

การพัฒนาและหาประสิทธิภาพเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร แบบเพลาลูกเบี้ยวชนิด In-Line

The Development and Efficiency Testing of The Tablet Compression Machine Using In-Line Camshaft

ภาณุเมศวร์ สุขศรีศิริวัชร¹, ชูชาติ พะยอม², สุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์³, ทรงศักดิ์ มีมกระโทก⁴

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร แบบเพลาลูกเบี้ยวชนิด In-Line ประเมินลักษณะทางกายภาพยาเม็ดสมุนไพร ประเมินผลการใช้งานเครื่องอัดยาสมุนไพร และ เพื่อวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ ของเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

ผลจากการหาประสิทธิภาพการอัดยาเม็ดสมุนไพรเฉลี่ยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 96.32 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ยต่อชั่วโมงสามารถอัดยาเม็ดสมุนไพรได้ 3,852 เม็ด เครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของยาเม็ดสมุนไพร พบว่า ขมิ้นชัน บอระเพ็ด และมะรุม มีค่าเฉลี่ยรวม 91.10, 90.00 และ 92.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ยาเม็ดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด อยู่ในเกณฑ์ความเหมาะสมทางด้านลักษณะทางกายภาพ

การประเมินเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรโดยผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน 5 ท่าน ทำการประเมินทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ด้านแม่พิมพ์อัดยาเม็ดสมุนไพร ด้านชุดเพลาลูกเบี้ยวกดแม่พิมพ์อัดยาเม็ดสมุนไพร ด้านโครงสร้างและการเชื่อมต่อโครงสร้าง ด้านชุดต้นกำลังและส่งกำลัง และด้านชุดควบคุมไฟฟ้า ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

การวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ ของเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร พบว่ามีต้นทุนการผลิตเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร 26,000 บาท ต้นทุนผันแปร 6,498.50 บาท และการศึกษาการกำลังการผลิตของเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร สามารถอัดได้มากถึง 3,852 เม็ดต่อชั่วโมง หรือ 30,816 เม็ดต่อวัน

คำสำคัญ : เครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร สมุนไพร เพลาลูกเบี้ยว

Abstract

The objectives of this research were to develop and test efficiency of the tablet compression machine using In – Line camshaft, to evaluate physical characteristics of herbal tablet, to evaluate the usage of the machine, and to analyze the economics of the machine usage.

The efficiency result of the compressed machine for herbal tablet was averaged at 96.32 percent per hour (average 3,852 tablets per hour). The result showed that the compressed machine for herbal tablet was higher than the designed criteria.

The evaluating result of physical characteristics of herbal tablet for Turmeric, Wormwood and Moringa were averaged at 91.10, 90.00 and 92.20 percent respectively and were suited with the physical characteristics.

¹ นักศึกษา ป.ด. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

² รองศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

³ อาจารย์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

⁴ รองศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

The evaluating results of the compressed machine for herbal tablet by 5 experts with regarding to 5 topics, i.e. the mold of herbal tablet, the cam shaft of the compressed machine for herbal tablet, the structure and structural welding, the power and power Transmission and electric control sets, respectively, having average score at 3.95 in maximum level.

The analyzing of economics showed that the fixed cost and variable cost were respectively 26,000 and 6,498.50 baths. And the compressed machine for herbal tablet had the capacity rate of 3,852 tablets per hour (30,816 tablets per day).

Keywords : Compressed Machine for Herbal Tablet, Herb, Camshaft

บทนำ

ปัญหาสุขภาพอนามัยเป็นปัญหาหนึ่งในสังคมไทย ในสมัยโบราณนั้นพึ่งพิงการรักษาจากหมอพื้นบ้านหรือหมอสมุนไพร หมอพระ หมอผี และหมอไสยศาสตร์ต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีที่ทันสมัยของการแพทย์แผนปัจจุบัน ซึ่งมีบทบาทมากกับคนทั่วโลก ทำให้ความเชื่อ ความศรัทธาในการแพทย์แผนปัจจุบันเป็นไปอย่างครอบคลุม และกว้างขวาง ด้วยความสำเร็จในการรักษาโรคภัยไข้เจ็บ ในการรักษาในปัจจุบันต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูง และต้องใช้แพทย์เฉพาะทางหลายสาขา ทำให้ปัญหาของผู้ป่วยถูกแยกออกเป็นเรื่อง ๆ ซึ่งแตกต่างจากแพทย์แผนไทย ซึ่งคนไทยแต่โบราณใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการดูแลสุขภาพดำเนินชีวิตสืบต่อกันมาช้านาน โดยใช้วิธีรักษาด้วยอาหาร ยาสมุนไพร การนวดประคบ อบสมุนไพร เพื่อให้เกิดสมดุลทางธรรมชาติแก่ร่างกาย และหมายรวมถึงการเตรียมการผลิตยาแผนไทย และการผลิตอุปกรณ์และเครื่องมือทางการแพทย์ ทั้งนี้โดยอาศัยความรู้หรือตำราที่ได้รับการถ่ายทอดและพัฒนาสืบต่อกันมา (พระราชบัญญัติคุ้มครองและส่งเสริมภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทย, 2542)

