydro anthraquinone	23.08	2.31
Ethyl anthraquinone	9.85	0.99
Ethyl dihydroxy anthraquinone	6.61	0.66

หมายเหตุ : ข้อมูลจากโรงงานผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จังหวัดระยอง

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

สารประกอบ	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)			
	โรงงานอุตสาหกรรม (อ้างถึงใน ไลทิพย์, 2542)	เปรมฤดี (2544)	สุจิตรา (2545)	หฤษฎ์ (2546)
Al_2O_3	55.0-63.0	88.67	67.27	67.94
CaO	-	0.71	0.46	0.21
Cl	-	Trace	Trace	0.04
Fe_2O_3	-	N.D.	N.D.	0.03
K_2O	-	Trace	Trace	0.01
MgO	-	N.D.	N.D.	N.D.
Na_2O	-	5.21	12.92	11.78
SiO	12.0-16.0	4.12	16.12	17.32
SO_3	-	1.29	3.23	2.68

หมายเหตุ: N.D. หมายถึงตรวจวิเคราะห์ไม่พบสารดังกล่าว (Not detected)

- หมายถึงไม่มีข้อมูลการวิเคราะห์

ตารางที่ 2.3 ขนาดอนุภาคซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว (หฤษฎ์, 2546)

	$D\ 10_{\%}$	$D50_{\%}$	$D90_{\%}$
	(ไมครอน)		
$SA_{100,UNT}$	110.77	213.69	360.75
$SA_{100,TRT}$	108.53	200.01	334.10
$SA_{100,UNT}$	2.25	32.58	119.47
$SA_{100,TRT}$	1.73	23.46	112.22

$SA_{ORG,UNT}$ = ซิลิกา- อะลูมินาที่ใช้แล้วสถานะดั้งเดิม

$SA_{ORG,TRT}$ = ซิลิกา- อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดดั้งเดิมและเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

$SA_{100,UNT}$ = ซิลิกา- อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอน

$SA_{100,TRT}$ = ซิลิกา- อะลูมินาที่ใช้แล้วขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมครอนและเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2.4 ความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว (หฤษฎ์, 2546)

	ความถ่วงจำเพาะ	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
$SA_{ORG,UNT}$	1.93	25.33
$SA_{ORG,TRT}$	2.86	54.83
$SA_{100,UNT}$	2.07	31.01
$SA_{100,TRT}$	2.82	62.45

2.4 ตัวทำละลาย

เนื่องจากคุณสมบัติของสารแอนทราควิโนนเป็นสารอินทรีย์ ซึ่งมีความสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายมีขั้ว และตัวทำละลายอินทรีย์ ดังนั้นจึงมีการเลือกใช้ตัวทำละลายที่มีความเหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว โดยมีการนำของเสียดังกล่าวมาสกัดด้วยตัวทำละลายในกลุ่มแอลกอฮอล์ ซึ่งได้แก่ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล เนื่องจากตัวทำละลายในกลุ่มแอลกอฮอล์มีความเป็นพิษต่ำ ระยะการตกค้างต่อสิ่งแวดล้อมไม่ยาวนาน และมีวิธีในการกำจัดไม่ยุ่งยาก นอกจากนี้ด้วยคุณสมบัติในการระเหยได้ง่าย ทำให้สะดวกต่อการนำสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้ไปใช้ได้จริงต่อไป

2.4.1 เอทานอล

2.4.1.1 ชื่อเคมี IUPAC: Ethanol

ชื่อพ้องอื่นๆ Anhydrol; Alcohol; Methylcarbinol; Denatured alcohol; Ethyl hydrate; Ethyl hydroxide; Algrain; Cologne spirit; Fermentation alcohol; Grain alcohol; Jaysol; Jaysol s; Molasses alcohol; Potato alcohol; Spirit; Spirits of wine; Tecsol; Alcohol dehydrated; Ethanol 200 proof; Cologne spirits (alcohol); Sd alcohol 23-hydrogen; Synasol; Ethanol absolute

สูตรโมเลกุล C_2H_6O

สูตรโครงสร้าง

รหัส IMO

2.4.1.2 การใช้ประโยชน์ (Uses)

สามารถใช้ในการผลิตเครื่องดื่ม:เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ผลิตก๊าซโซลีน ใช้ในการผลิตยา ใช้เป็นตัวทำละลาย ใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน และใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง

2.4.1.3 ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD_{50} (มก./กก.): 7076 (หนู)

LC_{50} (มก./$ม^3$): > 10,000/ชั่วโมง (ปลา)

IDLH (ppm): 3300

PEL-TWA (ppm): 1000

TLV-TWA (ppm): 1000

2.4.1.4 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ: ของเหลว

สี: ใส ไม่มีสี

กลิ่น: เฉพาะตัว

น้ำหนักโมเลกุล: 46.07

จุดเดือด (^{0}ซ.): 78

จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง (^{0}ซ.): -114

ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ=1): 0.789

ความหนาแน่นไอ (อากาศ=1): 1.6

ความหนืด (mPa.sec): 1.41

ความดันไอ (มม.ปรอท): 43ที่20^{0}ซ.

แฟคเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm = 1.88 มก./$ม^3$

2.4.1.5 อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ : การหายใจเข้าไป ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดอาการ ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ ไอ เซื่องซึม และเกิดโรคน้ำท่วมปอด

สัมผัสทางผิวหนัง : การสัมผัสถูกผิวหนัง ทำให้เกิดการระคายเคือง แสบไหม้ ผื่นแดง สารนี้ดูดซึมผ่านผิวหนัง

กินหรือกลืนเข้าไป : การกลืนหรือกินเข้าไป ทำให้เกิดการระคายเคือง ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ วิงเวียนศีรษะ และมีอาการเซื่องซึม

สัมผัสถูกตา : การสัมผัสถูกตาทำให้เกิดการระคายเคืองทำให้ตาแดง และปวดตาได้

2.4.1.6 ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

ความคงตัว สารนี้ปกติจะเสถียร

สารที่เข้ากันไม่ได้ : สารออกซิไดซ์อย่างแรง โพแทสเซียมไดออกไซด์ โบรมีนเพนตะฟลูออไรด์ เปอร์ออกไซด์ กรด กรดคลอไรด์ กรดแอนไฮไดรส์ โลหะอัลคาไลน์ แอมโมเนีย แพทตินั่ม โซเดียม อะเซทิลคลอไรด์

สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง : ประกายไฟ เปลวไฟ แหล่งความร้อน หรือแหล่งอื่นๆ ที่สามารถทำให้เกิดการจุดติดไฟได้

อันตรายต่อการปฏิกิริยาพอลิเมอร์ : ไม่เกิดขึ้น

2.4.1.7 การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

จุดวาบไฟ (^{0}ซ.) : 13 สารนี้เป็นสารไวไฟ

จุดลุกติดไฟได้เอง (^{0}ซ.) : 363 โดยสามารถเกิดเป็นไอ ระเหย รวมตัวกับอากาศกลายเป็นส่วนผสมที่ระเบิดได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 13 องศาเซลเซียส

ค่า LEL % : 3.3

UEL % : 19

LFL % : 3.3

UFL % : 19

NFPA Code: NFPA 704 Code

สารดับเพลิง : น้ำใช้ดับเพลิงไม่ได้ผล ให้ใช้โฟม แอลกอฮอล์

สารที่เกิดจากการเผาไหม้ และการสลายตัว: เนื่องจากความร้อน ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์

ไอระเหยหนักกว่าอากาศเล็กน้อยจะไหลแพร่กระจายไปสู่จุดติดไฟและเกิดไฟย้อนกลับมาสู่จุดรั่วไหลหรือภาชนะที่ปิดอยู่

2.4.1.8 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

จะไม่ก่อให้เกิดผลต่อระบบนิเวศน์ หากมีการใช้และจัดการกับ สารอย่างเหมาะสม

2.4.1.9 การเก็บและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

NMAM NO.: 1400

วิธีการเก็บตัวอย่าง: หลอดเก็บตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์: แก๊ซโครมาโตกราฟฟี

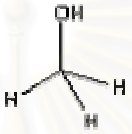
2.4.2 เมทานอล

2.4.2.1 ชื่อเคมี IUPAC: Methanol

ชื่อเคมีทั่วไป Methyl alcohol

ชื่อพ้องอื่นๆ Wood alcohol; Carbinol; Methylol; Wood; Columbian spirits; Colonial spirit; Columbian spirit; Methyl hydroxide; Monohydroxymethane; Pyroxylic spirit; Wood naphtha; Wood spirit; Methyl Alcohol (Methanol);

สูตรโมเลกุล CH_4O

สูตรโครงสร้าง 

รหัส IMO

2.4.2.2 การใช้ประโยชน์ (Uses)

สารนี้ใช้เป็นตัวทำละลาย (SOLVENT)

2.4.2.3 ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD_{50} (มก./กก.): 5600 (หนู)

LC_{50} (มก./$ม^3$): 83840/4 ชั่วโมง (หนู)

IDLH (ppm): 6000

PEL-TWA (ppm): 200

TLV-TWA (ppm): 200

TLV-STEL (ppm): 250

2.4.2.4 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ: ของเหลว

สี: ใสไม่มีสี

กลิ่น: เฉพาะตัว

น้ำหนักโมเลกุล: 32

จุดเดือด (^{0}ซ.): 64.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง (^{0}ซ.): -97.8

ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ=1): 0.79

ความหนาแน่นไอ (อากาศ=1): 1.1

ความดันไอ (มม.ปรอท): 96

ความสามารถในการละลายน้ำที่ (กรัม/100 มล.): ละลายน้ำได้ที่20^{0}ซ.

แฟคเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm = 1.31 มก./ม^3

2.4.2.5 อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ-การหายใจเข้าไป จะก่อให้เกิดการระคายเคือง ตา จมูก ลำคอ และทางเดินหายใจ กดระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ ง่วงนอน ถ้าสัมผัสปริมาณมากจะทำให้อาการโคม่าและตายได้ เนื่องจากระบบหายใจล้มเหลว

สัมผัสทางผิวหนัง-การสัมผัสถูกผิวหนัง ไอระเหยของเหลวของ สารนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียชั้นไขมันของผิวหนัง ทำให้ผิวหนังแห้ง แตก และเกิดผื่นแดง

กินหรือกลืนเข้าไป-การกลืนหรือกินเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองเยื่อเมือกของปากและลำคอ ทำให้เกิดอาการไอ ท้องร่วง ปวดท้อง ปวดศีรษะ และง่วงซึม

สัมผัสถูกตา-การสัมผัสถูกตาจะก่อให้เกิดการระคายเคือง และทำให้เยื่อเมือกตาอักเสบ เกิดตาแดง และสายตาพร่ามัว

การก่อมะเร็ง และความผิดปกติอื่นๆ -ถ้าสัมผัสสารนี้บ่อยๆ เป็นเวลานานจะทำให้ผิวหนังอักเสบ สารนี้สามารถดูดซึมผ่านผิวหนังมีผลทำให้ระบบประสาทส่วนกลางถูกกดทำให้ปวดศีรษะ ง่วงนอน เวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง หากสัมผัสสารนี้ในปริมาณมากอาจทำให้เกิดอาการโคม่าและตายได้ มีผลกระทบต่อการมองเห็น โดยปกติอาการจะรุนแรงขึ้นหลังจากการสัมผัส 12-18 ชั่วโมง

2.4.2.6 ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

ความคงตัวทางเคมี: สารนี้มีความเสถียร

สารที่เข้ากันไม่ได้: สารออกซิไดซ์อย่างแรง โลหะอัลคาไลท์ กรดซัลฟูริกและกรดไนตริกเข้มข้น แอลดีไฮด์ และแอซัลคลอไรด์

สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง: ความร้อน ประกายไฟ และแหล่งจุดติด ไฟอื่นๆ

2.4.2.7 การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

สารดับเพลิงในกรณีเกิดเพลิงไหม้ให้ใช้: ผงเคมีแห้ง คาร์บอนไดออกไซด์ โฟม แอลกอฮอล์ หรือน้ำฉีดเป็นฝอยเพื่อหล่อเย็นภาชนะบรรจุที่สัมผัสกับเปลวไฟและลดการฟุ้งกระจายของไอระเหย โดยอย่าใช้น้ำฉีดเป็นลำเพราะจะทำให้เปลวไฟแพร่กระจาย

สารอันตรายที่เกิดจากการเผาไหม้: คาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์

จุดวาบไฟ (^{0}ซ.): 12.2

จุดลุกติดไฟได้เอง (^{0}ซ.): 464

ค่า LEL %: 5.5

LFL %: 5.5

UEL %: 36.5

UFL %: 36.5

2.4.2.8 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

สารนี้สามารถเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่าย

สารนี้คาดว่าจะไม่ก่อให้เกิดการสะสมทางชีวภาพ

เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำเป็นพิษต่อปลาและแพลงค์ตอน

เมื่อรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำ จะก่อให้เกิดสารผสมที่มีพิษ ไม่สามารถเจือจางได้ และอาจเกิดการผสมกับอากาศเหนือผิวน้ำให้ไอของสารที่ระเบิดได้ ไม่ส่งผลอันตรายต่อระบบบำบัดน้ำทิ้ง หากมีการใช้และจัดการสารเคมีอย่างเหมาะสม

2.4.2.9 การเก็บและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

NMAM NO.: 2000, 3800

วิธีการเก็บตัวอย่าง: หลอดเก็บตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์: แก๊สโครมาโตกราฟฟี่

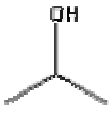
2.4.3 ไอโซโพรพานอล

2.4.3.1 ชื่อเคมี IUPAC: 2-Propanol; Isopropanol

ชื่อเคมีทั่วไป Isopropyl alcohol; 2-Propyl alcohol; Sec-propyl alcohol

ชื่อพ้องอื่นๆ IPA; Sec-propanol; Rubbing Alcohol; Dimethylcarbinol; Sec-Propyl alcohol; Alcohol; Propan-2-ol; I-Propanol; 2-Hydroxypropane; Alcojel; Alcosolve; Avantin; Chromar; Combi-schutz; Hartosol; Imsol a; Isohol; Lutosol; Petrohol; N-propan-2-ol; Propol; Spectrar; Sterisol hand disinfectant; Takineocol; Alcosolve 2; DuPont Zonyl FSP Fluorinated Surfactants; DuPont Zonyl FSJ Fluorinated Surfactants; DuPont Zonyl FSA Fluorinated Surfactants; DuPont Zonyl FSN Fluorinated Surfactants; Isopropyl Alcohol(Manufacturing, strong-acid process);

สูตรโมเลกุล C_3H_8O

สูตรโครงสร้าง 

2.4.3.2 การใช้ประโยชน์ (Uses)

ใช้ในการผลิตเครื่องสำอางและอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

2.4.3.3 ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD_{50} (มก./กก.): 4710 (หนู)

LC_{50} (มก./$ม^3$): 41650/ชั่วโมง (หนู)

IDLH (ppm): 2000

PEL-TWA (ppm): 400

PEL-STEL (ppm): 500

TLV-TWA (ppm): 400

TLV-STEL (ppm): 500

2.4.3.4 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ: ของเหลว

สี: ไม่มีสี

กลิ่น: เหมือนยางแอลกอฮอล์ ฉุน

น้ำหนักโมเลกุล: 60.09

จุดเดือด (^{0}ซ.): 82.3

จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง(^{0}ซ.): -88.5

ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ=1): 0.8044

ความหนาแน่นไอ (อากาศ=1): 2.1

ความหนืด (mPa.sec): 2.4

ความดันไอ (มม.ปรอท): 33 ที่ 20^0ซ

ความสามารถในการละลายน้ำที่ (กรัม/100 มล.): ละลายน้ำได้ที่ 20^0ซ

แฟคเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm = 2.45 มก./$ม^3$

2.4.3.5 อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ:การหายใจเข้าไปไม่เป็นอันตรายมาก แต่เกิดการระคายเคืองจมูกและลำคอ และระบบทางเดินหายใจ อาการที่แสดงต่อมาเมื่อได้รับสารเพิ่มขึ้น คือ ปวดหัว คลื่นไส้ วิงเวียน อาเจียน ถ้าได้รับปริมาณสูงขึ้นอาจทำให้หมดสติหรือตายได้

สัมผัสทางผิวหนัง:การสัมผัสถูกผิวหนังไม่ทำให้เกิด การระคายเคืองบริเวณผิวหนังในกรณีที่สัมผัสในเวลาอื่นๆ แต่ถ้าสัมผัสนาน จะทำให้ผิวหนังแห้งและผิวหนังแตก

กินหรือกลืนเข้าไป:การกลืนเข้าไปปริมาณมากทำให้ อาการ ทรุดหนักลงไป อาการคล้ายการสัมผัสทางหายใจ ซึ่งควรนำไปพบแพทย์ อาการคือจะอาเจียน และมี

อันตรายเกี่ยวกับปอด

สัมผัสถูกตา:การสัมผัสถูกตาทำให้เกิดการระคาย บริเวณตา ถ้าสัมผัสถูกสารที่ 400 ppm ประมาณ 3-5 นาที ถ้าสัมผัสที่ 800 ppm จะทำให้เกิดแผลอาจจะไม่เป็นอันตรายต่อคน แต่จากการทดลองเป็นอันตรายต่อสัตว์ เมื่อได้รับในอัตราที่สูง

การก่อมะเร็ง ความผิดปกติอื่น ๆ:อาจจะไม่เป็นอันตรายต่อคน แต่จากการทดลองเป็นอันตรายต่อสัตว์ เมื่อได้รับในอัตราที่สูง สารทำลายระบบประสาท ไต ระบบหลอดเลือดเลี้ยงหัวใจ ระบบทางเดินอาหาร

2.4.3.6 ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

ความลงตัวทางเคมี: สารนี้เสถียร เกิดรูปเปอร์ออกไซด์ในความมืด และไวต่อแสงแดด ทำให้อยู่ในรูปของคีโตนเมื่อเกิดปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดรีน

สารที่เข้ากันไม่ได้: สารออกซิไดส์อย่างแรง (โครเมียมไตรออกไซด์ หรือเปอร์คลอเรต หรือเปอร์ออกไซด์) ซึ่งเสี่ยงต่อการติดไฟ ระเบิด กรดเข้มข้น (กรดไนตริก หรือกรดซัลฟูริก หรือโอลีน) ปฏิกิริยาที่รุนแรงและอันตราย โลหะอัลคาไลน์ และอัลคาไลน์เอริท์ (ไม่เกิดการติดไฟได้ก๊าซไฮโดรเจน) อลูมิเนียม เกิดปฏิกิริยารุนแรง และไม่ให้ความร้อนโครโตนานดีไฮน์หรือฟอสจีน โพแทลเซี่ยลบิวทิวออกไซด์ ไตรไนโตรมีเทป

สภาพที่ควรหลีกเลี่ยง: เปลวไฟ ประกายไฟ ประจุไฟฟ้า ความร้อน แสง และสารติดไฟ

อันตรายของการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์: ไม่เกิดขึ้น

การกัดกร่อนของโลหะ: แอนไฮดริส โพรพานอลไม่กัดกร่อน เหล็กสเตนเลท เหล็กกล้า ทองแดง บรอนซ์ และอัลลอยด์ที่อุณหภูมิปกติ

2.4.3.7 การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

จุดวาบไฟ (^{0}ซ.): 11.7

จุดลุกติดไฟได้เอง (^{0}ซ.): 399

ค่า LEL %: 2

UEL %: 12

LFL %: 2.3

UFL %: 12.7

NFPA Code:

2.4.3.8 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

ห้ามทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ น้ำเสีย หรือดิน

สารนี้สามารถเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้

ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ หากมีการใช้และจัดการกับผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม

2.4.3.9 การเก็บและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

วิธีการเก็บตัวอย่าง หลอดเก็บตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์ แก๊ซโครมาโตกราฟฟี

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Trease และ Evans (1989) ทำการศึกษาถึงลักษณะทางเคมีของแอนทราควิโนน พบว่า มีจุดหลอมเหลวสูงและมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ น้ำร้อน และในแอลกอฮอล์เจือจาง นอกจากนี้ ยังพบว่าแอนทราควิโนนที่มีหมู่กรดคาร์บอกซิลิกอิสระสามารถถูกแยกออกจากสารแอนทราควิโนนตัวอื่นได้ โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์กับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต

Gritsan และ คณะ (1995) ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาระหว่าง 1,10-แอนทราควิโนน (1,10-Anthraquinones) แอลกอฮอล์ และเอมีน ปฏิกิริยาเริ่มจาก 2-เมทิลลามิโน-9-(พีเทิร์ด-บิวทิล ฟีนอกซี)-1,10-แอนทราควิโนน (2-methylamino-9-(p-tert-butylphenoxy)-1,10-anthraquinones) เมื่อมีแสงในการเร่งปฏิกิริยาจะได้สารประกอบที่ไม่สามารถเปลี่ยนรูปย้อนกลับและจะแยกเป็นอิสระ อย่างไรก็ตาม นั่นแสดงให้เห็นว่า ลักษณะปฏิกิริยาของ 1,10-แอนทราควิโนน (1,10-Anthraquinones) ดังเช่นปฏิกิริยาระหว่าง 1,10-แอนทราควิโนน (1,10-Anthraquinones) และเมทานอล เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องพบว่า จะเกิดการแยกตัวออก และได้ลักษณะเฉพาะของ 9-เมทอกซี-9-(พี-เทิร์ด-บิวทิลฟีนอกซี)-1-ไฮดรอกซี-2-เมทิลลามิโน-10-แอนโทรน (9-methoxy-9-(p-tert-butylphenoxy-1-hydroxy-2-methylamino-10-anthrone) และ มีการแทนที่ด้วย 9,9-ไดเมทอกซี-1-ไฮดรอกซี-2-เมทิลลามิโน-10-แอนโทรน (9,9-dimethoxy-1-hydroxy-2-methylamino-10-anthrone) โดยปฏิกิริยาระหว่าง9-เอริลออกซี-1,10แอนทราควิโนน (9-aryloxy-1,10-anthraquinones) และเมทานอลเกิดการเคลื่อนที่เข้าสู่ส่วนกลาง ซึ่งสอดคล้องกับปฏิกิริยาของ 1-ไฮดรอกซี,9-เมทอกซี,9-เอริลออกซี-10-แอนโทรน (1-hydroxy-9-methoxy-9-aryloxy-10-anthrone) ในส่วนของปฏิกิริยาของ 9-เอริลออกซี-1,10-แอนทราควิโนน (9-aryloxy-1,10-anthraquinones) กับสารประกอบที่มีโครงสร้างแบบเส้น และ เอมีนที่มีโครงสร้างแบบวง ผลที่ได้คือ 9-อัลคิล (เอริล) อะมิโน-1,10- แอนทราควิโนน (9-alkyl(aryl)amino-1,10-anthraquinones) นอกจากนี้ ยังมีการเปรียบเทียบความสามารถในการทำละลายของตัวทำละลาย 8 ชนิด คือ

เฮกเซน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ เอทิลอะซิเตต ไดคลอโรมีเทน อะซิโตรไนไตร คลอโรฟอร์ม ไอโซโพรพานอล และเอทานอล พบว่า เอทานอลมีประสิทธิภาพในการทำละลายมากที่สุด คือ สามารถสกัดได้ 36 ถึง 46 เปอร์เซนต์

Santacesaria และ คณะ (1999) ได้ทำการศึกษากลไก และการเร่งปฏิกิริยาการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่า แอนทราควิโนนเป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามในสี่ขั้นตอน ได้แก่ การรวมตัวของไฮโดรเจน 2-เอทิลเตตตระไฮโดรแอนทราควิโนน (2-ethyltetrahydro anthraquinones) โดยการเร่งปฏิกิริยาของพาราเดียม, ปฏิกิริยาออกซิเดชันของการได้ผลิตภัณฑ์ในขั้นแรก และปฏิกิริยาย้อนกลับของการแตกสลายของควิโนนในบางปฏิกิริยา

Khristova (2001) ได้ทำการทดลองเรื่อง การเติมอัลคาไลต์ในกระบวนการทำเยื่อกระดาษจากสาร Soda-anthraquinone (soda-AQ), alkaline sulfite-anthraquinone (AS-AQ) และ ASAM (alkaline sulfite-anthraquinone-methanol) ที่ได้จากการสกัดส่วนต่างๆ เช่น แกน เปลือก และก้านจากต้น Sudan ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดความแตกต่างของภาวะและคุณสมบัติของกลไกที่ดีขึ้น ซึ่งกระบวนการ AS-AQ เป็นกระบวนการที่สามารถทำให้เกิดผลผลิตที่เหมาะสม มีความหนืด ความสว่างและความแข็งของเยื่อไม้ที่ดี กระบวนการทำเยื่อกระดาษแบบ ASAM ได้ถูกคัดเลือกเพื่อใช้ในกระบวนการขจัดลิกนินเพื่อทำให้ได้ผลผลิตที่สูงขึ้น จากการทดลองพบว่าค่า Kurschner-Hoffer cellulose ที่ต่ำและความหนืด ความสว่างที่เหมาะสมทำให้เกิดเยื่อไม้ที่มีความแข็งแรงมากขึ้น การประยุกต์ใช้โดยนำ TCF มาปั่นผสมกับเนื้อเยื่อไม้ที่มีส่วนผสมของ soda-AQ และ ASAM จะให้คุณสมบัติของความสว่างและความแข็งแรงมากที่สุด

Raisanen (2002) การย้อมขนสัตว์โดยใช้ Dermorubin และ 5-Chlorodermorubin ซึ่งเป็น Anthraquinone ธรรมชาติ เทคนิคการย้อมขนสัตว์โดยใช้กรดเป็นวิธีการแรกที่ใช้ในกระบวนการย้อมโดยจะใช้ส่วนผสมของ Anthraquinine Carboxylic Acid ที่บริสุทธิ์สองชนิดคือ Dermorubin และ 5-Chlorodermorubin ในอัตราส่วนสองต่อหนึ่ง โดยสาร Anthraquinone Carboxylic acid ที่แยกได้จากรา *Dermocybe Sanguinea* หลังจากนั้นจะนำมาแยกด้วยวิธี Liquid-liquid Partition โดยอาศัยความแตกต่างของค่าความเป็นกรดด่าง คุณสมบัติการเปลี่ยนสีของผ้าที่ย้อมแล้วและผ่านการถูกซักล้างจะเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาประสิทธิภาพของสีย้อม และการเติมสารAnthraquinine Carboxylic Acid ในสีย้อมที่สูงจะมีผลต่อการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนระหว่าง carboxylate ion ที่อยู่ในสีย้อมและ กลุ่ม protonate amino ในผ้าขนสัตว์ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนสีของผ้าที่ผ่านการย้อม

Bailey และ Williams (2004) ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แอนทราควิโนนและแนปโทควิโนน พบว่า ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ของ 6,7-แนปโทควิโนน และ 2,3,6,7 แอนทราควิโนน ได้มาจากการพัฒนาในการให้มีการแทนที่ของไทโอฟีนไดออกไซด์ และเบนโซควิโนน และแนปโทควิโนน

ประเสริฐ (2541) ศึกษาการนำซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วและปรอทซัลไฟด์มาทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ได้ศึกษาการชะละลายสารแอนทราควิโนน ด้วยเมทานอลจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1 กรัม จะมีสารแอนทราควิโนนถูกชะละลายเท่ากับ 0.02818 กรัม และพบว่า ประสิทธิภาพในการลดการชะละลายของสารแอนทราควิโนนเท่ากับ 61.97 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณการค่าใช้จ่ายในการบำบัดประมาณ 5,110 บาทต่อตันของตะกอนแห้ง

ไลทิพย์ (2542) ศึกษาการนำซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์ในการทำวัสดุปูพื้น ซึ่งมีการศึกษาปริมาณการชะละลายของสารแอนทราควิโนน พบว่า ปริมาณการชะละลายของสารแอนทราควิโนนที่อัตราส่วนซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อปูนซีเมนต์ และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนที่ใช้ ในส่วนของประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ระยะเวลาในการบ่ม 28 วัน พบว่าประสิทธิภาพการชะละลายเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณการชะละลายสารแอนทราควิโนนมากขึ้น และประสิทธิภาพของการชะละลายสารแอนทราควิโนน สรุปได้ว่าอยู่ในช่วง 54 ถึง 72 เปอร์เซ็นต์

