บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้เล็งเห็นความต้องการในการพัฒนาการใช้คลื่นไมโครเวฟ มีวัตถุประสงค์ในการสร้างเครื่องต้นแบบ 2 เครื่อง ได้แก่ **1) เครื่องระเหยตัวทำละลายออกจากสารสกัดหยาบภายใต้สุญญากาศ ด้วยพลังงานไมโครเวฟ** เพื่อระเหยสารและแยกตัวทำละลายออกจากสารสกัดสมุนไพร **2) เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานไมโครเวฟชนิดสายพานแบบปรับกำลังได้** เพื่อการอบแห้งสมุนไพรให้มีคุณภาพดี เครื่องระเหยตัวทำละลายออกจากสารสกัดภายใต้สุญญากาศ มีจุดประสงค์เพื่อการใช้งานในระเหยตัวทำลายสารออกจากการสกัดสารสมุนไพร เพื่อให้ได้สารสกัดที่มีคุณภาพดี และลดการเวลาที่ใช้ในการระเหยตัวทำละลายจำพวกมีขั้วออก การให้พลังงานความร้อนกับสารมีขั้วด้วยคลื่นไมโครเวฟ ให้ผลที่ดี เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟเหนี่ยวนำให้โมเลกุลของสั่นสะเทือนและถ่ายทอดพลังงานไม่ยังโมเลกุลต่อไป ทำให้ตัวทำละลายมีพลังงานมากพอที่จะระเหยออกมาได้โดยง่าย และลดการสูญเสียพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อมทำให้ตัวทำละลายได้รับพลังงานเต็มที่ โครงการนี้ จึงได้ออกแบบห้องให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ เพื่อสามารถต่อเข้ากับระบบการระเหยด้วยความดันต่ำและระบบการควบแน่นตัวทำละลาย ของเครื่อง Rotary evaporator จากการออกแบบเครื่องให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ สามารถสร้างเครื่องที่มีห้องให้ความร้อนขนาด 30x30 ซม.สามารถใส่สารได้ถึง 2 ลิตร และกำลังไมโครเวฟสูงสุดขนาด 800 วัตต์ นอกจากการสร้างห้องให้ความร้อนด้วยพลังงานไมโครเวฟแล้ว ยังต้องดัดแปลงและต่อความยาวของคอขวดแก้วที่ใส่ตัวอย่าง เพื่อให้ไอระเหยของตัวทำละลายเข้าสู่ระบบการควบแน่น และไหลลงขวดก้นกลมที่รับตัวทำละลาย มีระบบควบคุมอุณหภูมิ โดยใช้วัดอุณหภูมิด้วยระบบอินฟราเรด และสามารถตรวจวัดอุณหภูมิสารได้โดยตรง หลังจากนั้นได้ทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นและความปลอดภัย พบว่าระบบไมโครเวฟสามารถทำงานเป็นอย่างดี ระบบการให้ความร้อน คณะนักวิจัยได้ทำการทดสอบการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ ผลการทดสอบพบว่า เมื่อวัดระดับการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟทั้งสองตำแหน่ง ระดับไมโครเวฟที่รั่วไหลออกมาอยู่ที่ ระดับ 0 -1.0 mW/cm^2 ซึ่งเป็นระดับที่ปลอดภัยสูง จากนั้นทำการสกัดสารสกัดน้ำการใช้แรงดันสุญญากาศ 100 mbar เครื่อง Rotary Evaporator ระเหยน้ำออกจากตัวอย่างได้ 52 มิลลิลิตร ส่วนเครื่องระเหยด้วยพลังงานไมโครเวฟ สามารถแยกน้ำออกมาได้ถึง 204 มิลลิลิตร โดยอุณหภูมิของสารสกัดที่ 43.6 องศาเซลเซียล นอกจากนั้น การขวดแก้วใส่สารสกัดไม่ต้องหมุน ซึ่งจะทำให้การประยุกต์เพื่อการใช้งานในการสกัดสารในปริมาณมาก มีความเป็นไปได้สูง การใช้งาน**เครื่องต้นแบบระเหยตัวทำละลายออกจากสารสกัดหยาบภายใต้สุญญากาศ ด้วยพลังงานไมโครเวฟ** ต้องมีการทดสอบขั้นต่อไปในปรับ

สภาวะเครื่องให้เหมาะสมกับตัวทำละลายแต่ละชนิด การปรับกำลังไมโครเวฟและการปรับระดับความดันจากปั๊มสุญญากาศต่อไป

