ศึกษาการอบชาสมุนไพรใบพลูด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรด โดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์

Investigation of *Piper Betle* Herbal Tea Drying with Infrared Heater by Solar Cell Power

อาริษา โสภาจารย์* สุห์ดี นิเซ็ง ธีรยุทธ โทยาน และ ธีรภัทร ฤทธิผลิน

Arrisa Sopajarn*, Suhdee Niseng, Teerayut toyarn and Teerapat Ritplin

Received: 11 May 2018, Revised: 6 August 2018, Accepted: 25 December 2018

บทคัดย่อ

การอบแห้งวัตถุดิบทางการเกษตรเป็นทั้งแปรรูปและการถนอมอาหาร กระบวนการอบสมุนไพรมีหลายรูปแบบ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอบใบพลูสำหรับเป็นชาสมุนไพรโดยใช้ตู้อบสมุนไพรแบบฮีตเตอร์อินฟราเรดขนาด 350 วัตต์ เป็นอุปกรณ์สำหรับให้ความร้อน และใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบโซลาร์เซลล์ขนาด 100 วัตต์ แบตเตอร์รี่ ขนาด 100 แอมแปร์ 12 โวลต์ เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าแบบออฟกริดเป็นระบบแยกเดี่ยวแต่ตู้อบสมุนไพรสามารถใช้ไฟฟ้านครหลวงได้โดยตรงเมื่อระบบโซลาร์เซลล์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ซึ่งในการทดลองใช้ใบพลูในการอบครั้งละ 200 กรัม โดยทำการศึกษาการลดความชื้นของใบพลู เมื่อทำการอบสมุนไพรใบพลูที่สภาวะอุณหภูมิ 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการอบ 3, 5 และ 7 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการอบสมุนไพรใบพลูและสามารถลดความชื้นใบพลูได้รวดเร็วที่สุด คือ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 3 ชั่วโมง โดยสามารถใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ได้นาน 1 ชั่วโมง 30 นาที โดยมีความชื้นของชาใบพลูหลังอบไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ใบพลู, อบแห้งสมุนไพร, พลังงานโซลาร์เซลล์, ฮีตเตอร์อินฟราเรด

สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เลขที่ 414 หมู่ที่ 14 ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา 90180

Department of Industrial, Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya, 414 Moo 14, Tachamoung, Rattaphum, Songkhla 90180, Thailand.

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): am_rarrisa@hotmail.com

ABSTRACT

Drying of agricultural materials is food processing and preservation. There are many methods to dry herb. This research aimed to study the *Piper Betle* herbal tea drying. The drying process of this herbal applied a 350-watt infrared heater as a heating dryer device. The 100-watt solar cell power was used with 100-ampere, 12-volt of battery. The solar energy system was not connected to the electric grid (off grid system). The herbal drying was able to use electric grid directly when the solar system does not produce electricity. In the experiment, 200 grams of *Piper Betel* leaves were used for drying. At the drying temperature of 50, 55 and 60 degree Celsius, the drying time was 3, 5 and 7 hours. It was found that the moisture content of the *Piper Betle* leaves sharply decreased under the drying condition of 180 minutes (3 hrs.) at 60 degree Celsius. The solar batteries were be able to used for 90 minutes with each fully charged and the moisture content of *Piper Betel* herbal tea after drying was less than 5 percent.

