



การประเมินสมบัติทางกายภาพและการปนเปื้อนโลหะหนักของน้ำยาสูตรเบญจกูล จากวิธีการต้มยาหม้อ

นาถธิดา วีระปรียากร*
 บังอร ศรีพานิชกุลชัย*
 สุพัตรา ชาติบัญญัติชัย†
 เพ็ญญา ทรัพย์เจริญ‡

บทคัดย่อ

การประเมินสมบัติทางกายภาพของน้ำยาดำรับเบญจกูล สูตรเสมอภาคโดยวิธีการต้ม เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้บริโภคในการต้มยา สูตรสลิ้ง และสูตรบาท. จากวิธีปรุงยาทั้ง ๒ สูตรที่เติมน้ำจนท่วมตัวยาลแล้วต้มให้งวดเหลือน้ำยา ๑ ใน ๓ พบว่าเกิดความคลาดเคลื่อนของปริมาตรน้ำที่เติม ขึ้นกับขนาดภาชนะที่เลือกใช้ที่อาจแตกต่างกัน และจากปริมาตรน้ำเพื่อให้ท่วมสมุนไพรของแต่ละบุคคล. การต้มยาสมุนไพรในบีกเกอร์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพบว่าน้ำยามีสีเข้มขึ้นและเป็นกรดเพิ่มขึ้น (ค่าพี < ๐.๐๕) เมื่อแช่สมุนไพรในบีกเกอร์นาน ๖๐ นาทีโดยไม่ต้ม พบว่ามีสีอ่อนกว่าและมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นแต่น้อยกว่าแบบต้ม. เมื่อต้มน้ำเปล่าในหม้อดินพบว่าน้ำยาใสไม่มีสี น้ำในหม้อเป็นเบสแก่ทั้งก่อนและหลังต้ม (ค่าความเป็นกรด-เบส ~๘-๙). เมื่อต้มยาสมุนไพรทั้ง ๒ สูตรในหม้อดิน สีของน้ำยามีความเข้มมากขึ้น มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (ค่าพี < ๐.๐๕) แต่ความเป็นกรदन้อยกว่าน้ำยาที่ต้มในถ้วยปากก. นอกจากนี้ หม้อดินยังดูดซับน้ำได้ ๒ เท่าเมื่อเทียบกับหม้อดินที่แช่น้ำไว้ก่อน ๑ คืนแล้วจึงให้หม้อดินใช้ สมุนไพรเองก็ดูดซับน้ำหลังต้มโดยพบน้ำหนักเพิ่มขึ้น ๒ เท่าไม่สังเกตพบการเกิดเชื้อราในกากและน้ำยาที่ผ่านการต้ม แต่พบในกากและน้ำยาที่ไม่ผ่านการต้มที่เก็บโดยแช่ในตู้เย็นนาน ๑ สัปดาห์. ปริมาณโลหะหนัก ตะกั่ว แคดเมียม และสารหนูในพืชสมุนไพรแต่ละชนิดและจากหม้อดินไม่เกินจากมาตรฐานที่กำหนดใน Thai Herbal Pharmacopoeia II. สรุปการต้มยาทำให้ได้ตัวยามากกว่า และเป็นการฆ่าเชื้อที่อาจปนเปื้อนมาในวัตถุดิบ ภาชนะ หรือระหว่างกระบวนการเตรียมยา.

คำสำคัญ : ยาหม้อ, เบญจกูล, สมบัติทางกายภาพ, การปนเปื้อนโลหะหนัก

ภูมิหลังและเหตุผล

การใช้ยาสมุนไพรไทยเป็นทางเลือกหนึ่งในการดูแลสุขภาพเจ็บป่วยที่อาการไม่รุนแรง ซึ่งเผยแพร่และใช้สืบทอดกันมาตามภูมิปัญญาท้องถิ่น, และภาครัฐได้ให้ความสำคัญ

*ศูนยวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

†คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

‡กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข

สนับสนุนการใช้ยาสมุนไพร จากตำรับสมุนไพรหลายชนิดที่มีสรรพคุณต่าง ๆ. วิธีการปรุงยาสมุนไพรดั้งเดิมนั้นมีหลายวิธีที่นิยมคือการนำมาต้มและเตรียมเป็นยาหม้อ^{๑-๕} ดังที่พบในชุมชนจังหวัดขอนแก่นถึงร้อยละ ๕๐.๖^๖ เพราะสะดวก สามารถใช้ได้กับสมุนไพรที่สดหรือแห้ง. สารสำคัญจากยาสมุนไพรจะละลายได้ในน้ำ. ตัวสมุนไพรที่ใช้ในตำรับต้องมีความปลอดภัย ภาชนะที่ใช้ในการปรุงยาจะต้องทนต่อความร้อนได้ดี ไม่ปลดปล่อยสารพิษ หรือวัตถุใด ๆ ตลอดทั้งไม่ทำปฏิกิริยากับตัวยาน้ำกระสายยาที่ใช้ในการปรุง. ปริมาณและความเข้มข้น

ของยาที่ได้จากการปรุงได้จากการรวมวิธีที่หมอยาหรือผู้ส่งจ่ายยาต้องการจะให้แก่ผู้ป่วยตามหลักวินิจฉัยด้วยความรู้ทางเภสัชกรรมไทย ซึ่งในอดีตผู้ป่วยและผู้รักษามีความใกล้ชิดกันมาก. ผู้ทำการรักษาสามารถปรับขนาดและวิธีการใช้ยาได้สอดคล้องกับผู้ป่วยและอาการที่เป็น. ปัจจุบันวิธีการรักษาพยาบาลมุ่งเน้นการให้บริการเชิงปริมาณ. ผู้ป่วยอาจจะต้องพึ่งตนเองในการแสวงหาความรู้เพื่อใช้ยาสมุนไพรในการแพทย์ทางเลือกให้ถูกต้อง.

