Agricultural Sci. J. 41 : 1 (Suppl.) : 532-535 (2010) ว. วิทย. กษ. 41 : 1 (พิเศษ) : 532-535 (2553)

การอบแห้งอาหารทะเลด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง
Seafood Drying using Superheated Steam

วทัญญู รอดประพัฒน์[1], ศรีมา แจ้คำ[1], กิตติศักดิ์ วิธินันทกิตต์[1], วัฒนากรณ์ นันชัย [2] และ จารุภัทร ลามคำ[2]
Wathanyoo Rordprapat[1], Srima Jaekhom[1], Kittisak Witinantakit[1], Wattanakorn Nunchai [2] and Jarupat Lamcome[2]

Abstract

The purpose of this research was to study the effects of drying temperature by using superheated steam as drying media in a lab scale dryer on quality of seafood. Shrimp and short-bodied mackerel were tested in this study. A dryer capacity was approximately 200 - 300 g per batch. The dryer comprised of a 4.5 kW heater and 0.75 kW fan motor. The steam was derived from a boiler at capacity of 20 kg/h. The drying temperatures of 120, 140 and 160°C were applied with superheated steam velocity of 1.72 m/s. Shrimp with initial moisture content of about 370 - 380% was dried down to 15-20% dry basis. While as short-bodied mackerel with initial moisture content of about 200 - 210% was dried down to 40 - 45% dry basis. Samples were taken to analyze in color (L a b), hardness and water activity compared with a product from Nong Mon market. The results showed that there were no significantly different ($p \leq 0.05$) in those properties between the products using superheated steam and the products from Nong Mon market. From this study, the drying temperature not higher than 140°C was recommended for shrimp drying. The drying temperature of 160°C was suitable for short-bodied mackerel.

Key word: Drying, sea food, superheated steam, Shrimp, Mackerel

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแห้งอาหารทะเลด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ในระดับห้องปฏิบัติการซึ่งสามารถใส่อาหารทะเลได้ 200 – 300 กรัม/ครั้ง มีขนาดอุปกรณ์ให้ความร้อนขนาด 4.5 กิโลวัตต์ และมอเตอร์ขับพัดลม 0.75 กิโลวัตต์ ใช้ไอน้ำจากเครื่องกำเนิดไอน้ำขนาด 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง วัสดุที่ใช้ในการทดลอง คือ กุ้ง และ ปลาทู เงื่อนไขในการอบแห้ง ที่อุณหภูมิระหว่าง 120, 140 และ 160 °ซ ความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 1.72 เมตรต่อวินาที โดยอบแห้งกุ้งจากความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 370 - 380 มาตรฐานแห้ง ให้เหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 15 – 20 มาตรฐานแห้ง ขณะที่ปลาทูอบแห้งจากความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 200 - 210 มาตรฐานแห้ง ให้เหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 40 – 45 มาตรฐานแห้ง เพื่อนำไปทดสอบคุณภาพหลังการอบแห้ง สมบัติที่ทดสอบ คือ ค่าสี L a b เนื้อสัมผัสด้านความแข็ง, ค่า Water Activity (a_w), เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในตลาดหนองมน ผลการทดลองพบว่า กุ้งและปลาทู ที่ผ่านการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมี ค่าสี ค่าความแข็ง ค่า Water Activity (a_w) ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกุ้งที่วางขายในตลาดหนองมน จากงานวิจัยนี้แนะนำให้ใช้อุณหภูมิอบแห้งกุ้งไม่เกิน 140 °ซ กรณีการอบแห้งปลาทูแนะนำใช้ที่อุณหภูมิ 160 °ซ

คำสำคัญ การอบแห้ง, อาหารทะเล, ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง, กุ้ง, ปลาทู