ศิริกานต์ (2544) ทำการศึกษาการสกัดแยกแอนทราควิโนนจากใบมะขามแขกด้วยเมทานอล ได้สารสกัดเข้มข้นหนัก 45 กรัม และตรวจสอบด้วยปฏิกิริยาการเกิดสีด้วยปฏิกิริยาเคมี ได้ผลการทดสอบเป็นบวก (Positive test) แสดงว่าในสารสกัดจากใบมะขามแขกมีแอนทราควิโนน พบว่า สีจากการทดสอบแอนทราควิโนนจากสารสกัดจากใบมะขามแขกสารสกัดในชั้นเบนซีน เมื่อใส่สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลิตร ได้สีชมพูแดงในชั้นของด่าง ไม่ใส่สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลิตร ได้สารละลายสีเหลือง และเมื่อใส่สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลิตร ได้สารละลายสีแดงในชั้นของด่าง และทำการศึกษาการแยกแอนทราควิโนนจากใบมะขามแขก ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง พบว่า เมื่อใช้ไดคลอโรมีเทน : เอธิลอะซิเตต อัตราส่วน 3 : 7 ได้ค่า R_f เท่ากับ 0.82 เมื่อใช้คลอโรฟอร์ม : เมธานอล อัตราส่วน 2 : 8 ได้ค่า R_f เท่ากับ 0.72

ผุสดี (2546) ศึกษาการนำซิลิกา-อะลูมินาและชานอ้อยที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์ในการทำคอนกรีตบล็อก โดยทำการทดสอบการชะละลายสารแอนทราควิโนนด้วยเครื่องโพลาโรแกรมโดยใช้เมทานอลเป็นตัวสกัด พบว่า สารแอนทราควิโนนในน้ำชะละลายของคอนกรีตบล็อกปูผนังรับน้ำหนักก่อนและหลังมีความแตกต่างกัน คือ สารแอนทราควิโนน ในคอนกรีตบล็อกปูผนังรับน้ำหนักมีค่าน้อยกว่าสารแอนทราควิโนนในซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

หฤษฎ์ (2546) ศึกษาการกระจายขนาดของอนุภาคซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว พบว่า ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วที่สถานะดั้งเดิมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเปอร์เซนต์ไทล์ 50 เท่ากับ 213.69 ไมครอน และเมื่อทำการเผาจะทำให้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วมีอนุภาคขนาดเล็กลง โดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเปอร์เซนต์ไทล์เดียวกันจะมีค่าเท่ากับ 200.01 ไมครอน เนื่องจาก

สารปนเปื้อนที่เกาะเคลือบผิวซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วมีจุดเดือดน้อยกว่าที่อุณหภูมิเผา จึงทำให้ถูกระเหยออกไปในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

แผนการดำเนินการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วจากกระบวนการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยใช้เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล เป็นตัวทำละลาย โดยงานวิจัยนี้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 การทดลอง โดยส่วนแรกเป็นการศึกษาตัวทำละลายและสภาวะการสกัดที่เหมาะสมที่สุด ในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว การทดลองที่ 2 ทำการศึกษาการนำกลับมาใช้ใหม่ของตัวทำละลาย และในส่วนสุดท้ายทำการศึกษาเปรียบเทียบและประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ โดยทำการวิจัยที่ตึกมหามกุฎ คณะวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการเคมี ชั้น 12 และ ชั้น 15 และ ห้องปฏิบัติการของสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ชั้น 17 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 การเตรียมวัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับการวิจัย

3.1.1 วัตถุดิบ

- ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว (Spent silica-alumina) จากโรงงานผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จังหวัดระยอง แสดงดังรูปที่ 3.1

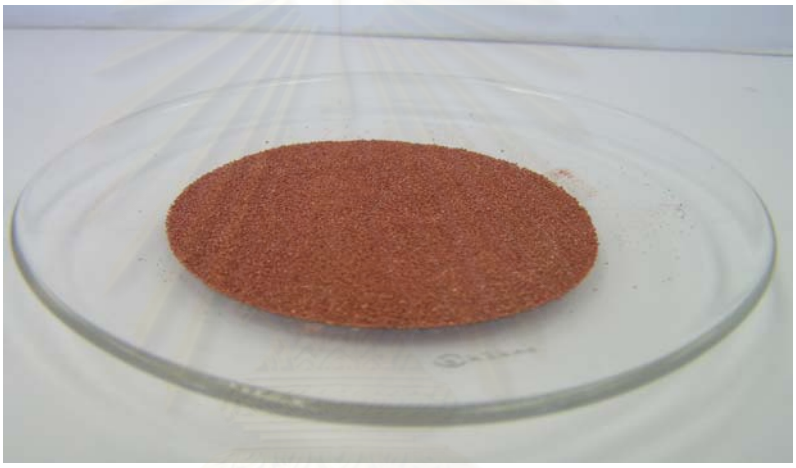
3.1.2 สารเคมี

- 2-Ethylanthraquinone (EQ)
- plant hydrocarbon/DIBC
- re-crystallised EQ
- Tylose
- สารละลายเอทานอล
- สารละลายเมทานอล
- สารละลายไอโซโพรพานอล
- น้ำกลั่น

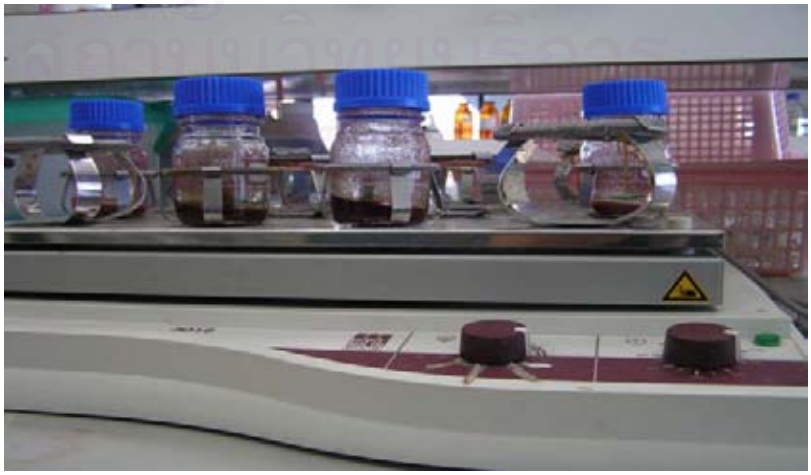
3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องยูวีวิสสิเบิลสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
- เครื่องเขย่า แบบกลับไป-กลับมา (Horizontal Shaker) รุ่น 3016 ยี่ห้อ GLF/Germany แสดงดังรูปที่ 3.2

- ตะแกรงร่อนเส้นผ่านศูนย์กลางรู 0.5 มิลลิเมตร (Laboratory Test Sieve Mesh No. 32)
- กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร อ่านละเอียด 1 มิลลิลิตร
- กระบอกตวงขนาด 2000 มิลลิลิตร อ่านละเอียด 10 มิลลิลิตร
- เครื่องชั่งขนาด 200 กรัม อ่านค่าได้ละเอียด 0.0001 กรัม
- ขวดเขย่าแบบมีฝาปิดขนาด 100 มิลลิลิตร
- ดร็อปเปอร์
- ปิเปต
- กระดาษกรอง เบอร์ 1 ขนาดรูพรุน 0.4 ไมครอน
- กรวยกรอง



รูปที่ 3.1 ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว (Spent silica-alumina)
จากโรงงานผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์



รูปที่ 3.2 เครื่องเขย่าแบบกลับไป-กลับมา (Horizontal Shaker) รุ่น 3016 ยี่ห้อ GLF/Germany

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 ตัวแปรอิสระ

- ระยะเวลาในการชะละลาย
- ขนาดความเร็วรอบ
- ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา

3.2.2 ตัวแปรตาม

- ปริมาณของสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้

3.2.3 ตัวแปรควบคุม

- ปริมาณตัวทำละลายเท่ากับ 10 มิลลิลิตร (กระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6, 2540)

3.3 การดำเนินการวิจัย

3.3.1 ศึกษาหาตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุด

การสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วจากกระบวนการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เอทานอล เมทานอล และ ไอโซโพรพานอล ที่ระดับความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ มีวิธีการสกัดดังนี้

3.3.1.1 ศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสม ในการสกัดสารแอนทราควิโนน

1. ชั่งน้ำหนักซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิด 3 หลอด
2. ปิเปตตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด คือ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองชนิดละ 3 หลอด
3. นำหลอดทดลองที่มีซิลิกา-อะลูมินาและตัวทำละลายไปเขย่าในเครื่องเขย่าแบบกลับไป-กลับมา (Horizental Shaker) รุ่น 3016 ยี่ห้อ GLF/Germany โดยใช้ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที และแปรผันระยะเวลาเพื่อหาจุดสมดุลของการสกัดสารแอนทราควิโนน
   - ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง คือ 10 20 30 40 50 และ60 นาที
4. นำของเหลวที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเพื่อแยกซิลิกา-อะลูมินาออก
5. นำของเหลวที่แยกได้มาวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนทราควิโนนจากสารสกัดของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ด้วยเครื่องยูวีวิสสิเบิลสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้มากที่สุดในตัวทำลายแต่ละชนิด และนำค่าที่ได้ไปใช้วิเคราะห์ต่อในการทดลองที่ 3.3.1.2 และ 3.3.2.2
6. คำนวณหาปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สามารถสกัดออกมาได้และที่เหลืออยู่ในซิลิกา-อะลูมินาที่ผ่านการสกัด

3.3.1.2. ศึกษาหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ในการสกัดสารแอนทราควิโนน

1. ชั่งน้ำหนักซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิด 3 หลอด

2. ปิเปตตัวทำละลาย ทั้ง 3 ชนิด คือ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองชนิดละ 3 หลอด

3. นำหลอดทดลองที่มีซิลิกา-อะลูมินาและตัวทำละลายไปเขย่าในเครื่องเขย่า โดยทำการแปรผันความเร็วรอบในระดับต่างๆ

- ความเร็วรอบที่ใช้ในการทดลองคือ ขนาด 100, 150, 200 และ 250 รอบต่อนาที

- ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง คือ ระยะเวลาที่ได้จากการทดลอง ที่ 3.3.1.1

4. นำของเหลวที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเพื่อแยกซิลิกา-อะลูมินาออก

5. นำของเหลวที่แยกได้มาวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนทราควิโนนจากการสกัดของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ด้วยเครื่องยูวีวิสสิเบิลสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ที่สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้มากที่สุดในตัวทำลายแต่ละชนิด และนำค่าที่ได้ไปใช้วิเคราะห์ต่อในการทดลองที่ 3.3.2.2

6. คำนวณหาปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สามารถสกัดออกมาได้และที่เหลืออยู่ในซิลิกา-อะลูมินาที่ผ่านการสกัด

3.3.1.3 ศึกษาหาปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่ ใช้แล้วต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมในขั้นตอนการสกัด

1. ชั่งน้ำหนักซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิดอย่างละ 3 หลอด

2. ปิเปตตัวทำละลาย ทั้ง 3 ชนิด คือ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองชนิดละ 3 หลอด

3. นำหลอดทดลองที่มีซิลิกา-อะลูมินาและตัวทำละลายไปเขย่าในเครื่องเขย่าโดยกำหนดให้ใช้ระยะเวลาและความเร็วรอบจากการทดลองที่ 3.3.1.1, 3.3.1.2 และ 3.3.1.3

4. นำของเหลวที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเพื่อแยกซิลิกา-อะลูมินาออก

5. นำของเหลวที่แยกได้มาวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนทราควิโนนจากการสกัดของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ด้วยเครื่องยูวีวิสสิเบิลสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อหาปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่เหมาะสม ที่สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้มากที่สุดในตัวทำลายแต่ละชนิด และนำค่าที่ได้ไปใช้วิเคราะห์ต่อในการทดลองที่ 3.3.2.2

6. คำนวณหาปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สามารถสกัดออกมาได้และที่เหลืออยู่ในซิลิกา-อะลูมินาที่ผ่านการสกัด

3.3.2 ศึกษาการนำกลับมาใช้ใหม่ของตัวทำละลาย

3.3.2.1 ศึกษาหาปริมาณซิลิกา-อะลูมินาในการสกัดซ้ำครั้งที่ 2 ของตัวทำละลาย

1. ชั่งน้ำหนักซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิด

2. ปิเปตตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด คือ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง

3. นำหลอดทดลองที่มีซิลิกา-อะลูมินาและตัวทำละลายไปเขย่าในเครื่องเขย่าความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที โดยใช้ระยะเวลา 10 นาที (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2540)

4. นำของเหลวที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเพื่อแยกซิลิกา-อะลูมินาออก

5. นำของเหลวที่ได้จากการสกัดมาสกัดซิลิกา-อะลูมินาซ้ำอีกครั้ง เพื่อหาจำนวนการสกัดซ้ำที่ตัวทำละลายสามารถสกัดได้มากที่สุด โดยวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนทราควิโนน ด้วยเครื่องยูวีวิสสิเบิลสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

6. คำนวณหาปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สามารถสกัดออกมาได้และที่เหลืออยู่ในซิลิกา-อะลูมินาที่ผ่านการสกัด

3.3.2.2 ศึกษาหาปริมาณซิลิกา-อะลูมินาในการสกัดซ้ำครั้งที่ 2 ของตัวทำละลายโดยเลือกใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินาจากการทดลองที่ 3.3.1.1

1. ชั่งน้ำหนักซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วจากการทดลองที่ 1.1ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิด

2. ปิเปตตัวทำละลาย ทั้ง 3 ชนิด คือ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง

3. นำหลอดทดลองที่มีซิลิกา-อะลูมินาและตัวทำละลายไปเขย่าในเครื่องเขย่าที่สภาวะที่ได้จากการทดลองที่ 1.1, 1.2 และ 1.3

4. นำของเหลวที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเพื่อแยกซิลิกา-อะลูมินาออก

5. นำของเหลวที่ได้จากการสกัดมาสกัดซิลิกา-อะลูมินาซ้ำอีกครั้งเพื่อหาจำนวนการสกัดซ้ำที่ตัวทำละลายสามารถสกัดได้มากที่สุด โดยวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนทราควิโนน ด้วยเครื่องยูวีวิสสิเบิลสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

6. คำนวณหาปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สามารถสกัดออกมาได้และที่เหลืออยู่ในซิลิกา-อะลูมินาที่ผ่านการสกัด

3.3.3 ศึกษาเปรียบเทียบและประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ ในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

ประมาณค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว โดยเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ใช้ในตัวทำละลายต่างๆ ตลอดจนคำนวณค่าใช้จ่ายในการนำซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วไปบำบัดโดยการฝังกลบโดยประมาณ เพื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมในการกำจัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว โดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ซึ่งสารแอนทราควิโนนดังกล่าวนี้เป็นสารอินทรีย์มีความสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายมีขั้ว จึงมีการนำของเสียดังกล่าวนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายในกลุ่มแอลกอฮอล์ ซึ่งได้แก่ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล เนื่องจากมีความเป็นพิษต่ำ ระยะการตกค้างต่อสิ่งแวดล้อมไม่ยาวนาน และมีวิธีในการกำจัดไม่ยุ่งยาก

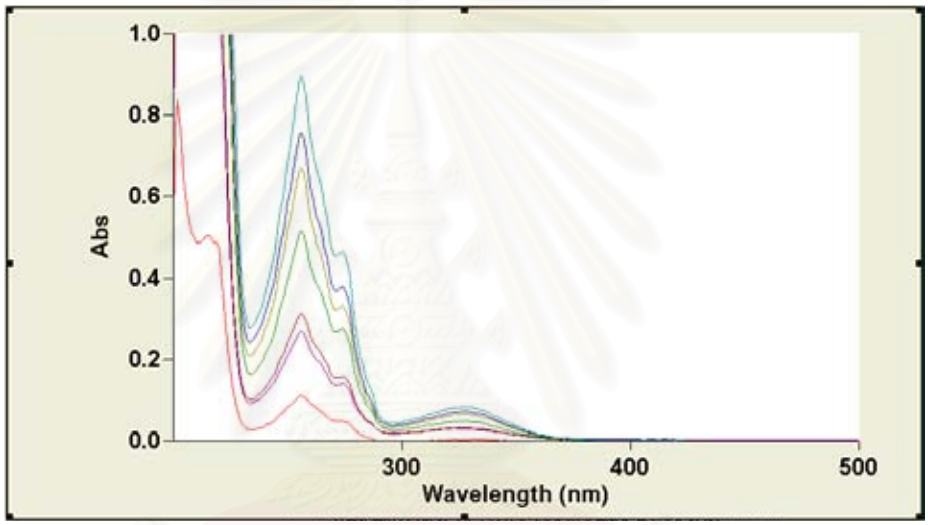
ปัจจุบันซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วกลายเป็นของเสียเหลือทิ้ง โดยจะถูกนำไปกำจัดโดยการฝังกลบ และผู้ประกอบการจำต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดของเสียดังกล่าว แม้ว่าจะมีการนำมาเป็นวัสดุก่อสร้าง แต่ยังมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว เพื่อจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดของเสียดังกล่าว และสามารถนำมาใช้ประโยชน์อีกครั้งในอุตสาหกรรม รวมถึงสารประกอบแอนทราควิโนนซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ก็ยังสามารถนำมาใช้ได้ในอุตสาหกรรมสีย้อมเช่นกัน และสุดท้ายพิจารณาถึงความคุ้มค่า โดยการประมาณค่าใช้จ่ายในการสกัดโดยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสกัดสารแอนทราควิโนนจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วจากกระบวนการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์โดยใช้เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วในการทดลองเป็นซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วจากกระบวนการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของโรงงานแห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งมีสารแอนทราควิโนน 4% โดยประมาณ โดยทำการทดลองในระบบขวดเขย่า ศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนน ที่ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที และศึกษาหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนน ที่ 100, 150, 200 และ 250 รอบต่อนาที หลังจากนั้นศึกษาหาปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนนโดยแปรค่าน้ำหนักซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม นอกจากนี้ ทำการศึกษาการนำกลับมาใช้ใหม่ของตัวทำละลายในปริมาณซิลิกา-อะลูมินา โดยเลือกใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม เปรียบเทียบกับปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองดังกล่าวข้างต้น และทำการวิเคราะห์หาสารแอนทราควิโนนเพื่อคำนวณหาปริมาณสารแอนทราควิโนนและประสิทธิภาพที่ตัวทำละลายแต่ละชนิดสามารถที่จะสกัดได้ที่สภาวะ

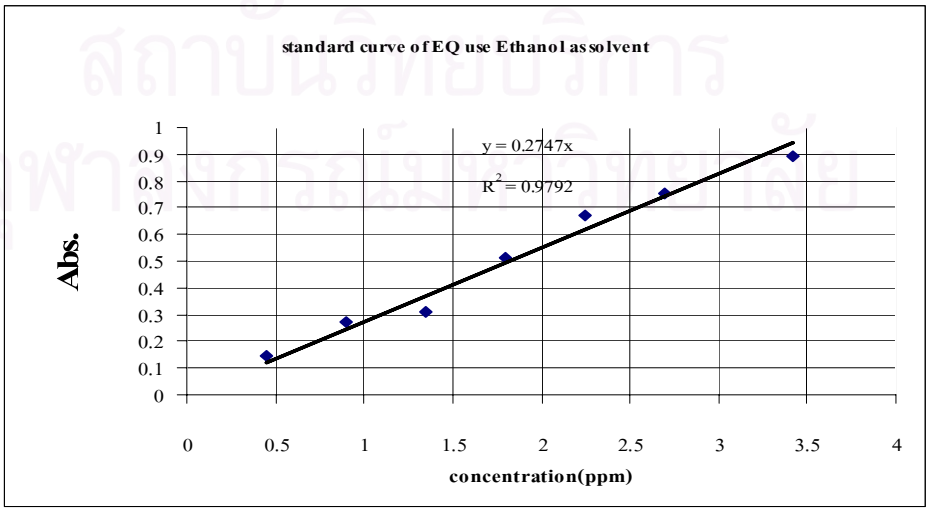
ทดลองต่างๆที่ทำการศึกษา โดยทำการวัดค่าความดูดกลืนคลื่นแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสสิเบิลสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

4.1 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนน

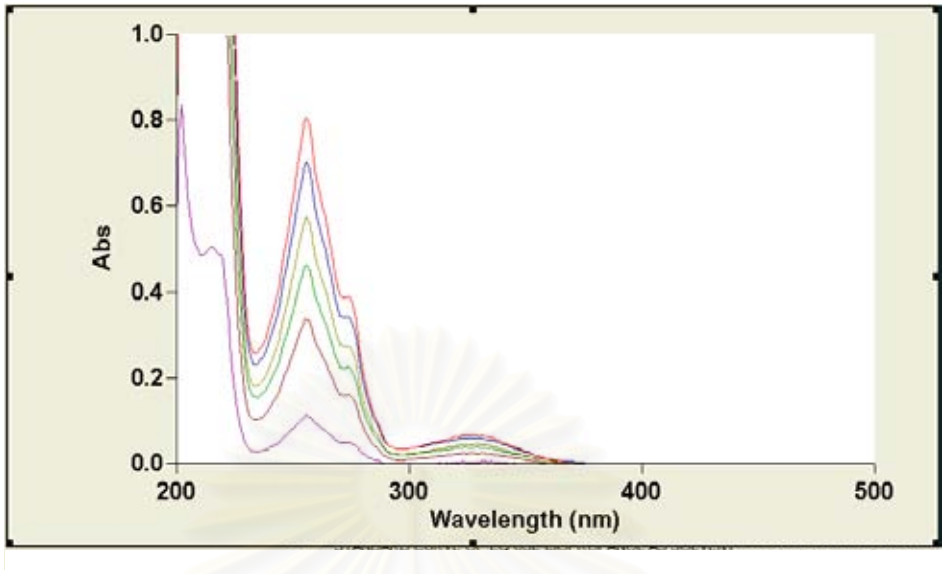
ทำการสร้างกราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนน โดยทำการแปรค่าสารแอนทราควิโนนที่ระดับความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 ppm. เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0 – 1 และ ทำการสร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้ตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่องยูวี-วิสสิเบิลสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ แสดงดังรูป 4.1, 4.2 และ 4.3 ซึ่งค่าที่ได้ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ข้างต้น จะนำไปสร้างกราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนนเพื่อนำไปคำนวณต่อไป



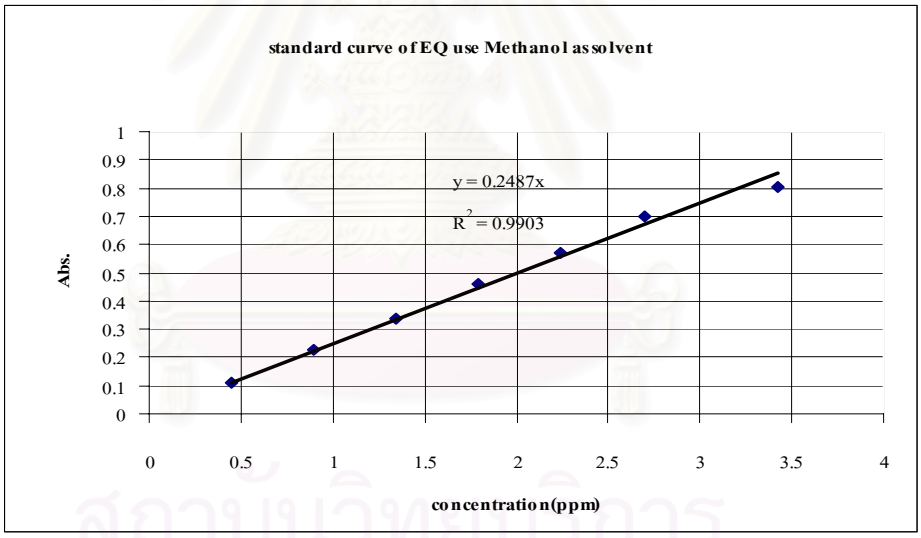
รูปที่ 4.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ระดับความเข้มข้น 0.1-0.7 ppm.
โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย



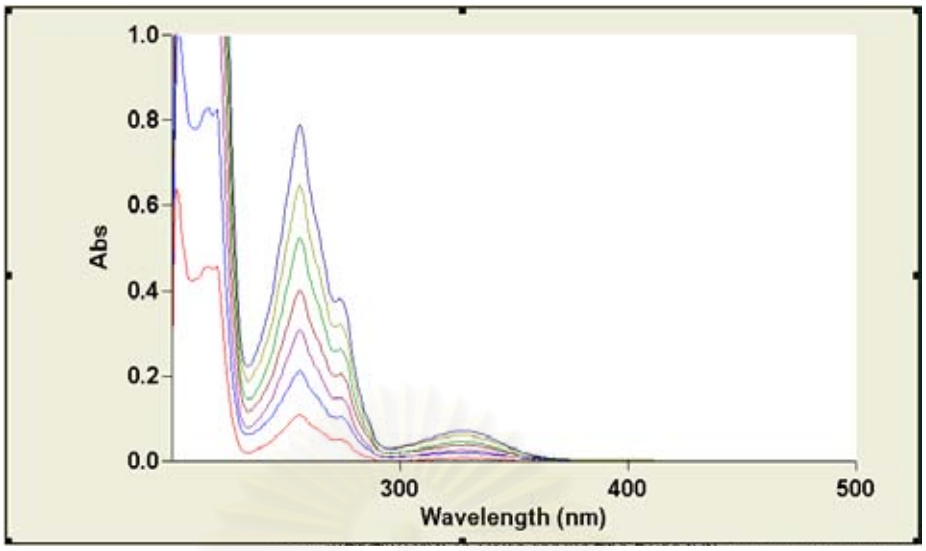
รูปที่ 4.2 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยเอทานอล



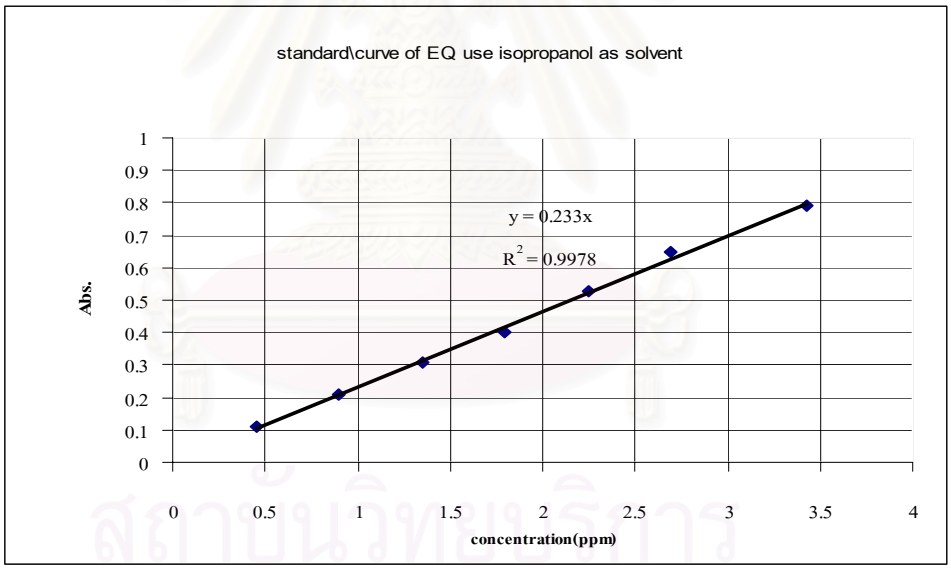
รูปที่ 4.3 ค่าการดูดกลืนแสงที่ระดับความเข้มข้น 0.1-0.7 ppm. โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย



รูปที่ 4.4 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยเมทานอล



รูปที่ 4.5 ค่าการดูดกลืนแสงที่ระดับความเข้มข้น 0.1-0.7 ppm.โดยใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย



รูปที่ 4.6 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยไอโซโพรพานอล

4.2 ตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุด ในการสกัดสารแอนทราควิโนนจากวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

4.2.1 ระยะเวลาที่เหมาะสม ในการสกัดสารแอนทราควิโนน ในขั้นตอนการสกัด

จากการทดลองศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนนจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ซึ่งมีปริมาณสารแอนทราควิโนนอยู่ 39.54 มิลลิกรัมต่อกรัม (ไลทิพย์, 2542) โดยทำการแปรผันระยะเวลาในการทดลองเป็น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที ในตัวทำละลาย