ยาหม้อมีวิธีการต้มหลายวิธี ผู้บริโภคใช้วิธีจดจำวิธีการมาปรุงยา ซึ่งมีการใช้ภาชนะต้มยาหลายรูปแบบ. หม้อดินเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก หาซื้อได้ง่าย และราคาถูก, แต่ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานของหม้อดินที่ใช้ในการปรุงยา และทั้งกรรมวิธีการต้มยาเพื่อให้ได้ขนาดยาตามตำราที่กำหนด. ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อปฏิบัติในการต้มยาที่ถูกต้องตามหลักการแพทย์และเภสัชกรรมไทย จึงได้ศึกษาประเมินสมบัติทางกายภาพ และการประเมินการปนเปื้อนโลหะหนักของน้ำยาที่ได้จากการต้มและจากภาชนะที่ใช้ต้ม. เนื่องจากการใช้เบญจกูล (เสมอภาค) เป็นที่แพร่หลาย วิธีปรุงยาเบญจกูล (เสมอภาค) จึงถูกเลือกมาเป็นตัวแทนการศึกษาวิธีการปรุงยาหม้อโดยวิธีการต้ม ซึ่งภาครัฐและชุมชนจะสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการปรุงยาหม้อสมุนไพรอย่างถูกวิธี.

ระเบียบวิธีศึกษา

วัสดุศึกษา-สมุนไพร และสารเคมี

ยาสมุนไพร พิกัดเบญจกูลประกอบด้วย รากเจตมูลแดง, เหง้าขิงแห้ง, ผลดีปลี, รากข้าวฟ่าง, ถั่วสะค่าน, ซ็อกจากศาลายาไทย ศูนย์ฝึกอบรมการแพทย์แผนไทย, สถาบันการแพทย์แผนไทย นำมาใช้ในการทดลองโดยตัดเป็นชิ้นเล็กขนาดไม่เกิน ๑ นิ้ว, กรดไนตริกจากบริษัทเมอร์คค์, สารมาตรฐานโลหะหนัก (ตะกั่ว สารหนู และแคดเมียม) จากบริษัท Ajax Chemicals, แก๊สผสมของอากาศและอะเซทิลีน, แก๊สอาร์กอนจากบริษัท ขอนแก่น ออกซิเจน. น้ำกลั่นที่ใช้เป็นน้ำกลั่นซ้สองครั้ง.

อุปกรณ์และเครื่องมือ

๑. เครื่องอะตอมมิค สเปกโทรสโคปี (Atomic spectro-

copy, AA) รุ่น SpectrAA200 ของบริษัท Varian ประเทศออสเตรเลีย.

๒. เครื่องชั่งรุ่น AE200 Analytical Balance ของบริษัท Mettler ประเทศสวิตเซอร์แลนด์.

๓. เครื่องยูวี สเปกโทรสโคปี (UV spectrophotometer) รุ่น UV-1700 ของบริษัท Shimadzu ประเทศสหรัฐอเมริกา.

๔. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH meter) รุ่น ๒๔๐ ของบริษัท Corning ประเทศสหรัฐอเมริกา.

๕. เตาแผ่นความร้อน และมาตรฐานหภูมิ.

๖. เครื่องแก้วชนิดต่าง ๆ เช่น ถ้วยปากนก (บีกเกอร์) ขนาด ๒๕๐ และ ๖๐๐ มิลลิลิตร (มล.), กระจกนาฬิกา กระบอกตวง.

๗. หม้อดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบในปาก เฉลี่ย ๑๐ เซนติเมตร.

วิธีการ

๑. การศึกษาสมบัติกายภาพของยาน้ำที่ได้จากตำรับเบญจกูล

ซึ่งสมุนไพรที่ซื้อมาแต่ละชนิด หาน้ำหนักเริ่มต้นโดยไม่มี การตัดหรือบดเป็นผงก่อนชั่ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของน้ำหนักตามที่ระบุบนฉลาก. เมื่อทำการทดลองจะตัดสมุนไพรเป็นชิ้น ๆ ขนาดไม่เกิน ๑ นิ้ว. ในการต้มยาตามสูตรสลิ้ง จะชั่งสมุนไพรอย่างละ ๓.๗๕ กรัม (๑ สลิ้ง) ลงในถ้วยปากนกหรือหม้อดิน เติมน้ำกลั่นพอท่วมยา บันทึกปริมาตรน้ำที่ใช้. หลังจากเตรียม ๕ นาทีบันทึกสลิ้งเริ่มต้น ความชื้น วัดค่าความเป็นกรด-เบส. หลังจากนั้นเติมน้ำในปริมาตรคิดเป็น ๓ เท่าของปริมาตรน้ำที่ใช้เติมให้ท่วมยา.

การต้มยาสมุนไพรสูตรสลิ้ง ซึ่งตามตำรับให้ต้ม ๓ เอน้ำ ๑ จึงต้มยาสมุนไพรจนเดือดเหลือปริมาตรเท่ากับปริมาตรน้ำที่ใช้เติมให้ท่วมยา คือลดลง ๑/๓. บันทึกเวลาที่ใช้ในการต้มเดือดเหลือ ๑/๓, อุณหภูมิ, สีของน้ำยาที่ได้, ค่าความเป็นกรด-เบส และวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนัก.

การต้มตำรับยา ๑ บาท จะชั่งสมุนไพรมาอย่างละ ๑๕ กรัม (๑ บาท) เติมน้ำกลั่นพอท่วมยา, บันทึกปริมาตรน้ำที่ใช้. หลังจากนั้นจะเติมน้ำในปริมาตรคิดเป็น ๓ เท่าของปริมาตรน้ำที่ใช้เติมให้ท่วมยา ทำการต้มยาสมุนไพรจนเดือดเหลือปริมาตรเท่ากับปริมาตรน้ำที่ใช้เติมให้ท่วมยา, แล้วทำซ้ำโดยเติมน้ำใน

ปริมาตรคิดเป็น ๓ เท่าของปริมาตรน้ำที่ใช้เติมให้ท่วมยาและ ต้มจนงวดเหลือ ๑ ใน ๓. ทำการต้มซ้ำอย่างนี้ทั้งหมด ๕ ครั้ง. บันทึกเวลาที่ใช้ในการต้มเดือดเหลือ ๑ ส่วน, บันทึกอุณหภูมิ, สี, ค่าความเป็นกรด-เบส หลังจากการต้มทุกครั้ง. น้ำยาที่ได้ จากการต้มใน ๓ ครั้งแรกของตำรับยา ๑ บาท จะนำมารวมกัน, ตวงปริมาตร นำไปตรวจหาปริมาณโลหะหนักที่อาจปนเปื้อน. ทั้งนี้การศึกษาเปรียบเทียบใช้วิธีวิเคราะห์ทางสถิติ paired t-test.

