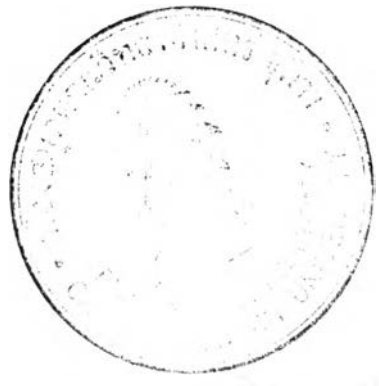
การระเหยน้ำผลไม้ภายใต้สูญญากาศแบบแผ่นฟิล์มเอียง



นางสาวสุวรรณา รุ่งธนาภิรมย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2518

INCLINED-FILM VACUUM EVAPORATION OF FRUIT JUICES

Miss Suwanna Roongtanapirom

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1975

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ประธานกรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกียรติชัย ศานติยานนท์

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การระเหยน้ำผลไม้ภายใต้สูญญากาศแบบแผ่นฟิล์มเอียง

ชื่อ นางสาวสุวรรณา รุ่งธนาภิรมย์ แผนกวิชา เคมีเทคนิค

ปีการศึกษา 2517

บทคัดย่อ

น้ำส้มที่ใช้ในการศึกษา คือน้ำส้มจากส้มเขียวหวาน (ซิตรัส เรติคูลาตา บลังโก) โดยผ่านความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ80 องศาเซลเซียส เพื่อยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ และเป็นการลดปริมาณจุลินทรีย์ ก่อนผ่านเข้าไปในเครื่องระเหยแบบแผ่นฟิล์มเอียงภายใต้สูญญากาศ เครื่องระเหยนี้ประกอบด้วยส่วนระเหยซึ่งเอียงเป็นมุม 60 องศา กับแนวดิ่ง, เครื่องทำน้ำร้อน, ถังเก็บน้ำส้ม, ถังควบแน่น, ถังเก็บน้ำกลั่น และถังเก็บน้ำส้มเข้มข้น ในส่วนสำหรับระเหย น้ำส้มจะไหลลงบนแผ่นโลหะที่ร้อนซึ่งมีขอบกั้นขวางอยู่ แล้วไหลล้นตามขอบเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ไปบนแผ่นโลหะนั้น ตัวแผ่นโลหะนี้จะต้องเปียกตลอดเวลาเพื่อให้การระเหยเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ข้างใต้แผ่นโลหะจะมีน้ำร้อนไหลผ่านเพื่อทำให้แผ่นโลหะนั้นร้อน ในระหว่างการระเหยอากาศภายในส่วนนี้จะถูกดูดออกด้วยเครื่องดูดเพื่อทำให้เกิดสูญญากาศ น้ำส้มที่เข้มข้นขึ้นจะไหลไปตามแผ่นโลหะไปยังถังเก็บที่ต่ออยู่ตอนปลายของส่วนระเหย ไอน้ำที่ระเหยออกไปจะถูกทำให้ควบแน่น และเก็บไว้ในถังเก็บน้ำกลั่น

ความสัมพันธ์ของอัตราเร็วของน้ำส้มที่ผ่านเข้าในเครื่องระเหยและของน้ำส้มเข้มข้น รวมทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ, ความเอียงของแผ่นโลหะ, อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้, และสูญญากาศที่เกิดขึ้น ได้เขียนขึ้นตามทฤษฎีและแสดงได้ด้วยสมการดังนี้

$$(\Gamma_0^{4/3} - \Gamma_L^{4/3}) = 0.925(Ts - Tv)\left(\frac{\rho^2 k^3 g \cos\theta}{\mu}\right)^{1/3}$$

ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองได้แก่ อัตราเร็วของน้ำส้มที่ผ่านเข้าเครื่องระเหย และอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ ผลการทดลอง ได้หาค่าอัตราส่วนของการระเหย ปริมาณกรด, วิตามินซี, ความเป็นกรดด่าง, ความเข้มข้นของน้ำส้มก่อนและหลังระเหย รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสีและลักษณะของน้ำส้มเข้มข้นด้วย

จากผลการทดลอง ได้แสดงว่าสมการที่เขียนไว้ใช้การได้ อัตราส่วนของการระเหยยังต่ำอยู่ น้ำส้มเข้มข้นที่ได้มีกลิ่นและรสไม่ดี แต่สีดี ปริมาณวิตามินซีวิเคราะห์ไม่ได้เลย การเก็บรักษายังต้องอาศัยสารกันบูดในปริมาณหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงของสี ภายหลังการเก็บมีบ้างเพียงเล็กน้อย แต่มีการแบ่งแยกชั้นของตะกอนเกิดขึ้นด้วย.

Thesis Title Inclined-Film Vacuum Evaporation of Fruit Juices

Name Miss Suwanna Roongtanapirom Department Chemical Technology

Academic Year 1974

ABSTRACT

Juice from Citrus reticulata Blanco was extracted and pre-heated at 80°C to reduce enzyme activity and microorganisms load before feeding to an inclined-film vacuum evaporator. The evaporator consisted of an evaporating chamber which was in an inclined position of 60° from the vertical line, a hot-water heater, a feed tank, two condensers, and two concentrated-juice tanks. In the evaporating chamber, juice was caused to flow onto an inclined heated plate and overflow a wire as thin film along the plate. The heated plate, beneath which hot water circulated by a centrifugal pump, was maintained to be covered with the juice all the time in order to obtain continuous evaporation. Vacuum was also applied by two vacuum pumps during the evaporation. The concentrated juice flowed under gravitational force to the concentrated juice tanks attached to the end of the evaporating chamber, while the water vapor evaporated from the juice passed through the condensers to the condensate tanks.

