



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยกระบวนการดูดซับ
(COMPARATIVE STUDY OF PADDY DRYING BY ADSORPTION PROCESS)

โดย นายทรงชัย วัริยะอำไพวงศ์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยกระบวนการดูดซับ
(COMPARATIVE STUDY OF PADDY DRYING BY ADSORPTION PROCESS)

นายทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

รหัสโครงการ MRG4780075
ชื่อโครงการ การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยกระบวนการดูดซับ
ชื่อนักวิจัย ผศ.ดร.ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์
สังกัด มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
E-mail Address : wsongchai@yahoo.com
ระยะเวลาโครงการ 1 กรกฎาคม 2547 ถึง 30 มิถุนายน 2549

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและกลบเป็นตัวกลางในการดูดซับ เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับ และอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับที่มีผลต่อระยะเวลาในการดูดซับและความชื้นสุดท้ายของตัวดูดซับและข้าวเปลือก ร้อยละต้นข้าว และความขาว ทำการทดลองในภาชนะหุ้มฉนวนเพื่อลดความชื้นข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้น 33% db ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกต่อตัวดูดซับแตกต่างกัน คือ 1:0.3, 1:0.5 และ 1:0.7 โดยมวล และอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับเป็น 30, 50 และ 70 °C พบว่า เมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับสูงขึ้นและอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกสูงขึ้น เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นตัวดูดซับจะมีความชื้นต่ำจึงดูดซับความชื้นได้ในปริมาณมากขึ้นทำให้อัตราการลดลงของความชื้นข้าวเปลือกสูงขึ้น ในทำนองเดียวกันเมื่ออัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ตัวดูดซับมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการดูดซับจึงเพิ่มสูงขึ้น ทำให้อัตราการลดลงของความชื้นข้าวเปลือกสูงขึ้น นอกจากนี้ผลการทดสอบคุณภาพการสีข้าว ได้แก่ ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาว พบว่า เมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับและอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและตัวดูดซับเพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อค่าร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และเมื่อระยะเวลาในการทดลองมากขึ้น พบว่า ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์มีค่าลดลงจากร้อยละต้นข้าวอ้างอิงเล็กน้อย ส่วน ความขาว พบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับและอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและตัวดูดซับ ส่งผลต่อความขาวของข้าวเพียงเล็กน้อยทุกๆ เงื่อนไขในการทดลอง

คำหลัก การดูดซับ ร้อยละต้นข้าว กลบ แป้งมันสำปะหลัง ความขาว

Project Code : MRG4780075
Project Title : Comparative Study of Paddy Drying by Adsorption Process
Investigator : Songchai Wiriyaumpaiwong
University : Mahasarakham University
E-mail Address : wsongchai@yahoo.com
Project Period : 1 July 2004 to 30 June 2006

ABSTRACT

This research is to reduce moisture content of paddy by tapioca flour and rice-husk as adsorption media. The effects of mixed ratio between paddy to adsorbent and initial temperature of adsorbent on adsorption time, final moisture content of adsorbent and paddy, percentage of head rice yield, and whiteness were investigated. Paddy that contained the initial moisture content of 33% dry basis, is subjected to the different ratio between paddy to tapioca flour e.g. 1:0.3 1:0.5 and 1:0.7 by mass and the different initial temperature of adsorbent such as 30 50 and 70 °C. The experimental results showed that the increase of initial temperature of adsorbent and the increase of ratio between paddy to adsorbent results in the higher reduction rate of moisture in paddy kernel. Since the high temperature provides the low initial moisture content of adsorbent and the higher water adsorption capacity. Thus, the reduction rate of moisture in paddy kernel is increased. Similarly, the increase ratio between paddy to adsorbent or increasing of adsorbent amount causes to the higher water adsorption capacity and higher reduction rate of moisture in paddy. In addition, milling quality of paddy e.g. relative head rice yield and whiteness, it is found that the initial temperature of adsorbent and mixed ratio between paddy to adsorbent are not affect to the percentage of relative head rice yield. When the period of adsorption is longer, the percentage of relative head rice yield is slightly decreased. For the whiteness value, the initial temperature of adsorbent and mixed ratio between paddy to adsorbent are insignificantly effected on the value of whiteness in every conditions of experiment.

Keywords : adsorption, head rice yield, rice-husk, tapioca flour, whiteness

สารบัญ

หน้า

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เมล็ดข้าวและคุณภาพเมล็ดข้าว	3
2.1.1 เมล็ดข้าว	3
2.1.2 คุณภาพเมล็ดข้าว	4
2.2 การอบแห้ง	6
2.3 การดูดซับ	6
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
3. การดำเนินการทดลอง	11
3.1 อุปกรณ์การทดลอง	11
3.2 การเตรียมข้าวเปลือกและแกลบในการทดลอง	12
3.2.1 การเตรียมข้าวเปลือก	12
3.2.2 การเตรียมแปะมันสำปะหลัง	12
3.3 วิธีการทดลอง	12
3.4 การหาความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกและแปะมันสำปะหลัง	13
3.5 การหาคุณภาพข้าว	13
3.5.1 การหาเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว	13
3.5.2 การหาค่าความขาวของข้าวสาร	14
4. ผลการทดลอง	15
4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับที่มีต่อ ความชื้นของข้าวเปลือกและตัวดูดซับ	15
4.2 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับที่มีต่อ ความชื้นของข้าวเปลือกและแปะที่เป็นตัวดูดซับ	20

4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับที่มีต่อร้อยละน้ำและความขาว	24
4.4 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับที่มีต่อ ร้อยละน้ำและความขาว	28
5. สรุปผลการทดลอง	32
เอกสารอ้างอิง	33

รายการตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ความยาวของเมล็ดข้าว	5
ตารางที่ 2.2 ขนาดรูปร่างของเมล็ดข้าว	5

รายการรูปภาพประกอบ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าวเปลือก	3
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอน้ำกับปริมาณความชื้นในสารดูดความชื้น ที่อุณหภูมิต่างกัน	7
รูปที่ 2.3 เส้นโค้งสมดุลของไอน้ำ	8
รูปที่ 4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น ข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลัง ณ เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วน 1: 0.5 โดยมวล	16
รูปที่ 4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น ข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลัง ณ เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วน 1: 0.7	17
รูปที่ 4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น ข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลัง ณ เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วน 1: 0.3 โดยมวล	17
รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในถังผสมต่อเวลา ที่อัตราส่วน 1: 0.3 โดยมวล และอุณหภูมิ 30 50 และ 70 °C	18
รูปที่ 4.5 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของเกลบที่มีต่อความชื้นข้าวเปลือกและเกลบระหว่างการ การดูดซับ ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและเกลบ 1: 0.3 โดยมวล	19
รูปที่ 4.6 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของเกลบที่มีต่อความชื้นข้าวเปลือกและเกลบระหว่างการ การดูดซับ ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและเกลบ 1: 0.5 โดยมวล	19
รูปที่ 4.7 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของเกลบที่มีต่อความชื้นข้าวเปลือกและเกลบระหว่างการ การดูดซับ ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและเกลบ 1: 0.7 โดยมวล	20
รูปที่ 4.8 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการ เปลี่ยนแปลงความชื้นข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลังกับเวลา ที่อุณหภูมิ 30 °C	21
รูปที่ 4.9 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการ เปลี่ยนแปลงความชื้นข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลังกับเวลา ที่อุณหภูมิ 50 °C	21
รูปที่ 4.10 อิทธิพลของอัตราส่วนระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการ เปลี่ยนแปลงความชื้นข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลังกับเวลา ที่อุณหภูมิ 70 °C	22
รูปที่ 4.11 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและเกลบที่มีต่อความชื้นข้าว เปลือกและเกลบระหว่างการดูดซับ ที่อุณหภูมิ 30 °C	22

รูปที่ 4.12 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบที่มีต่อความชื้นข้าว เปลือกและแกลบระหว่างการคูดซับ ที่อุณหภูมิ 50 °C	23
รูปที่ 4.13 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบที่มีผลต่อความชื้นข้าว เปลือกและแกลบระหว่างการคูดซับ ที่อุณหภูมิ 70 °C	23
รูปที่ 4.14 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ และความขาว ณ เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วน 1 : 0.3 โดยมวล	24
รูปที่ 4.15 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีผลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ และความขาว ณ เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วน 1 : 0.5 โดยมวล	25
รูปที่ 4.16 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีผลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ และความขาว ณ เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วน 1 : 0.7 โดยมวล	25
รูปที่ 4.17 อิทธิพลของอุณหภูมิตามเวลาของการย่อยสลายต้นข้าวสัมพัทธ์ ที่อัตราส่วน ส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบ 1 : 0.3 โดยมวล	26
รูปที่ 4.18 อิทธิพลของอุณหภูมิตามเวลาของการย่อยสลายต้นข้าวสัมพัทธ์ ที่อัตราส่วน ส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบ 1 : 0.5 โดยมวล	27
รูปที่ 4.19 อิทธิพลของอุณหภูมิตามเวลาของการย่อยสลายต้นข้าวสัมพัทธ์ ที่อัตราส่วน ส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบ 1 : 0.7 โดยมวล	27
รูปที่ 4.20 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการลด ต้นทุนการผลิตและการใช้พลังงาน และค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดข้าว ณ เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 °C	28
รูปที่ 4.21 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการลด ต้นทุนการผลิต และการใช้พลังงาน และค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดข้าว ณ เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 50 °C	29
รูปที่ 4.22 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการลด ต้นทุนการผลิต และการใช้พลังงาน และค่าดัชนีการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดข้าว ณ เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 70 °C	29
รูปที่ 4.23 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมที่มีต่อการลดต้นทุนการผลิต ต้นข้าวสัมพัทธ์ ที่เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 °C	30
รูปที่ 4.24 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมที่มีต่อการลดต้นทุนการผลิต ต้นข้าวสัมพัทธ์ ที่เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 50 °C	31
รูปที่ 4.25 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมที่มีต่อการลดต้นทุนการผลิต ต้นข้าวสัมพัทธ์ ที่เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 70 °C	31

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการศึกษา

ข้าวจัดเป็นพืชผลทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทยมากทั้งทางด้านบริโภคและยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ แต่เนื่องจากการส่งออกมีคู่แข่งทางการตลาดเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาและพัฒนาคุณภาพข้าวให้สูงขึ้นให้ได้มาตรฐานของตลาด ตัวกำหนดคุณภาพในการซื้อขายคือ คุณภาพการสี โดยพิจารณาปริมาณข้าวเต็มเม็ดและความขาว สำหรับการปลูกข้าวในประเทศไทยส่วนใหญ่เกษตรกรจะปลูกข้าวในหน้าฝนและเก็บเกี่ยวในฤดูแล้ง เรียกว่า ข้าวนาปี ส่วนเกษตรกรที่อยู่ใกล้กับชลประทานจะมีน้ำใช้ตลอดทั้งปีจึงมีการปลูกข้าวในฤดูแล้งและเก็บเกี่ยวในฤดูฝน เรียกว่า ข้าวนาปรัง ซึ่งข้าวที่ได้จะมีความชื้นค่อนข้างสูง ซึ่งชาวบ้านส่วนใหญ่จะลดความชื้นโดยการตากลาน หากวันนั้นไม่มีแดดก็ไม่สามารถตากลานได้ และปัญหาที่ตามมาคือข้าวที่มีความชื้นสูงจะมีผลต่อคุณภาพของข้าว เนื่องจากข้าวเป็นสิ่งมีชีวิตเกิดการหายใจ ทำให้เกิดความร้อนในสภาพร้อนชื้น ทำให้เชื้อราเจริญเติบโตได้ดี เป็นผลทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพได้ง่าย เมื่อนำไปขัดสี คุณภาพการสีจะต่ำ

แป้งมันสำปะหลัง เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับได้ค่อนข้างดี และมีความหนาแน่นโดยรวมต่ำ ทำให้ถึงผสมที่ใช้มีขนาดเล็กลง

ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำแป้งมันสำปะหลังมาลดความชื้นของข้าวเปลือก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตชลประทานซึ่งประสบปัญหาผลผลิตข้าวนาปรังมีความชื้นสูง และคาดหวังว่าแป้งมันสำปะหลังและแกลบจะสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกลงได้ระดับหนึ่ง เพื่อยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าวเปลือก เมื่อทำการลดความชื้นแบบตากลานไม่ทัน

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการลดความชื้นของข้าวเปลือกโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและแกลบเป็นตัวกลางในการดูดซับ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ใช้ตัวกลางในการดูดซับความชื้น 2 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลัง และแกลบ
2. ทดลองหาการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและแกลบเป็นตัวดูดซับ ที่ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 33 %db และอุณหภูมิเริ่มต้นของข้าวเปลือกประมาณ 30 °C
3. อุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับ 30, 50 และ 70 °C

4. อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับเป็น 1: 0.3 1:0.5 และ 1: 0.7 โดยมวล
5. หาความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกและหาสมบัติทางกายภาพของข้าวเปลือก ได้แก่ ร้อยละต้นข้าว และความขาว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบผลของอุณหภูมิและอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมต่อการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้ตัวดูดซับแตกต่างกัน 2 ชนิด
2. เพื่อลดความชื้นของข้าวเปลือกที่ได้หลังจากเก็บเกี่ยวก่อนที่จะทำการอบแห้งขึ้นต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เมล็ดข้าวและคุณภาพของข้าว