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก (ตะกั่ว แคดเมียม และ สารหนู)

๑. การเตรียมอุปกรณ์

เช่นถ้วยกระเบื้อง, กระจกนาฬิกา, และหลอดทดลอง ในกรดไนตริกนาน ๓-๔ ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำกลั่น ๓-๔ รอบ จนหมดกลิ่นกรด, อบให้แห้ง.

๒. การย่อยตัวอย่าง ใส่สารละลายตัวอย่าง ๑๐ มล.

ไว้ในถ้วยกระเบื้อง แล้วปิดด้วยกระจกนาฬิกา, เผาด้วยอุณหภูมิ ๓๒๐ องศาฟาเรนไฮต์ จนสารละลายเหลือ ๑-๒ มล. เติมกรดไนตริก ๑๐ มล. แล้วเผาต่อไปให้เหลือสารละลายประมาณ ๑-๒ มล. ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรด้วยน้ำ กลั่นที่กลั่นซ้ำ ๒ ครั้งให้ได้ ๑๐ มล. เก็บสารละลายในหลอด ทดลอง และเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ ๘ องศาเซลเซียส.

๓. สภาวะที่ใช้วัดโลหะหนักแต่ละชนิดด้วย AA

ตะกั่ว ใช้แก๊สอะเซทิลีนผสมกับออกซิเจนเป็นเชื้อเพลิงในการเกิด flame atomization, lamp current ๕ มิลลิแอมแปร์, ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น ๒๘๓.๕ นาโนเมตร, ความกว้างของ slit ๐.๕ นาโนเมตร.

สารหนู ใช้แท่งกราไฟท์ในการเกิดอะตอมไมเซชัน (graphite furnace) สารตัวปรับ คือ พาเลเดียม ความเข้มข้น ๕๐๐ ไมโครกรัม/มล. ปริมาตรที่ใช้ฉีดสารตัวอย่าง เท่ากับ ๑๐ ไมโครลิตร, lamp current ๑๐.๐ มิลลิแอมแปร์, ตรวจวัดที่ ความยาวคลื่น ๑๙๓.๗ นาโนเมตร, ความกว้างของ slit ๐.๕ นาโนเมตร.

แคดเมียม ใช้แท่งกราไฟท์ในการเกิดอะตอมไมเซชัน (graphite furnace), สารตัวปรับ คือ แอมโมเนียมฟอสเฟต, ปริมาตรที่ใช้ฉีดสารตัวอย่าง เท่ากับ ๑๐ ไมโครลิตร, lamp current ๔.๐ มิลลิแอมแปร์, ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น ๒๒๘.๘ นาโนเมตร, ความกว้างของ slit ๐.๕ นาโนเมตร.

ผลและวิจารณ์

ผลการต้มยาเบญจกูล (เสมอภาค) ในถ้วยปากกและ ในหม้อดิน

จากตารางที่ ๑ พบน้ำหนักของสมุนไพรที่เกินน้ำหนักจริง ร้อยละ ๒-๑๒. สมุนไพรชิ้นใหญ่ เช่น เหง้าชิงแห้ง ตีป्ली เถา สะค่าน จะมีน้ำหนักเกินมากกว่ารากเจตมูลเพลิงแดงและราก ช้าพลูที่มีขนาดเล็ก. เนื่องจากสมุนไพรที่ใช้มีความแข็ง และเป็นเหง้า ผล หรือราก ไม่ใช่ผลละเอียด จึงแบ่งบรรจุให้ได้ น้ำหนักที่ต้องการและถูกต้องได้ยาก. ดังนั้นผู้บริโภคควรเลือก ซื้อยาจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ เพราะน้ำหนักของตัวยาอาจมากกว่าที่ระบุ เนื่องจากสมุนไพรที่เป็นชิ้นใหญ่ไม่สามารถแบ่งให้ เล็กและมีน้ำหนักที่ถูกต้องได้ ถ้าผู้บริโภคซื้อยาสมุนไพรเพื่อนำไปต้มกินเอง และผู้ประกอบการไม่เข้มงวดในการบรรจุยา สมุนไพรให้มีน้ำหนักตรงตามกำหนดในตำรับ อาจมีโอกาสดี ปริมาณยามากกว่าที่ควรจะได้.

วิธีการต้มยาสูตรสลึง ใช้สมุนไพรแต่ละชนิดหนัก ๓.๗๕ กรัม เติมน้ำท่วมสมุนไพรทั้ง ๕ ชนิด. ต้มน้ำให้งวดเหลือน้ำยา ๑ ใน ๓ ต้มซ้ำ ๓ ครั้งจากากเดิม. นำน้ำยาจากการต้มทั้ง ๓ ครั้งมารวมกัน แบ่งน้ำยากิน ๓ ครั้งให้หมดภายใน ๑ วัน. ส่วนการต้มยาสูตรบาท จะใช้สมุนไพรแต่ละชนิดหนัก ๑๕ กรัม เติมน้ำจนท่วมสมุนไพร. วันที่ ๑ ต้มน้ำให้งวดเหลือน้ำยา ๑ ใน ๓ ส่วน แบ่งน้ำยากิน ๓ ครั้งให้หมดภายใน ๑ วัน แล้วเก็บ กากในตู้เย็นเพื่อต้มต่อโดยวิธีเดียวกันในวันที่ ๒ และวันที่ ๓.