ส่วนเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานไมโครเวฟชนิดสายพานแบบปรับกำลังได้ เพื่อการอบแห้งสมุนไพรให้มีคุณภาพดีเครื่องอบแห้ง เป็นระบบสายพาน เพื่อการใช้งานอย่างต่อเนื่องและต้องการปริมาณผลผลิตมากในการอบแห้ง จึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ โดยมีระบบส่งกำลังไมโครเวฟสูงสุดที่ 12 กิโลวัตต์ และชุดระบายความร้อนด้วย cooling tower มีระบบลำเลียงและสายพานที่ทำด้วยเทฟลอน ยาว 7 เมตร. มีห้องอบขนาด 60 x 580 x 20 ซม. ต้องมีระบบลดทอนคลื่น เพื่อความปลอดภัยสูงสุด ระบบสายพานนี้จะมีปลายเปิด เพื่อให้ตัวอย่างเข้าและออกจะเป็นจุดที่ต้องออกแบบในการกันคลื่นไมโครเวฟที่เหลือออกมาเป็นอย่างดี จากการตรวจวัด ที่กำลังไมโครเวฟสูงสุดที่ระยะ 1 เมตรไม่มีคลื่นรั่วไหลออกมาเลย ที่ระยะห่าง 30 เซนติเมตร อยู่ในระดับปลอดภัย (ต่ำกว่า 10 mw/ cm2) เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานต้องมีการกำหนดระยะการทำงานที่ปลอดภัยขั้นสูง (ดังภาพที่ 28) การทดสอบอุณหภูมิในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ โดยทดสอบกับน้ำในห้องอบสายพาน เมื่อปรับกำลังวัตต์ระหว่าง 40 – 100 วัตต์ พบว่าทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นระหว่าง 35 – 45 °c และเมื่อวัดอุณหภูมินั้น ๆ ที่จุดต่าง ๆ ในห้องอบจำนวน 6 จุด พบว่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (เฉลี่ย ± 5 °c) และเมื่อทดสอบการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟพบว่าการกระจายตัวของคลื่นไมโครเวฟทั้ง 6 ตำแหน่งส่งผลให้เกิดการการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ = 10 °c โดยมีการกระจายตัวของกำลังวัตต์ที่ ± ไม่เกิน 50 วัตต์ จากผลการทดสอบการอบตำลึงจำนวน 3 ถาด โดยแบ่งใบตำลึง 100 กรัม ใช้เวลาในการอบจะแห้งน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลงใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง โดยใช้กำลังไมโครเวฟ 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักของตำลึงทั้งสามถาดมีการลดลงที่ไม่ต่างกัน อาจเป็นผลจากที่คลื่นไมโครเวฟภายในห้องอบตำลึงมีความสม่ำเสมอ จากนั้นทำการอบใบกระเพราสด จำนวน 10 กิโลกรัม ที่กำลังไมโครเวฟสูงสุด ทำให้ตัวอย่างแห้ง ใช้เวลา 45 นาที ดังนั้น ใน 8 ชั่วโมง จะได้สามารถอบแห้งตัวอย่างได้ 106 กิโลกรัม แต่การอบแห้งต้องขึ้นกับชนิดตัวอย่างและการปรับกำลังไมโครเวฟ เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดี ต้องมีการศึกษาและทดสอบต่อไป อีกทั้งด้านความปลอดภัยในระบบการป้องกันไม่ให้มีคลื่นรั่วไหลออกมา และระบบการป้อนตัวอย่างอัตโนมัติ เพื่อความต่อเนื่องของการป้อนตัวอย่าง ยังเป็นข้อมูลที่ต้องทำการศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งระบบสายพานให้มีประสิทธิภาพต่อไป

Abstract

In order for assuring the quality of highland herbal extract, post harvest handling, as well as initial food preparation procedure are vitally important. Drying of raw materials and bioactive compounds extraction of such materials are two methods of concerned affecting the quality of finished products i.e., medicine or cosmetic.

Good post harvest and handling practices by fast drying ensure high quality of the extract and also safe cost for extraction of the extract use as active ingredient in the products.

By using phase controller to vary electrical power input to high-voltage transformer unit, the magnetron adjustably receives adequate power that is adjustable upon types of raw material used thus, producing better quality outputs. The phase controller is fabricated by power electronics devices and micro – controller. Continuous and adjustable microwave power is then generated and transmitted to raw material accordingly.

Rotary evaporator is scientific equipment needed for extraction of active ingredients. In any batch of extraction, this expensive machine consumes large amount of energy, resulting in small yield of extract and low efficiency. By employing the use of microwave electrical field, we design microwave assisted rotary evaporator in which heat is generated within the product and no lost of energy to atmosphere is found. As a result, the extraction can be done very fast and active ingredients are reserved. Likewise, the microwave conveyor oven is developed and dried product with high quality and better energy preservation can be obtained.

This research focuses on the use of microwave energy for the development of 2 t prototyping units that are 1) **Microwave rotary evaporator** 2) **Adjustably microwave power conveyor oven**. Microwave rotary evaporator is needed for effective separation and/or concentration of extract. A 30 x 30 cm^2 heating chamber of the unit which able to load up to 2 L of sample was designed. The vacuumn pump and condenser were connected accordingly. The maximum microwave power was 800 watts. Joint beween chember and condenser was designed

to ensure that there was no leak of microwave energy to operators. The emperature of the extracting flask was monitored by infared thermometer. For safety reason, the leakage of microwave energy was very low (0 -1.0 mW/cm^2). The effeciecy of the unit was also tested using water based extraction. It was found that by using vacummn presure at 100 mbar and extracting temperature at 43.6 °C, the microwave rotary evaporator can be operated 4 times faster than conventional evaporator. However, the proper conditions for each of the solvents tested are still needed to be optimised.

The conveyor oven is designed when continuous sample loading and higher sample volume are main concerns. The adjustably microwave power conveyor oven was design at 12 kwatts power maximum. The heating chamber was 60 x 580 x 20 cm^3 and the conveyor was made of tafron®. The chamber was well insulated and the leakage was within a safety level (< 10 mw/ cm^2) at the distance as close as 30 cm from the unit. While operating, the temperature within chamber was changing at the average of Δ 5 °c and the energy distribution was at the average of Δ 50 watts. For the efficiency test, the sample dried evenly when holding the sample in heating chamber for 1 hr at 20% microwave power. The capacity test suggested that the unit was able to operate 106 kg of sample/ day which may depend largely on types of sample. The automatic sample feeding as well as standard safety operation are to be further studied.