

การสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรด้วยคลื่นไมโครเวฟ

Extraction of Active Chemical Constituent of Herbal Medicinal Plant Using Microwave-Assisted Extraction Technique

ผศ.ดร.ภก.ชนภัทร ทรงศักดิ์

กลุ่มวิชาเภสัชเวท คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถอธิบายความแตกต่างของการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรด้วยวิธีดั้งเดิมและการใช้คลื่นไมโครเวฟได้
2. สามารถอธิบายหลักการของการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรด้วยคลื่นไมโครเวฟได้
3. สามารถเลือกใช้ตัวทำละลายในการสกัดสารด้วยคลื่นไมโครเวฟได้อย่างเหมาะสม
4. สามารถอธิบายปัจจัยที่ส่งผลต่อการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรด้วยคลื่นไมโครเวฟได้

บทคัดย่อ

มนุษย์นำพืชสมุนไพรมาใช้เพื่อรักษาอาการเจ็บป่วยเบื้องต้นมาเป็นระยะเวลานาน สารสำคัญจากพืชสมุนไพรสามารถนำมาพัฒนาเป็นยาแผนปัจจุบันหลายรายการ การสกัดสารสำคัญออกจากพืชสมุนไพรเป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการพัฒนายาจากสมุนไพร ปัจจุบันมีการใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อช่วยในการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร บทความนี้จะกล่าวถึงหลักการของการสกัดสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ ตลอดจนปัจจัยที่ส่งผลต่อการสกัดสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ ได้แก่ ระบบตัวทำละลายและสัดส่วนของตัวทำละลายต่อผงสมุนไพร ระยะเวลาการสกัดและจำนวนรอบของการสกัด กำลังไมโครเวฟและอุณหภูมิ พื้นที่ผิวสัมผัสและปริมาณน้ำของผงสมุนไพร และการคนหรือเขย่าสาร ซึ่งจะต้องมีการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยเหล่านี้เพื่อให้การสกัดสารมีประสิทธิภาพสูงที่สุด และในส่วนท้ายของบทความจะมีการนำเสนอตัวอย่างงานวิจัยบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรโดยใช้คลื่นไมโครเวฟด้วย

คำสำคัญ: การสกัดสาร สมุนไพร คลื่นไมโครเวฟ

บทนำ

มนุษย์นำยาสมุนไพรมาใช้เพื่อรักษาอาการเจ็บป่วยมาเป็นเวลานานตั้งแต่สมัยโบราณ ถึงแม้ว่ายาแผนปัจจุบันจะได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง แต่ยาสมุนไพรยังคงได้รับความนิยมในประชาชนบางกลุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา ยังพบการรักษาด้วยแพทย์แผนดั้งเดิมและการใช้ยาสมุนไพรเพื่อบำบัดรักษาอาการเจ็บป่วยในเบื้องต้น ปัจจุบันมีการค้นพบว่าพืชสมุนไพรเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์หลายชนิด พืชสมุนไพรมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการวิจัยทางด้านเภสัชวิทยาและการพัฒนา ยาสมุนไพร ไม่ใช่เป็นเพียงแหล่งของสารบริสุทธิ์เพื่อนำมาใช้เป็นยาเท่านั้น แต่พืชสมุนไพรสามารถเป็นวัตถุดิบตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์ยาหรือใช้เป็นต้นแบบ (model) เพื่อค้นหาสารที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาได้ด้วย¹

พืชสมุนไพรหนึ่งชนิดมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลายกลุ่ม ตั้งแต่สารที่มีฤทธิ์อ่อนไปจนถึงสารที่มีฤทธิ์แรง การสกัดสารจากพืชเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญในขั้นตอนการแยกสาร (isolation) และการทำให้สารบริสุทธิ์ (purification) การพัฒนากระบวนการหรือวิธีการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ปัจจุบันจึงมีการค้นหาแนวทางการสกัดสารที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อลดระยะเวลาการสกัดสาร ลดค่าใช้จ่าย และลดการใช้ตัวทำละลายให้น้อยลง²