The relationship between initial and final mass flow-rates, the physical properties of fruit juice, the plate inclination, the

vacuum applied, and the hot-water temperature was derived theoretically and expressed as:

$$(\Gamma_o^{4/3} - \Gamma_L^{4/3}) = 0.925\,(\frac{Ts - Tv}{\lambda})\,(\frac{\rho^2 k^3 g \cos\theta}{\mu})^{1/3}$$

The feed flow rate and the temperatures of hot water used were varied in the experiment. The evaporation ratios were determined. Titratable acidity, vitamin C content, pH, Brix of juice before and after processing were determined. The storage keepability, color, and appearance of concentrated juice were also studied.

The experimental results agreed reasonably well with the theoretically derived equation. The evaporation ratios were rather low. The concentrated-juice developed unacceptable flavor and taste with acceptable color, and the vitamin C content was untitratable. The keepability would be possible with the aid of some preservatives. The precipitation of juice was still found with just noticeable change of color.

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to express sincere thanks to her advisor, Assistant Professor Dr. Kiartchai Santiyanont, for his advice, encouragement, patience, and helpful criticism. She is grateful to the approval committee, particularly to Assistant Professor Dr. Shooshat Barame and Dr. Pong Vananuvat, for their useful suggestions and comments. Thanks also extended to her friends and colleagues for their interest, and to the official staff of the Department of Chemical Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, for their helpful in constructing, checking, rechecking, and repairing the equipment.

She also wishes to acknowledge all those staff of the Library of Science, Ministry of Industry, who made all copy material available.

Above all, she would like to thank the Committee of the Graduate School of Chulalongkorn University for granting her an assistantship which made some part of this study possible.

CONTENTS

Page

Abstract (Thai) iv

Abstract (English) vi

Acknowledgement viii

List of Tables xii

List of Figures xiii

Chapter

I. INTRODUCTION

Concentration of Fruit Juice by Evaporation 1

Purpose and Scope of Study 3

Application of the Present Study 3

II LITERATURE REVIEWS

What is Evaporation 5

Consideration of Fruit Juice and Fruit Juice Concentration 7

Fresh Orange Juice and Orange Beverage 9

The Concentration of Orange Juice and Its Problems 13

Methods of Concentration of Orange Juice 15

Evaporation Ratios/Concentration Ratios 20

The Recovery of Volatile Substances 22

Storage and Stability of Juice Concentrates 24

III THEORETICAL CONSIDERATIONS

Evaporation on an Inclined Heated Plate 26

Chapter Page

IV EXPERIMENTAL EQUIPMENT

An Inclined Evaporator ... 33

Hot-water Heater ... 36

Condensers ... 36

Feed Tank ... 37

Condensate Tanks ... 37

Concentrate-juice Tanks ... 40

Vacuum Pump ... 41

V EXPERIMENTAL CONSIDERATION

Calibration of Flow Meters ... 42

Experimental Variables and Experimental Runs 45

Experimental Procedure ... 48

Experimental Analysis ... 54

Experimental Observations ... 55

Physical Properties Determination ... 60

VI EXPERIMENTAL RESULTS

The Mass Balance ... 66

Evaporation/Concentration Ratio ... 68

The Heat Balance ... 70

Temperature Difference and Heat Transfer Coefficient ... 71

The Mass Flow-rate of Concentrate juice ... 72

Analysis of Juice Before and After Processing ... 72

Chapter		Page
VI	The Characteristics of Concentrate juice	73
	The Storage Test	74
VII	DISCUSSION	
	The Selection of Fruit Juice to be Studied	79
	Some Technical Problems in Equipment Construction	81
	The Experimental Results	81
VIII	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	
	Conclusions	91
	Recommendations	92
References		94
Appendix		98
Vita		xiv

LIST OF TABLES

Table		Page
1.	Analysis of Frosh Citrus roticulata Blanco juice	8
2.	Analysis of Orange Composition	10
3.	Analysis of Marketed Orange juice Beverage Distributed in Thailand	12
4.	Overall Mass Balance	66
5.	Component Mass Balance	67
6.	Evaporation/Concentration Ratio	68
7.	Heat Balance Around the Evaporating Chamber	70
8.	Temperature Differences and Heat Transfer Coefficient of Hot-water	71
9.	Comparison between Experimental Mass Flow-rate and Theoretical Mass Flow-rate of Concentrate Juice	72
10.	Analysis of Juice Before and After Processing	73
11.	The Characteristics of Concentrate Juice	74
12.	The Study of Keeping Quality	75
13.	The Color Observation of Concentrate Juice	76
14.	The Appearance Observation of Concentrate Juice	77
15.	The Appearance and Color Observation of Concentrate Juice at Refrigerated Temperature	78

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1.	Macroscopic Structure of a Halved Orange	9
2.	Evaporation on an Inclined Heated Plate	27
3.	Experimental Equipment	34
4.	The Evaporating Chamber and the Hot-water Heater	35
5.	The Feed Tank, Condensers, and Condensate Tanks	38
6.	The Concentrate-Juice Tanks	38
7.	Calibration of Hot-water Orifice-meter	43
8.	Calibration of Cold-water Orifice-meter	44
9.	Calibration of Feed Rotameter	45
10.	Block Diagram of Experimental Procedure	49
11.	Schematic Diagram of the Experimental Equipment	51
12.	Variation of Density of Fruit juice with Concentration	62
13.	Variation of Viscosity of Fruit juice with Concentration	63
14.	Variation of Specific Heat of Fruit juice with Concentration	64
15.	Calibration of Brix Hydrometer	65
16.	Variation of Evaporation/Concentration Ratio with Feed Flow-rate	69