# การศึกษาการสกัดและการทำแห้งสตีวิโอไซด์จากหญ้าหวาน

# (STEVIA REBAUDIANA BERTONI)

นาย ลัดดาพร ปุติมาลากุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

ISBN 974-566-299-2

012029

i 1758081x

# A STUDY ON EXTRACTION AND DRYING OF STEVIOSIDE FROM STEVIA (STEVIA REBAUDIANA BERTONI)

Mr. Staporn Chutimasakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการสกัดและการทำแห้งสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน (Stevia Rebaudiana Bertoni)

โดย นาย สถาพร อุ่นมาสกุล

ภาควิชา เคมีเทคนิค

อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ตำรงค์เลิศ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สรชัย พิศาลบุตร)

รักษาการในตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนรักษาการในตำแหน่งคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี)

.....กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ตำรงค์เลิศ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยฤทธิ์ สัตยประเสริฐ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การศึกษาการสกัดและการทำแห้งสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน (Stevia Rebaudiana Bertoni) |
| ชื่อนิสิต | นาย สถาพร ปุตมาลกุล |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ |
| ภาควิชา | เคมีเทคนิค |
| ปีการศึกษา | 2528 |

บทคัดย่อ

หญ้าหวานเป็นพืชที่มีต้นกำเนิดแถบอเมริกาใต้ มีองค์ประกอบที่สำคัญคือสตีวีโอไซด์สารนี้มีความหวานประมาณ 150 ถึง 300 เท่า เมื่อเทียบกับน้ำตาลซูโครส ใบหญ้าหวานจะมีปริมาณสตีวีโอไซด์ประมาณร้อยละ 13.4 การทดลองนี้จึงได้พยายามสกัดสารนี้จากใบหญ้าหวานแห้งด้วยสารตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ ไดอีอกเซน และน้ำ

กระบวนการสกัดด้วยไดอีอกเซน เริ่มโดยนำใบหญ้าหวานมาบดให้ละเอียดก่อนจึงทำการแยกสารจำพวก non polar ด้วยคลอโรฟอร์ม ในเครื่องสกัดซ็อคเล็ตประมาณ 20 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำมาสกัดต่อด้วยไดอีอกเซนประมาณ 5 ชั่วโมง แยกสารละลายไดอีอกเซนมาเติมเมธานอล เกิดผลึกสตีวีโอไซด์ทันที ผลึกมีสีขาวนวล อบให้ความชื้น เหลือร้อยละ 9.44 จะมีเสถียรภาพมาก กระบวนการนี้สามารถสกัดสตีวีโอไซด์ได้ร้อยละ 6.79 โดยน้ำหนักจากใบหญ้าแห้ง

กระบวนการสกัด ด้วยน้ำเป็นตัวทำละลาย ได้ศึกษาสภาวะการสกัดได้แก่ อัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ, อุณหภูมิและเวลาในการสกัด จากผลการทดลองสภาวะที่เหมาะสมจะได้ดังนี้

- อัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ เท่ากับ 1:8 โดยน้ำหนัก
- อุณหภูมิของผสมในสารละลาย 50 องศาเซลเซียส
- เวลาในการสกัด 4 ชั่วโมง

ขั้นตอนดังกล่าวนี้สามารถแยกสกัดสารสตีวิโอไซด์ได้ถึงร้อยละ 83 โดยน้ำหนักของสารที่มีอยู่ในใบหญ้าหวานแยกสารละลายแล้วนำมาทำให้ใสด้วยการตกตะกอน ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟตที่ pH 6.8 ใช้สารช่วยตกตะกอนปริมาณ 7 ส่วนในล้านส่วน สารละลายยังมีสีอยู่ จึงนำมาฟอกสีด้วยการเติมแคทไอออนิกฟลอคคิวแลนท์ ที่ความเข้มข้น 2912 ส่วนในล้านส่วน จากนั้นนำไปผ่านเรซินชนิดแอนไอออน ค่า Absorbance ของสารละลายลดลงร้อยละ 92.5 ทำสารละลายให้เข้มข้นขึ้น เพื่อฉีดพ่นในเครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจาย มีอุณหภูมิภายในเครื่อง 170 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของอากาศตรงทางออก 115 องศาเซลเซียส ได้ผงสตีวิโอไซด์สีเหลือง ความชื้นร้อยละ 19.27 โดยน้ำหนัก กระบวนการนี้สามารถสกัดสารสตีวิโอไซด์ได้ร้อยละ 6.9 เทียบจากน้ำหนักหญ้าหวานแห้ง

| | |
|---|---|
| Thesis Title | A Study on Extraction and Drying of Stevioside from Stevia (Stevia Rebaudiana Bertoni) |
| Name | Mr. Staporn Chutimasakul |
| Thesis Advisor | Professor Somsak Damronglerd ; Ph.D. |
| Department | Chemical Technology |
| Academic Year | 1985 |

ABSTRACT

The original of stevia is in South America. Stevia leaves are rich of stevioside compound, which is a sweetener having power 150 to 300 times higher than sucrose. The stevia have quantity of stevioside about 13.4 percent. In this experiment, dioxane and water were the solvents used in extracting stevioside from dry leaves.

During the extraction process by dioxane, the stevia leaves was firstly grinded, and then put them in soxhlet extractor . The non polar constituents removed stevia powder by chloroform in 20 hours later, the stevioside was extracted with dioxane in the same equipment for 5 hours. The methanol was added into the dioxane solution, white crystals of stevioside were immediately formed. They were dried until their moisture became 9.44 percent. We obtained 6.79 percent of stevioside by weight from dry stevia leaves with the mentioned process.