3 ชนิด ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-1 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อสกัดสารแอนทราควิโนนจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1 กรัม โดยทำการแปรผันระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น เอทานอล สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้ดีที่สุด ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 27.31–27.36 มิลลิกรัม และมีประสิทธิภาพในการสกัดเท่ากับร้อยละ 69 เมื่อเปรียบเทียบกับเมทานอล และไอโซโพรพานอล พบว่า ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้ มีค่าอยู่ในช่วง 24.17–24.34 มิลลิกรัม และ 25.95–26.29 มิลลิกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p< 0.05$) เมื่อทำการทดสอบด้วยวิธีทางสถิติ

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการสกัดเป็น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที

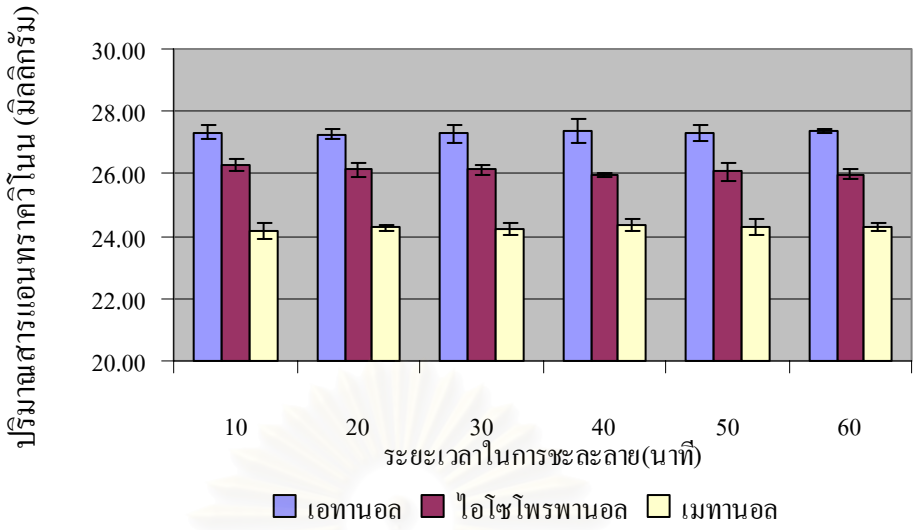
ระยะเวลาในการสกัด (นาที)	**ปริมาณสารแอนทราควิโนน (มิลลิกรัม)**		
	เอทานอล	**ไอโซโพรพานอล**	**เมทานอล**
10	27.33	26.29	24.17
20	27.27	26.14	24.27
30	27.30	26.15	24.24
40	27.36	25.95	24.34
50	27.31	26.07	24.32
60	27.36	25.99	24.31

พิจารณาความสามารถในการสกัด เมื่อทำการการแปรผันระยะเวลาในการสกัด พบว่า การแปรผันระยะเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้น ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนน เท่ากับ 10 นาที เนื่องจากปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้ เมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัดต่างกัน พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างชนิดกัน พบว่า ตัวทำละลายต่างชนิดกันมีความสามารถในการสกัดต่างกัน คือ เอทานอลสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้ดีที่สุดถึงร้อยละ 69 ไอโซโพรพานอล และเมทานอล สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้ร้อยละ 66 และร้อยละ 61 ตามลำดับ นอกจากนี้ เนื่องจากการทดลองนี้ทำการเปรียบเทียบการสกัดของสารแอนทราควิโนน โดยใช้เวลาที่ใช้ในการทดสอบการสกัดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม 2540 โดยทำการแปรผันระยะเวลาเพิ่มขึ้น เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้จริง พบว่า ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ได้ในการสกัดในเวลาที่แตกต่าง

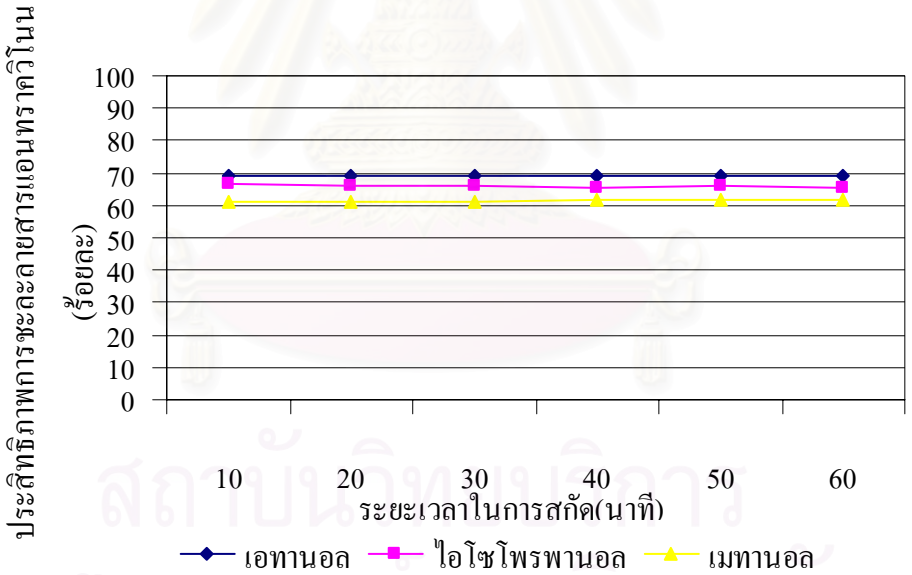
กัน มีประสิทธิภาพในการสกัดใกล้เคียงกันดังรูปที่ 4-8 ดังนั้น เวลาในการสกัด 10 นาที จึงเป็นเวลาที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการทดลองต่อไป ในทั้งตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการสกัดน้อยที่สุด ในช่วงประสิทธิภาพในการสกัดใกล้เคียงกัน คือ เอทานอลมีประสิทธิภาพการสกัดอยู่ในช่วงร้อยละ 65.63 ถึง 66.49 ,ไอโซโพรพานอลมีประสิทธิภาพการสกัดอยู่ในช่วงร้อยละ 68.98 ถึง 69.20 และ เมทานอลมีประสิทธิภาพการสกัดอยู่ในช่วงร้อยละ 61.13 ถึง 61.56 จากการศึกษาของไลทิพย์ (2542) ที่ทำการศึกษาการสกัดสารแอนทราควิโนนโดยเมทานอล และใช้เวลาในการสกัด 10 นาที ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที พบว่า เมทานอลมีประสิทธิภาพการสกัดร้อยละ 71 ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการสกัดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 ซึ่งใช้สารละลายเมทานอลร้อยละ 30 พบว่า มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการศึกษาของไลทิพย์ (2542) เนื่องจากสารแอนทราควิโนนมีความสามารถละลายเล็กน้อยในน้ำกลั่น ประกอบกับเมทานอลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นสารละลายเมทานอลร้อยละ30 ผลการทดลองในงานวิจัยนี้จึงมีประสิทธิภาพในการสกัดได้ต่ำกว่า

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนที่สกัด โดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และ เมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการสกัด เป็น 10, 20, 30, 40 50 และ 60 นาที

ระยะเวลาในการสกัด (นาที)	ประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนน (ร้อยละ)		
	เอทานอล	ไอโซโพรพานอล	เมทานอล
10	69.11	66.49	61.13
20	68.98	66.10	61.38
30	69.04	66.12	61.30
40	69.20	65.63	61.56
50	69.08	65.94	61.51
60	69.19	65.73	61.48



รูปที่ 4.7 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการสกัดเป็น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที



รูปที่ 4.8 แสดงประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และ เมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการสกัด เป็น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที

10 20 30 40 50 60 นาที

(ก)

10 20 30 40 50 60 นาที

(ข)

10 20 30 40 50 60 นาที

(ค)

รูปที่ 4.9 สีของสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดย (ก) เอทานอล (ข) ไอโซโพรพานอล และ (ค) เมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการสกัดเป็น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่า สีที่ได้จากการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว โดยแปรค่าระยะเวลาในการสกัดเป็น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาทีกับประสิทธิภาพของการสกัดสารแอนทราควิโนนดังแสดงในตารางที่ 4.2 สอดคล้องกัน กล่าวคือ เมื่อแปรผันระยะเวลาเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพที่ได้ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกันกับสีที่ได้ ซึ่งเมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นว่ามีสีที่ใกล้เคียงกัน

4.2.2 ความเร็วรอบที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนนในขั้นตอนการสกัด

จากการทดลองหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนนในขั้นตอนการสกัดในตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล โดยทำการแปรผันความเร็วรอบในการทดลองเป็น 100, 150, 200 และ 250 รอบต่อนาที และใช้เวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนนที่ได้จากการทดลอง คือ 10 นาที ผลการทดลองดังแสดงใน ตารางที่ 4-3 พบว่า เมื่อทำการแปรผันความเร็วรอบในการสกัดลดลง จะเห็นว่า ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้จะลดลงตามความเร็วรอบที่ลดลงเช่นกัน เมื่อทำการเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้ดีที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 27.60, 26.29 และ 24.63 มิลลิกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรผันความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที

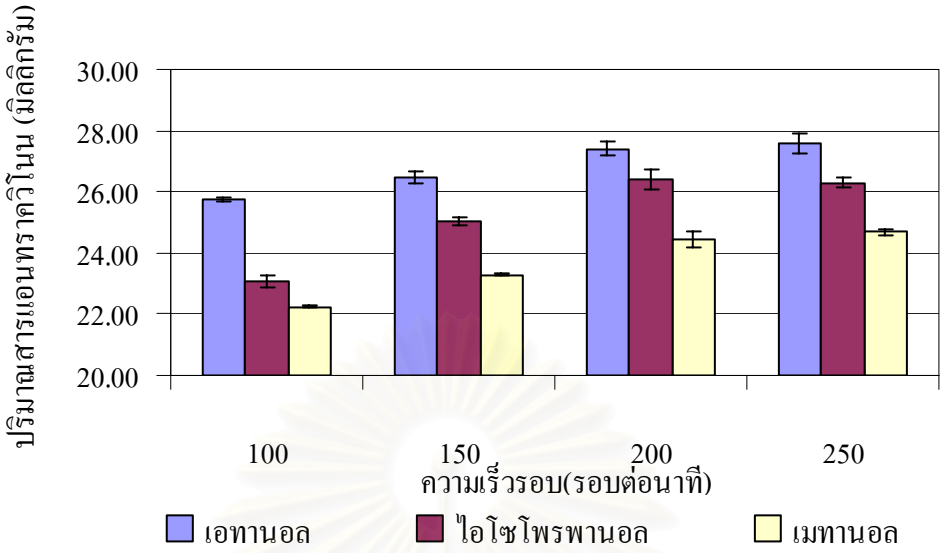
ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	**ปริมาณสารแอนทราควิโนน (มิลลิกรัม)**		
	เอทานอล	**ไอโซโพรพานอล**	**เมทานอล**
100	25.75	23.07	22.28
150	26.48	25.04	23.25
200	27.40	26.38	24.61
250	27.60	26.29	24.63

โดยเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ที่ความเร็วรอบเดียวกัน จะเห็นว่า เอทานอลสามารถที่จะสกัดสารแอนทราควิโนนได้ดีที่สุด ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 65.12-69.82 และ เมื่อเปรียบเทียบกับเมทานอล และไอโซโพรพานอล พบว่า ประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 58.34–66.73 และ56.34–62.30 ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนน ได้มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ

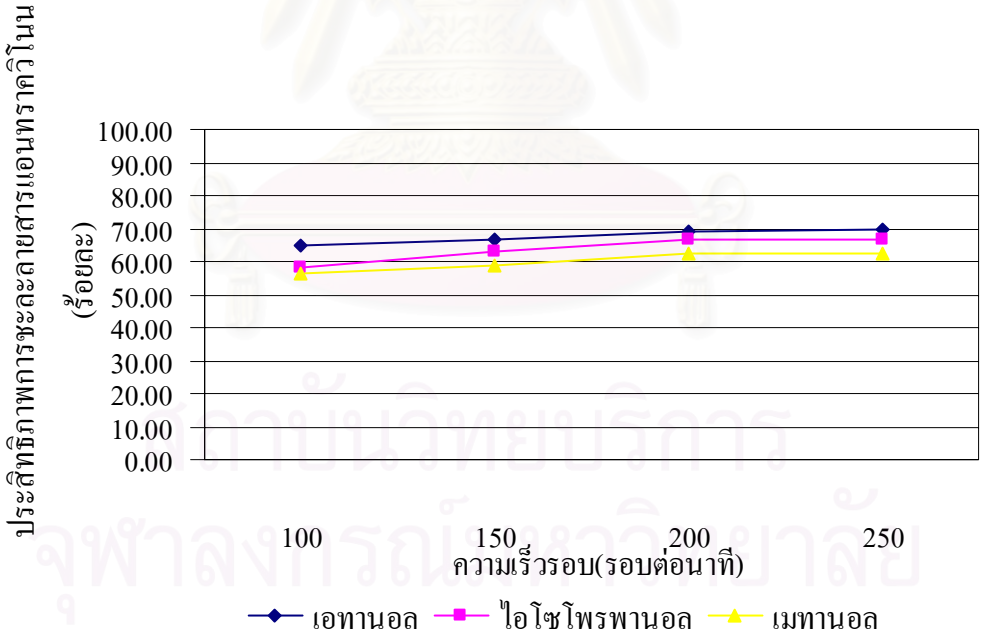
ตารางที่ 4.4 แสดงประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรผันความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	**ประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนน (ร้อยละ)**		
	เอทานอล	**ไอโซโพรพานอล**	**เมทานอล**
100	65.12	58.34	56.34
150	66.97	63.32	58.81
200	69.30	66.73	62.23
250	69.82	66.49	62.30

และเมื่อพิจารณาความเร็วรอบที่มีประสิทธิภาพในการสกัดสารแอนทราควิโนนสูงที่สุด พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันระหว่าง 200 และ 250 รอบต่อนาที คือ เอทานอล มีประสิทธิภาพในการสกัดสารแอนทราควิโนน เท่ากับร้อยละ 69.30 และร้อยละ 69.82 ไอโซโพรพานอลมีประสิทธิภาพในการสกัดสารแอนทราควิโนน เท่ากับร้อยละ 66.73 และร้อยละ 66.49 และ เมทานอล มีประสิทธิภาพในการ สกัดสารแอนทราควิโนน เท่ากับร้อยละ 62.23 และร้อยละ 62.30 ดังนั้นความเร็วรอบที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนนในขั้นตอนการสกัดของตัวสกัดทั้ง 3 ชนิด เพื่อในการทำการทดลองต่อไป คือ 200 รอบต่อนาที เนื่องมาจากใช้ความเร็วรอบต่ำกว่า ในขณะที่ประสิทธิภาพในการสกัดใกล้เคียงกันในแต่ละตัวทำละลาย ดังแสดงในรูปที่ 4-11 อีกทั้งเมื่อทำการทดสอบทางสถิติ พบว่าที่ความเร็วรอบ 200 และ 250 รอบต่อนาที มีค่าปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้มีค่าไม่แตกต่างกัน



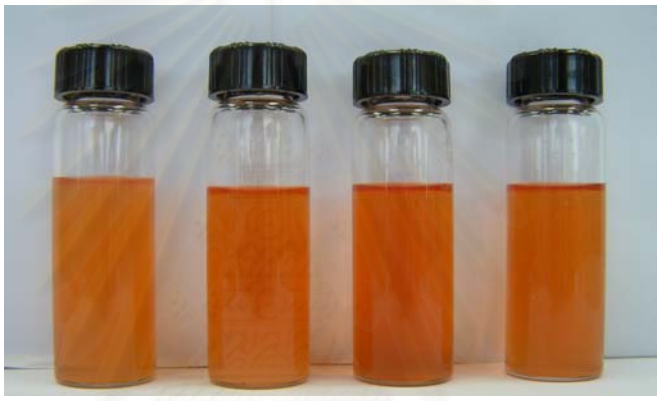
รูปที่ 4.10 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรผันความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.11 ประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรผันความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที

100 150 200 250 รอบต่อนาที

(ก)



100 150 200 250 รอบต่อนาที

(ข)

100 150 200 250 รอบต่อนาที

(ค)

รูปที่ 4.12 สีของสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดย (ก) เอทานอล (ข) ไอโซโพรพานอล และ(ค) เมทานอล เมื่อแปรผันความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที

จากรูปที่ 4.12 จะเห็นว่า สีที่ได้จากการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว) เมื่อแปรผันความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที กับประสิทธิภาพของการสกัดสารแอนทราควิโนนดังแสดงในรูปที่ 4.11 สอดคล้องกัน กล่าวคือ เมื่อแปรผันความเร็วรอบประสิทธิภาพที่ได้ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับสีที่ได้ ซึ่งเมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นว่ามีสีที่ใกล้เคียงกันเช่นเดียวกัน

4.2.3 ปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมในขั้นตอนการสกัด

จากการทดลองศึกษาหาปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนนจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว ทำการทดลองโดยแปรค่าน้ำหนักซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว เป็น 1, 2, 3 ,4 และ 5 กรัม โดยเลือกใช้ระยะเวลาและความเร็วรอบที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนนที่ได้จากการทดลอง คือ ระยะเวลา 10 นาที และความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ในตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4-5 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อทำการแปรค่าน้ำหนักซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเพิ่มขึ้นเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนสูงสุด เท่ากับ 73.45, 70.96 และ 69.47 มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยเอทานอลสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้ดีที่สุด เมื่อแปรค่าซิลิกาอะลูมินาจาก 1 กรัม โดยเพิ่มปริมาณทีละ 1 กรัมจนถึง 5 กรัม จะเห็นว่า เมื่อทำการแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาเพิ่มขึ้น ตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังรูป 4-13

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม

ปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้ (กรัม)	ปริมาณสารแอนทราควิโนน (มิลลิกรัม)		
	เอทานอล	ไอโซโพรพานอล	เมทานอล
1	27.24	26.12	24.15
2	38.95	37.60	36.33
3	52.85	50.51	47.74
4	64.09	62.34	58.12
5	73.45	70.96	69.47

เมื่อพิจารณาความสามารถในการสกัด ทำการทดลองโดยแปรค่าน้ำหนักซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม พบว่า เมื่อทำการแปรค่าน้ำหนักซิลิกา-อะลูมินาเพิ่มขึ้น ตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ความสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนลดลง ดังรูป 4-14 โดยในการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน พบว่า ตัวทำละลายต่างชนิดกันมีความสามารถในการสกัดต่างกัน คือ เมื่อเลือกใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม เอทานอล สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้ 14.69 มิลลิกรัมต่อกรัม ไอโซโพรพานอล และเมทานอล สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้ 14.19 และ13.89 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-6

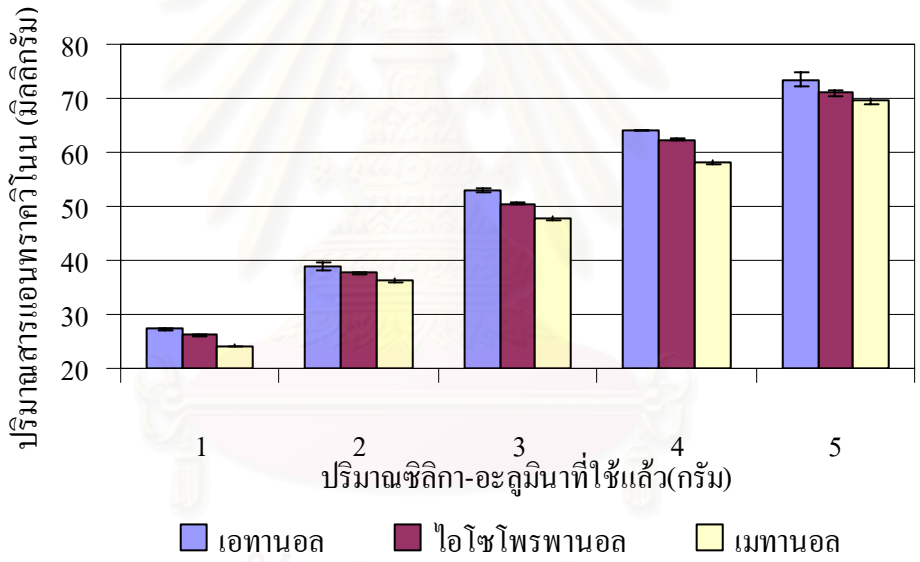
ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม

ปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้ (กรัม)	**ปริมาณสารแอนทราควิโนน (มิลลิกรัม/กรัม)**		
	เอทานอล	**ไอโซโพรพานอล**	**เมทานอล**
1	27.24	26.12	24.15
2	19.47	18.80	18.16
3	17.62	16.84	15.91
4	16.02	15.58	14.53
5	14.69	14.19	13.89

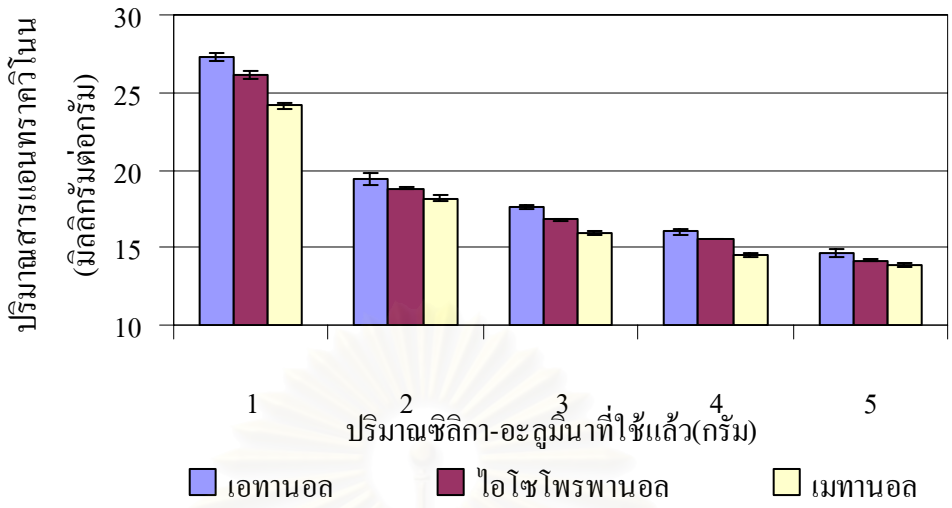
และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนน จากรูปที่ 4-12 พบว่า เมื่อใช้ซิลิกา-อะลูมินาเพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้อัตราการสกัดของสารแอนทราควิโนนลดลง แต่มีปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้สูงในปริมาณตัวทำละลายเท่ากันคือ 10 มิลลิลิตร ในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เอทานอลสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้อยู่ในช่วงร้อยละ 68.89 ถึงร้อยละ 37.15 รวมถึงไอโซโพรพานอลและเมทานอลซึ่งสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้อยู่ในช่วงร้อยละ 66.07 ถึงร้อยละ 35.89 และร้อยละ 61.08 ถึงร้อยละ 35.14 ตามลำดับ โดยปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วที่เหมาะสมในขั้นตอนสกัดคือ 5 กรัม เนื่องจากสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้สูงสุด คือ 70 มิลลิกรัม โดยใช้ความเร็วรอบและระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดเท่ากัน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4.7 แสดงประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล เมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม

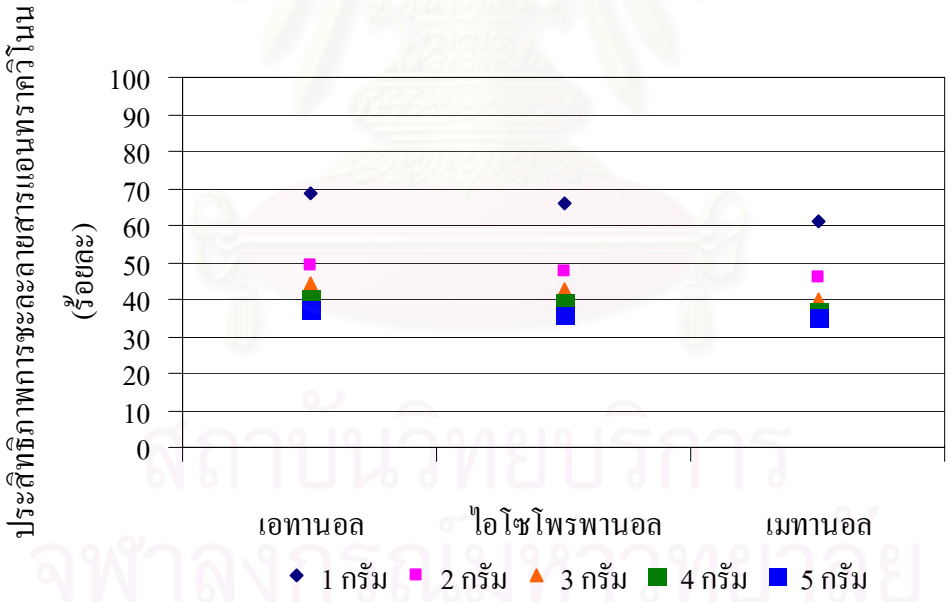
ปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้ (กรัม)	ประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนน(ร้อยละ)		
	เอทานอล	ไอโซโพรพานอล	เมทานอล
1	68.89	66.07	61.08
2	49.25	47.55	45.94
3	44.56	42.58	40.25
4	40.52	39.42	36.75
5	37.15	35.89	35.14



รูปที่ 4.13 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม โดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล



รูปที่ 4-14 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้นมื่อใช้ซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัมโดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล



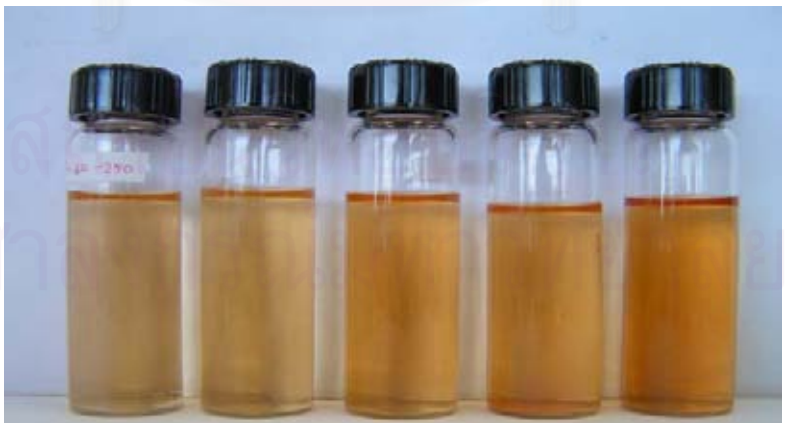
รูปที่ 4.15 แสดงประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม โดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล

1 2 3 4 5 กรัม

(ก)

1 2 3 4 5 กรัม

(ข)



1 2 3 4 5 กรัม

(ค)

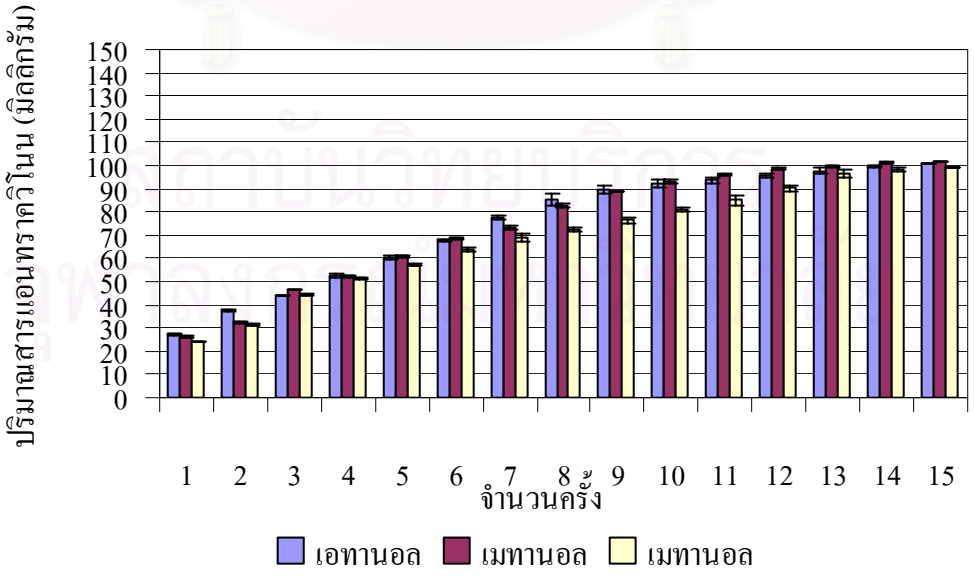
รูปที่ 4.16 สีของสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดย (ก) เอทานอล (ข) ไอโซโพรพานอล และ(ค) เมทานอล เมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม

จากรูปที่ 4.16 จะเห็นว่า สีที่ได้จากการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว เมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม กับปริมาณของสารแอนทราควิโนนสอดคล้องกัน กล่าวคือ เมื่อเมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.13 เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับสีที่ได้ ซึ่งเมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นว่าสีที่ได้มีสีที่เข้มมากขึ้นเช่นเดียวกัน

4.3 อายุการใช้งานของตัวสกัดในการนำกลับมาใช้ใหม่ของตัวทำละลาย

4.3.1 จำนวนครั้งในการสกัดซ้ำครั้งที่ 2 ของตัวทำละลาย โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม

ในการทดลองนี้ได้หาประสิทธิภาพในการสกัดโดยใช้ตัวสกัดที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยเลือกใช้ค่าที่เหมาะสมจากการทดลองดังกล่าวข้างต้น คือ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัด 10 นาที และความเร็วรอบที่ใช้ในการสกัด 200 รอบต่อนาที โดยในการทดลองนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการสกัดซ้ำ โดยเลือกใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม พบว่าตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วได้เพิ่มขึ้น เมื่อทำการนำตัวทำละลายมาวนใช้ซ้ำถึงครั้งที่ 15 โดยสามารถสกัดโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล ได้สารแอนทราควิโนน 101.12, 101.93 และ 99.32 มิลลิกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-8 และจากผลการทดลอง จะเห็นว่า เอทานอลและไอโซโพรพานอลมีแนวโน้มที่จะสกัดสารแอนทราควิโนนคงที่ ครั้งที่ 9 โดยปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้จะอยู่ในช่วง 92.42 ถึง 101.12 มิลลิกรัม และ 92.88 ถึง 101.93 มิลลิกรัม ส่วนเมทานอลมีแนวโน้มที่จะสกัดสารแอนทราควิโนนได้คงที่ ครั้งที่ 13 โดยปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้จะอยู่ในช่วง 96.25 ถึง 99.32 มิลลิกรัม ดังแสดงในรูปที่ 4-17



รูปที่ 4.17 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล

ตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล

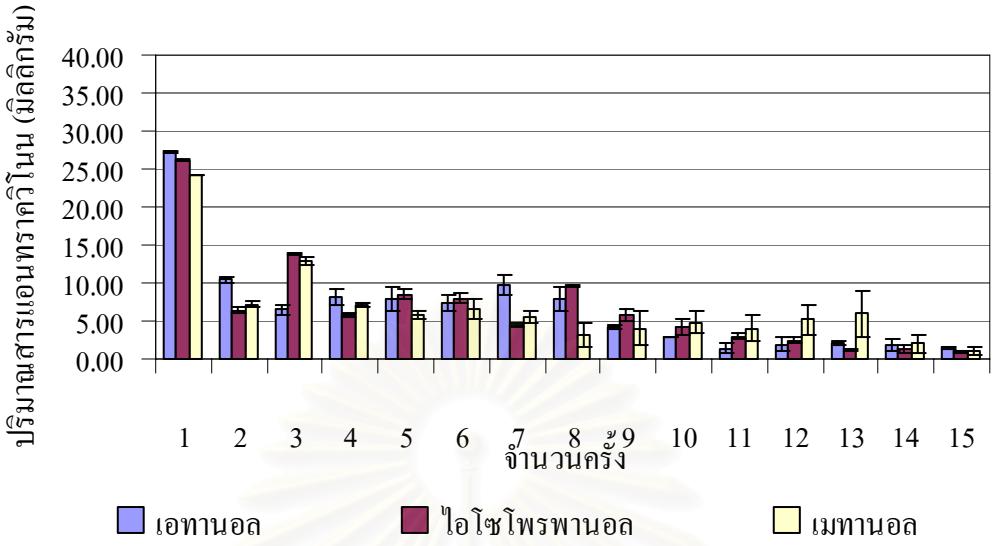
จำนวนครั้ง	ปริมาณสารแอนทราควิโนน(มิลลิกรัม)		
	เอทานอล	ไอโซโพรพานอล	เมทานอล
1	27.24	26.18	24.25
2	37.73	32.61	31.41
3	44.21	46.51	44.23
4	52.43	52.25	51.34
5	60.31	60.80	57.12
6	67.69	68.79	63.65
7	77.47	73.24	69.14
8	85.40	82.82	72.25
9	89.53	88.65	76.33
10	92.42	92.88	81.11
11	93.80	95.90	85.14
12	95.75	98.38	90.28
13	97.75	99.64	96.25
14	99.66	101.00	98.26
15	101.12	101.93	99.32

โดยเมื่อพิจารณาปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น (มิลลิกรัม) เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล พบว่า เอทานอลและไอโซโพรพานอล มีแนวโน้มที่จะสกัดสารแอนทราควิโนนคงที่ ครั้งที่ 9 ส่วนเมทานอลมีแนวโน้มที่จะสกัดสารแอนทราควิโนนได้คงที่ ครั้งที่ 13 ดังรูปที่ 4-18 โดยปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้เมื่อใช้เอทานอลและไอโซโพรพานอลเป็นตัวสกัดจะเพิ่มขึ้นอย่างคงที่อยู่ในช่วง 1.39 ถึง 2.89 มิลลิกรัม และ 0.93 ถึง 1.27 มิลลิกรัม ส่วนเมทานอลสกัดสารแอนทราควิโนนได้คงที่จะอยู่ในช่วง 1.39 ถึง 2.89 มิลลิกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4-9

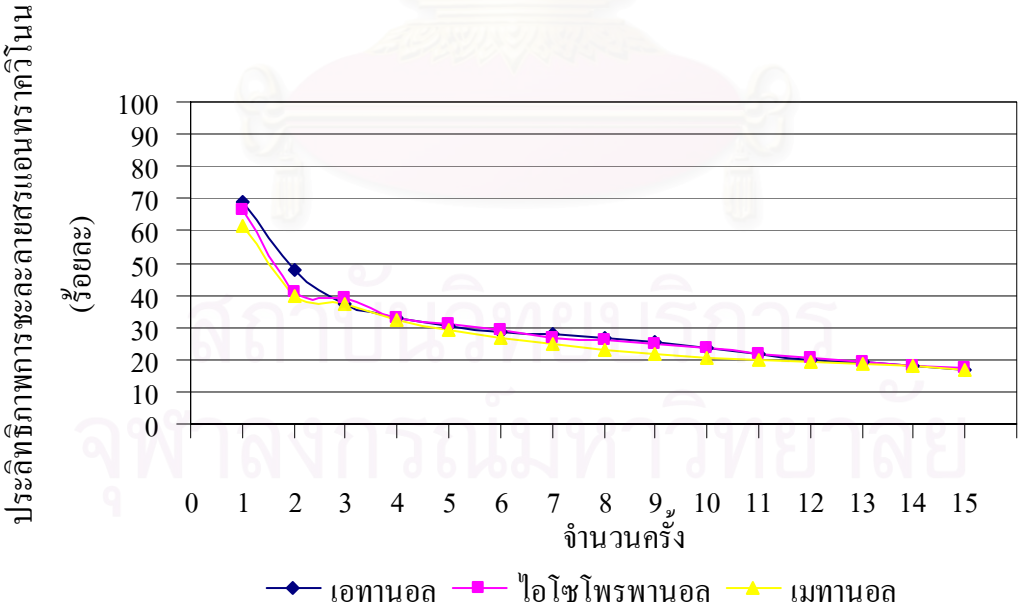
ตารางที่ 4.9 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น (มิลลิกรัม) เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม
โดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล

จำนวนครั้ง	ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น(มิลลิกรัม)		
	เอทานอล	ไอโซโพรพานอล	เมทานอล
1	27.24	26.18	24.25
2	10.49	6.42	7.15
3	6.48	13.91	12.83
4	8.22	5.73	7.11
5	7.88	8.55	5.78
6	7.38	8.00	6.53
7	9.78	4.45	5.49
8	7.93	9.58	3.11
9	4.13	5.83	4.08
10	2.89	4.23	4.78
11	1.39	3.02	4.02
12	1.95	2.48	5.15
13	2.00	1.27	5.97
14	1.90	1.36	2.01
15	1.46	0.93	1.06

นอกจากนี้ พบว่า เมื่อนำตัวสกัดมาสกัดซ้ำประสิทธิภาพในการสกัดจะลดลงตามจำนวนครั้งที่ทำการสกัดซ้ำ โดยในการสกัดครั้งแรกเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอลจะสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้สูงสุด คือ ร้อยละ 68.90, ร้อยละ66.22 และร้อยละ61.33 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการสกัดซ้ำลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากการเสื่อมสภาพของตัวสกัดซึ่งอาจเกิดจากมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีบางส่วนของตัวสกัด ทำให้ในการสกัดครั้งต่อไปสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น คือ ร้อยละ17.05 ถึง 47.71 ร้อยละ 17.19 ถึง 41.23 และร้อยละ 16.75 ถึง 39.71 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-10



รูปที่ 4.18 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น (มิลลิกรัม) เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม โดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล

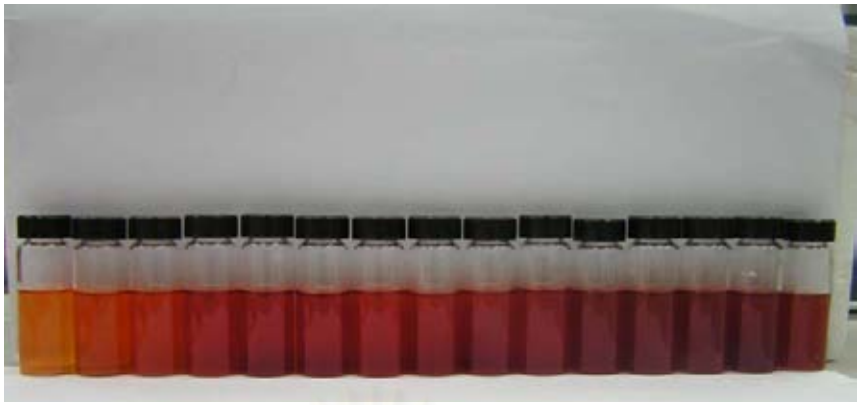


รูปที่ 4.19 แสดงประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม โดยเอทานอล เมทานอล และไอ

ตารางที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม
โดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล

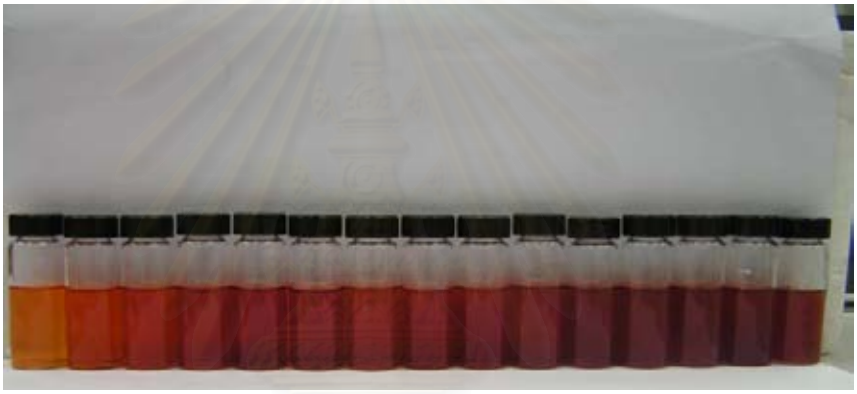
จำนวนครั้ง	ประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนน(ร้อยละ)		
	เอทานอล	ไอโซโพรพานอล	เมทานอล
1	68.90	66.22	61.33
2	47.71	41.23	39.71
3	37.27	39.21	37.29
4	33.15	33.04	32.46
5	30.51	30.75	28.89
6	28.53	29.00	26.83
7	27.99	26.46	24.98
8	27.00	26.18	22.84
9	25.16	24.91	21.45
10	23.37	23.49	20.51
11	21.57	22.05	19.57
12	20.18	20.73	19.03
13	19.02	19.38	18.73
14	18.00	18.25	17.75
15	17.05	17.19	16.75

จากรูปที่ 4.20 จะเห็นว่า สีที่ได้จากการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว เมื่อใช้ตัวสกัดที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด จากผลการทดลองจะเห็นว่า เมื่อจำนวนการสกัดเพิ่มขึ้น ยังสามารถที่จะสกัดสารแอนทราควิโนนได้ ซึ่งจะสอดคล้องกันกับสีของสารละลายที่สกัดได้ กล่าวคือ สีที่ได้ ซึ่งเมื่อมองด้วยตาเปล่าจะเห็นว่าสีที่ได้มีสีที่เข้มมากขึ้นเช่นเดียวกัน



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 ครั้ง

(ก)



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 ครั้ง

(ข)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 ครั้ง

(ค)

รูปที่ 4.20 สีของสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดย (ก) เอทานอล (ข) ไอโซโพรพานอล และ (ค) เมทานอล เมื่อทำการสกัดซ้ำเมื่อใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม

4.3.2 จำนวนครั้งในการสกัดซ้ำครั้งที่ 2 ของตัวทำละลาย โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม

ในการทดลองนี้ได้หาประสิทธิภาพในการสกัดโดยใช้ตัวสกัดที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยเลือกใช้ค่าที่เหมาะสมจากการทดลองดังกล่าวข้างต้น คือ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัด 10 นาที และความเร็วรอบที่ใช้ในการสกัด 200 รอบต่อนาที โดยในการทดลองนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการสกัดซ้ำ โดยเลือกใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม พบว่าตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วได้เพิ่มขึ้น เมื่อทำการนำตัวทำละลายมาวนใช้ซ้ำ ถึงครั้งที่ 10 โดยสามารถสกัดโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล ได้สารแอนทราควิโนน 216.88, 196.08 และ 173.82 มิลลิกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัมโดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล

จำนวนครั้ง	ปริมาณสารแอนทราควิโนน (มิลลิกรัม)		
	เอทานอล	ไอโซโพรพานอล	เมทานอล
1	59.17	55.52	52.96
2	85.16	79.26	72.40
3	109.56	102.25	91.51
4	133.85	119.49	109.24
5	150.77	136.73	123.34
6	166.00	154.73	136.73
7	180.57	167.22	148.79
8	194.40	177.88	158.15
9	206.67	187.24	167.12
10	216.88	196.08	173.82

ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้นในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด จะเห็นว่า เมื่อทำการสกัดซ้ำ โดยใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วกลับมาวนใช้ซ้ำถึงครั้งที่ 10 ดังที่ได้กล่าวข้างต้น จากผลการทดลอง พบว่า ตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้สูงที่สุดในครั้งแรก และเมื่อทำการใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยเพิ่มจำนวนครั้งมากขึ้น จะสกัดสารแอนทราควิโนนได้ลดลงเรื่อยๆ คือ เอทานอล สามารถ

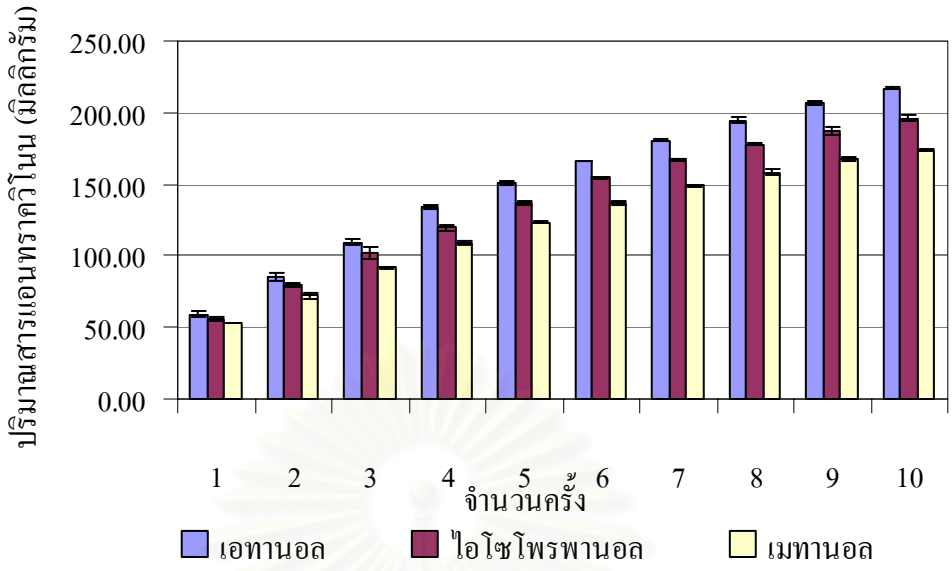
สกัดสารแอนทราควิโนน อยู่ในช่วง 25.99 ถึง 10.21, เมทานอล สามารถสกัดสารแอนทราควิโนน อยู่ในช่วง 23.73 ถึง 8.84 และ ไอโซโพรพานอล สามารถสกัดสารแอนทราควิโนน อยู่ในช่วง 19.43 ถึง 6.70 ดังแสดงในตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4.12 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น (มิลลิกรัม) เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม
โดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล

จำนวนครั้ง	ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น(มิลลิกรัม)		
	เอทานอล	ไอโซโพรพานอล	เมทานอล
1	59.17	55.52	52.96
2	25.99	23.73	19.43
3	24.40	22.99	19.12
4	24.29	17.25	17.72
5	16.91	17.24	14.10
6	15.24	18.00	13.39
7	14.57	12.50	12.06
8	13.84	10.65	9.36
9	12.26	9.37	8.97
10	10.21	8.84	6.70

จากผลการทดลองในรูปที่ 4-21 จะเห็นว่า เมื่อนำตัวสกัดที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด เมื่อจำนวนซ้ำเพิ่มขึ้น ตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด เอทานอลสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้มากที่สุด เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด ในทุกครั้งที่ได้ทำการสกัดสารแอนทราควิโนน

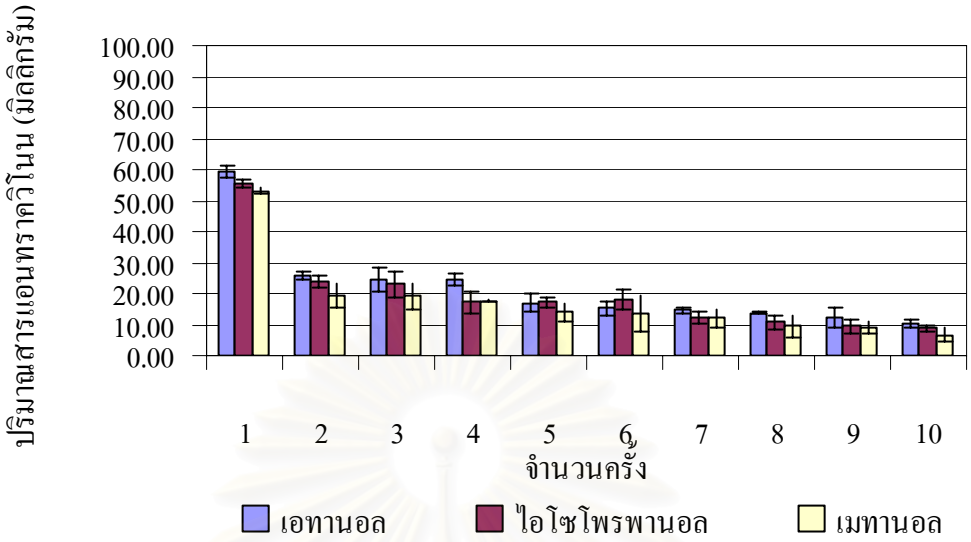
นอกจากนี้ ความสามารถในการสกัดเมื่อใช้ซิลิกา-อะลูมินาเพิ่มขึ้น พบว่าประสิทธิภาพในการสกัดสารแอนทราควิโนนซึ่งจะลดลงเรื่อยๆ โดย เอทานอล ไอโซโพรพานอล และ เมทานอล มีประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนอยู่ในช่วง ร้อยละ 29.93 ถึง 5.16, ร้อยละ28.08 ถึง 4.47 และร้อยละ 26.79 ถึง 3.39 ดังแสดงใน ตารางที่ 4-13



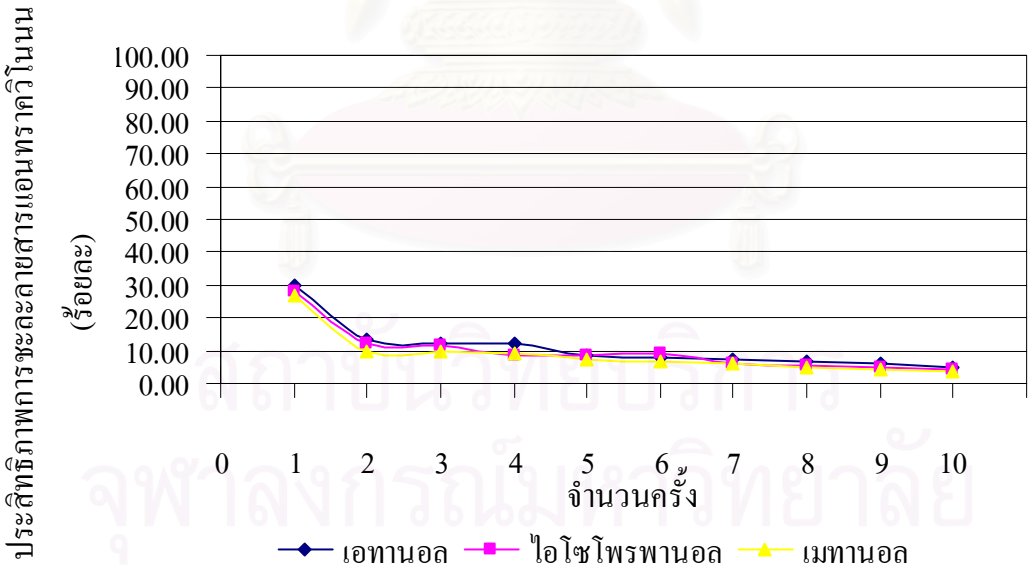
รูปที่ 4.21 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัมโดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล

ตารางที่ 4.13 แสดงประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม โดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล

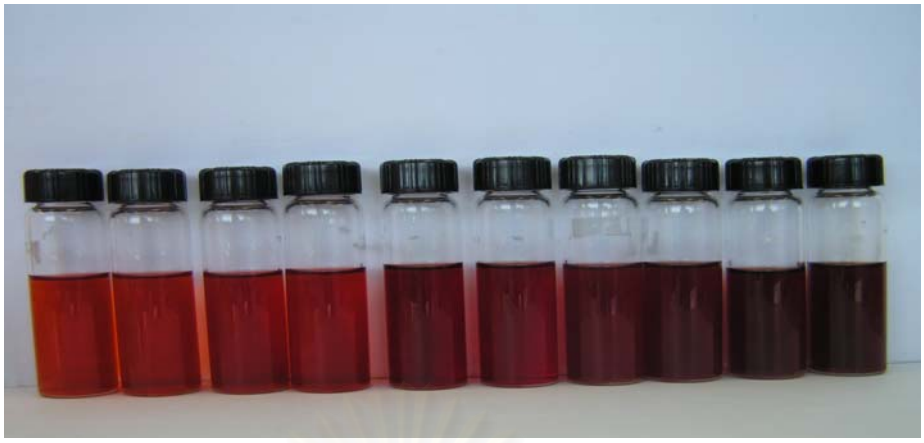
จำนวนครั้ง	**ประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนน(ร้อยละ)**		
	เอทานอล	**ไอโซโพรพานอล**	**เมทานอล**
1	29.93	28.08	26.79
2	13.15	12.01	9.83
3	12.34	11.63	9.67
4	12.29	8.72	8.97
5	8.56	8.72	7.13
6	7.71	9.10	6.77
7	7.37	6.32	6.10
8	7.00	5.39	4.74
9	6.20	4.74	4.54
10	5.16	4.47	3.39



รูปที่ 4.22 แสดงปริมาณสารแอนทราควิโนน (มิลลิกรัมต่อกรัมซิลิกา-อะลูมินา) เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม โดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล



ที่ 4.23 แสดงประสิทธิภาพการสกัดสารแอนทราควิโนนเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม โดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ครั้ง

(ก)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ครั้ง

(ข)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ครั้ง

(ค)

รูปที่ 4.24 สีของสารแอนทราควิโนนที่สกัดโดย (ก) เอทานอล (ข) ไอโซโพรพานอล และ (ค) เมทานอล เมื่อทำการสกัดซ้ำเมื่อใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการทำการสกัดซ้ำเมื่อใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 และ 5 กรัม พบว่า เมื่อใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม ตัวทำละลายปริมาณ 10 มิลลิลิตร สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้มากกว่า แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพในการสกัดสารแอนทราควิโนนต่ำกว่า และมีข้อจำกัดในการสกัดคืออัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายกับปริมาณซิลิกา-อะลูมินาน้อย แต่การที่สามารถชะลายสารแอนทราควิโนนได้มากกว่า จึงควรที่จะเลือกใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัมต่อตัวทำละลาย 10 มิลลิลิตร

(ก) **(ข)** **(ค)** **(ง)**

รูปที่ 4-25 สีของสารแอนทราควิโนนที่สกัด
โดย (ก) เอทานอล (ข)ไอโซโพรพานอล (ค)เมทานอล และ(ง)น้ำกลั่น

4.4 ศึกษาเปรียบเทียบและประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ ในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

ปัจจุบันค่าใช้จ่ายในการนำซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วไปบำบัดโดยการฝังกลบ คือประมาณ 28,824.40 บาทต่อตันของเสีย (เจนโก้, 2548) โดยจากงานวิจัยนี้เมื่อทำการคำนวณค่าใช้จ่ายในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว จากกระบวนการผลิตสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จะเห็นว่า เมทานอลมีค่าใช้จ่ายในการสกัดต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4-14 โดยมีวิธีในการคำนวณอ้างตามภาคผนวก ค

ตารางที่ 4.14 ค่าใช้จ่ายในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินา

ค่าใช้จ่ายต่อตัน	ซิลิกา-อะลูมินา (ตัน)	ตัวทำละลาย		
		เอทานอล (ลิตร)	เมทานอล (ลิตร)	ไอโซโพรพานอล (ลิตร)
ปริมาณที่ใช้	1 ตัน	600	600	600
ราคา (บาท)	170,000	192,000	84,000	132,000

ในขณะที่เอทานอลแม้ว่าจะสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนออกมาได้มากที่สุด แต่ราคาค่าใช้จ่ายในการสกัดมีค่าสูง สรุปได้ว่า การใช้ตัวทำละลายกลุ่มแอลกอฮอล์มาสกัดมีความคุ้มค่าเนื่องจากเมื่อพิจารณาจากต้นทุนการซื้อซิลิกา-อะลูมินามาใช้ในอุตสาหกรรมมีราคาแพง นอกจากนี้ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดโดยการนำไปฝังกลบถึงตันละ 28,824.40 บาทต่อตันของเสียและมีค่าขนส่ง 1,564 บาทต่อเที่ยว (เจนโก้, 2548) อีกด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมโดยตัวทำละลายในการสกัดสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วด้วยตัวทำละลายในกลุ่มแอลกอฮอล์ ซึ่งได้แก่ เอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล โดยจากผลการทดลองสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนน โดยทำการทดลองในระบบขวดเขย่าที่ขนาดความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1 กรัม คือ 10 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาเริ่มต้นและเนื่องจากใช้ระยะเวลาในการสกัดน้อยที่สุดในช่วงประสิทธิภาพในการสกัดใกล้เคียงกัน

2. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนน คือ 10 นาที จะเห็นว่าเอทานอลสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้ดีที่สุด ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 27.31–27.36 มิลลิกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับเมทานอล และไอโซโพรพานอล พบว่า ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้มีค่าอยู่ในช่วง 24.17–24.34 มิลลิกรัม และ 25.95–26.29 มิลลิกรัม ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการสกัด คือ เอทานอล สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้ดีที่สุดถึงร้อยละ 69 ไอโซโพรพานอล และ เมทานอล สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้ ร้อยละ 66 และร้อยละ 61 ตามลำดับ