การสกัดสารด้วยเทคนิคดั้งเดิมนั้นมีหลายวิธี Soxhlet extraction เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมและเป็นที่ยอมรับอย่างสูง เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถสกัดสารจากพืชสมุนไพรได้อย่างหมดจด ดังนั้น Soxhlet extraction จึงไม่ได้เป็นเพียงเทคนิคการสกัดสารเท่านั้น แต่ยังใช้เป็นวิธีสกัดอ้างอิงของวิธีการสกัดสารแบบใหม่ๆ ด้วย แต่ Soxhlet extraction มีข้อเสียคือ ใช้ระยะเวลาการสกัดนานและใช้พลังงานความร้อนในระหว่างกระบวนการสกัด จึงไม่เหมาะกับสารที่ไม่ทนต่อความร้อน นอกจากนั้นยังมีการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัดสาร จึงอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้³ ดังนั้นการใช้คลื่นไมโครเวฟในการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพร (Microwave assisted extraction) จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากใช้เวลาน้อยและการสกัดมีประสิทธิภาพสูง³ โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

หลักการของการสกัดสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ

คลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วง 3×10^2 ถึง 3×10^5 เมกะเฮิรตซ์ และความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.001 ถึง 1 เมตร เป็นคลื่นที่อยู่ระหว่างคลื่น Far infrared และคลื่นกระจาย

เสียงวิทยุเอฟเอ็ม (FM broadcast radio) ของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า⁴ กระบวนการทำความร้อนของคลื่นไมโครเวฟ เกิดจากกระบวนการถ่ายเทพลังงานจาก 2 กลไก ได้แก่ dipole rotation และ ionic conduction ผ่านการเปลี่ยนแปลง dipole และแทนที่ไอออนที่มีประจุในสารและตัวทำละลาย โดยที่ทั้งสองกระบวนการเกิดขึ้นพร้อมๆกัน การเคลื่อนย้ายไอออนจากการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้า เรียกว่า ionic conduction หากตัวทำละลายด้านการเคลื่อนที่ของไอออน จะส่งผลให้เกิดแรงเสียดทาน และทำให้เกิดความร้อนขึ้น การปรับเปลี่ยน dipole ของโมเลกุลรวมกับการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้า เรียกว่า dipole rotation โดยที่ความถี่ 2450 เมกะเฮิร์ตซ์ คลื่นไมโครเวฟเปลี่ยน electric component ด้วยความเร็ว 4.9×10^4 ครั้งต่อวินาที จึงเกิดความร้อนขึ้นจากแรงเสียดทาน เมื่อตัวทำละลายจัดเรียงตัวเองด้วยการเปลี่ยนสนามไฟฟ้า แต่โมเลกุลไม่สามารถจัดเรียงตัวเองได้ ความร้อนจะไม่เกิดขึ้นเมื่อความถี่สูงกว่า 2450 เมกะเฮิร์ตซ์และการเปลี่ยนแปลง electrical component ที่ความเร็วสูง นอกจากนี้ความร้อนจะไม่เกิดขึ้นเมื่อความถี่ต่ำกว่า 2450 เมกะเฮิร์ตซ์และการเปลี่ยนแปลง electrical component ที่ความเร็วต่ำ เช่นเดียวกัน²

การถ่ายเทพลังงานเป็นคุณสมบัติหลักของการทำความร้อนของคลื่นไมโครเวฟ โดยปกติการถ่ายเทความร้อนของกระบวนการสักระบบดั้งเดิมนั้น พลังงานจะถ่ายเทไปยังสมุนไพรรโดยการพาความร้อน (convection) การนำความร้อน (conduction) และการแผ่รังสี (radiation) ผ่านพื้นผิวภายนอกของสมุนไพรมที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ (thermal gradient) ในกรณีของการสักระบบด้วยคลื่นไมโครเวฟ พลังงานไมโครเวฟถูกนำส่งโดยตรงไปยังสมุนไพรรผ่านอันตรกิริยาระดับโมเลกุล (molecular interaction) ด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านการเปลี่ยนแปลงพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าไปเป็นพลังงานความร้อน

