

ผลของตัวแปรต่ออัตราการระเหยในเครื่องระเหยแบบแผ่นฟิล์มบางหมุน



นายณรงค์ เกิดภูษร

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณรฑ

ภาควิชา เคมี เทคนิค

บัณรฑวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-561-793-8

007639

I 1555284b

Effect of Variables on Evaporation Rate in Rotary Thin Film Evaporator

Mr. NARONG KERDKUNCHON

A Thesis Submitted in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของตัวแปรต่ออัตราการระเหยในเครื่องระเหยแบบแผ่นฟิล์มบางหมุน
โดย นายณรงค์ เกิดคุณชร
ภาควิชา เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ
 อาจารย์ ธีราพงษ์ วิทิตสานต์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

..... *(Signature)* คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุญนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... *(Signature)* ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ อัญพิทยากุล)

..... *(Signature)* กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ)

..... *(Signature)* กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ)

..... *(Signature)* กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุด)

..... *(Signature)* กรรมการ
(อาจารย์ ธีราพงษ์ วิทิตสานต์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของตัวแปรต่ออัตราการระเหยในเครื่องระเหยแบบแผ่นฟิล์มบางหมุน
ชื่อผู้จัดทำ	นายณรงค์ เกิดกฤษ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ อาจารย์ ธรารพงษ์ วิหิตสถานต์
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา	2525



บทคัดย่อ

เครื่องระเหยแบบแผ่นฟิล์มบางหมุน ออกแบบเพื่อใช้งานกับสารละลายประเภทที่มีความไวต่อความร้อน ให้ความเข้มข้นสูงขึ้น เครื่องมือประกอบด้วยลูกกลิ้งหมุนอยู่ในห้องขนาดใหญ่ ที่มีความดันเป็นสุญญากาศ ได้ทำการทดลองกับสารละลาย 3 ชนิด คือ น้ำ สารละลายน้ำตาล และน้ำนมถั่วเหลือง

ครั้งแรก ได้ทำการทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง พบว่าอัตราการระเหยเป็นปฏิกาดโดยตรงกับความเร็วยรอบของลูกกลิ้ง ซึ่งหมุนได้เร็วที่สุดที่ 90 รอบ/นาที สำหรับเครื่องมือชุดนี้ ที่ความดัน -0.50 กก.ต่อตารางเซนติเมตร ความดันไอน้ำภายในลูกกลิ้ง 3.03 กก.ต่อตารางเซนติเมตร อัตราการระเหยของน้ำ สารละลายน้ำตาล น้ำนมถั่วเหลืองมีค่าประมาณ 5.3, 4.7 และ 4.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมงตามลำดับ

สารไวต่อความร้อนที่ใช้ในการทดลองนี้ นอกจากน้ำนมถั่วเหลืองแล้วยังใช้สารละลายวิตามินซีอีกชนิดหนึ่ง ใช้อุณหภูมิภายในเครื่อง 71 องศาเซลเซียส โปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ วิตามินซีลดลง 4.6 เปอร์เซ็นต์ที่อุณหภูมิ 61 องศาเซลเซียส วิตามินลดลงเพียง 1.2 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วยรอบของลูกกลิ้งมีอิทธิพลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของสารไวต่อความ