คำนำ

การแปรรูปอาหารทะเลเพื่อการส่งออกและขายภายในประเทศ สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและประเทศได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะกุ้งแห้ง หอยแมลงภู่ ปลากะตัก ปลาทู ปลาหมึก และ ปลาอินทรีย์ เพราะว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะโปรตีนซึ่งเป็นสารอาหารสำคัญ และในปัจจุบันขั้นตอนการผลิตยังไม่ได้คุณภาพ เนื่องจากมีขั้นตอนการผลิตที่ยุ่งยากและไม่ได้มาตรฐาน เช่น การผลิตกุ้งแห้งแบบดั้งเดิมของชาวบ้านมีขั้นตอนดังนี้ นำกุ้งสดที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 380-400 มาตรฐานแห้ง (ดลฤดี, 2543) มาล้างทำความสะอาดก่อน แล้วแช่ในน้ำเกลือเป็นเวลาประมาณ

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ.ชลบุรี 20110
[1] Department of Energy Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Chonburi 20110
[2] สาขาวิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก จ.ชลบุรี 20110
[2] Department of Post Harvest and Processing Engineering, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok, Chonburi 20110

30 นาที แล้วจึงนำไปต้มให้สุกพอดีโดยให้เนื้อกุ้งไม่แห้งติดเปลือกหรือหดตัวมากเกินไป จากนั้นนำกุ้งที่ผ่านการต้มมาตากแดดหรือเข้าเครื่องอบแห้งเพื่อลดความชื้นจนเหลือต่ำกว่าร้อยละ 20 มาตรฐานแห้ง ตามสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2533) การตากแดดจะใช้เวลาในการตากประมาณ 12 – 18 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ ส่วนการใช้เครื่องอบแห้งนั้นในแต่ละที่จะมีเทคนิคที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งโดยส่วนมากจะใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 5 – 6 ชั่วโมง หรืออาจมีการใช้ทั้งสองวิธีร่วมกันคือ ตากแดดก่อนและจึงนำไปเข้าเครื่องอบแห้ง เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานในการอบแห้งและโดยส่วนใหญ่นิยมเลือกใช้การตากแดดมากกว่าเนื่องจากประหยัดค่าใช้จ่าย แล้วจึงนำกุ้งที่แห้งมาตีเปลือกหรือกะเทาะเปลือก ส่วนอาหารทะเลชนิดอื่นของพื้นที่ภาคตะวันออกจะนิยมนำไปตากแห้งมากกว่าการใช้เครื่องอบแห้งเพราะว่าประหยัดค่าใช้จ่าย แต่มีข้อเสียคือ ใช้แรงงานและพื้นที่มาก ใช้เวลานาน ช่วงที่มีฝนตกไม่สามารถอบแห้งได้ ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งที่ได้ไม่มีความสะอาด ปลอดภัยต่อผู้บริโภค เนื่องจากการปนเปื้อนของฝุ่น แมลงวัน และอาจมีจุลินทรีย์ที่มีโทษปะปนอยู่ ดังนั้นถ้ามีวิธีการทำแห้งที่ดีและใช้เวลาสั้น ประหยัดค่าใช้จ่าย ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแห้งที่ได้มีลักษณะน่ารับประทานหรือใกล้เคียงกับวิธีดั้งเดิม มีความสะอาด ปลอดภัย ต่อผู้บริโภค การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเพราะว่าสามารถรวมขั้นตอนการนึ่งและอบแห้งให้อยู่ในขั้นตอนเดียวกันได้ ซึ่งช่วยให้ลดขั้นตอนและระยะเวลาลง และมีความเป็นไปได้สูงในการนำไปใช้อบแห้งอาหารในเชิงพาณิชย์ต่อไป ในงานวิจัยนี้ได้เลือกตัวแทนอาหารทะเลมา 2 ชนิด ที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน คือ กุ้ง และ ปลาทู เป็นวัสดุทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งระดับห้องปฏิบัติการ (Figure 1) ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler) ขนาด 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ชุดให้ความร้อน (Super heater) ขนาด 1.5 กิโลวัตต์ จำนวน 3 ชุด พัดลมแบบโค้งหลัง (Blower) มอเตอร์ขับขนาด 1 แรงม้า สามารถปรับความเร็วรอบได้ เครื่องชั่งดิจิตอล ขนาด 500 กรัม ความละเอียด 0.01 กรัม

