



EXTRACTION OF TANNIN FROM RAMBUTAN PEEL.

Mr. Suwarong Wongsiri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1993

ISBN 974-581-598-5



ตัวชี้วัดวิทยานิพนธ์

การสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะ

โดย

นายสุวรรค์ วงษ์ศิริ

ภาควิชา

เคมีเทคนิค

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร.สุเมธ ชวเดช

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

อาจารย์ ดร.เพ็ชรพรอค ทิศคร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สุเมธ ชวเดช)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.เพ็ชรพรอค ทิศคร)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุวรรณค์ วงษ์ศิริ : การสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะ (EXTRACTION OF TANNIN FROM RAMBUTAN PEEL) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร.สุเมธ ชวเดช, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร.เพ็ญพรพรค าศัตร, 139 หน้า ISBN 974-581-598-5

งานทดลองวิจัยสกัดสารแทนนินจากเปลือกเงาะ แบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย การทดลองแรก คือ การสกัดแบบแช่ครั้งเดียวไม่มีการกวนผสม อุปกรณ์ทดลองเป็นขวดแก้ว (Erlenmeyer flask) ขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร โดยพบว่าเปลือกเงาะขนาดที่เหมาะสม คือ 1-2 มิลลิเมตร การสกัดในช่วง อุณหภูมิ 30-70° เซลเซียส ควรใช้ตัวทำละลายเอธานอล 50% หรือสารละลาย 1% และ 3%  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  ช่วยสกัด ส่วนการสกัดที่อุณหภูมิสูง (90° เซลเซียส) ควรใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อ ตัวทำละลายที่เหมาะสม = 1:10 เวลาที่ใช้แช่เมื่อสกัดที่อุณหภูมิต่ำ (30-50° เซลเซียส) ยาวนานกว่า 24 ชั่วโมงยังไม่เข้าสู่ภาวะคงตัวที่อุณหภูมิสูงขึ้น (70° เซลเซียส) ใช้เวลาอยู่ในช่วง 9-24 ชั่วโมง ส่วนที่อุณหภูมิ 90° เซลเซียส ใช้เวลาเพียง 3 ชั่วโมง การทดลองที่ 2 คือ การสกัดแบบแช่ที่มีการกวน ผสมเพื่อศึกษากราฟที่สถานะสมดุล (Equilibrium line) และ ค่าสัมประสิทธิ์ของการแพร่ ( $k'A/b$ ) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยได้ความสัมพันธ์ระหว่าง  $k'A/b$  กับอุณหภูมิของตัวทำละลาย (เคลวิน) เป็นเส้นตรงคือ  $k'A/b = 0.192 T - 56.09$  เมื่อใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย และ  $k'A/b = 0.203 T - 59.37$  เมื่อใช้สารละลายเอธานอล 50% เป็นตัวทำละลาย ภายใต้สภาวะการทดลองคือ ขนาดเปลือกเงาะ 1-2 มิลลิเมตร อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อตัวทำละลาย = 1:10 อุณหภูมิ 30° -70° เซลเซียส และความเร็วรอบเครื่องกวนแม่เหล็ก 500 รอบต่อนาที

การทดลองที่สามคือ การสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องสวนทางกัน อุปกรณ์ทดลองเป็นกระบอกสแตนเลสจ 3 ลิตร ภายในมีกระบอกเงาะรูสำหรับบรรจุเปลือกเงาะ โดยมีกระบอกทดลองทั้งหมด 6 ชุด วาง ไว้ในอ่างอ่างน้ำที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ เวลาที่ใช้แช่ต่อหนึ่งถึงสกัด 1/2 ชั่วโมง พบว่า สารละลาย 3%  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  มีประสิทธิภาพสูงกว่าสารละลาย 1%  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  และสารละลายเอธานอล 50% เล็กน้อย แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่น้ำมาก เมื่อสกัดที่อุณหภูมิ 70° เซลเซียส ดังนั้นการเติมสาร  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  จึงมีความเหมาะสมและไม่ก่อผลการใช้เนื่องจากต้องใช้ในกระบวนการพอกหนึ่งด้วย