ร้อนน้อยมาก

ในขั้นต่อมาได้ทำการทดลองแบบต่อเนื่อง พบว่าได้อัตราการระเหยดีที่สุดสำหรับ เครื่องมือชุดนี้ เมื่อให้ถูกกลิ้งหมุนด้วยความเร็ว 90 รอบต่อนาที ความดันไอน้ำ 3.03 กก. ต่อตารางเซนติเมตร ความดันในระบบอยู่ระหว่าง -0.40 ถึง -0.46 กก. ต่อตารางเซนติ- เมตร พบว่าสารละลายน้ำตาลมีอัตราการระเหยประมาณ 95 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ได้ ความเข้มข้นของสารละลายอยู่ระหว่าง 24.0 ถึง 36.2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้ความ เข้มข้นเริ่มต้น 10.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ให้ประสิทธิภาพการทำงานประมาณ 58 เปอร์เซ็นต์ กับสารที่ไวต่อความร้อนได้ผลคล้ายกับการทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง คืออุณหภูมิภายในเครื่อง 71 องศาเซลเซียส ปริมาณโปรตีนในน้ำนมกึ่งเหลวถูกทำลาย 5.5 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย วิตามินซีลดลง 4.8 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย และที่อุณหภูมิ 61 องศาเซลเซียส ปริมาณวิตามินซี ลดลง 1.25 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ย

Thesis Effect of Variables on Evaporation Rate
in Rotary Thin Film Evaporator.

Name Mr. Narong Kerdkunchon

Thesis Advisor Associate Professor Somasak Damronglerd
Mr. Tharapong Vitidsant

Department Chemical Technology

Academic Year 1982

Abstract

Rotary thin-film evaporator is an equipment designed for concentrating the heat sensitive substances. It composed of a stainless steel drum, which is rotated in a big shell. The operating condition was under vacuum pressure about -0.5 kg/cm^2 . The sample solutions were water, sugar and soybean milk.

First part, we operated in batch system. The experiment results had shown that the evaporation rate was directly proportional to the drum speed and the maximum speed revolution of this equipment is 90 rpm. At the pressure -0.50 kg/cm^2 and steam pressure in side of drum 3.03 kg/cm^2 , the evaporation rate of water, sugar solution and soybean milk were about 5.3, 4.7, and 4.2 kg/hr. respectively.

Not only soybean milk but also vitamin C solution were use as heat sensitive test. With the temperature in the evaporatoris 71°C ,

protein in product was denatured about 5% from the initial amount, and vitamin C was decreased 4.6%. Only 1% of vitamin C was destroyed when we operated at 61°C of the evaporator. Drum speed had a little influence on the rate of change of heat sensitive substances.

Second part, we operated in continuous condition the result was identical to the first stage i.e. the evaporating rate increased correspondently to the drum speed though we vary the feed of solution from 130 to 160 cm³/min. the evaporation rate would be identical all run at about 95 cm³./min. Starting with 10% by weight of solution, the obtained final product would have the approximate concentration about 24.0 to 36.2% by weight. The efficiency of this equipment was improved by up to 58% in this experiment.

Concerning with heat sensitive substances experiment. The results were similar to the batch process. At the temperature in the evaporator is 71°C. Protein in soybean and vitamin C in solution were decrease 5.5% and 4.8% in average respectively. When we operated at 61°C, 1.25% of vitamin C was destroyed.



กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ ที่ได้ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือทางด้านวิชาการ เป็นอย่างดี และให้ความสะดวกในการใช้สถานที่ของภาควิชาเคมีเทคนิค และต้องขอขอบคุณ อาจารย์ ธีราพงษ์ วิทิตสานต์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในการวิจัย จนทำให้การศึกษาวิจัยสำเร็จลงด้วยดี

ผู้เขียนขอขอบคุณท่านอาจารย์ พี่ ๆ เจ้าหน้าที่ ที่ได้ช่วยเหลืองานบางอย่างเป็นอย่างดีตลอดมา ทำให้งานดำเนินไปได้ด้วยดีอย่างมีอุปสรรคไม่มากนัก และสำเร็จในเวลาพอสมควร.

