สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ศึกษาการอบแห้งพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด

Study on White Pepper Drying by Fluidized Bed Technique

โดย

นายบุญเลิศ อิ่วสกุล

นางสาววรรณวิไล วิเศษชัย

นางสาวสมสิริ สมคิดสรรพ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....36734
วัน, เดือน, ปี.....28 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ศึกษาการอบแห้งพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด

Study on White Pepper Drying by Fluidized bed Technique

ผู้จัดทำ

1. นายบุญเลิศ อิ่วสกุล
2. นางสาววรรณวิไล วิเศษชัย
3. นางสาวสมสิริ สมคิดสรรพ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาการอบแห้งพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด

นายบุญเลิศ อิ่วสกุล
นางสาววรรณวิไล วิเศษชัย
นางสาวสมสิริ สมคิดสรรพ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาทิป รัตนภาสกร
(อาจารย์ที่ปรึกษา)
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ศึกษาการอบแห้งพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดในเครื่องอบทดลอง ที่มีอัตราการเวียนกลับของลมร้อน 90 % ความเร็วลมร้อน 16 เมตรต่อวินาที มีความสูงของเบด 5 ซม. เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อคุณภาพพริกไทยขาว ได้แก่ปริมาณสารส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย , ปริมาณน้ำมันระเหย และปริมาณพิเพอรีน ตัวแปรที่ศึกษาผลกระทบ คือ อุณหภูมิ 3 ระดับ (90 , 100 , 110 องศาเซลเซียส) และเวลาที่ใช้อบแห้ง 3 ระดับ (4 , 6 , 8 นาที)

ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิและเวลาที่ใช้อบแห้งมีผลกระทบต่อคุณภาพของพริกไทยขาว กล่าวคือเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาอบแห้งนานขึ้นคุณภาพของพริกไทยขาวลดลง เมื่อพิจารณาคุณภาพและปริมาณความชื้นต่ำสุดของพริกไทยขาวพบว่า สภาวะที่ดีที่สุดสำหรับการอบแห้ง คือ ที่อุณหภูมิลมร้อน 90 องศาเซลเซียสและเวลาอบแห้ง 6 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on White Pepper Drying by Fluidized bed Technique

Mr. Boonlerd Aiwsakul
Miss Wanwilai Visetchai
Miss Somsiri Somkidsan
Assistant Professor Satip Ratanapaskorn
(Adviser)
1999

Abstract

High moisture white pepper beans were used in the fluidized bed experiment dryer at fixed hot-air recirculated of 90% , air velocity 16 m/s and fixed bed in drying chamber was 5 cm to evalute the effect of process variables in drying on quality such as extraction whit non-volatile ether content , volatile oil content and piperine content (the pungent compounds). Three levels of air temperatures (90 , 100 , 110 $^{\circ}$C) and three levels drying times (4 , 6 , 8 min) were the variable considered in the experiments.

Results showed that both air temperature and drying time had significant effect on quality. High air temperatures and drying times were significantly reduced quality. Considering , the lowest moisture content and quality the best condition for drying was 90 $^{\circ}$C air temperature and 6 min drying time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูปภาพ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำและวัตถุประสงค์	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพริกไทย	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.3 ทฤษฎี	8
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	11
3.1 การเตรียมตัวอย่าง	11
3.2 เครื่องอบแห้งทดลองสำหรับพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด	11
3.3 อุปกรณ์การทดลอง	13
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	13
3.5 การตรวจสอบคุณภาพของพริกไทย ตามมาตรฐาน ISO 6571 และ ISO 5564	15
3.6 การวางแผนการทดลอง	24
3.7 สมมติฐาน	24
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	25
4.1 ผลการทดลอง	25
4.2 สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด	31
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	32
5.1 สรุปผลการทดลอง	32
5.2 ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. 37
ภาคผนวก ข. 39
ภาคผนวก ค. 41
กิตติกรรมประกาศ 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง	8
รูปที่ 3.1 ชุดเครื่องอบแห้งทดลองสำหรับพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด	12
รูปที่ 3.2 ชุดอุปกรณ์การวิเคราะห์หาปริมาณสารส่วนที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ซึ่งไม่ระเหย	16
รูปที่ 3.3 ชุดอุปกรณ์การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันระเหย	19
รูปที่ 3.4 ชุดอุปกรณ์ควบแน่น (condenser system)	20
รูปที่ 3.5 ชุดอุปกรณ์การวิเคราะห์หาปริมาณพิเพอรีน	23
รูปที่ 4.1 ระดับความแตกต่างของปริมาณส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย	26
รูปที่ 4.2 ระดับความแตกต่างของปริมาณน้ำมันระเหย	28
รูปที่ 4.3 ระดับความแตกต่างของปริมาณพิเพอรีน	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของพริกไทยเมล็ด	4
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและความแตกต่างทางสถิติของปริมาณส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย	25
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและความแตกต่างทางสถิติของปริมาณน้ำมันระเหย	27
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยและความแตกต่างทางสถิติของปริมาณพิเพอรีน	29
ตารางภาคผนวก ก. ผลการทดลอง	37
ตารางภาคผนวก ข. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล	39
ตารางภาคผนวก ค. ปริมาณความชื้นหลังอบแห้งของพริกไทยขาว	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำและวัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.1 บทนำ

พริกไทยจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย คนไทยนิยมใช้การบริโภค ในทางอาหารใช้แต่งกลิ่น นำไปทำเครื่องดื่ม บรั่นดี เนยแข็ง สามารถถนอมอาหารบางชนิด เพื่อกระตุ้นปุ่มรับรสที่ลิ้น ทางยามีสรรพคุณใช้ในการขับลม ขับเหงื่อ ขับปัสสาวะ ระงับอาการปวดท้อง อาหารไม่ย่อย ช่วยในการไหลเวียนโลหิต ป้องกันลมอัมพฤษพ์ บำรุงธาตุ ปวดประจำเดือน แก้ท้องอืด ปัจจุบันเริ่มนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์เสริมความงาม เนื่องจากพริกไทยยังมีคุณสมบัติในการละลายไขมันอีกด้วย

กรรมวิธีการผลิตพริกไทย [1] มีขั้นตอนที่จะต้องทำแห้งอยู่ด้วย วิธีดั้งเดิมนั้นใช้วิธีตากแดดบนลานซีเมนต์หรือเสื่อลำแพน ซึ่งมีการปนเปื้อนของฝุ่นละอองไม่ถูกหลักอนามัย และยังต้องใช้เวลานานประมาณ 4-5 วัน ทั้งยังต้องขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ ที่ไม่สามารถทำได้ในวันที่ฝนตก ทำให้ไม่เหมาะสมกับการผลิตในทางอุตสาหกรรม จึงได้มีการพัฒนาการทำแห้งพริกไทยขาวให้ทันสมัยขึ้น ถูกหลักอนามัยและใช้เวลาน้อยลง คือ ใช้การอบแห้งแทนการตากแดด โดยการอบแห้งพริกไทยขาวนั้นมีหลายวิธี เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดเป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ เพื่อให้เมล็ดพริกไทยขาวได้รับความร้อนสม่ำเสมอกัน และเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวของการรับความร้อนทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยลง แต่ในปัจจุบันยังไม่ได้มีการศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่จะใช้ในการอบแห้งพริกไทยขาว โดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด และไม่ทำให้พริกไทยขาวที่ผ่านการอบแห้ง มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด และมีความชื้นสุดท้ายอยู่ในช่วงที่ต้องการ ดังนั้น จึงสมควรที่จะมีการศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งพริกไทยขาว โดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อใช้เป็นแนวทางในการอบแห้งพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งใช้อุณหภูมิและเวลาอบแห้งเหมาะสม ไม่ทำให้พริกไทยขาวเสียคุณภาพ โดยมีจุดประสงค์หลักดังนี้

1. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งใช้ความเร็วลมร้อน 16 เมตร/วินาที มีปัจจัยที่จะทำการศึกษาดังนี้

1.1 อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง 3 ระดับ คือ 90 , 100 และ 110 องศาเซลเซียส

1.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 3 ระดับ คือ 4 , 6 และ 8 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิเคราะห์คุณภาพของพริกไทยหลังการอบแห้ง ซึ่งวิเคราะห์หาปริมาณสาร 3 อย่าง คือ ปริมาณน้ำมันที่ระเหย , ปริมาณพิเพอรีน และปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพริกไทย

แหล่งปลูกพริกไทยที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ คือ ที่จังหวัดจันทบุรี โดยเฉพาะอำเภอท่าใหม่ นอกจากที่จังหวัดจันทบุรีแล้ว ยังปลูกมากในจังหวัดใกล้เคียง ได้แก่ ระยอง ตราด และหลาย ๆ จังหวัดในภาคใต้ เช่น กระบี่ ตรัง นราธิวาส พังงา ฯลฯ [1]

พริกไทยเป็นเถาไม้เลื้อยที่มีอายุยืนและแตกกิ่งก้านสาขามากมาย ลำต้นเป็นข้อ ๆ คล้ายต้นพลู มีรากขนาดเล็ก ออกมาตามข้อทุกข้อ สำหรับเกาะจับตามต้นไม้หรือไม้ค้าง ส่วนรากที่หยั่งลงสู่พื้นดินมีขนาดใหญ่ประมาณ 3-6 ราก แต่ละรากมีรากฝอยมากมาย ใบมีขนาดเล็กสีเขียวสด ดอกมีขนาดเล็กออกเป็นช่อ ดอกจะบานอยู่ประมาณ 5-7 วัน ผลค่อนข้างกลม เรียงบิดตัวกันอย่างหนาแน่นอยู่กับแกนของช่อ ขณะที่ผลอ่อนจะมีสีเขียวอ่อนและสีจะเข้มขึ้นตามอายุของผล ผลอ่อนที่อายุไม่เกินหนึ่งเดือน เมื่อบีบจะแตกออก ภายในผลจะมีลักษณะขุ่นข้นคล้ายนมสด ต่อมาเมื่อมีอายุได้ประมาณ 5 เดือน ผิวของผลจะมีลักษณะเป็นมันเงาและเปลี่ยนเป็นสีเขียวปนเหลือง ครั้นผลแก่สุกเต็มที่จะมีสีสันหรือสีแดง เมื่อผลแห้งจะเป็นสีดำ ผลจะสุกไม่พร้อมกันทั้งช่อ เมื่อผลสุกจะร่วงหล่นไป เมื่อนำผลสุกมาขยี้เปลือกจะหลุดออกง่าย ภายในผลหนึ่ง ๆ จะมี 1 เมล็ด ส่วนเมล็ด โดยทั่วไปจะมีสีขาวนวล มีลักษณะแข็ง รูปร่างค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-4 มิลลิเมตร ภายในเมล็ดมีต้นอ่อนขนาดเล็กอยู่ เมล็ดมีกลิ่นเฉพาะตัว มีกลิ่นฉุนและมีรสเผ็ด เมล็ดจะสุกไม่สม่ำเสมอกัน

การเก็บเกี่ยวพริกไทยในประเทศไทย นิยมทยอยเก็บตามความแก่ของพริกไทย เพื่อใช้ทำพริกไทยขาวและพริกไทยดำ เมื่อปลูกพริกไทยได้ประมาณ 3 ปี จะออกดอกติดผลได้ และแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ประมาณ 6-7 เดือนต่อมา การเก็บเกี่ยวพริกไทยให้สังเกตจากสีของเมล็ดคือ เมล็ดเริ่มมีสีเหลืองและสีแดงรวงละ 3-4 เมล็ด วิธีการเก็บให้เก็บทั้งรวง แต่พริกไทยจะแก่ไม่พร้อมกัน ทำให้การเก็บต้องทยอยเก็บเป็นงวด ๆ เฉพาะรวงที่แก่ แต่ในฤดูการเก็บเกี่ยวหนึ่ง ๆ ไม่ควรเก็บเกินกว่า 4 ครั้ง เพราะอาจทำให้พริกไทยโทรมได้ [2]

พริกไทยเมล็ด แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. พริกไทยเมล็ดชนิดดำ หมายถึง ผลของต้นพริกไทย (Piper nigrum Linn.) ที่เก็บเมื่อแก่และเมื่อทำให้แห้งแล้วจะมีสีน้ำตาลเทาหรือดำ และมีรอยย่นที่เปลือก

2. พริกไทยเมล็ดชนิดขาว หมายถึง ผลของต้นพริกไทย (Piper nigrum Linn.) ที่สุกหรือแก่จัด หรือจากพริกไทยเมล็ดชนิดดำที่เอาเปลือกออกแล้วทำให้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการผลิตพริกไทยขาวมีกรรมวิธีการผลิต 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การแช่น้ำ นำพริกไทยที่เก็บมาตากแดดเล็กน้อย นำไปนวดเพื่อแยกเมล็ดออกจากรวง จากนั้นก็นำเมล็ดพริกไทยบรรจุใส่กระสอบมัดปากให้แน่น นำไปแช่น้ำ อาจแช่ในน้ำไหล หรือแช่ในน้ำนิ่ง เช่น บ่อ บึง หรือในภาชนะอื่น ๆ ก็ได้ แต่พริกไทยที่แช่ในน้ำไหลผลผลิตที่ได้จะมีสีขาวกว่าพริกไทยที่แช่ในน้ำนิ่ง ใช้ระยะเวลาในการแช่นานประมาณ 7-14 วัน

2. การล้างน้ำ นำพริกไทยที่แช่น้ำแล้วมานวดเพื่อลอกเอาเปลือกออก นำเมล็ดที่นวดลอกเปลือกออกแล้ว มาเกลี่ยบนตะแกรงที่มีรูพอที่จะให้เปลือกพริกไทยหลุดออกได้หลังจากนั้นใช้น้ำล้างเปลือกออกจนหมด

3. การตากแดด นำพริดไทยที่ล้างทำความสะอาดไปแล้วไปตากแดดทันทีเพราะถ้าปล่อยทิ้งไว้ให้เมล็ดเปียกชื้นนาน ๆ สีจะคล้ำและไม่สวย แต่ถ้าไม่มีแดดให้แช่น้ำไว้ก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้ขึ้นรา การตากจะทำการตากบนลานหรือเสื่อลำแพน โดยเกลี่ยให้กระจายอย่างสม่ำเสมอ ประมาณ 4-5 วันก็จะแห้งสนิทวิธีที่จะทดสอบว่าเมล็ดพริกไทยแห้งสนิทหรือไม่นั้น ทดสอบได้ง่าย ๆ คือเอามือกอบเมล็ดพริกไทยแล้วค่อย ๆ ถ่างนิ้วออกให้เมล็ดพริกไทยลอดลงระหว่างนิ้ว ถ้าเมล็ดลอดจากง่ามนิ้วมือได้ง่ายไม่ฝืด เมล็ดไม่เกาะติดกันก็แสดงว่าเมล็ดแห้งสนิท หรือใช้ฟันขบเมล็ดให้แตก ถ้าเมล็ดแตกออกเป็นสองซีกแสดงว่ายังไม่แห้งสนิท ถ้าหากว่าเมื่อขบเมล็ดแตกออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยหลายชิ้นก็แสดงว่าแห้งสนิทดีแล้ว

พริกไทยเมล็ด แบ่งออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ คือ ชั้นคุณภาพที่ 1, ชั้นคุณภาพที่ 2 และชั้นคุณภาพที่ 3

คุณลักษณะของเมล็ดพริกไทยที่ต้องการ [3]

1.พริกไทยจะต้องไม่มีรา แมลง หรือชิ้นส่วนของแมลงที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า

2.พริกไทยต้องมีกลิ่นรสเฉพาะตามธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นหืน กลิ่นอับและกลิ่นรสของวัตถุอื่น

3.คุณลักษณะของพริกไทยเมล็ดแต่ละชั้นคุณภาพเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของพริกไทยเมล็ดตามมาตรฐาน มอก. 297-2522 [3]

รายการที่	คุณลักษณะ	เมล็ดพริกไทยชนิดขาว		
		ชั้นคุณภาพที่ 1	ชั้นคุณภาพที่ 2	ชั้นคุณภาพที่ 3
1	ปริมาณสิ่งเจือปน ร้อยละของน้ำหนักไม่เกิน	0.5	1.0	1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2	ปริมาณเมล็ดเล็กผิดปกติและเมล็ดแตก ร้อยละของน้ำหนักไม่เกิน	1.0	2.0	3.0
3	ปริมาณเมล็ดฝ่อหรือเมล็ดลีบ ร้อยละของน้ำหนักไม่เกิน	0.5	1.0	1.5
4	ปริมาณความชื้น ร้อยละของน้ำหนักไม่เกิน	12.0	14.0	14.0
5	ปริมาณเถ้าทั้งหมด ร้อยละของน้ำหนักเมื่ออบแห้งไม่เกิน	2.0	2.5	2.5
6	ส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย (ร้อยละของน้ำหนัก เมื่ออบแห้ง) ไม่น้อยกว่า	6.8	6.8	6.6
7	ปริมาณน้ำมันระเหย (มล./ตัวอย่าง 100 กรัมของน้ำหนัก เมื่ออบแห้ง) ไม่น้อยกว่า	2.0	2.0	1.5
8	ปริมาณพิเพอรีน (ร้อยละของน้ำหนัก เมื่ออบแห้ง) ไม่น้อยกว่า	4.5	4.5	4.0

หมายเหตุ รายการที่ 7 และรายการที่ 8 วิธีวิเคราะห์ตาม ISO 6571 และ ISO 5564

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้เทคนิคฟลูอิดไดเซชั่นสำหรับการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรที่มีความชื้นสูงนั้น ได้มีการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ การอบแห้งด้วยวิธีการนี้กำลังเป็นที่สนใจอย่างมากและมีการค้นคว้าอย่างจริงจัง ซึ่งมีรายงานการศึกษาวิจัยที่สำคัญดังนี้

นพรัตน์ ยศวัฒน์ และ อรรถสิทธิ์ ลี่ดำรงวัฒนากุล (2529) [4] ได้ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดเซชั่น ทดลองอบแห้งข้าวเปลือกที่ความชื้น 17 % มาตรฐานเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เหลือความชื้น 14 % มาตรฐานเปียก ที่ความสูงของเบด 17 ซม. พบว่าอุณหภูมิของลมร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกมากกว่าความเร็วของลมร้อน

Sutherland และ Ghaly (1990) [5] ได้ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคของฟลูอิดไดเซชั่น ซึ่งทำการทดลองที่ความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก 22 และ 26 % มาตรฐานเปียก อบแห้งเหลือความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกประมาณ 18 % มาตรฐานเปียก ที่ความสูงของเบด 2.5 ซม. อุณหภูมิที่ทำการทดลองอยู่ในช่วง 40–90 องศาเซลเซียส ผลจากการทดลองพบว่า ในกรณีที่อบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกจาก 22 % มาตรฐานเปียกเหลือความชื้นประมาณ 17 % มาตรฐานเปียก พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดแปรระหว่าง 58-61 % แต่เมื่อลดความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกเหลือ 16 % มาตรฐานเปียก พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดแปรระหว่าง 15-24 % ซึ่งมีค่าต่ำมาก สำหรับกรณีที่อบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกจากความชื้น 26 % มาตรฐานเปียกเหลือความชื้นประมาณ 19 % มาตรฐานเปียกโดยใช้อุณหภูมิในช่วงอุณหภูมิช่วง 60-90 องศาเซลเซียส พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดแปรระหว่าง 55-58 % เมื่ออบให้ความชื้นต่ำลงกว่านี้ เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดที่ได้มีค่าต่ำมาก

Tumambing และ Driscoll (1991) [6] ได้พัฒนาแบบจำลองทางการอบแห้งข้าวเปลือกจากความชื้นเริ่มต้น 24 % มาตรฐานเปียก ลดให้เหลือความชื้นสุดท้าย 18 % มาตรฐานเปียก โดยใช้วิธีฟลูอิดไดเซชั่นอย่างต่อเนื่อง โดยพิจารณาการไหลของเมล็ดพืชเป็นแบบ Plug Flow (การไหลแบบสม่ำเสมอทั้งหน้าตัดและต่อเนื่อง) เพื่อทำนายเวลาของการอบแห้งความชื้นของข้าวเปลือก และอุณหภูมิของอากาศตามความยาวของเครื่องอบแห้ง โดยมีการพัฒนาแบบจำลอง ศึกษาสภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40-100 องศาเซลเซียส ที่ความสูงของเบด 5-20 ซม. ความเร็วลม 1.5-2.0 เมตร/วินาที พบว่า อุณหภูมิของอากาศมีผลต่อการอบแห้งมากกว่าความสูงของเบดและความเร็วของลมภายในเบดไม่มีผลกระทบต่ออัตราการอบแห้ง

Satayaprasert และ Vanishriwatana (1992) [7] ได้ทำการทดลองศึกษาการอบแห้งข้าวโพดโดยเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่น โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60-90 องศาเซลเซียส ความเร็วของอากาศอยู่ในช่วง 2.66 – 4.20 เมตร/วินาที และความสูงของเบดอยู่ในช่วง 3 – 12 ซม. จากผลการทดลองพบว่า การแพร่ของความชื้นถูกควบคุมโดยการแพร่ของความชื้นในเมล็ดข้าวโพด โดยมีสมการอบแห้งชั้นบางอยู่ในรูปสมการ

$$MR = \exp(-Kt)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

$$K = 75.93 \exp \{[-2662.21 / (T+273.15)] - 0.00087H\}$$

เมื่อ

t คือ เวลา , นาที

T คือ อุณหภูมิ , องศาเซลเซียส

H คือ ความสูงเบด , ซม.

มุสตาฟา ยะภา (2537) [8] ได้ศึกษาการออกแบบและทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกที่ช่วงความชื้นสูง โดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดอย่างต่อเนื่องชนิดอากาศไหลขวาง โดยได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกมีกำลังการผลิต 1 ตัน/ชม. เพื่อต้องการให้เป็นต้นแบบสำหรับอุตสาหกรรม ในการสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก โดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดอย่างต่อเนื่องชนิดอากาศไหลขวาง จากการดำเนินการทดลองสมรรถนะของเครื่องอบแห้งนี้สามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกเริ่มต้นจาก 45 % มาตรฐานแห้ง ให้เหลือความชื้นสุดท้าย 24 % มาตรฐานแห้ง โดยกำหนดให้ข้าวเปลือกอยู่ในห้องอบแห้งนาน 3 นาที อุณหภูมิในการอบแห้งข้างเปลือกอยู่ในช่วง 100 – 120 องศาเซลเซียส ความสูงของเบดข้าวเปลือก 11 ซม. อัตราการไหลของอากาศร้อน 0.86 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ความเร็วของกระแสอากาศร้อนในห้องอบแห้งข้าวเปลือก 1.9 เมตร/วินาที อัตราการเวียนกลับอากาศร้อนมาใช้ใหม่ประมาณ 66.7 % ใช้กำลังไฟฟ้า 6,559 วัตต์ ใช้เชื้อเพลิงดีเซลเฉลี่ย 5.73 ลิตร/ชม. มีความสิ้นเปลืองพลังงานปฐมภูมิ 270 เมกกะจูล/ชม. มีความสามารถในการระเหยน้ำได้ 140 กก.-น้ำ/ชม. มีค่าความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 1.9 เมกกะจูล/กก.-น้ำ

ไอริน กาลวิบูลย์ , พลเอก ตั้งเจริญ และ เอกสิทธิ์ ศรีธรรม (2541) [9] ได้ออกแบบและศึกษาเครื่องอบแห้งทดลอง สำหรับพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งทำการทดลองอบพริกไทยขาวที่แช่น้ำนาน 2 คืน ที่ความสูงของเบด 7 ซม. ความเร็วของลมร้อน 10 เมตร/วินาที อัตราการเวียนกลับของลมร้อนมาใช้ใหม่อยู่ในช่วง 80–90 % โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งอยู่ในช่วง 80 – 110 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการอบแห้งอยู่ในช่วง 3 – 6 นาที พบว่า การเพิ่มของอัตราการเวียนกลับลมร้อน อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง มีผลทำให้ความชื้นลดลง และอัตราการเวียนกลับลมร้อนจะมีผลต่อการลดความชื้นน้อยลงเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งพริกไทยขาว คือ ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส อัตราการเวียนกลับลมร้อน 90%

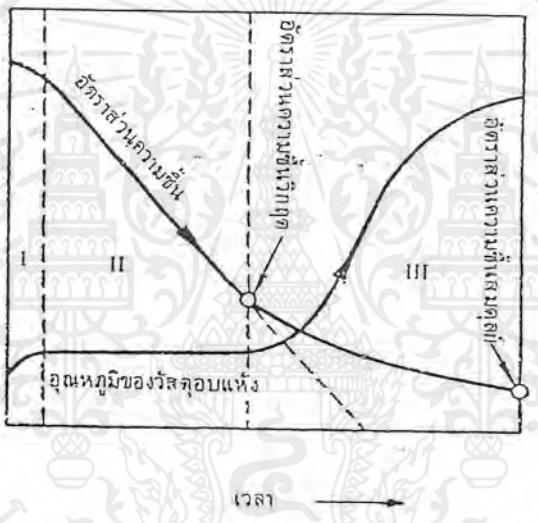
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎี

2.3.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการอบแห้ง

การอบแห้ง เป็นกระบวนการที่ความร้อนจากอากาศในห้องอบแห้งถูกถ่ายเทให้กับผิวของวัสดุที่ต้องการอบแห้งโดยวิธีการพาความร้อน การนำความร้อน การแผ่รังสีความร้อน หรือทั้งสามวิธีผสมกัน เพื่อทำให้น้ำหรือของเหลวที่มีอยู่ในวัสดุ ซึ่งเราเรียกว่า ความชื้น ระเหยออกจากวัสดุ โดยใช้ความร้อนแฝงของการระเหย

การอบแห้งแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ดังนี้



รูปที่ 2.1 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง (Drying Characteristic Curve)

I : ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ ที่ผิวของเมล็ดพริกไทยที่เปียกชื้น ความชื้นที่ผิวจะอยู่ในรูปของน้ำ ถ้าเอาเมล็ดพริกไทยนี้มาอบแห้งภายใต้เงื่อนไขที่คงที่ อุณหภูมิของเมล็ดพริกไทยจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet-bulb temperature) t_w ของกระแสลมร้อน ช่วงเวลาที่เมล็ดพริกไทยใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงค่านี้ คือ ช่วง I

II : ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วคงที่ อุณหภูมิของเมล็ดพริกไทยจะมีค่าคงที่ประมาณ t_w ตราบใดที่ยังมีความชื้นเหลืออยู่ในรูปของน้ำที่ผิวเมล็ดพริกไทย ความร้อนทั้งหมดที่เมล็ดพริกไทยได้รับในช่วงนี้จะถูกใช้ในการระเหยความชื้นเท่านั้น ดังเห็นได้จากรูป อัตราส่วนความชื้นเฉลี่ย w

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเมล็ดพริกไทยจะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในช่วง II นี้ ดังนั้น ความเร็วของการระเหยจะมีค่าคงที่ (constant drying rate)

III : ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลง ความชื้นในรูปของน้ำที่ผิวของเมล็ดพริกไทยจะระเหยหมดไป เพราะการถ่ายเทความชื้นในรูปของน้ำจากส่วนในของเมล็ดพริกไทยเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของน้ำจากผิวของเมล็ดพริกไทย ดังนั้นผิวของเมล็ดพริกไทยจะอยู่ในสภาพที่แห้งและอุณหภูมิของเมล็ดพริกไทยจะเริ่มสูงขึ้น

สรุปแล้วความเร็วของการอบแห้งจะค่อย ๆ ลดลงเพราะปริมาณความร้อนที่เมล็ดพริกไทยได้รับนอกจากจะลดลงแล้ว ความร้อนนี้ยังต้องใช้ในการระเหยความชื้นและเพิ่มอุณหภูมิของเมล็ดพริกไทยด้วย การอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่ออัตราส่วนความชื้นลดลงถึงค่าอัตราส่วนความชื้นสมดุลย์, w_c (critical moisture content) ผลต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ย w ใด ๆ และ w_c มีชื่อเรียกว่าอัตราส่วนความชื้นอิสระ, F (free moisture content) F คือปริมาณความชื้นที่ระเหยออกไปได้โดยการอบแห้ง

2.3.2 ฟลูอิดไดซ์เบด (fluidized bed) [9]

ฟลูอิดไดเซชัน เป็นกระบวนการหรือวิธีการที่ของแข็งซึ่งมีรูปร่างลักษณะเป็นเมล็ดหรือเป็นชิ้น สัมผัสกับของไหลแล้วเมล็ดของแข็งเหล่านั้นมีคุณสมบัติคล้าย ๆ ของไหล ของไหลที่ใช้คือก๊าซร้อน ซึ่งจะถูกส่งผ่านมาทางด้านล่างของแผ่นตะแกรงที่รองรับเมล็ดของแข็งอยู่ด้วยความเร็วระดับหนึ่ง ซึ่งสามารถที่จะทำให้เมล็ดของแข็งขยับตัวและลอยตัวขึ้นเป็นอิสระ ไม่เกาะติดกัน ของแข็งที่อยู่ในลักษณะนี้จะมีคุณสมบัติคล้ายของไหล ของไหลจะผ่านชั้นของเมล็ดของแข็งแล้วไหลออกทางด้านบนของห้องอบแห้ง

ฟลูอิดไดเซชัน แบ่งเป็น 2 ชนิด

ก. ฟลูอิดไดเซชัน 2 สถานะ (Two-phase Fluidization) หมายความว่าในเบดหรือในห้องอบแห้งที่กำลังทดลองนั้นประกอบด้วย 2 สถานะคือ ของแข็งกับของไหล ในส่วนของไหลนั้นอาจจะเป็นก๊าซหรือของเหลวก็ได้

ข. ฟลูอิดไดเซชัน 3 สถานะ (Three-phase Fluidization) หมายความว่าในเบดหรือห้องอบแห้งที่กำลังทดลองนั้นประกอบด้วย 3 สถานะคือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งเป็นกระบวนการที่พัฒนาจากฟลูอิดไดเซชัน 2 สถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบด (Bed) คือ อาณาเขตในห้องอบแห้งที่มีปริมาณเมล็ดของแข็งบรรจุอยู่ ไม่ว่าเมล็ดนั้นจะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนไหวด้วยของไหล ซึ่งจะเริ่มนับตั้งแต่แผ่นตะแกรงรองรับเมล็ดของแข็งจนถึงระดับสูงสุดที่ผิวของเมล็ดของแข็งลอยอยู่

เมื่อเมล็ดของแข็งถูกบรรจุเข้าไปในห้องอบแห้ง อากาศร้อนที่ไหลตัดขวางทางด้านล่าง ในขณะที่ของไหลความเร็วยังน้อยเมล็ดของแข็งจะไม่ขยับตัวจะเรียกว่า เบดนิ่ง (Fixed Bed) ถ้าหากของไหลมีความเร็วเพิ่มขึ้นจนทำให้เมล็ดของแข็งขยับลอยตัวอย่างเป็นอิสระ ซึ่งความเร็วของของไหลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เบดขยายตัวเพิ่มขึ้นตามด้วย แต่เมล็ดของแข็งอยู่ชิดกันมากดูเหมือนว่าเมล็ดของแข็งยังจับกันเป็นกลุ่มก้อนจะเรียกว่า ฟลูอิดไดเซชันเบดหนาแน่น (Dense phase fluidized bed) และถ้าหากเพิ่มความเร็วของไหลขึ้นอีก จนทำให้เมล็ดของแข็งลอยตัวมากขึ้น ระยะห่างระหว่างเมล็ดของแข็งมีมากขึ้น จะเรียกว่า ฟลูอิดไดซ์เบดเจือจาง (Diluted phase fluidized bed) และถ้าหากเพิ่มความเร็วของไหลขึ้นอีกเมล็ดของแข็งก็จะหลุดออกไปจากห้องอบแห้ง ซึ่งจะถูกพัดพาออกจากเบดติดไปกับของไหล จะเรียกว่า การถูกพัดพาของเบด (Lean phase fluidized bed) ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การขนถ่ายด้วยอากาศ (Pneumatic Transport)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการทดลอง

เพื่อศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเมล็ดพริกไทยขาว โดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งได้เลือกศึกษา 3 คุณลักษณะที่สำคัญ ที่อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพพริกไทยหลังอบแห้ง คือ ส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย, ปริมาณน้ำมันที่ระเหย และปริมาณพิเพอรีน (พิเพอรีนเป็นสารที่ให้ความฉุนและความเผ็ดร้อนในพริกไทย) ใช้ความเร็วลม 16 เมตร/วินาที อัตราการเวียนกลับของอากาศกลับมาใช้ใหม่ 90% และบรรจุพริกไทยในหอทดลอง (fixed bed) ให้มีความสูง 5 ซม. โดยศึกษาที่สภาวะอุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ 90 , 100 และ 110 องศาเซลเซียสและเวลาในการอบแห้งต่างกัน 3 ช่วงเวลา 4, 6 และ 8 นาที

3.1 การเตรียมตัวอย่าง

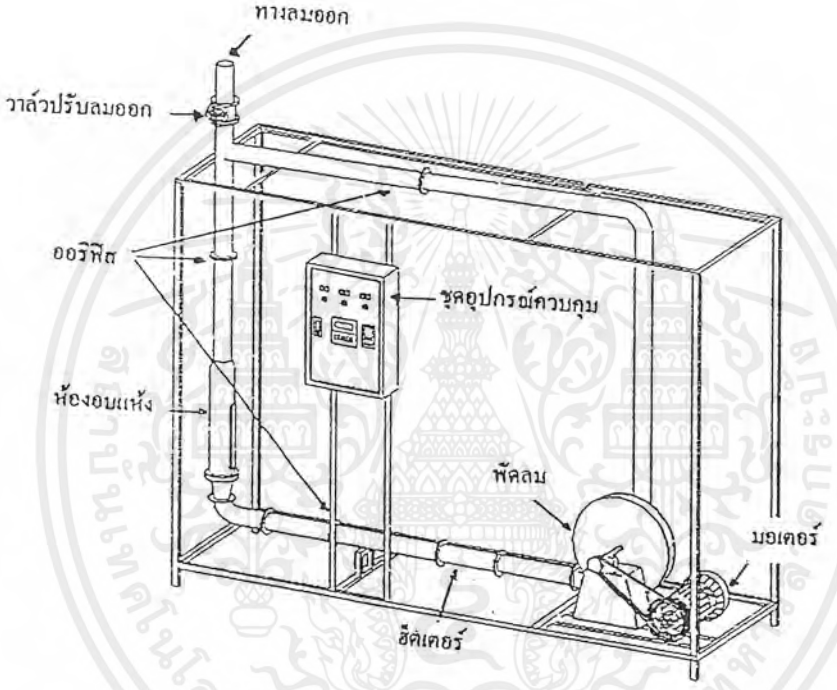
นำพริกไทยสดจำนวน 20 กิโลกรัมมาแช่น้ำเป็นเวลา 3 สัปดาห์ แล้วลอกเปลือกออกและล้างให้สะอาด นำไปผึ่งลมให้แห้งได้พริกไทยขาวประมาณ 5.4 กิโลกรัม นำไปแช่น้ำ 2 คืน เพื่อให้มีความชื้นเท่ากัน แล้วนำไปอบแห้งในเครื่องอบแห้งทดลองสำหรับพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด ที่สภาวะต่าง ๆ กัน

3.2 เครื่องอบแห้งทดลองสำหรับพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด

เครื่องอบแห้งทดลองสำหรับพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด ใช้เพื่อลดความชื้นพริกไทยขาวและนำไปวิเคราะห์คุณภาพหลังการอบแห้งต่อไป เครื่องอบแห้งทดลองประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ (รูปที่ 3.1)

- มอเตอร์
- พัดลม
- ฮีตเตอร์
- ชุดอุปกรณ์ควบคุม
- ห้องอบแห้ง
- ออริฟิส
- วาล์วปรับลมออก
- ทางลมออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ชุดเครื่องอบแห้งทดลองสำหรับพริกไทยขาว โดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์การทดลอง

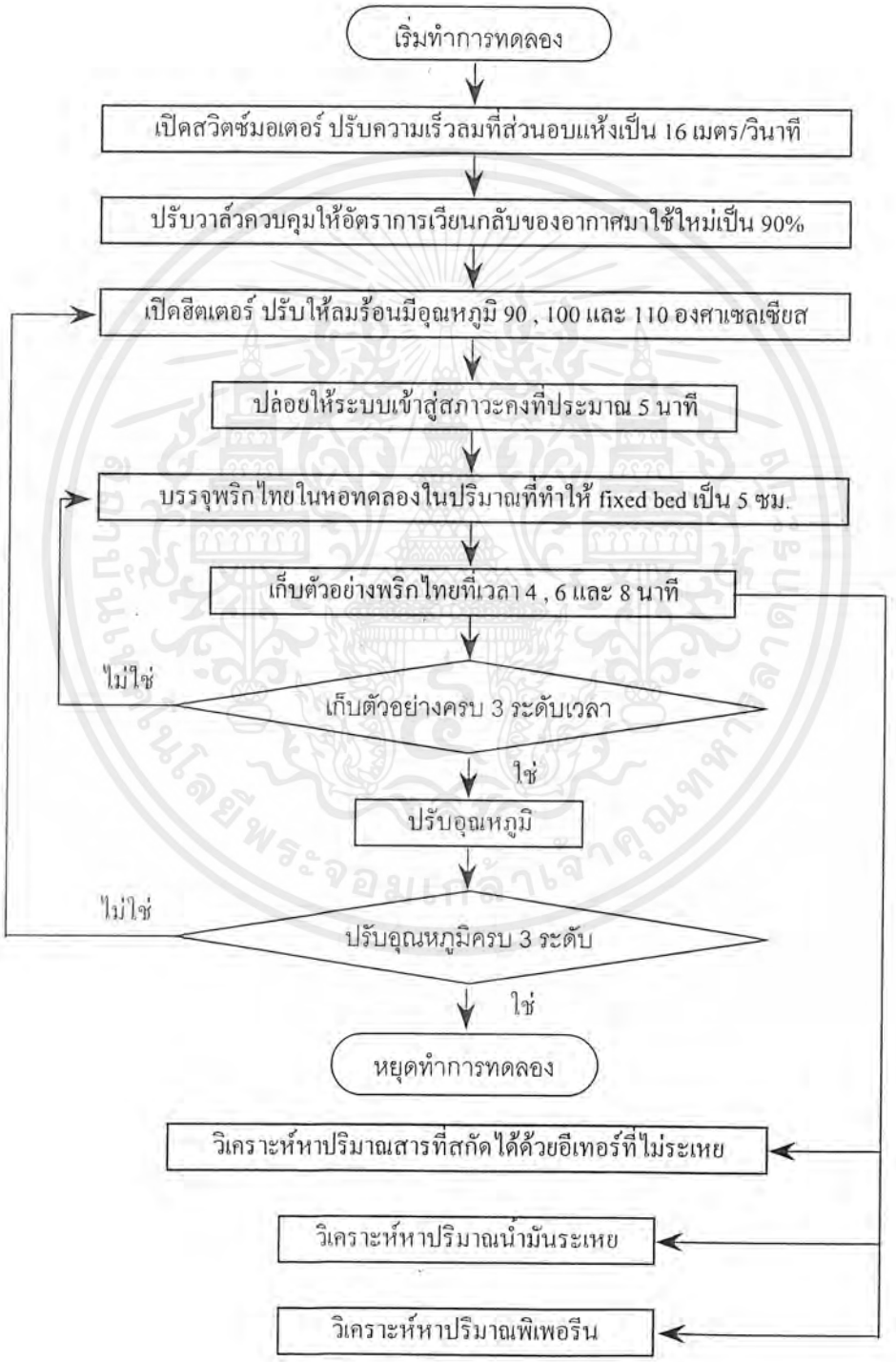
- เครื่องอบแห้งทดลองสำหรับพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด
- อินเวอร์เตอร์ (ใช้เปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์เพื่อปรับความเร็วลม)
- ชุดทดสอบหาปริมาณสารส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย , ปริมาณพิเพอรีน และปริมาณน้ำมันที่ระเหย ตามมาตรฐาน ISO 6571 และ ISO 5564

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

1) ทำการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งทดลอง
2) เปิดสวิตช์มอเตอร์ ปรับความเร็วลมที่ส่วนอบแห้งเป็น 16 เมตร/วินาที
3) ปรับวาล์วควบคุมให้เวียนอากาศกลับมาใช้ใหม่ 90%
4) เปิดฮีตเตอร์ ปรับให้ลมร้อนมีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยให้ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ประมาณ 5 นาที
5) บรรจุพริกไทยในหอทดลองในปริมาณที่ทำให้ความสูงของชั้นพริกไทย (fixed bed) เป็น 5 ซม.
6) ทำการอบพริกไทยเป็นเวลา 4 นาที
7) นำพริกไทยอบแห้งไปวิเคราะห์ดังนี้
   - นำไปทดสอบหาปริมาณส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย
   - นำไปทดสอบหาปริมาณน้ำมันที่ระเหย
   - นำไปทดสอบหาปริมาณพิเพอรีน
8) ทำซ้ำอีก 1 ครั้ง
9) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ให้เพิ่มเวลาในการอบเป็น 6 นาที และ 8 นาที
10) เปลี่ยนอุณหภูมิของลมร้อนใหม่โดยปรับให้ลมร้อนมีอุณหภูมิ 100 และ 110 องศาเซลเซียส ตามลำดับ
11) เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่าง ๆ กัน เพื่อเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งที่จะไม่ทำให้เมล็ดพริกไทยเสื่อมคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปขั้นตอนการทำการอบแห้งเพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพของเมล็ดพริกไทยขาวหลังจากอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ กัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การตรวจสอบคุณภาพของพริกไทย ตามมาตรฐาน ISO 6571 และ ISO 5564

3.5.1 การวิเคราะห์หาปริมาณสารส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย

สารเคมี

ไดเอทิลอีเทอร์อันไฮดรัส (diethyl ether anhydrous)

เครื่องมือ

1) เครื่องสกัดซอกซ์เล็ต (Soxhlet apparatus)
2) ตู้อบไฟฟ้าปรับและควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 110±1 องศาเซลเซียส
3) เครื่องชั่งอย่างละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1) นำพริกไทยมาบดให้ละเอียดจนผ่านแร่งขนาด 1 มม. ได้
2) ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม (M_1) ใส่ลงในทิมเบิล (thimble)
3) สกัดด้วย ไดเอทิลอีเทอร์อันไฮดรัส (diethyl ether anhydrous) ในเครื่องสกัดซอกซ์เล็ต นาน 18 ชม.
4) นำส่วนที่สกัดได้ไปกลั่นเอาอีเทอร์ออก
5) นำส่วนที่เหลือจากการกลั่น ไประเหยบนเครื่องอังน้ำจนกระทั่งแห้ง
6) นำไปใส่ในตู้อบไฟฟ้าที่ อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที
7) ทิ้งไว้ให้เย็นในเดสิกเกเตอร์ แล้วนำไปชั่ง
8) อบต่อนาน ครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักคงที่หรือน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดกัน ต่างกันไม่เกิน 0.001 กรัม
9) จดน้ำหนักต่ำสุดถือเป็น น้ำหนักของขวดแก้วและส่วนที่เหลือหลังจากทำให้แห้ง (M_2)
10) เติม ไดเอทิลอีเทอร์อันไฮดรัส (diethyl ether anhydrous) 5 มล. ลงในขวดเดิม เขย่าให้ละลาย
11) ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน แล้วค่อย ๆ รินอีเทอร์ออก
12) สกัดซ้ำอีก จนกระทั่งส่วนที่เหลือในขวดแก้วไม่ละลายอีกต่อไป
13) อบขวดแก้วในตู้อบไฟฟ้าที่มีอุณหภูมิ 100 ถึง 105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชม.
14) ทิ้งไว้ให้เย็นในเดสิกเกเตอร์ นำไปชั่ง
15) อบต่อ จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่หรือได้น้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้ง ติดต่อกันต่างกันไม่เกิน 0.001 กรัม
16) บันทึกน้ำหนักต่ำสุดไว้ (M_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาปริมาณสารส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ซึ่งไม่ระเหย

ส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ซึ่งไม่ระเหย (ร้อยละของน้ำหนัก หลังอบแห้ง)

$$= (M_2 - M_3)\frac{100}{M_1} \times \frac{100}{100 - H}$$

เมื่อ

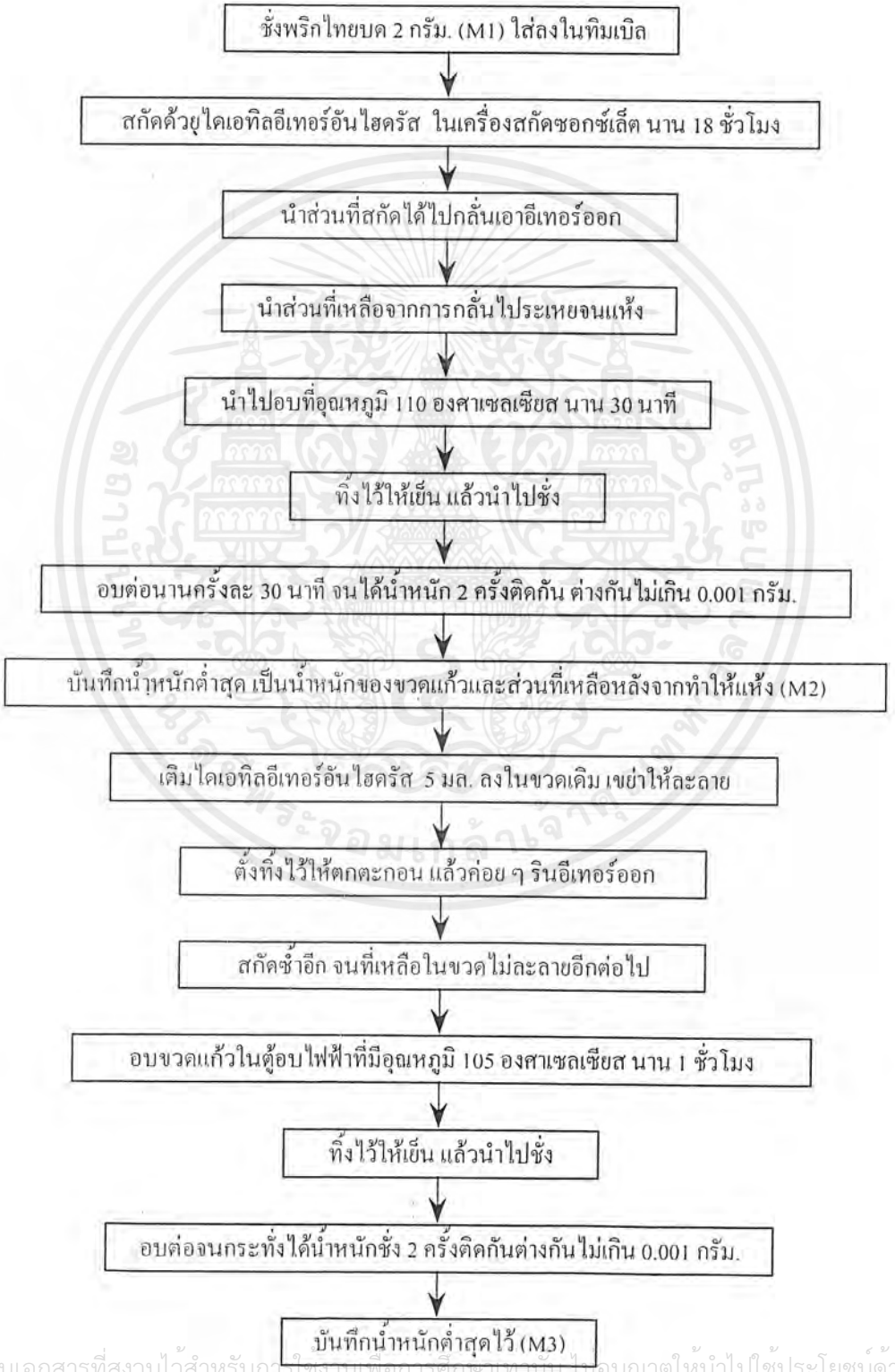
H = % ความชื้น (% โดยมวล) แสดงในภาคผนวก ค.

รูปที่ 3.2 ชุดอุปกรณ์การวิเคราะห์หาปริมาณสารส่วนที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ซึ่งไม่ระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณสารส่วนที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ซึ่งไม่ระเหยในเมล็ดพริกไทยขาวหลังอบแห้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36734

3.5.2 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันที่ระเหย

สารเคมี

1) ไซลีน (Xylene)

2) อะซิโตน (Acetone)

เครื่องมือ

1) อุปกรณ์การกลั่น

- ขวดก้นกลมขนาด 500 หรือ 1000 มล.
- ชุดอุปกรณ์ควบแน่น (Condenser system) (ตามรูปที่ 3.4)
- Steam trap

2) Filter paper (∅ 11 ซม.)

3) Pipette (1 มล.)

4) Anti-bumping granules หรือ glass beads

5) กระบอกตวง (Measuring cylinder) 500 มล.

6) ฮีตเตอร์ (Heating device)

เตรียมอุปกรณ์

ต่อ K' เข้ากับ side-arm (K) ให้แน่นและต่อ steam trap เข้ากับ safety tube (N) ล้างอุปกรณ์แล้วเติมสารทำละลาย (cleaning solution) ทิ้งไว้ 1 คืน หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำอย่างระมัดระวัง

วิธีวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์หาปริมาตรของ ไซลีน (xylene)

1) เอากระบอกตวง (400 มล.) ตวงน้ำใส่ลงในขวด แล้วใส่ Anti-bumping granules หรือ glass beads ต่อขวด เข้ากับ condenser system

2) เติมน้ำลงใน K , JL ให้ไหลผ่านไปยัง O จากนั้นใช้ pipette ดูด ไซลีน (xylene) 1 มล. ใส่ลงใน side arm (K) แล้วปิดด้วยจุก (K')

3) เติมน้ำลงใน steam trap ครึ่งหนึ่ง แล้วต่อ steam trap เข้ากับ condenser system

4) ให้ความร้อนกับขวด ให้มีอัตราการกลั่นประมาณ 2 หรือ 3 มล./นาที

5) ทำการกลั่น 30 นาที จึงเอาตะเกียงออก

6) ไข ไซลีน (xylene) ให้ไหลใน หลอด JL ในระดับต่ำกว่าขีด 0

7) ทำให้เย็นอย่างน้อย 10 นาที แล้วอัดปริมาตรของไซลีน (xylene)

2. วิเคราะห์หาปริมาตรของ organic phase (volatile oil and xylene)

1) นำพริกไทยบด 40 กรัมใส่ลงในขวดแล้วต่อเข้ากับ condenser system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ให้ความร้อนกับขวดให้มีอัตราการกลั่นประมาณ 2 หรือ 3 มล. /นาที

3) ทำการกลั่น 4 ชม. จึงเอาตะเกียงออก ทำให้เย็น 10 นาที

4) ได้ปริมาณของ organic phase

การคำนวณหาปริมาณน้ำมันที่ระเหย

ปริมาณน้ำมันที่ระเหย (มล. / 100 กรัม. ของน้ำหนักแห้ง)

$$= 100 \times \frac{V_1 - V_0}{m} \times \frac{100}{100 - H}$$

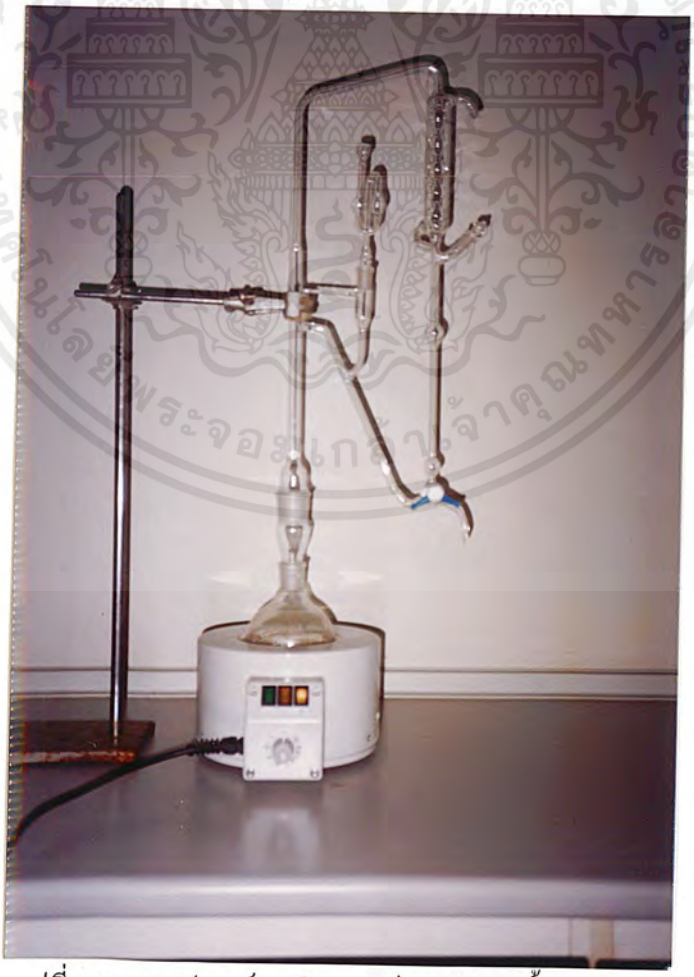
เมื่อ

V_0 = ปริมาตรของไซลีน (xylene) (มล.)

V_1 = ปริมาตรรวม (organic phase) (มล.)

m = มวลของ ตัวอย่าง (กรัม).

H = % ความชื้น (% โดยมวล)



รูปที่ 3.3 ชุดอุปกรณ์การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

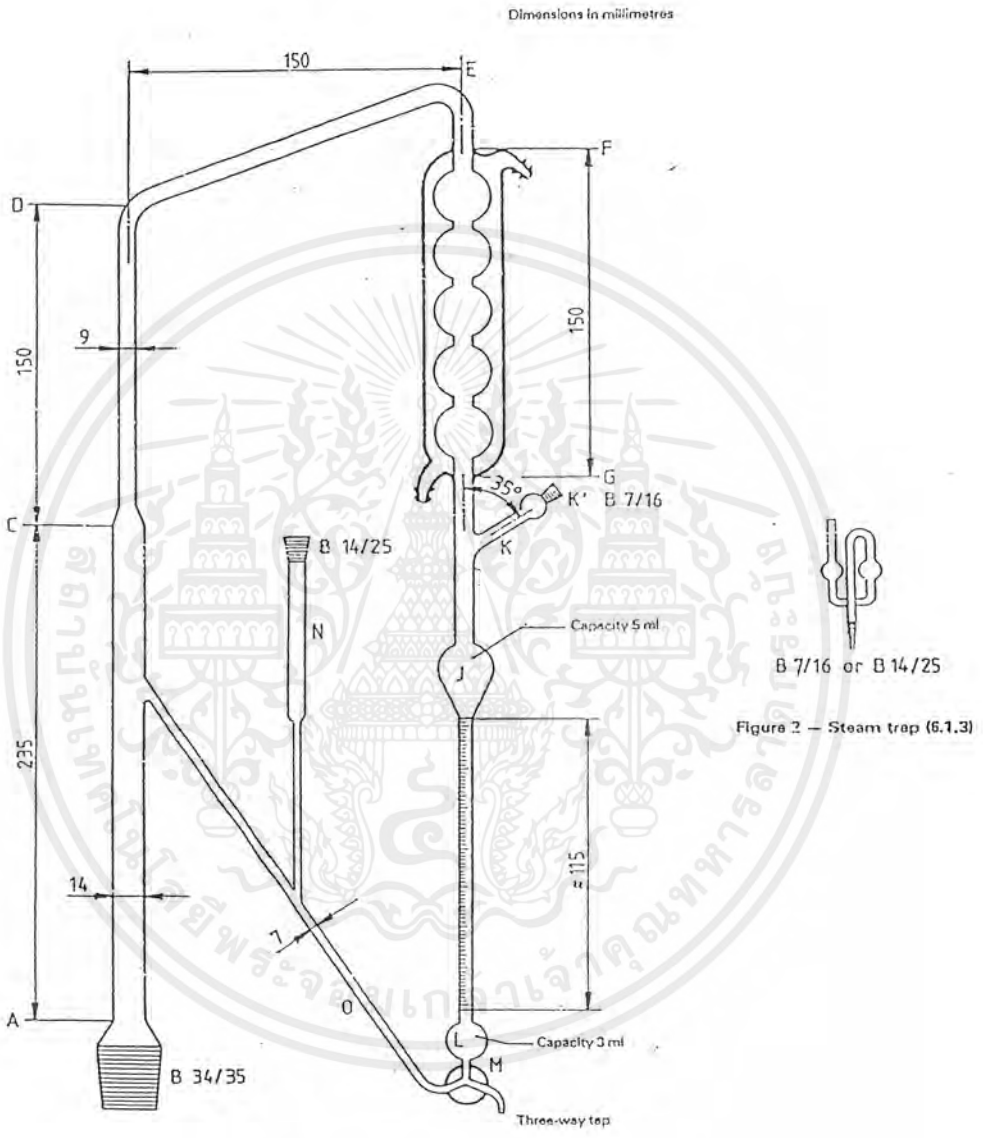


Figure 2 — Steam trap (6.1.3)

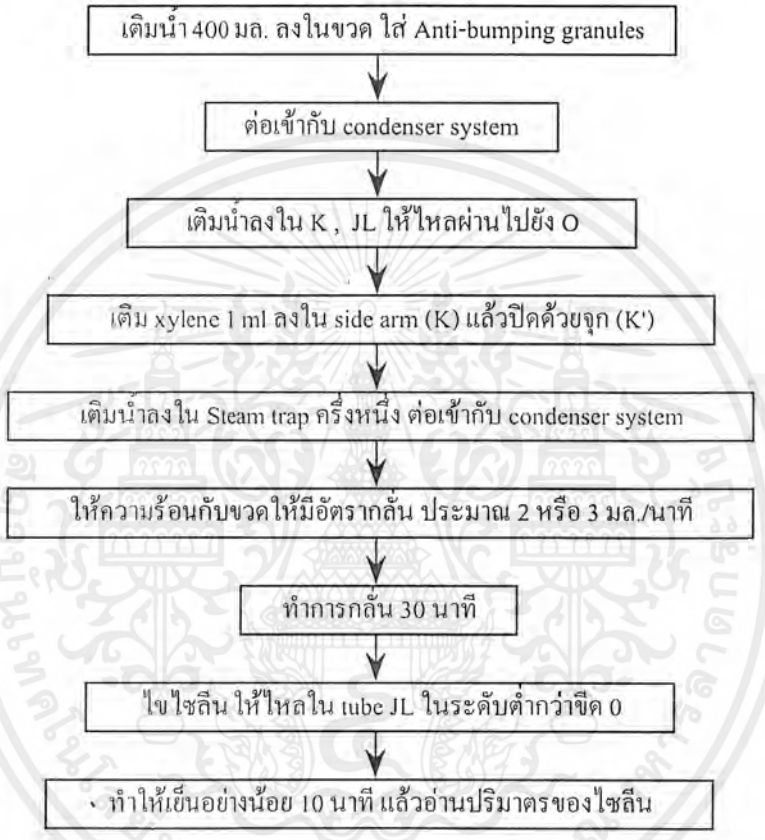
Figure 1 — Condenser system

รูปที่ 3.4 ชุดอุปกรณ์ควบแน่น (condenser system)

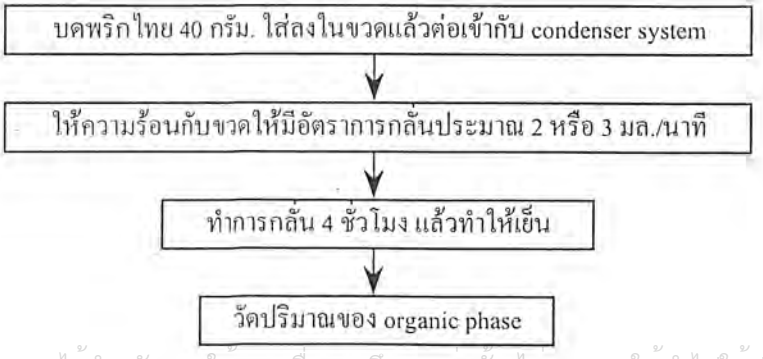
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันที่ระเหยในเมล็ดพริกไทยขาวหลังอบแห้ง ซึ่งแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์หาปริมาตรของไซลีน(xylene)



2. การวิเคราะห์หาปริมาตรของ organic phase (volatile oil and xylene)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 วิเคราะห์หาปริมาณพิเพอรีน

สารเคมี

เอทานอล (ethanol) 96 % (ปริมาตร/ปริมาตร)

เครื่องมือ

1) อุปกรณ์การสกัด
   - ขวดก้นกลม (500 มล.)
   - Reflux condenser
   - Anti-bumping granules : glass beads
2) ขวดห่อหุ้มด้วย อะลูมิเนียมฟอยล (aluminium foil) หรือ เทปดำ
3) กระดาษกรอง (Filter paper)
4) อะลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium foil) หรือ เทปดำ
5) Spectrophotometer (343 นาโนเมตร)

หมายเหตุ : ขณะที่พิเพอรีน (piperine) อยู่ในสารละลายอย่าให้ถูกแสง ป้องกันโดยใช้อะลูมิเนียมฟอยล (Aluminium foil) หรือ เทปดำหุ้มไว้

วิธีวิเคราะห์

1) ชั่งตัวอย่างพริกไทยบด 0.5 กรัม ใส่ลงในขวดก้นกลม
2) เติม เอทานอล (ethanol) 50 มล. ลงไป และใส่ anti-bumping granules
3) นำต่อเข้ากับ condenser ทำในที่มืด , ต้ม under reflux 3 ชม.
4) ทำให้เย็น กรองสารละลาย
5) ล้างด้วยเอทานอล (ethanol)
6) นำไปวัดในเครื่อง spectrophotometer

การคำนวณหาปริมาณ พิเพอรีน (Piperine)

ปริมาณพิเพอรีน(piperine) (% โดยมวล)

$$= \frac{A}{A_{1\,cm}^{1\%}} \times \frac{50}{5} \times \frac{25}{5} \times \frac{100}{m} \times \frac{100}{100 - H}$$

เมื่อ

A = aborbance ของสารละลายสุดท้าย

$A_1^{1\%}{}_{cm}$ = aborbance ที่ 343 นาโนเมตร ของ สารละลายที่มีพิเพอรีน 1 % ใน optical path ยาว 1 cm (มีค่าเท่ากับ 1238)

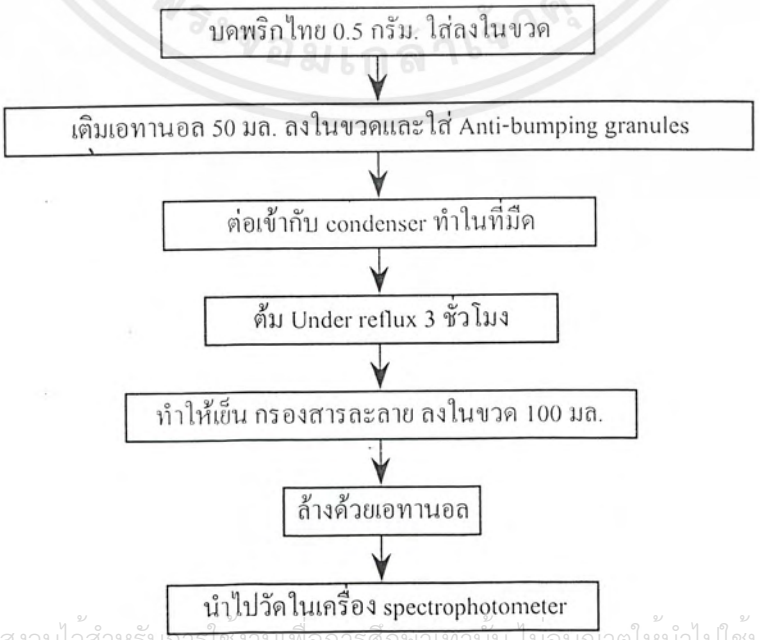
m = มวลตัวอย่าง (กรัม)

H = % ความชื้น (% โดยมวล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 ชุดอุปกรณ์การวิเคราะห์หาปริมาณพิเพอรีน

สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณพิเพอรีนในเมล็ดพริกไทยขาวหลังอบแห้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การวางแผนการทดลองทางสถิติ

ในการทดลองเพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งพริกไทยขาว โดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด ได้มีการใช้แผนการทดลอง วิธี CRD (Completely Randomized Design) คือ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองไม่มีความแตกต่างกันหรือแตกต่างกันน้อยมากสำหรับการทดลองของโครงงานนี้ใช้ตัวอย่างพริกไทยชุดเดียวกันทั้งหมด และมีตัวแปรในการทดลองดังนี้

1. อุณหภูมิลมร้อนในการอบแห้ง 3 ระดับ คือ 90 , 100 และ 110 องศาเซลเซียส
2. เวลาในการอบแห้ง 3 ระดับ คือ 4 , 6 และ 8 นาที

ในแต่ละสภาวะการอบแห้งทำการทดลอง 2 ซ้ำ การวิเคราะห์ผลการทดลอง ได้แก่ ปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย , ปริมาณน้ำมันระเหย และปริมาณพิเพอรีนของพริกไทยขาวหลังอบแห้ง ใช้วิธีวิเคราะห์วาเรียนซ์ และเปรียบเทียบสภาวะการอบแห้งโดยวิธี DMRT (Duncan 's New Multiple Range Test)

3.7 สมมติฐาน

สมมติฐานของการทดลอง คือ อุณหภูมิลมร้อนและเวลาที่ใช้ในการอบแห้งพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดอาจมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพริกไทยขาวหลังการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองและผลวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงในภาคผนวก ก และ ข ตามลำดับ พบว่าอุณหภูมิของลมร้อนและเวลาในการอบมีผลต่อการลดคุณภาพของเมล็ดพริกไทยขาวที่อบแห้งโดยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด

4.1.1 ปริมาณส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย

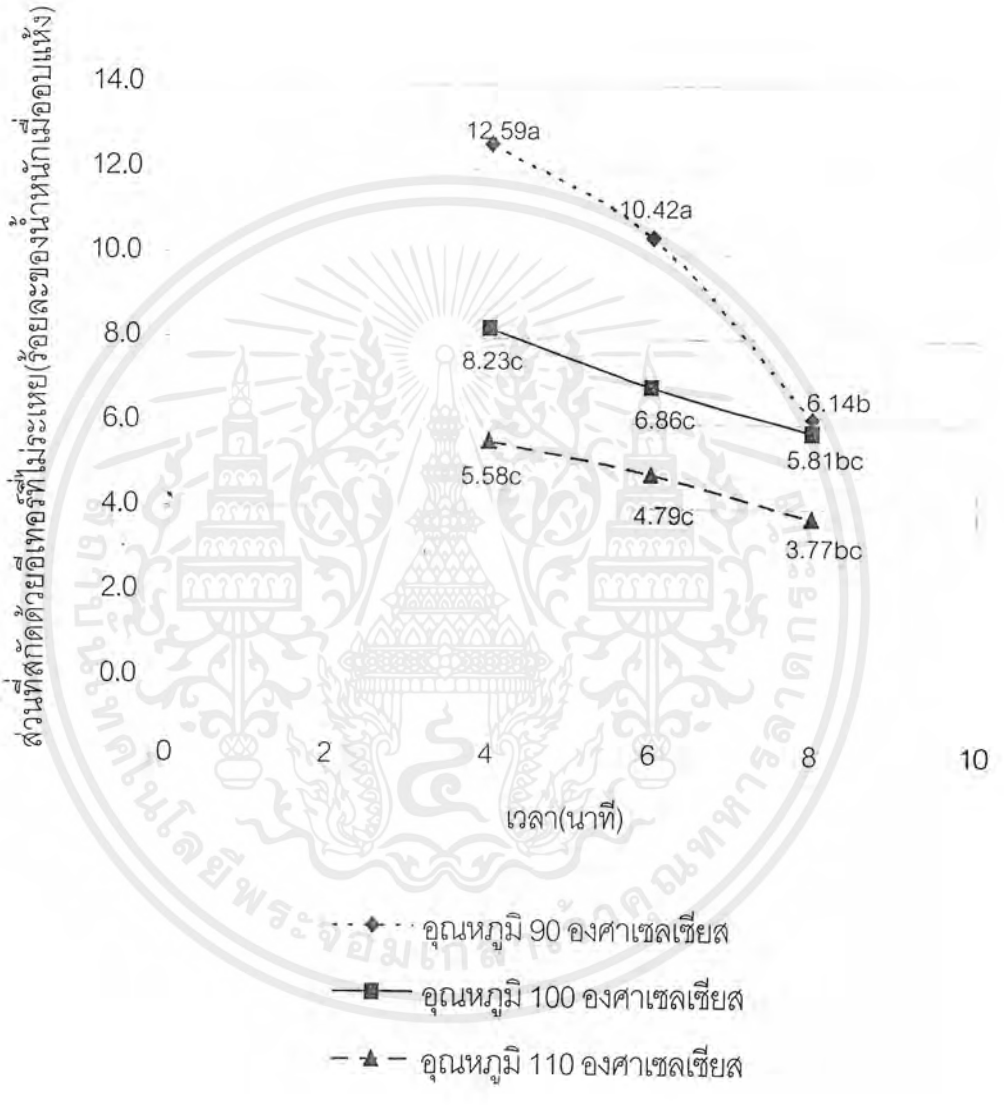
เนื่องจากอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งมีผลกระทบต่อการลดลงของปริมาณส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธี ได้แสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและความแตกต่างทางสถิติของปริมาณส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย

อุณหภูมิ	เวลาในการอบ (นาที)		
(องศาเซลเซียส)	4	6	8
90	12.59a	10.42a	6.14b
100	8.23c	6.86c	5.81bc
110	5.58c	4.79c	3.77bc

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ระดับความแตกต่างของปริมาณส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 พบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เมื่อใช้เวลาในการอบ 4 และ 6 นาที ปริมาณสารส่วนที่สกัดได้ด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหยจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ถ้าใช้เวลาในการอบ 8 นาที จะเกิดความแตกต่างขึ้น ที่ระดับอุณหภูมิ 100 และ 110 องศาเซลเซียส เมื่อใช้เวลาในการอบ 4, 6 และ 8 นาที ผลที่ได้จะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และ ที่ระดับอุณหภูมิ 90, 100 และ 110 องศาเซลเซียส เมื่อใช้เวลาในการอบ 8 นาที จะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพริกไทย มอก.297-2522 กำหนดพริกไทยคุณภาพชั้น 1 ต้องมีปริมาณส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหยไม่น้อยกว่าร้อยละ 6.8 ของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง ผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 4 และ 6 นาที และที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 4 และ 6 นาที มีปริมาณส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหยเกินค่ามาตรฐาน

4.1.2 ปริมาณน้ำมันที่ระเหย

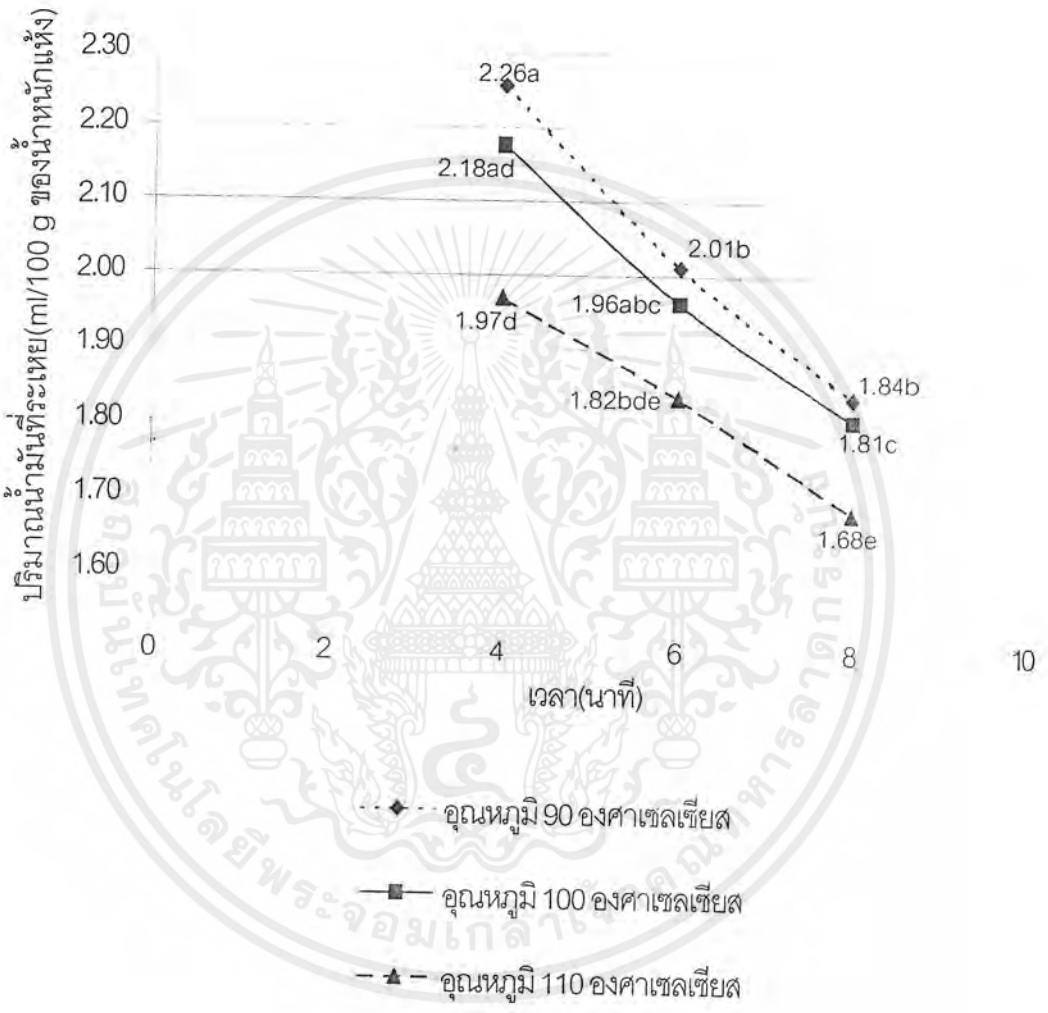
เนื่องจากอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง มีผลกระทบต่อการลดลงของปริมาณน้ำมันที่ระเหย ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธี ได้แสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยและความแตกต่างทางสถิติของปริมาณน้ำมันระเหย

อุณหภูมิ	เวลาในการอบ (นาที)		
(องศาเซลเซียส)	4	6	8
90	2.26a	2.01b	1.84b
100	2.18ad	1.96abc	1.81c
110	1.97d	1.82bde	1.68e

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ระดับความแตกต่างของปริมาณน้ำมันระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 4 นาที และ 100 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 4 และ 6 นาที ปริมาณน้ำมันที่ระเหยจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับอุณหภูมิ 100 และ 110 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 4 และ 6 นาที และ จะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ถ้าใช้เวลาในการอบ 8 นาที ผลจะมีความแตกต่าง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพริกไทย มอก.297-2522 กำหนดพริกไทยคุณภาพชั้น 1 ต้องมีปริมาณน้ำมันที่ระเหยไม่น้อยกว่า 2.0 มล./100 กรัมของน้ำหนักแห้ง ผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 4 และ 6 นาที และที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 4 นาที มีปริมาณน้ำมันที่ระเหยเกินค่ามาตรฐาน

4.1.3 ปริมาณพิเพอรีน

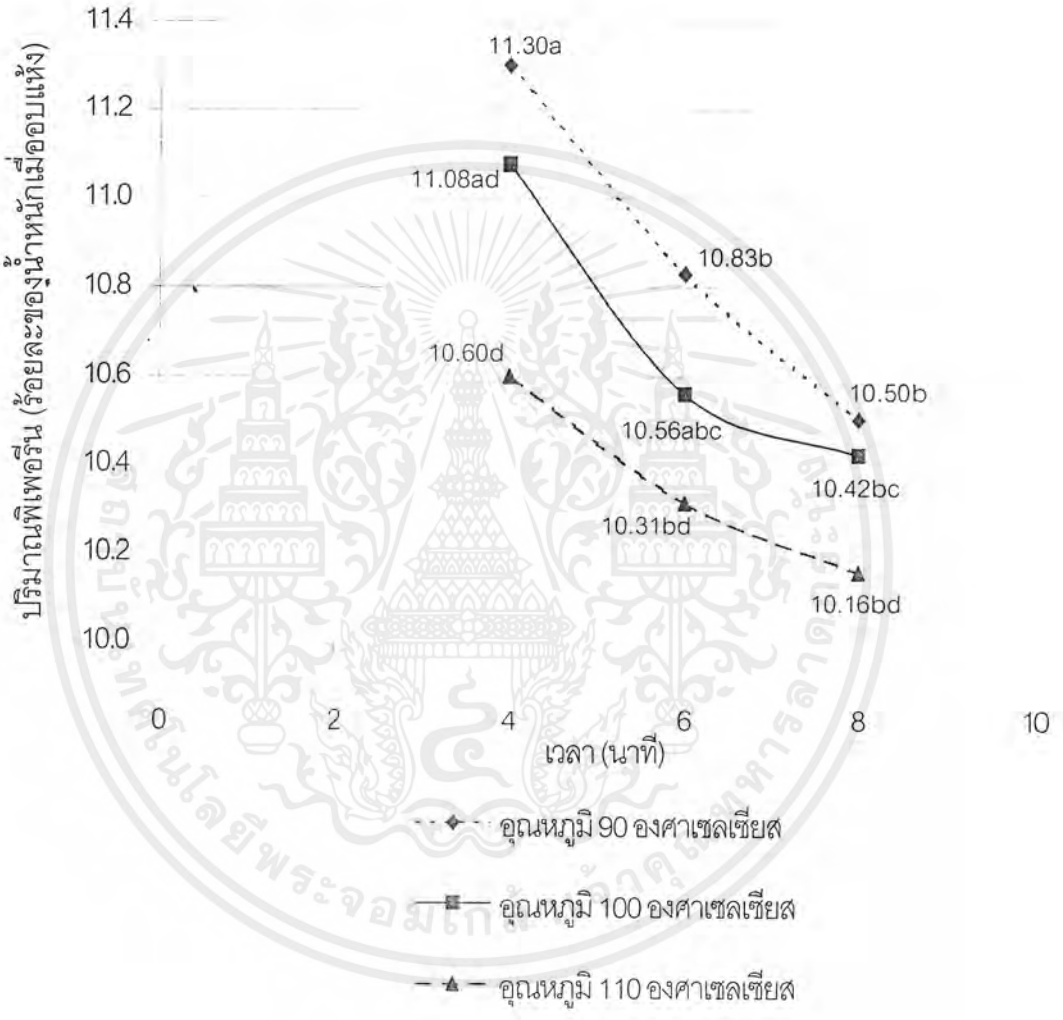
เนื่องจากอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง มีผลกระทบต่อการลดลงของปริมาณพิเพอรีน ผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธี ได้แสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยและความแตกต่างทางสถิติของปริมาณพิเพอรีน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลาในการอบ (นาที)		
	4	6	8
90	11.30a	10.83b	10.50b
100	11.08ad	10.56abc	10.42bc
110	10.60d	10.31bd	10.16bd

หมายเหตุ ตัวเลขในตารางที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ระดับความแตกต่างของปริมาณพิเพอรีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 4 นาที จะมีความแตกต่างทางสถิติกับที่เวลา 6 และ 8 นาที ที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 4 และ 6 นาที จะไม่มีความแตกต่างกัน และเวลาในการอบ 6 นาทีจะไม่แตกต่างกับ 8 นาที ที่ระดับอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 4, 6 และ 8 นาที จะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมพริกไทย มอก.297-2522 กำหนดพริกไทยคุณภาพชั้น 1 ต้องมีปริมาณพิเพอรีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 4.5 ของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง ผลการทดลองพบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 90-110 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 4-8 นาที มีปริมาณพิเพอรีนเกินค่ามาตรฐาน

4.2 สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเมล็ดพริกไทยขาวโดยวิธีฟลูอิดไดซ์เบด

สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเมล็ดพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดนั้น ควรเป็นที่ระดับอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 6 นาที เพราะที่สภาวะนี้พริกไทยขาวยังคงมีปริมาณส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย, ปริมาณน้ำมันที่ระเหยและปริมาณพิเพอรีนตามมาตรฐานกำหนด และมีความชื้นสุดท้ายต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการอบแห้งเมล็ดพริกไทยขาวโดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด ที่อุณหภูมิ 90, 100 และ 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 4, 6 และ 8 นาที โดยมีอัตราการเวียนกลับของลมร้อน 90% ความเร็วลม 16 เมตรต่อวินาที และความสูงของเบดเมล็ดพริกไทยในหอทดลอง (fixed bed) 5 เซนติเมตร พบว่า

1. การเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบมีผลทำให้คุณภาพของเมล็ดพริกไทยขาวลดลง ดังนี้
   - ปริมาณส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นปริมาณส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหยจะลดลง ดังนี้ ที่อุณหภูมิ 90, 100 และ 110 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.72, 6.96 และ 4.72 (ร้อยละของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง) ตามลำดับ และเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหยจะลดลง ดังนี้ ที่เวลาในการอบ 4, 6 และ 8 นาที มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.80, 7.36 และ 5.24 (ร้อยละของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง) ตามลำดับ
   - ปริมาณน้ำมันที่ระเหย เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำมันที่ระเหยจะลดลง ดังนี้ ที่อุณหภูมิ 90, 100 และ 110 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.03, 1.98 และ 1.82 (มล./100 กรัมของน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ และเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำมันที่ระเหยจะลดลง ดังนี้ ที่เวลาในการอบ 4, 6 และ 8 นาที มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.13, 1.93 และ 1.78 (มล./100 กรัมของน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ
   - ปริมาณพิเพอรีน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นปริมาณพิเพอรีนจะลดลง ดังนี้ ที่อุณหภูมิ 90, 100 และ 110 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.88, 10.68 และ 10.36 (ร้อยละของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง) ตามลำดับ และเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณพิเพอรีนจะลดลง ดังนี้ ที่เวลาในการอบ 4, 6 และ 8 นาที มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.99, 10.57 และ 10.36 (ร้อยละของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง) ตามลำดับ

2. คุณภาพของเมล็ดพริกไทยขาวขึ้นกับปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้อบแห้ง และเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง แต่ไม่เกิดผลกระทบร่วมระหว่างอุณหภูมิ(องศาเซลเซียส) และเวลาในการอบแห้ง (นาที)

3. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเมล็ดพริกไทยขาวเพื่อให้ได้ความชื้นต่ำสุด โดยไม่ทำให้เสียคุณภาพ คือ ระดับอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการอบ 6 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับผู้ที่สนใจจะทำการศึกษาต่อ ควรนำสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งนี้ไปออกแบบสร้างเครื่องอบให้เป็นแบบต่อเนื่อง เพื่อเป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมการอบแห้งเมล็ดพริกไทยขาวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. วัฒนา สวรรยาธิปัติ, 2531, "การปลูกพริกไทย," ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.

2. ไชยา อุ้ยสูงเนิน, 2531, "การปลูกเครื่องเทศ," โครงการหนังสือเกษตรชุมชน.

3. เบญจวรรณ พรรณรัตน์ และ ศุภวรรณ ไชยศิริ, 2539, "การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในพริกไทยป่น โดยวิธีอะตอมมิกแอบซอฟชัน สเปคโตรโฟโตเมตรี," งานวิจัยสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

4. นพรัตน์ ยศวัฒน และ อรรถสิทธิ์ ลี่ดำรงวัฒนากุล, 2529, "การอบแห้งข้างเปลือกโดยวิธีฟลูอิดไดเซชั่น," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

5. Sutherland, J.W. and T.F. Ghaly, 1990, "Rapid Fluid-Bed Drying of Paddy Rice in the Humid Tropics," Presented 13th ASEAN Seminar on Grain Postharvest Technology, Brunei, 14-15 November 1990.

6. Tumambing, J.A. and R.H. Driscoll, 1991, "Modeling the Performance of a Continuous Fluidized Bed Dryer for Rapid Pre-Dryer of Paddy," Proceeding of the 14th ASEAN Seminar on Grain Post-Harvest Technology, 6-8 November 1991, Philippines.

7. Satayaprasert, C. and V. Vanishsriwatana, 1992, "Drying Corn in Fluidized Bed," Thailand Engineering Journal, Vol.44, No.12.

8. มุสตาฟา ยะภา, 2537, "การออกแบบและทดสอบการอบแห้งข้างเปลือก แบบฟลูอิดไดซ์เบดแบบต่อเนื่องขนาดต้นแบบสำหรับอุตสาหกรรม," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. อรอนงค์ ศรีพวาทกุล, 2536, "การอบแห้งข้าวเปลือกโดยวิธีฟลูอิดไดซ์เบดอย่างต่อเนื่อง," วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

10. ไอริน กาลวิบูลย์, พลเอก ตั้งเจริญ และ เอกสิทธิ์ ศรีธรรม, 2541, "การออกแบบและศึกษาเครื่องอบแห้งทดลองสำหรับพริกไทยขาว โดยเทคนิคฟลูอิดไดซ์เบด," ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. ผลการทดลอง

- ส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย (ร้อยละของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง)

ตัวอย่าง	รายการ	90 °ซ			100 °ซ			110 °ซ		
		4 นาที	6 นาที	8 นาที	4 นาที	6 นาที	8 นาที	4 นาที	6 นาที	8 นาที
1	% ความชื้น	28.54	23.36	21.36	25.74	21.97	21.72	23.1	21.19	20.43
	M2	171.04	167.49	170.98	167.48	170.94	167.45	170.9	167.4	174.22
	M3	170.84	167.35	170.86	167.36	170.83	167.36	170.82	167.34	174.17
	E1	13.994	9.1336	7.6297	8.0797	7.0486	5.7486	5.2016	3.8066	3.1419
2	% ความชื้น	28.51	27.38	24.75	28.35	24.97	23.24	24.48	22.16	20.52
	M2	171.02	174.33	170.82	174.24	170.95	174.25	170.92	167.37	167.31
	M3	170.86	174.16	170.75	174.12	170.85	174.16	170.83	167.28	167.24
	E2	11.19	11.705	4.6512	8.374	6.664	5.8624	5.9587	5.7811	4.4036
เฉลี่ย	E	12.592	10.419	6.1404	8.2269	6.8563	5.8055	5.5801	4.7939	3.7728

E1 = ส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหยของตัวอย่างที่ 1 (ร้อยละของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง)

E2 = ส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหยของตัวอย่างที่ 2 (ร้อยละของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง)

E = ส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหยเฉลี่ย (ร้อยละของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง)

- ปริมาณน้ำมันระเหย (มล./100 กรัมของน้ำหนักแห้ง)

ตัวอย่าง	รายการ	90 °ซ			100 °ซ			110 °ซ		
		4 นาที	6 นาที	8 นาที	4 นาที	6 นาที	8 นาที	4 นาที	6 นาที	8 นาที
1	% ความชื้น	28.54	23.36	21.36	25.74	21.97	21.72	23.1	21.19	20.43
	ปริมาตรไซลีน(v0)	0.75	0.88	0.9	0.86	0.7	0.87	0.85	0.75	0.9
	ปริมาตรรวม(v1)	1.36	1.48	1.46	1.5	1.28	1.43	1.43	1.32	1.42
	ปริมาณน้ำมันที่ระเหย	2.1341	1.9572	1.7803	2.1546	1.8583	1.7885	1.8856	1.8081	1.6338
2	% ความชื้น	28.51	27.38	24.75	28.35	24.97	23.24	24.48	22.16	20.52
	ปริมาตรไซลีน (v0)	0.7	0.83	0.86	0.9	0.81	0.72	0.82	0.82	0.88
	ปริมาตรรวม(v1)	1.38	1.43	1.43	1.53	1.43	1.28	1.44	1.4	1.43
	ปริมาณน้ำมันที่ระเหย	2.378	2.0655	1.8937	2.1982	2.0658	1.8239	2.0524	1.8628	1.73
เฉลี่ย	ปริมาณน้ำมันที่ระเหย	2.256	2.0114	1.837	2.1764	1.962	1.8062	1.969	1.8355	1.6819

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณพิเพอรีน (ร้อยละของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง)

ตัวอย่าง	รายการ	90 °ซ			100 °ซ			110 °ซ		
		4 นาที	6 นาที	8 นาที	4 นาที	6 นาที	8 นาที	4 นาที	6 นาที	8 นาที
1	% ความชื้น A	28.54 1	23.36 1	21.36 1	25.74 1	21.97 1	21.72 1	23.1 1	21.19 1	20.43 1
	ปริมาณพิเพอรีน	11.304	10.54	10.272	10.877	10.352	10.319	10.504	10.249	10.151
2	% ความชื้น A	28.51 1	27.38 1	24.75 1	28.35 1	24.97 1	23.24 1	24.48 1	22.16 1	20.52 1
	ปริมาณพิเพอรีน	11.299	11.123	10.734	11.274	10.766	10.523	10.696	10.377	10.163
เฉลี่ย	ปริมาณพิเพอรีน	11.301	10.831	10.503	11.075	10.559	10.421	10.6	10.313	10.157

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง

- ส่วนที่สกัดด้วยอีเทอร์ที่ไม่ระเหย (ร้อยละของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง)

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	F-ratio
Treatment	8	127.59	15.95	9.68 **
T	2	38.48	19.24	11.68 **
A	2	75.31	37.66	22.85 **
(T*A)	4	13.81	3.45	2.09 ns
Error	9	14.83	1.65	
Total	17	142.42		

CV = 18.0%

- ปริมาณน้ำมันที่ระเหย

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	F-ratio
Treatment	8	0.54	0.07	7.23 **
T	2	0.39	0.19	20.63 **
A	2	0.15	0.07	7.77 *
(T*A)	4	0.01	0	< 1
Error	9	0.08	0.01	
Total	17	0.63		

CV = 5.0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณพิเพอรีน

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	F-ratio
Treatment	8	2.16	0.27	4.97 *
T	2	1.25	0.62	11.47 **
A	2	0.84	0.42	7.70*
(T*A)	4	0.08	0.02	< 1
Error	9	0.49	0.05	
Total	17	2.65		

CV = 2.2%

** = significant at 1% level
* = significant at 5% level
ns = not significant
S.O.V. = Source Of Variation
d.f. = degree of freedom

S.S. = Sum of Square
M.S. = Mean Square
F-ratio = สัดส่วนความผันแปรจากข้อมูล
T = เวลา (นาที)
A = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

วัสดุอุปกรณ์

1) ตัวอย่างที่ต้องการหาความชื้น (พริกไทยบด)
2) ถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝา
3) ตู้อบไฟฟ้า
4) เครื่องชั่งอย่างละเอียด

วิธีวิเคราะห์

1) บดตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างไม่สามารถบดได้ให้ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ
2) ชั่งตัวอย่างใส่ในถ้วยอลูมิเนียม จนได้น้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง ที่ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3) อบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4) เอาตัวอย่างออกจากตู้อบทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งมวลและบันทึกไว้ นำไปอบต่อ
5) นำตัวอย่างออกมาชั่งเหมือนข้อ 4 ทุก ๆ ชั่วโมง จนกระทั่งมวลคงที่

การคำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\%\text{ความชื้น} = \frac{(\text{มวลของตัวอย่างก่อนอบ} - \text{มวลของตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{มวลของตัวอย่างก่อนอบ}}$$

ผลการทดลอง

ตัวอย่าง	รายการ	90 °ซ			100 °ซ			110 °ซ		
		4 นาที	6 นาที	8 นาที	4 นาที	6 นาที	8 นาที	4 นาที	6 นาที	8 นาที
1	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	5.36	6.42	8.1	8.78	13.43	10.36	4.07	11.47	11.75
	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	3.83	4.92	6.37	6.52	10.48	8.11	3.13	9.04	9.35
	% ความชื้น	28.54	23.36	21.36	25.74	21.97	21.72	23.1	21.19	20.43
2	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	8.7	7.89	9.86	9.84	7.73	9.51	8.13	9.16	10.09
	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	6.22	5.73	7.42	7.05	5.8	7.3	6.14	7.13	8.02
	% ความชื้น	28.51	27.38	24.75	28.35	24.97	23.24	24.48	22.16	20.52
เฉลี่ย	% ความชื้น	28.53	25.37	23.05	27.05	23.47	22.48	23.79	21.67	20.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณผู้มีส่วนช่วยเหลือและให้คำปรึกษาต่าง ๆ ในโครงงาน ดังต่อไปนี้

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของโครงงาน ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ ตลอดการทำโครงงานนี้
- ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ ในการทำโครงงานนี้
- อาจารย์สรรวริศ อุ่ยวัฒนา ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ ในการทำโครงงานนี้
- อาจารย์เอกสิทธิ์ ศรีธรรม ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการหาข้อมูลต่าง ๆ และความช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาในการทำโครงงานนี้
- คุณเกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ ในการทำโครงงานนี้
- คุณอำนาจ คูตะคุ ที่ได้ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่าง ๆ ในการทำโครงงานนี้
- อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและเจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคนิค ทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ ในการทำโครงงานนี้

รวมทั้งบุคคลอื่นที่ไม่ได้กล่าวมา ณ ที่นี้ ซึ่งได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำโครงงานนี้ให้เสร็จลงได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาส นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้