การอบข้าวโพดโดยวิธีสเปาเตดเบด

004637

นางสาว วารุณี ยงสกุลโรจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2518

i 17350955

CORN DRYING BY SPOUTED-BED TECHNIQUE

MISS WARUNEE YONGSKULROTE

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1975

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ..... ประธานกรรมการ

..... กรรมการ

..... กรรมการ

..... กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ดร. บัญชา อุดมศักดิ์

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การอบข้าวโพดโดยวิธีสเปาเตดเบด
ชื่อ นางสาววารุณี ยงสกุลไรจน์ แผนกวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา 2518

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการที่จะทำให้เมล็ดข้าวโพด ซึ่งมีขนาดเกือบเท่ากัน แต่ขนาดโตเกินกว่าที่จะทำให้เกิดการฟลูอิไดเซชั่น มีการคลุกเคล้ากันโดยทั่วถึง วิธีการนี้เรียกว่า "วิธีสเปาเตดเบด" ซึ่งได้นำมาใช้ในการอบเมล็ดข้าวโพดให้แห้ง

ในการวิจัยนี้ เมล็ดข้าวโพดที่ต้องการอบจะได้รับการบรรจุเข้าไปในคอลัมน์พร้อมกันหมดทีเดียว ไม่ได้ใช้ขบวนการที่มีการป้อนเข้า และไหลออกตลอดเวลา ตัวแปรเปลี่ยนที่ได้ศึกษาประกอบด้วย ความชื้นของเมล็ดข้าวโพดก่อนอบ เวลาที่ใช้ในการอบ และอุณหภูมิของอากาศร้อนที่ใช้อบ ส่วนความสูงของคอลัมน์ที่ใช้ทำการทดลอง เฉพาะส่วนที่มีเมล็ดข้าวโพดบรรจุอยู่ในขบวนการอบนั้นให้อยู่ในระดับคงที่ตลอดทุกการทดลอง

สมการที่แสดงความสัมพันธ์ในการอบเมล็ดข้าวโพดที่ได้จากการวิจัยนี้ คือ

$$\bar{M} = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot X + 0.236\, X^2$$

ในกรณีนี้ $\bar{M} = (\bar{m} - m_s) / (m_o - m_s)$ หรือ คืออัตราส่วนของปริมาณความชื้นที่ระเหยไปได้จริงต่อปริมาณความชื้นที่ควรระเหยไปได้หมด

X คือ $\frac{s}{V}\sqrt{\mathcal{D}\theta}$ ซึ่ง $\frac{s}{V}$ คือ อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของเมล็ดข้าวโพด $\mathcal{D}$ เป็นสัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำในเมล็ดข้าวโพด และ θ คือเวลาที่ใช้ในการอบ

สัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำในเมล็ดข้าวโพดนี้เป็นไปตามสมการแบบของอาร์เรเนียส คือ $\mathcal{D} = \mathcal{D}_o \exp\left(\frac{-E}{\mathcal{R}T}\right)$

ซึ่ง $\mathcal{D}_o = 4080\ cm^2/sec$ และ $E = 13.93$ kcal/mole

ในการวิจัยนี้ ยังได้หาค่าของ m_s ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นที่ผิวของเมล็ดข้าวโพด ซึ่งมีค่าคงที่เสมอที่แต่ละอุณหภูมิ และความชื้นสัมพันธ์ จากการทดลอง m_s มีค่า 0.1518 กรัม ต่อน้ำหนักหนึ่งกรัมของเมล็ดข้าวโพดแห้ง ที่อุณหภูมิ 40–45^{0} เซนติเกรด และที่ความชื้นสัมพันธ์ 70%

สมการที่แสดงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่ได้จากการวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาอัตราการอบ และพลังงานความร้อนที่ต้องการใช้สำหรับการอบโดยวิธีสเปาเตดเบดนี้

Thesis Title Corn Drying by Spouted-Bed Technique

Name Miss Warunee Yongskulrote

Department of Industrial Engineering

Academic Year 1975

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ABSTRACT

A study was made of the use of spouted-bed technique which can be used to agitate solids that are too coarse and uniform in size to be fluidized satisfactorily. This spouted-bed method has been applied to the drying of shelled corn in a batch process.

The following variables have been studied on the experimental scale: feed moisture content, residence time, and drying air temperature. The bed depth was kept constant throughout the experiments.

The drying equation is shown to be

$$\bar{M} = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} X + 0.236 X^2$$

where $\bar{M} = (\bar{m} - m_s) / (m_o - m_s)$ is the average reduced free moisture content of the dryer product,

$X = \frac{S}{V} \sqrt{\mathcal{D}\theta}$, $\frac{S}{V}$ is the particle surface-to-volume ratio, $\mathcal{D}$ is the diffusion coefficient, and θ is the residence time in the drying bed.

The diffusion coefficient is the Arrhenius-type function of temperature given by $\mathcal{D} = \mathcal{D}_o . \exp(\frac{-E}{\mathcal{R}T})$

where $\mathcal{D}_o$ = 4080 cm^2/sec and E = 13.93 kcal/mole.

The effective surface moisture content (m_s) at relative air humidities of about 70 per cent and corn temperatures of about 40-45°C is constant and equals to 0.1518 gm/gm dry basis.

The correlations presented facilitate the prediction of drying rates and energy requirements of operations for spouted shelled corn dryer.

To my parents

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to acknowledge her indebtedness to her advisor, Dr. Bancha Udomsakdi of the Applied Scientific Research Corporation of Thailand, who stimulated her interest in the project and taught her much of what she knows.