Dissipation factor ($\tan \delta$) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของกระบวนการสักระบบด้วยคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งวัดความสามารถของแมทริกซ์ในการดูดซึมพลังงานไมโครเวฟและกระจายความร้อนไปยังโมเลกุลรอบข้าง บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการทำความร้อนของไมโครเวฟ โดยวัดค่า $\tan \delta$ และ loss factor (ϵ'') สูง ร่วมกับค่า dielectric constant (ϵ') ปานกลาง จะสามารถเปลี่ยนพลังงานไมโครเวฟไปเป็นพลังงานความร้อนได้ โดยความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทั้งสามประการนี้ แสดงดังสมการ⁵

$$\tan \delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'}$$

ปัจจัยแรกที่ต้องคำนึงถึงในการสกัดสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ คือ การเลือกตัวทำละลาย ควรเลือกตัวทำละลายที่มีความสามารถในการสกัดสารได้สูง โดยสารที่มีขั้วและสารละลายไอออนิก (โดยทั่วไปมักเป็นกรด) สามารถดูดซึมพลังงานไมโครเวฟได้มาก ในทางตรงกันข้ามเมื่อตัวทำละลายไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน สัมผัสกับคลื่นไมโครเวฟจะไม่เกิดความร้อนขึ้น เนื่องจากไม่สามารถดูดซึมพลังงานไมโครเวฟได้ โดยปกติแล้วระดับของการดูดซึมคลื่นไมโครเวฟจะเพิ่มขึ้นตามค่า dielectric constant ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างน้ำกับเมทานอล พบว่า เมทานอลมีความสามารถในการปิดกั้นคลื่นไมโครเวฟต่ำ ส่งผลให้คลื่นไมโครเวฟผ่านได้ดี แต่มีความสามารถสูงในการเปลี่ยนพลังงานไมโครเวฟไปเป็นความร้อน ส่วนน้ำมีค่า dielectric constant สูงกว่าเมทานอล บ่งบอกถึงค่า dissipation factor ที่ต่ำกว่า แสดงว่าน้ำสามารถดูดซึมพลังงานไมโครเวฟได้สูงแต่กระจายพลังงานได้ต่ำ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า superheating ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำในแมทริกซ์ การดูดซึมพลังงานได้ดีเช่นนี้จะทำให้อุณหภูมิภายในพืชสมุนไพรสูงขึ้น ทำให้เกิดการแตกของเซลล์โดยน้ำภายในเซลล์นั่นเอง ในบางกรณีความร้อนที่เกิดขึ้นนี้สามารถทำให้สารสำคัญในพืชสมุนไพรเกิดการสลายตัวหรือเกิดการระเหิดของตัวทำละลายได้ ดังนั้นพลังงานไมโครเวฟจะต้องเพียงพอที่จะทำให้ความร้อนเพิ่มสูงถึงจุดเดือดของน้ำหรือตัวทำละลายอื่นๆ ปัจจัยต่อมาที่ต้องคำนึงถึง คือ แมทริกซ์ของแข็ง (solid matrix) ความหนืดของแมทริกซ์ส่งผลต่อความสามารถในการดูดซึมพลังงานไมโครเวฟ โมเลกุลที่หนืดจะมีการเคลื่อนที่ต่ำ ดังนั้นโมเลกุลจะจัดเรียงตัวในสนามไมโครเวฟได้ยาก ส่งผลให้ความร้อนที่เกิดจาก dipole rotation ลดลงได้⁵

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพของตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการสกัดสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ⁵

ตัวทำละลาย	Dielectric constant ^a (ϵ')	Dissipation factor ($\tan \delta$) ($\times 10^{-4}$)	จุดเดือด ^b (°C)	ความหนืด ^c (cP)
อะซีโตน	20.7	5,555	56	0.30
อะซีโตนไไตรล์	37.5		82	
เอทานอล	24.3	2,500	78	0.69
เฮกเซน	1.89		69	0.30
เมทานอล	32.6	6,400	65	0.54
2-โพรพานอล	19.9	6,700	82	0.30
น้ำ	78.3	1,570	100	0.89

เอทิล อะซีเตต	6.02	5,316	77	0.43
เฮกเซน-อะซีโตน (1:1)			52	

^aวัดที่อุณหภูมิ 20 °C, ^bวัดที่ 101.4 kPa, ^cวัดที่อุณหภูมิ 25 °C

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสกัดสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ

ประสิทธิภาพของการสกัดสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ เป็นผลโดยตรงจากการเลือกสภาวะการสกัด ดังนั้นจึงมีงานวิจัยหลายเรื่องที่มีการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารด้วยคลื่นไมโครเวฟ ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสกัดสารจากพืชสมุนไพรด้วยคลื่นไมโครเวฟมีหลายประการ ได้แก่

1. ระบบตัวทำละลายและสัดส่วนของตัวทำละลายต่อผงสมุนไพร (S/F ratio)

ปัจจัยสำคัญที่สุดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดสารจากพืชสมุนไพรด้วยการใช้คลื่นไมโครเวฟ คือ การคัดเลือกตัวทำละลายที่ใช้ การคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมจะส่งผลให้สามารถสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรได้มากตามไปด้วย การคัดเลือกตัวทำละลายขึ้นอยู่กับ การละลายของสารสำคัญที่ต้องการสกัดออกมา การซึมผ่านของตัวทำละลาย และอันตรกิริยาระหว่างแมทริกซ์ของตัวอย่างสมุนไพร ค่า dielectric constant ของตัวทำละลาย และคุณสมบัติการถ่ายเทมวลของสาร ตัวทำละลายที่ดีควรมีความจำเพาะต่อสารสำคัญที่สนใจ ในขณะที่สามารถสกัดสารที่ไม่ต้องการออกมาได้น้อยที่สุด การคัดเลือกตัวทำละลายที่นำมาใช้ในการสกัดสารด้วยคลื่นไมโครเวฟจะต้องพิจารณาความสามารถของตัวทำละลายในการดูดซับพลังงานไมโครเวฟเพื่อทำความร้อน¹

ผลผลิต (yield) ของสารสกัดจากพืชสมุนไพรจะเพิ่มขึ้น เมื่อแช่พืชสมุนไพรในตัวทำละลายที่มีค่า $\tan \delta$ สูง โดย ether linkages ของเซลลูโลสจะถูกไฮโดรไลซ์และเปลี่ยนไปเป็นส่วนที่ละลายได้ (soluble fraction) ในเวลาไม่ก่นาที่ หากต้องการผลผลิตที่มากขึ้นสามารถทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิ จะช่วยให้ตัวทำละลายสามารถซึมผ่านเข้าไปในผนังเซลล์ของพืชได้ดีขึ้น หากเปรียบเทียบกับวิธีการรีฟลักซ์ (reflux) ด้วยความร้อน พบว่า การสกัดเกิดจากการซึมผ่าน (permeation) และการละลาย (solubilization) ของสารออกจากพืชสมุนไพร แต่กรณีของการสกัดสารด้วยคลื่นไมโครเวฟนั้น กระบวนการสกัดเกิดจากการสัมผัสของสารกับตัวทำละลายที่เกิดจากการแตกของเซลล์ ส่งผลให้สามารถสกัดสารออกมาจากพืชสมุนไพรได้ คลื่นไมโครเวฟทำให้เกิดความร้อน โมเลกุลของน้ำที่อยู่ในเซลล์พืชจะเกิดการขยายตัวเฉพาะที่และเกิดการขยายตัวของผนังเซลล์ ส่งผลให้สามารถสกัดสารในพืชสมุนไพรออกจากเซลล์ได้ในกรณีที่สารสำคัญจากพืชสมุนไพรละลายตัวได้ง่ายเมื่อโดนความร้อน การแช่พืชสมุนไพรใน

ตัวทำละลายที่โปร่งใส (transparent) ต่อไมโครเวฟ เช่น เฮกเซน จะช่วยลดการสลายตัวได้² บางครั้งมีการเติมน้ำ เอทานอล หรือตัวทำละลายอื่นๆ ลงไปในเฮกเซนเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารด้วย⁶ โดยทั่วไปนิยมใช้เฮกเซนในการสกัดน้ำมันระเหยง่าย (volatile oil) ออกจากพืชสมุนไพร ปัจจุบันมีการพัฒนาวิธีการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟโดยที่ไม่ต้องใช้ตัวทำละลาย ในกรณีนี้ความชื้นในผงสมุนไพรจะเป็นตัวช่วยในการสกัดสาร จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ตัวทำละลายแต่อย่างใด^{5, 7}