คำว่า สมุนไพร ตาม พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 หมายถึง พืชที่ใช้ทำเป็นเครื่องยา สมุนไพรกำเนิดมาจากธรรมชาติและมีความหมายต่อชีวิต

มนุษย์โดยเฉพาะ ในทางสุขภาพหมายถึง ทั้งการส่งเสริมสุขภาพและการรักษาโรค ความหมายของยาสมุนไพรในพระราชบัญญัติยา พ.ศ. 2510 ได้ระบุว่า ยาสมุนไพรหมายความว่า ยาที่ได้จากพฤกษชาติ สัตว์ หรือแร่ธาตุ ซึ่งมีได้ ผสม ประ หรือแปรสภาพ เช่น พืชก็ยังเป็นส่วนของราก ลำต้น ใบ ดอก ผล ฯลฯ ซึ่งมีได้ผ่านขั้นตอนการแปรรูปใด ๆ แต่ในทางการค้า สมุนไพรจะถูกดัดแปลงในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ถูกหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก บดเป็นผงละเอียด หรืออัดเป็นแท่ง แต่ในความรู้สึกของคนทั่วไปเมื่อกล่าวถึงสมุนไพร มักนึกถึงเฉพาะต้นไม้ที่นำมาใช้เป็นยาเท่านั้น ซึ่งลักษณะพืชสมุนไพรนั้นตั้งแต่โบราณก็ทราบกันดีว่ามีคุณค่าทางยามากมาย ซึ่งเชื่อกันอีกด้วยว่าต้นพืชต่าง ๆ ก็เป็นพืชที่มีสารที่เป็นตัวยาด้วยกันทั้งสิ้น เพียงแต่ว่าพืชชนิดไหนจะมีคุณค่าทางยามากน้อยต่างกันเท่านั้น สมุนไพรนอกจากจะใช้เป็นยาแล้ว ยังใช้ประโยชน์เป็นอาหาร ใช้เตรียมเป็นเครื่องดื่ม ใช้เป็นอาหารเสริม เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง ใช้แต่งกลิ่น แต่งสีอาหารและยา ตลอดจนใช้เป็นยาฆ่าแมลงอีกด้วย ปัจจุบันมีการตื่นตัวในการนำสมุนไพรมาใช้พัฒนาประเทศมากขึ้น (พืชสมุนไพร, 2555)

บทบาททางเศรษฐกิจสมุนไพรเป็นส่วนหนึ่งในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ กระทรวงสาธารณสุขได้ดำเนินโครงการ สมุนไพรกับสาธารณสุขมูลฐาน โดยเน้นการนำสมุนไพรมาใช้บำบัดรักษาโรคในสถานบริการสาธารณสุขของรัฐมากขึ้น และส่งเสริมให้ปลูกสมุนไพรเพื่อใช้ภายในหมู่บ้านเป็นการสนับสนุนให้มีการใช้สมุนไพรมากยิ่งขึ้น น้ำฝน ศาครวิมล (2545 : 1) ได้กล่าวว่า สมุนไพรได้ถูกนำมาเตรียมในรูปแบบยาแผนโบราณที่ใช้กันมาช้านาน โดยแบ่งรูปแบบการเตรียมยาสมุนไพรออกง่าย ๆ ได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มยาที่ใช้รับประทาน กลุ่มยาที่ใช้ภายนอก และยาที่ใช้เฉพาะที่ สำหรับยาที่ใช้รับประทานจะมีเตรียมในรูปแบบยาเม็ด ยาลูกกลอน ยาผง หรือน้ำต่าง ๆ ยาน้ำมักจะเป็นการนำสมุนไพรมาสกัดด้วยเหล้า หรือ ต้มกับน้ำรับประทานสมุนไพรที่ใช้ภายนอก ได้แก่ การนำสมุนไพรมาต้มกับน้ำแล้วนำน้ำมาอาบ มาแช่ หรือ ชะแผล เช่น มะคำดีควาย มีสรรพคุณรักษาโรคผิวหนังได้ นอกจากนี้ยังมีการเตรียมเป็นยาใช้เฉพาะที่ เช่น การทำลูกประคบ คือการนำสมุนไพรมาห่อด้วยผ้า อัดกับไอน้ำแล้วนำมาประคบบริเวณที่ต้องการรักษาอาการปวด เมื่อย เคล็ด เป็นต้น หรือมีการนำสมุนไพรมาวนเป็นบุหรี่ยาสูบเอาควันของสมุนไพร เพื่อใช้

รักษาโรคปอดเป็นต้นจะเห็นได้ว่าการเตรียมยาสมุนไพรในรูปแบบยาแผนโบราณ ไม่ค่อยสะดวกในการใช้เท่าไรนัก เนื่องจากวิธีการเตรียมที่ยุ่งยาก ปัจจุบันจึงมีการพัฒนากรรมวิธีการผลิตสมุนไพรและรูปแบบของยาสมุนไพรให้ใช้ง่าย มีคุณภาพและประสิทธิภาพคงเดิม และสามารถเตรียมในระดับอุตสาหกรรมได้อีกด้วย