"สารบัญ"

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
รายการตารางประกอบ	ณ
รายการรูปประกอบ	ต
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 สารที่ไวต่อความร้อน	2
2.2 การระเหยของสารละลายในเครื่องระเหยแบบแผ่นฟิล์มบางหมุน	4
2.2.1 การระเหย	4
2.2.2 ความสัมพันธ์ของความดันไอกับอุณหภูมิและสมมูลย์ของสถานะ	4
2.3 วัสดุที่สร้างเครื่องระเหย	6
2.4 การส่งถ่ายความร้อนไปยังของไหลโดยการพา	6
2.5 จุกกลิ้งกลมหมุน (Rotary drum)	10
2.5.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของสารละลายบนจุกกลิ้ง	13
2.5.2 ลักษณะของการระเหยบนแผ่นฟิล์มบาง	13
3. อุปกรณ์และการทดลอง	16
3.1 เครื่องมือ	16
3.1.1 ตัวเครื่องระเหย	16
3.1.2 เครื่องควบแน่นแบบบารอเมตริก	16
3.1.3 บีมสุญญากาศ	17
3.1.4 ตัวปรับความเร็วรอบของจุกกลิ้ง (มู่เล่)	17



	ญ
	หน้า
3.2 วิธีปฏิบัติกาาร	17
3.2.1 การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง	17
3.2.2 การทดลองแบบต่อเนื่อง	20
4. ผลการทดลอง	36
4.1 การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง	36
4.2 การทดลองแบบต่อเนื่อง	37
5. วิจารณ์ผลการทดลอง	69
5.1 บทนำ	69
5.2 การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง	69
5.2.1 ศึกษาอัตราการระเหยของน้ำจากน้ำบริสุทธิ์ที่ความเร็ว อุณหภูมิต่าง ๆ	69
5.2.2 ศึกษาอัตราการระเหยของน้ำจากสารละลายน้ำตาล ที่ความเร็วอุณหภูมิต่าง ๆ	70
5.2.3 ศึกษาอัตราการระเหยของน้ำจากสารละลายน้ำตาล ที่ความเร็วอุณหภูมิต่าง ๆ พร้อมทั้งหา ปริมาณโปรตีนที่ถูกทำลายหลังเสร็จการทดลอง	71
5.2.4 ศึกษาการสูญเสียของวิตามินซี (Ascorbic acid)	73
5.3 การทดลองแบบต่อเนื่อง	73
5.3.1 ศึกษาอัตราการระเหยน้ำจากสารละลายน้ำตาล	73
5.3.2 ศึกษาอัตราการระเหยของน้ำจากสารละลายน้ำตาล ที่ความเร็ว และการถูกทำลายไปของปริมาณโปรตีน	75
5.3.3 ศึกษาการสูญเสียของวิตามินซี (Ascorbic acid)	77
5.4 สรุป	77

6. สรุปผลและเสนอแนะ	79
เอกสารอ้างอิง	82
ภาคผนวก	84
ประวัติ	135

รายการตารางประกอบ

ตาราง	หน้า
4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลูกกลิ้งกับปริมาณโปรตีนที่ถูกทำลายที่อุณหภูมิ ๗๑ องศาเซลเซียส	52
4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลูกกลิ้งกับปริมาณของวิตามินซีที่ลดลง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	53
4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเข้าไหลออกกับปริมาณโปรตีนที่ถูกทำลายที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ	54
4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเข้าอัตราการไหลออกกับปริมาณวิตามินซีที่ถูกทำลายที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ความเร็วลูกกลิ้ง ๔๐ รอบต่อนาที	55
4-5 แสดงความชันของกราฟที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ ที่เวลาในการระเหยต่าง ๆ จากผลการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้น้ำบริสุทธิ์	56
4-6 แสดงอัตราการระเหยน้ำที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ ที่เวลาในการระเหยต่าง ๆ จากผลการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้น้ำบริสุทธิ์	57
4-7 แสดงความชันของกราฟที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ ที่เวลาในการระเหยต่าง ๆ จากผลการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้สารละลายน้ำตาล	58
4-8 แสดงอัตราการระเหยน้ำที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ ที่เวลาในการระเหยต่าง ๆ จากผลการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้สารละลายน้ำตาล	59

