หน้า 17, 18 สลับกัน.

การอบแห้งข้าวนึ่งในฟลูอิไดซ์เบดโดยใช้พลังงานความร้อนจากเตาเผาไหม้แกลบแบบฟลูอิไดซ์เบด

นายลือชัย ธรรมวินัยสถิต

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2530

ISBN 974-567-510-5

FLUIDIZED-BED DRYING OF PARBOILED RICE USING ENERGY FROM RICE HULL FLUIDIZED-BED COMBUSTOR

Mr. Luechai Thamvinaistit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1987

ISBN 974-567-510-5

Thesis Title	Fluidized-Bed Drying of Parboiled Rice Using Energy from Rice Hull Fluidized-Bed Combustor
By	Mr. Luechai Thamvinaistit
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Phol Sagetong, Ph.D.
Thesis Coadvisor	Associate Professor Kroekchai Sukanjanajtee, Ph.D.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.

Thavorn Vajrabhaya

.... Dean of Graduate School

(Professor Thavorn Vajarabhaya, Ph.D.)

Thesis Committee

.... Chairman

(Assistant Professor Chairit Satayaprasert, Dr.Ing.)

Phol Sagetong

.... Thesis Advisor

(Associate Professor Phol Sagetong, Ph.D.)

K. Sukanjajtee

.... Thesis Coadvisor

(Associate Professor Kroekchai Sukanjanajtee, Ph.D.)

Woraphat Arthayukti

.... Member

(Associate Professor Woraphat Arthayukti, Dr.Ing.)

Wiwut Tanthapanichakoon

.... Member

(Associate Professor Wiwut Tanthapanichakoon, Ph.D.)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การอบแห้งข้าวนึ่งในฟลูอิไดซ์เบดโดยใช้พลังงานความร้อนจากเตาเผาไหม้แกลบแบบฟลูอิไดซ์เบด
ชื่อนิสิต	นายลือชัย ธรรมวินัยสถิต
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. พล สาเกทอง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. เกริกชัย สุกาญจนัจที
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2529

บทคัดย่อ

การอบแห้งข้าวนึ่งในฟลูอิไดซ์เบดโดยใช้พลังงานความร้อนจากเตาเผาไหม้แกลบแบบฟลูอิไดซ์เบดนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการรวมระบบการอบแห้งข้าวนึ่งที่อาศัยเทคนิคทางฟลูอิไดซ์เบดกับระบบการผลิตความร้อนจากเตาเผาไหม้แกลบแบบฟลูอิไดซ์เบด โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเอาแกลบที่ได้จากการสีข้าวนึ่งกลับมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนในการอบแห้งข้าวนึ่ง

จากการทดลองเผาไหม้แกลบในคอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร อัตราการป้อนแกลบ 2,825 กรัมต่อชั่วโมง และป้อนอากาศ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง แล้วนำพลังงานความร้อนไปใช้ร่วมกับอากาศร้อน 170 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่มาจากเครื่องอุ่นอากาศสำหรับการอบแห้งข้าวนึ่งในเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด ขนาดกว้าง 6 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร ด้วยอัตราการป้อนข้าวนึ่ง 6.5 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อชั่วโมง โดยปรับอุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่เครื่องอบแห้งที่ 120, 130, 140 และ 150 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่ละอุณหภูมิปรับความสูงของเบดเป็น 3, 3.5, 4 และ 4.5 เซนติเมตร ตามลำดับ พบว่า เตาเผาไหม้แกลบนี้สามารถให้พลังงานกับเครื่องอบแห้งได้ประมาณร้อยละ 50-55 ปริมาณแกลบที่คำนวณได้จากปริมาณข้าวนึ่งถ้านำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนได้ร้อยละ 66 ของความร้อนจากเตาเผาไหม้ ประสิทธิภาพรวมของการอบแห้งเป็นร้อยละ 7-11 ในการอบแห้งช่วงแรก และร้อยละ 2-4 ในการอบแห้งช่วงที่สอง ความร้อนส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 90 สูญเสียไปกับอากาศร้อนที่ออกจากคอลัมน์

Thesis Title Fluidized-Bed Drying of Parboiled Rice Using Energy from Rice Hull Fluidized-Bed Combustor

Name Mr. Luechai Thamvinaistit

Thesis Advisor Associate Professor Phol Sagetong, Ph.D.

Thesis Coadvisor Associate Professor Kroechai Sukanjanajtee, Ph.D.

