การศึกษาเครื่องอบแห้งข้าวโพดแบบกระบะชนิดเมล็ดไหลหมุนเวียน

นาย วรพงษ์ นาคฉัตรีย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532

ISBN 974-569-975-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

013692

i 10301963

A STUDY OF A RECIRCULATING BATCH CORN DRYER

Mr. Worapong Nakchatree

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-569-975-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเครื่องอบแห้งแบบกระบะชนิดเมล็ดไหลหมุนเวียน

โดย นาย วรพงษ์ นาคฉัตรีย์

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร.มานิจ ทองประเสริฐ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชาญชัย ลิมปิยากร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมศรี จงรุ่งเรือง)

..... กรรมการ

(อาจารย์ สุวิทย์ บุญยวานิชกุล)

วรพงษ์ นาคฉัตรีย์ : การศึกษาเครื่องอบแห้งข้าวโพดแบบกระบะขนิดเมล็ดไหลหมุนเวียน (A STUDY OF A RECIRCULATING BATCH CORN DRYER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.มานิล ทองประเสริฐ, 116 หน้า.

เครื่องอบแห้งข้าวโพดแบบกระบะขนิดเมล็ดไหลหมุนเวียน เป็นเครื่องอบแห้งที่สามารถจะแก้ปัญหาเรื่องความชื้นที่แตกต่างกันมากในเครื่องอบแห้งแบบกระบะธรรมดา การศึกษาเครื่องอบแห้งข้าวโพดแบบกระบะขนิดเมล็ดไหลหมุนเวียนนี้ ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ของเครื่องอบแห้ง ฯ เพื่อศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่สำคัญในการอบแห้งและการทดลองอบแห้งข้าวโพดกับเครื่องอบแห้งข้าวโพดแบบกระบะขนิดเมล็ดไหลหมุนเวียน เพื่อทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองแบบ ฯ กับผลจากการทดลอง

ผลจากการจำลองแบบ ฯ พบว่าตัวแปรที่สำคัญในการอบแห้งมีดังนี้ ก) อุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง สำหรับค่าอุณหภูมิของลมร้อนนี้ถ้ามีค่าสูงจะทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งน้อย แต่ในการอบแห้งไม่ควรให้อุณหภูมิสูงเกิน 185 องศาฟาเรนไฮท์สำหรับการอบแห้งข้าวโพดสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ ข) อัตราการไหลของอากาศ ถ้าใช้อัตราไหลของอากาศสูงก็จะทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งน้อย ค) ความชื้นเริ่มต้นของข้าวโพด ควรจะทำการอบแห้งข้าวโพดที่มีความชื้นไม่สูงมากนัก เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ถ้าความชื้นเริ่มต้นของข้าวโพดมีค่าสูงก็จะให้ต้องใช้เวลาในการอบแห้งมาก ง) ความหนาของกระบะข้าวโพด ถ้าความหนากระบะมีค่าน้อยจะทำให้ปริมาณความจุของตู้อบแห้งน้อยลง ทำให้อบแห้งข้าวโพดได้ปริมาณที่น้อยลง แต่จะทำให้เวลาที่ใช้ในการอบแห้งใช้น้อยลงด้วย จ) ระยะเวลาของการอบแห้งต่อ 1 รอบ ควรให้ระยะเวลาของการอบแห้งต่อ 1 รอบใช้เวลาน้อยที่สุด เพื่อให้เมล็ดข้าวโพดมีการผสมผสานกันอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะทำให้ความแตกต่างของค่าความชื้นของข้าวโพดมีค่าน้อยลง

ผลจากการเปรียบเทียบการจำลองแบบ ฯ กับการทดลองอบแห้ง พบว่าค่าความชื้นของข้าวโพดที่เวลาใด ๆ , อัตราการลดความชื้น อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากตู้อบแห้ง และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมดมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นพบว่าส่วนใหญ่จะเกิดจากการสูญเสียความร้อนเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นยังเกิดจากการเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดไม่เพียงพอและความผิดพลาดจากผู้ทำการวัดเอง

จากผลการทดลองพบว่าการสูญเสียความร้อนเป็นสาเหตุสำคัญที่จะทำให้ผลการจำลองแบบ ฯ คลาดเคลื่อนไปจากผลการทดลอง ซึ่งอาจจะแก้ปัญหานี้ได้โดยหุ้มฉนวนกันความร้อน และให้มีการไหลหมุนเวียนของเมล็ดเกิดขึ้นภายในตู้อบแห้งเลย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต วรพงษ์ นาคฉัตรีย์

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา มานิล ทองประเสริฐ

WORAPONG NAKCHATREE : A STUDY OF A RECIRCULATING BATCH CORN DRYER
THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.MANIT THONGPRASERT, Ph.D., 116 pp.