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4-9	60
แสดงความสัมพันธ์ของกราฟที่ความเร็วลูกกอล์ฟต่าง ๆ ที่เวลาในการ ระเหยต่าง ๆ จากผลการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้ สารละลายน้ำนมถั่วเหลือง	
4-10	61
แสดงอัตราการระเหยน้ำที่ความเร็วลูกกอล์ฟต่าง ๆ ที่เวลาในการ ระเหยต่าง ๆ จากผลการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้สาร ละลายน้ำนมถั่วเหลือง	
4-11	62
แสดงอัตราการไหลเข้า อัตราการไหลออกและความเข้มข้นที่ออก ของสารละลายน้ำตาลที่ความเร็วลูกกอล์ฟ ๖๘ รอบต่อนาที จากผลการทดลองแบบต่อเนื่อง	
4-12	63
แสดงอัตราการไหลเข้า อัตราการไหลออกและความเข้มข้นที่ออก ของสารละลายน้ำตาลที่ความเร็วลูกกอล์ฟ ๕๖ รอบต่อนาที จากผลการทดลองแบบต่อเนื่อง	
4-13	64
แสดงอัตราการไหลเข้า อัตราการไหลออกและความเข้มข้นออก ของสารละลายน้ำตาลที่ความเร็วลูกกอล์ฟ ๔๐ รอบต่อนาที จากผลการทดลองแบบต่อเนื่อง	
4-14	65
แสดงอัตราการระเหยน้ำที่อัตราการไหลเข้าและอัตราการไหลออก ต่าง ๆ ที่ความเร็วลูกกอล์ฟต่าง ๆ จากผลการทดลองแบบต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายน้ำตาล	
4-15	66
แสดงอัตราการไหลเข้า อัตราการไหลออกแสดงความเข้มข้นออก ที่ความเร็วลูกกอล์ฟ ๔๐ รอบต่อนาที จากผลการทดลองโดยใช้ สารละลายน้ำนมถั่วเหลือง	

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตาราง		หน้า
4-16	แสดงอัตราการไหลเข้า อัตราการไหลออก และความเข้มข้นออก ที่ความเร็วลูกกัง ๖๘ รอบต่อนาที จากผลการทดลองแบบ ต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายน้ำมันถั่วเหลือง	67
4-17	แสดงอัตราการไหลเข้า อัตราการไหลออกและความเข้มข้นออก ที่ความเร็วลูกกัง ๕๒ รอบต่อนาที จากผลการทดลองแบบ ต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายน้ำมันถั่วเหลือง	68

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ง-1 ถึง ง-5	98
แสดงการทดลองไม่ต่อ เนื่องจากที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ ทำการทดลองกับน้ำบริสุทธิ์	
ง-6 ถึง ง-10	103
แสดงการทดลองไม่ต่อ เนื่องจากที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ ทำการทดลองกับสารละลายน้ำตาล	
ง-11 ถึง ง-13	108
แสดงการทดลองไม่ต่อ เนื่องจากที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ ทำการทดลองกับสารละลายน้ำนมถั่วเหลือง	
ง-14 ถึง ง-25	111
แสดงการทดลองแบบต่อ เนื่องจากที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ ทำการทดลองกับสารละลายน้ำตาลที่อัตราไหลเข้าและ ไหลออกต่าง ๆ	
ง-26 ถึง ง-37	123
แสดงการทดลองแบบต่อ เนื่องจากที่ความเร็วลูกกลิ้งต่าง ๆ ทำการทดลองกับสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองที่อัตราไหลเข้า และไหลออกต่าง ๆ	