Key words: *Piper Bitle* Leave, herbal drying, solar cell power, infrared heater

บทนำ

พลู (*Piper betle* Linn.) มีลักษณะเป็นไม้เถาเนื้อแข็ง งอกรากที่ข้อสำหรับเลื้อยเกาะ ใบเดี่ยวเรียบสลับรูปหัวใจ ปลายใบแหลม เป็นสมุนไพรที่มีกลิ่นเฉพาะตัวหอมฉุนแรง ดอกช่อรูปทรงกระบอกยาวสีขาว ไม่มีกลีบเลี้ยงและกลีบดอก มีการใช้เพื่อการเคี้ยวแพร่หลายในแถบเอเชีย ซึ่งหมากพลูสมัยโบราณถือเป็นสัญลักษณ์ของความเคารพ นับถือ และมิตรภาพ โดยจะเคี้ยวพลูร่วมกับหมากเนื่องจากสมัยนั้นมีความเชื่อว่าคนฟันดำเป็นคนฟันสวย ใบพลูมีคุณสมบัติทางยาหลายประการ ช่วยให้เหงือกและฟันแข็งแรง ช่วยดับกลิ่นปาก เป็นยาแก้ขับลม แก้ปวดท้อง ขับเสมหะ ช่วยกระตุ้นน้ำย่อย ทำให้เจริญอาหาร อีกทั้งมีประโยชน์ช่วยบรรเทาอาการหวัดและโรคเกี่ยวกับปอดด้วย ทาที่ผิวหนังเพื่อแก้ลมพิษ แก้โรคผิวหนัง แก้ฝี แก้บาดแผลสด (Nabasree and Bratati, 2004; อรัญญา, 2546) พลูเป็นสมุนไพรที่พบทั่วไปในประเทศไทยอยู่ในวงศ์พริกไทย (*Piper aceae*) ที่มีน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ที่ประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น ยูจีนอล และชาวิคอล ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของโลหิตและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคหลายชนิด อีกทั้งยังมีสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส (Li and Jiau, 2009; เกศสุคนธ์ และ นิตยา, 2561)

การตากแห้ง (natural drying) เป็นกรรมวิธีดั้งเดิม โดยการนำวัตถุดิบไปตากแดดโดยตรงนิยมใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร รวมทั้งการแปรรูปสมุนไพรด้วย ซึ่งการตากแดดนั้นเป็นวิธีที่ต้องการพื้นที่เปิดกว้าง และใช้ระยะเวลาในการตากค่อนข้างนานขึ้นอยู่กับปริมาณแดดในแต่ละช่วงหรือแต่ละวัน อีกทั้งยังมีปัญหาเรื่องของแมลงต่างๆ อีกด้วย (Ahmad *et al*., 2012) ในขณะเดียวกันปัญหาของการตากแห้งหรือการทำแห้งคือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่คงที่ เช่น สมุนไพรตากแห้งมีสีและความชื้นไม่สม่ำเสมอ อายุการเก็บรักษาสั้น บางครั้งมีเชื้อราเจริญเติบโตเพราะผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูง แม้ว่าวิธีการตากแห้งเป็นกรรมวิธีที่

ประหยัด แต่ขณะเดียวกันก็ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพไม่ได้มาตรฐาน (Bala and Janjai, 2009; นักสิทธิ์ และคณะ, 2554) ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแห้งที่มีคุณภาพที่ดีได้มาตรฐานจึงนิยมใช้กระบวนการอบแห้งแทนการตากแห้งแบบธรรมชาติ การอบแห้ง (mechanical drying) เป็นกระบวนการทำแห้งด้วยเครื่องอบหรือตู้อบประเภทต่างๆ การอบแห้งเป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ถนอม และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งจะมีความชื้นลดลง ทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์มีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง ผลิตภัณฑ์ไม่เน่าเสียง่าย (สุภวรรณ และคณะ, 2556ก)