3. ขนาดความเร็วรอบที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนนที่ระยะเวลาที่เหมาะสม คือ 10 นาที โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว 1 กรัม คือ 200 รอบต่อนาที เนื่องจาก สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้ดี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 27.40, 26.38 และ 24.61 มิลลิกรัม เมื่อสกัดด้วยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล ตามลำดับ

4. ปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วต่อตัวทำละลายที่เหมาะสม ในการสกัดสารแอนทราควิโนนจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว โดยเลือกใช้ระยะเวลาและความเร็วรอบที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนทราควิโนนที่ได้จากการทดลอง คือ ระยะเวลา 10 นาที และความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที คือ ซิลิกาอะลูมินาเป็น 5 กรัม โดยเอทานอล ไอโซโพรพานอล และเมทานอล สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนสูงสุด เท่ากับ 73.45, 70.96 และ 69.47 มิลลิกรัม ตามลำดับ

5. ในการสกัดโดยใช้ตัวสกัดที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยเลือกใช้สภาวะที่เหมาะสม คือ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัด 10 นาที ความเร็วรอบที่ใช้ในการสกัด 200 รอบต่อนาที และเลือกใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม ประสิทธิภาพในการสกัดจะลดลงตาม

จำนวนครั้งที่ทำการสกัดซ้ำ โดยในการสกัดครั้งแรกเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอลจะสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้สูงสุด คือ ร้อยละ 68.90, ร้อยละ 66.22 และร้อยละ 52.22 ตามลำดับ และในการสกัดครั้งต่อไปสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น คือ ร้อยละ 17.05 ถึง 47.71 ร้อยละ 18.25 ถึง 41.23 และ ร้อยละ 16.75 ถึง 39.71 ตามลำดับ นอกจากนี้ เอทานอลและไอโซโพรพานอล มีแนวโน้มที่จะสกัดสารแอนทราควิโนนคงที่ ครั้งที่ 9 โดยปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 1.39 ถึง 2.89 มิลลิกรัม และ 0.93 ถึง 1.27 มิลลิกรัม ส่วนเมทานอลมีแนวโน้มที่จะสกัดสารแอนทราควิโนนได้คงที่ ครั้งที่ 13 โดยปริมาณสารแอนทราควิโนนที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 1.39 ถึง 2.89 มิลลิกรัม

6. ในการสกัดโดยใช้ตัวสกัดที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยเลือกใช้ค่าที่เหมาะสม คือ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัด 10 นาที ความเร็วรอบที่ใช้ในการสกัด 200 รอบต่อนาที และเลือกใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม ประสิทธิภาพในการสกัดจะลดลงตามจำนวนครั้งที่ทำการสกัดซ้ำ โดยในการสกัดครั้งแรกเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอลจะสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้สูงสุด คือ 216.88, 196.08 และ 173.82 มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยสามารถนำตัวทำละลายมาวนใช้ซ้ำถึงครั้งที่ 10 และในการสกัดครั้งต่อไปสามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น คือร้อยละ 29.93 ถึง 5.16, ร้อยละ28.08 ถึง 4.47 และร้อยละ 26.79 ถึง 3.39 ตามลำดับ

7. ประสิทธิภาพในการสกัด โดยใช้ตัวสกัดที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยเลือกใช้ค่าที่เหมาะสมจากการทดลองดังกล่าวข้างต้น คือ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัด 10 นาที และความเร็วรอบที่ใช้ในการสกัด 200 รอบต่อนาที โดยในการทดลองนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการสกัดซ้ำ โดยเลือกใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมเปรียบเทียบกับซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม สรุปได้ว่า เมื่อใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม ตัวทำละลายปริมาณ 10 มิลลิลิตร สามารถสกัดสารแอนทราควิโนนได้มากกว่า

8. พิจารณาถึงความคุ้มค่า โดยการประมาณค่าใช้จ่ายในการสกัดโดยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด การใช้ตัวทำละลายกลุ่มแอลกอฮอล์มาสกัดมีความคุ้มค่า เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากต้นทุนการซื้อซิลิกา-อะลูมินามาใช้ในอุตสาหกรรมมีราคาแพง นอกจากนี้ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดโดยการนำไปฝังกลบถึงตันละ 2, 824.40 บาทต่อตันของเสียอีกด้วย

บทที่ 6

ประโยชน์ในทางประยุกต์ใช้และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยเพิ่มเติม

1. จากวิจัยครั้งนี้ จะเห็นได้ว่า เนื่องจากงานวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการมีข้อจำกัดมากมาย และมีความแตกต่างกับการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม และตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดนี้เป็นสารละลายในกลุ่มแอลกอฮอล์ ซึ่งมีข้อจำกัด คือ ระเหยง่าย ดังนั้นในการนำไปใช้ในระบบจริง ควรที่จะมีความระมัดระวัง และทำในระบบปิด

2. ในการนำไปประยุกต์ใช้จริงในระดับโรงงานอุตสาหกรรม ควรคำนึงถึงปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น ค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัด ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เป็นต้น

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำตัวทำละลายในกลุ่มแอลกอฮอล์กลับมาใช้ซ้ำอีกครั้ง เพื่อให้เกิดประโยชน์และความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์

4. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้วยวิธีการวิเคราะห์โดยเทคนิคโพลาโรกราฟฟีเพื่อทราบอนุพันธุ์แอนทราควิโนน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ประเสริฐ งามเลิศประเสริฐ. 2541. การนำซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วและปรอทซัลไฟด์มาทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เปรมฤดี กาญจนปิยะ. 2545. การศึกษาการผลิตปูนซีเมนต์อลูมินาสูงจากซิลิกา-อลูมินาที่ใช้แล้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผุสดี แพทย์นุเคราะห์. 2546. การนำซิลิกา-อะลูมินาและชานอ้อยที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์ในการทำคอนกรีตบล็อก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไลทิพย์ อภิธรรมวิริยะ. 2542. การนำซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วมาใช้ประโยชน์ในการทำคอนกรีตบล็อก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุจิตรา กันยาวิลาศ. 2545. การทำตะกอนนิเกิลไฮดรอกไซด์ให้เป็นก้อนด้วยการใช้ซิลิกอน-อลูมินาที่ใช้แล้ว ปูนขาว และปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

หฤษฎ์ ธิตินันทน์. 2546. การนำซิลิกา-อะลูมินาไปใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตคอนกรีตบล็อก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2540. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6 (พ.ศ.2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว.

ภาษาอังกฤษ

Bailey, D. and Williams, V. E. 2004. An efficient synthesis of substituted anthraquinones and naphthoquinones. Tetrahedron Letters 45: 2511-2513.

Santacesaria, E., Serio, M. D., Russo, A., Leone, U. and Velotti, R. 1999. Kinetic and catalytic aspects in the hydrogen peroxide production via anthraquinone. Chemical Engineering science 54: 2799-2806.

Gritsan, N. P., Klimenko, L. S., Mainagashev, Z. V., Mamatyuk, V. L. and Vetchinov, V. P. 1995. Experimental and Quantum Chemical Study of the Reactions of 1,10-Anthraquinones with Alcohols and Amine. Tetrahedron 51: 3061-3076.

Trease, C. E. and Evans,W. C. 1989. Trease and Evans's Phamacognosy. 13th Edition. Great Britain: Alden Press.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

ภาษาอังกฤษ

Atamna I. Z., Muschik G. M., and Issaq H. J. 1990. Effect of alcohol chain length, concentration and polarity on separations in high-performance liquid chromatography using bonded cyclodextrin columns. Chromatograph 499: 477-88.

Bruckarda W. J., Callea C., Fletcherb S., Hornea M. D., Sparrow G. J., and Urban A. J. 2004. The application of anthraquinone redox catalysts for accelerating the aeration step in the becher process. Hydrometallurgy 73: 111– 121.

Bulgakov V. P., Tchernoded G. K. , Mischenko N. P., Shkryl Yu. N., Fedoreyev S. A., and Zhuravlev Yu. N. 2004 . The *rolB* and *rolC* genes activate synthesis of anthraquinones in *Rubia cordifolia* cells by mechanism independent of octadecanoid signaling pathway. Plant Science 166: 1069–1075

Dagade S. P., Waghmode S. B., Kadam V. S., and Dongare M. K. 2002. Vapor phase nitration of toluene using dilute nitric acid and molecular modeling studies over beta zeolite. Applied Catalysis A 226: 49–61.

Dasa S., Bhattacharyaa A., Mandala P. C., Rathb M. C., and Mukherjeeb T. 2002. One-electron reduction of 1,2-dihydroxy-9,10-anthraquinone and some of its transition metal complexes in aqueous solution and in aqueous isopropanol–acetone-mixed solvent: a steady-state and pulse radiolysis study. Radiation Physics and Chemistry. 65: 93–100.

Flomberg T. 2001. Polarity and Dissolving. Manhattan: The Nightingale-Bamford School.

Houa Y., Wang Y., He F., Mi W., Li Z., Mi Z., Wu W., and Min E. 2004. Effects of lanthanum addition on Ni-B/γ-Al_2O_3 amorphous alloy catalysts used in anthraquinone hydrogenation. Applied Catalysis A 259: 35–40.

Levin S. 2003. Switching between Normal Phase to Reversed Phase Protocols. (n.p.). (Mimeographed)

Raoufi F., Yamini Y., Sharghi H., and Shamsipur M. 1999. Solid-Phase Extraction and Determination of Trace Amounts of Lead(II) Using Octadecyl Silica Membrane Disks Modified with a Recently Synthesized Anthraquinone Derivative and Atomic Absorption Spectrometry. Microchemical Journal 63: 311–316.

Rath M. C., Pal H., and MukheRjet T. 1996. Pulse-radiolytic one-electron reduction of Anthraquinone and chloro-anthraquinones in aqueous-isopropanol-acetone mixed solvent. Radiat. Phys. Chem. 47: 221-227.

Sereda G. A., and Akhvlediani D. G. 2003. Methylation of 1,8-dihydroxy-9,10 anthraquinone with and without use of solvent-free technique. Tetrahedron Letters 44: 9125–9126.

Sutton T. L., Foster R. L., and Linner S. R. 2002. Acute methanol ingestion. Pediatric Emergency Care. 18(5): 360-363.

Vasconsuelo A., Giulietti A. M., and Boland R. 2004. Signal transduction events mediating chitosan stimulation of anthraquinone synthesis in Rubia tinctorum. Plant Science 166: 405–413.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

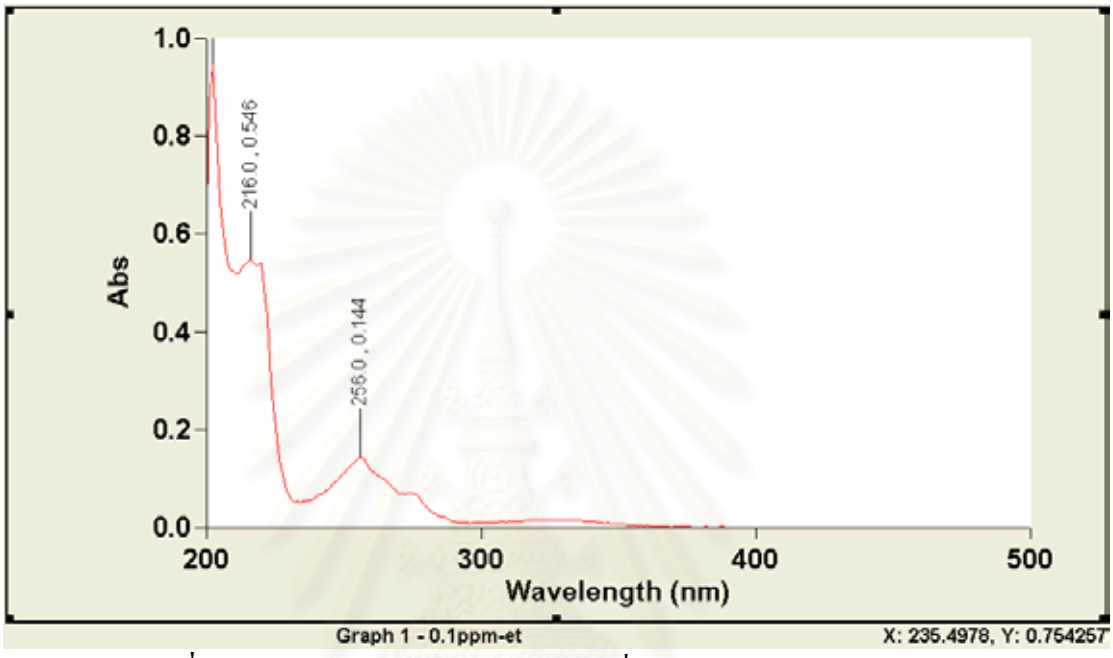
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
สเปกตรัมสารแอนทราควิโนน

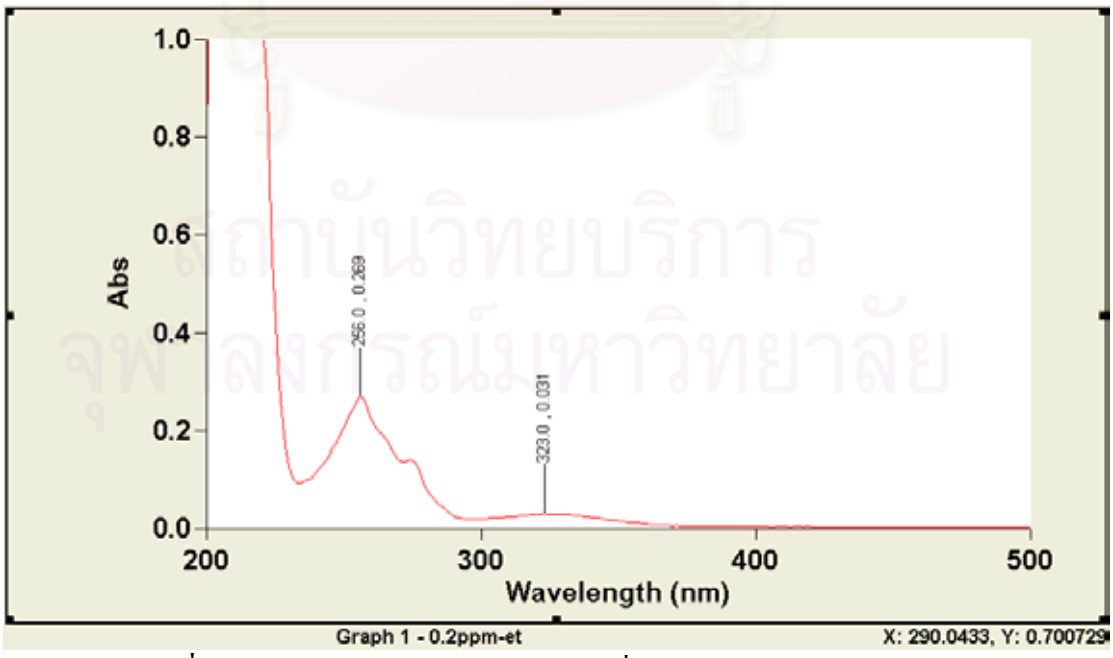
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.1

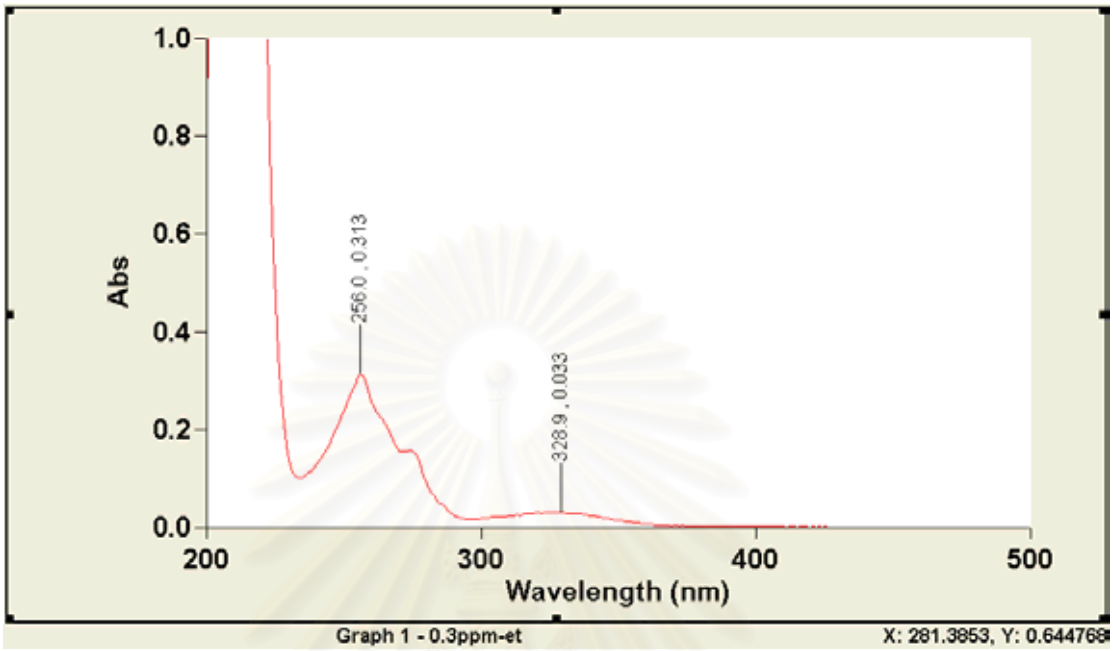
สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยเอทานอล



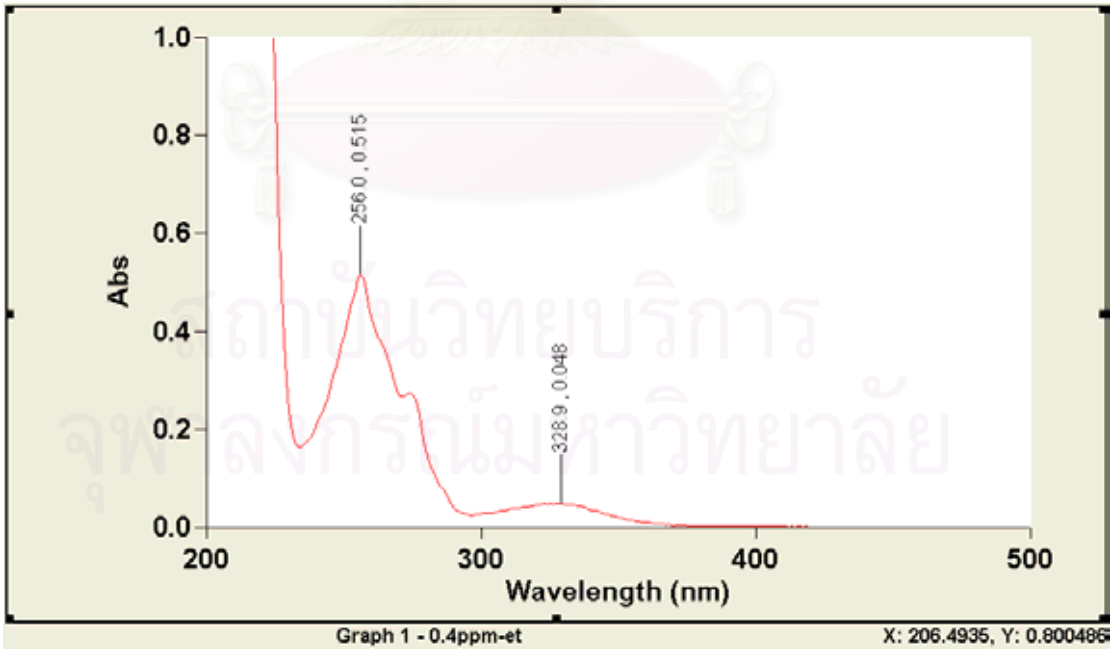
รูปที่ ก.1.1 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.1 ppm* 0.4489



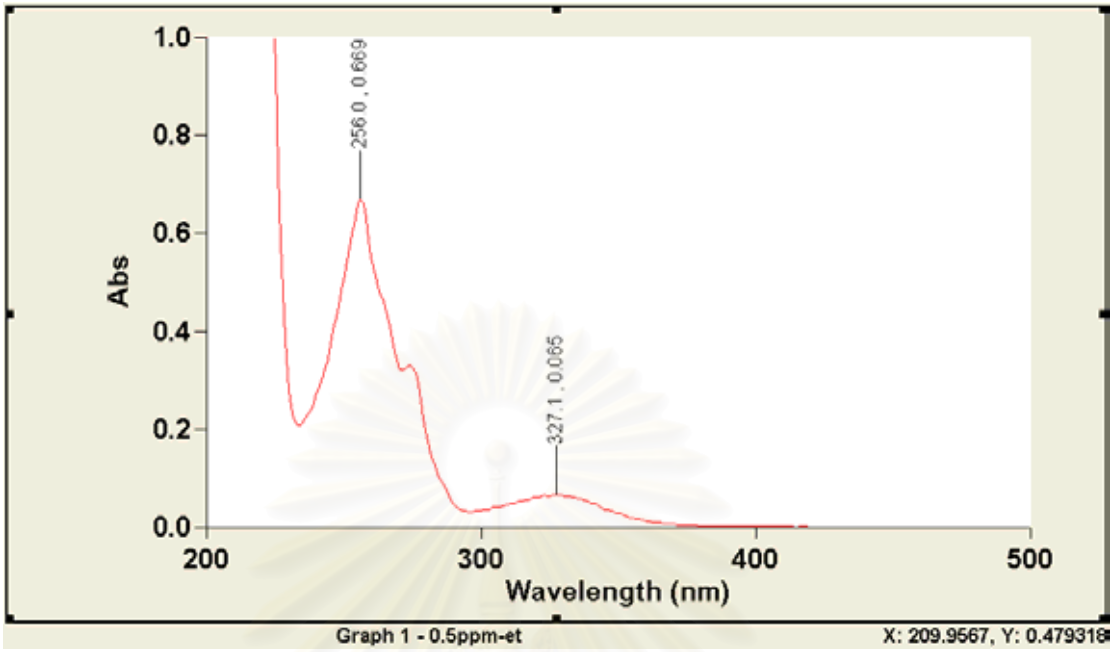
รูปที่ ก.1.2 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.2 ppm* 0.4489



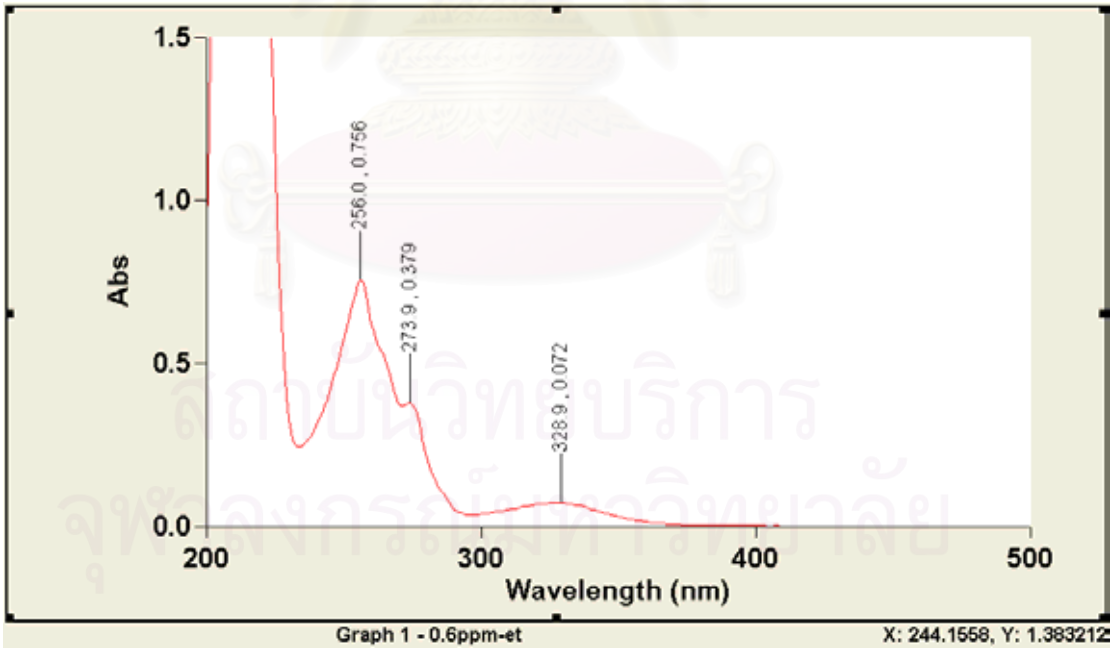
รูปที่ ก.1.3 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.3 ppm* 0.4489



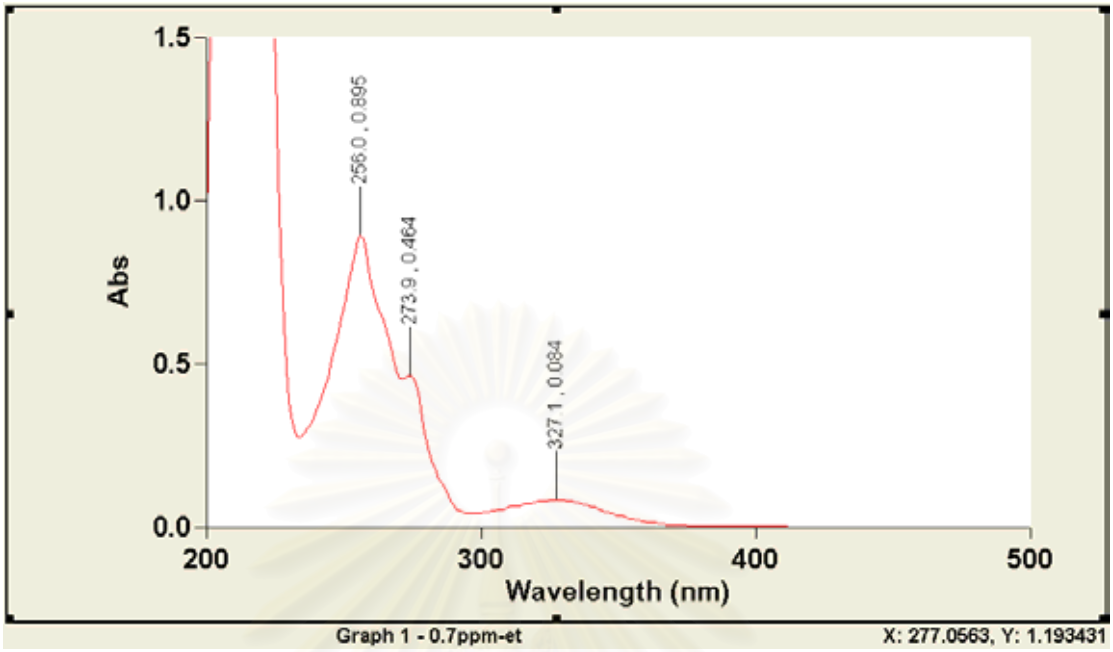
รูปที่ ก.1.4 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.4 ppm* 0.4489



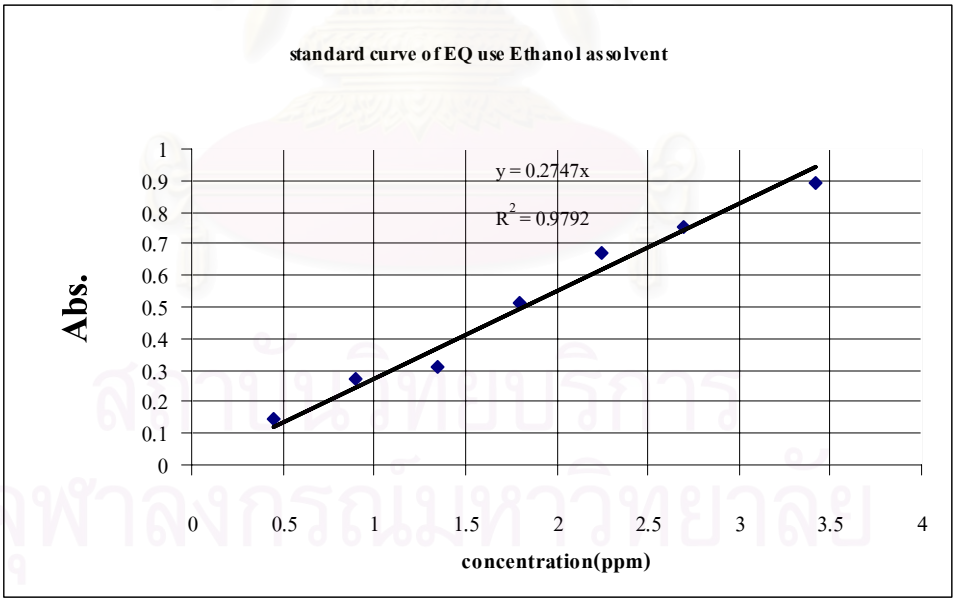
รูปที่ ก.1.5 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.5 ppm* 0.4489