The extraction process with water was run under the following conditions :

- optimum ratio between ground dried leaves and water was 1:8 by wei
- the temperature of the mixture in solution was 50$^{o}$C
- the extraction time was 4 hours,

In this step, stevioside was extracted from the leaves approximately 83 percent by weight. The separated solution was then clearified by forming calcium phosphate at pH 6.8 and added flocculant about 7 ppm. After decolorized with cationic flocculant (concentration about 2912 ppm), the solution had still a trace color. It was then passed through an anion resin column. With this technic, the absorbance of the solution diminished from the origin about 92.5 %. The concentrated solution was dried with spray dryer at inlet temperature 170°C and outlet temperature 115°C. Yellow-white powder of stevioside was recovered from the device with moisture content 19.3 % by weight. This system, we could extract the product only 6.9 % from dry stevia leaves.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้า ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศรีรังเลิศ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาอบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษา และคำแนะนำทางด้านวิชาการ ตลอดจนให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือ และสถานที่ทำงานของภาควิชาเคมีเทคนิค และขอขอบพระคุณ อาจารย์ ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ ภาควิชาเภสัชเวท คณะเภสัชศาสตร์ ที่กรุณาให้คำแนะนำทางด้านวิชาการ และให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือ ตลอดจนให้ความเอื้อเฟื้อในการใช้วัสดุอุปกรณ์และห้องปฏิบัติการ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ปรีดา ชัยคิริ ภาควิชาชีวเคมีที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือ และขอขอบคุณภาควิชาจุลชีววิทยาที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือ

ขอขอบพระคุณ และด้วยจิตคารวะน้อมมอบแด่บูรพาจารย์ทุกท่าน ในภาควิชาเคมีเทคนิค ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้าจนกระทั่งเกิดภูมิปัญญา ซึ่งสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่งานวิจัยนี้ได้

ขอขอบพระคุณ บริษัทไวท์กรุ๊ป และเฟอโรเคม ที่ให้ความอุปการะทางด้านเคมีภัณฑ์ เพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ คุณสังข์ ชมชื่น ที่กรุณาช่วยสร้างและซ่อมแซมเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีเทคนิค ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและความสะดวกในการใช้เครื่องมือ และห้องทดลอง

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้ารู้สึกขอบคุณเป็นอย่างยิ่งที่เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งด้านแรงกาย แรงใจ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และท้ายสุดขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ บิดา มารดา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านทุนทรัพย์ และเป็นผู้สนับสนุนข้าพเจ้าอยู่ตลอดเวลาจนกระทั่งได้สำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย . . . . . ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ . . . . . จ

กิตติกรรมประกาศ . . . . . ช

รายการตารางประกอบ . . . . . ฌ

รายการรูปประกอบ . . . . . ธ

สัญญลักษณ์ที่ใช้แทนข้อความ . . . . . ผ

บทที่

1. บทนำ . . . . . 1

2. วารสารปริทัศน์ . . . . . 3

2.1 หญ้าหวานและสตีวิโอไซด์ . . . . . 3

2.1.1 ประวัติความเป็นมา . . . . . 3

2.1.2 ลักษณะของหญ้าหวาน . . . . . 4

2.1.3 ประโยชน์ของหญ้าหวาน . . . . . 5

2.1.4 ประวัติการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับหญ้าหวาน . . . . . 5

2.1.5 ส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าหวาน . . . . . 7

2.1.6 สตีวิโอไซด์ . . . . . 9

2.1.7 Thermal และ pH stability . . . . . 10

2.1.8 การวิเคราะห์หาปริมาณสตีวิโอไซด์ . . . . . 12

2.1.9 งานวิจัยที่ผ่านมา . . . . . 12

2.2 การสกัด . . . . . 14

2.2.1 การถ่ายเทมวลสารในการสกัด . . . . . 14

2.2.2 วิธีการดำเนินการ (Method of Operation) . . . . 16

2.2.3 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออัตราการสกัด . . . . . 16

2.2.4 ปัจจัยในการเลือกตัวทำละลาย . . . . . 17

บทที่ หน้า

2.3 การทำสารละลายให้บริสุทธิ์ (Purification of Extracted Solution) . . . . . 18
2.3.1 การตกตะกอนโดยปฏิกิริยาทางเคมี . . . . . 18
2.3.2 ปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ . . . . . 18
2.3.3 การดูดซับ (Adsorption) . . . . . 19
2.3.4 เทคนิคและการนำไปประยุกต์ (Techniques and Application) . . . . . 20
2.4 การแยกสารที่ต้องการออกจากสารละลาย
2.4.1 การตกผลึกสตีวิโอไซด์ (Crystallization of Stevioside) 24
2.4.2 ผลึกสตีวิโอไซด์ (Crystals of Stevioside) . . . . . 24
2.4.3 ผลของสิ่งเจือปนในการตกผลึกสตีวิโอไซด์ (Effects of Impurities on Crystalization of Stevioside) . 25
2.4.4 การอบแห้ง (Drying) . . . . . 26
2.4.4.1 การทำแห้งสารละลายสกัดจากหญ้าหวาน . . . . 26
2.4.4.2 เครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง (Spray Dryer) . . . . . 26
2.4.4.3 การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นเป็นผงแห้ง . . . . . 27
3. อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง . . . . . 30
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง . . . . . 30
3.2 วัตถุดิบและสารเคมี . . . . . 46
4. การทดลองเรื่องการสกัดสตีวิโอไซด์จากหญ้าหวาน โดยใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย . . . . . 48
4.1 การสกัดไขมันจากหญ้าหวานด้วยวิธี Soxhlet โดยใช้คลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลาย . . . . . 48