อนึ่งระบบสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องสวนทางกัน ให้ประสิทธิภาพการสกัดสารแทนนินสูงกว่าแบบสกัด ครั้งเดียวที่มีการกวนผสม ในขณะที่ระบบสกัดครั้งเดียวไม่มีการกวนผสมมีประสิทธิภาพต่ำสุด



ภาควิชา ..... เคมีเทคนิค  
สาขาวิชา ..... เคมีเทคนิค  
ปีการศึกษา ..... 2535

ลายมือชื่อนิสิต ..... สุวรรณค์ วงษ์ศิริ  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

## C125520 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY  
KEY WORD: TANNIN/EXTRACTION/RAMPUTAN PEEL

SUWARONG WONGSIRI: EXTRACTION OF TANNIN FROM RAMPUTAN PEEL. THESIS  
ADVISOR: SUMETH CHAVADEJ, Ph.D., CO-THESIS ADVISOR: PIENPAK TASAKORN,  
Ph.D. 139 PP. ISBN 974-581-598-5

The experimental studies of tannin extraction from rambutan peel were divided into 3 main parts. The first part was the batch extraction without mixing. The extraction units were 250 ml. Erlenmeyer flasks. It was found that the optimum size of rambutan peel was 1-2 mm.. For the temperature 30-70°C, 50% ethanol, 1% and 3% Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> should be used. When the extraction temperature raised up to 90°C, pure water should be used. The optimum ratio of rambutan peel to solvent was about 1:10. The optimum extraction time was 9 and 3 hours at 70°C and 90°C, respectively. The second study was to determine the tannin equilibrium curve and the diffusion coefficients (k'A/b) at different temperatures by using a mixing vessel. It was found that the term of k'A/b was linear function of the extraction temperature ( K)

$$k'A/b = 0.192 T - 56.09 \quad \text{for pure water and}$$
$$k'A/b = 0.203 T - 59.37 \quad \text{for 50\% ethanol}$$

under the studied conditions : size = 1-2 mm., the ratio of rambutan peel to solvent = 1:10, temperature = 30°-70°C and mixing speed of the magnetic stirrer = 500 rpm.

The third study was the semi - continuous counter current extraction. Six units of 3 litres stainless steel cylinders were used. Each extractor cylinder had a porous cylinder filled up with rambutan peel inside. These six units were partially immersed in the water bath. It was revealed that for the extraction time of 1/2 hours, the 3% Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> solvent yielded a better efficiency than using 1% Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, 50% ethanol and pure water at 70°C. Therefore, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> addition is appropriate and does not cause any harm in using since Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> is a common chemical used in tanning industry. It is concluded that the semi-continuous counter-current extraction system could improve significantly the tannin extraction efficiency in comparison with the batch with mixing system. Meanwhile, the batch without mixing system had the lowest extraction efficiency.

ภาควิชา.....เคมีเทคนิค  
สาขาวิชา.....เคมีเทคนิค  
ปีการศึกษา.....2535

ลายมือชื่อนิสิต.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



### กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. สุเมธ ชวเดช อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ดร. เพ็ญพรพรค  
ทัศน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ บารมี ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์  
ดำรงค์เลิศ ที่กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือ ทำให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณบริษัท Food & Drink จำกัด บริษัท อาหารสยาม และเจ้าของไร่เงาะจังหวัด  
จันทบุรี ที่กรุณาเอื้อเฟื้อวัตถุดิบในการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการศูนย์ทดสอบและมาตรฐานวิทยา คุณ จ้างงค์ หัยกิจโกศล ผู้อำนวยการ  
การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย คุณ จุไร ศยามานนท์ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อด้านเครื่องมือวิเคราะห์  
และสถานที่ทำการวิจัย ตลอดจน เพื่อน ๆ พี่ ๆ น้องทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ  
ด้วยดีตลอดมา

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจ  
แก่ผู้วิจัยเสมอมา และขอขอบพระคุณ น.ส. พรสวรรค์ ดิษยบุตร นักวิชาการ 8 สาขาวิจัย  
สิ่งแวดล้อมและทรัพยากร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ได้ให้  
ส่วนหนึ่งของงานวิจัยโครงการใช้ประโยชน์และกำจัดวัสดุเหลือทิ้งอุตสาหกรรมเกษตร มาเป็น  
วิทยานิพนธ์ รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการวิจัย มา ณ. ที่นี้ด้วย



