

การศึกษาการอบแห้งโฟมสาหร่ายผักกาดทะเลด้วยอากาศร้อนและอากาศร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกล

Study on Drying of Sea Lettuce Foam with Hot Air and Combined Hot Air and Far-Infrared Radiation

รติยา อุวพานิชยานันท์¹ ดลฤดี ใจสุทธิ¹ อนุสรณ์ เชื้อสามารถ¹ และ จันทนา ไพรบูน²
 Thuwapanichayanan, R.¹, Jaisut, D.¹, Chueasamat, A.¹ and Praiboon, J.²

Abstract

Drying of sea lettuce foam consists of blending the sea lettuce into puree, whipping into stable foam, and then drying. Drying of foam can shorten the drying time. The objective of this work was to study the effect of drying methods, i.e., hot air drying at 80°C and combined hot air at 50°C and far-infrared radiation at the power level of 350W drying on the drying time, total phenolic content and antioxidant activities of sea lettuce foam. The experimental results showed that combined hot air at 50°C and far-infrared radiation at the power level of 350W took longer drying time than hot air drying at 80°C. However, the sea lettuce foam dried by combined hot air at 50°C and far-infrared radiation at the power level of 350W had higher antioxidant activity assessed by DPPH radical scavenging activity and reducing activity than that dried by hot air at 80°C.

Keywords: Antioxidant activity, Combined hot air and far-infrared radiation, Sea lettuce foam, Total phenolic content

บทคัดย่อ

การอบแห้งโฟมสาหร่ายผักกาดทะเลประกอบด้วยขั้นตอนการทำให้สาหร่ายผักกาดทะเลเป็นของเหลวข้น การตีให้เกิดฟองที่เสถียร และการอบแห้ง ซึ่งการอบแห้งโฟมจะช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการอบแห้ง ได้แก่ การอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C และการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้ม 350W ที่มีต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของโฟมสาหร่ายผักกาดทะเล จากผลการทดลองพบว่า การอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้ม 350W ใช้ระยะเวลาอบแห้งนานกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C แต่โฟมสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้ม 350W มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระซึ่งหาโดยวิธีการกำจัดอนุมูล DPPH และมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกสูงกว่าโฟมสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C

คำสำคัญ: กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด โฟมสาหร่ายผักกาดทะเล อากาศร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกล

คำนำ

สาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) มีชื่อสามัญว่า Sea Lettuce เป็นสาหร่ายสีเขียว มีคุณค่าทางโภชนาการ มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูง (Yildiz และคณะ, 2012) นอกจากนี้ยังมีกลิ่นหอมเฉพาะของสาหร่าย และมีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับสาหร่ายสายใบ (porphyra) หรือจีฉ่าย แต่มีราคาสูงกว่า ดังนั้นจึงนิยมนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ หรือนำไปเป็นส่วนประกอบของอาหาร (จารุวรรณ และคณะ, 2563) ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มมูลค่าให้กับสาหร่ายผักกาดทะเล

การอบแห้งเป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จำพวกสาหร่ายอบแห้งปรุงรส สาหร่ายแผ่นอบกรอบ และผงสาหร่าย การอบแห้งโดยใช้อากาศร้อนในเครื่องอบแห้งแบบถาดหรือแบบตู้เป็นที่นิยมสำหรับการอบแห้งสาหร่าย รติยา และคณะ

¹ ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Ngamwongwan Road, Lard Yao, Chatuchak, Bangkok, 10900

² ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถ.งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² Department of Fishery Biology, Faculty of Fishery, Kasetsart University, 50 Ngamwongwan Road, Lard Yao, Chatuchak, Bangkok, 10900