A recirculating batch corn dryer can solve much more different moisture content of corn in ordinary batch dryer. A study of this dryer was classified into two parts. One is a mathematical simulation of dryer in order to find suitable design variable of this corn drying. Another one is the experimentationon dryer in order to compare result of experimentation against with result of simulation.

The result of the mathematical simulation was achieved that significant variable in corn dryingare as follows : a) temperature of hot air for corn drying should be high temperature so that using the least drying time but not over 185°F for feedstuff.b) Air flow rate for corn drying, if it is higher, drying time will be less. c) initial moisture content should not be too high for time and energy saving. If initial moisture contentis higher, drying time is more. d) Batch thickness. If it is thiner, capacity of dryer is less and drying time is less too. e) Period of drying per cycle should have a short time so as to mix corn smoothly and the difference of moisture content of corn will be decreased.

The result of the simulation and the experiment are compared and achieved that moisture content of corn at any time, rate of decreasing of moisture content, outlet air temperture from dryer and drying time were much different. The most of error was happend by heat lost and some minor error by technicians.

The result of the experimentation has been found that heatlost is the only one important aspect which was made the result of the simulation deviate from the result of the experimentation. This solving method will be done by covering heat insulator and the circulation of corn should be circulated inside the dryer itself.

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ก็ด้วยความช่วยเหลือและการให้คำปรึกษาเป็นอย่างดียิ่งของท่านอาจารย์หลายท่าน ๆ ด้วยกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ. ดร. มานิจ ทองประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยดีตลอดมา

นอกจากนี้ คุณพ่อและคุณแม่ ก็ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งด้านการอุดหนุนด้านการเรียน และกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งเพื่อน ๆ ทุก ๆ คนก็ได้ให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ท่านอาจารย์ และเพื่อน ๆ มา ณ. ที่นี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญภาพ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
คำอธิบายสัญญาลักษณ์และคำย่อ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ .....
1.1 การลดปริมาณความชื้นเมล็ดข้าวโพด 1
1.2 การลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบกระบะสถิต 2
1.3 อุณหภูมิวิกฤติของเมล็ดพืช 3
1.4 ความชื้นของเมล็ดพืชที่ปลอดภัย 4
1.5 การวัดความชื้นของเมล็ดพืช 5
1.6 วัตถุประสงค์ของการดำเนินวิจัย 6
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
1.8 การสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมา 6
1.9 ขอบเขตของการวิจัย 8
บทที่ 2 ทฤษฎี .....
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการอบแห้ง 9
2.2 สมการการอบแห้งทางทฤษฎี 11
2.3 สมการการอบแห้งกึ่งทฤษฎี 14
2.4 สมการการอบแห้งจากการทดลอง 14
2.5 ค่าความชื้นสมดุลย์ 15
2.6 กระบวนการการอบแห้ง 17
2.7 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องอบแห้ง ฯ 18
2.8 การพิจารณาสมการทางคณิตศาสตร์ของกระบะเมล็ดพืช 22
2.9 การแก้ปัญหาสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำลองแบบ ฯ 26

หน้า

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย .....
3.1 การจำลองทางคณิตศาสตร์ของตู้อบแห้งข้าวโพด 29
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 29
3.3 รายละเอียดเกี่ยวกับส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้ง ฯ 30
3.4 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลองและเก็บข้อมูล 38
3.5 รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องมือวัด 38
3.6 วิธีทำการทดลอง 40
บทที่ 4 ผลการทดลอง .....
4.1 ผลการทดลองโดยใช้เครื่องอบแห้ง ฯ 42
4.2 ผลของการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ 42
4.3 การเปรียบเทียบผลของการทดลองกับผลของการจำลองแบบ ฯ 43
4.4 ผลของการศึกษาตัวแปรที่สำคัญต่อการอบแห้ง ฯ 49
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....
5.1 สรุปผลการวิจัย 60
5.2 ข้อเสนอแนะ 63

เอกสารอ้างอิง 64

ภาคผนวก ก. 66
ภาคผนวก ข. 93
ภาคผนวก ค. 108
ภาคผนวก ง. 112
ภาคผนวก จ. 115
ประวัติผู้เขียน 116

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงอุณหภูมิวิกฤติของข้าวโพด	3
1.2	แสดงอุณหภูมิวิกฤติของเมล็ดพันธ์เป็นฟังก์ชั่นของความชื้นสัมพัทธ์	4
1.3	แสดงความชื้นในระหว่างเก็บเกี่ยวและสำหรับการเก็บรักษาที่ปลอดภัย	5