การเตรียมวัสดุทดลอง กรณีปลาทู นำปลาทูสดมาตัดหัว ผ่าหลังเพื่อเอาก้างออก แล้วล้างทำความสะอาดและปรุงรสด้วยการหมักซีอิ้วขาวเป็นเวลานาน 30 นาที ก่อนนำไปอบแห้ง กรณีของกุ้ง จะนำกุ้งสด (กุ้งทราย) ล้างทำความสะอาด แช่น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนัก เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปทดลองอบแห้ง ซึ่งในการอบแห้งแต่ละครั้งใช้วัสดุทดลองประมาณ 120 – 200 กรัม เงื่อนไขที่ใช้ในการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 120, 140 และ 160^{O}ซ ความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 1.72 เมตรต่อวินาที (เยาวภา และคณะ, 2552) อบแห้งจนเหลือความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าร้อยละ 15-20 มาตรฐานแห้ง สำหรับกุ้ง และร้อยละ 40-45 มาตรฐานแห้ง สำหรับปลาทู ก่อนนำไปตรวจสอบคุณภาพหลังการอบแห้ง โดยวัดค่าสี L a b ค่า Water activity (a_w) และความแข็ง (Hardness) และเทียบกับอาหารทะเลแห้งที่วางขายในตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี

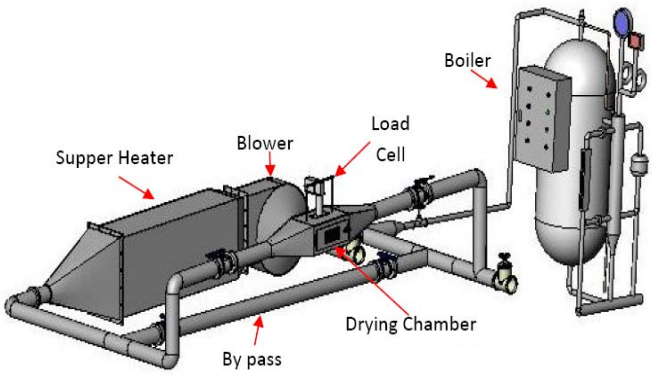


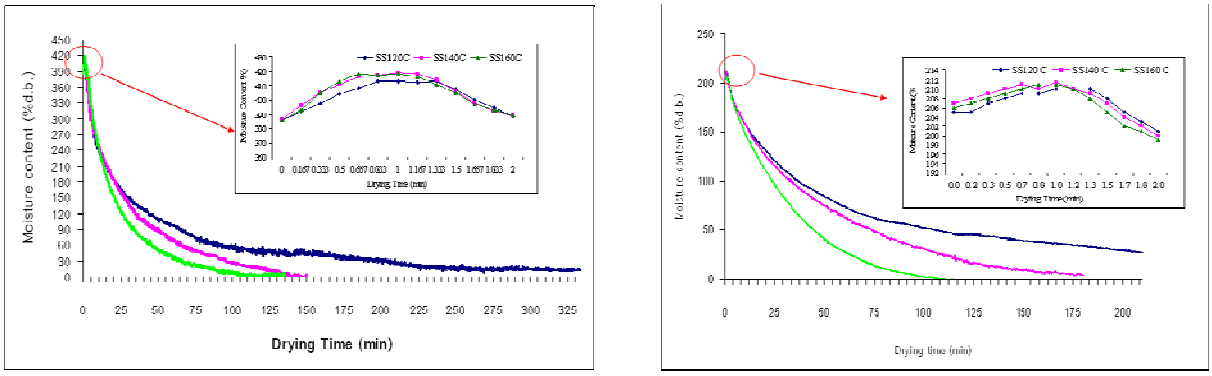
Figure 1 Diagram of superheated steam dryer by lab scale