(2562) ศึกษาผลของอุณหภูมิอากาศร้อน (50-80°C) ที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงการใช้พลังงานจำเพาะในการอบแห้งสาหร่ายผักกาดทะเล พบว่า สาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระซึ่งหาโดยวิธีการจัดอนุมูล DPPH สูงสุด แต่มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และมีความสามารถในการรีดิวซ์ Fe^{3+} ไม่แตกต่างจากสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C แต่มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง การอบแห้งด้วยอากาศร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลจะช่วยลดการใช้พลังงานในการอบแห้งได้ (El-Mesery และ Mwithiga, 2015) นอกจากนี้การอบแห้งโคมซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการตีอาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลว โดยผสมสารก่อฟองและสารที่ทำให้ฟองเสถียรลงไป เพื่อทำให้เกิดฟองในอาหารและฟองที่เกิดขึ้นมีความเสถียร แล้วจึงนำไปอบแห้ง จะช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้ เนื่องจากเกิดโครงสร้างรูพรุนในอาหาร ที่ผ่านมามีการศึกษาการอบแห้งโคมสาหร่ายสไปรูลิน่า (Prasetyaningrum และ Djaeni, 2012) และสาหร่ายสีแดง (Djaeni และคณะ, 2015) ทั้งนี้ยังไม่มีการศึกษาการอบแห้งโคมสาหร่ายผักกาดทะเล ซึ่งผลจากการศึกษาการอบแห้งโคมสาหร่ายจะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จำพวกสาหร่ายอบแห้ง สาหร่ายอบกรอบ และผงสาหร่ายได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของวิธีการอบแห้ง ได้แก่ การอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C และการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้ม 350W ที่มีต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง การใช้พลังงานในการอบแห้ง ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของโคมสาหร่ายผักกาดทะเลอบแห้ง เพื่อเปรียบเทียบกับสาหร่ายผักกาดทะเลที่ไม่ผ่านการทำโคมและอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมโคมสาหร่ายผักกาดทะเลให้มีความหนาแน่น 0.5 g/cm^3 ก่อนนำไปอบแห้ง โดยปั่นสาหร่ายผักกาดทะเลกับน้ำ ใช้อัตราส่วนสาหร่ายผักกาดทะเลต่อน้ำเท่ากับ 2 ต่อ 5 (w/w) ปั่นเป็นเวลา 3 นาที เพื่อให้ได้สาหร่ายผักกาดทะเลเหลวข้นที่เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเตรียมสารก่อโคมและสารที่ทำให้ฟองเสถียร (Methyl cellulose, viscosity 4000 cP) ให้มีความเข้มข้น 0.4% (w/w) ผสมสารก่อโคมที่ได้กับสาหร่ายผักกาดทะเลปั่นและคนให้เข้ากัน แล้วเทส่วนผสมลงในเครื่องผสมอาหาร Kitchen Aid Mixer (model no. 5K5SS, Strombeek-Bever, Belgium) และตีผสมที่ระดับความเร็วสูงสุด เป็นเวลาประมาณ 10 นาที เพื่อให้ได้ความหนาแน่นของโคมสาหร่ายผักกาดทะเล 0.5 g/cm^3 จากนั้นเกลี่ยโคมสาหร่ายผักกาดทะเลลงบนถาดที่ปูด้วยแผ่นรองอบเทฟลอน ให้เนื้อโคมมีความหนา 5 mm จะได้มวลของโคมสาหร่ายผักกาดทะเลถาดละประมาณ 140-145 กรัม จำนวน 5 ถาด แล้วนำไปอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบถาด โดยใช้อากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C และใช้อากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้มเท่ากับ 350W ความเร็วลม 0.4 m/s จนกระทั่งเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 0.1 (เศษส่วนมาตรฐานแห้ง) และประเมินค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption, SEC) จากพลังงานที่ใช้โดยขดลวดความร้อนและพัดลมในการระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม (MJ/kgH₂O evaporated) เปรียบเทียบกับการอบแห้งสาหร่ายผักกาดทะเลที่ไม่ผ่านการทำโคม โดยใช้อากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C โดยเตรียมตัวอย่างตามขั้นตอนของ รติยา และคณะ (2562) สำหรับการสกัดตัวอย่างสาหร่ายผักกาดทะเลและโคมสาหร่ายผักกาดทะเลอบแห้ง การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ซึ่งรายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมสารสกัด) การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (ใช้วิธี DPPH radical scavenging activity ซึ่งรายงานผลเป็นค่า IC₅₀ ใช้ความเข้มข้นของสารสกัดในช่วง 0.25-3.00 mg/mL และวิธี Fe^{3+} reducing activity ซึ่งรายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิก/กรัมสารสกัด) ทำตามขั้นตอนของ รติยา และคณะ (2562)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

Figure 1 (a) แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นของโคมสาหร่ายผักกาดทะเล (F) ที่ผ่านการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C และอากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้ม 350W เปรียบเทียบกับสาหร่ายผักกาดทะเลที่ไม่ผ่านการทำโคม (NF) และอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C จากผลการทดลองพบว่า สาหร่ายผักกาดทะเลที่ไม่ผ่านการทำโคมมีความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่าโคมสาหร่ายผักกาดทะเล เนื่องจากในกระบวนการทำโคม ต้องนำสาหร่ายผักกาดทะเลไปปั่นผสมกับน้ำจนเป็นเนื้อเดียวกันก่อน โดยสาหร่ายผักกาดทะเลที่ไม่ผ่านการทำโคม เมื่ออบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 270 นาที กรณีโคมสาหร่ายผักกาดทะเล เมื่ออบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C และอากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้ม 350W จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 240 และ 330 นาที ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า การอบแห้งโคมสาหร่ายผักกาดทะเลจะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าสาหร่ายผักกาดทะเลที่ไม่ผ่านการทำโคมเล็กน้อย เมื่ออบแห้ง

