การศึกษาผลกระทบของเซ็นเซอร์วัดตำแหน่งและระดับความลึกของหัวจ่ายที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพรกระชายดำแบบอัตโนมัติ

The effects of sensor position and depth of the dispenser to performance of the automatic Black Galingale filling machine.

ทยาวีร์ หนูบุญ[1*], พลเทพ เวงสูงเนิน[1] จาริณี จงปลื้มปิติ[1] พีรณัฐ อัณสุรีย์[1] และสนั่น จันทร์พรหม[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร [2] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถ.สุรนารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
*ติดต่อ: thayawee@rmuti.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 0816694177

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาผลกระทบของเซ็นเซอร์วัดตำแหน่งและระดับความลึกของหัวจ่ายที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพรกระชายดำแบบอัตโนมัติ ซึ่งขนาดของขวดที่นำมาใช้ในการทดสอบมีสองขนาดมาตรฐานได้แก่ขนาด 500 ml และขนาด 750 ml ในการศึกษาจะศึกษาตำแหน่งของเซ็นเซอร์วัดระดับเท่ากับ 1 cm และ 2 cm และจากนั้นทำการเปลี่ยนแปลงระดับความลึกของหัวจ่ายเท่ากับ 1 cm 2 cm และ 3 cm ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งของหัวจ่ายน้ำและตำแหน่งของเซนเซอร์มีผลต่อการทำงานของเครื่องบรรจุ ความสามารถในการบรรจุสูงที่สุดเท่ากับ 174 และ 121 ขวดต่อชั่วโมง อัตราการบรรจุน้ำสมุนไพรที่สูงที่สุดเท่ากับ 86.96 ml และ 90.76 ml เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียที่น้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.14% และ 0.22% และประสิทธิภาพที่สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 99.86% และ 99.78% ในการทำงานกับขวดขนาดบรรจุเท่ากับ 500 ml และ 750 ml ตามลำดับ

คำหลัก: กระชายดำ, เซ็นเซอร์วัดระดับ, เครื่องบรรจุน้ำสมุนไพร, ระบบควบคุม

Abstract

This paper is aim to study the effect of position sensors and depth of nozzles on the efficacy of the automatic Black Galingale filling machine. The sizes of the bottles used in an experiment are two standard sizes, 500 ml and 750 ml. In this study, the position of the level sensor is 1 cm and 2 cm, and the depth of the nozzle is 1 cm 2 cm and 3 cm. The results are shown that the nozzle position and the position of the sensor affect to the operation. The highest filling capacity are 174 and 121 bottles per hour. The highest filling rates are 86.96 ml and 90.76 ml. The lowest percent of losses were 0.14% and 0.22%, and the highest efficiencies were 99.86% and 99.78%, when bottle size are 500 ml and 750 ml, respectively.

Keywords: Black Galingale, Level sensor, Herbal juice filling machine, Control system

1. บทนำ

การบรรจุน้ำสมุนไพรของกลุ่มเกษตรกร หรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนในการบรรจุทำให้มีต้นทุนที่เกิดจากแรงงานคนและเวลาเกิดขึ้น จึงมีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพรขึ้น ซึ่งในการออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพรนั้นมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลายส่วน ไม่ว่าจะเป็นกลไกที่ใช้ในการบังคับขวด กลไกที่ใช้ในการปล่อยของเหลว กลไกที่ใช้ในการควบคุมระดับน้ำสมุนไพร เป็นต้น ในส่วนของบทความนี้มุ่งเน้นศึกษาการวัดระดับของน้ำสมุนไพรและการบรรจุน้ำสมุนไพร ในส่วนของการวัดระดับของน้ำสมุนไพรนั้นเลือกใช้การวัดระดับแบบเป็นจุด โดยใช้หลักการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า [1] ซึ่งปัจจัยในการเลือกใช้เซ็นเซอร์วัดมีหลายปัจจัย เช่น ความหนาแน่น ความหนืด ส่วนผสมของของไหล อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นของอากาศ อุณหภูมิของของไหล และสภาพแวดล้อมอื่น [2] ซึ่งประเภทของการวัดนั้นสามารถแบ่งได้ 2 ประเภทได้แก่ วัดแบบจุด (Point Level Measurement) และวัดแบบต่อเนื่อง (Continuous Level Measurement) [3, 4] สิทธิบัตรของ Dennis M. Duffy และ Gary G. Small ในปี 1986 [5] แสดงให้เห็นถึงหลักการของอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดระดับแบบลูกลอยและแจ้งระดับโดยสัญญาณไฟฟ้าซึ่งจำเป็นต้องมีการชดเชยระดับสัญญาณเพื่อให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ปีเดียวกัน Thomas P. Arbogast และ David Eilola แสดงสิ่งประดิษฐ์เกี่ยวกับการวัดระดับของของเหลวโดยหลักการทางไฟฟ้าคือการต่อวงจร four-thermistoer bridge [6] ซึ่งแต่ละสิทธิบัตรที่ได้กล่าวมานั้นล้วนแต่พัฒนาเทคนิคการวัด และการตอบสนองของเซนเซอร์ที่นำมาใช้ในการวัดระดับทั้งสิ้น