วิธีการต้มยาที่กล่าวมาแล้ว ได้หาปริมาณของน้ำที่เติม ให้ท่วมยาในถ้วยปากกก่อนแล้วจึงหาค่าเฉลี่ย และคำนวณ

ตารางที่ ๑ น้ำหนักของตำรับยาเบญจกูล (เสมอภาค) เฉลี่ยจาก การชั่ง ๓ ครั้ง

สมุนไพร	ระบุในของ	น้ำหนัก (กรัม)	
		ที่ชั่งได้จริง	% ที่เกินมา
รากเจตมูลเพลิงแดง	๓๐	๓๐ ± ๐.๖	๐
เหง้าชิงแห้ง	๓๐	๓๓ ± ๐.๔	๑๐
ตีป्ली	๓๐	๓๔ ± ๐.๘	๑๒
รากช้าพลู	๓๐	๓๑ ± ๐.๑	๒
เถาสะค่าน	๓๐	๓๒ ± ๑.๙	๗

หาปริมาณของน้ำยาที่ควรเหลือเป็น ๑ ใน ๓ และใช้ปริมาณที่คำนวณได้ตลอดการทดลอง ซึ่งปริมาณน้ำที่ใช้เริ่มต้นในการต้มยาเบญจกูล (เสมอภาค) สูตรสลึงเท่ากับ ๖๗.๗ ± ๒.๖ มล. และสูตรบาทเท่ากับ ๔๒๘.๒ ± ๑๐.๗ มล. ดังนั้นปริมาณน้ำที่ต้มเหลือ ๑ ใน ๓ ของสูตรสลึงเท่ากับ ๒๓ มล. และสูตรบาทเท่ากับ ๑๔๓ มล. ตามลำดับ.

เนื่องจากใช้ถ้วยปากนกเป็นภาชนะแก้วเปรียบเทียบกับหม้อดินจึงต้องกำหนดเวลาในการต้มยาให้เท่ากัน การต้มยาสูตรสลึงจะใช้เวลาในการต้มให้เดือดและเวลาในการต้มให้มีปริมาณเหลือ ๑/๓ น้อยกว่ายาสูตรบาท (ตารางที่ ๒). หลังต้มน้ำยามีสีเข้มขึ้นและมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นซึ่งต่างจากค่าที่วัดครั้งแรกอย่างมีนัยสำคัญ (ค่าที่ < ๐.๐๕). ลักษณะของ

ตารางที่ ๒ เวลาในการต้มน้ำยาสมุนไพรเบญจกูล (เสมอภาค) สูตรสลึงและสูตรบาทในถ้วยปากนกเหลือปริมาณ ๑/๓ ส่วน (จากการทดลองซ้ำใน ๕ ถ้วย)

สูตร	น้ำยาก่อนต้ม			เวลาที่น้ำยาเดือด (นาที)	เวลาที่ใช้น้ำที่เหลือ ๑/๓ (นาที)	น้ำยาที่เหลือ ๑/๓			สี
	อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	สี			อุณหภูมิ (°C)	ค่าพีเอช	สี	
สลึง	๒๙.๐ ± ๐.๐๐	๕.๔๒ ± ๐.๐๕	เหลืองอ่อน	๗.๗ ± ๓.๘	๒๑.๓ ± ๕.๙	๙๗.๘ ± ๐.๓	๕.๙๙ ± ๐.๐๔	น้ำตาลเข้ม	
บาท	๒๘.๒ ± ๐.๓๗	๕.๗๑ ± ๐.๑๑	เหลืองอ่อน	๓๓ ± ๑๑	๘๗.๘ ± ๘.๒	๙๙.๑ ± ๐.๔	๕.๑๑ ± ๐.๐๖	น้ำตาลเข้ม	

ตารางที่ ๓ ลักษณะภาชนะที่ใช้ต้มยาเบญจกูล (สูตรเสมอภาค) (จาก ๕ ภาชนะ)

ภาชนะ	วัสดุ	ขนาดบรรจุ (มิลลิลิตร)	สี	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (เซนติเมตร)	ความสูง (เซนติเมตร)
ถ้วยปากนก	แก้ว	๖๐๐ ± ๐.๐	ใส	ปากหม้อ = ๙.๕ ± ๐.๐๑๒ กลางหม้อ = ๙.๕ ± ๐.๐ ก้นหม้อ = ๙.๕ ± ๐.๐	๑๒
หม้อดิน	ภาชนะดินเผา	๗๗๓ ± ๑๑	ส้มแดง	ปากหม้อ = ๙.๗๖-๑๐.๒* ± ๐.๓ กลางหม้อ = ๑๔.๓ ± ๐.๔ ก้นหม้อ = ๑๔ ± ๐.๗ เส้นรอบวงตรงกลางหม้อวัดด้านนอก = ๔๗.๑ ± ๑.๙	๑๒

*เนื่องจากปากหม้อดินไม่เป็วงกลมจึงทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของตรงกลางหม้อสองทิศทาง ส่วนที่แคบกว่าวัดได้ยาว ๙.๗๖ ± ๐.๓ เซนติเมตร และส่วนที่กว้างวัดได้ยาว ๑๐.๒ ± ๐.๓ เซนติเมตร ทั้งนี้ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดทั้งสองด้านจากหม้อทั้ง ๕ ใบเท่ากัน คือ ๐.๓

ตารางที่ ๔ สมบัติทางกายภาพของน้ำยาปริมาณ ๖๘ มล. จากสมุนไพรเดี่ยวๆของยาเบญจกูล (เสมอภาค) บรรจุในถ้วยปากนก ที่ไม่ผ่านการต้ม เมื่อสังเกตภายใน ๖๐ นาที (ทำการทดลองซ้ำใน ๓ ปีกเกอร์)

ตำรับยาเบญจกูล	น้ำหนัก (กรัม)	สี*	ค่าความเป็นกรด-เบส**
รากเจตมูลเพลิงแดง	๓.๘ ± ๐.๐๑	เหลือง/เหลืองเข้ม	๔.๘/๔.๔
เหง้าขิงแห้ง	๓.๙ ± ๐.๐๐๘	เหลืองอ่อน/เหลืองเข้ม	๖.๒/๖.๔
ดีปลี	๓.๗ ± ๐.๐๐๖	เหลืองอ่อน/เหลืองเข้ม	๕.๕/๕.๔
รากข้าวพลู	๓.๘ ± ๐.๐๐๕	เหลืองอ่อน/เหลืองเข้ม	๕.๔/๕.๔
เถาสะค้าน	๓.๘ ± ๐.๐๔	เหลืองอ่อน/เหลืองเข้ม	๕.๔/๕.๓

หมายเหตุ *แสดงสีที่เริ่มต้น/และเมื่อเวลาผ่านไป ๖๐ นาที

**แสดงค่าความเป็นกรด-เบส เริ่มต้น/และเมื่อเวลาผ่านไป ๖๐ นาที

ตารางที่ ๕ สมบัติของน้ำยาสมุนไพรเบญจกุล (เสมอภาค) สูตรสลึงและสูตรบาท ในถ้วยปากนก ที่ไม่ผ่านการต้ม โดยแช่เป็นเวลานาน ๖๐ นาที (ทำการทดลองซ้ำใน ๕ ถ้วยปากนก)