บทที่ หน้า

4.2 การสกัดสีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน ด้วยวิธี Soxhlet โดยใช้ไดอีอกเซน เป็นตัวทำละลาย . . . . . 49

4.3 การตกผลึกสีวีโอไซด์ในเมธานอล . . . . . 49

4.4 กระบวนการสกัดสีวีโอไซด์จากหญ้าหวานโดยใช้ไดอีอกเซนเป็นตัวทำละลาย . . . . . 51

4.4.1 หน่วยบด . . . . . 51

4.4.2 หน่วยสกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์ม . . . . . 51

4.4.3 หน่วยทำหญ้าหวานให้แห้ง . . . . . 51

4.4.4 หน่วยสกัดสีวีโอไซด์ด้วยไดอีอกเซน . . . . . 51

4.4.5 หน่วยทำให้เข้มข้น . . . . . 52

4,4.6 หน่วยการตกผลึก . . . . 52

4.4.7 หน่วยทำผลึกสีวีโอไซด์ให้แห้ง . . . . . 53

4.4.8 หน่วยการกรองแยกตัวทำละลาย . . . . . 53

4.5 การวิเคราะห์หาปริมาณสีวีโอไซด์ . . . . . 53

4.6 การวิเคราะห์ . . . . . 55

5. การทดลอง เรื่องการสกัดสีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

5.1 การทดลองหาปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับ โดยหญ้าหวานบดละเอียด . . . . 56

5.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีวีโอไซด์จากหญ้าหวานด้วยถังกวน (Agitate Tank) . . . . . 56

5.2.1 การทดลองหาเวลาและอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดที่อุณหภูมิประมาณ $30^0$ เซลเซียส . . . . . 56

5.2.2 การทดลองหาเวลาและอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดที่อุณหภูมิประมาณ $50^0$ เซลเซียส . . . . . 57

บทที่ หน้า

5.3 หน่วยทำสารละลายน้ำที่สกัดได้จากหญ้าหวานให้ใส . . . . . 57

5.3.1 การทดลองหา Optimum pH ในการทำสารละลายให้ใส ของสารละลายน้ำที่สกัดได้จากหญ้าหวาน . . . . . 57

5.3.2 การทดลองหาปริมาณ Flocculant และอัตราเร็วการตกตะกอนในการทำสารละลายให้ใส . . . . . 58

5.4 หน่วยการฟอกสีสารละลายน้ำที่สกัดได้จากหญ้าหวาน (Decolorization Unit) . . . . . 58

5.4.1 การทดลองหาปริมาณ Cationic Flocculant ในการฟอกสีสารละลาย . . . . . 59

5.4.2 การทดลองหาอัตราส่วนสารละลายน้ำที่สกัดจากหญ้าหวานกับ Anion Exchange Resin ในการฟอกสีสารละลาย. 59

5.5 หน่วยทำให้แห้งของสารละลายสกัดจากหญ้าหวาน ด้วยเครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง . . . . . 60

5.5.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง (Ti) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ . . . . . 60

5.6 กระบวนการสกัดสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย . 62

6. ผลการทดลองเรื่องการสกัดสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน โดยใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย . . . . . 65

6.1 การสกัดไขมันจากหญ้าหวาน ด้วยวิธี Soxhlet โดยใช้คลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลาย . . . . . 65

6.1.1 ผลของเวลาที่เหมาะสมในการสกัดไขมันจากหญ้าหวานโดยใช้คลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลาย . . . . . 65

6.2 การสกัดสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน ด้วยวิธี Soxhlet โดยใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย . . . . . 67

6.2.1 ผลของเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวานโดยใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย . . . . . 67

6.3 ผลการทดลองการตกผลึกสตีวีโอไซด์ในเมธานอล . . . . . 69

บทที่ หน้า

6.4 ผลการทดลองกระบวนการสกัดสตีวิโอไซด์จากหญ้าหวาน โดยใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย . . . . . 71

6.5 ผลการทดลองการหาปริมาณความชื้น . . . . . 75

6.6 ผลการทดลองการวิเคราะห์หาปริมาณสตีวิโอไซด์ในแต่ละขั้นตอน . . 78

7. ผลการทดลองเรื่องการสกัดสตีวิโอไซด์ จากหญ้าหวานโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย . . . . . 80

7.1 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับ โดยหญ้าหวานบดละเอียด . . 80

7.2 ผลการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสตีวิโอไซด์จากหญ้าหวานด้วยถังกวน (Agitate Tank) . . . . . 80

7.2.1 ผลการทดลองหาเวลาและอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดที่อุณหภูมิประมาณ $30^0$ เซลเซียส . . . . . 81

7.2.2 ผลการทดลองหาเวลาและอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำที่เหมาะสมในการสกัดที่อุณหภูมิประมาณ $50^0$ เซลเซียส . . . . . 81

7.3 หน่วยทำสารละลายน้ำที่สกัดได้จากหญ้าหวานให้ใส (Clearification unit) . . . . . 88