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
สัญลักษณ์ที่ใช้แทนข้อความ.....	ด
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	4
2.1 ลักษณะสมบัติสารแทนนิน.....	4
2.1.1 ประวัติของแทนนิน.....	4
2.1.2 ความหมายของแทนนิน.....	4
2.1.3 ประเภทของแทนนิน.....	5
2.1.4 การกระจายตัวในธรรมชาติ.....	9
2.1.5 คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีภาพของแทนนิน.....	10
2.1.6 ประโยชน์ของแทนนินที่ใช้ในอุตสาหกรรม.....	11
2.1.7 แหล่งของแทนนิน.....	11
2.1.8 การตรวจสอบสมบัติของแทนนิน.....	13
2.1.9 การตรวจปริมาณแทนนิน.....	14
2.2 หลักการแยกสกัดสารออกจากของแข็งด้วยของเหลว.....	15
2.2.1 ขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการสกัด.....	16
2.2.2 กลไกของกระบวนการสกัด.....	16
2.2.3 การเลือกลักษณะของของแข็งและตัวทำละลายที่เหมาะสม.....	16
2.2.4 วิธีการแยกสกัดอย่างต่อเนื่อง.....	18
2.2.5 วิธีการวิเคราะห์หาชั้นอุดมคติแบบ Counter current multistage.....	18
2.2.6 การถ่ายโอนมวลในกระบวนการสกัดของแข็งด้วยของเหลว.....	25
2.3 ความรู้เกี่ยวกับการฟอกหนัง.....	26

บทที่	หน้า
2.4	ตัวทำละลายในการสกัดแทนนิน..... 30
2.5	งานวิจัยที่ผ่านมา..... 30
3.	วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง..... 38
3.1	อุปกรณ์เครื่องมือทดลอง..... 38
3.1.1	อุปกรณ์สำหรับการทดลองสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ไม่มีการกวนผสม..... 38
3.1.2	อุปกรณ์สำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์ของการแพร่..... 38
3.1.3	อุปกรณ์เครื่องมือสำหรับการทดลองสกัด แบบกึ่งต่อเนื่องส่วนทางกัน..... 38
3.2	ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย..... 40
3.2.1	การเตรียมเปลือกเงาะ..... 40
3.2.2	การสกัดแบบแช่ครั้งเดียวไม่มีการกวนผสม..... 41
3.2.3	การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ของการแพร่..... 42
3.2.4	ศึกษาการสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องส่วนทางกัน..... 43
3.2.5	ศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดแทนนินที่สภาวะสมดุล..... 44
3.3	วิธีการวิเคราะห์..... 45
3.3.1	วิเคราะห์ปริมาณแทนนินในผลิตภัณฑ์แทนนิน..... 45
3.3.2	ปริมาณความชื้นในเปลือกเงาะหรือในผลิตภัณฑ์แทนนิน..... 46
3.3.3	ปริมาณผลิตภัณฑ์แทนนินในสารละลายแทนนิน..... 46
4.	ผลการทดลองและวิจารณ์..... 47
4.1	ปริมาณสารแทนนินในเปลือกเงาะ..... 47
4.2	การสกัดแบบแช่ครั้งเดียวไม่มีการกวน..... 48
4.3	การทดลองสกัดแบบแช่ครั้งเดียวและมีการกวนผสม..... 80
4.4	การสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องส่วนทางกัน..... 90
4.5	การทดลองฟอกหนัง โดยแทนนินที่สกัดจากเปลือกเงาะ..... 100
5.	สรุปผลการทดลอง..... 102
	เอกสารอ้างอิง..... 104
	ภาคผนวก..... 110
	ประวัติผู้เขียน..... 139





## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงปริมาณและมูลค่าการนำเข้าแทนนินธรรมชาติ และแทนนินสังเคราะห์.....	2
2.1 แสดงปริมาณแทนนิน ในพืชชนิดต่าง ๆ ในส่วนต่าง ๆ และการนำไปใช้ประโยชน์.....	12
2.2 แสดงเอสเทอร์ของฟีนอลที่ให้ผล กับน้ำยาจัดฟัน บนกระดาษโครมาโทแกรม.....	13
2.3 ผลการทดลองสกัดสารแทนนินโดย Duthie, 1938.....	31
2.4 ผลการเติมกรดไฮโดรคลอริกต่อประสิทธิภาพการสกัดสารแทนนิน.....	31
2.5 ผลการทดลองสกัดสารแทนนิน ใน ใบ โอ๊ค และใบเมเปิ้ลโดยสารละลายต่าง ๆ.....	33
2.6 แสดงปริมาณแทนนินของพืชต่างประเทศ และแทนนินที่พบ ในวัสดุเหลือทิ้งของโรงงานผลิตวัสดุสำเร็จรูปต่าง ๆ .....	37
3.1 ตัวแปรที่ศึกษาของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวไม่มีการกวนผสม.....	41
3.2 สภาวะการทดลองเพื่อหาค่า $(k'A/b)$ .....	42
3.3 แสดงสภาวะการทดลอง เพื่อศึกษาการสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องสวนทางกัน.....	43
3.4 แสดงสภาวะการทดลอง เพื่อหากราฟสมมูลการละลาย.....	44
4.1 แสดงปริมาณสารแทนนินที่ถูกสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ.....	47
4.2 ส่วนประกอบของเปลือกเงาะที่ตากแห้งก่อนนำมาสกัด.....	48
4.3 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ ที่ขนาดเปลือกเงาะ 0.5 - 1 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 30° และ 70° เซลเซียส โดยใช้ สารละลายโซเดียมซัลไฟด์เข้มข้นร้อยละ 1 และ 3 น้ำหนักต่อปริมาตรเป็นตัวทำละลายเปรียบเทียบกับน้ำ ใช้เวลาสกัด 72 ชั่วโมงมีการกวนผสม.....	78
4.4 ค่า $k'A/b$ ที่สภาวะการทดลอง ขนาดเปลือกเงาะ 1 - 2 มิลลิเมตร อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อตัวทำละลาย 1:10 ตัว ทำละลายน้ำ และ 50% เอทานอล ความเร็วรอบของการกวน 500 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิสกัดต่าง ๆ .....	89

ตารางที่	หน้า
4.5 น้ำหนักสารแทนนินต่อน้ำหนักตัวทำละลาย (กรัม/กรัม) ที่สภาวะการทดลอง ขนาดของเปลือกเงาะ 1 - 2 มิลลิเมตร อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำ = 1:20 อุณหภูมิ 30°เซลเซียส ที่เวลาแช่นาน 1/2 และ 3 ชั่วโมง .....	91
4.6 ความเข้มข้นของสารสกัดแทนนิน (กรัม/ 100 มิลลิลิตร) ที่ขนาดเปลือกเงาะ 1 - 2 มิลลิเมตร อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อตัวทำละลาย 1:20 เวลาแช่ของแต่ละถึง 1/2 ชั่วโมง มีอุณหภูมิการสกัดที่ 30° และ 70°เซลเซียส.....	92
4.7 ร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) ณ.สภาวะคงที่ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวมีการกวนผสมและแบบกึ่งต่อเนื่องสวนทางกัน.....	99
ก.1 แสดงการคำนวณหาปริมาณแทนนินทั้งหมดที่มีอยู่ในเปลือกเงาะ.....	114
ก.2 แสดงการคำนวณประสิทธิภาพของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ไม่มีการกวนผสมที่สภาวะของการสกัด ขนาดของเปลือกเงาะ 1-2 มิลลิเมตร อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อสารละลาย 50% เอทานอล 1:10 อุณหภูมิของตัวทำละลาย 50°เซลเซียส เวลาสกัด 1, 2, 3, 6, 9 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ.....	115
ข.1 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ไม่มีการกวนผสมที่อุณหภูมิ 30°เซลเซียส.....	117
ข.2 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ไม่มีการกวนผสมที่อุณหภูมิ 50°เซลเซียส.....	118
ข.3 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ไม่มีการกวนผสมที่อุณหภูมิ 70°เซลเซียส.....	119
ข.4 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ไม่มีการกวนผสมที่อุณหภูมิ 90°เซลเซียส.....	120
ข.5 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ไม่มีการกวนผสมที่อุณหภูมิ 30°เซลเซียส.....	121
ข.6 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ไม่มีการกวนผสมที่อุณหภูมิ 50°เซลเซียส.....	122