Department Chemical Engineering

Academic Year 1986

ABSTRACT

In the study on Fluidized-Bed Drying of Parboiled Rice Using Energy from Rice Hull Fluidized-Bed Combustor; the fluidized-bed drying system was combined with the fluidized-bed combustor in order to use rice husk from the milling yield of parboiled paddy as a source of energy in parboiled rice fluidized-bed dryer.

From the experiments, rice husk was combusted in a 15 cm column at rice husk feed rate of 2,825 g/hr and air feed rate of 30 Nm^3/hr. Hot flue gas from the combustor together with hot air from the air heater of 170 Nm^3/hr was used for drying of parboiled paddy in the fluidized-bed dryer of 6 cm width and 60 cm length with the parboiled paddy feed rate of 6.5 kg/hr. The temperature of inlet air to the dryer was set at 120, 130, 140, and 150 $^{\circ}C$ respectively. The height of bed of parboiled paddy was set at 3, 3.5, 4 and 4.5 cm respectively for each temperature. It was found that heat from the combustor was able to supply approximately about 50-55 % of heat required to dryer. Rice husk from parboiled paddy could generate only 66 % of energy from the combustor. The overall efficiency of drying was 7-11 % for the first stage drying and 2-4 % for the second stage drying. The major heat, about 90 %, was lost with air from the drying column.

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to express his gratitude to his advisors, Associate Professor Phol Sagetong and Associate Professor Kroekchai Sukanjanajtee, for their help and many valuable suggestions. Special thank is due to Assistant Professor Chairit Satayaprasert, Associate Professor Woraphat Arthayukti and Associate Professor Wiwut Tanthapanichakoon as chairman and members respectively of the committee whose criticisms and comments have been espectially helpful.

His sincere thanks also due to Miss Ketsanee Rangsikosai for completely printing this thesis and Mr. Sung Chomchuen, Laboratory staff of the Department of Chemical Technology, Chulalongkorn University, for his part in the equipment construction and installation. He also wishes to thank Miss Anchaleeporn Waritswat and his friends for their helpful facilities.

Finally, he would like to thank his parents for their patience, support and encouragement over many years of his studying.

CONTENTS

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

Figure Page

NOMENCLATURE

A_c	=	Cross-sectional area of tube or bed, m^2
A_s	=	Surface area of bed, m^2
A_t	=	Cross-sectional area of tube or bed, m^2
C	=	Empirical constant of Eq. (9), dimensionless
c_{pg}	=	Heat capacity of air, Joule/kg K
d_p	=	Diameter of sphere having the volume of the paddy, m
E_m	=	Void fraction in a random packed bed, dimensionless
E_{mf}	=	Void fraction in a bed at minimum fluidizing
g	=	Acceleration of gravity, 9.80 m/sec^2
g_c	=	Conversion factor, 980 gm.cm/(gm-wt)$(sec)^2$
h_p	=	Heat transfer coefficient between hot air and particles, Joule-sec.m^2.K
L	=	Height of fixed bed, cm
L_{mf}	=	Height of bed at minimum fluidizing conditions, cm
m	=	Empirical constant of Eq. (9), dimensionless
M	=	Moisture content (dry basis), %
M_d	=	Mass of dry material, kg
Nu_p	=	$h_p d_p / k_g$, Nusselt number for hot air parboiled paddy heat transfer, dimensionless
Δp	=	Pressure drop across bed, cm.H_2O
Q_H	=	Rate of heat transfer, Joule/sec
Q_o	=	The volumetric flow rate of air, m^3/sec
R	=	dM/dt, rate of drying, gm.H_2O evaporated/gm.dry
Re	=	Reynolds number, dimensionless
Re_p	=	$d_p U_o \rho_g / \mu_g$ parboiled paddy Reynolds number, dimensionless
R_w	=	Rate of drying; gm.H_2O/hr.kg dry solid

t	=	Drying time, min
T_{ab}	=	Temperature of air in bed, °C
T_{ai}	=	Temperature of air inlet, °C
U_o	=	Superficial air velocity through a bed of parboiled paddy, m/sec
u_o	=	Velocity of particle, m/sec
W	=	Weight of bed, kg
W_d	=	Moisture-content (dry basis), %
W_w	=	Moisture-content (wet basis), %
ρ_p	=	Density of paddy, kg/m³
ρ_a	=	Density of air, kg/m³
ϕ_p	=	Sphericity of paddy, kg/m³
μ_a	=	Viscosity of air, kg/m.sec
θ	=	Total drying time, hr