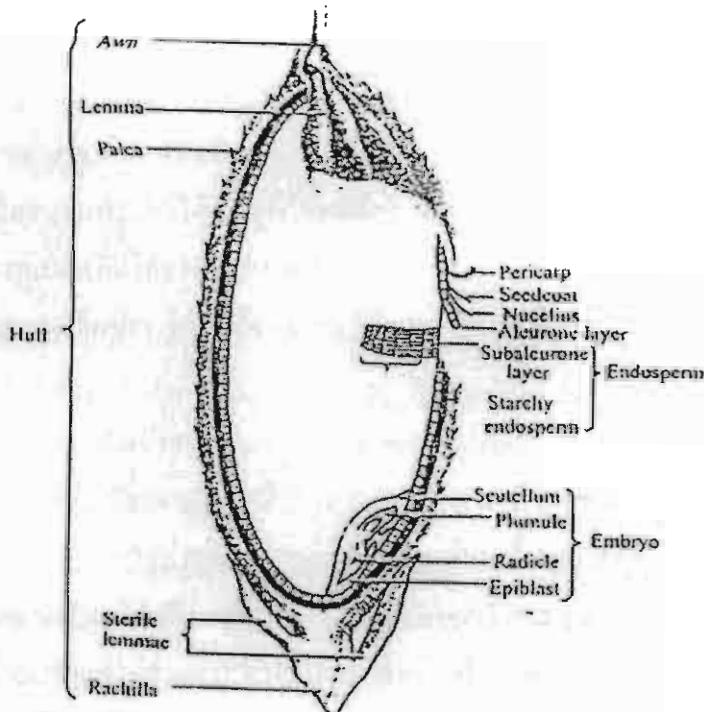
2.1.1 เมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนใหญ่น้อย ๆ สองส่วน คือ ส่วนที่ห่อหุ้ม เรียกว่า แกลบ (husk or hull) และส่วนที่รับประทานได้ เรียกว่า ข้าวกล้อง (caryosis or brown rice) ดังรูปที่ 2.1

1. แกลบ ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ (lenema) เปลือกเล็ก (palca) หาง (awn) ข้าวเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmae)

2. ข้าวกล้องหรือเมล็ดข้าวที่เอาข้าวกล้องออกแล้ว ประกอบด้วย

2.1 เปลือกหุ้มผล (pericarp) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ epicarp, mesocarp และ endocarp มีลักษณะเส้นเป็นใย (fibrous) ผืนของเยื่อหุ้มผลมี โปรตีน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบ



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าวเปลือก (เครื่องมือ)

2.2 เปลือกหุ้มเมล็ด (tegmen or seed coat) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลเข้าไป ประกอบด้วยเนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันและมีสารประเภทไขมันอยู่

2.3 ชั้นอาลูโรน (aleurone layer) อยู่ถัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดและคัพภะ ส่วนนี้จะมีโปรตีนสูง นอกจากนี้ยังมีน้ำมัน เซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลส อยู่ด้วย

2.4 ส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสาร อยู่ชั้นในสุดของเมล็ด ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่บ้าง แป้งในเมล็ดข้าวมี 2 ชนิด คือ อมิโลเพกติน (amylopectin) ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ของ D-glucose ที่ต่อกันแบบ branch chain และอมิโลส (amylose) ซึ่งต่อกันแบบ linear chain ส่วนประกอบของแป้งทั้งสองชนิดนี้มีสัดส่วนแตกต่างกันไปตามชนิดข้าว ในข้าวเหนียวจะมีอมิโลสอยู่ประมาณ 0-2 % ของน้ำหนักข้าวสาร ส่วนที่เหลือเป็นอมิโลเพกติน ข้าวเจ้ามีอมิโลสมากกว่า คือ ประมาณ 7-33 % ของน้ำหนักข้าวสาร

2.5 คัพภะ (embryo) อยู่ติดกับเนื้อเมล็ดทางด้านเปลือกหุ้ม เป็นส่วนที่เจริญไปเป็นต้นอ่อน และเป็นส่วนที่มีโปรตีนและไขมันสูง คัพภะประกอบด้วย ต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) เยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) ท่อน้ำ และอาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum)

2.1.2 คุณภาพเมล็ดข้าว

ความสำคัญของเมล็ดข้าวมี 2 ประการ คือ ใช้ปลูกและใช้บริโภค การซื้อขายข้าวในท้องตลาดถือเอาคุณภาพเมล็ดข้าวเป็นตัวตัดสินราคาข้าว ดังนั้นในด้านผลิตพันธุ์ข้าวหรือการปลูกนอกจากจะต้องปรับปรุงให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ด้านทานโรคและแมลง ให้ผลสนองต่อปุ๋ยสูง และต้องให้คุณภาพเมล็ดที่ดีได้มาตรฐานอีกด้วย

คุณภาพเมล็ดข้าว หมายถึง คุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดข้าวทั้งที่มองเห็นและมองไม่เห็น แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ (Physical Quality) หมายถึง ส่วนประกอบต่างๆ ของเมล็ดที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือชั่งตวงวัดได้ เช่น สีของข้าวเปลือก (hull color) สีข้าวกล้อง (pericarp color) ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension) น้ำหนักเมล็ด (grain weight) ลักษณะท้องไข่ (chalkiness) ความใสของเมล็ด (grain translucency) และคุณภาพการสี (milling quality) เป็นต้น ซึ่งคุณภาพส่วนใหญ่ที่ใช้สำหรับประเมินราคาข้าวในท้องตลาดมีดังนี้

1.1 สีข้าวกล้อง เท่าที่พบ ข้าวไทยมี 4 สี คือ ขาว น้ำตาล แดง และดำ สีข้าวกล้องเกิดขึ้นเนื่องจากเม็ดสีที่อยู่ในเปลือกรำชั้นนอก (pericarp) สีข้าวกล้องเป็นลักษณะประจำพันธุ์ ข้าวกล้องสีแดงเมื่อผสมกับข้าวกล้องขาวทำให้ข้าวเสียราคาเพราะไม่สามารถทำเป็นข้าวมาตรฐานสูงได้

1.2 ขนาดรูปร่างเมล็ด ได้แก่ ความยาว กว้าง หนา และความป้อมหรือความเรียวยาวของเมล็ด (grain shape) ความยาวของเมล็ดวัดจากข้าวกล้อง แบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ส่วนขนาดรูปร่างเมล็ดประเมินจากอัตราส่วนระหว่างความยาวกับความกว้าง แบ่งเป็น 3 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ขนาดรูปร่างเมล็ดมีผลกระทบต่อคุณภาพการสี และความต้องการของผู้บริโภค ปัจจุบันข้าวที่มีเมล็ดยาวเรียวยาว ผู้ประกอบกิจการสีมีความต้องการมากในการผลิตข้าวสารมาตรฐานสูง

ตารางที่ 2.1 ความยาวของเมล็ดข้าว

ขนาดเมล็ด	ความยาว (mm)
ยาวมาก	ยาวกว่า 7.50
ยาว	6.60-7.50
ยาวปานกลาง	5.51-6.60
สั้น	สั้นกว่า 5.50

ตารางที่ 2.2 ขนาดรูปร่างของเมล็ดข้าว

รูปร่างเมล็ด	อัตราส่วนระหว่างความยาว/ความกว้าง
เรียวยาว	มากกว่า 3.00
ปานกลาง	2.10-3.00
ป้อม	น้อยกว่า 2.00

1.3 ลักษณะท้องไขในเมล็ดข้าว หมายถึง จุดขาวขุ่นคล้ายชอล์กที่เกิดขึ้นในส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ด ท้องไขเกิดจากการจับตัวหลวมๆ ของเม็ดแป้งกับ โปรตีนในส่วนที่เป็นข้าวสาร ข้าวที่เป็นท้องไขมากจะมีคุณภาพการสีต่ำ เมื่อนำไปสีแล้วจะได้ข้าวหักมาก ข้าวมาตรฐานสูงต้องมีข้าวท้องไขน้อย ลักษณะท้องไขไม่มีความสัมพันธ์กับความนุ่มของข้าวสุก

1.4 ความใสของเมล็ด หมายถึง ความใสหรือความขุ่นของส่วนที่เป็นข้าวสาร (exdosperm) ไม่ใช่ลักษณะท้องไข พันธุ์ข้าวที่มีเมล็ดใสมักแกร่ง มีคุณภาพการสีดี เป็นที่ต้องการของตลาดและขายได้ราคาสูง

1.5 คุณภาพการสีข้าว หมายถึง การแปรสภาพข้าวเปลือกให้อยู่ในรูปของข้าวสารเพื่อใช้สำหรับบริโภค สิ่งต่างๆ ที่ได้จากการสีข้าว คือ แกลบ (hull) รำ (bran) ข้าวเต็มเมล็ด (head rice yield) และข้าวหัก (broken rice) ซึ่งข้าวเต็มเมล็ดเป็นส่วนที่มีราคาสูงที่สุด คุณภาพการสีข้าวจึงประเมินจากข้าวเต็มเมล็ดเป็นสำคัญ

2. คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี (chemical quality) หมายถึง ส่วนประกอบต่างๆ ทางเคมีของเมล็ด เช่น ชนิดและปริมาณของแป้ง โปรตีน แร่ธาตุ ไขมัน และอื่นๆ รวมถึงคุณภาพการงอกและรับประทาน

2.2 การอบแห้ง

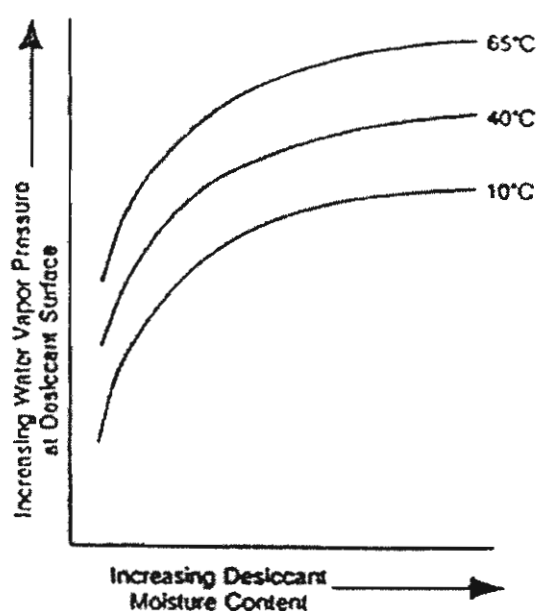
การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์เพื่อการเก็บรักษา การอบแห้งทั่วไปมักใช้ลมร้อนซึ่งความร้อนส่วนใหญ่จะถ่ายเทไปยังวัสดุ เพื่อใช้ในการระเหยน้ำ โดยของเหลวที่อยู่ภายในวัสดุจะเคลื่อนที่ออกมายังผิวโดย capillary flow ซึ่งเป็นผลมาจากแรงตึงผิว (surface force) ส่วนไอน้ำในวัสดุจะเคลื่อนที่เนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของความชื้น (vapor diffusion) และความดันไอ (partial pressure of vapor) ที่แตกต่างกันระหว่างไอน้ำในวัสดุกับอากาศร้อน ช่วงแรกของการอบแห้งเป็นช่วงอัตราการอบแห้งคงที่เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างวัสดุกับอากาศจะเกิดขึ้นรอบๆ ผิววัสดุเท่านั้น ความร้อนจากอากาศร้อนจะถ่ายเทไปยังผิววัสดุโดยการนำความร้อนผ่านชั้นฟิล์มของก๊าซ วัสดุจะแพร่ความชื้นจากผิวผ่านชั้นฟิล์มของก๊าซไปยังอากาศร้อน และเมื่อผิวของวัสดุมีปริมาณน้ำลดลงมาก การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลจะเกิดขึ้นภายในเนื้อวัสดุโดยน้ำภายในวัสดุเคลื่อนที่มายังผิววัสดุในรูปของของเหลวหรือไอน้ำ แล้วระเหยเมื่อได้รับความร้อนจากอากาศร้อน การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในวัสดุมายังผิวจะช้ากว่าการพาความร้อนจากผิวไปยังอากาศ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศคงที่ ความชื้นของวัสดุจะลดต่ำลงจนถึงจุดๆ หนึ่ง ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลง ที่จุดนี้ความดันไอของน้ำในวัสดุมีค่าเท่ากับความดันไอของอากาศที่อยู่รอบๆ ทำให้น้ำไม่สามารถระเหยออกจากวัสดุได้ เรียกความชื้นในขณะนั้นว่า “ ความชื้นสมดุล ”

2.3 การดูดซับ

สารดูดความชื้นมีอยู่ 2 ประเภท คือ สารดูดความชื้นของแข็งและสารดูดความชื้นของเหลว ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะสารดูดความชื้นที่เป็นของแข็ง (solid adsorbent หรือ desiccant) เท่านั้น และหลักการพื้นฐานของการลดความชื้นโดยวิธีการใช้ตัวดูดซับ

สารดูดความชื้นที่เป็นของแข็งหรือของเหลวมีกลไกในการทำงานคล้ายกัน คือ จะดูดซับไอน้ำในอากาศเมื่อความดันไอน้ำที่ผิวของสารดูดความชื้นมีค่าต่ำกว่าความดันไอน้ำของอากาศที่อยู่รอบๆ และจะคายไอน้ำให้อากาศเมื่อความดันไอน้ำที่ผิวของสารดูดความชื้นมีค่าสูงกว่าความดันไอน้ำของอากาศที่อยู่รอบๆ ความดันไอน้ำที่ผิวสารดูดความชื้นจะมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณความชื้นที่ผิวของสารดูดความชื้นและอุณหภูมิของสารดูดความชื้นที่สูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เมื่อ adsorbent ถูกนำไปสัมผัสกับก๊าซที่มีความชื้นสูง ความดันไอน้ำใน adsorbent มีแนวโน้มสู่จุดสมดุลกับความดันของไอน้ำบริเวณรอบๆ ก๊าซ น้ำจะถูกดึงออกจากก๊าซโดย adsorbent ทำให้ความชื้นของก๊าซลดลง มวลของน้ำที่ adsorbent ดึงออก ขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ของก๊าซเป็นส่วนใหญ่ (อัตราส่วนของความดันย่อยในก๊าซที่เกิดความดันออสโมตอ ฌ. อุณหภูมินั้นๆ) จากนั้น adsorbent จะอิ่มตัวเมื่อมาถึงจุดสมดุล ปริมาณน้ำที่ดูดซับโดย adsorbent ที่จุดนี้เรียกว่า “ ความจุสมดุล ” (equilibrium capacity) อัตราการดูดซับไอน้ำจะเป็นไปอย่างรวดเร็วเมื่อมีความแตกต่างของ