ผลและวิจารณ์

การอบแห้งกุ้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งในระดับห้องปฏิบัติการ ที่เงื่อนไขการอบแห้ง อุณหภูมิ 120, 140 และ 160^{O}ซ ความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 1.72 เมตรต่อวินาที อบแห้งจนเหลือความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าร้อยละ 15-20 มาตรฐานแห้ง สำหรับกุ้ง และร้อยละ 40-45 มาตรฐานแห้ง สำหรับปลาทู ก่อนนำไปตรวจสอบคุณภาพหลังการอบแห้ง โดยวัดค่าสี L a b ค่า Water activity และ Hardness และเทียบกับอาหารทะเลแห้งที่วางขายในตลาดหนองมน จังหวัดชลบุรี เป็นดังนี้

จาก Figure 2 แสดงเส้นลักษณะการอบแห้งกุ้งและปลาทูด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง a การอบแห้งกุ้ง และ b การอบแห้งปลาทู พบว่าในช่วง 1- 2 นาทีแรกของการอบแห้ง ความชื้นของวัสดุอบแห้งเพิ่มขึ้นทั้งสามอุณหภูมิ ทั้งนี้น่าจะเกิดจากควบแน่น

ของไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่สัมผัสกับอุณหภูมิของวัสดุที่ต่ำกว่า 100°ซ ทำให้มีน้ำเกาะที่บริเวณผิวของวัสดุอบแห้ง จึงส่งผลให้ความชื้นในตัวกุ้งเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rordprapat et al. (2005) และเมื่ออุณหภูมิของตัวกุ้งสูงเกินอุณหภูมิอิ่มตัวของไอน้ำ (มากกว่า 100°ซ) ความชื้นของวัสดุอบแห้งจึงเริ่มลดลงและมีค่าเท่ากับความชื้นเริ่มต้น ต่อจากนั้นประมาณ 5-10 นาที ความชื้นของวัสดุอบแห้งจะลดลงอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราคงที่ เนื่องจากความชื้นส่วนใหญ่ที่ระเหยออกไปจะอยู่ที่บริเวณผิวของวัสดุ ทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำออกจากวัสดุอบแห้งทำได้ง่าย โดยอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งไม่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้งในช่วงดังกล่าว แต่หลังจากนั้นจะเห็นได้ว่า อัตราการอบแห้งจะเริ่มมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยที่อุณหภูมิ 160°ซ มีอัตราการอบแห้งสูงกว่าที่อุณหภูมิ 140°ซ และ 120°ซ ตามลำดับ เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (Mujumdar, 1995) จึงทำให้อัตราการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงมีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในตัวกุ้งออกมาที่ผิวทำได้ช้ากว่าการพาความชื้นที่ผิวกุ้งออกสู่ภายนอก