7.3.1 ผลการทดลองหา Optimum pH ในการทำสารละลายให้ใสของสารละลายน้ำที่สกัดได้จากหญ้าหวาน . . . . . 88

7.3.2 ผลการทดลองหาปริมาณ Flocculant และอัตราเร็วการตกตะกอนในการทำสารละลายให้ใส . . . . . 91

7.4 หน่วยการฟอกสีสารละลายน้ำที่สกัดได้จากหญ้าหวาน (Decolorization Unit) . . . . . 101

7.4.1 ผลการทดลองหาปริมาณ Cationic Flocculant ในการฟอกสีสารละลาย . . . . . 101

7.4.2 ผลการทดลองหาอัตราส่วนสารละลายน้ำ ที่สกัดจากหญ้าหวานกับ Anion Exchange Resin ในการฟอกสีสารละลาย. 105

บทที่ หน้า

7.5 หน่วยทำให้แห้ง ของสารละลายสกัดจากหญ้าหวาน ด้วยเครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง . . . . . 109

7.5.1 ผลของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง (Ti) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ . 109

7.6 ผลการทดลองกระบวนการสกัดสตีวิโอไซด์จากหญ้าหวานโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย . . . . . 112

8. วิจารณ์ผลการทดลอง . . . . . 119

9. สรุปผลและเสนอแนะ . . . . . 134

เอกสารอ้างอิง . . . . . 140

ภาคผนวก . . . . . 146

ประวัติผู้เขียน . . . . . 218

# รายการตารางประกอบ


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | องค์ประกอบของสารที่ให้ความหวานที่มีอยู่ในหญ้าหวาน . . . . . | 8 |
| 2.2 | ตารางแสดง pH-Stability . . . . . | 10 |
| 2.3 | ตารางแสดง Thermal-Stability . . . . . | 11 |
| 6.1 | แสดงน้ำหนักสิ่งที่สกัดได้ และอัตราส่วนร้อยละของสิ่งที่สกัดได้ โดยใช้คลอโรฟอร์ม เป็นตัวทำละลายที่เวลาต่าง ๆ กัน โดยทำการสกัดโดยใช้ Soxhlet Extractor . . . . . | 65 |
| 6.2 | แสดงน้ำหนักสิ่งที่สกัดได้ และอัตราส่วนร้อยละของสิ่งที่สกัดได้ โดยใช้ไดอ๊อกเซน เป็นตัวทำละลายที่เวลาต่าง ๆ กัน โดยทำการสกัด โดยใช้ Soxhlet Extractor . . . . . | 67 |
| 6.3 | แสดงน้ำหนักผลึกสตีวิโอไซด์ และอัตราส่วนร้อยละของผลึกสตีวิโอไซด์ โดยตกผลึกด้วยเมธานอล จากสิ่งที่สกัดได้ด้วยไดอ๊อกเซนที่เวลาต่าง ๆ กัน . . . . | 69 |
| 6.4 | น้ำหนักของสิ่งที่สกัดได้ และอัตราส่วนร้อยละของสิ่งที่สกัดได้ด้วยคลอโรฟอร์ม . | 71 |
| 6.5 | แสดงน้ำหนักของหญ้าหวาน ที่เหลือในแต่ละกระบวนการ . . . . . | 72 |
| 6.6 | น้ำหนักของสิ่งที่สกัดได้ และอัตราส่วนร้อยละของสิ่งที่สกัดได้ด้วยไดอ๊อกเซน . | 73 |
| 6.7 | ปริมาตรของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด และส่วนที่ได้จากการระเหยกลับมาใช้ใหม่ สำหรับน้ำหนักสิ่งที่สกัดได้ด้วยคลอโรฟอร์มและไดอ๊อกเซน . . . . | 73 |
| 6.8 | อัตราส่วนร้อยละของผลึกสตีวิโอไซด์ และน้ำหนักส่วนที่เหลือจากการตกผลึก (Mother Liquor) . . . . . | 74 |
| 6.9 | น้ำหนักของผลึกสตีวิโอไซด์ที่ได้ครั้งที่ 2 และอัตราส่วนร้อยละของผลึกที่หายไป. | 75 |
| 6.10 | แสดงผลการทดลองหาปริมาณความชื้นของสารในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการสกัดสตีวิโอไซด์จากหญ้าหวาน โดยใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย . . . . | 77 |
| 6.11 | แสดงปริมาณสตีวิโอไซด์ที่มีอยู่ในตัวอย่าง และอัตราส่วนร้อยละปริมาณสตีวิโอไซด์ . . . . . | 78 |

ตารางที่ หน้า


7.1 ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซับ โดยหญ้าหวานบดละเอียด . . . . . 80

7.2 แสดงค่า Absorbance และความสูงของตะกอนในการทำสารละลายให้ใสที่ pH ต่าง ๆ ของสารละลายสกัด . . . . . 89

7.3 แสดงผลของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง (Ti) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ . . . . . 110

7.4 แสดงปริมาณสารละลายน้ำที่ได้ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีอยู่ในสารละลายสกัดได้จากหญ้าหวาน . . . . . 112

7.5 แสดงน้ำหนักหญ้าหวานก่อนสกัด และหลังสกัดด้วยน้ำ . . . . . 113

7.6 แสดงน้ำหนักตะกอนที่เกิดขึ้น และปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่ทำให้ใส . . . . . 114

7.7 แสดงน้ำหนักตะกอนที่เกิดขึ้น และปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่ฟอกสีด้วย Cationic Flocculant . . . . . 115

7.8 แสดงปริมาณสารละลายน้ำที่ได้ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีอยู่ในสารละลายฟอกสีด้วย Anion Exchange Resin . . . . . 116

7.9 แสดงปริมาณของแข็งก่อน และหลังทำให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง . . . . . 117

ก-1 แสดงเวลาและพื้นที่ใต้ Peak ที่ความเข้มข้นของสตีวิโอไซด์มาตรฐาน 3 มิลลิกรัม . . . . . .