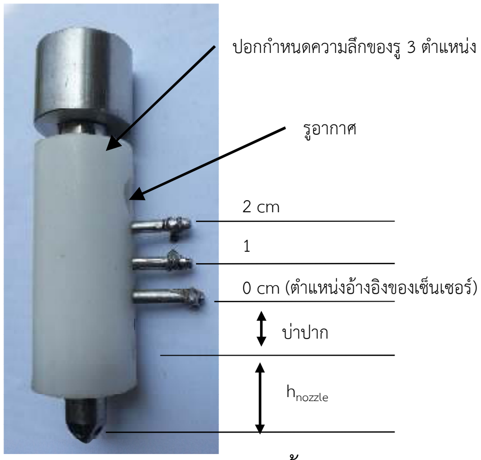
ดังนั้นในบทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของเซ็นเซอร์วัดตำแหน่งแบบจุด และระดับความลึกของหัวจ่ายน้ำสมุนไพรที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพรกระชายดำแบบอัตโนมัติ ซึ่งพลวัติของน้ำสมุนไพรมีผลต่อการออกแบบระบบควบคุม โดยมีตัวแปรที่ควบคุมคือรูปทรงของขวดและขนาดของหัวจ่าย เปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปรได้แก่ตำแหน่งของเซ็นเซอร์วัดระดับเท่ากับ 1 cm และ 2 cm ระดับความลึกของหัวจ่ายเท่ากับ 1 cm 2 cm และ 3 cm และขนาดบรรจุของขวดน้ำสมุนไพรขนาด 500 ml และ 750 ml เพื่อศึกษาความสามารถในการบรรจุน้ำสมุนไพร อัตราการบรรจุน้ำสมุนไพร เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพร

2. ทฤษฏีที่เกี่ยวข้อง และวิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลกระทบของเซ็นเซอร์วัดตำแหน่งและระดับความลึกของหัวจ่ายที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพรกระชายดำแบบอัตโนมัตินั้นมีตัวแปรอิสระจำนวน 3 ตัว ได้แก่ ตำแหน่งของเซ็นเซอร์วัดระดับ ระดับความลึกของหัวจ่าย และขนาดบรรจุของขวดน้ำสมุนไพร ซึ่งมีรายละเอียดของการศึกษาดังนี้

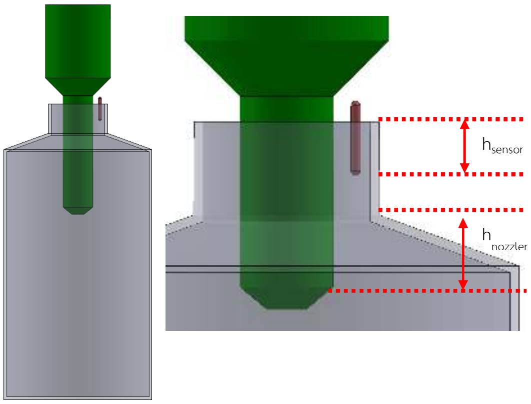
2.1 การออกแบบและติดตั้งเซ็นเซอร์วัดตำแหน่ง

ในการศึกษานี้มีส่วนสำคัญคือชุดหัวบรรจุน้ำสมุนไพรที่มีการติดเซ็นเซอร์วัดระดับดังรูปที่ 1 จากนั้นนำเอาไปติดตั้งและนำเอาขวดน้ำสมุนไพรมาวางไว้ในตำแหน่งที่รองรับขวดดังรูปที่ 2 โดยในการศึกษานี้มีขวดขนาด 500 ml และ 750 ml ใช้เซ็นเซอร์เพื่อการศึกษาผลกระทบของเซ็นเซอร์วัดตำแหน่ง (h_{sensor}) โดยให้มีค่าเท่ากับ 1 cm และ 2 cm และทำการปรับระดับความลึกของหัวจ่าย (h_{nozzle}) 3 ระดับได้แก่ 1 cm 2 cm และ 3 cm ซึ่งแผนผังบอกระยะของการศึกษาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3 เซ็นเซอร์ที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษานี้ทำจากวัสดุพอลิออกซีเมทิลีน (Polyoxymethylene, POM) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทานสามารถใช้ทดแทนโลหะ [7] และสามารถใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ จากนั้นให้เครื่องบรรจุน้ำสมุนไพรทำงานและจับเวลา ซึ่งชุดที่ติดตั้งอุปกรณ์สมบูรณ์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของหัวบรรจุน้ำสมุนไพร

รูปที่ 2 การติดตั้งหัวฉีดน้ำสมุนไพรเพื่อพร้อมใช้งาน



รูปที่ 3 แผนผังบอกระยะของการศึกษา

รูปที่ 4 ชุดที่ติดตั้งอุปกรณ์สมบูรณ์

2.2. การคำนวณประสิทธิภาพในการทำงาน

ในการศึกษาผลกระทบของเซ็นเซอร์วัดตำแหน่งและระดับความลึกของหัวจ่ายที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพรกระชายดำแบบอัตโนมัตินั้นมีการทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต้น และเก็บข้อมูลของตัวแปรตอบสนอง จากนั้นจึงนำเอาผลการเก็บข้อมูลมาคำนวณหาค่าต่างๆ ของการศึกษา ตัวชี้วัดในการศึกษานี้สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1) ถึง (4) โดยที่ความสามารถในการบรรจุน้ำสมุนไพรของเครื่องสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) อัตราในการบรรจุน้ำสมุนไพรคำนวณได้จากสมการที่ (2) เปอร์เซ็นความสูญเสียในการบรรจุน้ำสมุนไพรสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3) และประสิทธิภาพในการบรรจุสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$Cap = \frac{n_p}{t} \quad (1)$$

$$R_f = \frac{n_p}{t}(V_b) \quad (2)$$

$$\%loss = \frac{V_{loss}}{V_b} \quad (3)$$

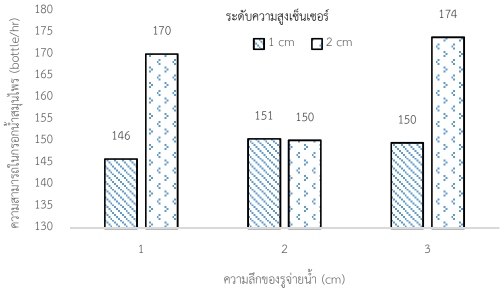
$$\eta = 1 - \%loss \quad (4)$$

โดยที่ Cap หมายถึงความสามารถในการบรรจุน้ำสมุนไพร n_p หมายถึงจำนวนขวดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการบรรจุ ซึ่งต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5% t หมายถึงเวลาที่ใช้ในการทดสอบ R_f หมายถึงอัตราในการ

บรรจุน้ำสมุนไพร V_b หมายถึงความจุของขวดน้ำสมุนไพร *%loss* หมายถึงเปอร์เซ็นความสูญเสีย V_{loss} หมายถึงปริมาตรของน้ำสมุนไพรที่สูญเสียขณะเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพรทำงาน η หมายถึงประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพร

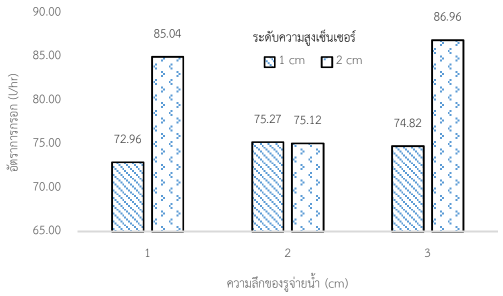
3. ผลการวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบของเซ็นเซอร์วัดตำแหน่งและระดับความลึกของหัวจ่ายที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพรกระชายดำเรียงลำดับการแสดงผลการศึกษาจากความสามารถในการบรรจุน้ำสมุนไพร อัตราในการบรรจุน้ำสมุนไพร เปอร์เซ็นความสูญเสียในการบรรจุน้ำสมุนไพร และประสิทธิภาพในการบรรจุน้ำสมุนไพร ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 5 ถึงรูปที่ 12



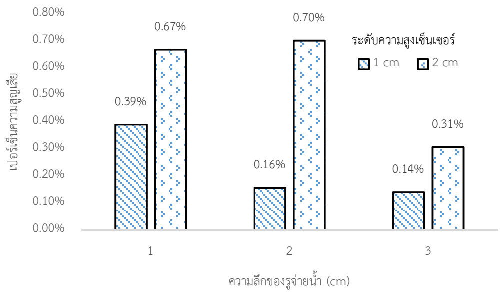
รูปที่ 5 ความสามารถในการบรรจุน้ำสมุนไพรต่อความลึกของรูจ่ายน้ำเมื่อระดับความสูงของเซ็นเซอร์แตกต่างกัน ในการบรรจุขวดขนาด 500 ml

จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการบรรจุน้ำสมุนไพรเมื่อความลึกของรูจ่ายน้ำเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อระดับความสูงของเซ็นเซอร์เพิ่มขึ้นความสามารถมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยสภาวะที่ความลึกของรูจ่ายน้ำเท่ากับ 3 cm และระดับความสูงของเซ็นเซอร์เท่ากับ 2 cm จะมีความสามารถในการบรรจุน้ำสมุนไพรสูงสุดเท่ากับ 174 bottle/hr



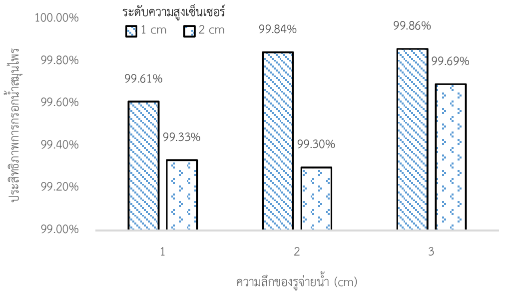
รูปที่ 6 อัตราในการบรรจุน้ำสมุนไพรต่อความลึกของรูจ่ายน้ำเมื่อระดับความสูงของเซ็นเซอร์แตกต่างกัน ในการบรรจุขวดขนาด 500 ml

รูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าอัตราการบรรจุน้ำสมุนไพรมีแนวโน้มเดียวกันกับความสามารถในการบรรจุน้ำสมุนไพร คือสภาวะที่ความลึกของรูจ่ายน้ำเท่ากับ 3 cm และระดับความสูงของเซ็นเซอร์เท่ากับ 2 cm จะมีอัตราการบรรจุน้ำสมุนไพรสูงที่สุดเท่ากับ 86.96 l/hr



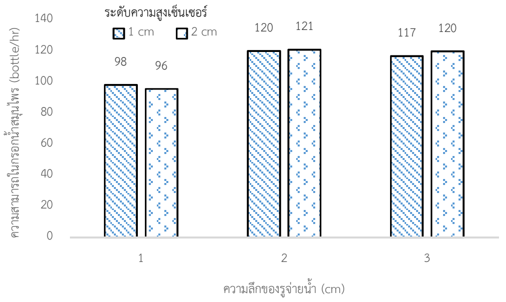
รูปที่ 7 เปอร์เซ็นความสูญเสียในการบรรจุน้ำสมุนไพรต่อความลึกของรูจ่ายน้ำเมื่อระดับความสูงของเซ็นเซอร์แตกต่างกัน ในการบรรจุขวดขนาด 500 ml

เปอร์เซ็นความสูญเสียในการบรรจุน้ำสมุนไพรของเครื่องบรรจุที่ใช้กับขวดขนาด 500 ml ถูกแสดงในรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าความสูญเสียเกิดขึ้นน้อยที่สุดเท่ากับ 0.14% ในการทำงานภายใต้สภาวะความลึกของรูจ่ายน้ำสมุนไพรเท่ากับ 3 cm และระดับความสูงของเซ็นเซอร์จากระดับอ้างอิงเท่ากับ 1 cm



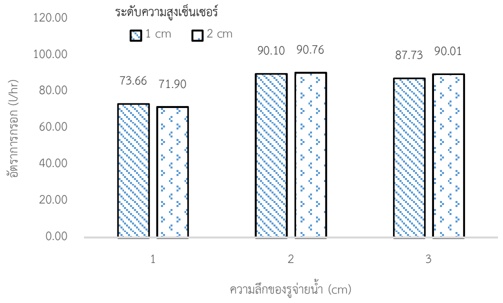
รูปที่ 8 ประสิทธิภาพในการบรรจุน้ำสมุนไพรต่อความลึกของรูจ่ายน้ำเมื่อระดับความสูงของเซ็นเซอร์แตกต่างกัน ในการบรรจุขวดขนาด 500 ml

การทำงานของเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพรอัตโนมัติเมื่อใช้กับขวดขนาด 500 ml มีประสิทธิภาพดังรูปที่ 8 ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดของเครื่องมีค่าเท่ากับ 99.86% ที่ความลึกของรูจ่ายน้ำเท่ากับ 3 cm และระดับความสูงของเซ็นเซอร์เท่ากับ 1 cm



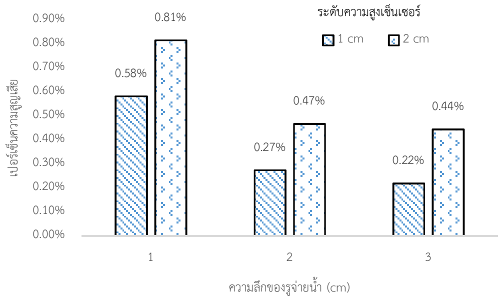
รูปที่ 9 ความสามารถในการบรรจุน้ำสมุนไพรต่อความลึกของรูจ่ายน้ำเมื่อระดับความสูงของเซ็นเซอร์แตกต่างกัน ในการบรรจุขวดขนาด 750 ml

รูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการบรรจุน้ำสมุนไพรเมื่อทำงานกับขวดขนาด 750 ml ความลึกของรูจ่ายน้ำเท่ากับ 2 cm และระดับความสูงของเซ็นเซอร์เท่ากับ 2 cm จะมีความสามารถในการบรรจุน้ำสมุนไพรสูงสุดเท่ากับ 121 bottle/hr



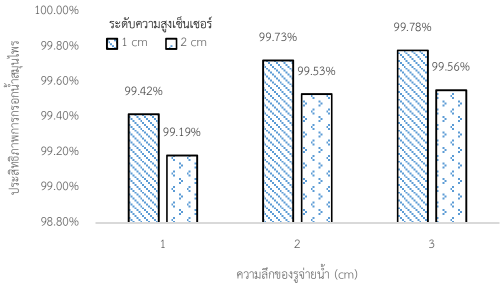
รูปที่ 10 อัตราในการบรรจุน้ำสมุนไพรต่อความลึกของรูจ่ายน้ำเมื่อระดับความสูงของเซ็นเซอร์แตกต่างกัน ในการบรรจุขวดขนาด 750 ml

อัตราการบรรจุน้ำสมุนไพรมีแนวโน้มเดียวกันกับความสามารถในการบรรจุน้ำสมุนไพร คือสภาวะที่ความลึกของรูจ่ายน้ำเท่ากับ 2 cm และระดับความสูงของเซ็นเซอร์เท่ากับ 2 cm จะมีอัตราการบรรจุน้ำสมุนไพรสูงที่สุดเท่ากับ 90.76 l/hr ซึ่งแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 11 เปอร์เซ็นความสูญเสียในการบรรจุน้ำสมุนไพรต่อความลึกของรูจ่ายน้ำเมื่อระดับความสูงของเซ็นเซอร์แตกต่างกัน ในการบรรจุขวดขนาด 750 ml

เปอร์เซ็นความสูญเสียในการบรรจุน้ำสมุนไพรของเครื่องบรรจุที่ใช้กับขวดขนาด 750 ml ถูกแสดงในรูปที่ 11 แสดงให้เห็นว่าความสูญเสียเกิดขึ้นน้อยที่สุดเท่ากับ 0.22% ในการทำงานภายใต้สภาวะความลึกของรูจ่ายน้ำสมุนไพรเท่ากับ 3 cm และระดับความสูงของเซ็นเซอร์จากระดับอ้างอิงเท่ากับ 1 cm



รูปที่ 12 ประสิทธิภาพในการบรรจุน้ำสมุนไพรต่อความลึกของรูจ่ายน้ำเมื่อระดับความสูงของเซ็นเซอร์แตกต่างกัน ในการบรรจุขวดขนาด 750 ml

รูปที่ 12 แสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพรอัตโนมัติเมื่อใช้กับขวดขนาด 750 ml ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดของเครื่องมีค่าเท่ากับ 99.78% ที่ความลึกของรูจ่ายน้ำเท่ากับ 3 cm และระดับความสูงของเซ็นเซอร์เท่ากับ 1 cm

4. สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาผลกระทบของเซ็นเซอร์วัดตำแหน่งและระดับความลึกของหัวจ่ายที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องบรรจุน้ำสมุนไพรกระชายดำแบบอัตโนมัติ โดยทำการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปรได้แก่ตำแหน่งของเซ็นเซอร์วัดระดับเท่ากับ 1 cm และ 2 cm ระดับความลึกของหัวจ่ายเท่ากับ 1 cm 2 cm และ 3 cm และขนาดบรรจุของขวดน้ำสมุนไพรขนาด 500 ml และ 750 ml แสดงให้เห็นว่าตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัวส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการบรรจุน้ำสมุนไพร และยังส่งผลต่อความสามารถในการบรรจุน้ำสมุนไพรอีกด้วย โดยประสิทธิภาพการบรรจุน้ำสมุนไพรกระชายดำที่บรรจุในขวด 500 ml ที่ความลึกของหัวจ่ายน้ำเท่ากับ 3 cm และระดับความสูงเซนเซอร์เท่ากับ 1 cm มีประสิทธิภาพการบรรจุสูงสุดเท่ากับ 99.86% และต่ำสุดที่ 99.30% ส่วนการบรรจุน้ำสมุนไพรในขวดขนาด 750 ml ที่ความลึกของหัวจ่ายน้ำเท่ากับ 3 cm และระดับความสูงเซนเซอร์เท่ากับ 1 cm มีประสิทธิภาพการบรรจุสูงสุดเท่ากับ 99.78% และต่ำสุดที่ 99.19% ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าในขอบเขตเงื่อนไขที่ศึกษาสภาวะที่ทำให้เครื่องบรรจุมีประสิทธิภาพสูงสุดได้แก่ที่ความลึกของหัวจ่ายน้ำเท่ากับ 3 cm และระดับความสูงเซนเซอร์เท่ากับ 1 cm

5. เอกสารอ้างอิง

[1] "The Principles of Level Measurement," Questex LLC, Oct 2000. [Online]. Available: http://www.sensorsmag.com/components/principles-level-measurement.

[2] T. Agarwal , "Liquid Level Sensor – Different Types of Level Sensors and their Workings," Edgefx Kits & Solutions, 4 July 2014. [Online]. Available: https://www.efxkits.co.uk/liquid-level-sensor-and-types-of-level-sensors/.

[3] "Level sensor," Wikipedia, May 2017. [Online].Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Level_sensor.

[4] "Liquid Level Sensors & Switches," Gems Sensors, Inc., November 2016. [Online]. Available: http://www.gemssensors.com/level.

[5] D. M. Duffy and G. G. Small, "Fluid level sensor". United States of America Patent US 4610165 A, September 1986.

[6] T. P. Arbogast and D. Eilola, "Fluid level sensor". United States of America Patent US 4609913 A, Febuary 1986.

[7] K. Hu, J. Wang, S. Schraube, Y. Xu, X. Hu and R. Stengler, "Tribological properties of MoS2 nano-balls as filler in polyoxymethylene-based composite layer of three-layer self-lubrication bearing materials," *Wear,* vol. 266, no. 11-12, pp. 1198-1207, 2009.