รูปที่ ก.1.6 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.6 ppm* 0.4489



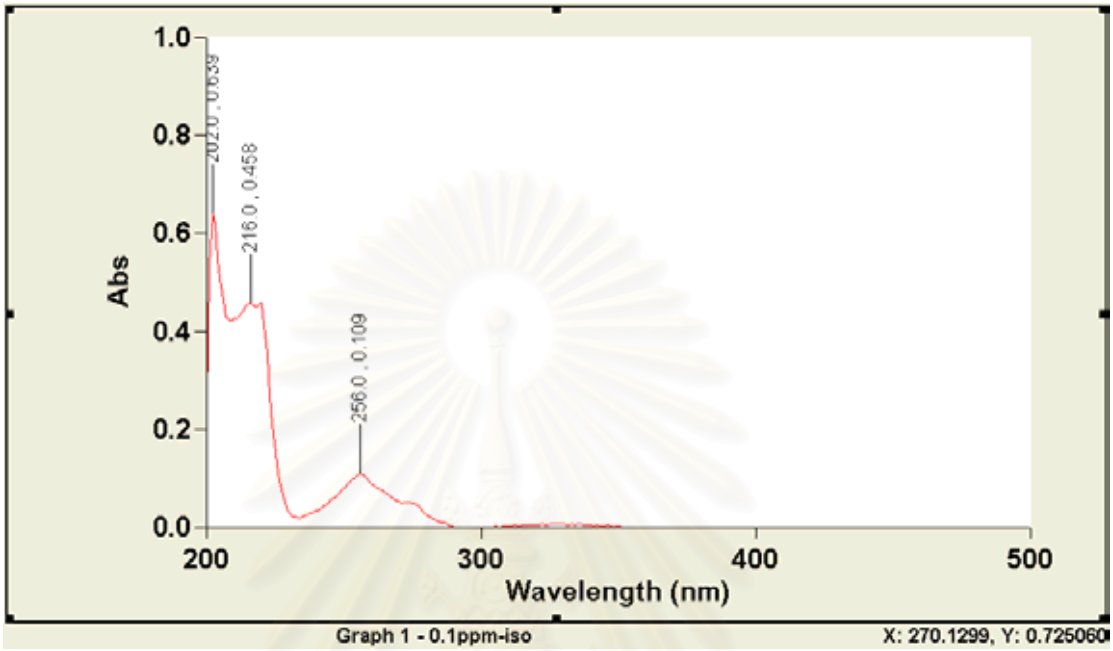
รูปที่ ก.1.7 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.7 ppm* 0.4489



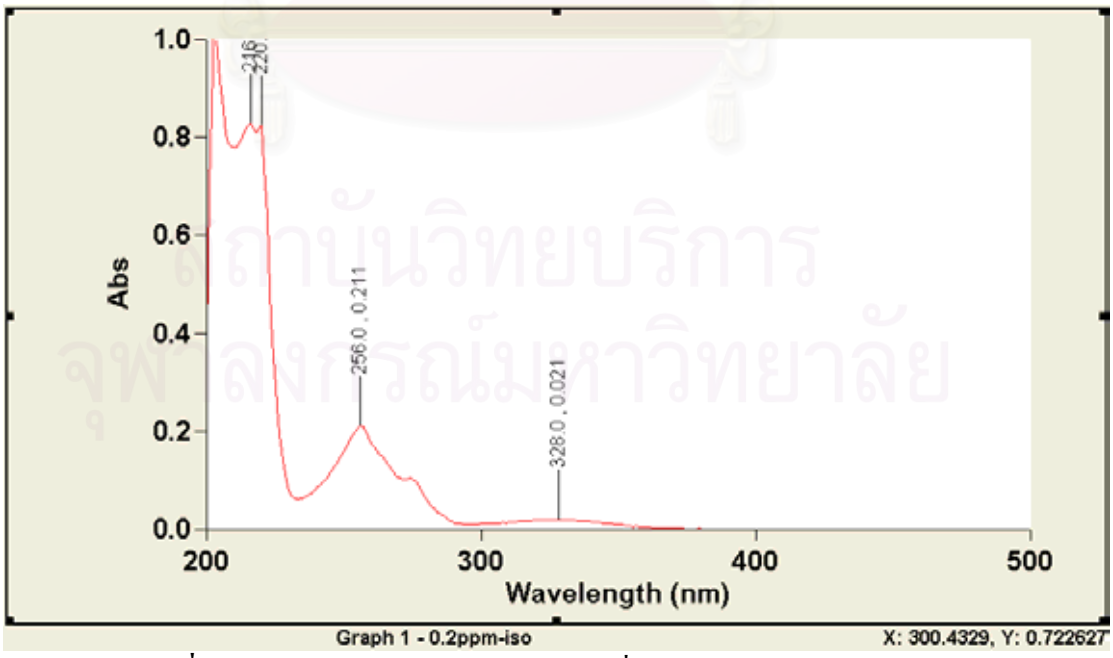
รูปที่ ก.1.8 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยเอทานอล

ภาคผนวก ก.2

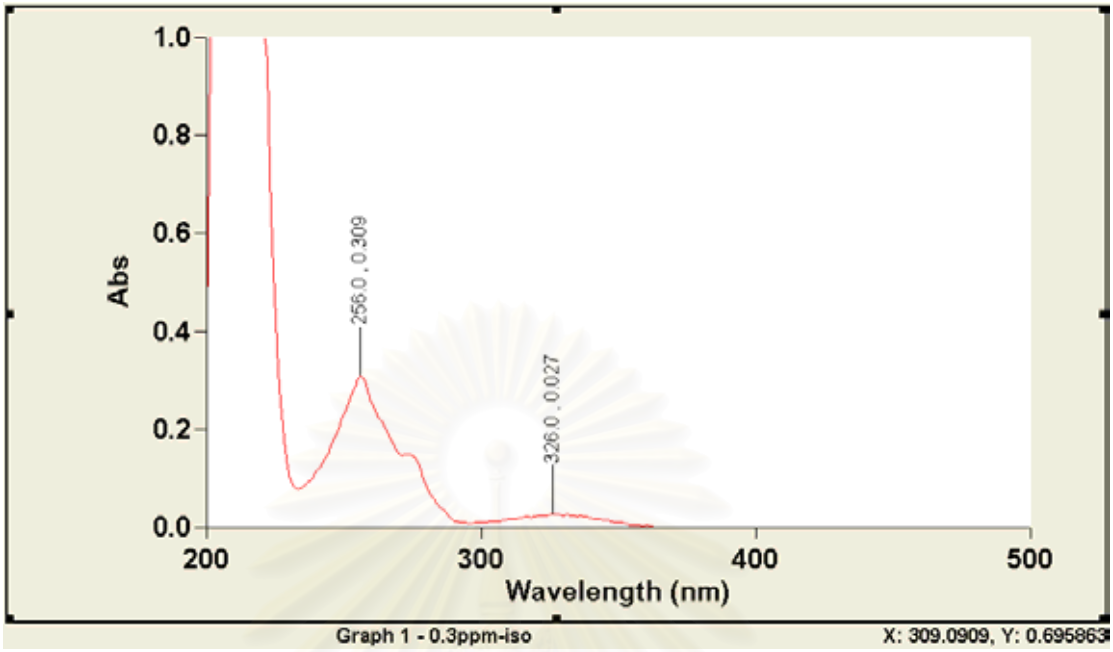
สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยไอโซโพรพานอล



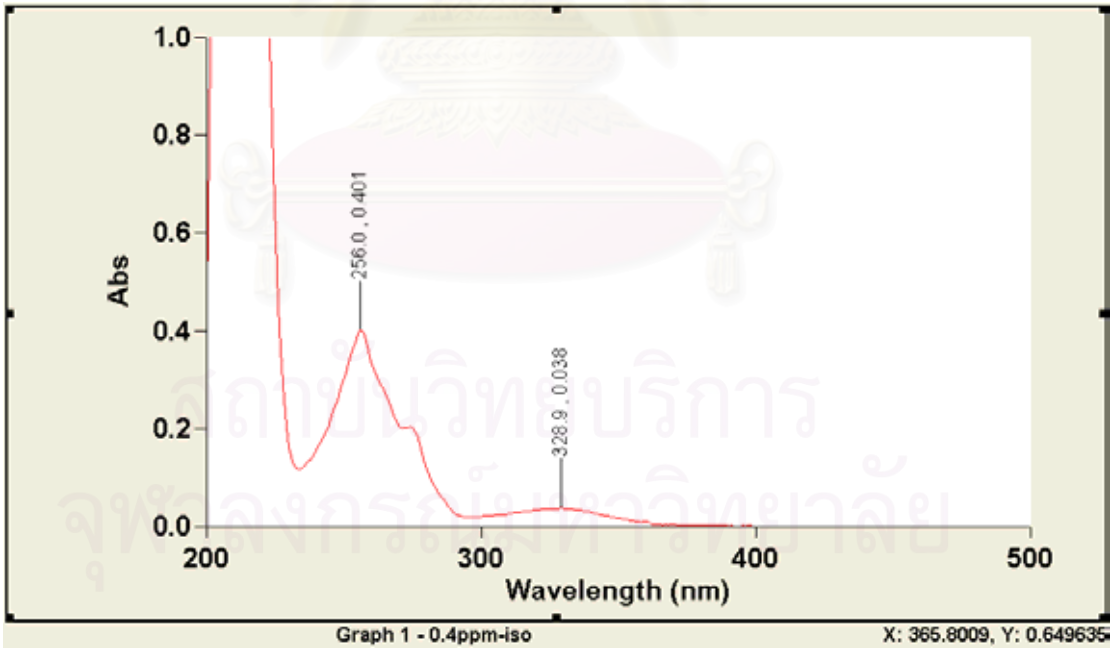
รูปที่ ก.2.1 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.1 ppm* 0.4489



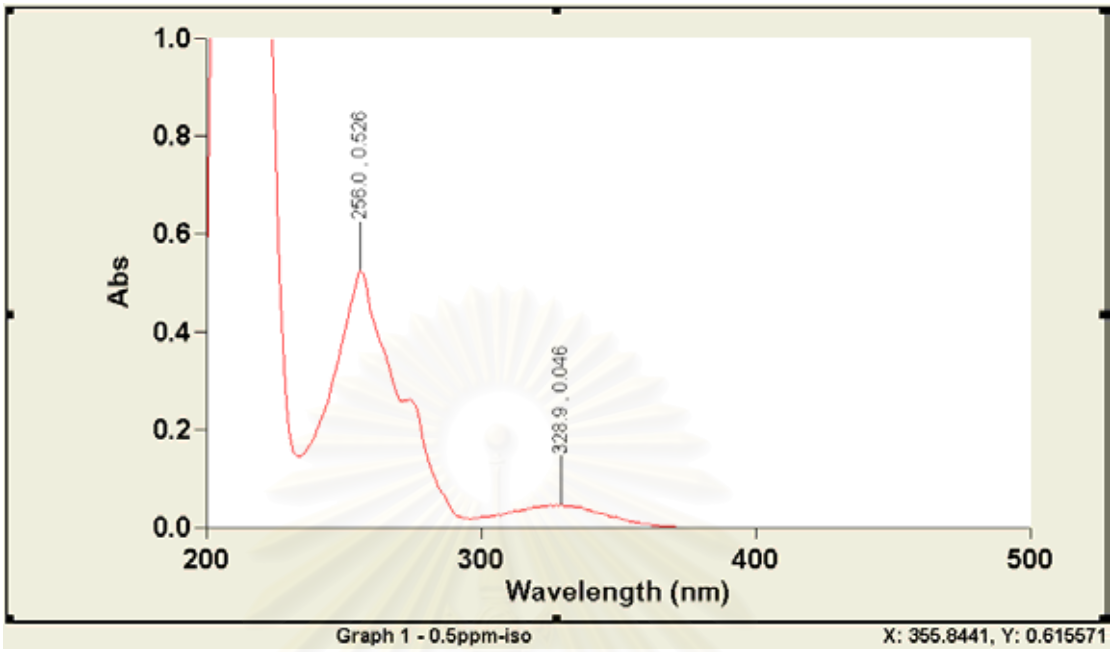
รูปที่ ก.2.2 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.2 ppm* 0.4489



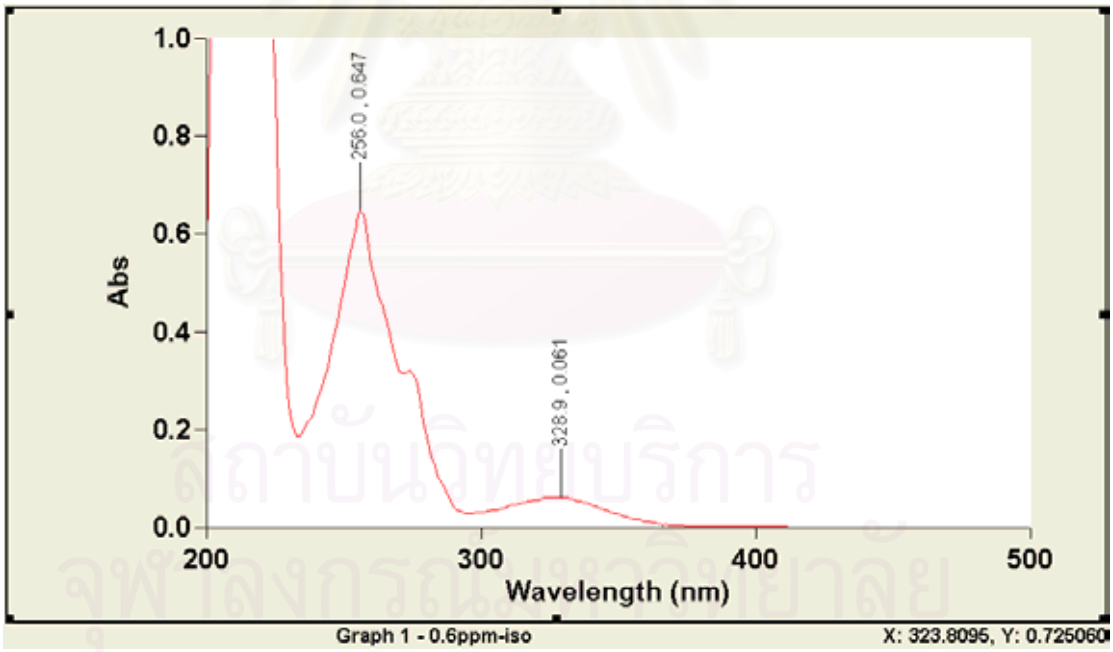
รูปที่ ก.2.3 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.3 ppm* 0.4489



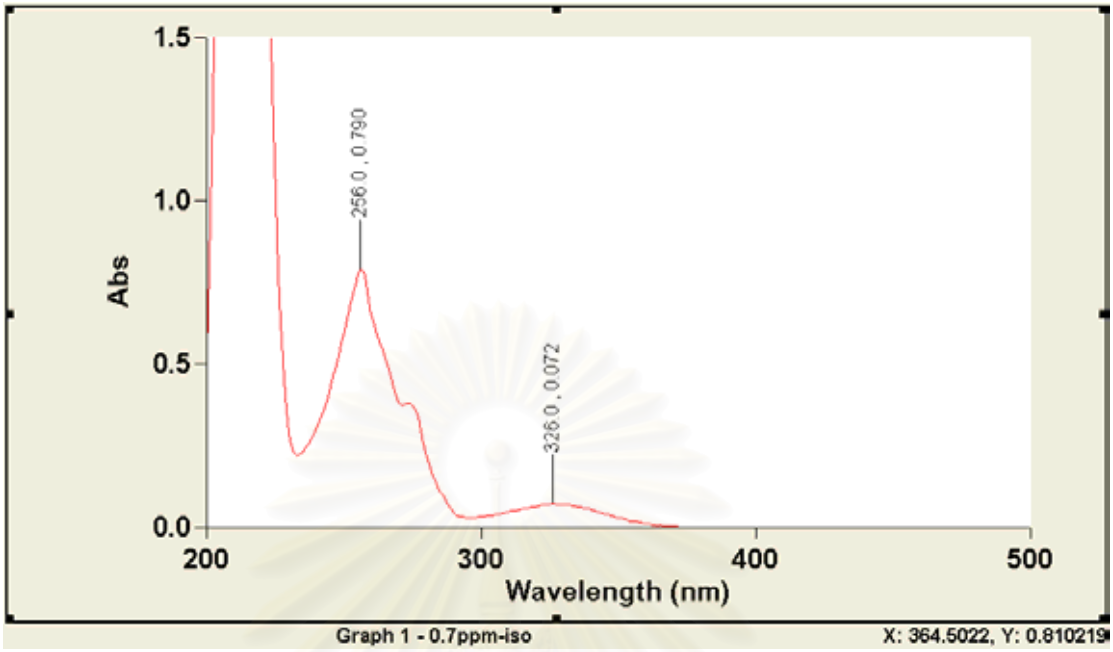
รูปที่ ก.2.4 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.4 ppm* 0.4489



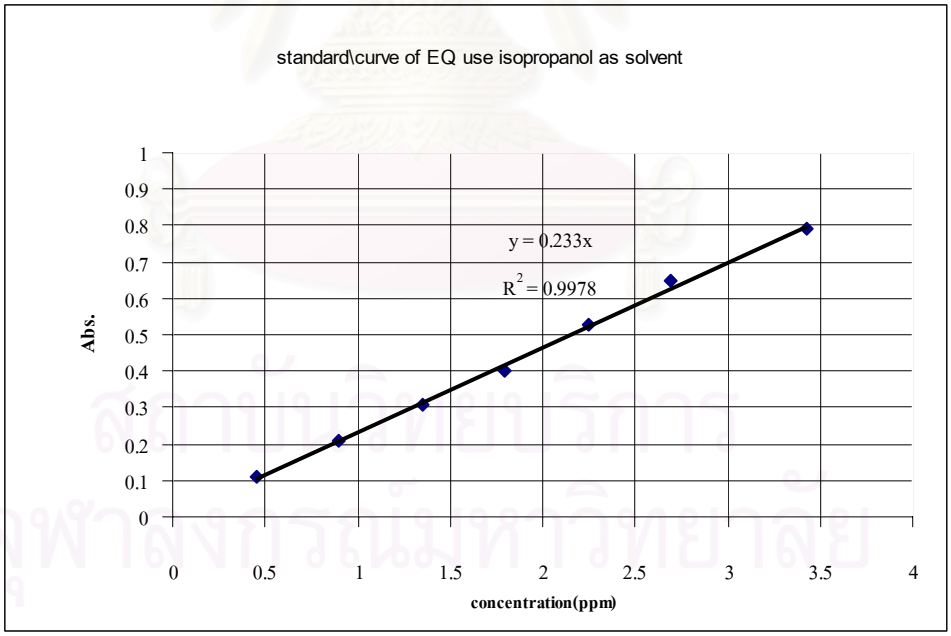
รูปที่ ก.2.5 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.5 ppm* 0.4489



รูปที่ ก.2.6 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.6 ppm* 0.4489

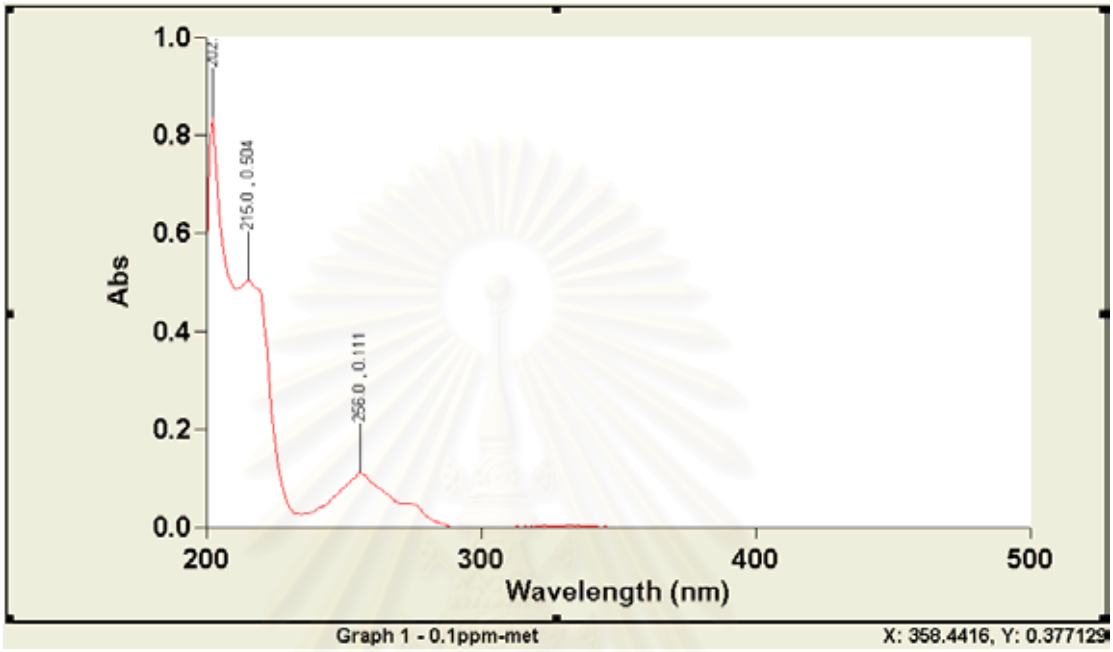


รูปที่ ก.2.7 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.7 ppm* 0.4489

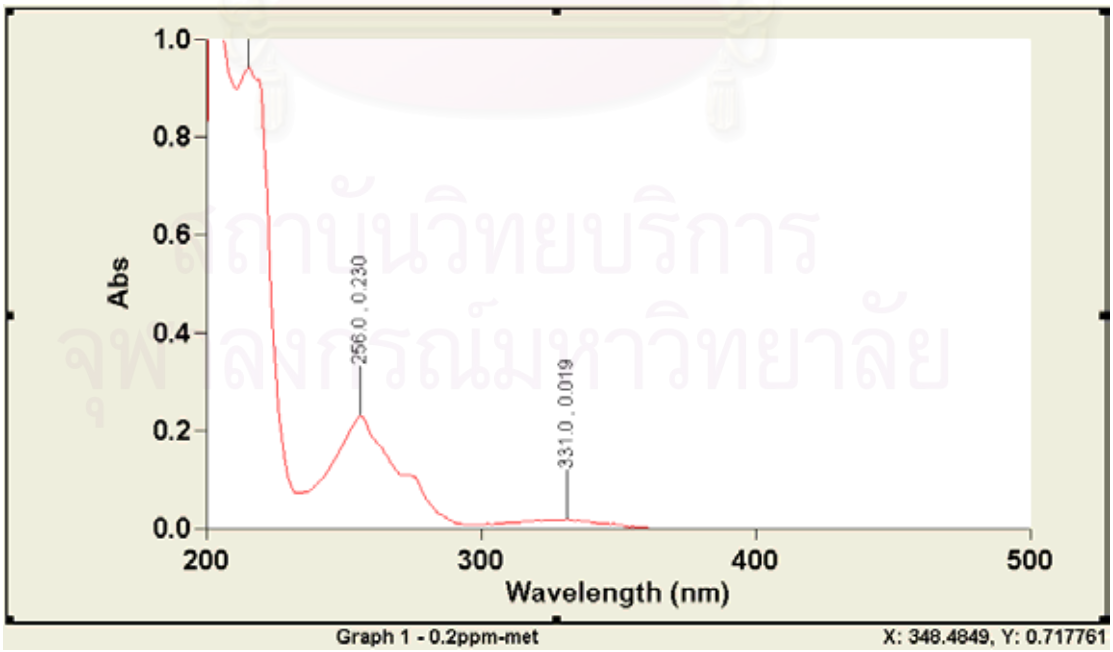


รูปที่ ก.2.8 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยไอโซโพรพานอล

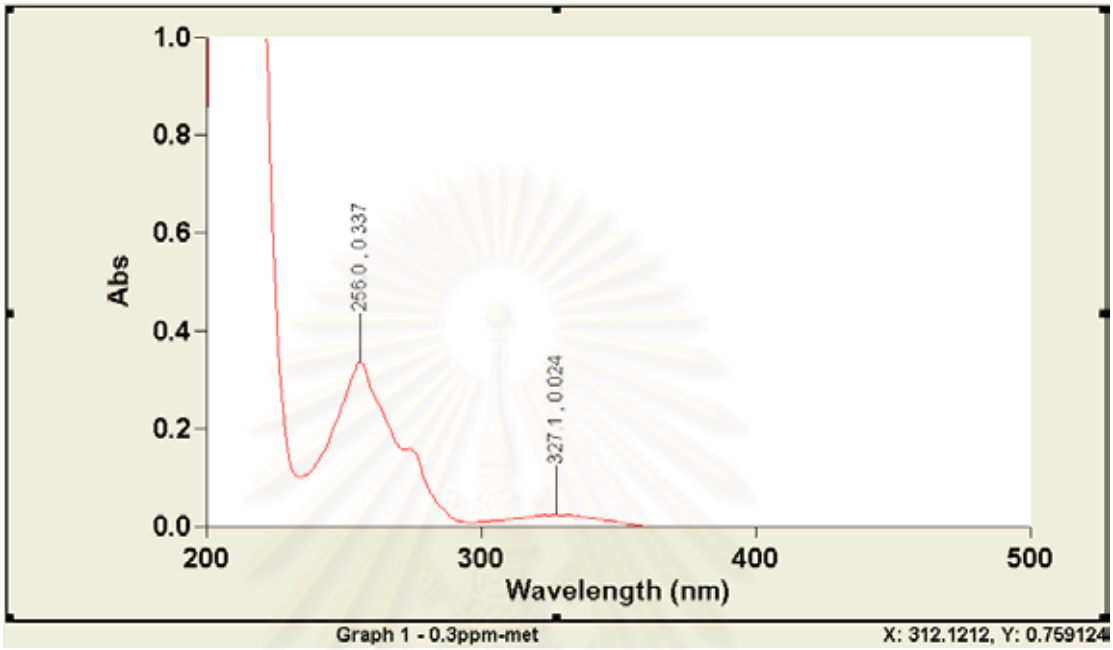
ภาคผนวก ก.3
สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยเมทานอล



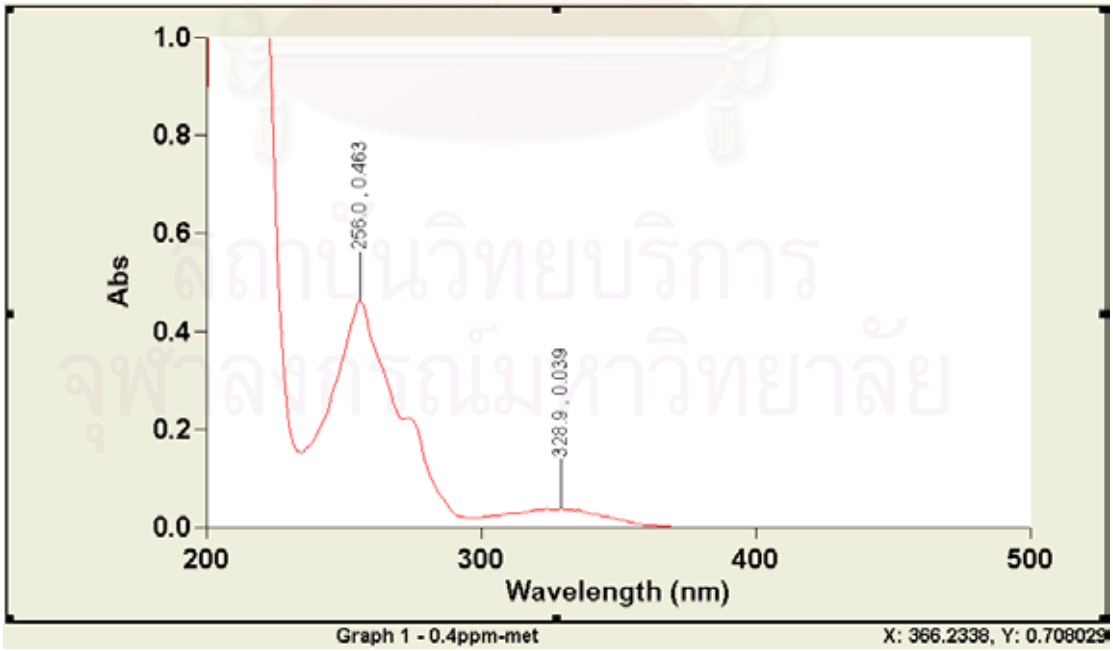
รูปที่ ก.3.1 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.1 ppm* 0.4489