ปัจจุบันมีผู้พยายามศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนาสมุนไพรให้สามารถนำมาใช้ในรูปแบบที่สะดวกยิ่งขึ้น เช่น นำมาบดเป็นผงบรรจุแคปซูล ตอกเป็นยาเม็ด เตรียมเป็นครีม หรือยาขี้ผึ้งเพื่อใช้ทาภายนอก เป็นต้น ในการศึกษาวิจัยเพื่อนำสมุนไพรมาใช้เป็นยาแผนปัจจุบัน โดยพยายามสกัดสารสำคัญจากสมุนไพร เพื่อให้ได้สารที่บริสุทธิ์ ศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมี พิสูจน์ของสารเพื่อให้ทราบว่าเป็นสารชนิดใด ตรวจสอบฤทธิ์ด้านเภสัชวิทยา เพื่อเตรียมเป็นยาในรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อใช้ต่อไป (โครงการสมุนไพรกับการสาธารณสุขมูลฐาน. 2527)

ศูนย์สมุนไพรชุมชน จะมีการแปรรูปสมุนไพร ในรูปแบบการรวมกลุ่มเพื่อแปรรูปสมุนไพร โดยการแปรรูปสมุนไพรจะมีรูปแบบในการแปรรูป ดังนี้ รูปแบบสมุนไพรแบบน้ำ จะแบ่งออกเป็นแบบทาภายนอก และแบบรับประทาน สมุนไพรแบบรับประทานส่วนใหญ่จะมีการแต่งรสชาติ แต่งกลิ่นเพื่อให้รับประทานง่าย ทำให้สรรพคุณของสมุนไพรลดลง และมีอายุในการเก็บรักษาน้อย รูปแบบสมุนไพรตากแห้งหรืออบแห้ง หรือที่เราเรียกกันว่า ยาหม้อ ถ้าจะรับประทานจะต้องนำมาต้ม เคี้ยว เป็นเวลานานพอสมควร จึงสามารถรับประทานได้ รสชาติจะมีรสขมสมุนไพรแปรรูปในรูปแบบลูกกลอน จะนำสมุนไพรผสมมาผสมกับส่วนผสมต่าง ๆ และนำผึ้ง ทำให้มีความชื้นอาจทำให้เกิดเชื้อราในการเก็บรักษาได้ การรับประทานค่อนข้างลำบากเนื่องจากขนาดเม็ดมีขนาดที่ใหญ่พอสมควรและรูปแบบเม็ดพิมพ์จะมีลักษณะเป็นพิมพ์ทองเหลืองสีแสด วิธีการใช้คือ นำสมุนไพรที่มีส่วนผสมน้ำผึ้ง ทำเป็นแผ่นแล้วใช้พิมพ์ทองเหลืองกดลงไปด้วยมือครั้งละ 8 เม็ด จะได้ยาสมุนไพรแบบเม็ด แต่มีข้อเสียคือลักษณะของเม็ดยาจะมีขนาดไม่เท่ากัน ผิวไม่เรียบ และมีความชื้น ถ้าตากแห้งไม่ดีอาจทำให้เกิดเชื้อราได้ และการแปรรูปแบบแคปซูล คือการนำผงสมุนไพร มาบรรจุลงแคปซูลในปริมาณที่เท่ากัน ทำให้สะดวกในการเก็บรักษาและรับประทานง่าย

จากการศึกษาข้อมูล เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้ ด้านการแปรรูปสมุนไพร ชุมชนหรือศูนย์สมุนไพรขาดเครื่องมือในการผลิตหรือแปรรูปสมุนไพร เนื่องจากจะต้องใช้เครื่องจักรที่มีความแม่นยำสูง สามารถควบคุมปริมาณได้แม่นยำ เครื่องจักรในอุตสาหกรรมยาจะเน้นหนักในเรื่องของชิ้นส่วนจะต้องสะอาด ปลอดภัยและไม่มีสารเจือปน เทคโนโลยีสมัยใหม่ในปัจจุบันสามารถนำสมุนไพรมาแปรรูปในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้สามารถรับประทานง่าย เครื่องจักรในอุตสาหกรรมยาจึงมีราคาแพงมาก

ดังนั้น ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอัดยาเม็ดจากสมุนไพรที่มีราคาถูก เพื่อมาใช้ในการแปรรูปยาสมุนไพรพื้นบ้านให้อยู่ในรูปแบบเม็ด เนื่องจากการอัดยาเม็ดสมุนไพรแบบพิมพ์มือค่อนข้างช้า พิมพ์ครั้งละ 8 เม็ด และต้องผสมสมุนไพรให้มีความชื้นก่อนจึงสามารถอัดพิมพ์ได้ เครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรที่ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะสร้างขึ้นนั้นสามารถนำผงสมุนไพรมาอัดขึ้นรูปยาเม็ดโดยใช้แรงอัดได้เลยโดยไม่ต้องนำผงสมุนไพรไปผสมกับส่วนผสมอื่นที่อาจทำให้เกิดความชื้นได้ ข้อดีของสมุนไพรรูปแบบเม็ด คือ ต้นทุนถูกกว่า เก็บรักษาได้ยาวนาน และง่ายในการรับประทาน และโรงพยาบาลที่จัดตั้งศูนย์สมุนไพรชุมชน หรือศูนย์การแพทย์แผนไทย สามารถพึ่งตนเองได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความตั้งใจที่จะสร้างเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร เพื่อใช้สำหรับพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในชุมชน ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร
2. เพื่อประเมินลักษณะทางกายภาพยาเม็ดสมุนไพร
3. เพื่อประเมินผลการใช้งานเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร
4. เพื่อวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ ของเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