a) Shrimp drying b) Fish drying

Figure 2 Characteristics curve of drying using superheated steam

คุณภาพด้านสี (Color) Table 1 แสดงค่าสี L a b ของกุ้งที่อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ที่อุณหภูมิ 120, 140 และ 160°ซ ค่าสี L ของการอบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 31.17 – 32.81 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่จะมีค่า L ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งแห้งที่ขายในตลาดหนองมน ค่า a มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติของการอบแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิ มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 14.42 – 16.85 และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งที่ขายในตลาด ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 16.45 ส่วนของค่า b พบว่ากุ้งที่ผ่านการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 18.03 – 19.63 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และมีค่า a มากกว่าเมื่อเทียบกับกุ้งที่ขายในตลาดหนองมนแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และ Table 2 แสดงค่าสี L a b ของปลาทูที่อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ที่อุณหภูมิ 120, 140 และ 160°ซ ซึ่งมีค่า L แตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยที่อุณหภูมิสูง 160°ซ มีค่า L เฉลี่ย 25.27 และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับปลาทูที่ทอดขายในตลาดหนองมนซึ่งมีค่าเฉลี่ย 24.97 แต่มากกว่าปลาทูที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 140 และ 120°ซ ที่มีค่า L เฉลี่ย 21.72 และ 23.48 ตามลำดับ ส่วนค่า a ของปลาทูที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 120 และ 140°ซ มีค่าเฉลี่ย 3.81 และ 3.60 ตามลำดับ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าน้อยกว่าปลาทูที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 160°ซ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 5.48 มีค่าใกล้เคียงกับปลาทูที่ทอดขายในตลาดหนองมนที่มีค่าเฉลี่ย 4.83 ในส่วนของค่า b พบว่าปลาทูที่ผ่านการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120 และ 140°ซ มีค่าเฉลี่ย 4.98 และ 4.94 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และมีค่าน้อยกว่าปลาทูที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 160 °ซ ที่มีค่าเฉลี่ย 6.76 และปลาทูทอดที่วางขายในตลาดที่มีค่า b เฉลี่ย 7.25 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นการอบแห้งปลาทูด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีคุณภาพด้านสีที่อุณหภูมิ 160 °ซ ใกล้เคียงกับปลาทูทอดที่วางขายมากที่สุด

ค่าความแข็ง (Hardness) Table 1 แสดงค่าความแข็งของของกุ้งที่อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120, 140 และ 160°ซ ที่มีค่าเฉลี่ย 146.57, 146.97 และ 151.63 ตามลำดับ โดยค่าความแข็งของกุ้งจะเพิ่มสูงขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้งที่สูงขึ้น และมีค่าความแข็งสูงกว่ากุ้งที่ขายในตลาดหนองมน มีค่าเฉลี่ย 141.60 แต่ทั้งสี่เงื่อนไขไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ($p>0.05$) และ Table 2 แสดงค่าความแข็งของปลาทูที่อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120, 140 และ 160°ซ ที่มีค่าเฉลี่ย 98.40, 118.23 และ 137.20 ตามลำดับ โดยค่าความแข็งของปลาทูจะเพิ่มสูงขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้งที่สูงขึ้น ซึ่งที่อุณหภูมิ 120 และ 140°ซ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และยังมีค่าน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 160°ซ และเมื่อเปรียบเทียบกับปลาทูที่ทอดขายในตลาดมีค่าความแข็งเฉลี่ย 74.55 ซึ่งการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีค่าความแข็งสูงกว่าอย่างชัดเจน

ค่า Water Activity (a_w) ดังที่แสดงใน Table 1 พบว่าค่า a_w ของกุ้งที่อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง ที่อุณหภูมิ 120, 140 และ 160°ซ มีค่าเฉลี่ย 0.694, 0.693 และ 0.689 ตามลำดับ และ 0.692 สำหรับกุ้งที่วางขายในตลาดหนองมน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันมาก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และจาก Table 2 ผลการอบแห้งปลาทูด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 120°ซ มีค่า a_w เฉลี่ย 0.730 มีค่าสูงกว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 140 และ 160°ซ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันมาก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ปลาทูที่ทอดขายในตลาดมีค่าเฉลี่ย 0.888 สูงกว่าการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง

Table 1 Qualities of dried shrimp by superheated steam drying

Drying condition	Color values			Hardness	Water Activity
	L	a	b	(N)	(a_w)
Nong Mon Market	40.25±2.14[a]	16.45±1.35[a]	14.94±0.68[a]	141.60±23.07[a]	0.692±0.005[a]
SS120°C	31.95±6.68[b]	16.85±3.13[a]	18.08±2.84[a]	146.57±23.13[a]	0.694±0.008[a]
SS140°C	32.81±5.68[b]	16.49±0.73[a]	18.03±2.40[a]	146.97±25.40[a]	0.693±0.004[a]
SS160°C	31.17±5.93[b]	14.42±1.50[a]	19.63±6.55[a]	151.16±21.63[a]	0.689±0.006[a]

[a, b, c] Mean with different superscripts in the same column are significantly difference ($p<0.05$)