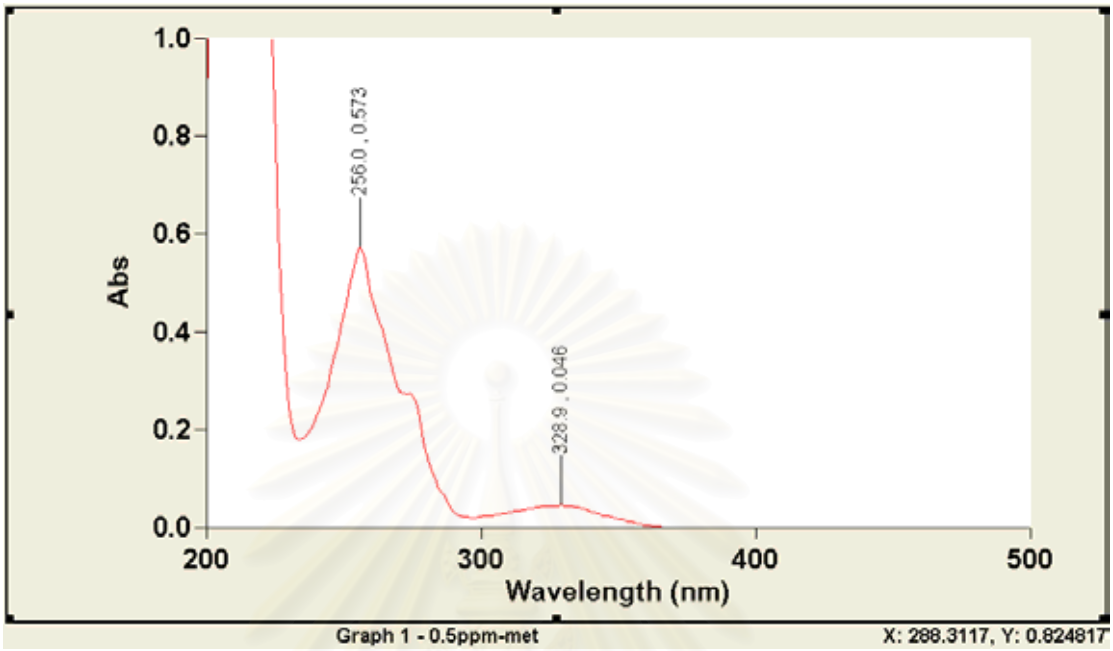
รูปที่ ก.3.2 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.2 ppm* 0.4489



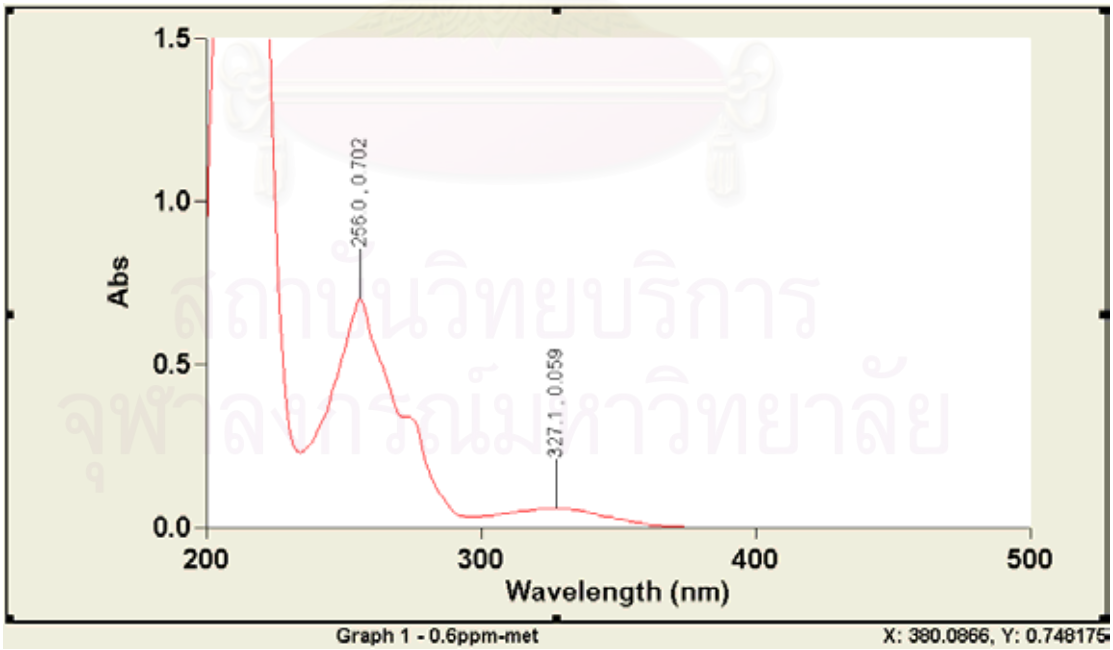
รูปที่ ก.3.3 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.3 ppm* 0.4489



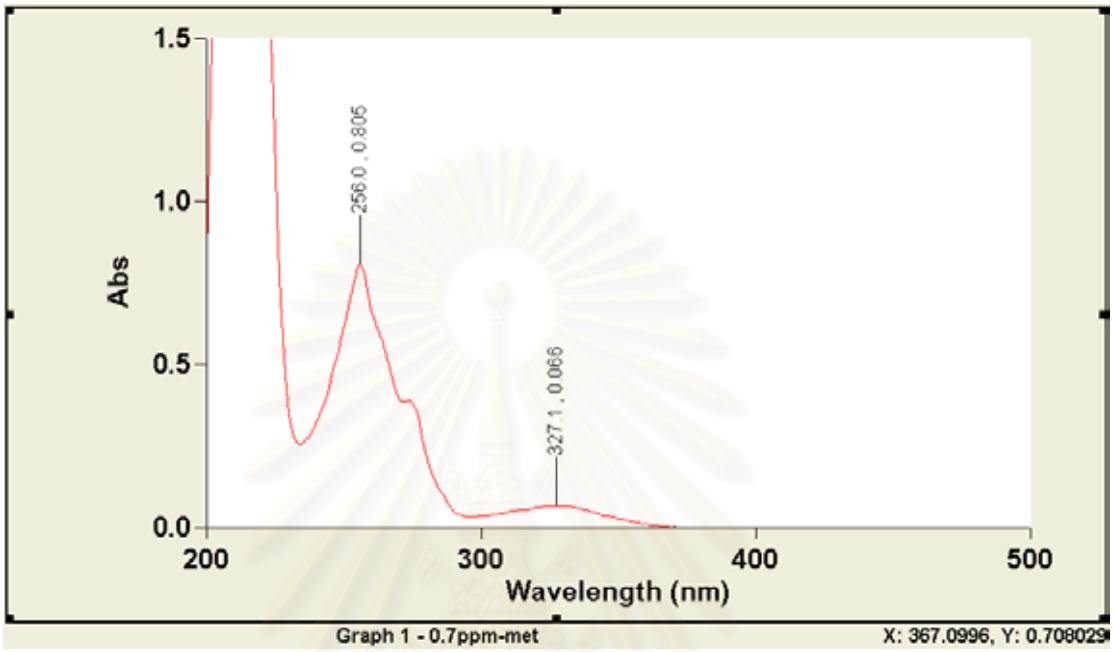
รูปที่ ก.3.4 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.4 ppm* 0.4489



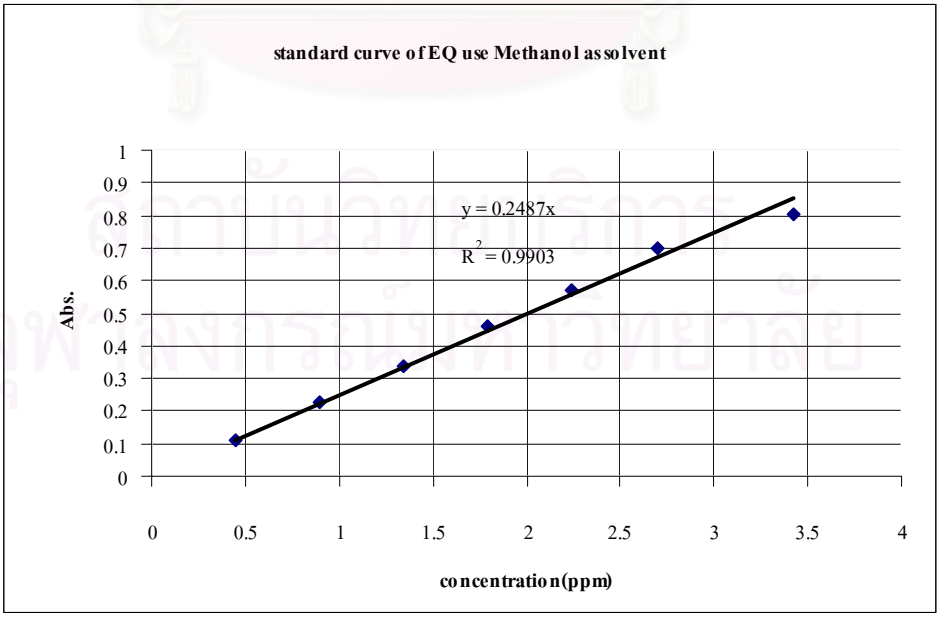
รูปที่ ก.3.5 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.5 ppm* 0.4489



รูปที่ ก.3.6 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.6 ppm* 0.4489



รูปที่ ก.3.7 สเปกตรัมสารแอนทราควิโนนที่ความเข้มข้น 0.7 ppm* 0.4489



รูปที่ ก.3.8 กราฟมาตรฐานสารแอนทราควิโนนทำละลายโดยเมทานอล

ภาคผนวก ข

ตารางผลการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.1

ค่าการดูดกลืนแสง

ตารางที่ ข.1.1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพา-นอลและเมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการชะละลายเป็น 10 20 30 40 50 และ 60 นาที

สารละลาย	ระยะเวลาเขย่า (นาที)	dilution	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	10	x100	0.6134	0.6037	0.6091	0.6087	0.0049
	20	x100	0.6042	0.6102	0.6083	0.6076	0.0030
	30	x100	0.6131	0.6010	0.6102	0.6081	0.0063
	40	x100	0.6029	0.6190	0.6067	0.6095	0.0084
	50	x100	0.6136	0.6085	0.6033	0.6084	0.0052
	60	x100	0.6084	0.6115	0.6085	0.6095	0.0018
ไอโซโพรพานอล	10	x100	0.5819	0.5855	0.5895	0.5856	0.0038
	20	x100	0.5850	0.5856	0.5760	0.5822	0.0054
	30	x100	0.5812	0.5865	0.5796	0.5824	0.0036
	40	x100	0.5762	0.5786	0.5794	0.5781	0.0017
	50	x100	0.5837	0.5733	0.5855	0.5809	0.0066
	60	x100	0.5784	0.5829	0.5756	0.5790	0.0036
เมทานอล	10	x100	0.5429	0.5318	0.5408	0.5385	0.0059
	20	x100	0.5408	0.5383	0.5428	0.5406	0.0022
	30	x100	0.5358	0.5450	0.5390	0.5399	0.0047
	40	x100	0.5390	0.5408	0.5468	0.5422	0.0041
	50	x100	0.5468	0.5358	0.5428	0.5418	0.0056
	60	x100	0.5445	0.5391	0.5408	0.5415	0.0028

ตารางที่ ข.1.2 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอลและเมทานอล เมื่อแปรผันขนาดความเร็วรอบในการชะละลายเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที

สารละลาย	ขนาดความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	dilution	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	100	x100	0.5755	0.5721	0.5733	0.5736	0.0017
	150	x100	0.5944	0.5895	0.5856	0.5899	0.0044
	200	x100	0.6131	0.6044	0.6136	0.6104	0.0052
	250	x100	0.6196	0.6185	0.6067	0.6149	0.0071
ไอโซโพรพานอล	100	x100	0.5125	0.5184	0.5108	0.5139	0.0040
	150	x100	0.5558	0.5608	0.5568	0.5578	0.0027
	200	x100	0.5956	0.5812	0.5865	0.5878	0.0072
	250	x100	0.5819	0.5855	0.5895	0.5856	0.0038
เมทานอล	100	x100	0.4969	0.4962	0.4958	0.4963	0.0006
	150	x100	0.5177	0.5173	0.5190	0.5180	0.0009
	200	x100	0.5454	0.5545	0.5445	0.5481	0.0055
	250	x100	0.5468	0.5498	0.5498	0.5488	0.0017

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1.3 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอลและเมทานอล เมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม

สารละลาย	ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา (กรัม)	dilution	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	1	x100	0.6002	0.6102	0.6101	0.6068	0.0057
	2	x100	0.8865	0.8635	0.8527	0.8676	0.0173
	3	x150	0.7832	0.7796	0.7920	0.7849	0.0064
	4	x200	0.7204	0.7021	0.7190	0.7139	0.0102
	5	x250	0.6650	0.6422	0.6562	0.6545	0.0115
ไอโซโพรพานอล	1	x100	0.5820	0.5865	0.5773	0.5820	0.0046
	2	x100	0.8418	0.8357	0.8357	0.8377	0.0035
	3	x150	0.7476	0.7496	0.7532	0.7502	0.0028
	4	x200	0.6954	0.6938	0.6938	0.6944	0.0009
	5	x250	0.6360	0.6260	0.6349	0.6323	0.0055
เมทานอล	1	x100	0.5390	0.5408	0.5342	0.5380	0.0034
	2	x100	0.8194	0.8008	0.8075	0.8092	0.0094
	3	x150	0.7122	0.7127	0.7022	0.7090	0.0059
	4	x200	0.6423	0.6487	0.6509	0.6473	0.0045
	5	x250	0.6205	0.6221	0.6145	0.6190	0.0040

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1.4 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยเอทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	1	x100	0.6002	0.6102	0.6102	0.6069	0.0057
	2	x100	0.8335	0.8527	0.8352	0.8405	0.0106
	3	x150	0.6595	0.6546	0.6554	0.6565	0.0026
	4	x150	0.7668	0.7922	0.7769	0.7786	0.0128
	5	x200	0.6798	0.6657	0.6698	0.6718	0.0072
	6	x200	0.7501	0.7481	0.7636	0.7539	0.0084
	7	x300	0.5699	0.5816	0.5743	0.5753	0.0059
	8	x400	0.4627	0.4878	0.4763	0.4756	0.0126
	9	x400	0.4870	0.5090	0.4998	0.4986	0.0111
	10	x500	0.4031	0.4200	0.4122	0.4118	0.0085
	11	x500	0.4127	0.4248	0.4163	0.4179	0.0062
	12	x500	0.4220	0.4290	0.4288	0.4266	0.0040
	13	x500	0.4302	0.4374	0.4389	0.4355	0.0047
	14	x500	0.4430	0.4442	0.4448	0.4440	0.0009
	15	x500	0.4505	0.4504	0.4507	0.4505	0.0002

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1.5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยไอโซโพรพานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
ไอโซโพรพานอล	1	x100	0.5820	0.5865	0.5813	0.5833	0.0028
	2	x100	0.7370	0.7224	0.7197	0.7264	0.0093
	3	x150	0.6952	0.6887	0.6885	0.6908	0.0038
	4	x150	0.7754	0.7780	0.7744	0.7760	0.0019
	5	x200	0.6720	0.6765	0.6830	0.6772	0.0055
	6	x200	0.7695	0.7593	0.7699	0.7662	0.0060
	7	x300	0.5448	0.5378	0.5489	0.5438	0.0056
	8	x400	0.4617	0.4572	0.4647	0.4612	0.0038
	9	x400	0.4952	0.4938	0.4921	0.4937	0.0015
	10	x500	0.4131	0.4099	0.4183	0.4138	0.0042
	11	x500	0.4257	0.4260	0.4300	0.4272	0.0024
	12	x500	0.4362	0.4395	0.4392	0.4383	0.0018
	13	x500	0.4417	0.4448	0.4454	0.4439	0.0020
	14	x500	0.4493	0.4517	0.4490	0.4500	0.0015
	15	x500	0.4538	0.4552	0.4535	0.4541	0.0009

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1.6 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยเมทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เมทานอล	1	x100	0.5390	0.5408	0.5408	0.5402	0.0010
	2	x100	0.6911	0.7088	0.6989	0.6996	0.0088
	3	x150	0.6571	0.6535	0.6601	0.6569	0.0033
	4	x150	0.7603	0.7640	0.7633	0.7625	0.0020
	5	x200	0.6354	0.6421	0.6312	0.6362	0.0055
	6	x200	0.6972	0.7099	0.7199	0.7090	0.0114
	7	x300	0.5003	0.5133	0.5266	0.5134	0.0131
	8	x400	0.3963	0.4087	0.4022	0.4024	0.0062
	9	x400	0.4326	0.4228	0.4199	0.4251	0.0066
	10	x500	0.3599	0.3643	0.3599	0.3614	0.0025
	11	x500	0.3688	0.3861	0.3830	0.3793	0.0092
	12	x500	0.3988	0.3990	0.4089	0.4022	0.0058
	13	x500	0.4353	0.4311	0.4201	0.4288	0.0079
	14	x500	0.4400	0.4381	0.4353	0.4378	0.0024
	15	x500	0.4421	0.4423	0.4431	0.4425	0.0005

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1.7 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัมโดยเอทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	1	x1000	0.1297	0.1287	0.1371	0.1318	0.0046
	2	x1000	0.1845	0.1902	0.1945	0.1897	0.0050
	3	x1000	0.2411	0.2410	0.2501	0.2441	0.0052
	4	x1000	0.2953	0.2993	0.2999	0.2982	0.0025
	5	x1000	0.3328	0.3374	0.3374	0.3359	0.0027
	6	x1000	0.3704	0.3689	0.3701	0.3698	0.0008
	7	x1000	0.4036	0.4019	0.4012	0.4022	0.0013
	8	x1000	0.4377	0.4342	0.4274	0.4331	0.0052
	9	x1000	0.4617	0.4625	0.4570	0.4604	0.0030
	10	x1000	0.4849	0.4821	0.4823	0.4831	0.0015

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1.8 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัมโดยไอโซโพรพานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
ไอโซโพรพานอล	1	x1000	0.1258	0.1246	0.1207	0.1237	0.0027
	2	x1000	0.1745	0.1808	0.1745	0.1766	0.0036
	3	x1000	0.2201	0.2388	0.2245	0.2278	0.0098
	4	x1000	0.2628	0.2729	0.2629	0.2662	0.0058
	5	x1000	0.3074	0.3054	0.3010	0.3046	0.0032
	6	x1000	0.3467	0.3441	0.3433	0.3447	0.0018
	7	x1000	0.3714	0.3719	0.3743	0.3725	0.0016
	8	x1000	0.3992	0.3942	0.3954	0.3963	0.0026
	9	x1000	0.4227	0.4169	0.4117	0.4171	0.0055
	10	x1000	0.4402	0.4402	0.4300	0.4368	0.0059

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1.9 ค่าการดูดกลืนแสงของสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัมโดยเมทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ค่าการดูดกลืนแสง			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เมทานอล	1	x1000	0.1191	0.1177	0.1172	0.1180	0.0010
	2	x1000	0.1562	0.1615	0.1662	0.1613	0.0050
	3	x1000	0.2008	0.2041	0.2068	0.2039	0.0030
	4	x1000	0.2404	0.2423	0.2473	0.2433	0.0036
	5	x1000	0.2754	0.2735	0.2754	0.2748	0.0011
	6	x1000	0.3049	0.3069	0.3019	0.3046	0.0025
	7	x1000	0.3319	0.3321	0.3303	0.3314	0.0010
	8	x1000	0.3464	0.3564	0.3542	0.3523	0.0053
	9	x1000	0.3706	0.3757	0.3706	0.3723	0.0029
	10	x1000	0.3862	0.3873	0.3881	0.3872	0.0010

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.2
ปริมาณสารแอนทราควิโนน

ตารางที่ ข.2.1 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอลและเมทานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการชะละลายเป็น 10 20 30 40 50 และ 60 นาที

สารละลาย	ระยะเวลาเขย่า (นาที)	dilution	ปริมาณแอนทราควิโนนใน 1 กรัม*			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	10	x100	27.53	27.10	27.34	27.33	0.2179
	20	x100	27.12	27.39	27.31	27.27	0.1363
	30	x100	27.52	26.98	27.39	27.30	0.2849
	40	x100	27.06	27.79	27.24	27.36	0.3783
	50	x100	27.54	27.31	27.08	27.31	0.2314
	60	x100	27.31	27.45	27.32	27.36	0.0796
ไอโซโพรพานอล	10	x100	26.12	26.28	26.46	26.29	0.1717
	20	x100	26.26	26.29	25.86	26.14	0.2402
	30	x100	26.09	26.33	26.02	26.15	0.1616
	40	x100	25.87	25.97	26.01	25.95	0.0745
	50	x100	26.20	25.74	26.28	26.07	0.2957
	60	x100	25.97	26.16	25.84	25.99	0.1638
เมทานอล	10	x100	24.37	23.87	24.28	24.17	0.2651
	20	x100	24.28	24.17	24.36	24.27	0.0994
	30	x100	24.05	24.46	24.20	24.24	0.2095
	40	x100	24.20	24.28	24.54	24.34	0.1820
	50	x100	24.54	24.05	24.36	24.32	0.2503
	60	x100	24.44	24.20	24.28	24.31	0.1243

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

ตารางที่ ข.2.2 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอลและเมทานอล เมื่อแปรผันขนาดความเร็วรอบในการชะละลายเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที

สารละลาย	ขนาดความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	dilution	ปริมาณแอนทราควิโนนใน 1 กรัม*			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	100	x100	25.83	25.68	25.74	25.75	0.0766
	150	x100	26.68	26.46	26.29	26.48	0.1976
	200	x100	27.52	27.13	27.54	27.40	0.2317
	250	x100	27.81	27.76	27.24	27.60	0.3199
ไอโซโพรพานอล	100	x100	23.00	23.27	22.93	23.07	0.1793
	150	x100	24.95	25.17	24.99	25.04	0.1201
	200	x100	26.73	26.09	26.33	26.38	0.3252
	250	x100	26.12	26.28	26.46	26.29	0.1717
เมทานอล	100	x100	22.31	22.27	22.25	22.28	0.0264
	150	x100	23.24	23.22	23.30	23.25	0.0408
	200	x100	24.48	24.89	24.44	24.61	0.2474
	250	x100	24.54	24.68	24.68	24.63	0.0773

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.3 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล ไอโซโพรพานอลและเมทานอลเมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม

สารละลาย	ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา (กรัม)	dilution	ปริมาณสารแอนทราควิโนน(กรัม) *			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	1	x100	26.94	27.39	27.39	27.24	0.2562
	2	x100	39.80	38.76	38.28	38.95	0.7763
	3	x150	52.74	52.49	53.33	52.85	0.4314
	4	x200	64.68	63.04	64.55	64.09	0.9135
	5	x250	74.63	72.07	73.65	73.45	1.2900
ไอโซโพรพานอล	1	x100	26.13	26.33	25.92	26.12	0.2049
	2	x100	37.79	37.51	37.51	37.60	0.1590
	3	x150	50.34	50.47	50.72	50.51	0.1908
	4	x200	62.43	62.29	62.29	62.34	0.0807
	5	x250	71.37	70.25	71.25	70.96	0.6160
เมทานอล	1	x100	24.20	24.28	23.98	24.15	0.1529
	2	x100	36.78	35.95	36.25	36.33	0.4223
	3	x150	47.96	47.99	47.28	47.74	0.4002
	4	x200	57.67	58.24	58.44	58.12	0.4001
	5	x250	69.63	69.82	68.96	69.47	0.4495

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.4 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยเอทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ปริมาณสารแอนทราควิโนน*			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	1	x100	26.94	27.39	27.39	27.24	0.2574
	2	x100	37.42	38.28	37.49	37.73	0.4758
	3	x150	44.41	44.08	44.13	44.21	0.1776
	4	x150	51.63	53.34	52.32	52.43	0.8593
	5	x200	61.03	59.77	60.14	60.31	0.6501
	6	x200	67.34	67.17	68.56	67.69	0.7580
	7	x300	76.75	78.32	77.34	77.47	0.7916
	8	x400	83.07	87.58	85.53	85.40	2.2580
	9	x400	87.45	91.40	89.74	89.53	1.9878
	10	x500	90.47	94.26	92.53	92.42	1.8977
	11	x500	92.62	95.34	93.45	93.80	1.3941
	12	x500	94.72	96.30	96.24	95.75	0.8964
	13	x500	96.56	98.17	98.52	97.75	1.0439
	14	x500	99.43	99.71	99.83	99.66	0.2050
	15	x500	101.11	101.08	101.16	101.12	0.0421

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.5 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยไอโซโพรพานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ปริมาณสารแอนทราควิโนน*			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไอโซโพรพานอล	1	x100	26.13	26.33	26.10	26.18	0.1248
	2	x100	33.09	32.43	32.31	32.61	0.4188
	3	x150	46.81	46.37	46.36	46.51	0.2573
	4	x150	52.21	52.39	52.15	52.25	0.1262
	5	x200	60.33	60.74	61.32	60.80	0.4957
	6	x200	69.08	68.17	69.12	68.79	0.5390
	7	x300	73.36	72.42	73.92	73.24	0.7589
	8	x400	82.90	82.10	83.45	82.82	0.6764
	9	x400	88.92	88.67	88.36	88.65	0.2779
	10	x500	92.72	92.01	93.89	92.88	0.9495
	11	x500	95.55	95.62	96.52	95.90	0.5452
	12	x500	97.91	98.64	98.58	98.38	0.4073
	13	x500	99.13	99.83	99.96	99.64	0.4478
	14	x500	100.85	101.38	100.78	101.00	0.3318
	15	x500	101.85	102.17	101.78	101.93	0.2047

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.6 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยเมทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ปริมาณสารแอนทราควิโนน*			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เมทานอล	1	x100	24.20	24.28	24.28	24.25	0.0461
	2	x100	31.03	31.82	31.37	31.41	0.3969
	3	x150	44.25	44.01	44.45	44.23	0.2210
	4	x150	51.19	51.44	51.39	51.34	0.1323
	5	x200	57.04	57.65	56.67	57.12	0.4952
	6	x200	62.59	63.74	64.63	63.65	1.0240
	7	x300	67.38	69.13	70.91	69.14	1.7664
	8	x400	71.15	73.39	72.22	72.25	1.1206
	9	x400	77.67	75.92	75.40	76.33	1.1925
	10	x500	80.79	81.77	80.78	81.11	0.5719
	11	x500	82.78	86.67	85.96	85.14	2.0714
	12	x500	89.51	89.56	91.78	90.28	1.2964
	13	x500	97.71	96.77	94.29	96.25	1.7662
	14	x500	98.75	98.33	97.70	98.26	0.5329
	15	x500	99.23	99.27	99.46	99.32	0.1214

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

ตารางที่ ข.2.7 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา5 กรัมโดยเอทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ปริมาณสารแอนทราควิโนน*			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	1	x1000	58.22	57.77	61.53	59.17	2.0516
	2	x1000	82.80	85.39	87.29	85.16	2.2534
	3	x1000	108.22	108.20	112.26	109.56	2.3376
	4	x1000	132.57	134.35	134.64	133.85	1.1201
	5	x1000	149.39	151.44	151.47	150.77	1.1900
	6	x1000	166.26	165.61	166.14	166.00	0.3471
	7	x1000	181.19	180.42	180.09	180.57	0.5663
	8	x1000	196.46	194.91	191.84	194.40	2.3531
	9	x1000	207.26	207.60	205.15	206.67	1.3299
	10	x1000	217.68	216.43	216.52	216.88	0.6947