สัดส่วนของตัวทำละลายต่อผงสมุนไพร เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง ปริมาตรของตัวทำละลายจะต้องมากพอที่สามารถท่วมผงสมุนไพรได้ตลอดเวลาการสกัด เนื่องจากตัวอย่างสมุนไพรบางชนิดมีการพองตัวมากขึ้นเมื่อแช่อยู่ในตัวทำละลาย วิธีการสกัดแบบดั้งเดิมนั้น หากใช้ตัวทำละลายปริมาณมากย่อมสกัดสารสำคัญออกมาได้มาก การสกัดสารสำคัญด้วยคลื่นไมโครเวฟนั้นมีสัดส่วนที่เหมาะสมของตัวทำละลายต่อตัวอย่างสมุนไพรอยู่ที่ 10:1 จนถึง 30:1 (มิลลิลิตรของตัวทำละลายต่อกรัมของผงสมุนไพร)⁸⁻¹⁴ แต่มีบางงานวิจัยที่รายงานการใช้สัดส่วนตัวทำละลายต่อตัวอย่างสมุนไพรแตกต่างกันไปจากสัดส่วนนี้ไปบ้าง

2. ระยะเวลาการสกัดและจำนวนรอบในการสกัด

การสกัดสารด้วยคลื่นไมโครเวฟเป็นวิธีที่ใช้เวลาน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม โดยทั่วไปจะใช้เวลาดำกว่า 30 นาที จึงสามารถช่วยหลีกเลี่ยงการสลายตัวของสารที่ไวต่อความร้อนหรือปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ การเพิ่มระยะเวลาการสกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตของสารสกัด จากการศึกษาของ Wang และคณะ¹⁵ พบว่า การเพิ่มระยะเวลาการสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟจาก 2 นาที เป็น 30 นาที ช่วยเพิ่มการสกัดสาร Ginsenoside จาก *Panax ginseng* ได้ แต่อย่างไรก็ตาม การเพิ่มระยะเวลาการสกัดส่งผลเล็กน้อยต่อปริมาณสารสกัดหรือสารสำคัญที่ได้จากพืชบางชนิด จากการศึกษาของ Guo และคณะ¹² พบว่า การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟ 30 วินาที สามารถสกัดสาร puerarin จาก *Radix puerariae* ได้ร้อยละ 5.44 และเมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 180 วินาที สามารถสกัดสาร puerarin ได้ร้อยละ 6.05 ซึ่งเพิ่มขึ้นไม่มากนัก นอกจากนี้การเพิ่มจำนวนรอบในการสกัดสามารถเพิ่มผลผลิตจากการสกัดได้เช่นกัน แต่โดยทั่วไป เมื่อเพิ่มถึงระดับหนึ่งแล้ว ปริมาณสารสกัดจะคงที่ คือไม่สามารถสกัดเพิ่มได้มากกว่านั้นแล้ว

3. กำลังไมโครเวฟ (Microwave power) และอุณหภูมิ

กำลังของไมโครเวฟและอุณหภูมิจะแปรผันตามกัน กำลังไมโครเวฟที่เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ อุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ผลผลิตจากการสกัดเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งคงที่และลดลง ในที่สุด Yan และคณะ¹⁴ รายงานว่าการเพิ่มอุณหภูมิจาก 50 °C เป็น 70 °C สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิต จากการสกัดสาร astragalosides จากตำรับสมุนไพร Radix Astragali ได้ และเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 70 °C ปริมาณผลผลิต astragalosides จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและลดลงในที่สุด อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ระบบ การสกัดมีความหนืดและแรงตึงผิวลดลง ทำให้ตัวทำละลายสามารถละลายสารได้ดีขึ้น ดังนั้นการเพิ่ม กำลังไมโครเวฟจะช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตจากการสกัดและลดระยะเวลาการสกัดสารได้ แต่อย่างไรก็ ตามการเพิ่มกำลังไมโครเวฟอาจทำให้สารสำคัญบางชนิดสลายตัวได้⁶