สูตร	น้ำยาก่อนแช่		น้ำยาหลังแช่นาน ๖๐ นาที	
	ค่าความเป็นกรด-เบส	สี	ค่าความเป็นกรด-เบส	สี
สลึง	๕.๔๒ ± ๐.๐๕	เหลืองอ่อน	๕.๒๕ ± ๐.๐๔	เหลืองเข้ม
บาท	๖.๔๒ ± ๐.๑	เหลืองอ่อน	๕.๕๙ ± ๐.๐๗	เหลืองเข้ม

ถ้วยปากนกและหม้อดินที่ใช้ในการทดลองแสดงในตารางที่ ๓ จากการศึกษาพบความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้ในการเติมน้ำให้ท่วมยาทั้งสองสูตร จากการเลือกภาชนะที่ใช้ต้ม และจากบุคคลที่ทำการต้มยา เพราะสมุนไพรมีขนาดไม่เท่ากัน การเรียงตัวของสมุนไพรแต่ละชิ้นมีผลต่อปริมาตรของสมุนไพร และมีผลต่อปริมาตรน้ำที่ใช้เพื่อให้ท่วมยา. นอกจากนี้บางชิ้นส่วนของสมุนไพรจะลอย จึงยากต่อการกำหนดปริมาตร. การศึกษาจึงเปลี่ยนสมุนไพรให้เรียงตัวที่ก้นภาชนะให้มากที่สุดทุกครั้งที่ศึกษาโดยไม่มีการกดหรือหักสมุนไพรให้เป็นชิ้นส่วนที่เล็กลง.

ตารางที่ ๔ แสดงค่าความเป็นกรด-เบส และสีของน้ำยาของสมุนไพรแต่ละชนิดที่หนัก ๓.๗-๓.๙ กรัมซึ่งเท่ากับสูตรสลึงหลังแช่นาน ๖๐ นาทีในถ้วยปากนก (ซึ่งนานพอโดยคิดจากเวลาในการต้มยาสูตรสลึงนาน ๒๑.๓ ± ๕.๙ นาทีเพื่อให้ยางวดเหลือ ๑/๓) พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปน้ำยาสมุนไพรแต่ละชนิดมีสีเข้มขึ้นและมีค่าพีเอชอยู่ในช่วงที่เป็นกรดอ่อน จากตารางที่ ๕. เมื่อแช่สมุนไพรรวมกันทั้ง ๕ ชนิดตามสูตรสลึงและสูตรบาทในถ้วยปากนก สีเข้มขึ้นหลังแช่และมีความเป็นกรดมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ค่า $p < ๐.๐๕$). เมื่อพิจารณา

ความเป็นกรดของน้ำยาสมุนไพรในแต่ละสูตรที่เตรียมโดยวิธีการแช่ ๖๐ นาที (ตารางที่ ๕) กับการต้มจนงวดเหลือ ๑/๓ (ตารางที่ ๒) พบว่าน้ำยาสมุนไพรทั้ง ๒ สูตรที่ต้มจนงวดเหลือ ๑/๓ มีความเป็นกรดมากกว่า และมีสีเข้มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำยาที่ไม่ต้ม. ดังนั้นการต้มทำให้มีการละลายหรือสกัดด้วยยาออกมาได้มากกว่าไม่ต้ม.

เพื่อศึกษาว่าหม้อดินจะมีการปลดปล่อยสารใด ๆ สู่ น้ำยาสมุนไพรหลังจากต้ม จึงทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำเปล่าในปริมาตรเท่ากับยาสูตรสลึงที่ผ่านการต้มจนกระทั่งเหลือปริมาตร ๑/๓ ในหม้อดิน ๕ ใบ ทำการทดลองซ้ำในแต่ละหม้อ ๓ ครั้ง, สังเกตการเปลี่ยนแปลงสี หรือค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำหลังจากต้ม พบว่าหลังต้มน้ำเหลือปริมาตร ๑/๓ สีของน้ำยังใสไม่มีสี และน้ำในหม้อก่อนต้มและหลังต้มเหลือปริมาตรน้ำ ๑/๓ มีค่าเป็นเบสเท่ากับ $๘.๖ ± ๐.๖$ และ $๘.๓ ± ๐.๕$ ตามลำดับ โดยอุณหภูมิของน้ำก่อนต้มเท่ากับ $๒๕.๒ ± ๐.๒๒$ °ซ และอุณหภูมิของน้ำที่ต้มจนเหลือปริมาตร ๑ ใน ๓ เท่ากับ $๘๑.๕ ± ๑.๗$ °ซ.

จากตารางที่ ๖ แสดงว่าเมื่อต้มยาสูตรสลึงในหม้อดิน ยา น้ำต้มมีสีเข้มขึ้น และมีค่าความเป็นกรดลดลง. น้ำเปล่าใน

ตารางที่ ๖ สมบัติของน้ำยาเบญจกุล (สูตรเสมอภาค) สูตรสลึง และสูตรบาท จากการต้มในหม้อดิน (ทดลองซ้ำ ๓ ครั้งในหม้อดิน ๕ หม้อ)

สูตร	อุณหภูมิ (°ซ)	น้ำยาก่อนต้ม		เวลาที่น้ำยา		น้ำยาที่ต้มเหลือ ๑/๓		สี
		ค่าความเป็นกรด-เบส	สี	เดือด (นาที)	เหลือ ๑/๓ (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)	ค่าความเป็นกรด-เบส	
สลึง	๒๓.๒ ± ๐.๓๖	๖.๒ ± ๐.๑๕	เหลืองอ่อน	๑๐.๐ ± ๒.๐	๑๓.๘ ± ๑.๖	๙๓.๕ ± ๑.๕	๕.๒ ± ๐.๑	น้ำตาลเข้ม
บาท	๒๗.๕ ± ๐.๖๓	๕.๘ ± ๐.๐๙	เหลืองอ่อน	๔๓ ± ๔.๕	๗๘.๘ ± ๖.๓	๙๔.๔ ± ๐.๘๕	๕.๓ ± ๐.๐๕	น้ำตาลเข้ม