ก-2 แสดงเวลาและพื้นที่ใต้ Peak ที่ความเข้มข้นของสตีวิโอไซด์มาตรฐาน 9 มิลลิกรัม . . . . . .

ก-3 แสดงเวลาและพื้นที่ใต้ Peak ที่ความเข้มข้นของสตีวิโอไซด์มาตรฐาน 12 มิลลิกรัม . . . . . 152

ก-4 แสดงเวลาและพื้นที่ใต้ Peak ที่ความเข้มข้นของสตีวิโอไซด์มาตรฐาน 15 มิลลิกรัม . . . . . 152

ก-5 แสดงเวลาและพื้นที่ใต้ Peak ที่ความเข้มข้นของสตีวิโอไซด์มาตรฐาน 20 มิลลิกรัม . . . . . 153

ตารางที่ หน้า


ก-6 แสดงเวลาและพื้นที่ใต้ Peak ในการหาปริมาณสตีรีโอไซด์ทั้งหมดในสารตัวอย่าง หญ้าหวาน . . . . . 153

ก-7 แสดงผลการทดลองวิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography หาอัตราส่วนพื้นที่ Peak ระหว่างผลรวมพื้นที่ Peakของสตีรีโอไซด์และเรบอดิโอไซด์ต่อพื้นที่ Peak ของสารละลายมาตราฐาน Squlanle ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายมาตราฐานสตีรีโอไซด์ . . . . . 154

ก-8 แสดงผลการทดลองวิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography หาอัตราส่วนระหว่างผลรวมพื้นที่ Peak ของสตีรีโอไซด์และเรบอดิโอไซด์ต่อพื้นที่ Peak ของสารละลายมาตราฐาน Squlane ของสารละลายทั้งหมด ในการปริมาณสตีรีโอไซด์ทั้งหมดในหญ้าหวาน . . . . . 156

ก-9 แสดงค่า Absorbance ของสารละลายน้ำที่สกัดได้จากหญ้าหวานที่ความยาวคลื่น ตั้งแต่ 665-680 นาโนเมตร . . . . . 159

ข-1 แสดงข้อมูลการทดลองหาเวลาที่เหมาะสม ในการสกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์ม. 167

ข-2 แสดงข้อมูลการทดลองหาเวลาที่เหมาะสม ในการสกัดสตีรีโอไซด์ด้วยไดอ๊อกเซน 168

ข-3 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์หาปริมาณสตีรีโอไซด์ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการสกัดสตีรีโอไซด์จากหญ้าหวาน โดยใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย . . . . 173

ข-4 แสดงข้อมูลในการหาปริมาณสตีรีโอไซด์ที่มีอยู่ทั้งหมดในแต่ละตัวอย่าง และอัตราส่วนร้อยละปริมาณสตีรีโอไซด์ . . . . . 174

ค-1 พื้นที่ Peak ของสารละลายน้ำที่สกัดจากหญ้าหวานในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:6 ที่อุณหภูมิห้องประมาณ $30^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . . . 178

ค-2 พื้นที่ Peak ของสารละลายน้ำที่สกัดจากหญ้าหวานในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:8 ที่อุณหภูมิห้องประมาณ $30^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . . . 179

ค-3 พื้นที่ Peak ของสารละลายน้ำที่สกัดจากหญ้าหวานในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:10ที่อุณหภูมิห้องประมาณ $30^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . . . 180

ค-4 พื้นที่ Peak ของสารละลายน้ำที่สกัดจากหญ้าหวานในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:12 ที่อุณหภูมิห้องประมาณ $30^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . . 181

ตารางที่ หน้า

ค-5 พื้นที่ Peak ของสารละลายน้ำที่สกัดจากหญ้าหวานในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:6 ที่อุณหภูมิห้องประมาณ $50^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . . 182

ค-6 พื้นที่ Peak ของสารละลายน้ำที่สกัดจากหญ้าหวาน ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:8 ที่อุณหภูมิ $50^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . . . . . 183

ค-7 พื้นที่ Peak ของสารละลายน้ำที่สกัดจากหญ้าหวาน ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:10 ที่อุณหภูมิ $50^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . . . . . 184

ค-8 พื้นที่ Peak ของสารละลายน้ำที่สกัดจากหญ้าหวาน ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:12 ที่อุณหภูมิ $50^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . . . . . 185

ค-9 หาอัตราส่วนร้อยละปริมาณสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:6 ที่อุณหภูมิห้องประมาณ $30^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน. . 186

ค-10 หาอัตราส่วนร้อยละปริมาณสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:8 ที่อุณหภูมิห้องประมาณ $30^0$ เซลเซียสที่เวลาต่าง ๆ กัน . . 187

ค-11 หาอัตราส่วนร้อยละปริมาณสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:10 ที่อุณหภูมิห้องประมาณ $30^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . 188

ค-12 หาอัตราส่วนร้อยละปริมาณสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:12 ที่อุณหภูมิห้องประมาณ $30^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . 189