4. พื้นที่ผิวสัมผัสและปริมาณน้ำของผงสมุนไพร

ประสิทธิภาพในการสกัดสารด้วยคลื่นไมโครเวฟไม่ได้ขึ้นอยู่กับสถานะของการสกัดเท่านั้น พืชสมุนไพรเองก็ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการสกัดเช่นกัน พื้นที่ผิวของผงสมุนไพรที่เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ ประสิทธิภาพของการสกัดสูงขึ้นด้วย เนื่องจากผงสมุนไพรที่มีขนาดเล็กทำให้คลื่นไมโครเวฟผ่านได้ มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามขนาดอนุภาคที่เล็กเกินไป อาจทำให้การกรองหรือการปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกกาก สมุนไพรออกจากสารละลายเป็นไปได้ยาก ในบางกรณีจะมีการแช่ผงสมุนไพรในตัวทำละลาย (pre-leaching extraction) ก่อนที่จะสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟจะช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตจากการสกัดได้⁷

ความชื้นในผงสมุนไพรยังสามารถทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายในการสกัดสารด้วยคลื่น ไมโครเวฟได้ การเพิ่มความชื้นของตัวทำละลาย เช่น การเติมน้ำลงไปในระบบตัวทำละลาย สามารถ เพิ่มความสามารถในการดูดซึมไมโครเวฟ ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการทำความร้อน นอกจากนี้การเติมน้ำ จะช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสำคัญจากสมุนไพรได้

5. การคนหรือการเขย่าสาร

การคนหรือการเขย่าสารเกี่ยวข้องกับกระบวนการถ่ายเทมวลสาร การคนสารจะช่วยเพิ่ม อัตราเร็วในการสกัด เนื่องจากช่วยเพิ่มการละลายของสารออกมาจากเมทริกซ์สมุนไพร นอกจากนี้การ คนสารจะช่วยลดการใช้ตัวทำละลายลง กล่าวคือ สามารถลด S/F ratio ลงได้⁵

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดสารสำคัญจากพืชสมุนไพรด้วยคลื่นไมโครเวฟ พร้อมสถานะ
การสกัด แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการสกัดสารสำคัญจากพืชด้วยคลื่นไมโครเวฟ

ชื่อวิทยาศาสตร์	สาร/กลุ่มสาร	ตัวทำละลาย	เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)	S/F ratio (mL/g)	ร้อยละ ผลผลิต ^a (%w/w)	เอกสารอ้างอิง
<i>Artemisia annua</i>	Artemisinin	อะซีโตน	2	60-80	100:1	0.73	Misra และคณะ ³
<i>Taxus baccata</i>	Paclitaxel	เมทานอล	7	95	10:1.5	0.0059	Talebi และคณะ ⁸
<i>Thea sinensis</i>	Polyphenols Caffeine	50% เอทานอล ในน้ำ	4	85-90	20:1	30 4	Pan และคณะ ⁹
<i>Ganoderma atrum</i>	Total triterpenoid saponins	95% เอทานอล ในน้ำ	5	90	25:1	0.968	Chen และคณะ ¹⁰
<i>Camellia sinensis</i> , <i>Salvia officinalis</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i>	Polyphenols	80% เอทานอล ในน้ำ	3	80	20:1	ไม่รายงาน	BekdeSer และคณะ ¹¹
<i>Radix puerariae</i>	Puerarin	70% เอทานอล ในน้ำ	1	90	30:1	5.94	Guo และคณะ ¹²
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> , <i>Coriandrum sativum</i> , <i>Cuminum cyminum</i> , <i>Crocus sativus</i>	Phenolic compounds	50% เอทานอล ในน้ำ	18	50	20:1	1.679 0.082 1.159 2.939	Gallo และคณะ ¹³

^a ร้อยละของผลผลิตเมื่อเทียบกับปริมาณผงสมุนไพรแห้ง

สรุป

การสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน ในปัจจุบันมีการพัฒนาวิธีการสกัดและเครื่องมือชนิดใหม่เพื่อทดแทนการสกัดสารด้วยวิธีดั้งเดิม การใช้คลื่นไมโครเวฟเป็นหนึ่งในหลายวิธีที่พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดระยะเวลาการสกัดได้ แต่อย่างไรก็ตามการสกัดสารสำคัญ