ขอบเขตของการวิจัย

การพัฒนาและหาประสิทธิภาพเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรแบบเพลาลูกเบี้ยวชนิด In - Line ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัย โดยแบ่งรายละเอียดได้ดังนี้

1. ขอบเขตด้านเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

- 1.1 ขอบเขตด้านการสร้างเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร ประกอบด้วย

- 1.1.1 แม่พิมพ์อัดยาเม็ดสมุนไพร

- 1.1.2 โครงสร้างและการเชื่อมต่อโครงสร้างเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

- 1.1.3 ชุดต้นกำลังและส่งกำลังแบบเพลาลูกเบี้ยวชนิด In - Line

- 1.1.4 ชุดควบคุมไฟฟ้าเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

- 1.2 การหาประสิทธิภาพเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

การหาประสิทธิภาพเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรภายใต้เวลาในการอัดยาเม็ดสมุนไพร ต่อ 1 ชั่วโมง โดยใช้สมุนไพรในการทดสอบจำนวน 3 ชนิด ได้แก่

- 1.2.1 ผงสมุนไพรขมิ้นชัน

- 1.2.2 ผงสมุนไพรบอระเพ็ด

- 1.2.3 ผงสมุนไพรมะรุม

2. ขอบเขตด้านการประเมินลักษณะทางกายภาพยาเม็ดสมุนไพร ที่ได้จากการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร โดยกำหนดรูปร่าง และรูปทรงยาเม็ดทรงกระบอก และทำการประเมินลักษณะทางกายภาพยาเม็ดสมุนไพร ครั้งละ 30 เม็ด จำนวน 3 ครั้ง โดยกำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

- 2.1 ความหนาของยาเม็ด

- 2.2 ความกว้างของยาเม็ด

- 2.3 น้ำหนักของยาเม็ด

3. ขอบเขตด้านการประเมินผลการใช้งานเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

ดำเนินการประเมินโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ทำการประเมิน ดังนี้

- 3.1 ด้านการออกแบบเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

- 3.2 ด้านกระบวนการผลิต

- 3.3 ด้านการใช้งาน

- 3.4 ด้านความปลอดภัย

4. ขอบเขตด้านการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ของเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร ดังนี้

- 4.1 การคิดต้นทุนการผลิตเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

- 4.2 เพื่อศึกษากำลังการผลิตของเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

วิธีการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาและหาประสิทธิภาพเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรแบบเพลาลูกเบี้ยวชนิด In - Line โดยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินการและรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การศึกษาข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. การออกแบบเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

3. การสร้างเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

4. การหาประสิทธิภาพเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

5. การประเมินลักษณะทางกายภาพยาเม็ดสมุนไพร

6. การประเมินผลการใช้งานเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

7. การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ ของเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

สรุปผลการวิจัย

1. การหาประสิทธิภาพเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลการหาประสิทธิภาพการผลิตเชิงเทคนิค (Performance) (บุญวัฒน์ เกลี้ยงประดิษฐ์ 2547 : 23) ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการหาประสิทธิภาพ ดังต่อไปนี้

สมรรถนะ (Performance) =

$$\frac{\text{ปริมาณการผลิตทั้งหมด (Net Operating Time)}}{\text{ความสามารถในการผลิตของเครื่องจักร (Operating Time)}}$$

การหาประสิทธิภาพเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร ภายใต้เวลาในการอัดยาเม็ดสมุนไพร 4,000 เม็ด ต่อ 1 ชั่วโมง ผู้วิจัยใช้สมุนไพรในการทดสอบจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ผง

สมุนไพรขมิ้นชัน ผงสมุนไพรบอระเพ็ด และผงสมุนไพร มะรุม ทำการทดสอบโดยการทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง แล้วนำผลการหาประสิทธิภาพมาสรุปลงตารางปรากฏผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการหาประสิทธิภาพการอัดยาเม็ดสมุนไพรทั้ง 3 ครั้ง

ยาเม็ดสมุนไพร	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ยรวม	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
สมุนไพรขมิ้นชัน	3,886	3,720	3,890	3,832	95.80
สมุนไพรบอระเพ็ด	3,880	3,920	3,840	3,880	97.00
ผงสมุนไพรมะรุม	3,790	3,890	3,860	3,846	96.16