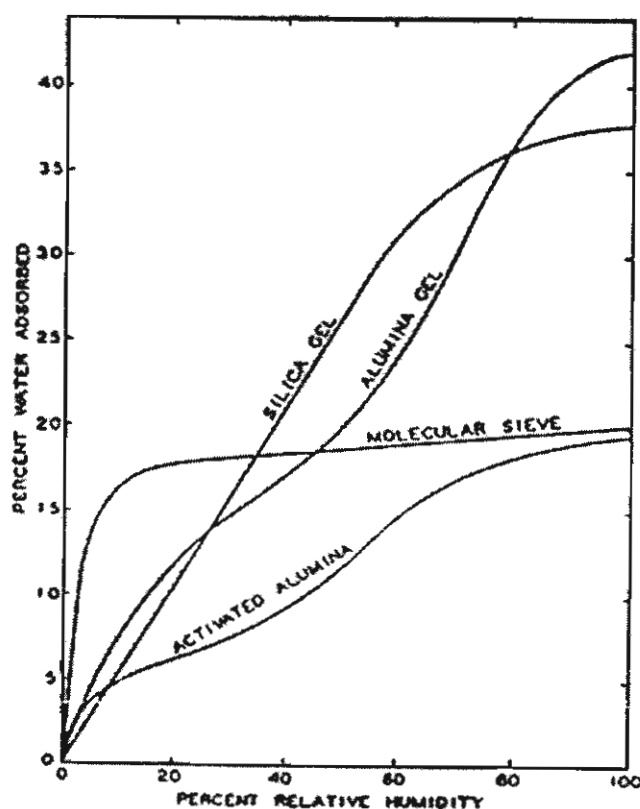


รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอน้ำกับปริมาณความชื้นในสารดูดความชื้น ที่อุณหภูมิต่างกัน (เกรือวัลย์)

ความดันไอน้ำระหว่างน้ำกับก๊าซและใน adsorbent ที่มากกว่า แต่ถ้าความแตกต่างนี้น้อยลงทำให้ อัตราการดูดซับลดลงด้วย และใช้เวลานานกว่าจะไปถึงจุดสมดุล

รูปที่ 2.3 แสดงจุดสมดุลของ adsorbent ซึ่งเป็นการแสดงปริมาณของน้ำที่ดูดซับโดย adsorbent สัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งแสดงข้อมูลสมดุลของ adsorbent หลายชนิด โดยซิลิกาเจลและ alumina gel มีความชื้นสูงที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง และ molecular sieve มีความจุสมดุลสูงที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จากข้อมูลนี้จะเห็นว่าไม่มี adsorbent ตัวใดที่จะใช้งานได้ทุกสภาวะเงื่อนไข

ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อความจุของสารดูดซับประกอบไปด้วย ขนาดรูพรุน ปริมาตรของรูพรุน และพื้นที่ผิวของสารดูดซับ สารดูดซับแบบของแข็งที่ใช้โดยทั่วไปมีโครงสร้างรูพรุนเล็กมาก (submicroscopic dimension) ประมาณ $100-200 \times 10^{-12}$ meters มีพื้นที่ภายใน adsorbent มากถึง $1,000,000 \text{ m}^2/\text{kg}$ การดูดซับจะเกิดขึ้นที่ผิวของสารดูดซับ ซึ่งก๊าซและของแข็งสัมผัสซึ่งกันและกันที่ผิวสัมผัส (interface) และผลเนื่องจากแรงไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic) แรงวาเลนซ์ (valence) และแรงแวนเดอร์วาลส์ (van der waals) ทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับ (adsorbate) กับสารดูดซับ (adsorbent)



รูปที่ 2.3 เส้นโค้งสมดุลของไอน้ำ (เกร็ดวาล์)

Adsorbent เป็นสารดูดซับที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีในระหว่างกระบวนการดูดซับ adsorbent ของแข็งที่ใช้กันทั่วไป เช่น alumina, silica gel, activated bauxites และ activated charcoal พฤติกรรมของ adsorbent ส่วนมากจะดูดซับก๊าซบางชนิด และไอที่สามารถควบแน่นได้ เช่น ไอน้ำ ดังนั้นในสารผสมที่มีทั้งน้ำและไออินทรีย์ (organic vapors) สาร activated charcoal จะดูดซับเฉพาะไออินทรีย์ออกจากไอน้ำ สมบัติของสารดูดซับที่มีการดูดซับสารได้เฉพาะ

อย่างได้ถูกนำมาใช้กับวัสดุบางชนิดเพื่อดูดซับสิ่งที่ไม่ต้องการหรือสิ่งสกปรกออกจากไอน้ำหรือก๊าซผสม ในกรณีสารที่ถูกดูดซับออกจากส่วนผสมบางชนิดอาจจะเป็นสิ่งที่ต้องการ

กระบวนการของการดูดซับโดย adsorbent แบบของแข็งเป็นแบบย้อนกลับได้ โดยการให้ความร้อนกับสารดูดความชื้นเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของสารดูดความชื้นให้สูงขึ้นจนกระทั่งความดันไอน้ำที่สารดูดซับมีค่ามากกว่าความดันไอน้ำในบรรยากาศรอบๆ ไอน้ำจะระเหยออกจากสารดูดความชื้น ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนกับสารดูดความชื้นปกติอยู่ในช่วง 200-500 °F ซึ่งอุณหภูมิในช่วงนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีกับสารดูดความชื้น เมื่อสารดูดความชื้นเย็นตัวลงก็สามารถนำไปใช้ดูดซับได้ต่อไป กระบวนการไล่ความชื้นออกจากสารดูดความชื้น เรียกว่า regeneration สารดูดความชื้นแบบของแข็งสามารถใช้งานได้หลายพันครั้งโดยการนำกลับมา regeneration ใหม่อีกครั้ง

Adsorbent ที่ใช้ในระบบลดความชื้นควรมีลักษณะดังนี้

1. ลักษณะความดันไอที่เหมาะสมรวมไปถึงมีความสามารถในการดูดซับได้สูง
2. ความเสถียร คือ ไม่มีความเสียหายทางโครงสร้างหรือเคมีในขณะที่ใช้งานและต้องต้านทานความเปราะเปื้อนจากสิ่งที่ไม่บริสุทธิ์
3. ต้องมีสมบัติที่ไม่กัดกร่อน ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นพิษ และไม่ติดไฟ
4. ควรมีความหนาแน่นสูงเพื่อหลีกเลี่ยงขนาดที่ใหญ่เกินไป
5. สามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ด้วยวิธีให้ความร้อน
6. ควรจะหาได้ง่ายและราคาไม่แพงมาก

adsorbent บางชนิดดูดซับน้ำได้มากเมื่อเปรียบเทียบกับสารชนิดอื่นที่หน่วยมวลเท่ากัน การเลือก adsorbent ไปใช้งานสำหรับลดความชื้นในอากาศมีหลายปัจจัยที่ต้องพิจารณา เช่น อุณหภูมิขาเข้า ความชื้นขาเข้า จุดน้ำค้างที่ต้องการ และแหล่งให้ความร้อนสำหรับการ regeneration

2.4 การอบแห้งเมล็ดพืชโดยใช้สารดูดความชื้น

A.H. Al-Muhtaseb et al. [2]

ได้ศึกษาการดูดซับและการคายที่อุณหภูมิคงที่ของแป้งมันฝรั่ง, แป้งที่มี amylopectin สูง และแป้งที่มี amylose สูง ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 30, 45, 60 °C โดยใช้เทคนิคการชั่งน้ำหนัก, ตัวอย่างที่ใช้ในทดลองจะถูกทำให้สมดุลโดยการใช้เครื่องมือดูดความชื้นซึ่งบรรจุสารละลายกรด Sulphuric ที่ความเข้มข้นต่างๆ และทราบค่า water activity (0.05-0.95) และมีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ประมาณ 3 สัปดาห์ พบว่าความสามารถในการดูดซับของแป้งจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และได้นำรูปแบบของสมการต่างๆมาวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากผลการทดลอง พบว่ารูปแบบของ Peleg, Ferro-Fontan อธิบายได้ดีเมื่อข้อมูลอยู่ในในช่วง water activity 0.05-0.95

กิตติศักดิ์ วิธินันทกิตต์ [1]

ได้ทำการศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เกลบเป็นตัวกลางในการดูดซับ เพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างข้าวเปลือกและเกลบ อุณหภูมิและความชื้นเริ่มต้นของเกลบที่มีผลต่อระยะเวลาในการดูดซับและความชื้นสุดท้ายของเกลบและข้าวเปลือก ทำการทดลองในภาชนะหุ้มฉนวนที่ปิดสนิทเพื่ออบแห้งข้าวเปลือกจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 33% db อัตราส่วนระหว่างเกลบกับข้าวเปลือก 0.8, 1.5 และ 2.0 ต่อ 1 โดยปริมาตรโดยใช้เกลบความชื้นเริ่มต้น 12 %d.b. อุณหภูมิ 33^oC และเกลบความชื้นประมาณ 1-5 % d.b. อุณหภูมิ 45, 60 และ 90 ^oC พบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของเกลบสูงสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้เร็วกว่าการการใช้เกลบอุณหภูมิเริ่มต้นต่ำ เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงความชื้นของเกลบต่ำ จึงดูดซับได้ในปริมาณมากขึ้น ส่วนการอบแห้งที่อัตราส่วนผสมระหว่างเกลบกับข้าวเปลือกสูงสามารถอบแห้งได้เร็วกว่าที่อัตราส่วนผสมต่ำ เนื่องจากการเพิ่มปริมาณเกลบทำให้ความสามารถในการดูดซับความชื้นเพิ่มมากขึ้น และในการวิเคราะห์คุณภาพของข้าว คือ ร้อยละต้นข้าวกับความขาว พบว่า ระยะเวลาในการดูดซับไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของร้อยละต้นข้าวและความขาว ส่วนที่อุณหภูมิเริ่มต้นของเกลบและอัตราส่วนระหว่างเกลบกับข้าวเปลือกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของร้อยละต้นข้าวและความขาวในบางเงื่อนไขของการทดลอง

A.D. Roman-Gutierrez, et al. [4]

ได้ทำการศึกษาการดูดซับไอน้ำของแป้งสาลีอ่อน, แป้งสาลีแข็ง และส่วนประกอบของแป้งสาลี (starch, damaged starch, gluten, soluble pentosans, and insoluble pentosans) โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 25 ^oC โดยควบคุมความดันบรรยากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ (10 – 95%) ซึ่งในการทดลองได้วัดผลของการเปลี่ยนแปลงมวลของแป้งเทียบกับเวลา ซึ่งอธิบายผลการทดลองที่ได้โดยใช้ exponential model ได้ค่า $R^2 \geq 0.994$ ส่วนผลการดูดซับน้ำของแป้งสาลีและส่วนประกอบของแป้งสาลีอธิบายโดยใช้ Guggenheim-Anderson-de Bore model ได้ค่า $R^2 \geq 0.997$ และผลการทดลองที่ได้สามารถทราบได้ว่าถ้าแป้งมีปริมาณ soluble pentosans สูงจะสามารถดูดซับน้ำได้ดีกว่าส่วนประกอบอื่นๆ

A. Ibarz, et al. [3]

ได้ทำการศึกษาการดูดซับน้ำของถั่ว ซึ่งได้ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 25 ^oC โดยให้แรงดันที่ค่าต่างๆ คือ 275-690 MPa แก่เมล็ดถั่ว แล้วนำเมล็ดถั่วที่ได้รับแรงดันไปทำการทดลองหาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ พบว่า ถั่วที่ไม่ได้รับแรงดันสามารถดูดซับน้ำได้ในปริมาณต่ำกว่าและเข้าสู่จุดสมดุลได้ช้ากว่าถั่วที่ที่ได้รับแรงดัน ส่วนถั่วที่ได้รับแรง พบว่ายิ่งแรงดันสูงความสามารถในการดูดซับยิ่งสูง และระยะเวลาในการเข้าสู่สมดุลเร็วขึ้น

บทที่ 3

การดำเนินการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาดัวแปรต่างๆ คือ ทดลองการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้แ่งมันสำปะหลังและแกลบเป็นตัวกลางในการดูดซับ ซึ่งได้ทดลองอบแห้งข้าวเปลือกที่ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 33 %d.b. อุณหภูมิของข้าวเปลือก 30 °C โดยใช้ตัวดูดซับที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 30, 50 และ 70 °C ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับ 1 ต่อ 0.3, 0.5 และ 0.7 โดยมวล (20: 6, 20: 10, 20: 14 kg) หลังจากอบแห้งได้ทำการทดสอบคุณภาพของข้าวเปลือกทางด้านกายภาพ ได้แก่ ร้อยละต้นข้าว และความขาว ซึ่งรายละเอียดของการทดลองมีดังนี้

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง

3.1.1 อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ได้พยายามไม่ให้มีผลกระทบจากอุณหภูมิแวดล้อมมาเกี่ยวข้องจึงหุ้มฉนวนหนาประมาณ 7 มิลลิเมตรรอบถังผสมเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนออกจากถัง ทำให้อุณหภูมิของของผสมระหว่างข้าวเปลือกและตัวดูดซับภายในถังมีค่าคงที่ โดยทำการทดลองในถังผสมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร, ยาว 1 เมตร และฝาที่ใช้เปิด-ปิดถึงขนาด 25x25 เซนติเมตรเพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างข้อมูลและเพื่อใส่สายของเครื่องมือ Testo 625 สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของของผสมภายในถัง

3.1.2 เครื่องมือวัดและข้อมูลที่ต้องการ

1. บันทึกผลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในถังผสมโดยใช้เครื่องมือ Testo 625 (วัดความชื้นสัมพัทธ์ อ่านได้ละเอียด 0.01 % และอุณหภูมิ อ่านได้ละเอียด 0.1 %)