จากพืชสมุนไพรโดยใช้คลื่นไมโครเวฟยังคงมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาหลายประการ โดยที่จะต้องมีการหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยเหล่านั้น เพื่อให้การสกัดสารมีประสิทธิภาพสูงสุด ในอนาคตการสกัดสารด้วยวิธีนี้จะได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น และสามารถใช้ทดแทนการสกัดสารด้วยวิธีดั้งเดิม ซึ่งจะสามารถลดข้อจำกัดของการสกัดด้วยวิธีดั้งเดิมได้

เอกสารอ้างอิง

1. Zhang X. Regulatory situation of herbal medicines: A worldwide review (online). Available at <http://apps.who.int/medicinedocs/pdf/whozip57e/whozip57e.pdf> (2 February 2016).
2. Tatke P, Jaiswal Y. An overview of microwave assisted extraction and its applications in herbal drug research. *Research Journal of Medicinal Plant* 2011; 5(1): 21-31.
3. Misra H, Mehta D, Mehta BK, et al. Microwave-assisted extraction studies of target analyte artemisinin from dried leaves of *Artemisia annua* L. *Organic Chemistry International* 2013: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/163028>.
4. Pozar DM. Electromagnetic theory. In: Pozar DM, editor. *Microwave engineering*. 4th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.; 2012.
5. Veggi PC, Martinez J, Meireles MAA. Fundamentals of microwave extraction. In: Chemat F, Cravotto G, editors. *Microwave-assisted extraction for bioactive compounds: Theory and practice*. Massachusetts: Springer US, 2013. 15-52.
6. Sparr Eskilsson C, Björklund E. Analytical-scale microwave-assisted extraction. *Journal of Chromatography A* 2000; 902(1): 227-50.
7. Lucchesi ME, Chemat F, Smadja J. Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A* 2004; 1043(2): 323-7.
8. Talebi M, Ghassempour A, Talebpour Z, et al. Optimization of the extraction of paclitaxel from *Taxus baccata* L. by the use of microwave energy. *Journal of Separation Science* 2004; 27(13): 1130-6.
9. Pan X, Niu G, Liu H. Microwave-assisted extraction of tea polyphenols and tea caffeine from green tea leaves. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 2003; 42(2): 129-33.

10. Chen Y, Xie M-Y, Gong X-F. Microwave-assisted extraction used for the isolation of total triterpenoid saponins from *Ganoderma atrum*. *Journal of Food Engineering* 2007; 81(1): 162-70.
11. Bekdeser B, Durusoy N, Ozyurek M, et al. Optimization of microwave-assisted extraction of polyphenols from herbal teas and evaluation of their *in vitro* hypochlorous acid scavenging activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2014; 62(46): 11109-15.
12. Guo Z, Jin Q, Fan G, et al. Microwave-assisted extraction of effective constituents from a Chinese herbal medicine *Radix puerariae*. *Analytica Chimica Acta* 2001; 436(1): 41-7.
13. Gallo M, Ferracane R, Graziani G, et al. Microwave assisted extraction of phenolic compounds from four different spices. *Molecules* 2010; 15: 6365-74.
14. Yan M-M, Liu W, Fu Y-J, et al. Optimisation of the microwave-assisted extraction process for four main astragalosides in *Radix Astragali*. *Food Chemistry* 2010; 119(4): 1663-70.
15. Wang Y, You J, Yu Y, et al. Analysis of ginsenosides in *Panax ginseng* in high pressure microwave-assisted extraction. *Food Chemistry* 2008; 110(1): 161-7.
16. Song J, Li D, Liu C, et al. Optimized microwave-assisted extraction of total phenolics (TP) from *Ipomoea batatas* leaves and its antioxidant activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 2011; 12(3): 282-7.
17. Mandal V, Mohan Y, Hemalatha S. Microwave assisted extraction - An innovative and promising extraction tool for medicinal plant research. *Pharmacognosy Review* 2007; 1(1): 7-18.