ค-13 หาอัตราส่วนร้อยละปริมาณสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:6 ที่อุณหภูมิ $50^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . . . . . 190

ค-14 หาอัตราส่วนร้อยละปริมาณสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:8 ที่อุณหภูมิ $50^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . . . . . 191

ค-15 หาอัตราส่วนร้อยละปริมาณสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:10 ที่อุณหภูมิ $50^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . . . . . 192

ค-16 หาอัตราส่วนร้อยละปริมาณสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:12 ที่อุณหภูมิ $50^0$ เซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ กัน . . . . . 193

ค-17 แสดงอัตราส่วนร้อยละการสกัดสตีวีโอไซด์ที่เวลา และอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ ต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ $30^0$ เซลเซียส . . . . . 194

ตารางที่ หน้า

ค-18 แสดงอัตราส่วนร้อยละการสกัดสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เวลา และอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ $50^0$ เซลเซียส . . . . . 195

ค-19 แสดงลักษณะของสารละลาย และตะกอนที่เกิดขึ้นในการทำสารละลายให้ใสที่ pH ต่าง ๆ กัน . . . . . 197

ค-20 ผลการทดลองวัดอัตราเร็วการตกตะกอน โดยใช้ปริมาณ Flocculant 1 ppm . . . . . 198

ค-21 ผลการทดลองวัดอัตราเร็วการตกตะกอน โดยใช้ปริมาณ Flocculant 2 ppm . . . . . 198

ค-22 ผลการทดลองวัดอัตราเร็วการตกตะกอน โดยใช้ปริมาณ Flocculant 3 ppm . . . . . 199

ค-23 ผลการทดลองวัดอัตราเร็วการตกตะกอน โดยใช้ปริมาณ Flocculant 4 ppm . . . . . 199

ค-24 ผลการทดลองวัดอัตราเร็วการตกตะกอน โดยใช้ปริมาณ Flocculant 5 ppm . . . . . 200

ค-25 ผลการทดลองวัดอัตราเร็วการตกตะกอน โดยใช้ปริมาณ Flocculant 6 ppm . . . . . 200

ค-26 ผลการทดลองวัดอัตราเร็วการตกตะกอน โดยใช้ปริมาณ Flocculant 7 ppm. 201

ค-27 ผลการทดลองวัดอัตราเร็วการตกตะกอน โดยใช้ปริมาณ Flocculant 8 ppm. 201

ค-28 แสดงค่า Absorbance ของสารละลายสีที่ฟอกสีด้วย Cationic Flocculant ในช่วงปริมาณ 939-4696 ppm. และ 2348-3287 ppm. . 202

ค-29 แสดงอัตราส่วนร้อยละของสีสารละลายที่ลดลงในการฟอกสีด้วย Cationic Flocculant ในช่วง 939-4696 ppm. . . . . 203

ค-30 แสดงอัตราส่วนร้อยละของสีสารละลายสีที่ลดลงในการฟอกสีด้วย Cationic Flocculant ในช่วง 2348-3287 ppm. . . . . 204

ค-31 แสดงค่า Absorbance ในการฟอกสีสารละลายสีที่ได้จากหญ้าหวาน ที่ไม่ได้สกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์ม โดยใช้ Anion Exchange Resin. . . . . 204

ตารางที่ หน้า

ค-32 แสดงอัตราส่วนร้อยละของสีสารละลายสกัดที่ผสมลง ในการฟอกสีสารละลายสกัดจากหญ้าหวาน ที่ไม่ได้สกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์ม โดยใช้ Anion Exchange Resin . . . . . 207

ค-33 แสดงค่า Absorbance ในการฟอกสีสารละลายสกัดจากหญ้าหวานที่สกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์ม โดยใช้ Anion Exchange Resin . . . . . 208

ค-34 แสดงอัตราส่วนร้อยละของสีสารละลายสกัดที่ผสมลง ในการฟอกสีสารละลายสกัดจากหญ้าหวานที่สกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์ม โดยใช้ Anion Exchange Resin 209

ค-35 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์หาปริมาณสตีวิโอไซด์ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการสกัดสตีวิโอไซด์จากหญ้าหวาน โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย . . . . . 212

ค-36 แสดงข้อมูลในการหาปริมาณสตีวิโอไซด์ ที่มีอยู่ทั้งหมดในแต่ละตัวอย่าง และอัตราส่วนร้อยละปริมาณสตีวิโอไซด์ . . . . . 213