ตารางที่	หน้า
ช.7 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ไม่มีการกวนผสมที่อุณหภูมิ 70° เซลเซียส.....	123
ค.1 ตัวทำละลายน้ำ อุณหภูมิ 30° เซลเซียส.....	124
ค.2 สารละลายเอทานอล 50% อุณหภูมิ 30° เซลเซียส.....	124
ค.3 สารละลาย 1% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> อุณหภูมิ 30° เซลเซียส.....	125
ค.4 สารละลาย 3% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> อุณหภูมิ 30° เซลเซียส.....	125
ค.5 ตัวทำละลายน้ำ อุณหภูมิ 70° เซลเซียส.....	126
ค.6 สารละลายเอทานอล 50% อุณหภูมิ 70° เซลเซียส.....	126
ค.7 สารละลาย 1% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> อุณหภูมิ 70° เซลเซียส.....	127
ค.8 สารละลาย 3% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> อุณหภูมิ 70° เซลเซียส.....	127
ค.9 สกัดที่สภาวะเปลือกอง่างขนาด 1 - 2 มิลลิเมตร อุณหภูมิ 30° เซลเซียส เวลาแช่ 24 ชั่วโมง อัตราส่วนเปลือกอง่างต่อน้ำต่าง ๆ.....	130
ค.10 ค่าความหนาแน่นของตัวทำละลายที่ได้จากการทดลอง.....	131
ง.1 การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของการแพร่ (k' A/b).....	133
จ.1 สภาวะตัวทำละลายน้ำและสารละลายเอทานอล 50% อุณหภูมิ 30° เซลเซียส....	135
จ.2 สภาวะตัวทำละลาย 1% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> และ 3% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> อุณหภูมิ 30° เซลเซียส....	135
จ.3 สภาวะตัวทำละลายน้ำและสารละลายเอทานอล 50% อุณหภูมิ 70° เซลเซียส....	136
จ.4 สภาวะตัวทำละลาย 1% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> และ 3% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> อุณหภูมิ 70° เซลเซียส....	136
จ.5 การคำนวณปริมาณสารแทนนินในส่วน overflow (Y <sub>An</sub> ) ระบบสกัด แสดงดังภาพที่ 4.43 สภาวะตัวทำละลายน้ำ อุณหภูมิ 30° เซลเซียส เปลือกอง่างขนาด 1 - 2 มิลลิเมตร อัตราส่วนเปลือกอง่างต่อน้ำ 25:500....	137
จ.6 การคำนวณปริมาณแทนนินในส่วน underflow (X <sub>An</sub> ) ที่สภาวะ การทดลองเช่นเดียวกับตารางที่ จ.5.....	138



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ไฮโดรไลซ์ เซเบลแทนนินชนิดต่าง ๆ ที่พบในพืช .....	7
2.2 คอนเดนซ์แทนนินชนิดต่าง ๆ ที่พบในพืช .....	8
2.3 แสดงวิธีการสกัดแบบ single contactor .....	19
2.4 แสดงวิธีการสกัดแบบ multistage cocurrent .....	19
2.5 แสดงวิธีการสกัดแบบ counter current multistage .....	19
2.6 แสดงวิธีการสกัดแบบ counter current multistage .....	21
2.7 แสดงวิธีวิเคราะห์การสกัดแบบ counter current multistage โดยวิธีสามเหลี่ยมมุมฉาก .....	22
2.8 แสดงวิธีวิเคราะห์การสกัดแบบ counter current multistage โดยวิธีสี่เหลี่ยมของ Pongchon Savarit .....	24
2.9 แสดงขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตหนังสัตว์ .....	29
3.1 แสดงอุปกรณ์เครื่องมือการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ไม่มีการกวน .....	39
3.2 แสดงอุปกรณ์เครื่องมือการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวมีการกวนผสม .....	39
3.3 แสดงอุปกรณ์เครื่องมือการสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องสวนทางกัน .....	40
4.1 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาที่ใช้ในการสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว อุณหภูมิของน้ำ 30°เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ .....	49
4.2 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาที่ใช้ในการสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว อุณหภูมิของน้ำ 30°เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ .....	50
4.3 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาที่ใช้ในการสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว อุณหภูมิของน้ำ 50°เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ .....	52
4.4 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาที่ใช้ในการสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว อุณหภูมิของน้ำ 50°เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ .....	53
4.5 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาที่ใช้ในการสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว อุณหภูมิของน้ำ 70°เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ .....	54