เทคนิคในการอบแห้งสามารถทำได้โดยอาศัยแหล่งพลังงานต่างๆ เช่น แสงอาทิตย์ ความร้อนจากชีวมวล รังสีอินฟราเรด คลื่นไมโครเวฟ พลังงานลมร้อน เป็นต้น ประเทศไทยมีศักยภาพในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยสามารถรับแสงแดดได้ตลอดปีมีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 18.2 $MJ/day.m^2$ (แบงค์ และ วิทยา, 2556) เทคโนโลยีการอบแห้งที่สามารถลดระยะเวลาในการตากแห้งได้เร็วกว่าการตากแห้งแบบธรรมชาติ 2-3 เท่า มีการประยุกต์ใช้มานาน (บงกช และคณะ, 2557) ช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาเทคนิคการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดเป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก ซึ่งในกระบวนการของการอบแห้งรังสีอินฟราเรดเป็นพลังงานในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ถูกดูดกลืนโดยผลิตภัณฑ์โดยตรง ไม่สูญเสียต่อสิ่งแวดล้อม มีการกระจายอุณหภูมิให้ผลิตภัณฑ์สม่ำเสมอกัน และทำให้ประหยัดพลังงาน (Slobodan *et al*., 2015) จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ไม่ทำให้สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เสียไป สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้เร็วขึ้น เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้หาง่าย (สุภวรรณ และคณะ, 2556ข)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งสมุนไพรใบพลูด้วยตู้อบสมุนไพรด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรดโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เพื่อศึกษาระยะเวลาในการอบแห้งต่อการลดลงของความชื้นในสมุนไพรใบพลู

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การอบแห้งวัสดุโดยทั่วไปจะใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง โดยการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังวัสดุ ความร้อนส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการระเหยน้ำออกจากวัสดุ ถ้าผิววัสดุมีปริมาณน้ำอยู่มาก อุณหภูมิและความเข้มของไอน้ำที่ผิวจะคงที่ ส่งผลให้อัตราการอบแห้งคงที่ด้วย ถ้าผิวของวัสดุมีปริมาณน้ำลดลงมากแล้วอุณหภูมิและความเข้มของไอน้ำที่ผิวของวัสดุย่อมเปลี่ยนแปลงไป โดยที่อุณหภูมิจะสูงขึ้นและความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวจะลดลง ส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลง

การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์สามารถแบ่งตามลักษณะการไหลได้เป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบการไหลของอากาศแบบธรรมชาติ (natural convection) เป็นการไหลเนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นอากาศภายในและภายนอกตู้อบ และแบบการไหลของอากาศแบบบังคับ (force convection) โดยการใช้พัดลมสร้างความแตกต่างของความดันให้แก่อากาศเพื่อบังคับการไหลให้เป็นไปตามต้องการ

Ali (2004) ได้ศึกษาสมรรถนะของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งแบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ซึ่งควบคุมด้วยระบบ PLC (programmable logic-controller) และแบบติดตั้งอยู่กับที่ผลจากการวิจัยพบว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ถึง 20 เปอร์เซ็นต์

สุวรรณ และคณะ (2531) ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งโดยการใช้แสงแดดกับการใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์พบว่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ระหว่าง 47-72 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกตู้อบซึ่งมีอุณหภูมิระว่าง 39.5-43.0 องศาเซลเซียส ดังนั้นการใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์จึงสามารถอบแห้งได้ดีและเร็วกว่าการตากแห้งด้วยแสงแดดโดยตรง โดยมีคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่าอีกด้วย

สุภวรรณ และคณะ (2556ข) จากการอบแห้งใบเตยและตะไคร้ด้วยลมร้อนและรังสีอินฟราเรด พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจะลดลง เนื่องจากปริมาณพลังงานที่ใช้ในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุมีค่าลดลง สอดคล้องกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งลดลง

ความชื้นของวัตถุดิบ สามารถคำนวณได้ในรูปของความชื้นมาตรฐานเปียกและมาตรฐานแห้งได้จากสมการที่ 1-2

$$M_w = \frac{m_w}{m_w + m_s} \times 100 \qquad (1)$$

$$M_d = \frac{m_w}{m_s} \times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%)

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)

m_w คือ มวลของน้ำ ในปริมาตรที่พิจารณา (kg)

m_s คือ มวลของของแข็ง ในปริมาตรที่พิจารณา (kg)