# รายการรูปประกอบ


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | แสดงโครงสร้างของสีวีโอไซด์ . . . . . | 9 |
| 2.2 | แสดงการเกิดไฮโดรไลซ์ของสีวีโอไซด์ในสภาวะต่างแก่ . . . . . | 11 |
| 2.3 | แสดงโครงสร้างของสารต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดสีในสารละลายที่สกัดได้ . . . . | 21 |
| 2.4 | แผนผังการใช้ Ion Exchange Resin . . . . . | 22 |
| 2.5 | แสดงการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง . . . . | 27 |
| 3.1 | Soxhlet Extractor ขนาดเล็ก . . . . . | 31 |
| 3.2 | Soxhlet Extractor ขนาดใหญ่ . . . . . | 32 |
| 3.3 | เครื่อง Rotary Vacuum Evaporator . . . . . | 33 |
| 3.4 ก | เครื่องสกัดแบบถังกวนในอ่างน้ำมัน (ด้านหน้า) . . . . . | 35 |
| 3.4 ข | เครื่องสกัดแบบถังกวนในอ่างน้ำมัน (ด้านบน) . . . . . | 35 |
| 3.5 | เครื่องปั๊มน้ำแบบสกรู . . . . . | 36 |
| 3.6 | เครื่องหม้อระเหยน้ำแบบสูญญากาศ (Pan Vacuum Evaporator) . . . . | 38 |
| 3.7 | เครื่องอบแห้งแบบหัวฉีดกระจายให้เป็นผงแห้ง . . . . . | 40 |
| 3.8 | เครื่องมือไฮโดรไลซ์และรีฟลักซ์ . . . . . | 41 |
| 3.9 | เครื่อง UV-Visible Recording Spectrophotometer . . . . . | 43 |
| 3.10 | เครื่อง Gas Chromatography . . . . . | 44 |
| 3.11 | คอลัมน์บรรจุเรซิน . . . . . | 45 |
| 3.12 | แสดงหญ้าหวานก่อนสกัด และหลังสกัดด้วยคลอโรฟอร์ม . . . . . | 46 |
| 4.1 | แสดงแผนผังกระบวนการสกัดสีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน โดยใช้ไดอ๊อกเซนเป็นตัวทำละลาย . . . . . | 50 |
| 5.1 | แสดงกระบวนการสกัดสีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย. . | 61 |
| 6.1 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละสิ่งที่สกัดได้กับเวลา ในการสกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์ม . . . . . | 66 |

| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 6.2 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละสิ่งที่สกัดได้กับเวลาในการสกัดสตีวีโอไซด์ด้วยไดอีอกเซน . . . . . | 68 |
| 6.3 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของผลึกสตีวีโอไซด์กับเวลาในการสกัดสตีวีโอไซด์ด้วยไดอีอกเซน . . . . . | 70 |
| 6.4 | แผนผังแสดงขั้นตอนการสกัดสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน โดยใช้ไดอีอกเซนเป็นตัวทำละลาย . . . . . | 76 |
| 6.5 | แผนผังแสดงขั้นตอนการสกัดสตีวีโอไซด์จากหญ้าหวาน โดยใช้ไดอีอกเซนเป็นตัวทำละลาย และอัตราส่วนร้อยละปริมาณสตีวีโอไซด์ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ . . . . . | 79 |
| 7.1 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละการสกัดสตีวีโอไซด์กับเวลาในการสกัดที่อุณหภูมิประมาณ $30^0$ เซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนต่าง ๆ กัน . . . . | 82 |
| 7.2 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละการสกัดสตีวีโอไซด์ กับเวลาในการสกัดที่อุณหภูมิ $50^0$ เซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนต่าง ๆ กัน . . . . . | 83 |
| 7.3 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละการสกัดสตีวีโอไซด์ กับเวลาในการสกัดในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:6 . . . . . | 84 |
| 7.4 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละการสกัดสตีวีโอไซด์ กับเวลาในการสกัด ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:8 . . . . . | 85 |
| 7.5 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละการสกัดสตีวีโอไซด์ กับเวลาในการสกัด ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:10 . . . . . | 86 |
| 7.6 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละการสกัดสตีวีโอไซด์ กับเวลาในการสกัด ในอัตราส่วนหญ้าหวานต่อน้ำ 1:12 . . . . . | 87 |
| 7.7 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH ของสารละลายน้ำที่สกัดจากหญ้าหวาน กับค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 674 นาโนเมตร . . . . . | 90 |
| 7.8 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนที่ลดลง (ซม ) กับเวลาโดยใช้ปริมาณ Flocculant 1 ppm. . . . . | 92 |
| 7.9 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนที่ลดลง (ซม ) กับเวลาโดยใช้ปริมาณ Flocculant 2 ppm. . . . . | 93 |

รูปที่ หน้า

7.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนที่ลดลง (ซม.) กับเวลา โดยใช้ปริมาณ Flocculant 3 ppm. . . . . 94

7.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนที่ลดลง (ซม.) กับเวลา โดยใช้ปริมาณ Flocculant 4 ppm. . . . . 95

7.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนที่ลดลง (ซม.) กับเวลา โดยใช้ปริมาณ Flocculant 5 ppm. . . . . 96

7.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนที่ลดลง (ซม.) กับเวลา โดยใช้ปริมาณ Flocculant 6 ppm. . . . . 97

7.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนที่ลดลง (ซม.) กับเวลา โดยใช้ปริมาณ Flocculant 7 ppm. . . . . 98

7.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนที่ลดลง (ซม.) กับเวลา โดยใช้ปริมาณ Flocculant 8 ppm. . . . . 99

7.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วการตกตะกอนกับปริมาณ Flocculant . 100

7.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของลิสำระละลายสลัดที่ลดลงกับปริมาณ Cationic Cane Flocculant ในช่วง 939-4696 ppm. . . . . 102

7.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของลิสำระละลายสลัดที่ลดลง กับปริมาณ Cationic TM 80 Flocculant ในช่วง 939-4696 ppm. . . . . 102

7.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของลิสำระละลายสลัดที่ลดลง กับปริมาณ Cationic Cane Flocculant ในช่วง 2348-3287 ppm. . . . . 103

7.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของลิสำระละลายสลัดที่ลดลง กับปริมาณ Cationic TM 80 Flocculant ในช่วง 2348-3287 ppm. . . . . 104

7.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของลิสำระละลายสลัดที่ลดลง กับจำนวนสำระละลายสลัดที่ผ่านเรซิน ซึ่งสำระละลายสลัดเตรียมจากหญ้าหวานที่ไม่ได้สลัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์ม . . . . . 106