ภาพที่	หน้า
4.6 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาที่ใช้ในการสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว อุณหภูมิของน้ำ 70° เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	55
4.7 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาที่ใช้ในการสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว อุณหภูมิของน้ำ 90° เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	56
4.8 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาที่ใช้ในการสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว อุณหภูมิของน้ำ 90° เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	57
4.9 ผลของขนาดเปลือกเงาะที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ที่สภาวะอัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำ = 1:5 เวลาที่ใช้แช่ 24 ชั่วโมง.....	59
4.10 ผลของขนาดเปลือกเงาะที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ที่สภาวะอัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำ = 1:8 เวลาที่ใช้แช่ 24 ชั่วโมง.....	59
4.11 ผลของขนาดเปลือกเงาะที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ที่สภาวะอัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำ = 1:10 เวลาที่ใช้แช่ 24 ชั่วโมง.....	60
4.12 ผลของขนาดเปลือกเงาะที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว ที่สภาวะอัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำ = 1:20 เวลาที่ใช้แช่ 24 ชั่วโมง.....	60
4.13 ผลของอัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว สำหรับขนาดเปลือกเงาะ 0.5 - 1 มิลลิเมตร เวลาแช่ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิสกัดต่าง ๆ.....	62
4.14 ผลของอัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว สำหรับขนาดเปลือกเงาะ 1 - 2 มิลลิเมตร เวลาแช่ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิสกัดต่าง ๆ.....	62

ภาพที่	หน้า
4.15 ผลของอัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว สำหรับขนาดเปลือกเงาะ 2 - 2.8 มิลลิเมตร เวลาแช่ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิสกัดต่าง ๆ.....	63
4.16 ผลของอุณหภูมิของน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำ = 1:5 เวลาที่ใช้แช่ 24 ชั่วโมง ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	65
4.17 ผลของอุณหภูมิของน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำ = 1:8 เวลาที่ใช้แช่ 24 ชั่วโมง ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	65
4.18 ผลของอุณหภูมิของน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำ = 1:10 เวลาที่ใช้แช่ 24 ชั่วโมง ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	66
4.19 ผลของอุณหภูมิของน้ำที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัดแบบแช่ครั้งเดียว อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำ = 1:20 เวลาที่ใช้แช่ 24 ชั่วโมง ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	66
4.20 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวโดยสารละลายเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 10 ที่ 30° เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	68
4.21 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวโดยสารละลายเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 50 ที่ 30° เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	68
4.22 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวโดยสารละลายเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 80 ที่ 30° เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	69
4.23 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวโดยสารละลายเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 10 ที่ 50° เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	70

ภาพที่	หน้า
4.24 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวโดยสารละลายเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ 50°เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	70
4.25 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวโดยสารละลายเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 80 ที่ 50°เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	71
4.26 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวโดยสารละลายเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ 70°เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	72
4.27 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวโดยสารละลายเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ 70°เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	72
4.28 แสดงร้อยละของแทนนินที่สกัดได้ (% tannin extraction) กับเวลาสกัด (ชั่วโมง) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวโดยสารละลายเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 80 ที่ 70°เซลเซียส ที่ขนาดเปลือกเงาะต่าง ๆ.....	73
4.29 แสดงผลของความเข้มข้นสารละลายเอธานอลที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัดที่สภาวะขนาดของเปลือกเงาะ 0.5-1 มิลลิเมตร อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อเอธานอล = 1:10 อุณหภูมิ 30, 50 และ 70°เซลเซียส และเวลาสกัด 24 ชั่วโมง.....	75
4.30 แสดงผลของความเข้มข้นสารละลายเอธานอลที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัดที่สภาวะขนาดของเปลือกเงาะ 1 - 2 มิลลิเมตร อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อเอธานอล = 1:10 อุณหภูมิ 30, 50 และ 70°เซลเซียส และเวลาสกัด 24 ชั่วโมง.....	75
4.31 แสดงผลของความเข้มข้นสารละลายเอธานอลที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัดที่สภาวะขนาดของเปลือกเงาะ 2 - 2.8 มิลลิเมตร อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อเอธานอล = 1:10 อุณหภูมิ 30, 50 และ 70°เซลเซียส และเวลาสกัด 24 ชั่วโมง.....	76