อัตราการอบแห้ง เนื่องจากในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นที่ผิวนอกของวัสดุเท่านั้น น้ำจะเกาะที่ผิววัสดุจำนวนมาก เมื่อความเร็วลมไหลผ่านวัสดุจะทำให้ฟิล์มอากาศนิ่งมีความหนาลดลง เป็นผลให้ความต้านทานต่อการไหลของความร้อนและมวลลดลงด้วย เมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศในการอบแห้งเป็นผลให้ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิววัสดุและของอากาศลดลง มีการไหลอย่างอิสระมากขึ้น ทำให้การถ่ายเทความร้อนและมวลเพิ่มขึ้น เมื่อลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้งจะทำให้การถ่ายเทความร้อนและมวลดีขึ้น อัตราการอบแห้งสามารถคำนวณได้จาก สมการที่ (3) (อัจรา และคณะ, 2556)

$$Drying\ rate = \frac{(X_0 - X_f)}{(t - t_0)} \qquad (3)$$

เมื่อ X_0 คือ ความชื้นเริ่มต้น

X_f คือ ความชื้นสุดท้าย

$t - t_0$ คือ ระยะเวลาในการอบแห้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

เตรียมสมุนไพรใบพลูเพื่อใช้ในการศึกษาดังนี้ ล้างทำความสะอาดใบพลูสดแล้วสะเด็ดน้ำพักไว้ นำไปหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำใบพลูที่หั่นแล้วมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 200 กรัม เมื่อวิเคราะห์ความชื้นเริ่มต้นพบว่าใบพลูสดมีความชื้น 80.6 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำไปเข้าตู้อบตามแผนการทดลองที่กำหนด

(ก)

(ข)

ภาพที่ 1 ลักษณะ (ก) ใบพลูสด (ข) ใบพลูสดหั่นฝอย

เตรียมตู้อบสมุนไพรใบพลูด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรดโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ในการศึกษาการอบใบพลูสำหรับเป็นชาสมุนไพรจะใช้ตู้อบสมุนไพรแบบฮีตเตอร์อินฟราเรดขนาด 350 วัตต์ เป็นอุปกรณ์สำหรับให้ความร้อน และใช้พลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ขนาด 100 วัตต์ แบตเตอร์รี่ ขนาด 100 แอมแปร์ 12 โวลต์ เป็นแหล่งพลังงานร่วมกับไฟฟ้าในบ้าน โดยตั้งอุณหภูมิภายในตู้อบให้ได้ตามกำหนดของแต่ละสภาวะ ซึ่งจะศึกษาการอบชาสมุนไพรใบพลูในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสำหรับการอบสมุนไพรที่ 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส หลังจากอุณหภูมิตู้อบคงที่แล้วจึงนำใบพลูเข้าอบในตู้อบ และศึกษาระยะเวลาในการอบต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในใบพลูแต่ละสภาวะ

ภาพที่ 2 ตู้อบสมุนไพรใบพลูด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรดโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์

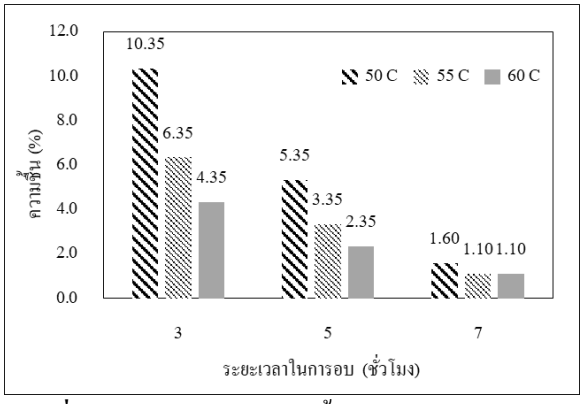
ส่วนประกอบของตู้อบสมุนไพรด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรดโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ แสดงดังภาพที่ 2 ได้แก่ (1) ตู้อบลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมคางหมู (2) พัดลมหมุนเวียนอากาศ (3) ฮีตเตอร์อินฟราเรด 350 วัตต์ (4) ชั้นวางตะแกรงสำหรับอบ (5) ชุดควบคุมอุณหภูมิ (6) แผงโซลาร์เซลล์ 100 วัตต์ (7) เครื่องควบคุมการชาร์จประจุ: charge controller (8) อินเวอร์เตอร์ 600 วัตต์ (9) แบตเตอร์รี่ 100 แอมแปร์ 12 โวลต์