7.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนร้อยละของลิสำระละลายสลัดที่ลดลง กับจำนวนสำระละลายสลัดที่ผ่านเรซิน ซึ่งสำระละลายสลัดเตรียมจากหญ้าหวานที่สลัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์ม . . . . . 107

รูปที่ หน้า

7.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance ในการฟอกสีสารละลายสกัดด้วยเรซิน กับจำนวนสารละลายสกัดที่ผ่านเรซิน โดยเปรียบเทียบสารละลายสกัดระหว่างหญ้าหวานที่สกัดและไม่ได้สกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์ม . . . . . 108

7.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง ($T_i$) กับอัตราส่วนร้อยละปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ . . . . . 111

7.25 แสดงแผนผังขั้นตอนการสกัดสตีวิโอไซด์จากหญ้าหวาน โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย และอัตราส่วนร้อยละปริมาณสตีวิโอไซด์, ปริมาณของแข็งทั้งหมด ในแต่ละขั้นตอน 118

ก-1 แสดง Peak ต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography ที่ความเข้มข้นของสตีวิโอไซด์มาตราฐาน 3 มิลลิกรัม . . . . . 148

ก-2 แสดง Peak ต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography ที่ความเข้มข้นของสตีวิโอไซด์มาตราฐาน 9 มิลลิกรัม . . . . . 148

ก-3 แสดง Peak ต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography ที่ความเข้มข้นของสตีวิโอไซด์มาตราฐาน 12 มิลลิกรัม . . . . . 149

ก-4 แสดง Peak ต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography ที่ความเข้มข้นของสตีวิโอไซด์มาตราฐาน 15 มิลลิกรัม . . . . . 149

ก-5 แสดง Peak ต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography ที่ความเข้มข้นของสตีวิโอไซด์มาตราฐาน 20 มิลลิกรัม . . . . . 150

ก-6 แสดง Peak ต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography ในการหาปริมาณสตีวิโอไซด์ทั้งหมด ในสารตัวอย่างหญ้าหวาน . . . . . 150

ก-7 กราฟมาตราฐานแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณสตีวิโอไซด์มาตราฐานกับอัตราส่วนพื้นที่ Peak . . . . . 155

ก-8 ตรวจแสดงค่า Absorbance ของสารละลายน้ำที่สกัดจากหญ้าหวานที่ความยาวคลื่น 190-700 นาโนเมตร . . . . . 160

ก-9 กราฟแสดงค่า Absorbance ของสารละลายน้ำที่สกัดจากหญ้าหวานที่ความยาวคลื่น 600-700 นาโนเมตร . . . . . 161

สัญญลักษณ์ที่ใช้แทนข้อความ

$A$ = พื้นที่ผิวสัมผัส ($ซม.^2$)

$A_1$ = Absorbance ของสารละลายน้ำเริ่มต้น จากหญ้าหวานที่ไม่ได้สกัดไขมันด้วย คลอโรฟอร์มก่อนทำสารละลายให้ใส

$A_2$ = Absorbance ของสารละลายน้ำจากหญ้าหวานที่ไม่ได้สกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์มที่ทำให้ใสแล้ว

$A_3$ = Absorbance ของสารละลายน้ำจากหญ้าหวานที่ไม่ได้สกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์มฟอกสีด้วย Cationic Flocculant

$b$ = Effective Thickness ของชั้นฟิลม์ของเหลวรอบ ๆ ของแข็ง

$B_1$ = Absorbance ของสารละลายน้ำเริ่มต้นจากหญ้าหวานที่สกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์มก่อนทำสารละลายให้ใส

$B_2$ = Absorbance ของสารละลายน้ำจากหญ้าหวานที่สกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์มทำให้ใสแล้ว

$B_3$ = Absorbance ของสารละลายน้ำจากหญ้าหวานที่สกัดไขมันด้วยคลอโรฟอร์มฟอกสีด้วย Cationic Flocculant

$C$ = ความเข้มข้นของตัวถูกละลาย ในสารละลายเมื่อเวลา t, (g/ml)

$C_s$ = ความเข้มข้นของสารละลายอิ่มตัวที่สัมผัสกับของแข็ง, (g/ml)

$K'$ = Diffusion Coefficient ($cm^2/sec$)

$M$ = มวลของตัวถูกละลายที่ถูกถ่ายเทในเวลา t, (g)

$M_1$ = ความสูงตะกอนเริ่มต้น (ซม.)

$M_2$ = ความสูงตะกอนสุดท้ายเมื่อความสูงตะกอนคงที่ (ซม.)

$P_s$ = พื้นที่ Peak ของสารละลายมาตราฐาน squalane

$P_1$ = พื้นที่ Peak ของสตีรีโอไซด์

$P_2$ = พื้นที่ Peak ของเรบอดิโอไซด์

R = อัตราส่วนพื้นที่ Peak

S = ความลาดชันของกราฟมาตรฐาน

Sc = Schmidt Number

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ ($^{\circ}K$)

Ti = อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง

To = อุณหภูมิลมร้อนที่ทางออก

t = เวลาที่ตะกอนมีความสูงคงที่

V = ปริมาตรของสารละลายทั้งหมด

v = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสตีวีโอไซด์

w = ปริมาณของตัวถูกดูดซับต่อหน่วยน้ำหนักของตัวถูกดูดซับ

$W_s$ = น้ำหนักหญ้าหวานที่ใช้