Table 2 Qualities of dried short mackerel by superheated steam drying

Drying condition	Color values			Hardness	Water Activity
	L	a	b	(N)	(a_w)
Nong Mon Market	24.97±2.20[a]	4.83±0.58[ab]	7.25±0.83[a]	74.55±16.79[b]	0.888±0.005[a]
SS120°C	23.48±2.17[ab]	3.81±0.89[b]	4.98±0.38[b]	98.40±34.74[ab]	0.730±0.004[b]
SS140°C	21.72±1.54[b]	3.60±0.75[b]	4.94±0.59[b]	118.23±44.39[ab]	0.693±0.005[c]
SS160°C	25.27±2.77[a]	5.48±1.43[a]	6.76±0.88[a]	137.20±27.00[a]	0.695±0.004[c]

[a, b, c] Mean with different superscripts in the same column are significantly difference ($p<0.05$)

สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการอาหารทะเลด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งในระดับระดับห้องปฏิบัติการ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้อบแห้งได้แก่ กุ้ง และปลาทู ใช้อุณหภูมิอบแห้ง 120, 140 และ 160°ซ ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการอบแห้ง สมบัติด้านสี L a b ด้านเนื้อสัมผัสค่าความแข็ง, ค่า a_w จากผลการทดลองอบแห้งกุ้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง พบว่าอัตราการอบแห้งอาหารทะเลที่อุณหภูมิ 160°ซ มีค่าสูงกว่าที่อุณหภูมิ 140 และ 120°ซ ตามลำดับ เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงมีค่าการถ่ายเทความร้อนมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำจึงส่งผลให้สามารถพาความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ และจากการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งกุ้ง คือ 140°ซ เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งใกล้เคียงกับ 160 °ซ ทำให้ประหยัดพลังงานมากกว่าในขณะที่ 120°ซ จะใช้เวลาในการอบแห้งให้เหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 15-20 มาตรฐานแห้ง นานกว่าทั้งสองอุณหภูมิ ส่วนสมบัติ ค่าสี L a b ด้านความแข็ง, ค่า a_w เปรียบเทียบกับกุ้งแห้งตลาด พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนการอบแห้งปลาทูด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง พบว่าที่อุณหภูมิอบแห้ง 160°ซ มีสมบัติ ค่าสี L a b มีค่าใกล้เคียงกับปลาทูที่ทอดขายในตลาดหนองมนมากที่สุด และใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 140 และ 120°ซ ตามลำดับ แต่ค่าความแข็งมีค่าสูงกว่าปลาทูทอดขายในตลาดและที่อุณหภูมิอบแห้ง 140 และ 120°ซ และยังพบข้อดีของปลาทูที่อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งสามารถรับประทานได้เลยโดยไม่ต้องนำไปทอดซ้ำอีก และมีค่า a_w ต่ำกว่าปลาทูที่ทอดขายในตลาดหนองมน

เอกสารอ้างอิง

ดลฤดี ใจสุทธิ์. 2543. การอบแห้งกุ้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน. คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. อาหารทะเล. มอก. 1003 – 2533. 7 หน้า

เยาวภา ไหวพริบ. ยาตรา ยมสูงเนิน. วทัญญู รอดประพัฒน์ และอนันต์ ทองทา. 2552. ผลของชนิด อุณหภูมิ และความเร็วของตัวกลางการทำแห้ง (ไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อน) ต่อสีกุ้งแห้ง. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 47 ระหว่างวันที่ 17-20 มีนาคม 2552. สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 250-255.

Mujumdar, A. S. 1995. Superheated steam drying. In A. S. Mujumdar (Ed). Handbook of Industrial Drying. 2nd. New York: Marcel Dekker. pp. 1071-1086.

Rordprapat, W., A. Nathakaranakule, W. Tia and S. Soponronnarit. 2005. Comparative Study of Fluidized Bed Paddy Drying Using Hot Air and Superheated Steam. Journal of Food Engineering. 71: 28-36.