ในการศึกษาการอบชาสมุนไพรใบพลูด้วยตู้อบสมุนไพรด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรดโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการอบแห้ง 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส กับเวลาในการอบแห้ง 3, 5 และ 7 ชั่วโมง โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างใบพลูสด 200 กรัม จากนั้นนำใบพลูไปอบด้วยตู้อบสมุนไพรแบบฮีตเตอร์อินฟราเรดโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ขนาด 100 วัตต์ แบตเตอร์รี่ขนาด 100 แอมแปร์ 12 โวลต์ เป็นแหล่งพลังงานร่วมกับไฟฟ้าในบ้าน แล้วชั่งน้ำหนักหลังอบ โดยทำ

การทดลองสภาวะละ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบผลของการอบแห้งแต่ละสภาวะ

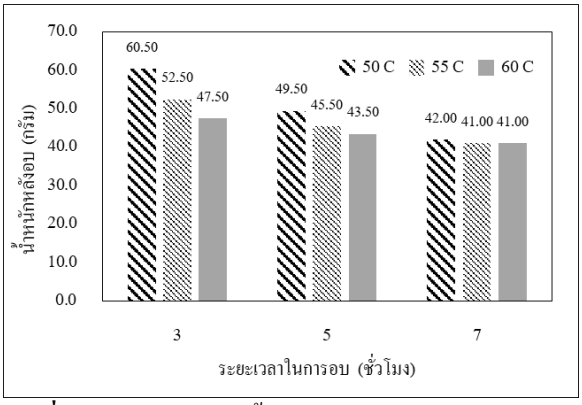
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากผลการทดลองการอบแห้งชาสมุนไพรใบพลูโดยกำหนดอุณหภูมิในการอบ 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส และเวลาในการอบ 3, 5 และ 7 ชั่วโมง เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ขนาด 100 วัตต์ แบตเตอร์รี่ ขนาด 100 แอมแปร์ 12 โวลต์ เป็นแหล่งพลังงานร่วมกับไฟฟ้าในบ้าน สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ได้เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที (เมื่อชาร์ตแบตเตอร์รี่จนเต็ม)