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2-1	การถูกทำลายของวิตามินสังเคราะห์ด้วยความร้อน	2
2-2	โปตาโต ไลโปลายติก อะซิด ไฮโดรเลส ถูกทำลายโดยความร้อน ซึ่งแปรตาม เวลาและอุณหภูมิในสารละลายบัฟเฟอร์ โปตาโต สกัด	3
2-3	เส้นกราฟแสดงความดันไอและอุณหภูมิของของเหลวบริสุทธิ์หรือรูปแบบของสมมูลย์ของสถานะ	5
2-4	การส่งถ่ายความร้อนของท่อ	9
2-5	การส่งถ่ายความร้อนบนผิวลูกกลิ้ง	10
2-6	ลูกกลิ้งแบบจุ่ม	12
2-7	ลูกกลิ้งแบบมีใบมีด	12
2-8	ลูกกลิ้งแบบวิกสา รพะลาย	12
2-9	ลักษณะการเคลื่อนที่ของสารละลายบนลูกกลิ้ง	14
2-10	ลักษณะการระเหยบนแผ่นฟิล์มบาง	15

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-1	เครื่องระเหยแบบแผ่นฟิล์มบางหมุน	25
3-2	รายละเอียดของเครื่องระเหยแบบแผ่นฟิล์มบางหมุน	26
3-3	ส่วนสำคัญของเครื่องทำความเข้มข้น	27
3-4	ภาพด้านหน้าของผนังด้านนอก	28
3-5	ภาพด้านหน้าและด้านข้างของลูกกลิ้ง	29
3-6	ภาพด้านข้างของผนังด้านนอก	30
3-7	ภาพด้านหน้าและด้านข้างของตัววัด	31
3-8	เครื่องควบแน่นแบบบารอเมตริก	32
3-9	เครื่องควบแน่นหรือเครื่องจับไอน้ำ	33
3-10	โคม์สุญญากาศ	34
3-11	มู่เล่	35

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4-1	แสดงความสัมพันธ์ปริมาณน้ำบริสุทธิ์ที่เหลืออยู่ในเครื่อง ระเหยกับเวลาที่ใช้ในการระเหย	40
4-2	แสดงอัตราการระเหยน้ำจากน้ำบริสุทธิ์กับความเร็วลูกกลิ้ง	41
4-3	แสดงความสัมพันธ์ ปริมาตรของสารละลายน้ำตาลที่เหลือ อยู่ในเครื่องระเหยกับเวลาที่ใช้ในการระเหย	42
4-4	แสดงอัตราการระเหยน้ำจากสารละลายน้ำตาล กับความเร็ว ลูกกลิ้งที่ความดัน -0.50 กก.ต่อตารางเซนติเมตร การทดลอง แบบไม่ต่อเนื่อง	43
4-5	แสดงความเข้มข้นของน้ำตาลสุดท้ายกับความเร็วลูกกลิ้ง	44
4-6	แสดงความสัมพันธ์ปริมาณของสารละลายน้ำตาลที่ เหลืออยู่ในเครื่องระเหยกับเวลาที่ใช้ในการระเหย	45
4-7	อัตราการระเหยน้ำจากสารละลายน้ำตาลกับความเร็ว ลูกกลิ้ง	46
4-8	แสดงความสัมพันธ์ ความเข้มข้นสารละลายน้ำตาลกับอัตราไหล เข้าเครื่องระเหยของสารละลายน้ำตาล	47
4-9	แสดงอัตราการระเหยน้ำจากสารละลายน้ำตาลกับความเร็ว ลูกกลิ้งที่ความดัน -0.40 ถึง -0.45 กก.ต่อตารางเซนติเมตร การทดลองแบบต่อเนื่อง	48

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4-10	แสดงความสัมพันธ์ ความเข้มข้นสารละลายน้ำนมถั่วเหลือง กับอัตราการไหลเข้าเครื่องระเหยของสารละลายน้ำนม ถั่วเหลือง	49
4-11	แสดงประสิทธิภาพของเครื่องระเหยกับความเร็วลูกกลิ้ง ทำการทดลองแบบต่อเนื่อง	50
4-12	แสดงสัมประสิทธิ์การส่งถ่ายความร้อนกับความเร็วลูกกลิ้ง การทดลองแบบต่อเนื่อง	51