The author owes a real debt of gratitude to Dr. Pol Sakethong of the Chemical Technology Department, Chulalongkorn University, who gave helpful suggestions in using the experimental equipment.

Appreciation is also extended to Mr. Amphon Senanarong, Miss Kesara Bhuntumkomol, and Miss Sumalai Srikumlaithong for helping in many ways to facilitate the completion of this thesis.

The author also wishes to express her thanks to Chulalongkorn University Graduate School for granting her partial financial support to conduct this research.

Many instruments were borrowed from the Chemical Technology Department of Chulalongkorn University, the Civil Engineering Departments of Chulalongkorn University and Kasetsart University, the Chemistry and Biology Departments of Ramkhamhaeng University, and the Field Crop Division of the Agricultural Department, Ministry of Agriculture and Cooperative. This help is acknowledged with gratitude.

Finally the author must acknowledge Mr. Prasop Syprasopsuk who typed this thesis.

TABLE OF CONTENTS

Page

THAI ABSTRACT..... iv

ENGLISH ABSTRACT..... vi

ACKNOWLEDGEMENTS..... ix

TABLE OF CONTENTS..... x

LIST OF TABLES..... xiii

LIST OF FIGURES..... xiv

CHAPTER

I INTRODUCTION..... 1

1.1 Purpose and Scope of Research..... 4

1.2 Advantages..... 5

1.3 Plan of Investigation..... 5

II THEORY..... 7

2.1 Spouted-Bed Technique..... 7

2.1.1 Conditions Necessary for spouting... 7

2.1.2 Pressure Drop..... 9

2.1.3 Minimum Spouting Velocity..... 14

2.1.4 Maximum Spoutable Bed Depth..... 14

2.1.5 Flow Pattern of Gas..... 17

2.1.6 Flow Pattern of Solids..... 18

2.1.7 Cycle Time..... 20

2.2 Mathematical Derivation of Diffusion Drying..... 21

CHAPTER		Page
III	EXPERIMENTAL	32
	3.1 Raw Material	32
	3.2 Apparatus	32
	3.2.1 The Dryer	32
	3.2.2 Temperature Controller	36
	3.2.3 Thermo-Hydrograph	37
	3.2.4 Sampling Tool	37
	3.2.5 Oven	37
	3.2.6 Balances	37
	3.2.7 Moisture Tester	37
	3.3 Physical Methods of Anlysis	41
	3.3.1 Sieve Analysis	41
	3.3.2 Moisture Determination	41
	3.4 Experimental Procedures	42
	3.4.1 Start-Up Procedure	42
	3.4.2 Experimentation	42
IV	EXPERIMENTAL DATA	45
	4.1 Screen Analysis	45
	4.2 Drying Analysis	45
V	RESULT	48
VI	DISCUSSION	52
	6.1 Equipment and Experimentation	52
	6.2 Result	53

CHAPTER Page

VII CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS..... 55

7.1 Conclusion..... 55

7.2 Recommendations..... 56

REFERENCES..... 57

BIBLIOGRAPHY..... 60

APPENDICES

APPENDIX

A Nomenclature..... 63

B Calculation..... 66

C The Practical Use of the Drying Equation..... 83

D Calibration Curve of Rotameter..... 87

VITA..... 88

LIST OF TABLES

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

Table		Page
B-1	Calculation of k at 40°C	70
B-2	Calculation of k at 45°C	71
B-3	Calculation of k at 50°C	72
B-4	Values of k_o and b obtained from Figures B1-B3	76
B-5	Dynamic surface moisture contents in the spouted-bed drying of corn	79
B-6	Diffusion coefficients in the spouted-bed drying of corn	80
B-7	Diffusion constants in the spouted-bed drying	82

LIST OF FIGURES

Figure — Page

1.1 The trend of corn export from year 1953 to 1972..... 2

1.2 View of drying and cooling sections of a Randolph grain dryer. 3

1.3 Cutaway view of Campbell dryer..... 3

1.4 View of Aridaire grain dryer in which the air passes through grain on a continuous belt..... 3

2.1 Schematic diagram of a spouted bed..... 8

2.2 Pressure drop in spouted beds versus air flow rate..... 10

2.3 Pressure drop versus air flow rate..... 12

2.4 Phase diagram for - 20+35 mesh Ottawa sand..... 15

2.5 Air distribution in spouted wheat beds..... 16

2.6 Radial profiles of upwards particle velocity in a spouted wheat bed..... 16

2.7 Radial profiles of upwards particle velocity in the spout..... 19

2.8 Solid and air flows in a spouted bed..... 19

2.9 Section of a sphere in which mass transfer is occurring by unsteady-state molecular diffusion..... 21

3.1 The dryer..... 33

3.2 Schematic drawing of the apparatus..... 34

3.3 Drawing of the spouting column..... 35

3.4 Thermo-hydrograph..... 38

3.5 Sampling tool..... 39

3.6 Electric moisture tester..... 40

3.7 Experimental scheme..... 43

Figure Page

B-1 $k=(m_o-\bar{m})/\sqrt{\theta}$ as a function of θ and m_o for the spouted-bed drying of corn at 40°C.....73

B-2 $k=(m_o-\bar{m})/\sqrt{\theta}$ as a function of θ and m_o for the spouted-bed drying of corn at 45°C.....74

B-3 $k=(m_o-\bar{m})/\sqrt{\theta}$ as a function of θ and m_o for the spouted-bed drying of corn at 50°C.....75

B-4 The intercept k_o as a function of initial moisture content and temperature.....77

B-5 The slope b as a function of initial moisture content and temperature.....78

B-6 The diffusion coefficient as a function of the reciprocal of the absolute temperature.....81