ที่อุณหภูมิเดียวกัน ทั้งที่โฟมสาหร่ายผักกาดทะเลมีความชื้นเริ่มต้นสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากโฟมสาหร่ายผักกาดทะเลมีฟองอากาศอยู่ภายใน เมื่อผ่านการอบแห้งทำให้เกิดโครงสร้างรูพรุน ทำให้น้ำเคลื่อนที่และระเหยออกได้ง่าย เมื่อเปรียบเทียบเทคนิคในการอบแห้งพบว่า โฟมสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้ม 350W ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C ทำให้วัสดุมีอุณหภูมิสูงกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้ม 350W สัมประสิทธิ์การแพร่ความร้อนจึงมีค่าสูงกว่า ดังนั้นจึงใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่า

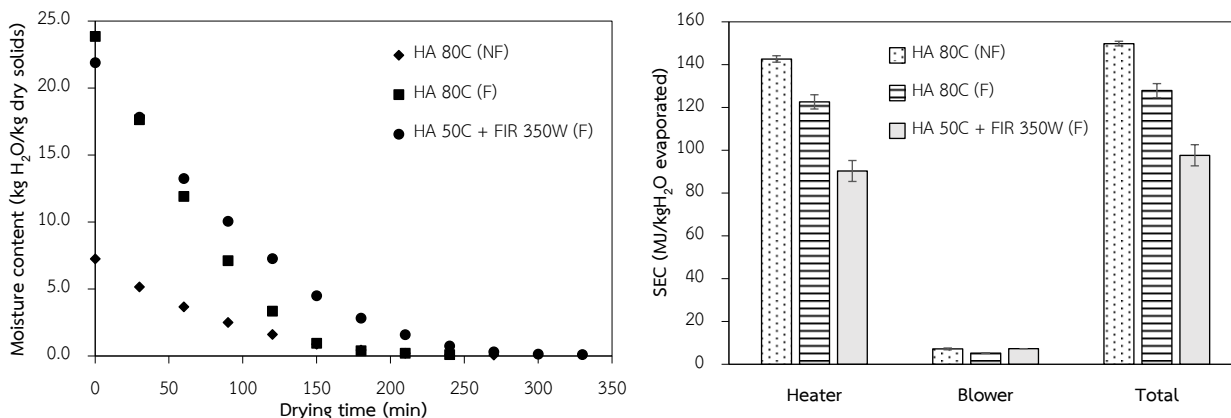


Figure 1 (a) Drying curves and (b) Specific energy consumption (SEC) of sea lettuce foam dried by hot air at 80°C and combined hot air at 50°C and far-infrared radiation at the power level of 350W, compared with non-foamed sea lettuce dried by hot air at 80°C

เมื่อพิจารณาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) ของอุปกรณ์ให้ความร้อน (SEC_{Heater}) และพัดลม (SEC_{Blower}) และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะรวม (SEC_{Total}) ดังแสดงใน Figure 1 (b) พบว่าการอบแห้งโฟมสาหร่ายผักกาดทะเลช่วยลดค่า SEC_{Heater} , SEC_{Blower} และ SEC_{Total} ลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิเดียวกัน เนื่องจากการอบแห้งโฟมใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นกว่า และระเหยน้ำออกได้ในปริมาณมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบเทคนิคในการอบแห้งพบว่า การอบแห้งโฟมสาหร่ายผักกาดทะเลด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้ม 350W มีค่า SEC_{Heater} และ SEC_{Total} ต่ำกว่าการอบแห้งโฟมสาหร่ายผักกาดทะเลด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C ถึงแม้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานกว่า เนื่องจากอุณหภูมิของอากาศร้อนที่อบแห้งด้วยอากาศร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลต่ำกว่า การทำความร้อนของอุปกรณ์ให้ความร้อนจึงต่ำกว่า และหลอดรังสีอินฟราเรดไกลใช้พลังงานเพียง 350W ต่อหลอด (งานวิจัยนี้ใช้จำนวน 2 หลอด)

