

ผลของการอบแห้งแบบ 2 ขั้นตอน และอุณหภูมิในการเก็บต่อปริมาณสารหอม  
2-อะเซทิล-1-พิโรลีน และคุณภาพการสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105  
*Oryza sativa* L.



นางสาวธัญญารัตน์ เตชทรัพย์อมร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร  
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ISBN 974-14-3438-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF TWO-STAGE DRYING AND STORAGE TEMPERATURES ON  
AROMA COMPOUND 2-ACETYL-1-PYRROLINE AND MILLING  
QUALITY OF KHAO DAWK MALI 105 *Oryza sativa* L.



Ms. Thunyarat Taechasubamorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

ISBN 974-14-3438-3

Copyright of Chulalongkorn University

**490282**

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของการอบแห้งแบบ 2 ชั้นตอน และอุณหภูมิในการเก็บต่อ ปริมาณสารหอม 2-อะเซทิล-1-ฟีโรลีน และคุณภาพการสีของ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 *Oryza sativa* L.

โดย

นางสาวธัญญารัตน์ เตชทรัพย์อมร

สาขาวิชา

เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร. ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล

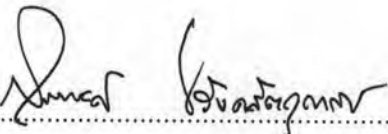
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ

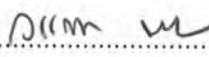
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

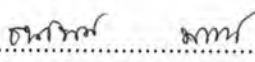
  
..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมณะเสวต)

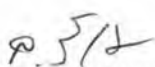
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคส์ตฤศาสน์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์ ดร. ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยธัญ)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. ธนจันทร์ มหาวณิช)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. ละมุล วิเศษ)

ธัญญารัตน์ เตชทรัพย์อมร : ผลของการอบแห้งแบบ 2 ชั้นตอน และอุณหภูมิในการเก็บ  
ต่อปริมาณสารหอม 2-อะเซทิล-1-พีโรลีน และคุณภาพการสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105  
*Oryza sativa* L. (EFFECTS OF TWO-STAGE DRYING AND STORAGE  
TEMPERATURES ON AROMA COMPOUND 2-ACETYL-1-PYRROLINE AND  
MILLING QUALITY OF KHAO DAWK MALI 105 *Oryza sativa* L.) อ.ที่ปรึกษา : อ.  
ดร.ชาลิดา บรมพิชัยชาติกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.วรรณดา ตูลยธัญ, 126 หน้า. ISBN  
974-14-3438-3.

งานวิจัยนี้เป็นการอบแห้งแบบ 2 ชั้นตอน โดยนำเอาเทคนิคฟลูอิดเซชันมาใช้ร่วมกับการอบแห้งใน  
โรงเก็บ เพื่อติดตามผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ภายหลังจากการอบแห้ง โดยแบ่ง  
การวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคฟลูอิดเซชันจาก  
ความชื้นเริ่มต้น 35% dry basis (db) ลดลงเป็น 23-25% db สำหรับอุณหภูมิในการอบแห้งที่ 100 115 125  
135 และ 150 °C ต้องใช้เวลาในการอบแห้ง 4 นาที 40 วินาที 3 นาที 25 วินาที 3 นาที 5 วินาที 2 นาที 35 วินาที  
และ 2 นาที 15 วินาทีตามลำดับ ต่อจากนั้นนำตัวอย่างข้าวเปลือกไปอบแห้งในโรงเก็บโดยใช้ภาวะแวดล้อม  
จนกระทั่งความชื้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 14-15% db ใช้เวลา 2-3 วันในช่วงที่สอง

การศึกษาในส่วนที่ 2 ศึกษาผลการอบแห้งแบบ 2 ชั้นตอนต่อคุณภาพของข้าว พบว่าอุณหภูมิในการ  
อบแห้งที่ต่างกันส่งผลให้ water activity ( $a_w$ ) ความชื้น เปอร์เซ็นต์ข้าวตัน ดัชนีความขาวของข้าวสาร ความ  
เหลืองของข้าวสาร และปริมาณ 2AP แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ  
สูงขึ้นไปให้เปอร์เซ็นต์ข้าวตัน ความเหลืองของข้าวสารเพิ่มขึ้น แต่ไม่สามารถช่วยรักษาในเรื่องดัชนีความขาว  
ของข้าวสารและปริมาณ 2AP ไว้ได้ และเมื่อนำตัวอย่างข้าวสารไปส่องด้วยเครื่อง Scanning Electron  
Microscopy (SEM) พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นไปทำให้เกิดแป้งที่บริเวณขอบของเมล็ดข้าวเกิดการหลอม  
เพิ่มขึ้นและเกิดเจลาตินในซึบข้างส่วนเพิ่มขึ้น โครงสร้างจัดเรียงตัวกันแน่นขึ้น ส่งผลให้ข้าวมีความแข็งแรงทนต่อ  
แรงกระแทกในการสีได้ดี