จากตารางที่ 1 สรุปผลการหาประสิทธิภาพการอัดยาเม็ดสมุนไพร โดยทำการอัดเม็ดยาสมุนไพรขมิ้นชัน ค่าเฉลี่ยรวมได้ 3,832 เม็ด คิดเป็น 95.80 เปอร์เซ็นต์

ยาสมุนไพรบอระเพ็ด ค่าเฉลี่ยรวมได้ 3,880 เม็ด คิดเป็น 97.00 เปอร์เซ็นต์ และยาสมุนไพรมะรุม ค่าเฉลี่ยรวมได้ 3,846 เม็ด คิดเป็น 96.16 เปอร์เซ็นต์

ผลการหาประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการอัดยาเม็ดสมุนไพร

ประเภทสมุนไพร	Y_i	Y	$\frac{Y_i}{Y}$
ยาเม็ดสมุนไพรขมิ้นชัน	3,832	4,000	95.80
ยาเม็ดสมุนไพรบอระเพ็ด	3,880	4,000	97.00
ยาเม็ดสมุนไพรมะรุม	3,846	4,000	96.16
รวม	3,852	4,000	96.32

จากตารางที่ 2 สรุปผลการหาประสิทธิภาพการอัดยาเม็ดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด เฉลี่ยคิดเป็น 96.32 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ยต่อชั่วโมงสามารถอัดยาเม็ดสมุนไพรได้ 3,852 เม็ด เครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร มีประสิทธิภาพภายใต้เวลาในการอัดยาเม็ดสมุนไพร 96.32 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2. การประเมินลักษณะทางกายภาพยาเม็ดสมุนไพร

การประเมินลักษณะทางกายภาพยาเม็ดสมุนไพร ที่ผ่านการอัดขึ้นรูปยาเม็ดลักษณะรูปทรงกระบอก ด้วยเครื่อง

อัดยาเม็ดสมุนไพร ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการประเมินลักษณะทางกายภาพยาเม็ดสมุนไพร ดังนี้

1. ด้านความหนาของเม็ดยา มีขนาดความหนาเฉลี่ยที่ 5 มิลลิเมตร
2. ด้านความกว้างของเม็ดยา มีขนาดความกว้างเฉลี่ยที่ 8 มิลลิเมตร
3. ด้านน้ำหนักของเม็ดยา มีน้ำหนักเฉลี่ยที่ 0.5000 กรัม

โดยผู้วิจัยได้ทำการประเมินลักษณะทางกายภาพยาเม็ดสมุนไพรแต่ละชนิด จำนวนครั้งละ 30 เม็ด จำนวน 3 ครั้ง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพยาเม็ดสมุนไพร

สมุนไพร	ความหนา (มิลลิเมตร)			เฉลี่ย 30	เปอร์ เซ็นต์	ความกว้าง (มิลลิเมตร)			เฉลี่ย 30	เปอร์ เซ็นต์	น้ำหนัก (กรัม)			เฉลี่ย 30	เปอร์ เซ็นต์
	1	2	3			1	2	3			1	2	3		
ขมิ้นชัน	27	28	29	28	93	27	28	29	28	93	26	26	26	26	86
บอระเพ็ด	26	27	28	27	90	26	27	28	27	90	25	25	26	27	90
มะรุม	27	28	29	28	93	27	28	29	28	93	27	27	27	27	90

จากตารางที่ 3 พบว่าการประเมินลักษณะทางกายภาพด้านความหนา 5 มิลลิเมตร พบว่าสมุนไพรขมิ้นชันมีความหนาเฉลี่ยรวม 28 เม็ด คิดเป็น 93 เปอร์เซ็นต์ บอระเพ็ด มีความหนาเฉลี่ยรวม 27 เม็ด คิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ และมะรุมมีความหนาเฉลี่ยรวม 28 เม็ด คิดเป็น 93 เปอร์เซ็นต์

ด้านความกว้าง 8 มิลลิเมตร พบว่าสมุนไพรขมิ้นชัน มีกว้างค่าเฉลี่ยรวม 28 เม็ด คิดเป็น 93 เปอร์เซ็นต์ บอระเพ็ด มีความกว้างเฉลี่ยรวม 27 เม็ด คิดเป็น 90

เปอร์เซ็นต์ และมะรุมมีความกว้างเฉลี่ยรวม 28 เม็ด คิดเป็น 99 เปอร์เซ็นต์

ด้านน้ำหนัก 0.020 กรัม พบว่าสมุนไพรขมิ้นชันมีน้ำหนักเฉลี่ยรวม 26 เม็ด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 86 เปอร์เซ็นต์ บอระเพ็ด มีน้ำหนักเฉลี่ยรวม 27 เม็ด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 90 เปอร์เซ็นต์ และมะรุมมีน้ำหนักเฉลี่ยรวม 27 เม็ด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 90 เปอร์เซ็นต์

ผู้วิจัยได้นำผลการประเมินลักษณะทางกายภาพทั้ง 3 ครั้ง มาสรุปผลของค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ชนิด ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลค่าเฉลี่ยรวมในการประเมินลักษณะทางกายภาพยาเม็ดสมุนไพร