ตารางที่ ๗ สมบัติของน้ำยาเบญจกุล (สูตรเสมอภาค) สูตรสลึง และสูตรบาท ในหม้อดินที่ไม่ผ่านการต้ม

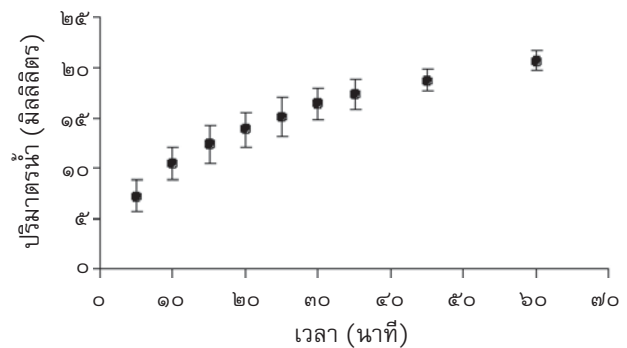
สูตร	น้ำยาก่อนแช่		น้ำยาหลังแช่นาน ๖๐ นาที	
	ค่าความเป็นกรด-เบส	สี	ค่าความเป็นกรด-เบส	สี
สลึง	๖.๐๙ ± ๐.๔๐	เหลืองอ่อน	๕.๓๕ ± ๐.๐๖	เหลืองเข้ม
บาท	๕.๘๑ ± ๐.๑๑	เหลืองอ่อน	๕.๔๖ ± ๐.๐๔	เหลืองเข้ม

หม้อดินที่มีปริมาตรเท่ากับน้ำยาสูตรสลึงก่อนต้มมีความเป็นเบส แต่ น้ำยาสมุนไพรที่ผ่านการต้มในหม้อดินจนงวดเหลือ ๑/๓ มีความเป็นกรดมากขึ้น แสดงว่าการต้มทำให้ตัวยาละลายหรือมีการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรออกมาทำให้น้ำเปล่าที่ต้มในหม้อดินที่เดิมมีความเป็นเบสสูงมีค่าความเป็นเบสลดลง. อย่างไรก็ตามการที่น้ำยาสมุนไพรจากการต้มมีความเป็นกรดมากกว่าน้ำเปล่าที่ต้มในหม้อดิน อาจเนื่องมาจากการต้มหม้อดินด้วยน้ำเปล่าก่อนหน้านั้น ๓ ครั้งในแต่ละหม้อ เป็นเวลานานจนน้ำงวดลงเหลือ ๑/๓ ส่วนนั้นได้กำจัดความเป็นเบสบ้างแล้ว น้ำยาที่ได้จึงเป็นกรดอ่อน ๆ.

จากตารางที่ ๗ พบว่าสีของน้ำยาหลังจากแช่ยาสมุนไพรในหม้อดินนาน ๖๐ นาทีไม่เข้มมากเหมือนน้ำยาที่ผ่านการต้มจนงวดเหลือ ๑/๓ และน้ำยาทั้งสองสูตรหลังแช่ยาสมุนไพรนาน ๖๐ นาทีที่มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นจากก่อนแช่อย่างมีนัยสำคัญ (ค่า $p < ๐.๐๕$) แสดงว่าการแช่หรือต้มยา ทำให้ตัวยาละลายออกมาแต่ไม่มากเท่าการต้ม.

นอกจากนี้ พบว่าหม้อดินสามารถดูดซับน้ำ เมื่อนำหม้อดินที่แห้งมาเติมน้ำปริมาตรเดียวกับที่ใช้ในสูตรสลึง (๖๘ มล.) เป็นเวลาต่าง ๆ กันแล้ววัดปริมาตรน้ำที่หายไปเป็นเวลาต่าง ๆ

พบว่าปริมาตรเฉลี่ยที่หม้อดินแต่ละหม้อดูดซับน้ำคิดเป็น ๑๗.๐ ± ๓.๑ มล. ภายในเวลา ๖๐ นาที (รูปที่ ๑) ในขณะที่หม้อที่แช่น้ำไว้ก่อน ๑ คืน แล้วผึ่งให้แห้งหมาดก่อนทำการทดลองดูดซับน้ำไว้เพียง ๘.๑๒ ± ๑.๑ มล. ซึ่งน้อยกว่าหม้อแห้งประมาณครึ่งหนึ่ง. ในการศึกษานี้ได้ใช้หม้อที่มีการแช่น้ำไว้ ๑ คืนและผึ่งให้หมาดก่อนการทดสอบ นอกจากนี้ยังพบว่าสมุนไพรเองก็มีการดูดซับน้ำหลังต้ม โดยเฉพาะในสูตรบาทที่มีการเก็บกากไว้ต้มในวันที่ ๒ และ ๓ สมุนไพรก่อนต้มมีน้ำหนักเฉลี่ย ๗๕ กรัม น้ำหนักเปียกของสมุนไพร สูตรบาท



รูปที่ ๑ ปริมาณน้ำที่ซึมหายเข้าไปในหม้อ (สูตรสลึง) (จากการทดลองในหม้อดิน ๕ หม้อ)

ตารางที่ ๘ ปริมาณโลหะหนักในสมุนไพรแต่ละชนิดที่มีน้ำหนัก ๓.๗-๓.๙ กรัม โดยไม่ผ่านการต้มในบีกเกอร์ เมื่อสังเกตภายใน ๖๐ นาที (ppm = ส่วนในล้านส่วน และ ppb = ส่วนในพันล้านส่วน)

ตำรับยาเบญจกุล	ตะกั่ว (ppm)	สารหนู (ppb)	แคดเมียม (ppb)
รากเจตมูลเพลิงแดง	๐.๐๙๕	๐.๐๐	๐.๐๙๖
เหง้าชิงแห้ง	๐.๒๕๒	๐.๐๐	๐.๑๑๓
ดีปลี	๐.๒๒๒	๐.๐๐	๐.๐๒๙
รากข้าพลู	๐.๐๐๐	๐.๐๐	๐.๐๕๔
เถาสะค้าน	๐.๐๐๐	๐.๐๐	๐.๐๓๔