ภาพที่

หน้า

4.32	แสดงผลของความเข้มข้นสารละลายเอทานอลที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัดที่สภาวะขนาดของเปลือกเงาะ 0.5 - 1 มิลลิเมตร อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อเอทานอล = 1:20 อุณหภูมิ 30, 50 และ 70°เซลเซียส และเวลาสกัด 24 ชั่วโมง.....	76
4.33	แสดงผลของความเข้มข้นสารละลายเอทานอลที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัดที่สภาวะขนาดของเปลือกเงาะ 1 - 2 มิลลิเมตร อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อเอทานอล = 1:20 อุณหภูมิ 30, 50 และ 70°เซลเซียส และเวลาสกัด 24 ชั่วโมง.....	77
4.34	แสดงผลของความเข้มข้นสารละลายเอทานอลที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัดที่สภาวะขนาดของเปลือกเงาะ 2 - 2.8 มิลลิเมตร อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อเอทานอล = 1:20 อุณหภูมิ 30, 50 และ 70°เซลเซียส และเวลาสกัด 24 ชั่วโมง.....	77
4.35	ปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้ด้วยวิธีการแช่ครั้งเดียว และมีการกวนผสมที่เวลาต่าง ๆ เมื่อสกัดด้วย น้ำ อุณหภูมิ 30°เซลเซียส ที่อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำ (S:L) ต่าง ๆ.....	80
4.36	กราฟที่สภาวะสมดุล (Equilibrium line) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวและมีการกวนผสม ตัวทำละลายน้ำ และสารละลายเอทานอล 50% อุณหภูมิ 30°เซลเซียส.....	82
4.37	กราฟที่สภาวะสมดุล (Equilibrium line) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวและมีการกวนผสม สารละลาย 1% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> และ 3% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> อุณหภูมิ 30°เซลเซียส.....	83
4.38	กราฟที่สภาวะสมดุล (Equilibrium line) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวและมีการกวนผสม ตัวทำละลายน้ำ และสารละลายเอทานอล 50% อุณหภูมิ 70°เซลเซียส.....	84
4.39	กราฟที่สภาวะสมดุล (Equilibrium line) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวและมีการกวนผสม สารละลาย 1% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> และ 3% Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> อุณหภูมิ 70°เซลเซียส.....	85