การศึกษาในส่วนที่ 3 ศึกษาผลของการเก็บรักษาข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งต่อคุณภาพข้าวเป็นเวลา  
6 เดือน พบว่าการเก็บรักษาข้าวนานขึ้นส่งผลให้ ดัชนีความขาวของข้าวสารและปริมาณ 2AP ลดลงอย่างมี  
นัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน ความเหลืองของข้าวสารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  
( $p \leq 0.05$ ) สำหรับผลของอุณหภูมิในการอบแห้ง พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นไปให้เปอร์เซ็นต์ข้าวตัน ความ  
เหลืองของข้าวสารเพิ่มขึ้น ดัชนีความขาวของข้าวสารและปริมาณ 2AP ลดลงและเมื่อแปรค่าอุณหภูมิในการเก็บ  
รักษาข้าวเปลือกที่ 15 °C และอุณหภูมิห้อง (28-30 °C) พบว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพของ  
ข้าว โดยการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ดัชนีความขาวของข้าวสารและปริมาณ 2AP ลดลงในขณะที่  
เปอร์เซ็นต์ข้าวตัน และความเหลืองของข้าวสารเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อเทียบกับการเก็บรักษาไว้ที่ 15 °C

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่อนิสิต.....ธัญญารัตน์ เตชทรัพย์อมร.....  
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....ชาลิดา บรมพิชัยชาติกุล.....  
ปีการศึกษา.....2549..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....ฉลิมา นน.....

## 4672537223 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY  
 KEY WORD : FLUIDISED BED / SHADE DRY / KHAO DAWK MALI 105 /  
 2-ACETYL-1-PYRROLINE / STORAGE

THUNYARAT TAECHASUBAMORN : EFFECTS OF TWO-STAGE DRYING AND STORAGE TEMPERATURES ON AROMA COMPOUND 2-ACETYL-1-PYRROLINE AND MILLING QUALITY OF KHAO DAWK MALI 105 *Oryza sativa* L. THESIS ADVISOR : CHALEEDA BOROMPICHAICHARTKUL, Ph.D., THESIS COADVISOR : ASSOC.PROF. VANNA TULYATHAN, Ph.D., 126 pp. ISBN 974-14-3438-3.

Effects of two-stage drying and storage temperatures on 2AP and milling quality of Khao Dawk Mali 105 were investigated in this research. The study was divided into three parts. In the first part, paddy was dried under fluidised bed dryer using hot air temperatures of 100, 115, 125, 135 and 150°C, the suitable drying time for the first stage drying was 4 min 40 sec, 3 min 25 sec, 3 min 5 sec, 2 min 35 sec and 2 min 15 sec, respectively to reduce moisture content from 35% db to 23-25% db. The second stage drying, rice samples were shade dried at ambient temperature until their moisture content were down to 14-15% db. At this stage the drying time was 2-3 days.

In the second part of this study, 2AP and milling qualities of paddy after drying from various temperatures were examined. Water activity ( $a_w$ ), moisture content, head rice yield, white index,  $b^*$  and 2AP content were significant different ( $p \leq 0.05$ ) when dried under different drying temperatures. Head rice yield,  $b^*$  of the rice increased while white index and 2AP content decreased when drying temperature was increased. The structure of starch granule from drying conditions observed under SEM showed the melting of starch granule and partial gelatinisation when the drying temperature increased.

In the final part, dried paddy was stored at 15°C and ambient temperature for six months. It was found that the white index, 2AP content decreased. On the other hand, head rice yield and  $b^*$  was increased with storage time. For the effects of drying temperatures, head rice yield and  $b^*$  of the rice were increased while white index and 2AP content were decreased when drying temperature was increased. Storage at 15°C can retain white index and 2AP content, and retard the development of  $b^*$  better than ambient temperature and the head rice yield of paddy was decreased.

Department: .....Food Technology..... Student's Signature: *Thunyarot Taechasubamorn*  
 Field of Study: .....Food Technology..... Advisor's Signature: *Chaleeda Borompichaichartkul*  
 Academic Year: .....2006..... Co-advisor's Signature: *V. Tulyathan*

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ โดยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างยิ่ง จาก อาจารย์ ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณดา ตูลยธัญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำ แนวทางในการวิจัย และคำปรึกษาที่มีประโยชน์อย่างมากกับวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคส์ตฤศาสน์ ซึ่งเป็นประธาน ในการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวิช และ อาจารย์ ดร. ละมุล วิเศษ ซึ่งเป็น กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ท่านกรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ สายวิชาเทคโนโลยี พลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้การอนุเคราะห์ ในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องอบแห้ง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา วงศ์พรชัย และ คุณทินกร สีเสียดคำ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และโครงการ Postgraduate Education and Research Program in Chemistry Higher Education Development Project, Ministry of Education (PERCH) ที่ให้การอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือ วิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับกำลังใจ และความช่วยเหลือที่มีให้ และขอบคุณพี่ๆ นักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการที่อำนวยความสะดวกในการวิจัย

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ สนับสนุนด้านการเงิน ให้ความห่วงใย และกำลังใจแก่ข้าพเจ้าจนสำเร็จการศึกษา

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์.....	2
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย.....	25
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	28
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	74
รายการอ้างอิง.....	77
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	86
ภาคผนวก ข.....	96
ภาคผนวก ค.....	124
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	126

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	16
4.1	31
4.2	33
4.3	34
4.4	35
4.5	38
4.6	41
4.7	42
4.8	43
4.9	47
4.10	54
4.11	59
4.12	60
4.13	68
ก.1	90
ข.1	95



ตารางที่	หน้า
ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาปริมาณความชื้นข้าวเปลือก (% db) กับเวลาของตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งที่ 100 115 125 135 และ 150°C.....	96
ข.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเมล็ดข้าวเปลือก (°C) กับเวลาของตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งที่ 100 115 125 135 และ 150°C.....	97
ข.4 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (db) กระเปาะเปียก (wb) และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ของอากาศที่อุณหภูมิห้องในระหว่างการอบแห้งในโรงเก็บ.....	97
ข.5 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (db) กระเปาะเปียก (wb) และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ของอากาศที่อุณหภูมิห้องในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน.....	98
ข.6 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (db) กระเปาะเปียก (wb) และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ของอากาศที่ 15°C ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน.....	100
ข.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน $a_w$ ที่ระยะเวลา 0 เดือน.....	101
ข.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นที่ระยะเวลา 0 เดือน.....	101
ข.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ข้าวตันที่ระยะเวลา 0 เดือน.....	101
ข.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนดัชนีความขาวของข้าวสารที่ระยะเวลา 0 เดือน.....	102
ข.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความเหลืองของข้าวสารที่ระยะเวลา 0 เดือน.....	102
ข.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ 2AP ที่ระยะเวลา 0 เดือน.....	102
ข.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวน $a_w$ ที่ระยะเวลา 6 เดือน.....	103
ข.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นที่ระยะเวลา 6 เดือน.....	103
ข.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ข้าวตันที่ระยะเวลา 6 เดือน.....	104
ข.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนดัชนีความขาวของข้าวสารที่ระยะเวลา 6 เดือน.....	104
ข.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความเหลืองของข้าวสารที่ระยะเวลา 6 เดือน.....	105
ข.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ 2AP ที่ระยะเวลา 6 เดือน.....	105
ข.19 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อ $a_w$ .....	106
ข.20 ผลของอุณหภูมิมอบแห้งต่อ $a_w$ .....	106
ข.21 ผลของอุณหภูมิกับรักษาต่อ $a_w$ .....	106
ข.22 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อกับอุณหภูมิมอบแห้งต่อ $a_w$ .....	107
ข.23 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อกับอุณหภูมิกับรักษาต่อ $a_w$ .....	108
ข.24 ผลของอุณหภูมิมอบแห้งต่อกับอุณหภูมิกับรักษาต่อ $a_w$ .....	108



## ตารางที่

## หน้า

ข.53 ผลของระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิอบแห้งต่อปริมาณ 2AP.....	123
ข.54 ผลของอุณหภูมิอบแห้งกับอุณหภูมิเก็บรักษาต่อปริมาณ 2AP.....	123

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว.....	4
2.2 ลักษณะของข้าวตันและข้าวหัก.....	5
2.3 ลักษณะของฟลูอิดไซเบด.....	11
2.4 ลักษณะเครื่องฟลูอิดไซเบด.....	12
2.5 สูตรโครงสร้างสาร 2AP (C <sub>6</sub> H <sub>9</sub> NO).....	15
2.6 กลไกการเกิดสาร Hexanal.....	17
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสาร 2AP ต่ออุณหภูมิในการอบแห้ง.....	18
2.8 การเกิดปฏิกิริยา Strecker degradation ระหว่าง proline กับ 2-oxopropanal.....	19
2.9 กลไกการเกิดสาร 2AP.....	19
2.10 ผลของการเติม amino acid ต่อปริมาณสาร 2AP.( <input checked="" type="checkbox"/> ปริมาณสาร 2AP ในต้นอ่อน จากเมล็ดหลังการเติม amino acid <input type="checkbox"/> ปริมาณสาร 2AP ในเนื้อเยื่อหลังการเติม amino acid).....	20
2.11 การเกิดสาร 2AP จาก proline.....	21
2.12 ปริมาณสาร 2AP ของตัวอย่างข้าวที่ได้จากการอบแห้งด้วยวิธีต่างๆ และเก็บรักษาเป็น เวลา 10 เดือน.....	21
2.13 การเปลี่ยนแปลงสมบัติของข้าวในระหว่างการเก็บรักษา.....	24
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลา และอุณหภูมิเมล็ดของข้าวเปลือกที่ ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไซเบดที่อุณหภูมิ 100°C.....	28
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลา และอุณหภูมิเมล็ดของข้าวเปลือกที่ผ่านการ อบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไซเบดที่อุณหภูมิ 115°C.....	29
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลา และอุณหภูมิเมล็ดของข้าวเปลือกที่ ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไซเบดที่อุณหภูมิ 125°C.....	29
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลา และอุณหภูมิเมล็ดของข้าวเปลือกที่ ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไซเบดที่อุณหภูมิ 135°C.....	30
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลา และอุณหภูมิเมล็ดของข้าวเปลือกที่ ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไซเบดที่อุณหภูมิ 150°C.....	30

รูปที่	หน้า
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลา และอุณหภูมิเมล็ดของตัวอย่างอ้างอิงที่ผ่านการอบแห้งในโรงเก็บ.....	32
4.7 ภาพตัดขวางของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของตัวอย่างอ้างอิงและตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งด้วยฟลูอิดไคซ์เบดที่อุณหภูมิ 100°C โดย A1 คือ ภาพบริเวณขอบของเมล็ดข้าวที่เป็นตัวอย่างอ้างอิงกำลังขยาย 1,500 เท่า, A2 คือ ภาพของเมล็ดข้าวที่เป็นตัวอย่างอ้างอิงกำลังขยาย 55 เท่า, B1 คือ ภาพบริเวณขอบของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบแห้งด้วยฟลูอิดไคซ์เบดที่อุณหภูมิ 100°C กำลังขยาย 1,500 เท่า, B2 คือ ภาพของเมล็ดข้าวเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบแห้งด้วยฟลูอิดไคซ์เบดที่อุณหภูมิ 100°C กำลังขยาย 55 เท่า.....	36
4.8 ภาพตัดขวางของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งด้วยฟลูอิดไคซ์เบดที่อุณหภูมิ 115 และ 150°C โดย C1 คือ ภาพบริเวณขอบของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบแห้งด้วยฟลูอิดไคซ์เบดที่อุณหภูมิ 115°C กำลังขยาย 1,500 เท่า, C2 คือ ภาพของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบแห้งด้วยฟลูอิดไคซ์เบดที่อุณหภูมิ 115°C กำลังขยาย 55 เท่า, D1 คือ ภาพบริเวณขอบของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบแห้งด้วยฟลูอิดไคซ์เบดที่อุณหภูมิ 150°C กำลังขยาย 1,500 เท่า, D2 คือ ภาพของเมล็ดข้าวที่ผ่านการอบแห้งด้วยฟลูอิดไคซ์เบดที่อุณหภูมิ 150°C กำลังขยาย 55 เท่า.....	37
4.9 โคโรมาโตแกรมของสาร 2AP จากตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 115°C.....	39
4.10 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อ $a_w$ .....	44
4.11 ผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อ $a_w$ .....	44
4.12 ผลของอุณหภูมิเก็บรักษาต่อ $a_w$ .....	45
4.13 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิอบแห้งต่อ $a_w$ .....	45
4.14 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิเก็บรักษาต่อ $a_w$ .....	46
4.15 อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิอบแห้งกับอุณหภูมิเก็บรักษาต่อ $a_w$ .....	46
4.16 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อปริมาณความชื้น.....	48
4.17 ผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อปริมาณความชื้น.....	48
4.18 ผลของอุณหภูมิเก็บรักษาต่อปริมาณความชื้น.....	49

รูปที่	หน้า
4.19 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิอบแห้งต่อปริมาณความชื้น.....	49
4.20 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิเก็บรักษาต่อปริมาณความชื้น.....	50
4.21 อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิอบแห้งกับอุณหภูมิเก็บรักษาต่อปริมาณความชื้น.....	50
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและความชื้นสมดุลของตัวอย่างข้าวเปลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....	51
4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและความชื้นสมดุลของตัวอย่างข้าวเปลือกที่เก็บรักษาที่ 15°C.....	52
4.24 การเปรียบเทียบระหว่างความชื้นสมดุลของตัวอย่างข้าวเปลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 15°C.....	52
4.25 การเปรียบเทียบระหว่างความชื้นของตัวอย่างข้าวเปลือกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 15°C.....	53
4.26 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน.....	55
4.27 ผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน.....	55
4.28 ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน.....	56
4.29 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิอบแห้งต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน.....	57
4.30 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิเก็บรักษาต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน.....	57
4.31 อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิอบแห้งกับอุณหภูมิเก็บรักษาต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน.....	58
4.32 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อดัชนีความขาวของข้าวสาร.....	61
4.33 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อความเหลืองของข้าวสาร.....	61
4.34 ผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อดัชนีความขาวของข้าวสาร.....	62
4.35 ผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อความเหลืองของข้าวสาร.....	62
4.36 ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อดัชนีความขาวของข้าวสาร.....	63
4.37 ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อความเหลืองของข้าวสาร.....	63
4.38 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิอบแห้งต่อดัชนีความขาวของข้าวสาร.....	64

รูปที่	หน้า
4.39 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิอบแห้งต่อความเหลืองของข้าวสาร.....	65
4.40 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิเก็บรักษาต่อดัชนีความขาวของข้าวสาร.....	65
4.41 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิเก็บรักษาต่อความเหลืองของข้าวสาร.....	66
4.42 อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิอบแห้งกับอุณหภูมิเก็บรักษาต่อดัชนีความขาวของข้าวสาร...67	67
4.43 อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิอบแห้งกับอุณหภูมิเก็บรักษาต่อความเหลืองของข้าวสาร.....	67
4.44 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อปริมาณ 2AP.....	69
4.45 ผลของอุณหภูมิอบแห้งต่อปริมาณ 2AP.....	70
4.46 ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อปริมาณ 2AP.....	70
4.47 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิอบแห้งต่อปริมาณ 2AP.....	71
4.48 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาในการเก็บรักษากับอุณหภูมิเก็บรักษาต่อปริมาณ 2AP.....	72
4.49 อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิอบแห้งกับอุณหภูมิเก็บรักษาต่อปริมาณ 2AP.....	73
4.50 อัตราการลดลงของ 2AP ในตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ 15°C และอุณหภูมิห้อง.....	73
ก.1 เครื่องกะเทาะเปลือก (Satake).....	88
ก.2 เครื่องขัดข้าว (Mc.Gill.Miller).....	88
ก.3 เครื่องคัดขนาดเมล็ดข้าว (Sizing device).....	89
ก.4 กราฟมาตรฐานของ 2AP.....	92
ก.5 เครื่อง Headspace Gas Chromatography.....	93
ก.6 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดซ์เบด.....	95