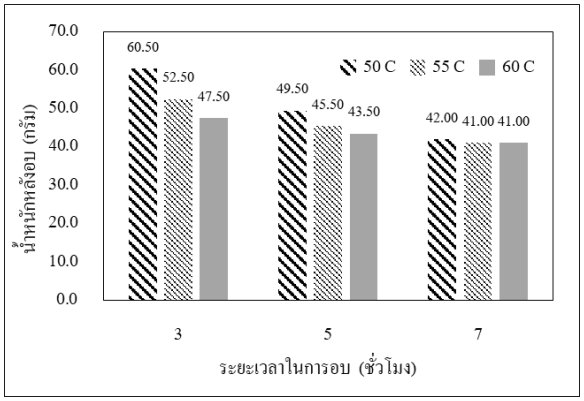


ภาพที่ 3 กราฟแสดงผลความชื้นหลังการอบสมุนไพรใบพลู

ในการทดลองกำหนดน้ำหนักใบพลูสดก่อนอบเท่ากับ 200 กรัม โดยใช้อุณหภูมิในการอบสมุนไพรใบพลูที่ 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาในการอบ 3, 5 และ 7 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบสูงขึ้นระยะเวลาในการอบก็จะน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญสอดคล้องกับการทดลองในงานวิจัยของ สุภวรรณ และคณะ (2556ข) และ Bala and Janjai (2009) จากการทดสอบหลังอบพบว่าชาสมุนไพรใบพลูแห้งที่มีค่าความชื้นหลังอบเท่ากับ 1.60, 3.35 และ 4.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความชื้นหลังอบไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) เนื่องจากเป็นความชื้นที่เหมาะสำหรับการเก็บรักษาสมุนไพรแห้ง ดังแสดงในภาพที่ 3 และพบว่ามีน้ำหนักหลังอบของแต่ละสภาวะเท่ากับ 42.0, 45.5 และ 47.5 กรัม ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของการอบแห้งคือเมื่อใช้อุณหภูมิสูงในการอบจะสามารถลดปริมาณความชื้นในวัตถุดิบได้เร็วกว่าและใช้ระยะเวลาในการอบที่น้อยกว่าการใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าในการอบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการอบแห้งใบบัวบกเพื่อผลิตใบบัวบกแห้งชงดื่มด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรดของ สุภวรรณ และคณะ (2556ก)



ภาพที่ 4 กราฟแสดงผลน้ำหนักหลังการอบสมุนไพรใบพลู



ภาพที่ 5 กราฟแสดงอัตราการอบแห้งของสมุนไพรใบพลู

เมื่อหาอัตราการอบแห้ง พบว่าในการอบแห้งชสมุนไพรใบพลูที่อุณหภูมิในการอบ 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส มีความสอดคล้องกัน คือ เมื่อเวลาในการอบแห้งน้อยอัตราการอบแห้งจะสูงและเมื่อเวลาในการอบแห้งมากขึ้นอัตราในการอบแห้งจะลดลง ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำหรือความชื้นที่มีในวัสดุหรือใบพลู โดยในช่วงต้นของการอบใบพลูมีปริมาณความชื้นสูงอัตราการอบแห้งก็จะสูงเนื่องจากการระเหยของน้ำจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่ผิวของวัสดุ เมื่อเวลาผ่านไปความชื้นในใบพลูลดลงจึงส่งผลให้อัตราการอบแห้งต่ำลงตามไปด้วยเนื่องจากการระเหยของน้ำจะน้อยลง โดยที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้งเร็วที่สุดเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียส เนื่องจากการอบแห้งด้วยอุณหภูมิที่สูงสามารถลดความชื้นในวัตถุดิบได้ในอัตราที่เร็วกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ

ชาสมุนไพรใบพลูหลังอบมีลักษณะสีเขียวเข้มปนน้ำตาล โดยสมุนไพรใบพลูหลังอบจะมีความกรอบและเปราะซึ่งแตกต่างจากก่อนอบที่มีลักษณะนิ่ม แสดงดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 ลักษณะของชาสมุนไพรใบพลูหลังอบแห้ง

สรุป

จากผลการศึกษาการอบชาสมุนไพรใบพลูด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรดโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ผลการทดลองในการอบชาสมุนไพรใบพลูพบว่าที่สภาวะอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 3 ชั่วโมง โดยสามารถใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ได้นาน 1 ชั่วโมง 30 นาที และสามารถลดความชื้นใบพลูได้เร็วที่สุดเมื่อเทียบกับสภาวะอื่นในการทดลอง โดยมีความชื้นของชาสมุนไพรใบพลูหลังอบไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก) เนื่องจากเป็นความชื้นที่เหมาะสำหรับการเก็บรักษาสมุนไพรแห้ง อีกทั้งยังได้ชาสมุนไพรใบพลูที่ยังคงมีสีเขียวใกล้เคียงธรรมชาติ ไม่เป็นสีน้ำตาลไหม้เกรียมอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

เกศสุคนธ์ มณีวรรณ และ นิตยา คอนสาร. 2561. การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากใบพลูด้วยคลื่นไมโครเวฟ. **แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ)** 1: 1230-1235.