4.40	กราฟที่สภาวะสมดุล (Equilibrium line) ของการสกัดแบบแช่ครั้งเดียวและมีการกวนผสม ตัวทำละลายน้ำ สารละลายเอทานอล 50% สารละลาย 1% $\text{Na}_2\text{SO}_3$ และ 3% $\text{Na}_2\text{SO}_3$ อุณหภูมิ 30° และ 70° เซลเซียส.....	86
4.41	กราฟระหว่างค่า $\ln[C_u / (C_u - C)]$ กับเวลา (นาที) ที่สภาวะตัวทำละลายน้ำ และสารละลายเอทานอล 50% อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อตัวทำละลาย = 1:10 ที่อุณหภูมิสกัดต่าง ๆ.....	88
4.42	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของการแพร่ ( $k'A/b$ ) กับอุณหภูมิของตัวทำละลาย (เซลวิน) น้ำ และสารละลายเอทานอล 50% .....	89
4.43	แสดงทิศทางเปลือกเงาะ และตัวทำละลายเคลื่อนที่สวนทางกัน.....	90
4.44	กราฟ Operating line ของการสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องสวนทางกัน ตัวทำละลายได้แก่ น้ำ และสารละลายเอทานอล 50% อุณหภูมิ 30° เซลเซียส.....	94
4.45	กราฟ Operating line ของการสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องสวนทางกัน ตัวทำละลายได้แก่ 1% $\text{Na}_2\text{SO}_3$ และ 3% $\text{Na}_2\text{SO}_3$ อุณหภูมิ 30° เซลเซียส.....	95
4.46	กราฟ Operating line ของการสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องสวนทางกัน ตัวทำละลายได้แก่ น้ำ และสารละลายเอทานอล 50% อุณหภูมิ 70° เซลเซียส.....	96
4.47	กราฟ Operating line ของการสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องสวนทางกัน ตัวทำละลายได้แก่ 1% $\text{Na}_2\text{SO}_3$ และ 3% $\text{Na}_2\text{SO}_3$ อุณหภูมิ 30° เซลเซียส.....	97
4.48	กราฟ Operating line ของการสกัดแบบกึ่งต่อเนื่องสวนทางกัน ตัวทำละลายได้แก่ น้ำ และสารละลายเอทานอล 50% สารละลาย 1% $\text{Na}_2\text{SO}_3$ และ 3% $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ที่อุณหภูมิสกัดต่าง ๆ.....	98
4.49	ขั้นตอนการฟอกหนังในสารละลายแทนนินทั้งสองชนิด.....	100

ภาพที่	หน้า
ก.1 กราฟมาตรฐานของกรดแทนนิกที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร.....	112
ก.2 กราฟมาตรฐานของกรดแทนนิกที่ใช้สารละลาย 50% เอทานอล เป็นตัวทำละลาย วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร.....	112
ก.3 กราฟมาตรฐานของกรดแทนนิกที่ใช้สารละลาย 1% $\text{Na}_2\text{SO}_3$ เป็นตัวทำละลาย วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร.....	113
ก.4 กราฟมาตรฐานของกรดแทนนิกที่ใช้สารละลาย 3% $\text{Na}_2\text{SO}_3$ เป็นตัวทำละลาย วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร.....	113
ค.1 ปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้ด้วยวิธีการแช่ครั้งเดียวและ มีการกวนผสม อุณหภูมิ 30° เซลเซียส ที่เวลาและ อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำ (S:L) ต่าง ๆ.....	128
ค.2 ปริมาณสารแทนนินที่สกัดได้ด้วยวิธีการแช่ครั้งเดียวและ มีการกวนผสม อุณหภูมิ 70° เซลเซียส ที่เวลาและ อัตราส่วนเปลือกเงาะต่อน้ำ (S:L) ต่าง ๆ.....	129



## สัญลักษณ์ที่ใช้แทนข้อความ

- V = อัตราการไหลของสารละลายที่เข้าและออกจากระบบทาง  
light phase (overflow);  $L^3/t$
- L = อัตราการไหลของของแข็งที่เข้าและออกจากระบบทาง  
heavy phase (underflow);  $M/t$
- x = องค์ประกอบสัดส่วนของตัวถูกละลายทาง heavy phase;  $M \text{ solute}/M \text{ inert}$
- y = องค์ประกอบสัดส่วนของตัวถูกละลายทาง light phase;  $M \text{ solute}/M \text{ solvent}$
- $A_n$  = ตัวถูกละลาย
- $S_n$  = ตัวทำละลาย
- c = ของแข็งเจือย
- m = มวลของตัวถูกละลายที่แพร่ออกในหนึ่งหน่วยเวลา; M
- t = เวลาที่มวลของตัวถูกละลายแพร่ออกในสารละลาย; t
- A = พื้นที่สัมผัสระหว่างของแข็ง-ของเหลว;  $L^2$
- b = ความหนาของฟิล์มบาง ๆ รอบอนุภาคที่ถูกสกัด; L
- C = ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่เวลาใด ๆ;  $M/L^3$
- $C_u$  = ความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่สภาวะอิ่มตัว;  $M/L^3$
- $k'$  = สัมประสิทธิ์ของการแพร่;  $L^2/t$