ตารางที่ ๙ ปริมาณโลหะหนักจากน้ำยาสมุนไพรสูตรเบญจกูลที่แช่หรือต้มในภาชนะนาน ๖๐ นาที (ppm = ส่วนในล้านส่วน และ ppb = ส่วนในพันล้านส่วน)

ภาชนะ	สูตร	แช่น้ำนาน ๖๐ นาที			ต้มน้ำนาน ๖๐ นาที		
		ตะกั่ว (ppm)	สารหนู (ppb)	แคดเมียม (ppb)	ตะกั่ว (ppm)	สารหนู (ppb)	แคดเมียม (ppb)
หม้อดิน	บาท	๐.๑๔	๐.๐๐	๐.๑๖	๐.๑๑	๐.๐๑	๐.๒๐
	สลิง	๐.๑๘	๐.๐๐	๐.๐๐	๐.๑๐	๐.๐๐	๐.๑๔
ถ้วยปากนก	บาท	๐.๐๖	๐.๐๐	๐.๑๕	๐.๐๘	๐.๐๐	๐.๒๗
	สลิง	๐.๐๐	๐.๐๐	๐.๐๐	๐.๐๐	๐.๐๐	๐.๑๔

หมายเหตุ : ppm = ส่วนในพันส่วน; ppb = ส่วนในพันล้านส่วน

หลังต้มจนงวด ๑/๓ จะเป็น ๑๕๓.๗ ± ๒.๙๕ กรัม การเก็บกากยาไว้ในตู้เย็นนาน ๑ สัปดาห์ พบว่ากากของยาสมุนไพรและน้ำยาที่ได้จากการแช่ยาสูตรบาท ที่ไม่ได้ต้ม จะสังเกตพบการปนเปื้อนของเชื้อรา ในขณะที่กากของยาสมุนไพรสูตรบาท และน้ำยาที่เก็บจากการต้มงวดเหลือ ๑/๓ จะไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อรา.

การทดสอบหาการปนเปื้อนโลหะหนัก

เพื่อเป็นการยืนยันว่าการต้มไม่มีผลทำให้เกิดการปลดปล่อยโลหะหนักที่อาจปนเปื้อนในสมุนไพรวัตถุดิบหรือจากภาชนะที่ใช้ต้ม จึงทดสอบหาปริมาณโลหะหนัก ๓ ชนิดที่มีการควบคุมไม่ให้ปนเปื้อนในยาสมุนไพร คือ ตะกั่ว สารหนู และแคดเมียม. ในการทดลองแต่ละครั้งจะหกรูปมาตรฐานของสารมาตรฐานโลหะหนักใหม่ทุกครั้ง กรูปมาตรฐานที่ได้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear regression) และมีค่า r² มากกว่า ๐.๙๕๐๐ ทุกครั้ง.

จากตารางที่ ๘ พบว่าสมุนไพรแต่ละชนิดก่อนนำมาต้มมีโลหะปนเปื้อนต่ำกว่าที่มาตรฐานกำหนด ซึ่งตามข้อกำหนดของ Thai Herbal Pharmacopoeia II กำหนดค่ามาตรฐานที่ยอมให้มีการปนเปื้อนในสมุนไพรที่ได้จากพืชดังนี้ โลหะตะกั่ว ควรน้อยกว่า ๑๐ ส่วนในล้านส่วน, สารหนูควรน้อยกว่า ๔ ส่วนในล้านส่วน, และแคดเมียมควรน้อยกว่า ๐.๓ ส่วนในล้านส่วน. เพื่อพิสูจน์ว่ามีการปลดปล่อยโลหะหนักจากภาชนะที่ใช้ต้มหรือไม่จึงแช่น้ำในถ้วยปากนก และหม้อดิน แล้วนำน้ำตัวอย่างที่ได้จากทั้ง ๒ ภาชนะไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิด. ผลดังแสดงในตารางที่ ๙.

จากตารางที่ ๙ ปริมาณโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้จาก

แต่ละตัวอย่างมีค่าต่างกัน และมีค่าไม่เกินที่มาตรฐานกำหนด. เมื่อพิจารณาการปลดปล่อยโลหะหนักจากแต่ละภาชนะพบว่า โดยส่วนใหญ่หม้อดินมีปริมาณโลหะหนักมากกว่าถ้วยปากนก โดยเฉพาะตะกั่ว อย่างไรก็ตามการต้มไม่ทำให้การปลดปล่อยของโลหะหนักเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ.

เมื่อพิจารณาวิธีกินยาหม้อสูตรสลิงเทียบกับสูตรบาท จะเห็นความแตกต่างของความเข้มข้นของยาที่กินเข้าสู่ร่างกาย โดยสูตรสลิงมีการนำยาที่ต้มทั้ง ๓ ครั้งมารวมกันและแบ่งกิน ๓ ครั้งใน ๑ วัน ซึ่งน่าจะมีตัวยาที่ได้รับแต่ละครั้งเท่า ๆ กัน. แต่สูตรบาทจะแบ่งกินจากการต้มแต่ละครั้ง ตัวยาที่ได้รับในการต้มครั้งแรกจะเข้มข้นกว่าการต้มครั้งต่อ ๆ ไป เมื่อกินทุกครั้งที่ต้ม จึงน่าจะได้รับยาที่จางลงไปเรื่อย ๆ. หากหลักการแพทย์แผนไทยที่ต้องการให้ยาลดความแรงลงเรื่อย ๆ วิธีการต้มตามสูตรบาทจะเหมาะสมกว่า. ข้อดีของการต้มและกินทุกวันจะเหมาะสำหรับผู้ที่ไม่มีตู้เย็นเก็บรักษาน้ำยาและกาก ทำให้ไม่บูดเสียได้ง่าย.