นักสิทธิ์ ปัญโญใหญ่, สุดธิดา คำเหมือง และ วิภาวรรณ ไชยเทพ. 2554. การศึกษารูปแบบการอบแห้งสมุนไพรไทยบางชนิด. **แก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ)** 39: 488-492.

บงกช ประสิทธิ์, สหัถยา ทองสา และ พิสิษฏ์ มณีโชติ. 2557. การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอิทตย์แบบอุโมงค์ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการผลิตไฟฟ้าให้กับพัดลม

ในอุโมงค์อบแห้งสำหรับพื้นที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง. **วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต** 17(1): 19-41.

แบงค์ ศรีสุข และ วิทยา ยงเจริญ. 2556. สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนด้วยแผงผลิตไฟฟ้าและความร้อนชนิดแผ่นเรียบรับความร้อน. **วารสารวิจัยพลังงาน** 10(2): 57-70.

สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล, สลิลลา ชาญเชี่ยว และ ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. 2556ก. การอบแห้งใบบัวบกเพื่อผลิตใบบัวบกแห้งชงดื่มด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด: จลนพลศาสตร์ความสิ้นเปลืองพลังงานและคุณภาพ. **วารสารวิจัย มข.** 18(2): 311-324.

สุภวรรณ ฏิระวิณิชย์กุล, จุฑารัตน์ ทะสะระ, จุไรรัตน์ สุริยงค์, ปิยาภรณ์ ปานกำเนิด และ ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. 2556ข. การอบแห้งใบเตยและตะไคร้เพื่อผลิตเป็นชาชงสมุนไพรด้วยแหล่งพลังงานความร้อนหลายรูปแบบ, น. 570-577. *ใน* **ประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 14 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 6 ประจำปี 2556.** สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

สุวรรณ วิรัชกุล, สุสาห์ เจริญวัฒนา, สมใจ ศรีลออกุล, วิเชียร วรพุทธพร และ ประทุม สงวนตระกูล. 2531. **รายงานการวิจัย การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งโดยแสงแดดกับการใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรัญญา ศรีบุศราคัม. 2546. พลูกับโรคผิวหนังที่เกิดจากเชื้อรา. **จุลสารข้อมูลสมุนไพร** 20(3): 4-8.

อัจฉรา แซ่โค้ว, สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล และ ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล. 2556. ปัจจัยของการอบแห้งด้วยแหล่งพลังงานความร้อนแบบการพาและการแผ่รังสีความร้อนที่มีต่อจลนพลศาสตร์และคุณภาพของพริกไทยดำ. **Burapha Science Journal** 18: 155-180.

Ahmad, F., Mohd, H.R., Mohd, Y.O., Omidreza, S., Azami, Z. and Kamaruzzaman, S. 2012. Investigation of Medical Herbs Moisture in Solar Drying. **Advances in Environment, Biotechnology and Biomedicine** : 127-131.

Ali, A. 2004. Efficiency improvement of Photo-Voltaic Panels Using ca Sun-tracking System. **Applied Energy** 79: 345-354.

Bala, B.K. and Janjai, S. 2009. Solar drying fruits, vegetables, spices, medicinal plants and fish: Developments and Potentials, pp. 1-24. *In* **International Solar Food Processing Conference.** The International Solar Energy Society (ISES) and funded by WISIONS Indore, India.

Li, C.M.R. and Jiau, C.H. 2009. The antimicrobial activity, mosquito larvicidal activity, antioxidant property and tyrosinase inhibition of *Piper betle*. **Journal of the Chinese Chemical Society** 56: 653-658.

Nabasree, D. and Bratati, D. 2004. Antioxidant activity of *Piper betle* L. leaf extract in vitro. **Food Chemistry** 88: 219-224.

Slobodan, B., Vangelce, M., Monika, L., Tale, G. and Vladimir, M. 2015. Experimental Investigation of Vacuum Far-Infrared Drying of Potato Slicies. **Journal on**

Processing and Energy in Agriculture

19(2): 71-75.