2. น้ำหนักของข้าวเปลือกและตัวดูดซับก่อนทำการลดความชื้น ใช้เครื่องชั่ง 35 kg (อ่านได้ละเอียด 0.1 กรัม) และน้ำหนักของข้าวเปลือกและตัวดูดซับ หลังทดลองเพื่อหาความชื้นของข้าวเปลือกและตัวดูดซับ โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอล(รับน้ำหนักได้สูงสุด 3100 กรัม และอ่านได้ละเอียด 0.01 กรัม)

3. การกะเทาะเปลือกข้าวซึ่งหลังจากกะเทาะจะได้ข้าวกล้อง ใช้เครื่องกะเทาะ SATAKE THU 35A

4. การขัดขาวเพื่อให้ได้ข้าวสารใช้เครื่อง SATAKE MODEL TM-50

5. การคัดแยกปลายข้าวใช้เครื่อง SATAKE MODEL 05A

6. วัดความขาวของข้าวสารใช้เครื่อง KETT WHITENESS METER

3.2 การเตรียมข้าวเปลือกและแป้งในการทดลอง

3.2.1 การเตรียมข้าวเปลือก

1. นำข้าวเปลือกที่จะทำการทดลองมาหาวลแห้ง โดยนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

2. คำนวณหาน้ำหนักน้ำที่ต้องใช้คลุกเคล้ากับข้าวเปลือก แล้วนำข้าวเปลือกที่จะทำการทดลองทั้งหมดมาผสมกับน้ำที่คำนวณไว้เพื่อให้ได้ความชื้นตามเงื่อนไข คือ 33% d.b. เมื่อผสมเสร็จแล้วนำไปเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ $2-3^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 3 วัน

3. ก่อนการทดลองต้องนำข้าวเปลือกมาผึ่งไว้ในอากาศแวดล้อมจนอุณหภูมิของข้าวเปลือกเท่ากับอุณหภูมิแวดล้อมจึงนำไปทดลอง

3.2.2 การเตรียมตัวดูดซับ

จากเงื่อนไขการทดลอง ต้องใช้ตัวดูดซับที่อุณหภูมิแวดล้อมซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ทันทีตามอัตราส่วนของข้าวเปลือกกับตัวดูดซับ คือ 1: 0.3, 1:0.5 และ 1: 0.7 โดยมวล (20: 6, 20: 10, 20: 14 กิโลกรัม)

ส่วนอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับที่ 50 และ 70°C ต้องนำไปชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนของข้าวเปลือกกับตัวดูดซับ จากนั้นนำไปเข้าตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิไว้ตามเงื่อนไข ประมาณ 24 ชั่วโมง

3.3 วิธีการทดลอง

1. นำข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาดขึ้นมาสั่งน้ำหนัก 20 kg
 2. นำข้าวเปลือกและตัวดูดซับมาผสมกันตามเงื่อนไขการทดลอง
 3. วัดค่า %RH และ อุณหภูมิเริ่มต้นของของผสม แล้วเปิดเครื่องให้ถึงหมุนเพื่อให้ข้าวเปลือกกับตัวดูดซับผสมกันอย่างทั่วถึง

4. เมื่อถึงเวลาที่กำหนดคือ 10 20 30 40 50 นาทีและหลังจากนั้นอีกทุกๆ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งครบ 12 ชั่วโมง ทำการวัดค่า %RH และ อุณหภูมิเริ่มต้นของของผสม เก็บตัวอย่างข้าวเปลือกและตัวดูดซับซึ่งส่วนหนึ่งนำไปหาความชื้นหลังการดูดซับ และอีกส่วนนำไปผึ่งจนกระทั่งความชื้นเหลือ 16% db เพื่อนำไปทดสอบหาคุณภาพการสีข้าว จากนั้นนำของผสมมาแยกออกจากกันโดยใช้เครื่องเขย่าตะแกรงร่อนมาตรฐาน (sieve analyzer)

3.4 การหาความชื้นของข้าวเปลือกและตัวดูดซับ

การหาความชื้นของข้าวเปลือกและตัวดูดซับ

1. นำตัวอย่างของเมล็ดข้าวเปลือกและแป้งที่เก็บตามเวลาต่างๆ ใสในกระป๋องหาความชื้น ตัวอย่างละ 3 กระป๋อง กระป๋องละ 10 กรัม สำหรับข้าวเปลือก และ 5 กรัม สำหรับแป้ง
2. นำกระป๋องทั้งหมดใส่ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง
3. นำกระป๋องที่ผ่านการอบแห้งไปชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวเปลือกและตัวดูดซับ

3.5 การทดสอบคุณภาพการสีข้าว

3.5.1 ร้อยละต้นข้าว

ตัวอย่างเมล็ดข้าวเปลือกที่จะใช้ทดสอบหาคุณภาพต้องมีความชื้นต่ำกว่า 16 %d.b. ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำตัวอย่างข้าวเปลือกไปแยกข้าวสับออกโดยใช้เครื่องสูบลม (aspriator) จากนั้นนำตัวอย่างข้าวเปลือกที่แยกข้าวสับออกแล้วไปชั่งน้ำหนัก ตัวอย่างละ 250 กรัม
2. นำข้าวเปลือกเข้าเครื่องกะเทาะเปลือก (satake) เพื่อแยกแกลบและข้าวกล้องออกจากกัน จากนั้นนำข้าวกล้องไปชั่งน้ำหนัก
3. นำข้าวกล้องเข้าเครื่องขัดขาว เป็นเวลา 1.30 นาที เพื่อแยกรำออกจะได้ข้าวสาร จากนั้นนำข้าวสารที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก
4. นำข้าวสารไปแยกขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดข้าว เพื่อแยกข้าวเต็มเมล็ดและข้าวหักออกจากกัน จากนั้นนำข้าวเต็มเมล็ดไปชั่งน้ำหนัก

นำน้ำหนักข้าวที่ชั่งได้มาคำนวณหา ร้อยละต้นข้าว ข้าวหัก รำ แกลบ และร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ ได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{ร้อยละต้นข้าว} = \frac{\text{มวลข้าวสารเต็มเมล็ด}}{\text{มวลข้าวเปลือก}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละข้าวหัก} = \frac{\text{มวลข้าวสาร} - \text{มวลข้าวสารเต็มเมล็ด}}{\text{มวลข้าวเปลือก}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละรำ} = \frac{\text{มวลข้าวกล้อง} - \text{มวลข้าวสาร}}{\text{มวลข้าวเปลือก}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละแกลบ} = \frac{\text{มวลข้าวเปลือก} - \text{มวลข้าวกล้อง}}{\text{มวลข้าวเปลือก}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์} = \frac{\text{ร้อยละต้นข้าวที่ได้จากการอบแห้ง}}{\text{ร้อยละต้นข้าวอ้างอิง}} \times 100$$

ร้อยละต้นข้าวอ้างอิง คือ ร้อยละต้นข้าวสารที่ได้จากการสีข้าวเปลือกที่ถูกอบแห้งโดยการผึ่งด้วยอากาศแวดล้อม

3.5.2 การทดสอบหาค่าความขาวของข้าวสาร

การทดสอบความขาวของข้าวสาร ได้ทำการทดสอบด้วยเครื่อง Whiteness Tester KETT Model C-300-3 (ใช้ความขาวอ้างอิง 84.4) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำตัว Calibration plate ใส่ในงานเก็บตัวอย่างจากนั้นใส่ในกล่องตัวอย่างแล้วนำเข้าเครื่องวัด
2. ตั้งตัวเลขด้านหลังเครื่องให้เป็น 84.4 แล้วเปิดเครื่อง จะมีข้อความ “wait” ปรากฏ
3. รอประมาณ 6 นาทีข้อความ wait จะหายไป มีตัวเลข 84.4 ปรากฏตรงหน้าจอ ถ้าตัวเลขไม่เท่ากับ 84.4 ให้กด “Sensitivity”
4. ใส่ตัวอย่างที่ต้องการวัดในงานตัวอย่างจากนั้นนำเข้ากล่องตัวอย่าง ลงในเครื่องมือวัด สวิตช์จะทำงานอัตโนมัติ มีตัวเลขแสดงค่าความขาวและจำนวนครั้งที่ทดสอบ ซึ่งในการทดลองหลายครั้ง ตัวเลขแสดงค่าความขาวในแต่ละครั้งซึ่งสามารถหาค่าเฉลี่ยได้เมื่อกด “Average” (ทำได้ทั้งสิ้น 9 ครั้ง)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดลองการลดความชื้นข้าวเปลือกที่ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 33 %d.b. อุณหภูมิเริ่มต้นของข้าวเปลือก 30 °C โดยใช้ตัวดูดซับที่มีอุณหภูมิเริ่มต้น 30, 50 และ 70 °C โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับ 1: 0.3 1: 0.5 และ 1: 0.7 โดยมวล วิเคราะห์หาความชื้นของข้าวเปลือกและตัวดูดซับ และวิเคราะห์คุณภาพการสีข้าว ได้แก่ ร้อยละต้นข้าว และความขาว

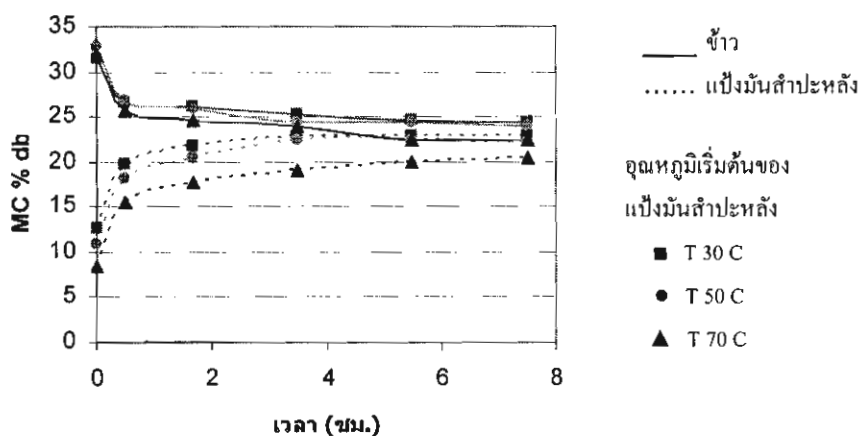
4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับที่มีต่อค่าความชื้นของข้าวเปลือกและตัวดูดซับระหว่างการดูดซับ

ผลการทดลองการเพิ่มขึ้นของความชื้นของแป้งมันสำปะหลัง และการลดลงของความชื้นข้าวเปลือกระหว่างการดูดซับที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับคงที่ 1: 0.5 โดยมวล ดังรูปที่ 4.1 พบว่า ความชื้นของแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 4 ชั่วโมงแรกของการดูดซับ หลังจากชั่วโมงที่ 4 จนถึงชั่วโมงที่ 8 ทั้งความชื้นของแป้งมันสำปะหลังและความชื้นของข้าวเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย จนถือได้ว่าความชื้นทั้งของแป้งมันสำปะหลังและข้าวเปลือกเข้าสู่สภาวะสมดุล เนื่องจากช่วงแรกๆของการดูดซับมีความแตกต่างระหว่างความชื้นของแป้งมันสำปะหลังกับความชื้นของอากาศภายในถังผสม และมีความแตกต่างระหว่างความชื้นของข้าวเปลือกกับความชื้นของอากาศภายในถังผสมค่อนข้างสูง จึงทำให้ความชื้นของแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเวลาในการดูดซับนานขึ้น ความแตกต่างที่กล่าวข้างต้นนั้นจะมีค่าน้อยลงจนมีความแตกต่างกันน้อยมาก เกิดสภาวะสมดุลความชื้นระหว่างข้าวเปลือกกับอากาศภายในถังผสมและแป้งมันสำปะหลังกับอากาศภายในถังผสม หากเปรียบเทียบกับ การดูดซับโดยใช้เกลบเป็นตัวดูดซับ พบว่า ความชื้นสุดท้ายของเกลบและข้าวเปลือกที่สภาวะสมดุลแตกต่างกันค่อนข้างมาก ในขณะที่การดูดซับความชื้นโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวดูดซับ ความชื้นสุดท้ายของแป้งมันสำปะหลังและข้าวเปลือกที่สภาวะสมดุลแตกต่างกันไม่มากนักและการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวดูดซับ ระยะเวลาของการเข้าสู่สภาวะสมดุลจะช้ากว่าการใช้เกลบเป็นตัวดูดซับ เนื่องจากกลไกการดูดซับของแป้งมันสำปะหลังไม่เหมือนกับกลไกการดูดซับของเกลบ เมื่อแป้งมันสำปะหลังสัมผัสกับความชื้นของข้าวเปลือกสามารถเกาะติดอยู่กับข้าวเปลือกตากชอกพื้นผิวที่ขรุขระของข้าวเปลือกได้ ดังนั้นกลไกการดูดซับความชื้นของแป้งจึงเกิดได้ 2 กลไก พร้อม ๆ กัน คือ

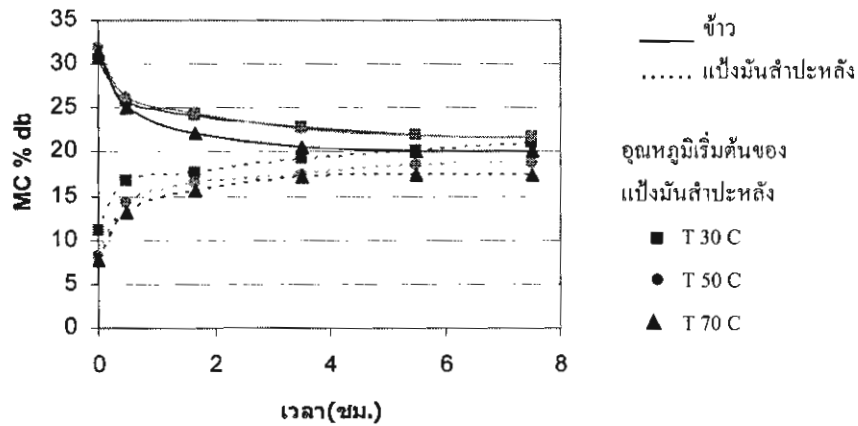
1. ความชื้นจากข้าวเปลือกถ่ายโอนไปยังอากาศภายในถังผสม และความชื้นในถังผสมถ่ายโอนไปยังแป้งมันสำปะหลัง