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

2-1 แสดงช่วงของการอบแห้ง 9

2-2 แสดงช่วงของการอบแห้งที่ความเร็วลดลง 10

2-3 แสดงเส้นโค้งความชื้นสมดุลย์ 16

2-4 แสดงกราฟความชื้นสมดุลย์ของเมล็ดข้าวโพด 17

2-5 แสดงกระบวนการอบแห้งของเมล็ดพืชบน Psychrometric chart 18

2-6 แสดงลักษณะของเครื่องอบแห้งแบบกระบะชนิดเมล็ดไหลหมุนเวียน 18

2-7 แสดงลักษณะ column ย่อยของ column ของการอบแห้ง 19

2-8 แสดงการเคลื่อนที่กระบะของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง 20

2-9 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่ผ่านชั้นบางของกระบะ 20

2-10 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกระบะเมล็ดพืชเมื่อเวลาผ่านไป 21

2-11 แสดงการพิจารณาสมการทางคณิตศาสตร์ของกระบะเมล็ดพืช 22

2-12 แผนผังแสดงการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 28

3-1ก. ภาพด้านหน้าของเครื่องอบแห้งข้าวโพด 31

3-1ข. ภาพด้านข้างของเครื่องอบแห้งข้าวโพด 32

3-2 ภาพเตาเผาเชื้อเพลิง 34

3-3 ภาพแสดงการเคลื่อนที่ของอากาศที่เข้าและออก heat exchanger 35

3-4 heat exchanger 36

3-5 เครื่องขนย้ายแบบกระพ้อยก 37

3-6 screw conveyor 39

4-1 แสดงค่าความชื้นของแต่ละชั้นความสูงที่ชั่วโมงการอบแห้งต่าง ๆ 44

4-2 แสดงค่าความชื้นที่เวลาใด ๆ จากการจำลองแบบ ฯ และการทดลอง 45

4-3 แสดงอัตราการลดความชื้นในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ จากการจำลองแบบ ฯ และการทดลอง 47

4-4 แสดงเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการอบแห้ง จากการจำลองแบบ ฯ และการทดลอง 48

4-5 แสดงอุณหภูมิอากาศที่ออกจากตู้อบแห้ง จากการจำลองแบบ ฯ และการทดลอง 50

4-6 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง 52

4-7 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นของอากาศ 53

4-8 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นเริ่มต้นของข้าวโพด 54

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

4-9 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราไหลของอากาศ 55

4-10 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาของการอบแห้งต่อ 1 รอบ 57

ความหมายของสัญญาลักษณ์

G_a : อัตราการไหลของอากาศ (air flow rate),lb dry air per (hr)(sq.ft)

G_p : อัตราการไหลของเมล็ดพืช (product flow rate),lb per (hr)(sq.ft)

M : ค่าความชื้นของเมล็ดพืช (moisture content),dry basis (decimal)

M_{eq} : ค่าความชื้นสมดุลย์ (equillibrium moisture content),dry basis (decimal)

MR : อัตราส่วนความชื้นของเมล็ดพืช = $(M-M_{eq})/(M_{in}-M_{eq})$

RH : ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (relative humidity)

T : อุณหภูมิของอากาศ (air temperature),°F

V_a : ความเร็วของอากาศ (air velocity),ft per hr

V_p : ความเร็วของเมล็ดพืช (product velocity),ft per hr

W : อัตราส่วนความชื้นของอากาศ (humidity raito of air)

a : พื้นที่ผิวของเมล็ดต่อ 1 หน่วยปริมาตรของกระบะ (particle surface area per unit bed volume),sq.ft per cu.ft

c_a : ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ (specific heat of dry air),Btu per (lb)(°F)

c_p : ค่าความร้อนจำเพาะของเมล็ดพืช (specific heat of dry grain),Btu per (lb)(°F)

c_v : ค่าความร้อนจำเพาะของไอน้ำ (specific heat of water vapor),Btu per (lb)(°F)

c_w : ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (specific heat of liquid water),Btu per (lb)(°F)

h_a : ค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนของอากาศ (convective heat transfer coefficient of air),Btu per (sq.ft)(°F)(hr)

h_{fg} : ค่าความร้อนแฝงในการทำให้น้ำระเหย (latent heat of evaporation),Btu per lb

k : ค่าคงที่ของการอบแห้ง ,sec^{-1}

t : เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ,hr

x : แกนในแนวนอน ,ft

y : แกนในแนวตั้ง ,ft

ความหมายของสัญญาลักษณ์ (ต่อ)

ϵ : ความพรุนระหว่างเมล็ด (bed porosity),decimal

ρ_a : ค่าความหนาแน่นของอากาศ (density of dry air),lb. dry air per cu.ft

ρ_p : ค่าความหนาแน่นของกองเมล็ดพืช (bulk density of product), lb of dry product per cu. ft

θ : อุณหภูมิของเมล็ดพืช (product temperature),°F