สมุนไพร	ความหนา 5 มิลลิเมตร	ความกว้าง 8 มิลลิเมตร	น้ำหนัก 0.5000 กรัม	ค่าเฉลี่ย รวม	คิดเป็น เปอร์เซ็นต์
ขมิ้นชัน	28	28	26	27.33	91.10
บอระเพ็ด	27	27	27	27	90.00
มะรุม	28	28	27	27.66	92.20

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของยาเม็ดสมุนไพร ในแต่ละด้านพบว่า ขมิ้นชันมีค่าเฉลี่ยรวม 27.33 เม็ด คิดเป็น 91.10 เปอร์เซ็นต์ บอระเพ็ดมีค่าเฉลี่ยรวม 27 เม็ด คิดเป็น 90.00 เปอร์เซ็นต์ และมะรุมมีค่าเฉลี่ยรวม 27.66 เม็ด 92.20 เปอร์เซ็นต์ ยาเม็ดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด อยู่ในเกณฑ์ความเหมาะสมทางกายภาพ

3. การประเมินผลการใช้งานเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

ผลการวิเคราะห์แบบประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ได้แบ่งการประเมินความเหมาะสมเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรออกเป็นรายด้านรวม 5 ด้าน ซึ่งได้สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อการใช้งานเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร ปรากฏผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ด้าน

รายการ	แบบประเมิน	μ	σ
1	ด้านแม่พิมพ์อัดยาเม็ดสมุนไพร	4.16	0.46
2	ชุดต้นกำลังและส่งกำลังแบบเพลาถูกเบี้ยวชนิด IN – LINE	4.18	0.57
3	ด้านโครงสร้างและการเชื่อมต่อโครงสร้าง	3.83	0.89
4	ด้านชุดต้นกำลังและส่งกำลัง	3.91	0.64
5	ด้านชุดควบคุมไฟฟ้า	3.89	0.84
รวม		3.95	0.72

จากตารางที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ที่มีต่อเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร ทั้ง 5 ด้าน โดยภาพรวมการประเมินมีเกณฑ์ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\mu = 3.95$, $\sigma = 0.72$) ในรายด้านพบว่าด้านชุดแม่พิมพ์อัดยาเม็ดสมุนไพร มีเกณฑ์ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\mu = 4.16$, $\sigma = 0.46$) ด้านโครงสร้างและการเชื่อมต่อโครงสร้าง มีเกณฑ์ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\mu = 3.83$, $\sigma = 0.89$) ด้านชุดต้นกำลังและส่งกำลังแบบเพลาถูกเบี้ยวชนิด IN – LINE มีเกณฑ์ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\mu = 4.18$, $\sigma = 0.57$) และด้านชุดควบคุมไฟฟ้ามีเกณฑ์ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\mu = 3.89$, $\sigma = 0.84$)

ควบคุมไฟฟ้ามีเกณฑ์ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\mu = 3.78$, $\sigma = 0.93$)

4. การวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ของเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร เป็นการประเมินอย่างง่าย เพื่อพิจารณาว่าใช้งบประมาณสร้างเครื่องไปเท่าไร ผลที่ได้คุ้มหรือไม่ โดยคิดตามหลักการของ (ไพบูลย์ แย้มเผื่อน, 2549) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้คำนวณ ดังนี้

ตารางที่ 6 สรุปต้นทุนเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

ต้นทุนคงที่ (บาท)	ต้นทุนผันแปร (บาท)	รวม (บาท)	หมายเหตุ
26,000	6,498.50	32,498.50	
	รวมทั้งสิ้น	32,498.50	

การคิดต้นทุนการผลิตเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร
การศึกษากำลังการผลิตของเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร
 การศึกษากำลังการผลิตของเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรโดยใช้สมการ ดังนี้
 กำลังการผลิต (Capacity) คือ ปริมาณผลผลิตต่อเวลา
 กำหนดให้
 กำลังการผลิต = จำนวนเครื่องจักรหรือคนงาน × เวลาที่เครื่องจักร หรือคนทำงาน × ประสิทธิภาพ (วิภาวี ธรรมภรณ์พิลาศ, 2554)

เครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร
 กำลังการผลิต = 1 เครื่อง × 8 ชั่วโมง × 3,852 เม็ด
 = 30,816 เม็ดต่อวัน
 สรุป การใช้เครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรสามารถทำให้ต้นทุนการผลิตถูกลง ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้น ในเวลาการทำงานต่อ 1 ชั่วโมง เครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรสามารถอัดได้มากถึงเฉลี่ย 3,852 เม็ดต่อชั่วโมง หรือ เฉลี่ย 30,816 เม็ดต่อวัน

อภิปรายผล

ผลการวิจัยการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาและหาประสิทธิภาพเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร แบบเพลาลูกเบี้ยว ชนิด In – Line พบว่า เครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร มีประสิทธิภาพการอัดยาเม็ดสมุนไพร เป็นผลมาจากการออกแบบเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร ให้มีความเหมาะสมในแต่ละส่วนประกอบที่สำคัญทำให้เครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร มีประสิทธิภาพในการใช้งาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ดุลยโชติ ชลสิทธิ์ (2546 : บทคัดย่อ) ซึ่งได้ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การออกแบบรูปร่างที่เหมาะสมของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลสำหรับหลายจุดทำงาน ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่มีการเคลื่อนที่มักจะต้องรับแรงภายนอกที่มีการเปลี่ยนแปลงของขนาด การนำหลักการของคานาที่รับแรงกระจายสม่ำเสมอมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถหารูปร่างที่เหมาะสมในเบื้องต้นอย่างรวดเร็ว และสามารถใช้อุปกรณ์ที่ได้เป็นต้นแบบ ในการออกแบบชิ้นส่วนโดยละเอียด รวมไปถึงการออกแบบแม่พิมพ์อัดยาเม็ดสมุนไพร ที่มีความเหมาะสมด้าน Punch & Die เนื่องจากใช้พิมพ์จำนวน 30 เม็ด ดังนั้นความแม่นยำของ Punch & Die จะต้องสูง และลูกเบี้ยวยังสามารถลดภาระงานที่เกิดขึ้นจากแรงกดอัดได้เป็นอย่างดี ทำให้ได้ยาเม็ดสมุนไพรที่มีขนาดที่เท่ากันทุกเม็ด ความสมบูรณ์ทางกายภาพด้านความหนา ความกว้าง และด้านน้ำหนักของยาเม็ด สอดคล้องกับงานวิจัยของ เบญจวรรณ แจ่มใส และคณะ (2536 : บทคัดย่อ) การพัฒนาตำรับสมุนไพรมะขามขี้เหล็ก บอระเพ็ด และขี้เหล็ก การทดลองครั้งนี้เป็นการพัฒนาสูตรตำรับยาสมุนไพร ซึ่งจะใช้วิธีการเตรียมแบบ Wet Granulation เนื่องจากผงยาสมุนไพร มีลักษณะ Bulky มาก ซึ่งจากการตอบพบว่า ปัญหาหลักในการตกคือ ยาเม็ดมีความแข็งไม่เพียงพอและเกิด Capping จึงได้มีการพัฒนาสูตรตำรับจนได้ยาเม็ดที่มีลักษณะที่พึงพอใจ โดยมะขามขี้เหล็ก สามารถตกอัดเป็นเม็ดที่มีความแข็ง ความกรอบ และเวลาในการแตกตัวเข้ามาตรฐาน เมื่อใช้ Coating Solution เป็นสารยึดเกาะ ซึ่งประกอบไปด้วย Acacia, Gelatin และ Sucrose ส่วนบอระเพ็ดสามารถตกอัดเป็นเม็ดที่มีความแข็ง ความกรอบ และเวลาในการแตกตัวเข้ามาตรฐาน เมื่อใช้ Starch 1500[®] เป็นสารยึดเกาะ ส่วนการใช้ Gelatin Solution 15 % w/w เป็นสารยึดเกาะจะได้ยาเม็ดที่มีความแข็ง และความกรอบเข้ามาตรฐาน แต่เวลาในการแตกตัวมากกว่า 30 นาที สำหรับขี้เหล็ก จากการพัฒนา

สูตรตำรับ พบว่ายังไม่มีสารยึดเกาะที่สามารถทำให้ยาเม็ดมีความแข็งแรงตามมาตรฐานที่กำหนดได้เลย เนื่องจากคุณสมบัติของผงยาไม่มีความสามารถตกอัดเป็นเม็ดได้ ซึ่งการที่สมุนไพรแต่ละชนิด มีความสามารถในการตกอัดเป็นเม็ดไม่เหมือนกัน เนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิต มีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของ Moisture Content ลักษณะรูปร่างของผงยาและขนาดของผงยา จึงเป็นสาเหตุให้สมุนไพรแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับสารยึดเกาะที่ต่างกันออกไป และมีผลทำให้คุณภาพของยาเม็ดแตกต่างกันไปด้วย

สรุป เมื่อได้เครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรที่ผ่านการพัฒนาและหาประสิทธิภาพการอัดยาเม็ดสมุนไพรตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดไปแล้วนั้น จะต้องมีการพัฒนาโดยการนำเครื่องไปใช้ในการอัดยาเม็ดสมุนไพรแต่ละชนิดตามหลักและตำรับยาที่กำหนด โดยศูนย์สมุนไพรชุมชน โรงพยาบาลและกลุ่มแปรรูปสมุนไพร นำไปใช้เพื่อการพัฒนาและแปรรูปสมุนไพร โดยอยู่ในการควบคุมของเภสัชกร แพทย์ หรือผู้ผลิตที่มีความรู้ความชำนาญและมีใบอนุญาตในการแปรรูปหรือผลิตยาสมุนไพรเพื่อบริโภคเป็นยาบำรุง หรือรักษาโรค

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1.1 ข้อเสนอแนะด้านเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพร

1.1.1 ควรติดตั้งอุปกรณ์ช่วยดันยาเม็ดสมุนไพรออกจากพิมพ์

1.1.2 ความเร็วในการอัดยาเม็ดสมุนไพรในแต่ละครั้ง ควรมีความเร็วกว่าเดิมเพื่อให้สอดคล้องกับเวลา และสามารถผลิตยาเม็ดสมุนไพรได้มากขึ้นจากเดิม

1.2 ข้อเสนอแนะด้านยาเม็ดสมุนไพร

ยาเม็ดสมุนไพรควรมีขนาดที่เหมาะสมต่อการบริโภค เนื่องจากยาสมุนไพรแปรรูปในรูปแบบเม็ดสามารถบริโภคเป็นอาหารเสริมได้ แต่ควรมีการพัฒนากระบวนการอัดยาเม็ดสมุนไพรทางด้านความสมบูรณ์ทางกายภาพตามสูตรตำรับยา

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาด้านการแปรรูปยาสมุนไพรของชุมชน เพื่อนำเครื่องอัดยาเม็ดสมุนไพรไปใช้ใน

การเพิ่มกำลังการผลิตและแปรรูปยาสมุนไพรในชุมชน หรือ ศูนย์การแพทย์แผนไทยในโรงพยาบาลชุมชน

2.2 ควรมีการศึกษาและพัฒนาเครื่องจักร ในการผลิตหรือแปรรูปยาสมุนไพร ให้มีความหลากหลาย และมีความเหมาะสมสอดคล้องกับการนำไปใช้กับศูนย์ สมุนไพรชุมชน หรือศูนย์การแพทย์แผนไทยในโรงพยาบาล ชุมชน

3. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

3.1 ความต้องการใช้ยาแผนปัจจุบัน ทำให้ต้องปรับวิธีคิดเพิ่มศักยภาพการผลิตและแปรรูปยา สมุนไพรนานาชนิดเพิ่มมากขึ้น เพื่อใช้ในการรักษาตนเองและ คนในครอบครัว ลดการพึ่งพายาแผนปัจจุบัน

3.2 ให้คุณค่าการยอมรับทางวิชาการ ใน การศึกษาวิธีการที่จะปรับปรุงการแปรรูปสมุนไพรของชุมชน ได้แก่ ภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อสร้างภูมิคุ้มกันตนเองจากโรคภัย ใช้เจ็บโดยการใช้อยู่สมุนไพร และลดปัญหาความเจ็บป่วย พื้นฐานของคนในชุมชน

3.3 การปรับเปลี่ยนแนวคิด ลดการพึ่งพา ยาแผนปัจจุบัน การนำเข้ายาจากต่างประเทศ หันมาให้ความสำคัญกับสมุนไพร ยาสมุนไพรไทย

3.4 การส่งเสริมสนับสนุนการปลูก สมุนไพร ตั้งแต่ความต้องการสมุนไพร ปัจจัยการผลิต ได้แก่ สมุนไพร ระบบการผลิต การแปรรูปสมุนไพร ให้เหมาะสมกับ วัฒนธรรมการบริโภค และการพึ่งพายาสมุนไพร

บรรณานุกรม

- โครงการสมุนไพรกับการสาธารณสุขมูลฐาน. (2527). **คู่มือสมุนไพร โครงการสมุนไพรกับการสาธารณสุขมูลฐาน เล่มที่ 1.** สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงสาธารณสุข, คณะอนุกรรมการเผยแพร่-ประชาสัมพันธ์โครงการสมุนไพรกับการ สาธารณสุขมูลฐาน. กรุงเทพฯ : โครงการสมุนไพรกับการสาธารณสุขมูลฐาน.
- ดุสิต ชลศึกษ์. (2546). **การออกแบบรูปร่างที่เหมาะสมของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลสำหรับหลายจุดทำงาน.** วารสาร. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17
- น้ำฝน ศากรวิมล. (2545). **ยาสมุนไพร.** ภาควิชาเภสัชกรรมชุมชน, คณะเภสัชศาสตร์ : มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- บรรเลง ศรีนิล, และประเสริฐ กัญญาสมบูรณ์. (2524). **ตารางงานโลหะ.** กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- บุญวัฒน์ เกตุประดิษฐ์. (2547). **ประสิทธิผลการผลิตอาหารสัตว์สำเร็จรูปโดยรวม.** วิทยานิพนธ์ : เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- เบญจวรรณ แจ่มใส, วราพรรณ เล็กรัตน์, ศิริศักดิ์ ดำรงพิศุทธิกุล และ จิตรดี ลูประสงค์. (2536). **การพัฒนารับสมุนไพรมะระขี้นก บอระเพ็ด และขี้เหล็ก.** วิทยานิพนธ์. ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- พจนานุกรม ฉบับบัณฑิตยสถาน. (2525). **พจนานุกรม.** กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.
- “พระราชบัญญัติ”. (2542 พุทธศักราช 19). **คุ้มครองและส่งเสริมภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทย.** ราชกิจจานุเบกษา. พิษณุโลก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.swk.ac.th>, สืบค้น 30 กันยายน 2555.
- ไพบุลย์ แยมเนียน. (2548). **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สมาคมพัฒนาสแตนเลสไทย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.tssda.org/index.php?actions=contact>. สืบค้น 9 กรกฎาคม 2555.