Table 1 แสดงปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในโฟมสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C และอากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้ม 350W เปรียบเทียบกับสาหร่ายผักกาดทะเลที่ไม่ผ่านการทำโฟม และอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C จากผลการทดลองพบว่า โฟมสาหร่ายผักกาดทะเลมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดต่ำกว่าสาหร่ายผักกาดทะเลที่ไม่ผ่านการทำโฟม เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C เนื่องจากโฟม สาหร่ายผักกาดทะเลมีความเป็นรูพรุนสูง ซึ่งอาจทำให้สารประกอบฟีนอลิกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง (Ali และคณะ, 2018) ทำให้โฟมสาหร่ายผักกาดทะเลมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระซึ่งหาโดยวิธีการกำจัดอนุมูล DPPH ต่ำกว่า (ค่า IC_{50} สูงกว่า) และมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกต่ำกว่าสาหร่ายผักกาดทะเลที่ไม่ผ่านการทำโฟม เมื่อเปรียบเทียบเทคนิคการอบแห้งพบว่า โฟมสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้ม 350W จะมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างจากโฟมสาหร่ายผักกาดทะเลที่ผ่านการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C ทั้งที่การอบแห้งโฟมสาหร่ายผักกาดทะเลด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้ม 350W ใช้เวลานานกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากโฟมสาหร่ายผักกาดทะเลที่มีความชื้นสูง สามารถดูดซับรังสีอินฟราเรดได้ดี ทำให้สารประกอบฟีนอลิกถูกปลดปล่อยออกมา (Lee และคณะ, 2005) ส่งผลให้มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระซึ่งหาโดยวิธีการกำจัดอนุมูล DPPH สูงกว่า (ค่า IC_{50} ต่ำกว่า) และมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกสูงกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C

Table 1 Total phenolic content (TPC), DPPH radical scavenging activity and Fe³⁺ reducing activity of sea lettuce foam dried by different drying methods compared to the non-foamed sea lettuce dried at 80°C

Sample Condition	TPC (mg GAE/g extract)	Antioxidant activities	
		DPPH radical scavenging activity (IC ₅₀ ; mg/ml)	Fe ³⁺ reducing activity (mg AA/g extract)
HA 80°C (NF)	27.71±3.07 ^b	0.36±0.01 ^a	10.97±0.68 ^b
HA 80°C (F)	20.90±1.09 ^a	0.47±0.01 ^c	7.10±0.81 ^a
HA 50°C + FIR 350W (F)	23.56±0.89 ^a	0.45±0.01 ^b	10.48±0.12 ^b

Different letters in the same column indicate that the values are significantly different (p < 0.05)

สรุปผล

การอบแห้งโฟมสาหร่ายผักกาดทะเลด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 50°C ร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรดไกลที่ความเข้ม 350W มีความเหมาะสมมากกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระซึ่งหาโดยวิธีการกำจัดอนุมูล DPPH และมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกสูงกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C นอกจากนี้ยังมีการใช้พลังงานในการอบแห้งต่ำกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 80°C

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ โดยหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำงานวิจัย และภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- จารุวรรณ สุพรรณพยัคฆ์ ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ และ ทศนีย์ ลิ้มสุวรรณ, 2563, ผลของการอบแห้งสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) ต่อคุณภาพและการนำไปใช้ประโยชน์ในข้าวเกรียบ, วารสารวิทยาศาสตร์ มข., 48(2): 227-235.
- รติยา ธูพาณิชย์ยานันท์ ดลฤดี ใจสุทธิ์ และ จันทนา ไพบูรณ์, 2562, ผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อเจลาตินอสตีรอลการอบแห้ง การใช้พลังงานในการอบแห้ง และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสาหร่ายผักกาดทะเล, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 50(2)(พิเศษ): 157-160.
- Ali, A., Chong, C.H., Mah, S.H., Abdullah, L.C., Choong, T.S.Y., and Chua, B.L., 2018, Impact of Storage Conditions on the Stability of Predominant Phenolic Constituents and Antioxidant Activity of Dried *Piper betle* Extracts, *Molecules*, 23: 84.
- Djaeni, M., Prasetyaningrum, A., Sasongko, S.B., Widayat, W., and Hii, C.L., 2015, Application of Foam-Mat Drying with Egg White for Carrageenan: Drying Rate and Product Quality Aspects, *Journal of Food Science and Technology*, 52: 1170-1175.
- El-Mesery, H.S. and Mwithiga, G., 2015, Performance of a Convective, Infrared and Combined Infrared-Convective Heated Conveyor-Belt Dryer, *Journal of Food Science and Technology*, 52: 2721-2730.
- Lee, S.C., Jeong, S.M., Kim, S.Y., Nam, K.C., and Ahn, D.U., 2005, Effect of Far-Infrared Irradiation on the Antioxidant Activity of Defatted Sesame Meal Extracts, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 1495-1498.
- Prasetyaningrum, A. and Djaeni, M., 2012, Drying *Spirulina* with Foam Mat Drying at Medium Temperature, *International Journal of Science and Engineering*, 3: 1-3.
- Yildiz, G., Celikler, S., Vatan, O., and Dere, D., 2012, Determination of the Anti-Oxidative Capacity and Bioactive Compounds in Green Seaweed *Ulva rigida* C. Agardh, *International Journal of Food Properties*, 15: 1182-1189.