สรุป

จากการศึกษาพบว่าการแช่ยาทำให้มีการละลายหรือสกัดตัวยาสำคัญออกมาจากยาสมุนไพรดั่งสังเกตได้จากสีและค่าความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้น. การต้มยาทำให้ได้ตัวยามากกว่าและเป็นการฆ่าเชื้อที่อาจปนเปื้อนในวัตถุดิบ ภาชนะ หรือระหว่างกระบวนการเตรียมยา. จากการศึกษาได้แนวปฏิบัติสำหรับผู้บริโภคในการต้มยา เริ่มตั้งแต่การเตรียมภาชนะในการต้ม ควรให้ใช้หม้อที่มีการแช่น้ำไว้ ๑ คืนและผึ่งให้หมาดก่อนเพื่อไม่ให้หม้อดินดูดน้ำจากที่เดิมเพื่อต้มยามากไป. การต้มยา

สูตรบาทควรเก็บยาในตู้เย็นเพื่อป้องกันการเกิดรา. จากการศึกษปริมาณโลหะหนักพบโลหะหนักในพืชสมุนไพรและหม้อดินที่นำมาศึกษาอย่างมาก และมีค่าไม่เกินกว่าระดับมาตรฐานที่กำหนดใน Thai Herbal Pharmacopoeia II. แสดงว่าการต้มไม่ทำให้เกิดการปลดปล่อยโลหะหนักออกมาจากหม้อดินมากขึ้น และการต้มยาสมุนไพรสูตรเบญจกูลไม่เร่งการปลดปล่อยโลหะหนักจากหม้อดิน. อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างยาสมุนไพรที่นำมาศึกษานี้เป็นตัวอย่างจากศาลาไทย ศูนย์ฝึกอบรมการแพทย์แผนไทย สถาบันการแพทย์แผนไทย ซึ่งมีการควบคุมมาตรฐานยาสมุนไพร, ส่วนหม้อดินนั้นเป็นตัวอย่างที่สุ่มซื้อมาจากเขตจังหวัดขอนแก่นเท่านั้น. ดังนั้นการศึกษานี้จึงไม่สามารถทดแทนตัวอย่างยาสมุนไพรอื่น ๆ และการต้มยาในภาชนะหม้อดินจากแหล่งอื่น.

กิตติกรรมประกาศ

สำนักแพทย์แผนไทย และศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัย

ขอนแก่น ประจำปี ๒๕๔๖ ที่ให้ทุนสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้. นางสาวแคทรียา สุทธานุช, นางสาวสุภาพร น้อยเมธ, นางสาวชนิษฐา ศรีไชยวาน, และนางสาวกุสุมาลย์ ศรีวงวงศ์ได้ช่วยดำเนินการวิจัยอย่างแข็งขัน.

เอกสารอ้างอิง

๑. ชัยรัตน์ พัฒนเจริญ, ประยุทธ์ แสงสุรินทร์, วรिता วีระกุล, สุจินดา คุวาริวนิช, สุพัตรา ขาดิบุญชาชัย, ชาญชัย จารุภาชน, จุฬารัตน์ สุขศาสตร์ รายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาการใช้สมุนไพรในชุมชนจังหวัดขอนแก่น. ขอนแก่น: ศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาการสาธารณสุขมูลฐาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ; ๒๕๒๙.
๒. พาณี ศิริสะอาด, ปรียา ตันติพัฒนานันท์. การใช้และความพึงพอใจในการใช้ยาสมุนไพรและยาแผนโบราณที่มีจำหน่ายจ่ายหรือแจกในเขตชุมชนเมือง จังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; ๒๕๔๒.
๓. วราภรณ์ ปันณวลี. การสำรวจการใช้สมุนไพรของชาวเขาและการใช้สมุนไพรของชาวอีโก้ในจังหวัดเชียงราย. เชียงใหม่: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; ๒๕๓๘.
๔. วราภรณ์ ปันณวลี. การใช้สมุนไพรของชาวม้ง บ้านป่าเกี๊ยะ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่. เชียงใหม่: ภาควิชาเภสัชชุมชน คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; ๒๕๔๐.
๕. ศิริวรรณ สุทธิจิตต์. การใช้สมุนไพรของชาวกระเหรี่ยง บ้านแม่ยางห้า อ.สะเมิง จ. เชียงใหม่. เชียงใหม่: ภาควิชาเภสัชเวช คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; ๒๕๔๐.

Abstract**Evaluation of Physical Properties of Benjakul Decoction and the Possibility of Contamination with Heavy Metals**Natthida Weerapreeyakul*, Bung-orn Sripanidkulchai*, Supatra Chadbunchachai[†], Pennapa Subcharoen[‡]**Center of Research and Development in Herbal Health Products, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University, [†]Faculty of Pharmaceutical Sciences, Khon Kaen University, [‡]Department for Development of Thai Traditional and Alternative Medicine, Ministry of Public Health*

This study involved an evaluation of the physical properties of the Benjakul decoction, the Sa-Moure-Pak recipe (equal proportions) based on the Sa lung and Baht formulae. It was aimed at achieving basic information for users. The raw herbal materials were placed in either a clay pot or beaker for comparison. Water was added just to cover the herbs and boiled until the volume of liquid was one third of the original. It was found that the volume used could differ depending on the size of the container selected and the water volume used to cover the herbs. The boiled herbal solution in the beaker gave a more intense color and a higher acidic pH compared with the pre-boiling mixture ($p < 0.05$). When immersing the herbs in water for 60 minutes, the herbal solution showed more intense color and more acidity compared with pre-immersion, but the acidity of the herb-immersed solution was less than that produced by the boiling method. Boiling the mixture in the clay pot produced a clear color and more basic pH. However, the pH of the water before and after boiling in the clay pot was found to be similar and was basic (pH ~ 8-9). When boiling herbs following the Sa lung and Baht protocols in a clay pot, the color of the herbal solution was more intense and more acidic than at pre-boiling ($p < 0.05$). However, the acidity of the boiled herbal solution in the clay pot was less than that in beaker. This demonstrated that the clay pot could absorb twice as much water as the clay pot that was previously soaked in water overnight and allowed to dry in the air before use. The raw herbal materials were also found to absorb water such that their weight increased two-fold after boiling. There was no fungal contamination of the boiled herbs or the solution. However, such contamination was found in herbs and solution that were not boiled after keeping them in a refrigerator for one week. The amounts of heavy metals, i.e., lead, cadmium and arsenic, found in the raw herbal materials and in the clay pot were in trace amounts and less than the limits set in the Thai Herbal Pharmacopoeia II. In conclusion, the decoction produces a higher yield of substances from herbs and helps eliminate fungal contamination that might be present in herbal materials and containers, or occur in the process of preparation.

Key words: decoction, Benjakul, physical properties, heavy metal contamination