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

ตารางที่ ข.2.8 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา5 กรัมโดยไอโซโพรพานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ปริมาณสารแอนทราควิโนน*			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
ไอโซโพรพานอล	1	x1000	56.47	55.91	54.18	55.52	1.1949
	2	x1000	78.31	81.14	78.31	79.26	1.6314
	3	x1000	98.79	107.19	100.76	102.25	4.3909
	4	x1000	117.96	122.50	118.02	119.49	2.6065
	5	x1000	137.97	137.08	135.14	136.73	1.4489
	6	x1000	155.64	154.45	154.09	154.73	0.8132
	7	x1000	166.70	166.95	168.01	167.22	0.6964
	8	x1000	179.19	176.95	177.49	177.88	1.1676
	9	x1000	189.76	187.15	184.81	187.24	2.4761
	10	x1000	197.60	197.60	193.04	196.08	2.6353

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

ตารางที่ ข.2.9 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา5 กรัมโดยเมทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ปริมาณสารแอนทราควิโนน*			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เมทานอล	1	x1000	53.47	52.83	52.59	52.96	0.4540
	2	x1000	70.10	72.51	74.59	72.40	2.2466
	3	x1000	90.12	91.61	92.81	91.51	1.3494
	4	x1000	107.91	108.78	111.02	109.24	1.6045
	5	x1000	123.62	122.78	123.63	123.34	0.4903
	6	x1000	136.88	137.78	135.53	136.73	1.1297
	7	x1000	149.00	149.10	148.27	148.79	0.4528
	8	x1000	155.48	159.97	159.00	158.15	2.3615
	9	x1000	166.36	168.63	166.36	167.12	1.3133
	10	x1000	173.36	173.87	174.21	173.82	0.4269

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.10 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา1 กรัมโดยเอทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น *			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	1	x100	26.94	27.39	27.39	27.24	0.2574
	2	x100	10.47	10.89	10.10	10.49	0.3917
	3	x150	6.99	5.80	6.64	6.48	0.6130
	4	x150	7.22	9.26	8.18	8.22	1.0207
	5	x200	9.40	6.43	7.82	7.88	1.4868
	6	x200	6.31	7.40	8.42	7.38	1.0554
	7	x300	9.41	11.15	8.78	9.78	1.2291
	8	x400	6.32	9.27	8.19	7.93	1.4898
	9	x400	4.37	3.82	4.21	4.13	0.2832
	10	x500	3.02	2.85	2.79	2.89	0.1221
	11	x500	2.15	1.08	0.92	1.39	0.6689
	12	x500	2.10	0.96	2.79	1.95	0.9250
	13	x500	1.85	1.88	2.28	2.00	0.2434
	14	x500	2.87	1.54	1.31	1.90	0.8410
	15	x500	1.68	1.37	1.33	1.46	0.1888
	1	x500	0.48	0.94	1.76	1.06	0.65

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

ตารางที่ ข.2.11 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา1 กรัมโดยไอโซโพรพานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น *			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
ไอโซโพรพานอล	1	x100	26.13	26.33	26.10	26.18	0.1248
	2	x100	6.96	6.10	6.21	6.42	0.4660
	3	x150	13.73	13.95	14.05	13.91	0.1657
	4	x150	5.40	6.02	5.79	5.73	0.3130
	5	x200	8.12	8.35	9.17	8.55	0.5521
	6	x200	8.75	7.43	7.80	8.00	0.6800
	7	x300	4.28	4.25	4.80	4.45	0.3094
	8	x400	9.54	9.68	9.52	9.58	0.0866
	9	x400	6.01	6.56	4.91	5.83	0.8399
	10	x500	3.81	3.35	5.53	4.23	1.1518
	11	x500	2.82	3.61	2.63	3.02	0.5161
	12	x500	2.36	3.02	2.05	2.48	0.4959
	13	x500	1.22	1.19	1.38	1.27	0.1043
	14	x500	1.72	1.55	0.82	1.36	0.4793
	15	x500	1.01	0.78	1.00	0.93	0.1282

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.12 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา1 กรัมโดยเมทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น *			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เมทานอล	1	x100	24.20	24.28	24.28	24.25	0.0461
	2	x100	6.83	7.54	7.10	7.15	0.3596
	3	x150	13.22	12.19	13.07	12.83	0.5582
	4	x150	6.95	7.44	6.95	7.11	0.2827
	5	x200	5.85	6.21	5.27	5.78	0.4709
	6	x200	5.55	6.09	7.97	6.53	1.2692
	7	x300	4.79	5.39	6.28	5.49	0.7494
	8	x400	3.77	4.26	1.31	3.11	1.5822
	9	x400	6.52	2.53	3.18	4.08	2.1443
	10	x500	3.11	5.85	5.38	4.78	1.4667
	11	x500	1.99	4.89	5.18	4.02	1.7630
	12	x500	6.73	2.89	5.82	5.15	2.0017
	13	x500	8.20	7.21	2.51	5.97	3.0398
	14	x500	1.05	1.56	3.41	2.01	1.2407
	15	x500	0.48	0.94	1.76	1.06	0.6512

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.13 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา5 กรัมโดยเอทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น *			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	1	x1000	58.22	57.77	61.53	59.17	2.0516
	2	x1000	24.58	27.62	25.77	25.99	1.5323
	3	x1000	25.42	22.81	24.97	24.40	1.3945
	4	x1000	24.35	26.15	22.37	24.29	1.8873
	5	x1000	16.82	17.09	16.83	16.91	0.1491
	6	x1000	16.87	14.17	14.67	15.24	1.4368
	7	x1000	14.93	14.81	13.95	14.57	0.5330
	8	x1000	15.27	14.49	11.75	13.84	1.8493
	9	x1000	10.79	12.69	13.31	12.26	1.3102
	10	x1000	10.42	8.83	11.37	10.21	1.2861

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.14 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา5 กรัมโดยไอโซโพรพานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น *			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
ไอโซโพรพานอล	1	x1000	56.47	55.91	54.18	55.52	1.1949
	2	x1000	21.84	25.23	24.14	23.73	1.7256
	3	x1000	20.48	26.05	22.45	22.99	2.8245
	4	x1000	19.17	15.32	17.26	17.25	1.9274
	5	x1000	20.01	14.58	17.12	17.24	2.7146
	6	x1000	17.67	17.37	18.95	18.00	0.8400
	7	x1000	11.06	12.50	13.93	12.50	1.4333
	8	x1000	12.49	10.00	9.47	10.65	1.6095
	9	x1000	10.57	10.20	7.32	9.37	1.7781
	10	x1000	7.84	10.45	8.22	8.84	1.4097

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2.15 ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา5 กรัมโดยเมทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น *			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เมทานอล	1	x1000	53.47	52.83	52.59	52.96	0.4540
	2	x1000	16.63	19.68	22.00	19.43	2.6922
	3	x1000	20.02	19.10	18.22	19.12	0.8979
	4	x1000	17.80	17.17	18.21	17.72	0.5265
	5	x1000	15.70	14.00	12.61	14.10	1.5495
	6	x1000	13.26	15.00	11.90	13.39	1.5544
	7	x1000	12.12	11.32	12.73	12.06	0.7099
	8	x1000	6.48	10.87	10.73	9.36	2.4945
	9	x1000	10.87	8.66	7.36	8.97	1.7752
	10	x1000	7.01	5.24	7.85	6.70	1.3318

*ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.3

ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนน

ตารางที่ ข.3.1 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล เมื่อแปรผันระยะเวลาในการชะละลายเป็น 10 20 30 40 50 และ 60 นาที

สารละลาย	ระยะเวลาเขย่า (นาที)	dilution	ร้อยละการชะละลายสารแอนทราควิโนนใน 1 กรัม**			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	10	x100	69.64	68.54	69.15	69.11	0.5511
	20	x100	68.60	69.27	69.07	68.98	0.3448
	30	x100	69.61	68.23	69.28	69.04	0.7205
	40	x100	68.44	70.28	68.88	69.20	0.9567
	50	x100	69.66	69.08	68.49	69.08	0.5853
	60	x100	69.07	69.43	69.09	69.19	0.2012
ไอโซโพรพานอล	10	x100	66.06	66.47	66.93	66.49	0.4342
	20	x100	66.41	66.49	65.40	66.10	0.6076
	30	x100	65.99	66.58	65.80	66.12	0.4086
	40	x100	65.42	65.69	65.78	65.63	0.1885
	50	x100	66.27	65.09	66.47	65.94	0.7478
	60	x100	65.67	66.17	65.35	65.73	0.4142
เมทานอล	10	x100	61.63	60.37	61.40	61.13	0.6705
	20	x100	61.40	61.12	61.62	61.38	0.2513
	30	x100	60.82	61.87	61.20	61.30	0.5297
	40	x100	61.20	61.40	62.08	61.56	0.4602
	50	x100	62.08	60.82	61.62	61.51	0.6332
	60	x100	61.82	61.21	61.40	61.48	0.3142

** ค่าการดูดกลืนแสงx 0.4489 x dilution /39.54 x 100

ตารางที่ ข.3.2 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล เมื่อแปรผันขนาดความเร็วรอบในการชะละลายเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที

สารละลาย	ขนาดความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	dilution	ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนน(ร้อยละ) ***			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	100	x100	65.33	64.95	65.09	65.12	0.1937
	150	x100	67.48	66.93	66.49	66.97	0.4998
	200	x100	69.61	68.62	69.66	69.30	0.5860
	250	x100	70.35	70.22	68.88	69.82	0.8091
ไอโซโพรพานอล	100	x100	58.18	58.86	57.99	58.34	0.4534
	150	x100	63.09	63.67	63.21	63.32	0.3037
	200	x100	67.61	65.99	66.58	66.73	0.8224
	250	x100	66.06	66.47	66.93	66.49	0.4342
เมทานอล	100	x100	56.42	56.33	56.28	56.34	0.0668
	150	x100	58.77	58.73	58.93	58.81	0.1032
	200	x100	61.92	62.95	61.82	62.23	0.6258
	250	x100	62.08	62.41	62.41	62.30	0.1956

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** ค่าการดูดกลืนแสงx 0.4489 x dilution /39.54 x 100

ตารางที่ ข.3.3 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลายโดยเอทานอล เมทานอล และไอโซโพรพานอล เมื่อแปรค่าซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้วเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 กรัม

สารละลาย	ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา (กรัม)	dilution	ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนน(ร้อยละ) ***			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	1	x100	68.15	69.27	69.26	68.89	0.6480
	2	x100	50.32	49.02	48.40	49.25	0.9816
	3	x150	44.46	44.25	44.96	44.56	0.3637
	4	x200	40.90	39.86	40.81	40.52	0.5776
	5	x250	37.75	36.46	37.25	37.15	0.6525
ไอโซโพรพานอล	1	x100	66.08	66.58	65.55	66.07	0.5183
	2	x100	47.78	47.44	47.44	47.55	0.2011
	3	x150	42.44	42.55	42.76	42.58	0.1609
	4	x200	39.47	39.39	39.39	39.42	0.0510
	5	x250	36.10	35.53	36.04	35.89	0.3116
เมทานอล	1	x100	61.20	61.40	60.65	61.08	0.3866
	2	x100	46.51	45.46	45.84	45.94	0.5340
	3	x150	40.43	40.46	39.86	40.25	0.3374
	4	x200	36.46	36.82	36.95	36.75	0.2530
	5	x250	35.22	35.32	34.88	35.14	0.2274

*** (ค่าการดูดกลืนแสง x 0.4489 x dilution) /39.54(ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา) x 100

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3.4 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลาย เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม โดยเอทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น ****			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	1	x100	68.15	69.27	69.27	68.90	0.6510
	2	x100	26.48	27.53	25.55	26.52	0.9908
	3	x150	17.68	14.67	16.80	16.38	1.5503
	4	x150	18.27	23.43	20.69	20.80	2.5815
	5	x200	23.77	16.26	19.79	19.94	3.7602
	6	x200	15.96	18.71	21.30	18.66	2.6691
	7	x300	23.80	28.20	22.20	24.74	3.1084
	8	x400	15.99	23.43	20.72	20.05	3.7678
	9	x400	11.05	9.66	10.64	10.45	0.7162
	10	x500	7.65	7.22	7.04	7.30	0.3088
	11	x500	5.45	2.74	2.34	3.51	1.6918
	12	x500	5.30	2.42	7.06	4.93	2.3393
	13	x500	4.67	4.74	5.77	5.06	0.6156
	14	x500	7.25	3.89	3.31	4.81	2.1270
	15	x500	4.25	3.47	3.38	3.70	0.4775

**** ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น/39.54 x 100

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3.5 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลาย เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัมโดยไอโซโพรพานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น ****			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
ไอโซโพรพานอล	1	x100	66.08	66.58	66.00	66.22	0.3156
	2	x100	17.60	15.43	15.71	16.25	1.1786
	3	x150	34.71	35.27	35.53	35.17	0.4191
	4	x150	13.65	15.22	14.64	14.50	0.7915
	5	x200	20.55	21.11	23.20	21.62	1.3963
	6	x200	22.13	18.80	19.74	20.22	1.7197
	7	x300	10.83	10.76	12.15	11.24	0.7825
	8	x400	24.12	24.48	24.08	24.23	0.2189
	9	x400	15.21	16.60	12.43	14.74	2.1243
	10	x500	9.63	8.46	13.99	10.69	2.9130
	11	x500	7.14	9.12	6.66	7.64	1.3053
	12	x500	5.97	7.65	5.19	6.27	1.2542
	13	x500	3.09	3.01	3.50	3.20	0.2638
	14	x500	4.34	3.93	2.07	3.45	1.2123
	15	x500	2.54	1.98	2.54	2.35	0.3243

**** ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น/39.54 x 100

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3.6 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลาย เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 1 กรัม โดยเมทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น****			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เมทานอล	1	x100	61.20	61.40	61.40	61.33	0.1166
	2	x100	17.27	19.07	17.95	18.10	0.9094
	3	x150	33.44	30.83	33.06	32.44	1.4117
	4	x150	17.57	18.81	17.57	17.98	0.7150
	5	x200	14.79	15.69	13.33	14.61	1.1909
	6	x200	14.03	15.40	20.15	16.53	3.2098
	7	x300	12.12	13.64	15.89	13.88	1.8954
	8	x400	9.53	10.78	3.31	7.87	4.0014
	9	x400	16.50	6.40	8.03	10.31	5.4231
	10	x500	7.87	14.80	13.61	12.10	3.7093
	11	x500	5.04	12.38	13.10	10.17	4.4587
	12	x500	17.01	7.32	14.71	13.01	5.0625
	13	x500	20.74	18.22	6.35	15.10	7.6880
	14	x500	2.65	3.95	8.62	5.07	3.1377
	15	x500	1.21	2.37	4.46	2.68	1.6469

**** ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น/39.54 x 100

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3.7 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลาย เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5กรัมโดยเอทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น****			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เอทานอล	1	x1000	29.45	29.22	31.12	29.93	1.0377
	2	x1000	12.43	13.97	13.03	13.15	0.7751
	3	x1000	12.86	11.54	12.63	12.34	0.7053
	4	x1000	12.32	13.23	11.32	12.29	0.9546
	5	x1000	8.51	8.64	8.51	8.56	0.0754
	6	x1000	8.53	7.17	7.42	7.71	0.7267
	7	x1000	7.55	7.49	7.06	7.37	0.2696
	8	x1000	7.72	7.33	5.94	7.00	0.9354
	9	x1000	5.46	6.42	6.73	6.20	0.6627
	10	x1000	5.27	4.47	5.75	5.16	0.6505

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**** ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น/39.54 (5)x 100

ตารางที่ ข.3.8 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลาย เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5กรัมโดยไอโซโพรพานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น****			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
ไอโซโพรพานอล	1	x1000	28.56	28.28	27.40	28.08	0.6044
	2	x1000	11.05	12.76	12.21	12.01	0.8728
	3	x1000	10.36	13.18	11.35	11.63	1.4287
	4	x1000	9.70	7.75	8.73	8.72	0.9749
	5	x1000	10.12	7.37	8.66	8.72	1.3731
	6	x1000	8.94	8.78	9.58	9.10	0.4249
	7	x1000	5.59	6.32	7.04	6.32	0.7250
	8	x1000	6.32	5.06	4.79	5.39	0.8141
	9	x1000	5.35	5.16	3.70	4.74	0.8994
	10	x1000	3.96	5.29	4.16	4.47	0.7130

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**** ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น/39.54 (5)x 100

ตารางที่ ข.3.9 ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่ชะละลาย เมื่อใช้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วมาวนใช้โดยที่ไม่เปลี่ยนตัวสกัด โดยใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินา 5กรัมโดยเมทานอล

สารละลาย	จำนวนครั้ง	dilution	ประสิทธิภาพการชะละลายสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น****			ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
			ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
เมทานอล	1	x1000	27.05	26.72	26.60	26.79	0.2296
	2	x1000	8.41	9.95	11.13	9.83	1.3618
	3	x1000	10.13	9.66	9.22	9.67	0.4542
	4	x1000	9.00	8.68	9.21	8.97	0.2663
	5	x1000	7.94	7.08	6.38	7.13	0.7838
	6	x1000	6.71	7.59	6.02	6.77	0.7862
	7	x1000	6.13	5.73	6.44	6.10	0.3591
	8	x1000	3.28	5.50	5.43	4.74	1.2618
	9	x1000	5.50	4.38	3.72	4.54	0.8979
	10	x1000	3.54	2.65	3.97	3.39	0.6736

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**** ปริมาณสารแอนทราควิโนนที่เพิ่มขึ้น/39.54(5) x 100

ภาคผนวก ค
การคำนวณค่าใช้จ่าย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณค่าใช้จ่ายในการชะละลายสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

ก. ปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ในการชะละลายสารแอนทราควิโนนออกจากซิลิกา-อะลูมินาที่ใช้แล้ว

โดยเลือกใช้ปริมาณซิลิกา-อะลูมินาที่สามารถชะละลายสูงสุด

ชะละลายซิลิกา-อะลูมินา 5 กรัม			ใช้สารละลาย	10	มิลลิลิตร
ชะละลายซิลิกา-อะลูมินา 1,000,000 กรัม			ใช้สารละลาย	$\frac{10 \times 1,000,000}{5}$	มิลลิลิตร
			เท่ากับ	2,000,000	มิลลิลิตร
ดังนั้น ชะละลายซิลิกา-อะลูมินา 1 ตัน			ใช้สารละลาย	2,000	ลิตร
สารละลาย	100	มิลลิลิตร	มีตัวทำละลาย	30	มิลลิลิตร
สารละลาย	2,000,000	มิลลิลิตร	มีตัวทำละลาย	$\frac{30 \times 2,000,000}{100}$	มิลลิลิตร
			เท่ากับ	600,000	มิลลิลิตร
ดังนั้น ชะละลายซิลิกา-อะลูมินา 1 ตัน			มีตัวทำละลาย	600	ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. ค่าใช้จ่ายในการชะละลายโดยใช้ตัวทำละลาย

1. เมทานอล

เมทานอลราคาลิตรละ		140	บาท
ชะละลายซิลิกา-อะลูมินา 1 ตัน	ใช้ตัวทำละลาย	600	ลิตร
ชะละลายซิลิกา-อะลูมินา 1 ตัน	ใช้เมทานอลราคา	140x600	บาท
	เท่ากับ	84,000	บาท
ดังนั้น ชะละลายซิลิกา-อะลูมินา 1 ตัน	ใช้เมทานอลราคา	84,000	บาท

2. เอทานอล

เอทานอลราคาลิตรละ		320	บาท
ชะละลายซิลิกา-อะลูมินา 1 ตัน	ใช้ตัวทำละลาย	600	ลิตร
ชะละลายซิลิกา-อะลูมินา 1 ตัน	ใช้เมทานอลราคา	320x600	บาท
	เท่ากับ	84,000	บาท
ดังนั้น ชะละลายซิลิกา-อะลูมินา 1 ตัน	ใช้เมทานอลราคา	192,000	บาท

3. ไอโซโพรพานอล

ไอโซโพรพานอลราคาลิตรละ		320	บาท
ชะละลายซิลิกา-อะลูมินา 1 ตัน	ใช้ตัวทำละลาย	600	ลิตร
ชะละลายซิลิกา-อะลูมินา 1 ตัน	ใช้ไอโซโพรพานอลราคา	320x600	บาท
	เท่ากับ	84,000	บาท
ดังนั้น ชะละลายซิลิกา-อะลูมินา 1 ตัน	ใช้ไอโซโพรพานอลราคา	192,000	บาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตาราง ง.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ t-test

	Test Value = 0					
			Sig.	Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	(2-tailed)	Difference	Lower	Upper
ethanol	564.661	17	.000	27.3211	27.2190	27.4232

ตาราง ง.2 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA

					95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
10 min	3	27.3233	.21548	.12441	26.7880	27.8586	27.10	27.53
20 min	3	27.2733	.13868	.08007	26.9288	27.6178	27.12	27.39
30 min	3	27.2967	.28184	.16272	26.5965	27.9968	26.98	27.52
40 min	3	27.3633	.38031	.21957	26.4186	28.3081	27.06	27.79
50 min	3	27.3100	.23000	.13279	26.7386	27.8814	27.08	27.54
60 min	3	27.3600	.07810	.04509	27.1660	27.5540	27.31	27.45
Total	18	27.3211	.20528	.04838	27.2190	27.4232	26.98	27.79

ตาราง ง.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.019	5	.004	.065	.996
Within Groups	.697	12	.058		
Total	.716	17			

ตาราง ง.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test; DMRT

	time	N	Subset for alpha = .05
			1
Duncan(a)	20 min	3	27.2733
	30 min	3	27.2967
	50 min	3	27.3100
	10 min	3	27.3233
	60 min	3	27.3600
	40 min	3	27.3633
	Sig.		.684

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30 min0.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ t-test

	Test Value = 0					
				Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Difference	Lower	Upper
isopropanol	554.029	17	.000	26.0972	25.9978	26.1966

ตาราง ง.6 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
10 min	3	26.2867	.17010	.09821	25.8641	26.7092	26.12	26.46
20 min	3	26.1367	.24007	.13860	25.5403	26.7330	25.86	26.29
30 min	3	26.1467	.16258	.09387	25.7428	26.5505	26.02	26.33
40 min	3	25.9500	.07211	.04163	25.7709	26.1291	25.87	26.01
50 min	3	26.0733	.29143	.16826	25.3494	26.7973	25.74	26.28
60 min	3	25.9900	.16093	.09292	25.5902	26.3898	25.84	26.16
Total	18	26.0972	.19985	.04710	25.9978	26.1966	25.74	26.46

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง.7 การวิเคราะห์ความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.221	5	.044	1.157	.384
Within Groups	.458	12	.038		
Total	.679	17			

ตาราง ง.8 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test; DMRT

	time	N	Subset for alpha = .05
			1
Duncan(a)	40 min	3	25.9500
	60 min	3	25.9900
	50 min	3	26.0733
	20 min	3	26.1367
	30 min	3	26.1467
	10 min	3	26.2867
	Sig.		.081

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตาราง ง.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ t-test

	Test Value = 0					
				Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Difference	Lower	Upper
methanol	589.620	17	.000	24.2739	24.1870	24.3607

ตาราง ง.10 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
10 min	3	24.1733	.26652	.15388	23.5113	24.8354	23.87	24.37
20 min	3	24.2700	.09539	.05508	24.0330	24.5070	24.17	24.36
30 min	3	24.2367	.20744	.11977	23.7213	24.7520	24.05	24.46
40 min	3	24.3400	.17776	.10263	23.8984	24.7816	24.20	24.54
50 min	3	24.3167	.24786	.14310	23.7010	24.9324	24.05	24.54
60 min	3	24.3067	.12220	.07055	24.0031	24.6102	24.20	24.44
Total	18	24.2739	.17466	.04117	24.1870	24.3607	23.87	24.54

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง.11 การวิเคราะห์ความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.056	5	.011	.293	.908
Within Groups	.462	12	.039		
Total	.519	17			

ตาราง ง.12 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที โดยวิธี Duncan's New Multiple RangeTest; DMRT

	time	N	Subset for alpha = .05
			1
Duncan(a)	10 min	3	24.1733
	30 min	3	24.2367
	20 min	3	24.2700
	60 min	3	24.3067
	50 min	3	24.3167
	40 min	3	24.3400
	Sig.		.363

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง.13 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างเมื่อใช้เมทานอล, ไอโซโพรพานอล และเอทานอล เป็นตัวทำละลาย โดยวิธี Duncan's New Multiple RangeTest; DMRT

		N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan(a)	methanol	6	24.2750		
	isopropanol	6		26.0983	
	ethanol	6			27.3217
	Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

ตาราง ง.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาที เมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ t-test

	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
ethanol	116.253	11	.000	26.8067	26.2991	27.3142

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง.15 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
100r/m	3	25.7500	.07550	.04359	25.5625	25.9375	25.68	25.83
150r/m	3	26.4767	.19553	.11289	25.9909	26.9624	26.29	26.68
200r/m	3	27.3967	.23116	.13346	26.8224	27.9709	27.13	27.54
250r/m	3	27.6033	.31565	.18224	26.8192	28.3874	27.24	27.81
Total	12	26.8067	.79879	.23059	26.2991	27.3142	25.68	27.81

ตาราง ง.16 การวิเคราะห์ความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.625	3	2.208	44.837	.000
Within Groups	.394	8	.049		
Total	7.019	11			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง.17 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย
โดยวิธี Duncan's New Multiple RangeTest; DMRT

	r/m	N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan(a)	100r/m	3	25.7500		
	150r/m	3		26.4767	
	200r/m	3			27.3967
	250r/m	3			27.6033
	Sig.		1.000	1.000	.287

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30 min0.

ตาราง ง.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย
เมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ t-test

	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
isopropanol	61.943	11	.000	25.1933	24.2982	26.0885

ตาราง ง.19 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
100r/m	3	23.0667	.17954	.10366	22.6207	23.5127	22.93	23.27
150r/m	3	25.0367	.11719	.06766	24.7456	25.3278	24.95	25.17
200r/m	3	26.3833	.32332	.18667	25.5802	27.1865	26.09	26.73
250r/m	3	26.2867	.17010	.09821	25.8641	26.7092	26.12	26.46
Total	12	25.1933	1.40890	.40672	24.2982	26.0885	22.93	26.73

ตาราง ง.20 การวิเคราะห์ความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21.476	3	7.159	159.585	.000
Within Groups	.359	8	.045		
Total	21.835	11			

ตาราง ง.21 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย
โดยวิธี Duncan's New Multiple RangeTest; DMRT

	r/m	N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan(a)	100r/m	3	23.0667		
	150r/m	3		25.0367	
	200r/m	3			26.2867
	250r/m	3			26.3833
	Sig.		1.000	1.000	.591

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตาราง ง.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย
เมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ t-test

	Test Value = 0					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
methanol	78.975	11	.000	23.6917	23.0314	24.3519

ตาราง ง.23 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในการวิเคราะห์ความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
100r/m	3	22.2767	.03055	.01764	22.2008	22.3526	22.25	22.31
150r/m	3	23.2533	.04163	.02404	23.1499	23.3568	23.22	23.30
200r/m	3	24.6033	.24906	.14380	23.9846	25.2220	24.44	24.89
250r/m	3	24.6333	.08083	.04667	24.4325	24.8341	24.54	24.68
Total	12	23.6917	1.03919	.29999	23.0314	24.3519	22.25	24.89

ตาราง ง.24 การวิเคราะห์ความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยใช้สถิติ Oneway ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.737	3	3.912	219.686	.000
Within Groups	.142	8	.018		
Total	11.879	11			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง.25 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างที่ความเร็วรอบในการสกัดเป็น 100, 150, 200 และ250 รอบต่อนาทีเมื่อใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย
โดยวิธี Duncan's New Multiple RangeTest; DMRT

	r/m	N	Subset for alpha = .05		
			1	2	3
Duncan(a)	100r/m	3	22.2767		
	150r/m	3		23.2533	
	200r/m	3			24.6033
	250r/m	3			24.6333
	Sig.		1.000	1.000	.790

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตาราง ง.26 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างเมื่อใช้ เมทานอล, ไอโซโพรพานอล และเอทานอล เป็นตัวทำละลาย โดยวิธี Duncan's New Multiple RangeTest; DMRT

		N	Subset for alpha = .05	
			1	2
Duncan(a)	methanol	4	23.6925	
	isopropanol	4	25.1950	25.1950
	ethanol	4		26.8075
	Sig.		.114	.093

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชนิดาภา พันธไชย เกิดวันศุกร์ ที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2524 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2545 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2546

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย