ME-NETT23 The 23rd Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand

TSF-037456

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23
4 – 7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่

การอบแห้งกุ้งโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

Shrimp Drying Using Fluidized-bed Technique by Superheated Steam

นิรุตติ์ เปรมเจริญ[1] ฐานิตย□เมธิยานนท์[2]* และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์[3]

[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530
[3]คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10400
*ติดต่อ: thanid_m@yahoo.com โทร: (662) 9883666 ext. 3107

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจลศาสตร์ของการอบแห้งกุ้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อน โดยทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพร้อมชุดผลิตไอน้ำ เพื่อทำการเปรียบเทียบ การอบแห้งกุ้งโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อน ก่อนทำการอบแห้งกุ้งมีความชื้นเริ่มต้น 450% d.b. โดยพิจารณาในช่วงเริ่มต้นจนความชื้นลดลงเหลือ 25% d.b. จากผลการทดลองอบแห้งกุ้งโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อนพบว่า ทั้งสองตัวกลางสามารถทำให้กุ้งสุกได้ เนื่องจากเป็นการอบแห้งที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิสูง และการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งลงผลให้มีอัตราการลดลงของความชื้นที่เร็วขึ้นการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งส่งผลให้การลดลงของความชื้นในกุ้งเร็วขึ้น ในการอบแห้งกุ้งที่อุณหภูมิ 130 °C มีอัตราการลดลงของความชื้นใกล้เคียงกัน และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งที่สูงขึ้นการใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งจะมีอัตราการลดลงของความชื้นเร็วกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อน แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิ 130 °C เป็นอุณหภูมิอินเวอร์ชั่น (inversion temperature) เวลาที่ใช้ในการอบแห้งอยู่ในช่วง 13-37 นาที กุ้งที่ทำการอบแห้งด้วยอากาศร้อนพบว่ามีการไหม้เกรียมในขณะที่การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งไม่ทำให้สีของกุ้งผิดเพี้ยนไป

คำหลัก*: การอบแห้ง/ กุ้งแห้ง/ ฟลูอิไดซ์เบด/ ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง*

Abstract

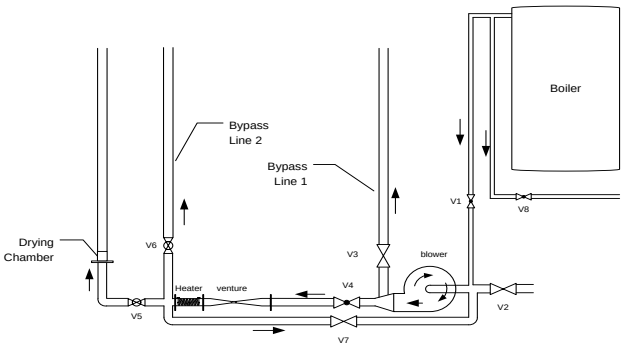
This research aims at studying drying kinetics of shrimp dried by fluidized bed technique using superheated steam and hot air. To conduct the experiments, a fluidized bed dryer equipped with a boiler was designed and constructed. The comparison between employing superheated steam and hot air is described, as well. The results encompassing initial moisture content of about 450% d.b. were taken into account for comparisons. The results revealed that the bilateral fluids were able to cook shrimp due to high temperature use and had a similar tendency to expedite the moisture reduction as drying temperature increased. Furthermore, the drying rates of the bilateral medium were found comparable at a drying temperature of 130°C; however, above this temperature the superheated steam was seem to be superior to the hot air, indicating that a 130°C-temperature is an inversion temperature. The drying time varied from 13 to 37 min, depending on temperature use. Finally, hot air drying caused shrimp scorched while superheated steam drying did not deteriorate the shrimp colour.

Keywords*: drying/dried shrimp/fluidized bed/superheated steam*

1. บทนำ

ประเทศไทยในฐานะที่เป็นประเทศที่สามารถจับสัตว์ทะเลได้เป็นจำนวนมากในแต่ละปี และมีการนำไปใช้เพื่อบริโภคในรูปแบบต่างๆ กัน ทั้งในการบริโภคสดและเข้าสู่อุตสาหกรรมการผลิตแปรรูปประเภทต่างๆ เช่น อาหารทะเลแช่แข็ง อาหารทะเลกระป๋อง ทำเค็มและตากแห้ง เป็นต้น ซึ่งการอบแห้งเป็นกรรมวิธีในการถนอมอาหารทะเลชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถทำให้เก็บรักษาอาหารทะเลได้เป็นระยะเวลานานขึ้น และเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศในเอเชีย โดยอาหารทะเลอบแห้งนั้นสามารถแบ่งออกได้หลายประเภทตามวัตถุดิบ คือ ปลาหมึกแห้ง กุ้งแห้ง และหอยแห้ง เป็นต้น โดยกุ้ง มีการนำมาแปรรูปคิดเป็น ร้อยละ 17 ของผลผลิตกุ้งทั้งหมด ในการแปรรูปส่วนใหญ่จะเป็นการทำให้แห้งโดยไม่ต้องมีการปรุงรส ด้วยวิธีการตากแดดในประเทศไทยโดยมากทำเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนและนิยมใช้วิธีตากแดดในการทำให้แห้ง เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและมีต้นทุนต่ำ ซึ่งเป็นการอาศัยธรรมชาติทำให้บางช่วงของปีไม่สามารถทำได้ ส่งผลให้มีอัตราการผลิตที่ไม่คงที่และยังใช้เวลานานในการทำให้อาหารทะเลแห้งรวมไปถึงกรรมวิธีที่มีหลายขั้นตอน ใน การทำกุ้งแห้งจะต้องนำกุ้งไปต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 3 นาที เพื่อทำให้กุ้งสุกก่อนแล้วจึงนำไปตากแดดหรือนำไปอบแห้งด้วยรมร้อน [7] จนเหลือความชื้นสุดท้ายที่ 25% d.b.[2] และเพื่อเป็นการลดขั้นตอนในกระบวนการผลิตลงจึงได้นำวิธีการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมาใช้ในการอบแห้ง เนื่องจากในกระบวนการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งนั้นจะทำให้กุ้งสุกได้ในเวลาเดียวกัน นอกจากกุ้งแล้วยังมีการนำไอน้ำร้อนยวดยิ่งไปใช้ในการอบแห้งเนื้อสัตว์ต่างๆเช่น เนื้อไก่[3]และเนื้อวัว[4]เป็นต้น และด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดซึ่งให้อัตราการอบแห้งที่สูงก็จะสามารถลดกระบานการและเวลาที่ใช้ในการผลิตได้ ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำทั้งสองเทคนิคไปใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือก [5] รวมไปถึงวัตถุดิบที่ใช้ในการทำอาหารสัตว์ [1,6] อีกด้วยและเป็นที่นิยมมากและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์อีกด้วย งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลของการอบแห้งอาหารทะเลด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง เพื่อ เปรียบเทียบ จลศาสตร์ ของ การอบแห้งอาหารกุ้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและลมร้อนเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

2.1 อุปกรณ์

ใ นการทดลองอบแห้งกุ้งใช้เครื่องอบแห้งซึ่งประกอบด้วยหออบทำจากแก้ว (Pyrex glass)ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 51 cm สูง 120 cm ไอน้ำที่ใช้ในการอบแห้งมาจากเครื่องให้กำเนิดไอน้ำขนาด 50kW (ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง) ซึ่งผลิตไอน้ำอิ่มตัวที่ความดันบรรยากาศหลังจากนั้นทำการเพิ่มอุณหภูมิให้กับไอน้ำด้วย Heater ขนาด 5 kW โดยจะควบคุมอุณหภูมิของอากาศด้วยชุดควบคุมอุณหภูมิแบบ PID ความละเอียด ±1 °C (Temperature Control) เพื่อทำไอน้ำอิ่มตัวให้กลายเป็นไอน้ำร้อนยวดยิ่ง อุณหภูมิของไอน้ำร้อนยวดยิ่ง และอากาศร้อน ที่ใช้ในการอบแห้งคือ 130, 150 และ170°C โดยไม่มีการเวียนอากาศกลับมาใช้ใหม่

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

เริ่มต้นทำการอุ่นเครื่องกำเนิดไอน้ำจนกว่าที่ทางออกของเครื่องกำเนิดไอน้ำจะกลายเป็นไอที่อุณหภูมิ 100°C ในขณะเดียวกันก็ทำการอุ่นระบบโดยใช้ลมร้อนประมาณ 30 นาที หลังจากนั้นจึงเปิดไอน้ำเพื่ออุ่นระบบอีกครั้งจนได้อุณหภูมิที่ต้องการจึงนำกุ้งเข้าอบในหออบแห้ง อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ใช้ในการอบแห้งอบแห้งคือ 130, 150, และ 170°C โดยมี

อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำ 19.36 kg/h โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. อุ่นเครื่องกำเนิดไอน้ำโดยปิด v1 และเปิด v8 จนกว่าน้ำที่ออกจากเครื่องกำเนิดไอน้ำจะกลายเป็นไอที่อุณหภูมิ 100°C ทั้งหมด
2. เปิด v4, v7 ปิด v2, v3, v5, v6 เปิดพัดลม และอุ ปกรณ์ทำความร้อนโดยตั้งอุณหภูมิที่ 130°C
3. เมื่อระบบได้อุณหภูมิคงที่แล้วทำการเปิดไอน้ำเข้าระบบเพื่ออุ่นระบบอีกครั้งโดยเปิด v1, v5 และปิด v8, v7
4. เมื่อได้อุณหภูมิที่ทางออกของหออบใกล้เคียงกับอุณหภูมิอบแห้งแล้ว จึงนำกุ้งเข้าอบแห้งโดยเปิด v5 และปิด v6
5. เปิด v6 ปิด v5 เพื่อนำไอน้ำเข้าห้องอบแห้ง
6. เปิด v5 และปิดv6 เพื่อนำกุ้งออกมาชั่งน้ำหนัก
7. ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 130,150และ170°C

2.2.2 การอบแห้งด้วยอากาศร้อน

ทำการอุ่นหออบแห้งประมาณ 30 นาทีจึงนำกุ้งเข้าอบในหออบแห้ง อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งคือ 130,150, และ 170°C โดยมีอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ 55.08 kg/h ส่วนการวัดความเร็วของอากาศนี้ได้ทำการติดตั้งชุดเวนจูรี่ในเครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบดเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการปรับความเร็วลม โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เดินระบบโดยเปิด v2, v3 และเปิดพัดลม ปิด v1, v7
2. เปิดv5และค่อยปรับ v4 จนได้อัตราการไหลของอากาศที่ต้องการ โดยดูจากความดันตกคร่อมที่เวนจูรี
3. เปิดอุปกรณ์ทำความร้อนตั้งอุณหภูมิ 130°C
4. เมื่อได้อุณหภูมิที่ทางออกของหออบใกล้เคียงกับอุณหภูมิอบแห้งแล้ว จึงนำกุ้งเข้าอบแห้งโดยเปิด v5 และปิด v6
5. เปิด v6 ปิด v5 เพื่อนำไอน้ำเข้าห้องอบแห้ง
6. เปิด v5และปิดv6เพื่อนำกุ้งออกมาชั่งน้ำหนัก
7. ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 130,150และ170°C

ทั้งสองการทดลองทำโดย นำกุ้งมาตัดหนวดและขาออกเนื่องจากเมื่อทำหารอบแห้งกุ้งแล้วส่วนขาและหนวดจะแห้งกรอบและหักปลิวออกจากหออบทำให้การชั่งน้ำหลักเพื่อหาความชื้นที่ลดลงมีค่าคลาดเคลื่อน และตัดแบ่งเป็นชิ้น ชิ้นละประมาณ 2.5 g เงื่อนไขในการทดลองคือ น้ำหนักกุ้งเริ่มต้นประมาณ 50 g มีความสูงเบด 5 cm ความชื้นเริ่มต้น 82 %w.b. โดยในขณะทำการอบแห้งจะนำกุ้งมาชั่งน้ำหนักทุก 1 นาที โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอลที่มีค่าความละเอียด 0.0001 g หลังจากนั้นนำกุ้งเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง. เพื่อหาความชื้นสุดท้าย

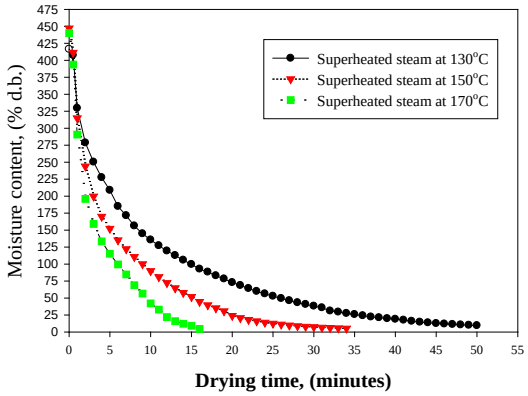
3. ผลการทดลอง

การทดลองอบแห้งกุ้งโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดแบ่งออกเป็นการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อนเพื่อนำมาเปรียบเทียบกันในด้านจลนศาสตร์การอบแห้ง

3.1 ใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนและมวล

จากการทดลองอบแห้งกุ้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนและมวล ที่อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำ 19.36 kg/h เป็นอัตราการไหลที่สามารถทำให้กุ้งภายในหออบเกิดการฟลูอิไดเซชันได้ตลอดการทดลอง จากรูปที่ 2 เป็นเป็นกราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความชื้นเทียบกับเวลาที่อุณหภูมิ 130,150 และ 170°C พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งส่งผลให้การลดลงของความชื้นภายในกุ้งเร็วขึ้น โดยพบว่าในช่วงแรกของการอบแห้ง มีอัตราการลดลงของ

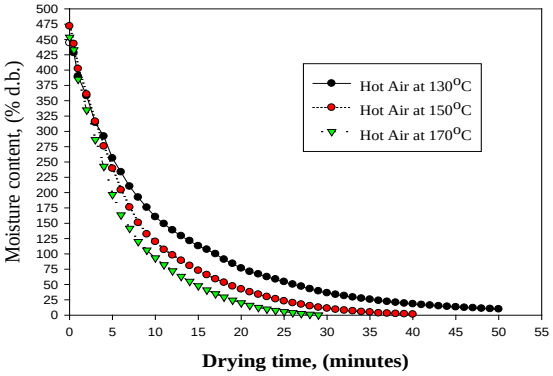
ความชื้นค่อนข้าง เร็วและ คงที่ดังนั้นการลดลงของความชื้นจะถูกควบคุมโดยปัจจัยภายนอกคือไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ใช้ในการอบแห้ง หลังจากนั้นการลดลงของความชื้นจะค่อยๆช้าลงเป็นผลมาจากการอบแห้งถูกควบคุมด้วยปัจจัยภายในคือตัวกุ้งที่ใช้ในการอบแห้งนั้นเอง และการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งก็เป็นการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนและมวล จากการทดลองพบว่าความชื้นของกุ้งลดลงเหลือ 25% d.b. ภายในเวลา 37 นาทีที่อุณหภูมิอบแห้ง 130°C ,21 นาทีที่อุณหภูมิอบแห้ง 150°C และ 13 นาทีที่อุณหภูมิอบแห้ง 170°C



รูปที่ 3 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความชื้นเทียบกับเวลาโดยใช้ ไอน้ำ ร้อน ยวดยิ่ง ที่อุณหภูมิ 130,150 และ170°C เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนและมวล

3.2 ใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนและมวล

จากการทดลองอบแห้งกุ้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดโดยใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนและมวล รูปที่ 3 เป็นเป็นกราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความชื้นเทียบกับเวลาที่อุณหภูมิ 130, 150 และ 170°C พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งส่งผลให้การลดลงของความชื้นภายในกุ้งเร็วขึ้นเช่นกัน แต่ในการทดลองมักพบการเกาะตัวกันของกุ้งในหออบแห้งเนื่องจากน้ำที่อยู่ในตัวกุ้งเมื่อแพร่ออกมายังผิวกุ้งแล้วและได้รับความร้อนจากอากาศอบแห้งจะเกิดการแข็งตัวและเกาะติดกันโดยเฉพาะในช่วงแรกของการอบแห้งซึ่งเป็นที่ความชื้นของกุ้งยังสูงอยู่และมีการเกิดฟลูอิไดเซชันที่ยังไม่สมบูรณ์จะต้องทำการแยกกุ้งแต่ละชิ้นออกจากกันขณะนำกุ้งออกมาชั่งน้ำหนัก จากการทดลองพบว่าความชื้นของกุ้งลดลงเหลือ 25%d.b. ภายในเวลา 37 นาทีที่อุณหภูมิอบแห้ง 130°C ,26 นาทีที่อุณหภูมิอบแห้ง 150°C และ 20 นาทีที่อุณหภูมิอบแห้ง 170°C

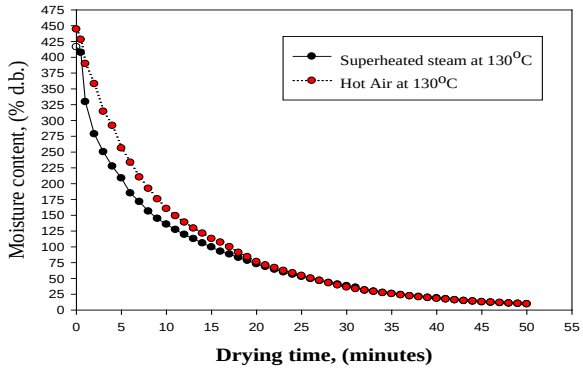


รูปที่ 3 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความชื้นเทียบกับเวลาโดยใช้อากาศร้อนที่อุณหภูมิ 130,150 และ 170 °C เป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนและมวล

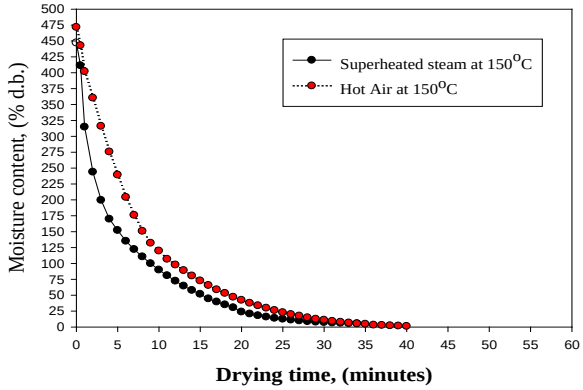
3.3 เปรียบเทียบการอบแห้งกุ้งโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อน

จากผลการทดลองอบแห้งกุ้งโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อนพบว่าทั้งสองตัวกลางสามารถทำ ให้กุ้งสุกได้เนื่องจากเป็นการอบแห้งที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิสูง และการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งลงผลให้มีอัตราการลดลงของความชื้นที่เร็วขึ้น จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 130°C มีอัตราการลดลงของความชื้นใกล้เคียงกัน หากดูที่การลดลงของความชื้นตั้งแต่เริ่มต้นจนเหลือความชื้น 25% d.b. ยังพบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเท่ากันคือ 37 นาที จึงเป็นไปได้ว่าอุณหภูมิอินเวอร์ชัน (Inversion Temperature) จะเท่ากับ 130°C และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งขึ้นไปที่ 150 และ 170°C จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งในการอบแห้งกุ้งมีอัตราการลดลงของความชื้นเร็วกว่าการใช้อากาศร้อนในการอบแห้งดังแสดงในรูปที่ 6 และ 7 และยังไม่ทำให้กุ้งเกาะตัวกันในขณะทำการอบแห้ง

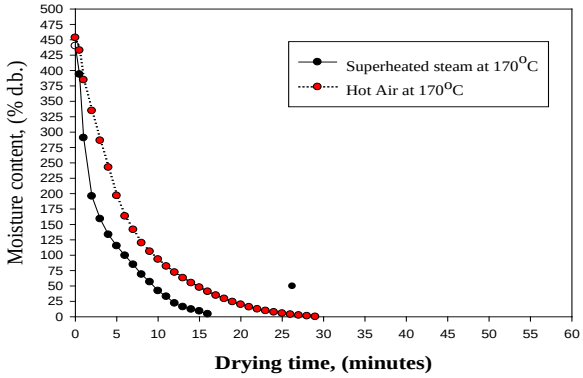
ความเร็วของอากาศร้อนที่ใช้อบแห้งคือ 8.5, 8.9 และ 9.3 m/s ที่อุณหภูมิ 130, 150 และ 170°C ตามลำดับ และในการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งใช้ความเร็ว 4.7, 5.0 และ 5.2 m/s ที่อุณหภูมิ130, 150 และ 170°C ตามลำดับ การที่ต้องใช้ความเร็วของอากาศอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเนื่องจากการอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิสูงจะทำให้น้ำบริเวณผิวของกุ้งแห้งเร็วและแข็งจับตัวกับชิ้นอื่น ในขณะที่การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งในช่วงเริ่มต้นของการอบแห้งมีการควบแน่นของไอน้ำจึงไม่ทำให้ผิวของกุ้งแห้งเร็วจนเกินไป จากรูปที่ 7 และ 8 กุ้งที่ทำการอบแห้งด้วยอากาศร้อนพบว่ามีการไหม้เกรียม ในขณะที่การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งไม่พบการไหม้เกรียมดังกล่าว



รูปที่ 4เปรียบเทียบการอบแห้งกุ้งโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 130°C

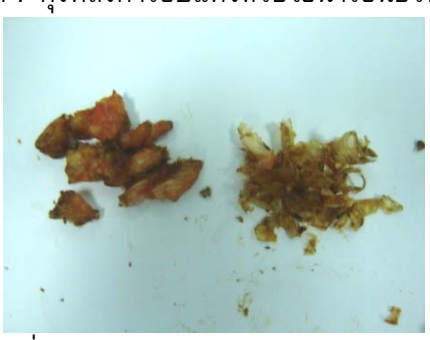


รูปที่ 5 เปรียบเทียบการอบแห้งกุ้งโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 150°C



รูปที่ 6เปรียบเทียบการอบแห้งกุ้งโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 170°C

รูปที่ 7 กุ้งหลังการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง



รูปที่ 8 กุ้งหลังการอบแห้งด้วยอากาศร้อน

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองอบแห้งกุ้งโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อน การเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งส่งผลให้อัตราการลดลงของความชื้นเร็วขึ้น โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 130°C เป็นอุณหภูมิอินเวอร์ชันและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งที่สูงขึ้น การ

อบแห้งกุ้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งจะมีอัตราการลดลงของความชื้นเร็วกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนและยังไม่ทำให้กุ้งเกาะตัวกันขณะทำการอบแห้ง และเพื่อลดการเกาะตัวจึงต้องใช้ความเร็วสูงในการอบแห้งด้วยอากาศร้อน การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ไม่พบว่าทำให้กุ้งไหม้เกรียมเหมือนกับกรณีที่ให้อากาศร้อน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] De Sureire, F., “Superheated Steam Beef Pulp Dried with Mechanical Vapour Recompression,” European Community Demonstration Projects for Energy Saving and Alternative Energy Sources, de Villenoy, France, 4p.

[2] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533, มอก. 1003-2533 : กุ้งแห้ง, 7 หน้า.

[3] สุดาทิพย์ คงขำ, อดิศักดิ์ นาถกรณกุล และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (25 49).การอบแห้งเนื้อไก่ปรุงรสด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับปั๊มความร้อน, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชศรีมา

[4] ศิริวัฒ สินประเสริฐ, 2548, การศึกษาการอบแห้งเนื้อวัวด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 130หน้า

[5] อิศเรศ ธุชกัลยา, 2543, การอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 163หน้า

[6] Jensen, A.S., 1992, ”Pressurized Drying in Fluid Bed with Steam,” Proceedings of the Eighth International Drying Symposium (IDS’92), Amsterdam, Elsevier Science publisher B.V., pp . 1593-1601.

[7] กรมประมง, 2540, ผลิตภัณฑ์กุ้งแห้งในประเทศไทย,78 หน้า