2. ความชื้นจากข้าวเปลือกถ่ายโอนไปยังแป้งมันสำปะหลังที่เกาะติดอยู่กับข้าวเปลือกโดยตรง
นอกจากนั้นยังพบว่า เมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังสูงขึ้น ความชื้นเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังลดลง ทำให้ความสามารถในการดูดซับความชื้นของแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้อัตราการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกสูงขึ้น

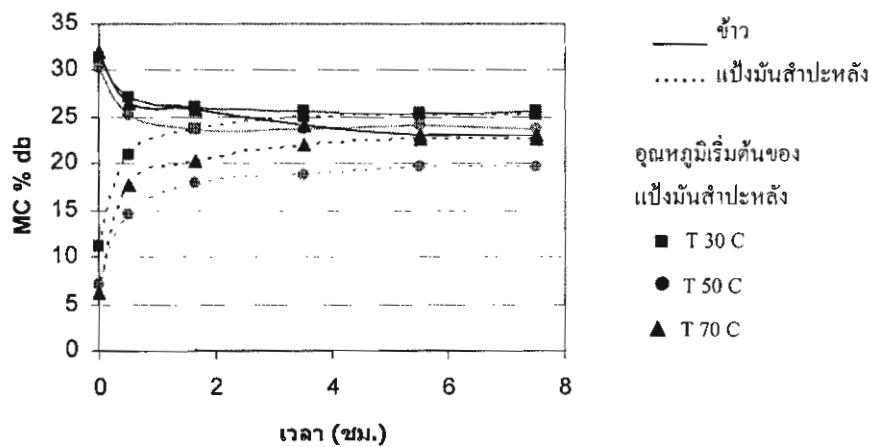
ผลการทดลองการเพิ่มขึ้นของความชื้นของแป้งมันสำปะหลังและการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกระหว่างกระบวนการดูดซับที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่ 1:0.7 โดยมวล ดังรูปที่ 4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อความชื้นของแป้งมันสำปะหลังและข้าวเปลือกมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับผลการทดลองที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่ 1:0.5 โดยมวล มีเพียงผลการทดลองที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่ 1:0.3 โดยมวล เท่านั้นที่มีแนวโน้มต่างจากข้อสรุปข้างต้น ดังรูปที่ 4.3 ซึ่งพบว่าผลการทดลองของการลดความชื้นของข้าวเปลือกที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลัง 50°C ความชื้นของข้าวเปลือกในช่วง 3 ชั่วโมงแรกของการดูดซับลดลงอย่างรวดเร็วมากเมื่อเทียบกับอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลัง 50°C ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังค่าอื่นๆ เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในถังผสมมีค่าต่ำ ดังรูปที่ 4.4 แสดงว่าอากาศภายในถังผสมแห้งกว่า เมื่ออากาศแห้งข้าวเปลือกมีความดันไอสูง (ความชื้นสูง) จึงคายความชื้นออกมาในปริมาณมากส่งผลให้อัตราการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลัง 50°C ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 3 ชั่วโมงแรกของการดูดซับ



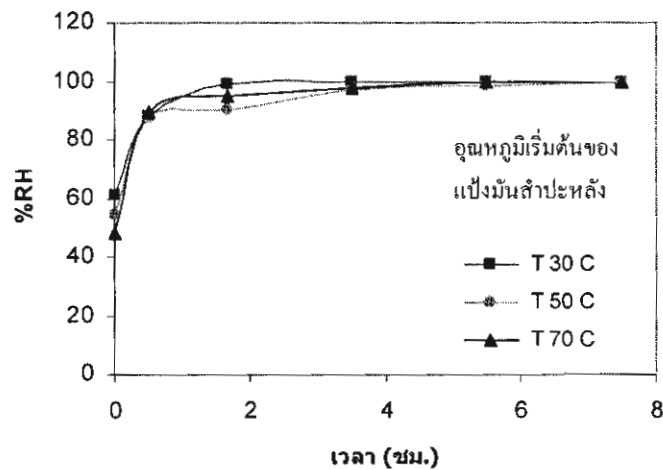
รูปที่ 4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลัง ณ เวลาต่างๆ (ที่อัตราส่วน 1:0.5 โดยมวล, อุณหภูมิ 30 50 และ 70°C)



รูปที่ 4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลัง ณ เวลาต่างๆ (ที่อัตราส่วน 1: 0.7 โดยมวล, อุณหภูมิ 30, 50 และ 70 °C)



รูปที่ 4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลัง ณ เวลาต่างๆ (ที่อัตราส่วน 1: 0.3 โดยมวล, อุณหภูมิ 30 50 และ 70 °C)

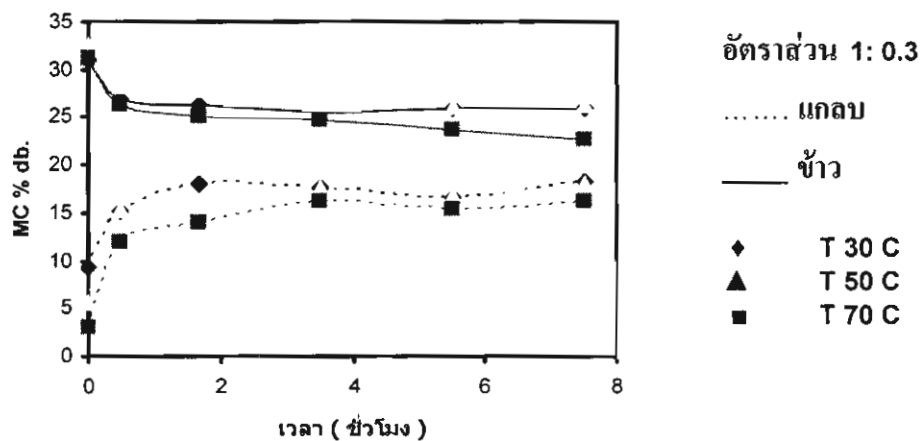


รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในถังผสมต่อเวลา (ที่อัตราส่วน 1: 0.3 โดยมวล, อุณหภูมิ 30 50 และ 70 °C)

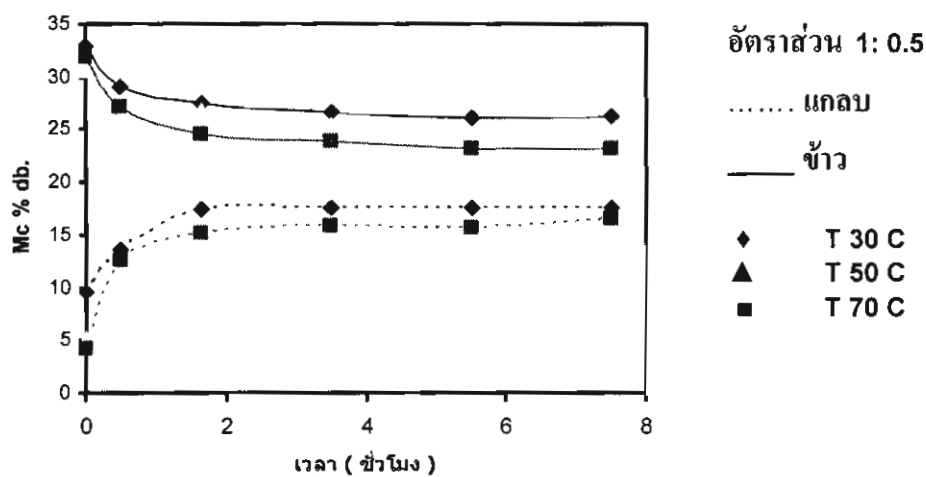
สำหรับผลการทดลองการเพิ่มขึ้นของความชื้นแกลบและการลดลงของความชื้นข้าวเปลือกระหว่างการดูดซับที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบคงที่ที่ 1: 0.3 โดยมวล ดังรูปที่ 4.5 พบว่าความชื้นของแกลบจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็ว ในช่วง 2 ชั่วโมงแรกของการดูดซับ หลังจากชั่วโมงที่ 2 จนถึงชั่วโมงที่ 8 ทั้งความชื้นของแกลบและข้าวเปลือกมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย จนถือได้ว่าความชื้นของทั้งแกลบและข้าวเปลือกเข้าสู่สภาวะสมดุล เนื่องจากช่วงแรกๆของการดูดซับ มีความแตกต่างระหว่างความชื้นแกลบกับความชื้นในอากาศภายในถังผสมและมีความแตกต่างระหว่างความชื้นข้าวเปลือกกับความชื้นในอากาศภายในถังผสมค่อนข้างสูง (หรืออีกนัยหนึ่งคือ มีความแตกต่างระหว่างความดันไอของน้ำในแกลบกับความดันไอของน้ำในอากาศ และความแตกต่างระหว่างความดันไอของน้ำในข้าวเปลือกกับความดันไอของน้ำในอากาศสูง) จึงทำให้ความชื้นของแกลบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและความชื้นของข้าวเปลือกลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเวลาในการดูดซับนานขึ้นความแตกต่างที่กล่าวข้างต้นจะมีค่าน้อยลง จนมีความแตกต่างกันน้อยมาก เกิดสภาวะสมดุลความชื้นระหว่างข้าวเปลือกกับอากาศภายในถังผสมและแกลบกับอากาศภายในถังผสม นอกจากนี้เมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบสูงขึ้น ความชื้นเริ่มต้นของแกลบลดลง ทำให้ความสามารถในการดูดซับความชื้นของแกลบสูงขึ้น สำหรับการลดลงของความชื้นข้าวเปลือก พบว่า เมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบสูงขึ้น ความสามารถในการดูดซับความชื้นของแกลบสูงขึ้น จึงส่งผลให้อัตราการลดลงของความชื้นข้าวเปลือกสูงขึ้น

ผลการทดลองการเพิ่มขึ้นของความชื้นแกลบและการลดลงของความชื้นข้าวเปลือกระหว่างการดูดซับที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบอื่นๆ คือ 1:0.5 และ 1:0.7 โดยมวล ดังรูปที่

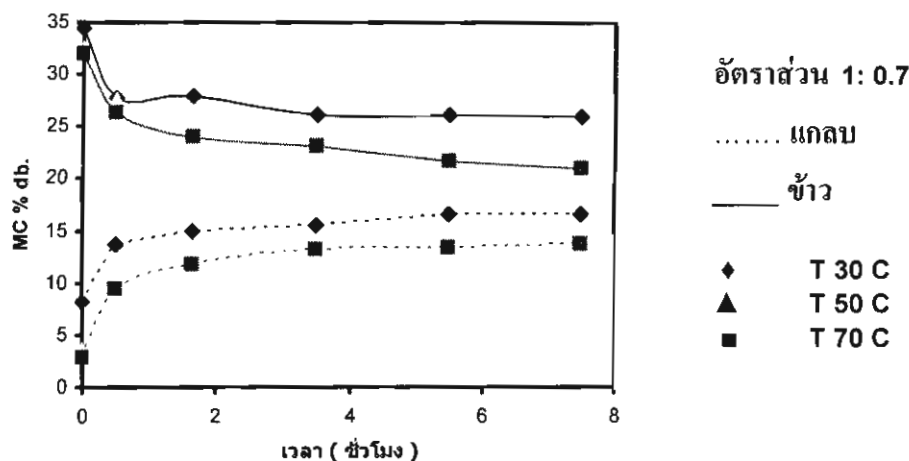
4.6 และ 4.7 ตามลำดับ อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบที่มีต่อค่าความชื้นแกลบและข้าวเปลือก มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับผลการทดลองที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบ 1:0.3



รูปที่ 4.5 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบที่มีต่อความชื้นข้าวเปลือกและแกลบระหว่างการดูดซับ (ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบ 1: 0.3 โดยมวล, อุณหภูมิ 30, 50 และ 70 °C)



รูปที่ 4.6 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบที่มีต่อความชื้นข้าวเปลือกและแกลบระหว่างการดูดซับ (ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบ 1: 0.5 โดยมวล, อุณหภูมิ 30, 50 และ 70 °C)

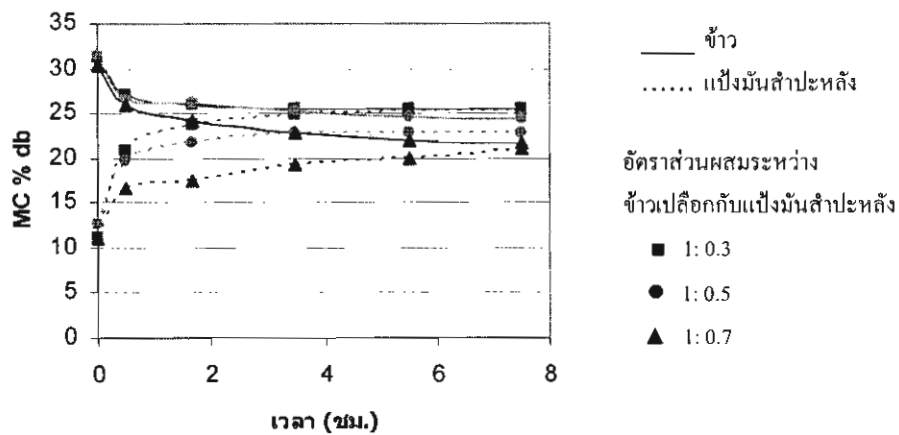


รูปที่ 4.7 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบที่มีต่อความชื้นข้าวเปลือกและแกลบระหว่างการดูดซับ (ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบ 1: 0.7 โดยมวล, อุณหภูมิ 30, 50 และ 70 °C)

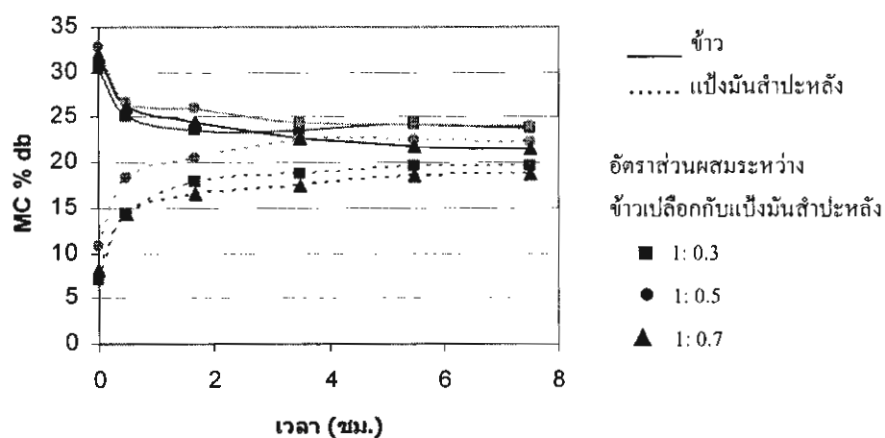
4.2 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับที่มีต่อค่าความชื้นของข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลังระหว่างการดูดซับ

การทดลองการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลัง ที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังคงที่ที่ 30 °C โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลัง คือ 1:0.3 1:0.5 และ 1:0.7 โดยมวล ดังรูปที่ 4.8 จากผลการทดลองพบว่า เมื่ออัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกสูงขึ้น เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังสูงขึ้น ทำให้มีแป้งมันสำปะหลังปริมาณมากขึ้นในขณะที่ปริมาณข้าวเปลือกคงที่ จึงทำให้ความสามารถในการดูดซับของแป้งมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกสูงขึ้นตามลำดับ

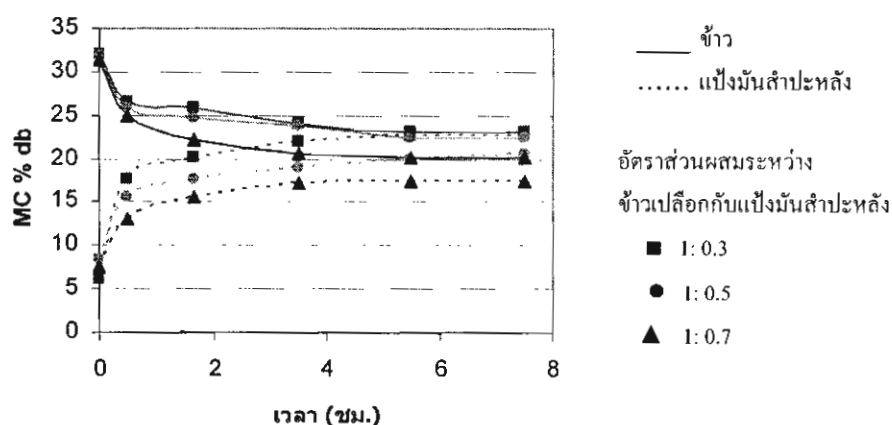
การทดลองการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลัง ที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังอื่น ๆ คือ 50 °C และ 70 °C แสดงดังรูปที่ 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลัง มีแนวโน้มเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับผลการทดลองที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลัง 30 °C



รูปที่ 4.8 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลัง ณ เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 °C

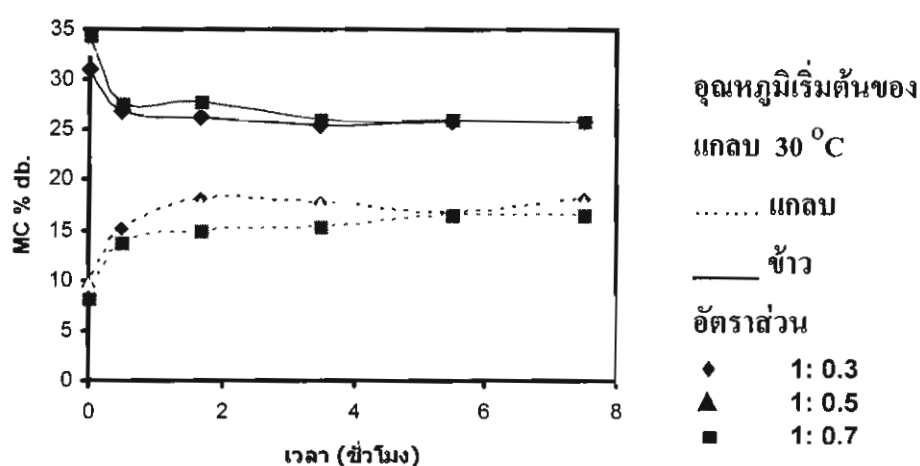


รูปที่ 4.9 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลัง ณ เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 50 °C



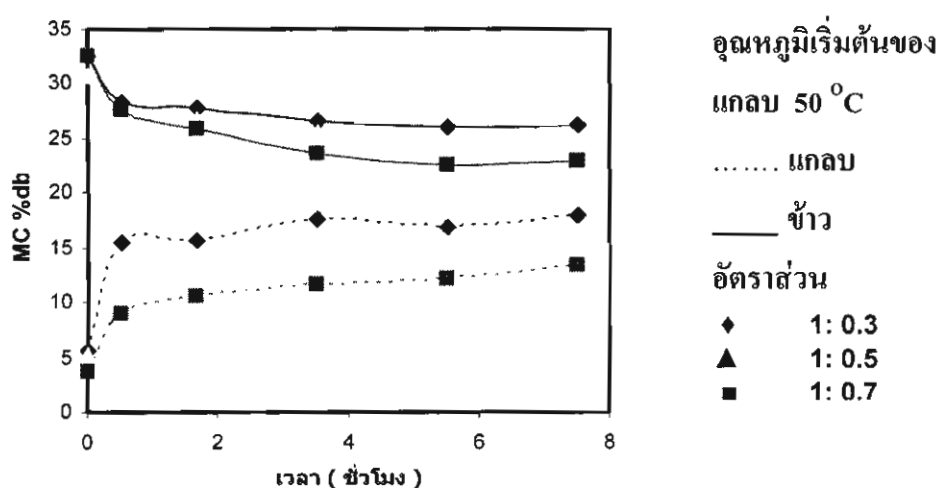
รูปที่ 4.10 อิทธิพลของอัตราส่วนระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลัง ณ เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 70 °C

สำหรับการทดลองการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบ จากรูปที่ 4.11 เป็นการดูค่าความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้แกลบเป็นตัวกลางในการดูค่า ที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบคงที่ที่ 30 °C โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบแตกต่างกัน คือ 1:0.3, 1:0.5 และ 1:0.7 โดยมวล จากผลการทดลองพบว่า การดูค่าที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบสูงสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกได้เร็วกว่าการดูค่าที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบ

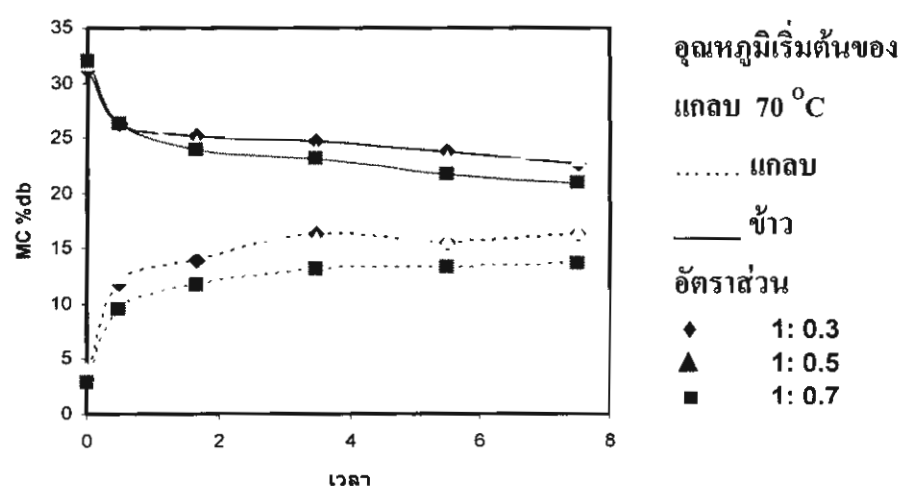


รูปที่ 4.11 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบที่มีต่อความชื้นข้าวเปลือกและแกลบระหว่างการดูค่า ที่อุณหภูมิ 30 °C

ต่ำ (ความชันของเส้นกราฟชันกว่า) เนื่องจากอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบเพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มปริมาณแกลบที่ใช้ในขณะที่ปริมาณข้าวคงที่ จึงทำให้ความสามารถในการดูดซับความชื้นสูงขึ้น การทดลองการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบอื่นๆ คือ 50°C และ 70°C แสดงดังรูปที่ 4.12 และ 4.13 ตามลำดับ อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบ มีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับผลการทดลองที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบ 30°C



รูปที่ 4.12 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบที่มีต่อความชื้นข้าวเปลือกและแกลบระหว่างการดูดซับ ที่อุณหภูมิ 50°C



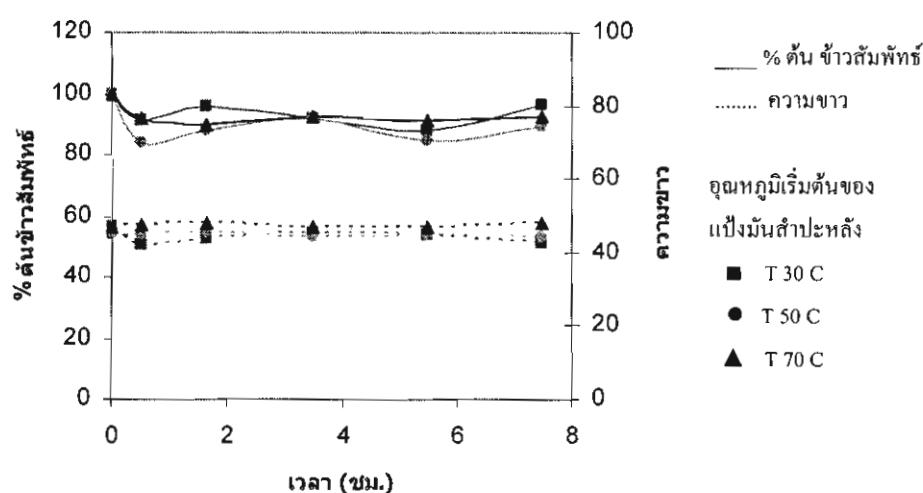
รูปที่ 4.13 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบที่มีผลต่อความชื้นข้าวเปลือกและแกลบระหว่างการดูดซับ ที่อุณหภูมิ 70°C

4.3 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับที่มีต่อค่าร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาว

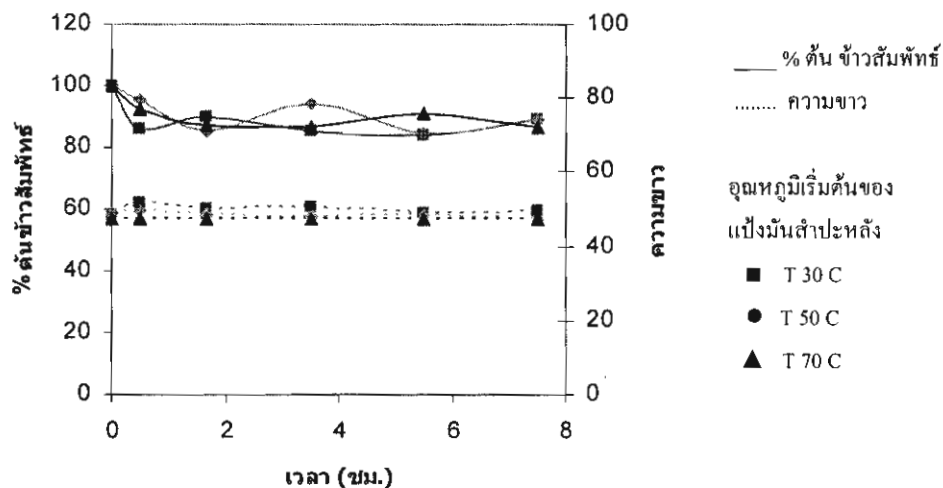
ร้อยละต้นข้าวอ้างอิงจากการทดลองส่วนใหญ่อยู่ในช่วงประมาณ 25 ซึ่งมีค่าต่ำมาก เนื่องจากข้าวเปลือกที่นำมาทำการทดลองผ่านการอบแห้งมาแล้วและมีค่าความชื้นต่ำ ประมาณ 12 % d.b. เมื่อนำมา rewet ให้ได้ความชื้น 33 %d.b. ซึ่งเป็นความชื้นที่ค่อนข้างสูง จึงส่งผลให้เกิดการแตกหักสูง ร้อยละต้นข้าวอ้างอิงมีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้นผลการทดลองที่ได้จึงคำนวณเป็นร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์

ผลการทดสอบคุณภาพของข้าวสาร ได้แก่ ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ และความขาว ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังครั้งที่ 1:0.3 โดยมวล โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังแตกต่างกัน คือ 30 °C 50 °C และ 70 °C แสดงดังรูปที่ 4.14 จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังไม่มีผลต่อค่าร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ และเมื่อระยะเวลาในการดูดซับเพิ่มขึ้นร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ลดลงเล็กน้อยอยู่ในช่วงแคบๆ ส่วนผลของค่าความขาวพบว่า ความขาวที่ได้ในทุกๆ เงื่อนไขการทดลองมีค่าแตกต่างจากความขาวอ้างอิง (ประมาณ 46.8) เล็กน้อย เนื่องจากที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังตั้งแต่ 30-70 °C มีอุณหภูมิของอากาศภายในถังผสมสูงไม่เกิน 45 °C ซึ่งไม่น่าจะมีอิทธิพลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ และความขาว

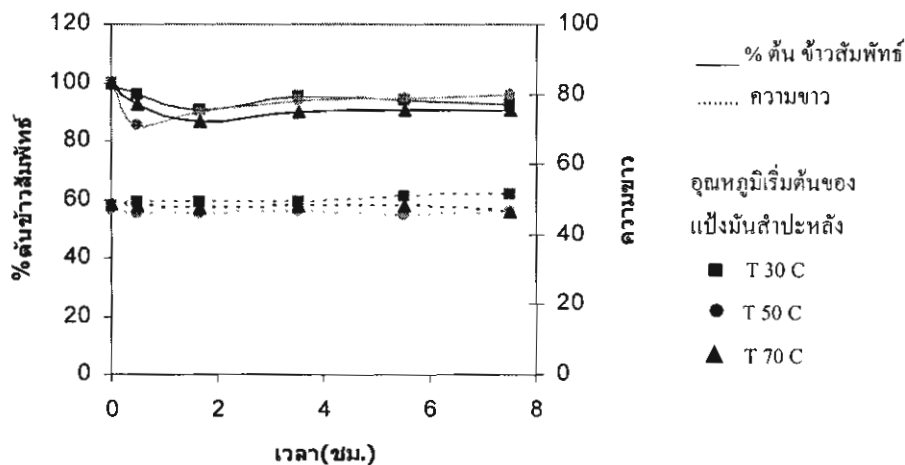
ผลการทดลองของการลดความชื้นของข้าวเปลือกโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวดูดซับในกรณีที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังอื่นๆ คือ 1: 0.5 และ 1: 0.7 โดยมวล แสดงดังรูปที่ 4.15 และ 4.16 ตามลำดับ พบว่าอิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อค่าร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาวมีแนวโน้มเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับผลการทดลองที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลัง 1: 0.3 โดยมวล



รูปที่ 4.14 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ และความขาว ณ เวลาต่างๆ ณ เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วน 1: 0.3 โดยมวล



รูปที่ 4.15 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีผลต่อร้อยละดันข้าวสับพัทธ์ และความขาว ณ เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วน 1: 0.5 โดยมวล



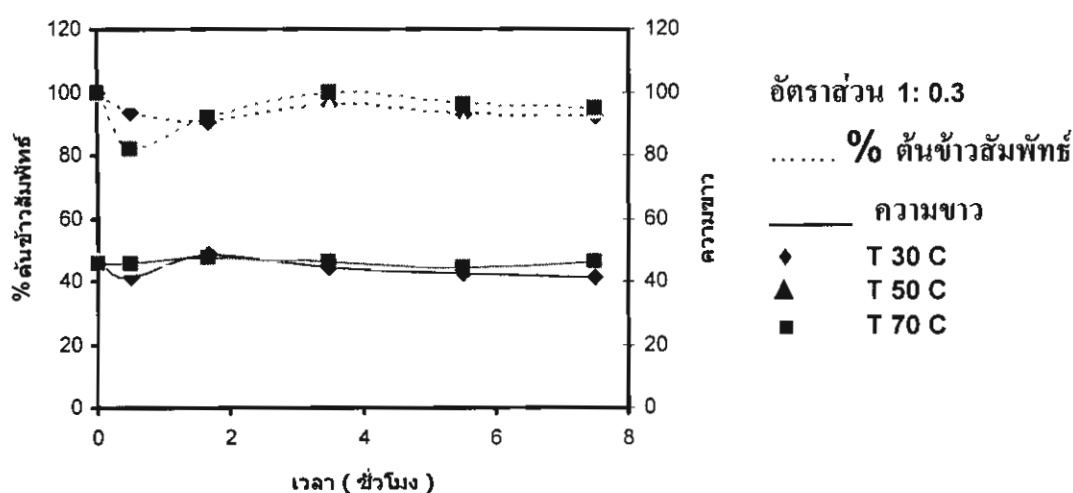
รูปที่ 4.16 อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลังที่มีผลต่อร้อยละดันข้าวสับพัทธ์ และความขาว ณ เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วน 1: 0.7 โดยมวล

สำหรับการทดลองลดความชื้นของข้าวเปลือกโดยใช้เกลบเป็นตัวดูดซับ ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับเกลบ 1:0.3 โดยมวล ดังรูปที่ 4.17 โดยที่อุณหภูมิเริ่มต้นของเกลบคือ 30 , 50 และ 70 °C เมื่อนำไปทดสอบหาสมบัติทางกายภาพคือ ร้อยละดันข้าวสับพัทธ์และความขาว พบว่า

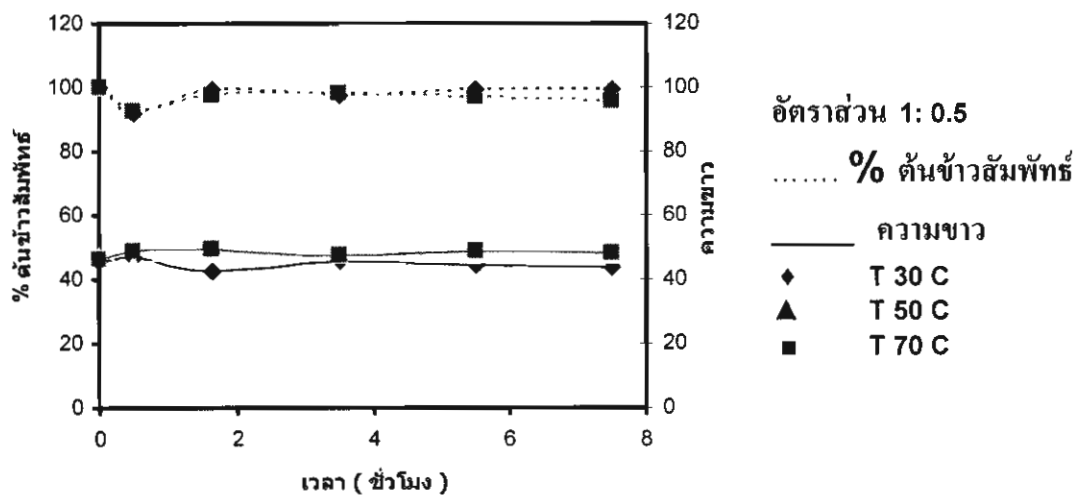
อิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบที่มีต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์คือ เมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบสูงขึ้น ไม่มีผลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ และเมื่อระยะเวลาในการดูดซับเพิ่มขึ้น ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ลดลงเล็กน้อย (ร้อยละต้นข้าวอ้างอิง 25)

ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบที่ 1:0.7 โดยมวล ดังรูปที่ 4.19 มีแนวโน้มเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบที่ 1:0.3 โดยมวล มีเพียงผลการทดลองที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบที่ 1:0.5 โดยมวล และอุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบ 50 °C เท่านั้นที่ได้ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ต่ำกว่าที่การทดลองเงื่อนไขอื่นๆ แสดงดังรูปที่ 4.18 ทั้งนี้ อาจจะมีสาเหตุมาจากการ rewet ข้าว ซึ่งอาจทำให้เมล็ดข้าวเกิดการแตกหักในปริมาณสูง จึงส่งผลให้ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์สำหรับการทดลองนี้ค่อนข้างต่ำ

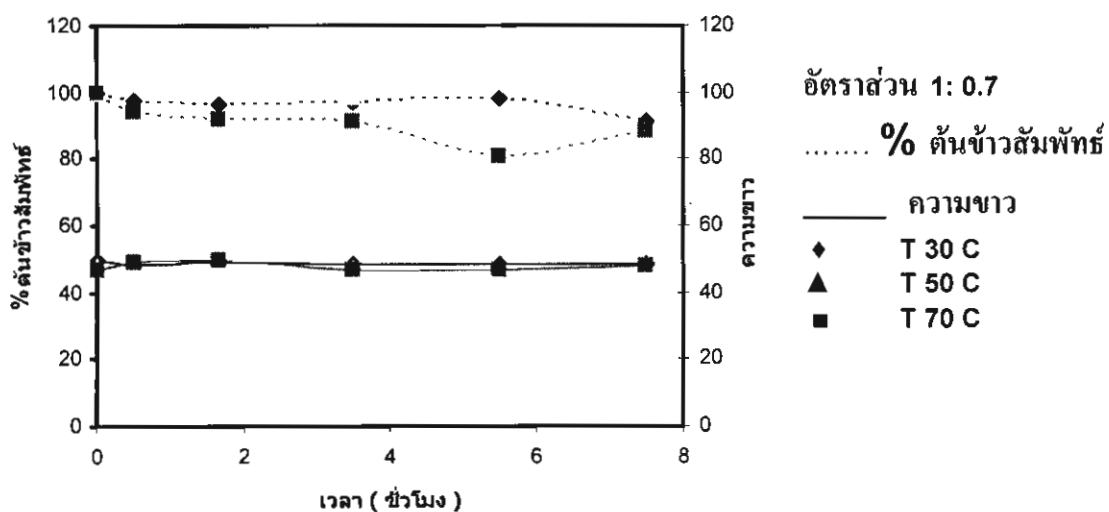
ส่วนผลของค่าความขาวที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบอื่นๆ คือ 1:0.3 , 1:0.5 และ 1:0.7 โดยมวล ที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบ 30 , 50 และ 70 °C พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบที่สูงขึ้น ไม่มีผลต่อค่าความขาว และแต่ละเงื่อนไขการทดลองมีค่าแตกต่างจากค่าความขาวอ้างอิงเล็กน้อย (ความขาวอ้างอิง 46.7) แสดงดังรูปที่ 4.17 , 4.18 และ 4.19 ตามลำดับ



รูปที่ 4.17 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ ที่เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบ 1: 0.3 โดยมวล



รูปที่ 4.18 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ ที่เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบ 1: 0.5 โดยมวล

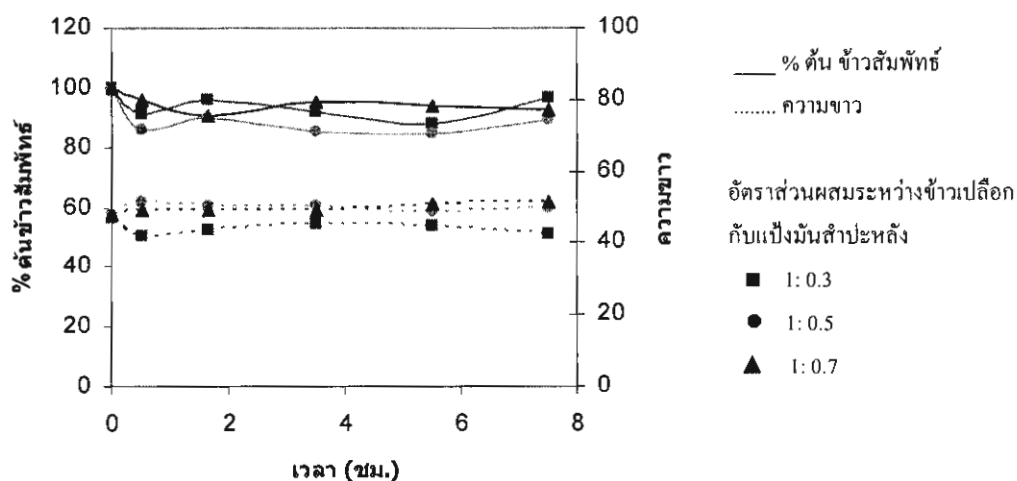


รูปที่ 4.19 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ ที่เวลาต่างๆ ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแกลบ 1: 0.7 โดยมวล

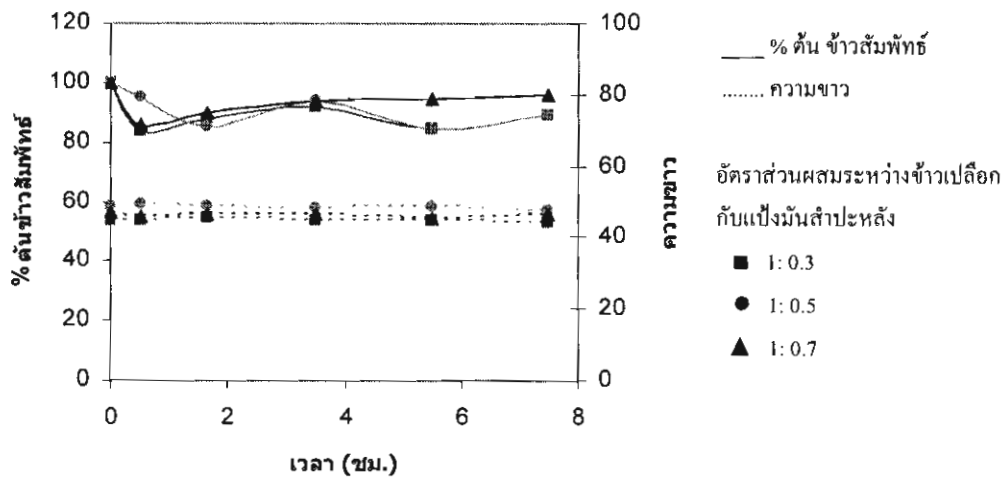
4.4 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับที่มีต่อค่าร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาว

อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีผลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาวในระหว่างการลดความชื้นของข้าวเปลือกโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวดูดซับ ที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลัง 30°C โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังแตกต่างกัน คือ 1:0.3 1:0.5 และ 1:0.7 โดยมวล แสดงดังรูปที่ 4.20 จากผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลัง ไม่มีอิทธิพลต่อค่าร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ที่ได้มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อระยะเวลาในการทดลองเพิ่มขึ้น ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ลดลงเล็กน้อยอยู่ในช่วงแคบๆ ส่วนผลของค่าความขาวของข้าวที่ได้ในทุกๆ เงื่อนไขการทดลองมีค่าแตกต่างจากความขาวอ้างอิง (ประมาณ 46.8) เล็กน้อย เนื่องจากอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ในการดูดซับ จึงน่าจะส่งผลต่อการลดลงของความชื้นข้าวเปลือกเท่านั้น ไม่น่าจะส่งผลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาว

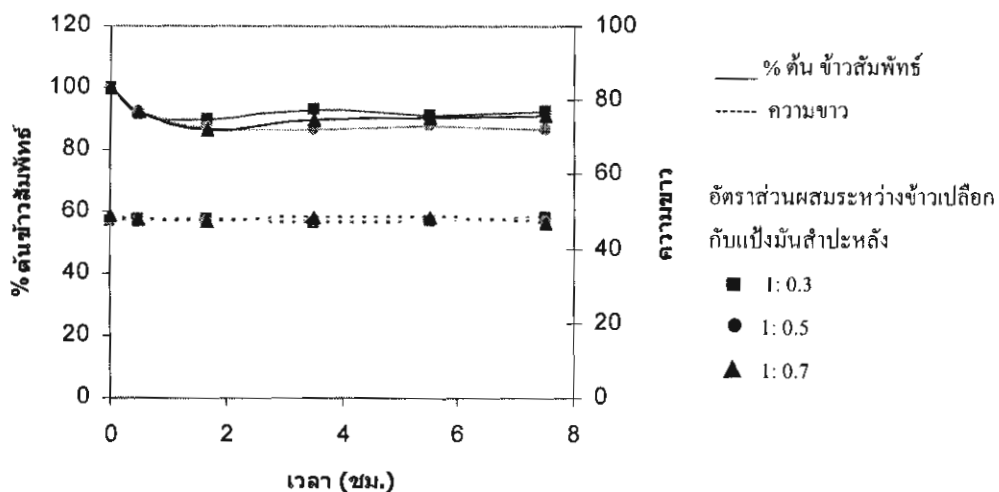
การทดลองการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลัง อื่นๆ คือ 50 และ 70°C แสดงดังรูปที่ 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ พบว่าอิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาวมีแนวโน้มเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับผลการทดลองที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแป้งมันสำปะหลัง 30°C



รูปที่ 4.20 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาว ณ เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30°C



รูปที่ 4.21 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อร้อยละต้นข้าวสั้มพัทธ์ และความขาว ณ เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 50 °C

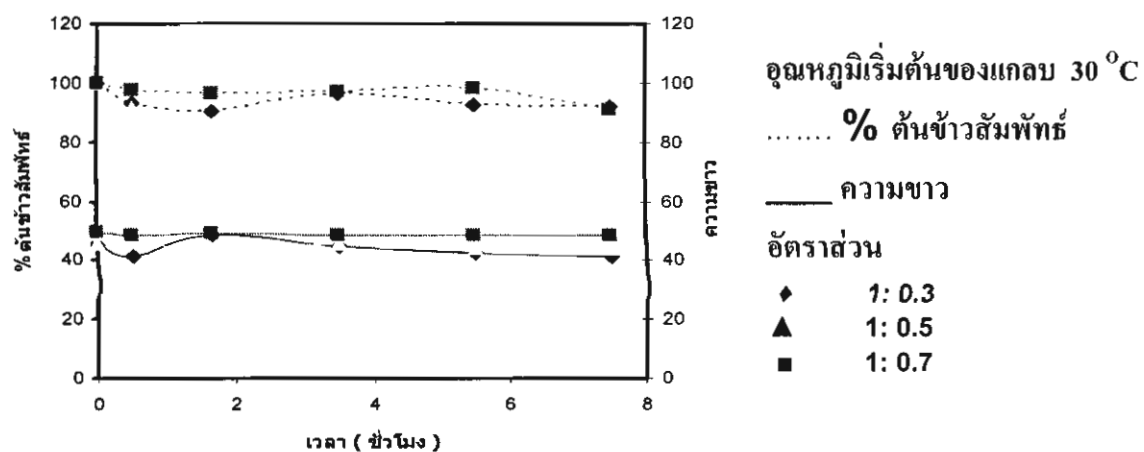


รูปที่ 4.22 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อร้อยละต้นข้าวสั้มพัทธ์และความขาว ณ เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 70 °C

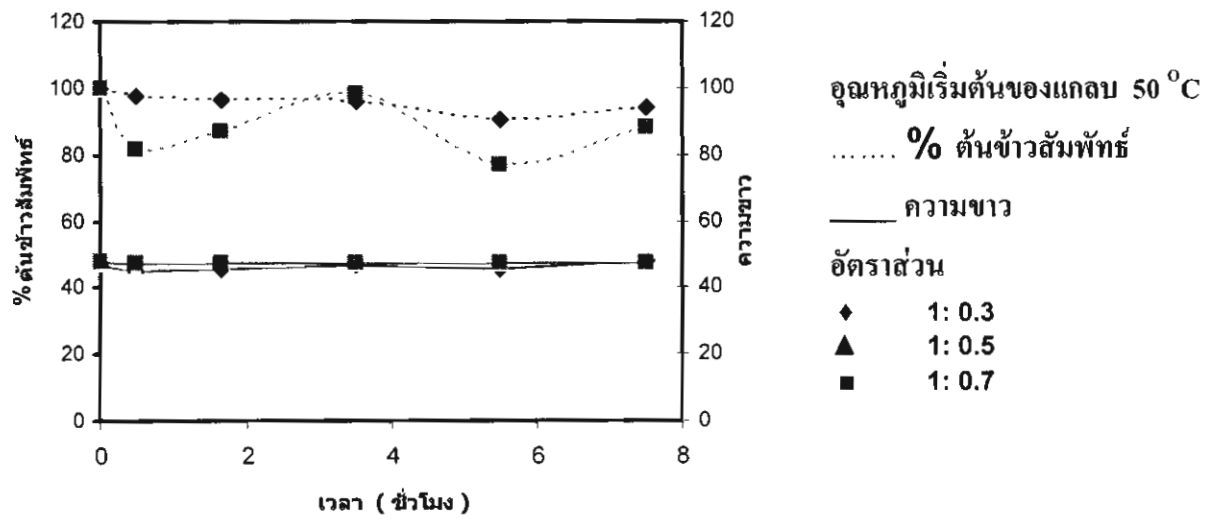
สำหรับการทดลองการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับเกลบ จากรูปที่ 4.23 เป็นการดูดัชนีความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้เกลบเป็นตัวดูดัชนี ที่อุณหภูมิเริ่มต้นของเกลบคงที่ที่ 30 °C โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับเกลบต่างกันคือ 1:0.3 , 1:0.5 และ 1:0.7 โดยมวล เมื่อนำไปทดสอบหาสมบัติทางกายภาพคือ ร้อยละต้นข้าวสั้มพัทธ์และความขาว จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับเกลบสูงขึ้น ไม่มีผลต่อร้อยละต้นข้าวสั้มพัทธ์ และเมื่อระยะเวลาในการดูดัชนีเพิ่มขึ้น ร้อยละต้นข้าวสั้มพัทธ์ลดลงเล็กน้อย (ร้อยละต้นข้าวอ้างอิง 25)

สำหรับการทดลองที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบ 70°C แสดงดังรูปที่ 4.25 อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบ ไม่มีอิทธิพลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ เช่นเดียวกับอุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบ 30°C มีเพียงการทดลองที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบ 50°C ที่อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบที่ 1:0.5 โดยมวล ได้ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ต่ำกว่าที่การทดลองเงื่อนไขอื่นๆ แสดงดังรูปที่ 4.24 ทั้งนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากการ rewet ข้าว อาจจะทำให้เมล็ดข้าวเกิดการแตกหักในปริมาณมาก จึงส่งผลให้ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ที่เงื่อนไขนี้ค่อนข้างต่ำ

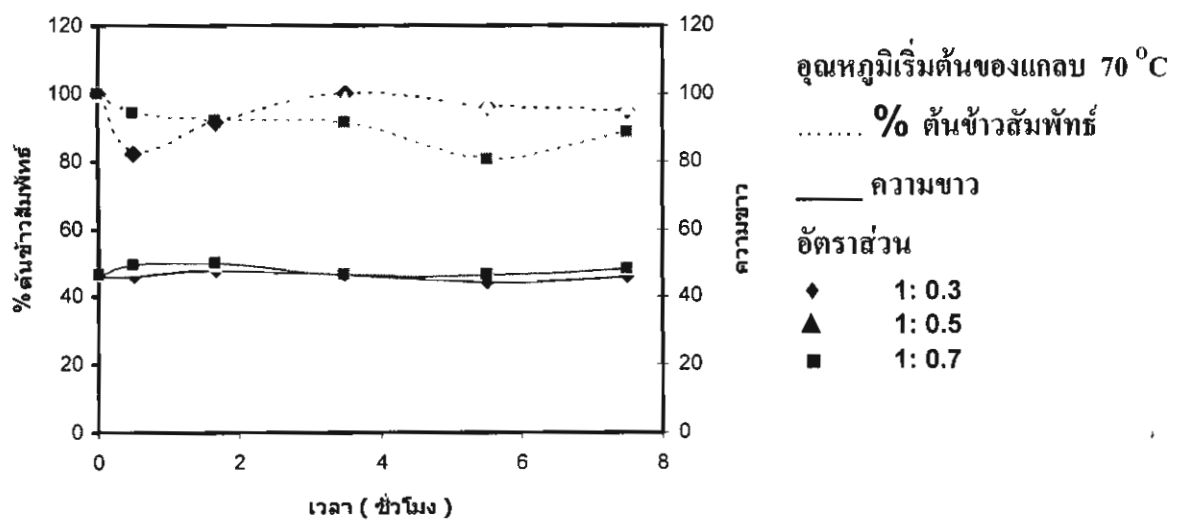
ส่วนผลของค่าความขาวต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับแกลบ ที่อุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบอื่นๆ คือ 30°C , 50°C และ 70°C แสดงดังรูปที่ 4.23, 4.24 และ 4.25 ตามลำดับพบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นของแกลบที่สูงขึ้นไม่มีอิทธิพลต่อค่าความขาว และแต่ละเงื่อนไขการทดลองมีค่าแตกต่างจากค่าความขาวอ้างอิงเล็กน้อย (ความขาวอ้างอิง 46.7)



รูปที่ 4.23 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมที่มีต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ ที่เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30°C



รูปที่ 4.24 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมที่มีต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ ที่เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 50 °C



รูปที่ 4.25 อิทธิพลของอัตราส่วนผสมที่มีต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์ ที่เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 70 °C

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อศึกษาการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและแกลบเป็นตัวกลางในการดูดซับ ได้ทำการลดความชื้นข้าวที่มีความชื้นเริ่มต้น 33 %d.b. โดยเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับและค่าอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับ ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. อุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับสูงขึ้น ตัวดูดซับมีความชื้นเริ่มต้นต่ำ ทำให้อัตราการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกสูง และอิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับ ไม่มีผลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาว เนื่องจากอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับสูงขึ้น ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาวในแต่ละเงื่อนไขการทดลองมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย

2. อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับสูงขึ้น ทำให้อัตราการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกสูงขึ้น เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับสูงขึ้น ทำให้มีตัวดูดซับปริมาณมากขึ้นในขณะที่ปริมาณข้าวเปลือกคงที่ ส่งผลให้อัตราการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกสูงขึ้นตามลำดับ และอิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับ ไม่มีผลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาว เนื่องจากอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและตัวดูดซับสูงขึ้น ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาวในแต่ละเงื่อนไขการทดลองมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อศึกษาการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและแกลบเป็นตัวกลางในการดูดซับ ได้ทำการลดความชื้นข้าวที่มีความชื้นเริ่มต้น 33 %d.b. โดยเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับและค่าอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับ ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. อุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับสูงขึ้น ตัวดูดซับมีความชื้นเริ่มต้นต่ำ ทำให้อัตราการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกสูง และอิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับไม่มีผลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาว เนื่องจากอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวดูดซับสูงขึ้น ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาวในแต่ละเงื่อนไขการทดลองมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย

2. อัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับสูงขึ้น ทำให้อัตราการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกสูงขึ้น เนื่องจากเมื่ออัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับสูงขึ้น ทำให้มีตัวดูดซับปริมาณมากขึ้นในขณะที่ปริมาณข้าวเปลือกคงที่ ส่งผลให้อัตราการลดลงของความชื้นของข้าวเปลือกสูงขึ้นตามลำดับ และอิทธิพลของอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกกับตัวดูดซับไม่มีผลต่อร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาว เนื่องจากอัตราส่วนผสมระหว่างข้าวเปลือกและตัวดูดซับสูงขึ้น ร้อยละต้นข้าวสัมพัทธ์และความขาวในแต่ละเงื่อนไขการทดลองมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย

เอกสารอ้างอิง

1. กิตติศักดิ์ วัฒนันทกิตต์, 2546, การอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เกลบเป็นตัวกลางในการดูดซับ, การศึกษาปัญหาพิเศษ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
2. A.H. Al-Muhtaseb, W.A.M. McMinn and T.R.A. Magee, "Water sorption isotherms of satarch powders Part 1: mathematical description of experimental data", Food engineering 61, 2004, pp.297-307
3. A. Ibarz, C. gonzalez and G.V. Barbosa-Canovas, "Kinetic model for water adsorption and cooking time in chickpea soaked and treated by high pressure", Food engineering 63, 2004, pp. 467-472
4. A.D. Roman-Gutierrez, Z. Guilbert and B. Cuq, "Distribution of water between wheat flour Components: A dynamic water vapour adsorption study", Cereal Science 36, 2002, pp. 347-355

Output จากโครงการที่ได้รับทุนวิจัย

1. กิติพร ไร่ขาม, สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์ การศึกษาการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้แกลบเป็นตัวดูดซับ การประชุมทางวิชาการ “มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย” ครั้งที่ 1 วันที่ 1-2 กันยายน 2548 โรงแรมดักกลีตา จังหวัดมหาสารคาม
2. พรณี ยางโว, สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์ การศึกษาการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวกลางในการดูดซับ การประชุมทางวิชาการ “มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย” ครั้งที่ 1 วันที่ 1-2 กันยายน 2548 โรงแรมดักกลีตา จังหวัดมหาสารคาม
3. กิติพร ไร่ขาม, สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์ การศึกษาการลดความชื้นข้าวเปลือกแบบหลายขั้นตอนโดยใช้แกลบเป็นตัวดูดซับ การประชุมทางวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 วันที่ 21-22 มกราคม 2549 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม
4. พรณี ยางโว, สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์ การศึกษาการลดความชื้นข้าวเปลือกแบบหลายขั้นตอนโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวกลางในการดูดซับ การประชุมทางวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 วันที่ 21-22 มกราคม 2549 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม