NUEJ
Naresuan University
Engineering Journal

การพัฒนาระบบตรวจจับเม็ดยาสำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ
Development of Pill Detection System for Automatic Medicine Dispenser

อัครวินท์ ครองไชย[1,3], สะการะ ตันโสภณ[2], สุเมธ เหมะวัฒนะชัย[1,3*]
Akkarawin Krongchai[1,3], Sakara Tunsophon[2], Sumet Heamawatanachai[1,3*]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[2]ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[3]หน่วยวิจัยเทคโนโลยีด้านวิศวกรรมความเที่ยงตรงและการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[1] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University
[2] Department of Physiology, Faculty of Medical Science, Naresuan University
[3] Research Unit for Precision and Medical Engineering Technology, Faculty of Engineering, Naresuan University

*Corresponding author e-mail: sumeth@nu.ac.th, sumet_h@yahoo.com

(Received: 9 April 2020, Revised: 25 January 2021, Accepted: 4 February 2021)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาระบบตรวจจับเม็ดยาที่มีความแม่นยำสูงสำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ โดยในการศึกษานี้คณะผู้วิจัยได้มีการทดสอบกับยาเม็ดที่แตกต่างกันทั้งขนาดและรูปร่างจำนวน 8 ชนิด โดยมีการทดสอบปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเม็ดยากับระบบตรวจจับเม็ดยา การทดสอบผลของความชันที่มีผลต่อการไหลของเม็ดยา การทดสอบสัญญาณของชุดเซ็นเซอร์ตรวจจับด้วยอินฟราเรด การทดสอบหาประสิทธิภาพโดยรวมของระบบการตรวจจับเม็ดยา โดยจากผลการทดลองพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างเม็ดยาตัวอย่างกับระบบตรวจจับเม็ดยามีค่าในช่วง 0.47-0.70 โดยความเอียงที่เหมาะสมต่อการไหลของเม็ดยาคือ 35 องศา และการใช้มอเตอร์สั่นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจ่ายเม็ดยาได้ดีมากขึ้น ผลการทดสอบการอ่านค่าสัญญาณของชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด พบว่าการตั้งค่าการตรวจจับที่ระดับสัญญาณ 50% ของระดับสัญญาณปกติให้ผลการตรวจจับที่แม่นยำ สำหรับผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบการตรวจจับเม็ดยา พบว่าระบบตรวจจับเม็ดยาที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจจับได้ถูกต้อง 100% สำหรับตัวอย่างเม็ดยาทั้งหมดที่ได้นำมาทดสอบ ดังนั้นจากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าระบบตรวจจับเม็ดยาที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก และสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติได้

คำสำคัญ: ระบบตรวจจับเม็ดยา, เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ, เซ็นเซอร์อินฟราเรด

Abstract

This research is the study and development of a highly accurate pill detection system for an automatic medicine dispenser. We chose eight different types of pills, which varied in both shape and size for our experiment. The study determined various parameters that affected the systems performance, which included the friction coefficient between the pill and the developed system, the appropriate inclination of the slope for pill dispensing, the test of the infrared sensor signal, and the overall efficiency evaluation of the developed system. The results showed that the friction coefficients between the pill samples and the developed system, were approximately 0.47 to 0.70, and the most suitable inclination angle for dispensing the pills, was 35 degrees. The combination of the slope plate with a vibrating motor exhibited the most efficient way for dispensing the pills. The infrared sensor signal detection level was set at 50% of the normal signal amplitude, to achieve a high accuracy detection system. The overall efficiency evaluation of the pill detection system, demonstrated a 100% accuracy of all the tested samples. In conclusion, our

developed pill detection system demonstrated high accuracy results, which can be further implemented for automated pill dispensers.

Keywords: Pill detection system, Automatic medicine dispenser, Infrared sensor

1.บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ โดยจากข้อมูลของมูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุระบุว่าในปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีประชากรผู้สูงอายุ (บุคคลที่มีอายุมากกว่า 60 ปี) อยู่ประมาณ 12 ล้านคน (คิดเป็นร้อยละ 18 ของประชากรทั้งหมดในประเทศไทย) (Situation of The Thai Elderly 2018) โดยผู้สูงอายุส่วนใหญ่จะมีโรคประจำตัว ทำให้ต้องทานยาเพื่อรักษาอาการอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผู้สูงอายุบางรายอาจมีโรคประจำตัวมาก ทำให้ต้องทานยาหลายชนิดหรือจากหลายแหล่งเช่น จากแพทย์หลายคนที่รักษาต่างโรคกัน จากญาติพี่น้อง และจากการซื้อยามารับประทานด้วยตัวเอง ทั้งยารักษาโรค วิตามิน อาหารเสริม เป็นต้น โดยโรคส่วนใหญ่ที่เกิดในผู้สูงวัยนั้น ยากที่จะรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพหากปราศจากความร่วมมือจากผู้ป่วยในการดูแลตัวเองอย่างเคร่งครัด (Aged without disease, 2012)

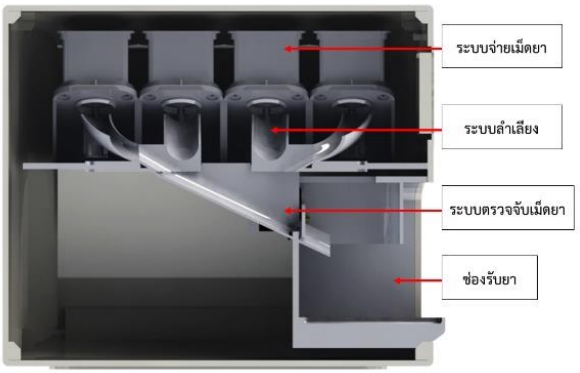
ในการรักษาผู้ป่วยให้มีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องมีการใช้ยาที่เหมาะสม โดยจากคู่มือการใช้ยาอย่างสมเหตุผลตามบัญชียาหลักแห่งชาติ: 2552 และองค์การอนามัยโลก ที่ได้ให้คำจำกัดความของ “การใช้ยาอย่างสมเหตุผล (Rational Drug Use)” คือ “ผู้ป่วยได้รับยาที่เหมาะสมกับปัญหาสุขภาพ โดยใช้ยาในขนาดที่เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย ด้วยระยะเวลาการรักษาที่เหมาะสม และมีค่าใช้จ่ายต่อชุมชนและผู้ป่วยน้อยที่สุด”
“Patients receive medications appropriate to their clinical needs, in doses that meet their own individual requirements, for an adequate period of time, and at the lowest cost to them and their community” (WHO, 1985)

การใช้ยาอย่างไม่สมเหตุผลเป็นปัญหาที่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน และควรได้รับการยกสถานะเป็นวาระแห่งชาติ ซึ่งในเวลาต่อมานโยบายแห่งชาติด้านยา พ.ศ. 2554 ได้มีการบรรจุให้การใช้ยาอย่างสมเหตุผลเป็นยุทธศาสตร์ด้านที่ 2 ของยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบยาแห่งชาติ พ.ศ. 2555-2559 โดยได้กำหนดยุทธศาสตร์ย่อยไว้ 7 ประการ ซึ่งหนึ่งในนั้นคือ การพัฒนากลไกและเครื่องมือเพื่อให้เกิดการใช้ยาอย่างสมเหตุผล (Brahma et al., 2012; Muenpa, & Phuripunvanich, 2016) จึงเป็นที่มาของการพัฒนานวัตกรรมเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติสำหรับผู้ป่วย ซึ่งเครื่องจ่ายยามีประโยชน์อย่างยิ่งในการเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ปัญหาการจัดการการจ่ายยาให้กับผู้ป่วยได้อย่างถูกต้องแม่นยำตรงตามเวลา

จากการศึกษาพบว่ามีงานวิจัยหลายผลงานได้พยายามแก้ไขปัญหา คิดค้นนวัตกรรมเกี่ยวกับการจัดการในเรื่องของการจัดจ่ายเม็ดยาหรือจัดเตรียมเม็ดยาให้โรงพยาบาล ร้านขายยา และกับผู้ป่วยด้วยเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติแบบต่าง ๆ อาทิเช่น Wannaprapa and Phichetjamroen (2001) ได้คิดค้นระบบจ่ายยาอัตโนมัติ (Automatic Tablet Dispensing System) โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างเครื่องต้นแบบระบบจ่ายยาอัตโนมัติ ซึ่งทำหน้าที่นับและจ่ายยาที่มีรูปร่างและขนาดต่าง ๆ กัน และทำการทดสอบระบบจ่ายยาอัตโนมัติ เพื่อใช้ในสถานพยาบาลที่มีคนไข้จำนวนมากและมีเม็ดยาหลากหลายชนิด ซึ่งระบบดังกล่าวสามารถทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลผู้ป่วยและข้อมูลยา และจ่ายยาตามคำสั่งที่ป้อนได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว ระบบที่ออกแบบไว้นี้ยังสามารถขยายขีดความสามารถให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อรองรับปริมาณผู้ป่วยที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นได้อีกด้วย ต่อมา Boquete et al. (2010) ได้พัฒนาอุปกรณ์จ่ายยาแบบอิเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถตั้งโปรแกรมได้ เป็นอุปกรณ์จ่ายยาที่ได้มีการจัดเตรียมเม็ดยาให้ผู้ป่วย ที่จะต้องทานในแต่ละเวลาให้เป็นชุด ๆ ใส่ไว้ในช่องบรรจุก่อนล่วงหน้า เมื่อถึงเวลาที่ต้องทานยา ตัวอุปกรณ์จ่ายยาจะมีการแจ้งเตือนแล้วจัดยาตามที่ตั้งค่าไว้ ส่วนในงานวิจัยของ Ahadani et al. (2012) ได้มีการออกแบบและการสร้างต้นแบบเครื่องจ่ายยา ที่สามารถจ่ายเม็ดยาที่มีคุณลักษณะที่แตกต่างกันได้ เครื่องจ่ายยานี้เหมาะสำหรับการใช้งานของร้านขายยาที่เภสัชกรสามารถเพิ่มหรือลดขนาดได้ เมื่อมีเม็ดยาหลายชนิด อีกทั้งยังมีความสามารถในการทำงานได้โดยอัตโนมัติ ในการนับยาและจ่ายยาเข้าไปในภาชนะบรรจุยา

ทางคณะผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ ที่มีความแม่นยำสูง ใช้งานง่าย ที่สามารถรองรับฟังก์ชั่นได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยเครื่องจ่ายยาอัตโนมัตินี้ มีระบบการทำงานหลักหลาย ๆ ส่วนเช่น ระบบจ่ายเม็ดยา ระบบลำเลียง และระบบตรวจจับเม็ดยา เป็นต้น โดยในบทความนี้ได้อธิบายถึงการพัฒนา

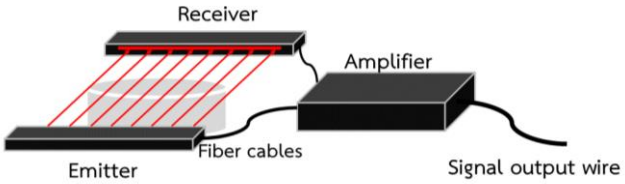
ระบบตรวจจับเม็ดยาเป็นหลัก ซึ่งเป็นระบบที่มีสำคัญต่อความถูกต้องแม่นยำของเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ โดยระบบตรวจจับเม็ดยานี้มีหน้าที่ในการตรวจสอบเม็ดยา ที่ถูกจ่ายมาครั้งละหนึ่งเม็ดจากระบบจ่ายเม็ดยา ก่อนปล่อยเม็ดยานั้นสู่ช่องจ่ายยา ดังที่แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของระบบต่าง ๆ ในเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ

ระบบการตรวจจับเม็ดยา โดยทั่วไปสามารถทำได้หลากหลายวิธี เช่นการตรวจจับโดยใช้การเปลี่ยนแปลงทางน้ำหนัก การตรวจจับวัตถุด้วยการถ่ายภาพ หรือการตรวจจับวัตถุแบบใช้เซ็นเซอร์ มีทั้งแบบสัมผัสและไม่สัมผัส โดยในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยเลือกใช้เซ็นเซอร์แบบไม่สัมผัส เพื่อไม่ให้เม็ดยาเกิดการสัมผัสกับตัวเซ็นเซอร์โดยตรง เซ็นเซอร์แบบไม่สัมผัสมีให้เลือกใช้ได้อย่างหลากหลาย อาทิเช่นใน ระบบจ่ายยาอัตโนมัติ (Automatic tablet dispensing system) ของ Wannaprapa and Phichetjamroen (2001) ได้เลือกใช้เซ็นเซอร์ชนิดใช้แสง (Photo Sensor) ทั้งหมด 2 ชุด ในการตรวจจับความถูกต้องของเม็ดยา ที่ไหลจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง โดยชุดแรกใช้สำหรับนับเม็ดยาครั้งแรกจากจานหมุนเกลี่ยจ่ายยาชุดบน และชุด 2 สำหรับนับเม็ดยาอีกครั้งจากจานหมุนเกลี่ยจ่ายยาชุดล่าง

สำหรับบทความของ Al-Mallahi and Kataoka (2013) ได้อธิบายเกี่ยวกับการประมาณค่าการไหลของมวลของวัตถุ โดยใช้เซ็นเซอร์ใยแก้วนำแสง (Fiber Optic Sensor) มาทำการตรวจจับการไหลของวัตถุ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องส่งสัญญาณแสงและตัวรับสัญญาณแสง รวมถึงเครื่องขยายสัญญาณที่เชื่อมต่อด้วยสายเคเบิลใยแก้วนำแสง ตามที่แสดงในรูปที่ 2



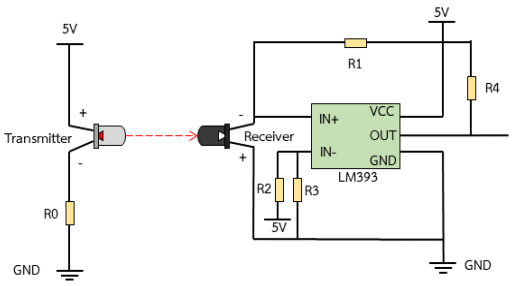
รูปที่ 2 เครื่องส่งสัญญาณแสงและตัวรับสัญญาณรวมถึงเครื่องขยายสัญญาณที่เชื่อมต่อด้วยสายเคเบิลใยแก้วนำแสง

ในงานวิจัยของ Che et al. (2017) ได้นำเอาเทคโนโลยีการตรวจสอบด้วยการตรวจจับอินฟราเรด ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการตรวจสอบแบบโฟโตอิเล็กทริกทั่วไป นำมาออกแบบโดยใช้เซ็นเซอร์อินฟราเรด (Infrared) ชนิดวางไว้ตรงกันข้ามกัน ซึ่งมีตัวส่งสัญญาณที่ใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด ให้สัญญาณอินฟราเรดไปยังตัวรับสัญญาณ เมื่อตัวรับสัญญาณมีการตอบสนองของแสงโฟโต-ไดโอดของตัวรับสัญญาณ จะส่งค่าของสัญญาณออกมา เพื่อตรวจจับวัตถุที่ไหลผ่าน เมื่อมีวัตถุอยู่ระหว่างตัวส่งและตัวรับสัญญาณ ตัวรับสัญญาณจะตรวจเจอวัตถุทำให้ค่าของสัญญาณลดลงและสามารถตรวจจับวัตถุ เพื่อนับจำนวนวัตถุได้โดยที่มีวัตถุไหลผ่านทีละ 1 ชิ้น

ในงานวิจัยของ Karimi et al. (2017) ได้พยายามหาแนวทางในการออกแบบ เพื่อเปรียบเทียบเทคนิคของการตรวจจับแบบไม่สัมผัสของการตรวจจับอัตราการไหลของวัตถุ โดยตรวจสอบอัตราการไหลที่เกิดขึ้นจริง และได้มีการเสนอเทคนิคของการตรวจจับแบบไม่สัมผัส โดยใช้ตัวต้านทานไวแสง (Light Dependent Resistor) ชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด และเลเซอร์ไดโอด (Laser Diode) ผลการศึกษาพบว่าค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (r = 0.87) ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของมวลวัตถุจริงกับแรงดันไฟฟ้าสอดคล้องกันอย่างดีในชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบใช้ตัวต้านทานไวแสงและเลเซอร์ไดโอด จึงได้แนะนำว่าเทคนิคการตรวจจับแบบชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดเป็นเทคนิคการตรวจจับแบบไม่สัมผัสที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการประมาณอัตราการไหลของวัตถุ

ในบทความของ Liu et al. (2019) ได้เลือกชุดตรวจวัดรังสีอินฟราเรดสำเร็จรูป มาใช้ในการทดลองซึ่งประกอบด้วยตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดและตัวรับสัญญาณอินฟราเรด ในแรงดันไฟฟ้าของตัวรับสัญญาณอินฟราเรดนั้นจะสอดคล้องกับความเข้มของแสงอินฟราเรดที่ได้รับ สรุปว่าเมื่อมีวัตถุตัดผ่านจะเกิดการรบกวนสัญญาณอินฟราเรด ทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้เปลี่ยนแปลงไป หน่วย

ประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing Unit (SPU)) ถูกออกแบบมา เพื่อตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าแบบอะนาล็อคของตัวสัญญาณอินฟราเรด ทำให้สามารถระบุสถานะการตัดผ่านของวัตถุได้ โดยแผนภาพวงจรของ SPU แสดงในรูปที่ 3 องค์ประกอบหลักของ SPU มี LM393 เป็นเครื่องมือเปรียบเทียบความแตกต่างโดยหากไม่มีการตัดผ่านของวัตถุ สัญญาณแรงดันไฟฟ้าแบบอะนาล็อกที่พอร์ต IN + จะต่ำกว่าแรงดันอ้างอิงที่พอร์ต IN- ดังนั้น LM393 จะส่งค่าเอาต์พุตระดับต่ำ (Low level) ในทางตรงกันข้ามเมื่อวัตถุตัดผ่านรังสีอินฟราเรด แรงดันอินพุตที่พอร์ต IN + จะสูงกว่าแรงดันอ้างอิง IN- ดังนั้น LM393 จะส่งค่าเอาต์พุตระดับสูง (High level) นั่นคือจะบอกว่าการส่งออกค่าของ SPU สามารถแสดงว่ามีวัตถุตัดผ่านระหว่างชุดตรวจวัดรังสีอินฟราเรดหรือไม่



รูปที่ 3 แผนภาพวงจรสำหรับ SPU

ในงานของ Besharati et al. (2019) พบว่าวัตถุต่าง ๆ มีสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้ใช้งานที่จะสามารถวัดอัตราการไหลของวัตถุได้ เพื่อจุดประสงค์นี้ระบบตรวจจับแสงแบบอินฟราเรด จึงได้รับการพัฒนาขึ้นจะประกอบไปด้วยตัวส่งสัญญาณอินฟราเรดและตัวรับสัญญาณอินฟราเรด ที่วางไว้แบบตรงกันข้ามกัน เมื่อมีวัตถุไหลผ่านค่าของตัวรับสัญญาณอินฟราเรดที่รับแสง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางแรงดันไฟฟ้า เพื่อทำให้เกิดการตอบสนอง โดยวัตถุที่จะนำมาทดสอบมีอยู่ 3 ประเภทคือเมล็ดถั่วเขียว, เมล็ดข้าวสาลี, และเมล็ดหญ้าอัลฟัลฟา วัตถุเหล่านี้มีขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็กตามลำดับ ทำการทดสอบโดยการวัดอัตราการไหลที่ได้จากการประมาณสมบัติทางกายภาพของวัตถุกับแรงดันเซ็นเซอร์ขาออก พบว่าระบบตรวจจับแสงแบบอินฟราเรดสามารถนำไปใช้งานได้

สำหรับในส่วนของการนำเอาระบบการสั่นสะเทือนไปประยุกต์ใช้งาน ในปริญญานิพนธ์ของ Thongkham et al. (2019) ได้เอาระบบการสั่นสะเทือน มาใช้ในการขนถ่ายวัสดุเพื่อนำไปคัดแยก โดยจากผลการทดสอบพบว่าการขนถ่ายวัสดุด้วยระบบการสั่นสะเทือน เพื่อนำไปคัดแยกสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

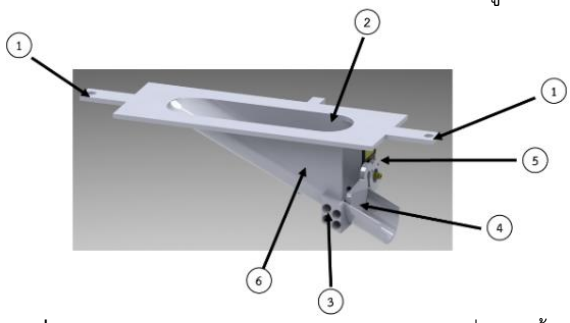
จากการศึกษาเกี่ยวกับเซ็นเซอร์ ที่ใช้ในการตรวจจับพบว่าเซ็นเซอร์อินฟราเรด นั้นมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ มีต้นทุนต่ำมีความน่าเชื่อถือสูงและแม่นยำ และการตรวจจับแบบชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดเป็นเทคนิคการตรวจจับวัตถุแบบไม่สัมผัสที่เหมาะสม อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้กับวัตถุที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน ได้หลายขนาด เนื่องจากเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ เป็นเครื่องจ่ายยาที่ต้องมีความแม่นยำสูงและสามารถจ่ายยาได้หลากหลายรูปแบบที่มีสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน ดังนั้นในบทความนี้จึงเลือกใช้เซ็นเซอร์แบบชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดในการพัฒนาระบบตรวจจับเม็ดยา ซึ่งระบบตรวจจับเม็ดยาที่ได้พัฒนาขึ้นมาสำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติแตกต่างจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น ซึ่งมีความแม่นยำสูงในการตรวจจับเม็ดยาทีละ 1 เม็ด เพราะระบบตรวจจับเม็ดยาต้องตรวจจับเม็ดยาได้ทุกครั้งเมื่อเม็ดยาถูกจ่ายออกมา เพื่อไม่ให้เกิดการผิดพลาดในการจ่ายยาให้กับผู้ใช้งาน อีกทั้งในระบบตรวจจับเม็ดยาได้มีการติดแผ่นกั้นเม็ดยา เพื่อทำให้มั่นใจได้ว่าระบบตรวจจับเม็ดยาสามารถตรวจจับเม็ดยาทุกเม็ดที่จ่ายมา และทำให้ระบบตรวจจับเม็ดยาเกิดการสั่น เพื่อช่วยในการไหลของเม็ดยาได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ระบบตรวจจับเม็ดยาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจจับวัตถุในลักษณะเดียวกันนี้ได้เช่น นำไปตรวจนับชิ้นงานหลังจากการผลิต นำไปตรวจสอบความถูกต้องของวัตถุก่อนที่จะนำไปบรรจุเพื่อจำหน่าย เป็นต้น จากนั้นจึงได้ทำการศึกษาและทดสอบความถูกต้องของการตรวจจับเม็ดยาของระบบที่พัฒนาขึ้น

2.การออกแบบระบบตรวจจับเม็ดยา

2.1 การออกแบบระบบการตรวจจับเม็ดยาสำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ

การออกแบบระบบการตรวจจับเม็ดยา ระบบการตรวจจับเม็ดยาถือว่าเป็นระบบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งของเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ เป็นส่วนที่รับเม็ดยาต่อมาจากระบบจ่ายยามาทีละ 1 เม็ด เพื่อนำเม็ดยาที่ถูกจ่ายมาตรวจสอบความถูกต้องของเม็ดยา โดยใช้ชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดเป็นตัวตรวจจับและนับเม็ดยา ซึ่งในตัวระบบการตรวจจับเม็ดยาถูกออกแบบและสร้างชิ้นงานขึ้นมาเป็นต้นแบบโดยใช้การขึ้นรูปสามมิติจากเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) โดยวัสดุที่นำมาใช้ทดสอบในตัวต้นแบบนั้นขึ้นรูปมาจากพลาสติก PLA (Polylactic Acid) โดยใช้เทคนิคการพิมพ์แบบใช้ Layer Height 0.2 mm, Infill Density 50%, Printing Temperature 210 °C, Print Speed 60 mm/s จากเครื่องพิมพ์สามมิติยี่ห้อ WANHAO

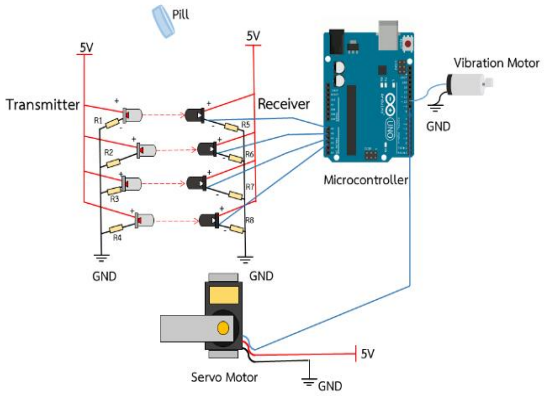
รุ่น Duplicator i3 Plus ซึ่งมีความขรุขระโดยเฉลี่ยของพื้นผิว (Ra) อยู่ที่ 13.16 µm (ทดสอบโดยเครื่อง Mitutoyo Surftest SV-400) สำหรับตัวต้นแบบของระบบตรวจจับเม็ดยา จะมีลักษณะเป็นช่องลาดเอียง เพื่อสำหรับรองรับเม็ดยาที่มาจากระบบจ่ายยา และทำให้เม็ดยาไหลผ่านตามแรงโน้มถ่วงของโลกผ่านช่องลาดเอียงไปยังชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด ในระบบการตรวจจับเม็ดยามีที่ไว้สำหรับติดตั้งชุดเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ที่ต่อกับแผ่นกั้นเม็ดยา ช่องสำหรับติดตั้งชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด ที่มีตัวส่งสัญญาณกับตัวรับสัญญาณที่วางไว้ตรงกันข้ามกัน และตำแหน่งที่ติดตั้งมอเตอร์สั่น (Vibration Motor) เพื่อช่วยให้เม็ดยาไหลได้ดียิ่งขึ้น โดยส่วนประกอบระบบตรวจจับเม็ดยา แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ส่วนประกอบของระบบการตรวจจับเม็ดยาแบบที่พัฒนาขึ้น

การอธิบายหมายเลขที่กำกับไว้สำหรับระบบการตรวจจับเม็ดยาดังนี้ หมายเลข 1 คือ รูที่มีไว้สำหรับใส่น็อตยึดเข้ากับตัวเครื่อง เพื่อให้สามารถถอดประกอบได้ง่าย หมายเลข 2 คือ ส่วนช่องลาดเอียง ที่สำหรับรองรับเม็ดยา และเป็นส่วนที่นำเม็ดยาไปยังเซ็นเซอร์ตรวจจับเม็ดยา หมายเลข 3 คือ ส่วนที่ติดตั้งชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดเพื่อตรวจจับเม็ดยา ชุดที่ 1-4 หมายเลข 4 คือ แผ่นกั้นเม็ดยา เพื่อให้เซ็นเซอร์ตรวจจับเม็ดยาได้ตรวจจับเม็ดยา หมายเลข 5 คือ เซอร์โวมอเตอร์เพื่อเปิด-ปิดแผ่นกั้นเม็ดยา หมายเลข 6 คือ ตำแหน่งที่ติดตั้งมอเตอร์สั่น

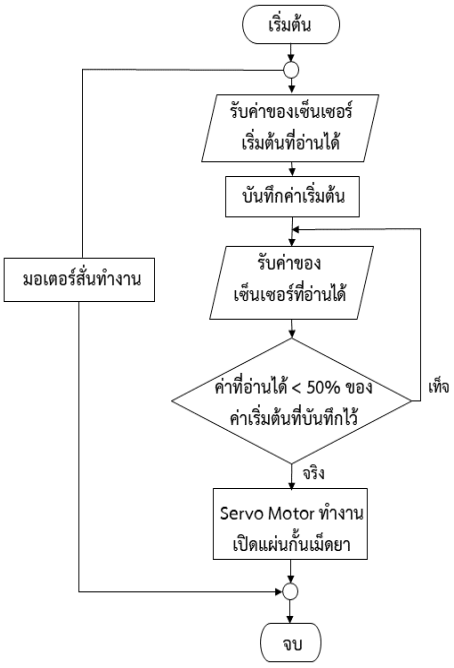
ในส่วนวงจรของระบบตรวจจับเม็ดยา จะมีชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด ที่มีตัวรับ-ตัวส่งวางไว้ตรงกันข้ามกันอยู่ 4 ชุด มีวงจรชุดเซอร์โวมอเตอร์ ที่ต่อกับแผ่นกั้นเม็ดยาและมีวงจรมอเตอร์สั่นสำหรับช่วยกระตุ้นให้เม็ดยาไหลได้ดีแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 วงจรการทำงานของระบบตรวจจับเม็ดยา

หลักการทำงานของระบบการตรวจจับเม็ดยา

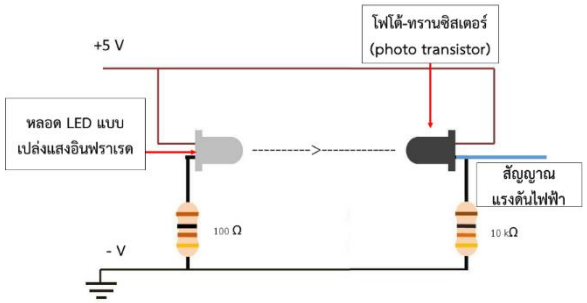
เบื้องต้นเซ็นเซอร์ตรวจจับเม็ดยาจะทำการอ่านค่าสัญญาณเริ่มต้นแล้วทำการบันทึกค่าไว้ หลังจากที่เม็ดที่ใช้ในการทดสอบถูกจ่ายมาจากระบบจ่ายยา เม็ดยาจะถูกส่งมายังระบบการตรวจจับเม็ดยา โดยไหลผ่านช่องลาดเอียงที่รองรับเม็ดยา เม็ดยาจะไหลมาหยุดที่ตรงแผ่นกั้นเม็ดยา เพื่อทำให้ชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดรับค่าสัญญาณที่เปลี่ยนไปจากค่าเริ่มต้น จึงสามารถตรวจจับเม็ดยาได้ เมื่อชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด ตรวจจับเม็ดยาได้จะสั่งให้ตัวเซอร์โวมอเตอร์ยกแผ่นกันขึ้น เพื่อให้เม็ดยาไหลออกจากระบบการตรวจจับเม็ดยา ระหว่างการทำงานทั้งหมดมอเตอร์สั่นจะทำงานตลอดต่อเนื่อง เพื่อช่วยกระตุ้นให้เม็ดยาไหลผ่านได้ดี ตั้งแต่เม็ดยาไหลเข้าระบบการตรวจจับเม็ดยาและไหลออกจากระบบการตรวจจับเม็ดยา ดังแสดงในรูป 6 ซึ่งในระบบรวมของเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ ได้มีการตรวจสอบความพร้อมของการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดในเครื่องจ่ายยา หากมีอุปกรณ์ใดที่มีความผิดปกติ ระบบจะมีการแจ้งเตือนไปยังจอแสดงผลให้ผู้ใช้งานทราบเช่น หากระบบตรวจพบว่ามีเซ็นเซอร์อินฟราเรดตัวใดตัวหนึ่งมีค่าสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปจากระดับสัญญาณปกติ ระบบจะทำการแจ้งเตือนไปยังจอแสดงผล เพื่อให้ทำการแก้ไขเพื่อป้องกันการผิดพลาดในการจ่ายยาให้กับผู้ใช้งาน หรือในกรณีที่เซ็นเซอร์ตรวจจับเม็ดยาได้แต่แผ่นเปิด-ปิดไม่ทำงาน หรือเมื่อมีคำสั่งให้แผ่นเปิดออกแต่แผ่นไม่เปิดตามคำสั่ง ระบบจะมีการแจ้งเตือนไปยังจอแสดงผลว่าการอุปกรณ์มีการทำงานผิดพลาด เป็นต้น



รูปที่ 6 หลักการทำงานของระบบการตรวจจับเม็ดยา

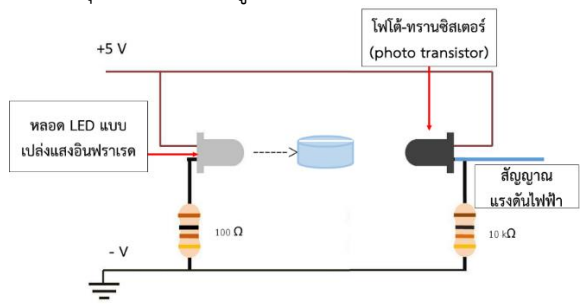
2.2 เซ็นเซอร์อินฟราเรด

ชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดคือเซ็นเซอร์ชนิดนี้อาศัยหลักการทำงานโดยมีตัวส่งแสงและตัวรับแสง ที่มีส่วนประกอบหลัก ๆ มีอยู่ 2 ส่วนคือ ตัวส่งแสง (Emitter) และตัวรับแสง (Receiver) ลักษณะของการเกิดการตรวจจับเกิดขึ้นจากการที่แสงที่เกิดจากตัวส่งถูกส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุ ส่งผลให้ตัวรับแสงรับรู้ถึงสภาวะที่เกิดขึ้น และเกิดเปลี่ยนแปลงของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งาน อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับแสงนิยมนำมาใช้งานคือโฟโต้ไดโอด (Photo Diode) หรือเรียกอีกอย่างว่าโฟโต้-ทรานซิสเตอร์ (Photo-Transistor) สำหรับตัวส่งแสงนั้นโดยทั่วไปใช้ LED (Light Emitting Diode) LED แบบเปล่งแสงอินฟราเรด มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910-950 nm และไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ระบบการตรวจจับเม็ดยาสำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่มีตัวส่งสัญญาณกับตัวรับสัญญาณจะถูกนำมาวางไว้ในด้านที่ตรงกันข้ามกัน ดังรูปที่ 7



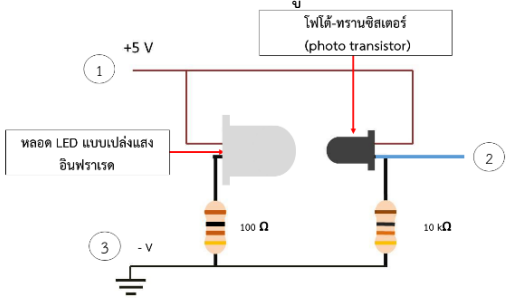
รูปที่ 7 ชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่มีตัวส่งสัญญาณกับตัวรับสัญญาณ

เมื่อมีเม็ดยาไหลมาตัดขวาง จะทำให้สัญญาณของตัวรับเกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต และนำค่าสัญญาณไปใช้ในการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งในระบบการตรวจจับเม็ดยาสำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดจะถูกติดตั้งทั้งหมด 4 ชุด เพื่อให้ความถูกต้องแม่นยำในการตรวจจับเม็ดยา



รูปที่ 8 เมื่อเม็ดยาตัดขวางทำให้สัญญาณของตัวรับเกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุต ทำให้สัญญาณไฟฟ้าลดลง

วงจรการทำงานของชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่ใช้ในระบบการตรวจจับเม็ดยาสำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติหนึ่งชุดประกอบด้วยตัวส่งแสง คือหลอด LED แบบเปล่งแสงอินฟราเรดขนาด 5 มิลลิเมตร เพื่อเป็นตัวส่งสัญญาณแสง สำหรับตัวรับแสง คือหลอดโฟโต้-ทรานซิสเตอร์ ขนาด 3 มิลลิเมตร เป็นตัวรับสัญญาณ ตัวต้านทานขนาด 100 Ω ต่อเข้ากับหลอด LED แบบเปล่งแสงอินฟราเรด และตัวต้านทานขนาด 10 kΩ ต่อเข้ากับหลอดโฟโต้-ทรานซิสเตอร์ การต่อวงจร แสดงดังรูป 9



รูปที่ 9 วงจรทำงานของชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด 1 ชุด

การอธิบายหมายเลขสำหรับวงจรการทำงานของชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด หมายเลข 1 คือไฟกระแสตรง 5 โวลต์ จ่ายเข้าในวงจรการทำงานของชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด หมายเลข 2 คือกระแสสัญญาณของตัวรับ ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต หมายเลข 3 คือขั้วลบของวงจร

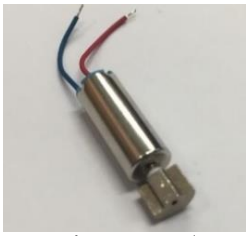
2.3 เซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าแบบหนึ่งที่ใช้ในการหมุนตัวขับ (Actuator) ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ด้วยความแม่นยำ โดยใช้สัญญาณพัลส์ เพื่อกำหนดตำแหน่งในการหมุน ในระบบตรวจจับเม็ดยาสำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ จะใช้เซอร์โวมอเตอร์ แสดงดังรูปที่ 10 ใช้เป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิดแผ่นกั้นเม็ดยา เพื่อให้เซ็นเซอร์ตรวจจับเม็ดยาได้ตรวจจับเม็ดยา หลักการทำงานคือเมื่อไม่มีเม็ดยาตัดผ่านเซ็นเซอร์อินฟราเรด แผ่นกั้นเม็ดยาจะปิดลงมา และเมื่อเม็ดยาตัดผ่านเซ็นเซอร์อินฟราเรด แผ่นกั้นเม็ดยาจะเปิดขึ้น เพื่อให้เม็ดยาไหลออกจากระบบตรวจจับเม็ดยา

รูปที่ 10 เซอร์โวมอเตอร์

2.4 มอเตอร์สั่น

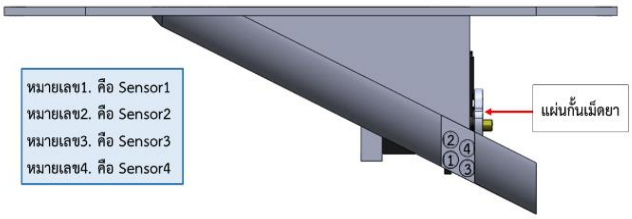
มอเตอร์สั่น เป็นตัวให้กำเนิดแรงเหวี่ยงโดยใช้หลักการแรงเหวี่ยงหนีศูนย์แสดงดังรูปที่ 11 มอเตอร์สั่นช่วยทำให้ช่องสำหรับรองรับเม็ดยา และส่วนที่นำเม็ดยาไปยังเซ็นเซอร์ตรวจจับเม็ดยาเกิดการสั่น เพื่อช่วยให้เม็ดยาเกิดการเคลื่อนที่ได้ดีขึ้น หลักการทำงานของมอเตอร์สั่นในระบบตรวจจับเม็ดยาสำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ จะทำงานเมื่อระบบจ่ายเม็ดยามายังระบบตรวจจับเม็ดยาหลังจากที่เม็ดยาออกจากระบบตรวจจับเม็ดยามอเตอร์สั่นจะหยุดทำงาน



รูปที่ 11 มอเตอร์สั่น

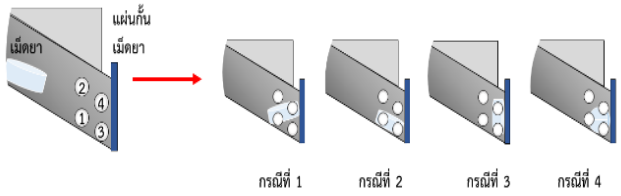
2.5 การติดตั้งชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด

ตำแหน่งการติดตั้งชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด มีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับระบบตรวจจับเม็ดยา เพราะเซ็นเซอร์อินฟราเรดจะสามารถตรวจจับเม็ดยาได้ต้องมีเม็ดยามาขัดขวางสัญญาณของตัวรับสัญญาณ ดังนั้นการวางตำแหน่งของเซ็นเซอร์อินฟราเรดจะต้องทำการวางแบบ Array ทั้งหมดจำนวน 4 ชุด ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ตำแหน่งการวางของเซ็นเซอร์อินฟราเรดจำนวนทั้ง 4 ชุด

การติดตั้งชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด ทั้ง 4 ชุด ในระบบตรวจจับเม็ดยาแบบนี้ เพื่อให้ชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดสามารถตรวจจับเม็ดยาที่ตกลงมาและหยุดในกรณีต่าง ๆ เนื่องจากธรรมชาติของการตกแบบอิสระของเม็ดยา มีความเป็นไปได้ในหลายกรณี ซึ่งการที่เม็ดยามาหยุดที่ชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดมีลักษณะการหยุดที่ไม่แน่นอน เพราะฉะนั้นการติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรด แบบ Array ทั้ง 4 ชุด จะเป็นการเพิ่มความน่าจะเป็นที่จะสามารถตรวจจับเม็ดยาได้ทุกครั้ง ที่มีเม็ดยามาตัดเซ็นเซอร์อินฟราเรด จะยกตัวอย่างกรณีเม็ดยาตกมาหยุดที่ชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด ดังรูปที่ 13

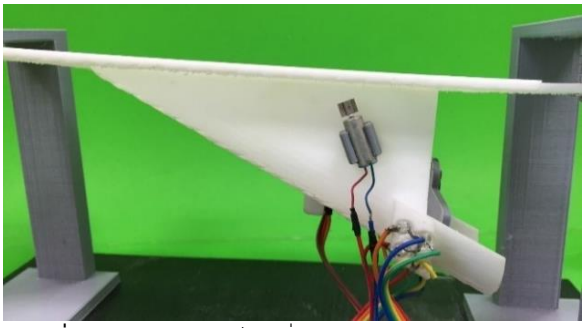


รูปที่ 13 การยกตัวอย่างกรณีเม็ดยามาหยุดตกที่ชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรด

3.วิธีการทดลอง

ในการออกแบบการทดลองจะทำการศึกษาเม็ดยา ที่นำมาใช้เป็นตัวอย่างในการทดลอง และมีการเก็บข้อมูลทางกายภาพของเม็ดยา ก่อนที่จะได้นำเม็ดยาที่ศึกษาไปทำการทดสอบกับระบบตรวจจับเม็ดยา ในการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของระบบตรวจจับเม็ดยา ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติเกี่ยวกับแรงเสียดทานระหว่างเม็ดยาแต่ละชนิดกับพื้นผิวของวัสดุ ที่นำมาทำตัวต้นแบบระบบตรวจจับเม็ดยา จากนั้นได้ทำการทดสอบผลของมุมเอียงต่อการไหลของเม็ดยาต่าง ๆ เนื่องจากเม็ดยาจะต้องไหลผ่านได้ดีในระบบตรวจจับเม็ดยา เพื่อป้องกันเม็ดยาเกิดการติดขัดในระบบ

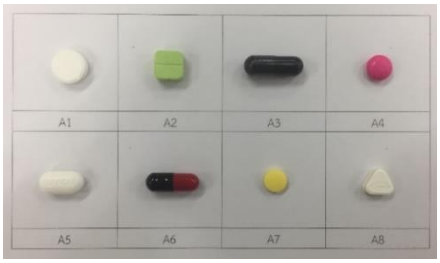
ตรวจจับเม็ดยา และทำการทดสอบเพิ่มเติม เพื่อวิเคราะห์ว่าการติดตั้งมอเตอร์สั่นส่งผลต่อการไหลของเม็ดยาชนิดต่าง ๆ อย่างไร จากนั้นทำการทดสอบการอ่านค่าสัญญาณของเซ็นเซอร์อินฟราเรดว่าค่าที่อ่านได้เมื่อไม่มีวัตถุ (เม็ดยา) มาขวางระหว่างเซ็นเซอร์ตัวรับ-ตัวส่ง จะส่งผลอย่างไรและเมื่อมีวัตถุ (เม็ดยา) มาขวางระหว่างเซ็นเซอร์ตัวรับ-ตัวส่ง จะส่งผลอย่างไร เพื่อนำผลที่ได้ดังกล่าวเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจค่าเซ็นเซอร์ตรวจจับเม็ดยา และเมื่อได้เกณฑ์การตัดสินใจให้เซ็นเซอร์ตรวจจับเม็ดยา จะได้มีการทดสอบประสิทธิภาพรวมของระบบตรวจจับเม็ดยา ดังรูปที่ 14 แสดงระบบตรวจจับเม็ดยาที่นำมาใช้ในการทดสอบจริง



รูปที่ 14 ระบบตรวจจับเม็ดยาที่นำมาใช้ในการทดสอบจริง

3.1 เม็ดยา

เม็ดยาที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้มีอยู่ 8 รูปแบบที่มีคุณลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันออกไป เพื่อให้เกิดความหลากหลายในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจจับเม็ดยา ดังรูปที่ 15 เม็ดยาที่มีขนาดความกว้างน้อยที่สุดคือ A6 มีขนาด 6.88±0.00 มิลลิเมตร มีความยาวมากที่สุดคือ A1 มีขนาด 12.16±0.00 มิลลิเมตร เม็ดยาที่มีขนาดความยาวน้อยที่สุดคือ A7 มีขนาด 8.12±0.00 มิลลิเมตร มีความยาวมากที่สุดคือ A3 มีขนาด 21.21±0.09 มิลลิเมตร เม็ดยาที่มีขนาดความสูงน้อยที่สุดคือ A7 มีขนาด 3.18±0.00 มิลลิเมตร มีความสูงมากที่สุดคือ A3 มีขนาด 7.66±0.00 มิลลิเมตร เม็ดยาที่มีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ A7 มีน้ำหนัก 0.1641±0.00 กรัม มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุดคือ A2 มีน้ำหนัก 0.6051±0.00 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 1



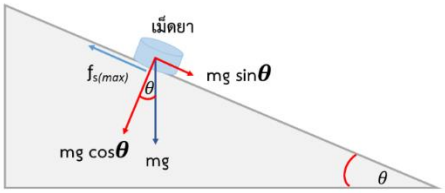
รูปที่ 15 คุณลักษณะทางกายภาพของเม็ดยาที่ใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 1 ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของเม็ดยาที่ใช้ในการศึกษา

เม็ดยา	กว้าง (mm)	ยาว (mm)	สูง (mm)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)
A1	12.16±0.00	12.16±0.00	4.52±0.06	0.5755±0.01
A2	10.30±0.00	10.30±0.00	5.00±0.00	0.6051±0.00
A3	7.66±0.00	21.20±0.09	7.66±0.00	0.3741±0.01
A4	9.20±0.00	9.20±0.00	5.00±0.00	0.3067±0.01
A5	8.14±0.00	14.84±0.00	6.10±0.00	0.5664±0.00
A6	6.88±0.00	19.15±0.02	6.88±0.00	0.4152±0.01
A7	8.12±0.00	8.12±0.00	3.18±0.00	0.1641±0.00
A8	9.20±0.00	10.16±0.00	4.30±0.00	0.4493±0.01

3.2 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (μ_s)

การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างเม็ดยาแต่ละชนิดกับระบบตรวจจับเม็ดยา เนื่องจากระบบตรวจจับเม็ดยาเป็นส่วนที่รองรับเม็ดยามาจากระบบจ่ายยา เม็ดยาที่มาจะต้องไหลตามแนวเอียงของระบบตรวจจับเม็ดยา เมื่อเม็ดยาไหลผิวสัมผัสระหว่างเม็ดยากับระบบตรวจจับเม็ดยา จะเกิดแรงเสียดทานตามแนวเอียง ซึ่งมีแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นตัวกระทำกับน้ำหนักของเม็ดยา ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 แผนภาพการตกอิสระของเม็ดยาบนพื้นเอียง

แรงเสียดทานจะเป็นแรงที่มาต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่แบบไถลผ่านกัน แรงเสียดทานจะมีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมอ แรงเสียดทานสถิต (Static friction) เขียนแทนด้วย f_s เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะที่วัตถุอยู่นิ่งหรือวัตถุเริ่มมีการเคลื่อนที่ โดยขณะที่วัตถุเริ่มจะเคลื่อนที่จะเรียกแรงเสียดทานขณะนั้นว่า แรงเสียดทานสถิตที่มากที่สุด (limiting friction) เขียนแทนด้วย $f_{s(max)}$ เมื่อวัตถุอยู่นิ่ง ๆ $f_{s(\text{ขณะใด ๆ})}$ จะมีค่าเท่ากับแรงฉุด (F) ขณะนั้น แต่เมื่อวัตถุเริ่มมีการเคลื่อนที่จะทำให้ $f_{s(max)}$ มีค่าเท่ากับ $\mu_s N$ ในวัตถุที่เคลื่อนที่บนพื้นเอียง แรงฉุด (F) ที่มากระทำกับวัตถุมีค่า $F = mg\sin\theta$

เมื่อ $F < f_{s(max)}$

จะสามารถสรุปได้ว่าวัตถุจะไม่เคลื่อนที่ (อยู่นิ่ง ๆ)

เมื่อ $F = f_{s(max)}$

สามารถสรุปได้ว่าวัตถุจะเริ่มเคลื่อนที่
และเมื่อ $F > f_{s(max)}$
จะสามารถสรุปได้ว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ไปได้
ในการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจะทำการทดสอบโดยการวางวัตถุจากหยุดนิ่งแล้วทำการปรับองศามุมเอียงกับแนวระดับ (θ) ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งวัตถุเริ่มมีการเคลื่อนที่

ดังนั้น $$F = f_{s(max)} \quad (1)$$
ถ้า $$F = mg\sin\theta \quad (2)$$
ดังนั้น $$f_{s(max)} = mg\sin\theta \quad (3)$$

โดยที่

F = แรงฉุด (N)
$f_{s(max)}$ = แรงเสียดทานสถิตที่มากที่สุด (N)
m = มวลของเม็ดยา (kg)
g = แรงโน้มถ่วงของโลก (g = 9.81 m/sec^2)
θ = มุมเอียงกับแนวระดับ (°)

ขณะที่แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส N คำนวณได้จากสมการ

$$N = mg\cos\theta \quad (4)$$

โดยที่

N = แรงปฏิกิริยาที่ผิวสัมผัส

จากสมการแรงเสียดทานวัตถุเริ่มจะเคลื่อนที่

$$f_{s(max)} = \mu_s N \quad (5)$$

โดยที่

μ_s = ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานแทนสมการที่ (3) และสมการที่ (4) ลงในสมการที่ (5) จะได้

$$\mu_s = \frac{f_{s(max)}}{N} \quad (6)$$

ดังนั้นจะได้

$$\mu_s = \frac{mg\sin\theta}{mg\cos\theta} \quad (7)$$

หรือว่า

$$\mu_s = \tan\theta \quad (8)$$

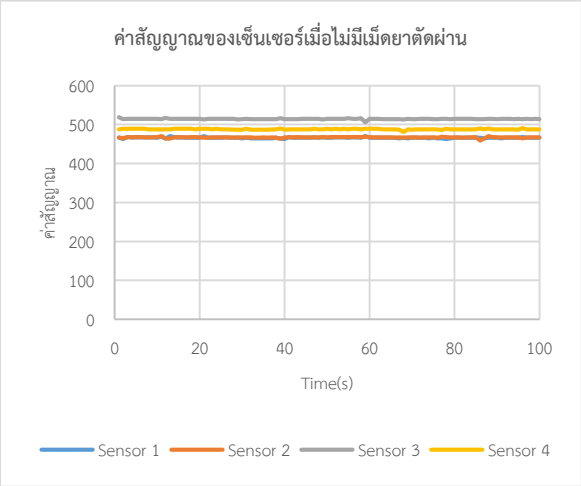
3.3 การทดสอบความชันที่มีผลต่อการไหลของเม็ดยา

การทดสอบความชันที่มีผลต่อการไหลของเม็ดยาของระบบตรวจจับเม็ดยา จะทำการทดสอบกับเม็ดยาตัวอย่างแต่ละชนิดกับระบบตรวจจับเม็ดยา ที่องศามุมเอียงกับแนวระดับ ในมุมต่าง ๆ โดยเริ่มการทดสอบมุมเอียงตั้งแต่ 20 องศา และเพิ่มขึ้นทีละ 5 องศา จนถึงมุมเอียง 40 องศา ทดสอบกับเม็ดยาตัวอย่างทั้งหมด 8 ชนิด โดยทำการทดสอบโดยการนำเม็ดยาตัวอย่างแต่ละชนิดที่กำหนดมาทำการสุ่มวางที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบตรวจจับเม็ดยาเพื่อสังเกตพฤติกรรมของเม็ดยา ว่าสามารถไหลตามระดับมุมเอียงของแต่ละองศาส่งเป็นอย่างไร ในขั้นตอนการทดสอบความชันที่มีผลต่อการไหลของเม็ดยา จะปล่อยให้เม็ดยาไหลอย่างอิสระในระบบตรวจจับเม็ดยาโดยที่ไม่ใช้มอเตอร์สั่นเป็นตัวช่วยในการไหล หลังจากที่ทำการทดสอบเสร็จ จึงได้ทำการทดสอบเพิ่มโดยการทดสอบนี้ จะมีการทำการทดสอบเหมือนการทดสอบข้างต้น แต่มีการใช้มอเตอร์สั่นเป็นตัวช่วยกระตุ้นที่จะทำให้เม็ดยาไหลได้ดีขึ้น และนำผลการทดสอบทั้งสองรูปแบบมาเปรียบเทียบกัน

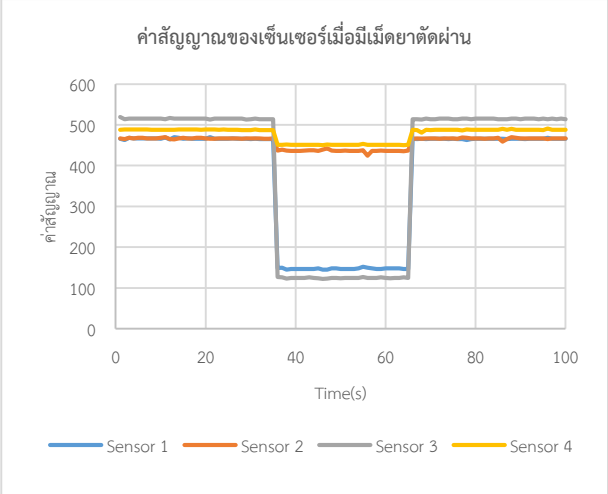
3.4 การทดสอบการอ่านค่าสัญญาณของเซ็นเซอร์อินฟราเรด

ลักษณะของการตรวจจับที่เกิดขึ้นจากแสงของตัวส่ง ส่งผลให้ตัวรับแสงรับรู้ถึงสภาวะที่เกิดเปลี่ยนแปลงของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งาน ซึ่งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Arduino ในส่วนของพอร์ตอนาล็อกอินพุต (Analog Input) แต่ละพอร์ตมีความละเอียดขนาด 10 บิต โดยจะสามารถแบ่งระดับความแตกต่างได้ทั้งหมด 1,024 ค่า เริ่มต้นจากแรงดัน 0 โวลต์ ไปจนถึงระดับ 5 โวลต์ ดังนั้นในการทดสอบนี้จึงได้ทำการบันทึกค่าของเซ็นเซอร์ที่วัดได้เป็นค่าระดับความแตกต่างจาก 0-1,024 ซึ่งมาจากการแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากตัวเซ็นเซอร์จาก 0 โวลต์ – 5 โวลต์ ฉะนั้นเมื่อไม่มีวัตถุ (เม็ดยา) มาขวางกั้นระหว่างตัวรับสัญญาณและตัวส่งสัญญาณ จะส่งผลให้ตัวรับแสงสามารถรับค่าได้ค่าหนึ่ง ยกตัวอย่างเซ็นเซอร์ 1 ที่อ่านค่าสัญญาณมากที่สุดได้ที่ 470 หรือประมาณ 2.3 โวลต์ ในรูปที่ 17 จากรูปแสดงให้เห็นว่าเซ็นเซอร์อินฟราเรด แต่ละชุดจะอ่านค่าสัญญาณออกมาได้ในค่าต่าง ๆ คงที่ แต่เมื่อมีวัตถุ (เม็ดยา) มาไหลผ่านมาขวางกั้น จะทำให้ตัวรับแสงรับค่าได้ลดลงดัง แสดงในรูปที่ 18 จะเห็นได้ว่าค่าของสัญญาณเซ็นเซอร์มีค่าลดลงเมื่อมีวัตถุ (เม็ดยา) มาขวางกั้นระหว่างตัวรับสัญญาณและตัวส่งสัญญาณ จากการที่เกิดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณทางไฟฟ้า สามารถนำค่าที่เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้ นำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจจับเม็ดยา จากค่าเริ่มต้นที่เซ็นเซอร์อ่านค่าได้ในช่วงที่ไม่มีวัตถุ (เม็ดยา) ตัดผ่านและนำค่าที่ได้มาเป็นตัวเปรียบเทียบ สำหรับค่าที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีเม็ดยาตัดผ่าน โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากค่าที่อ่านได้เริ่มต้น เกณฑ์การตัดสินใจในการตรวจจับเม็ดยาอยู่ที่ 50% ของค่าเริ่มต้น ยกตัวอย่างค่าเริ่มต้นของเซ็นเซอร์ 1 อ่านค่าสัญญาณเริ่มต้นอ่านได้ 467 หรือประมาณ 2.28 โวลต์ ที่ 50% ของค่าสัญญาณเริ่มต้นที่นำมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจในตรวจจับเม็ดยาคือ 233.5 หรือประมาณ 1.14 โวลต์ เป็นต้น สำหรับการทดสอบจะทำโดยการจ่ายเม็ดยา ที่ใช้ในการทดสอบทั้ง 8 ชนิดจำนวน 3 รอบ เพื่อดูพฤติกรรมของเซ็นเซอร์ในการตรวจจับเม็ดยาแต่ละชนิดดังแสดง

ในรูปที่ 18 จากรูปแสดงผลการทดสอบสังเกตได้ว่าเม็ดยา แต่ละชนิดที่เซ็นเซอร์อินฟราเรดทั้ง 4 ชุด ตรวจจับเม็ดยาได้ แต่ละชุดจะตรวจจับเม็ดยาได้ไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะพฤติกรรมการตกของเม็ดยา การทดสอบนี้จะนำไปเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจให้เซ็นเซอร์อินฟราเรดเป็นตัวกำหนดในการตรวจจับเม็ดยา



รูปที่ 17 ค่าสัญญาณของเซ็นเซอร์เมื่อไม่มีเม็ดยาตัดผ่าน



รูปที่ 18 ค่าสัญญาณของเซ็นเซอร์เมื่อมีเม็ดยาตัดผ่าน

3.5 การทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบตรวจจับเม็ดยา

การทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบตรวจจับเม็ดยา หลังจากได้ค่าความเอียงที่เหมาะสมต่อการไหล ของเม็ดยาทุกชนิดรวมถึงการใช้มอเตอร์สั่นเป็นตัวกระตุ้นให้เม็ดยาไหลผ่านได้ดี และจากการตัดสินใจจากเซ็นเซอร์อินฟราเรดเป็นตัวกำหนดในการตรวจจับเม็ดยา ทำการทดลองโดยการปล่อยเม็ดยาทีละ 1 เม็ดเข้าสู่ระบบตรวจจับเม็ดยา เมื่อเม็ดยาไหลผ่านมาถึงตัวเซ็นเซอร์จะมีแผ่นกั้นเม็ดยาไว้ก่อน หลังจากที่ชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดชุดใดชุดหนึ่งสามารถตรวจจับเม็ดยาได้ เซอร์โวมอเตอร์จะเปิดตัวแผ่นกั้นเม็ดยาขึ้น เพื่อให้เม็ดยาออกจากระบบตรวจจับเม็ดยา ในการทดสอบนั้นจะทดสอบกับเม็ดยาแต่ละชนิดอย่างละ 100 รอบ เพื่อหาประสิทธิภาพของการตรวจจับของระบบตรวจจับเม็ดยา

4.ผลลัพธ์และการอภิปราย

4.1 ผลการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

จากการทดสอบและได้คำนวณผลจากการทดสอบ ได้ผลดังที่แสดงในตารางที่ 2 การหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานหาได้จากองศามุมเอียงกับแนวระดับ ที่ทำให้เม็ดยาเริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง พบว่าเม็ดยาชนิด A4 ได้มีการเริ่มเคลื่อนที่ไหลผ่านระบบตรวจจับเม็ดยาที่มุม 25 องศา ในส่วนของเม็ดยาชนิด A1 A2 A5 A6 และ A7 ได้มีการเริ่มเคลื่อนที่ไหลผ่านระบบตรวจจับเม็ดยาที่มุม 30 องศา และเม็ดยาชนิด A3 และ A8 ได้มีการเริ่มเคลื่อนที่ไหลผ่านระบบตรวจจับเม็ดยาที่มุม 35 องศา ส่วนค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ทดสอบและคำนวณตามสมการ ได้ค่าที่น้อยสุดคือ 0.47 และค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่มากที่สุดคือ 0.70

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ได้จากมุมที่ทำให้เม็ดยาเริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง

เม็ดยา	Degree (°)	tan (θ)	μ_s
A1	30	0.58	0.58
A2	30	0.58	0.58
A3	35	0.70	0.70
A4	25	0.47	0.47
A5	30	0.58	0.58
A6	30	0.58	0.58
A7	30	0.58	0.58
A8	35	0.70	0.70

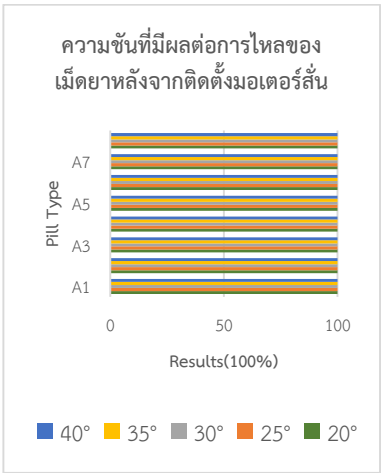
4.2 ผลของการทดสอบความชันที่มีผลต่อการไหลของเม็ดยา

รูปที่ 19 แสดงผลการทดสอบความชันที่มีผลต่อการไหลของเม็ดยา ค่าที่แสดงผล (Results 100%) คือเม็ดยาทุกเม็ดที่ทำการทดสอบสามารถไหลผ่านออกจากระบบตรวจจับเม็ดยาที่ความชันองศานั้น ๆ ได้ ค่าอื่น ๆ ที่ไม่ถึง 100% จะเป็นค่าของจำนวนเม็ดยา ที่บางส่วนสามารถไหลผ่านออกจากระบบตรวจจับเม็ดยาที่ความชันระดับต่าง ๆ ได้ ซึ่งในการทดสอบจะมีบางเม็ดยาที่ยังติด

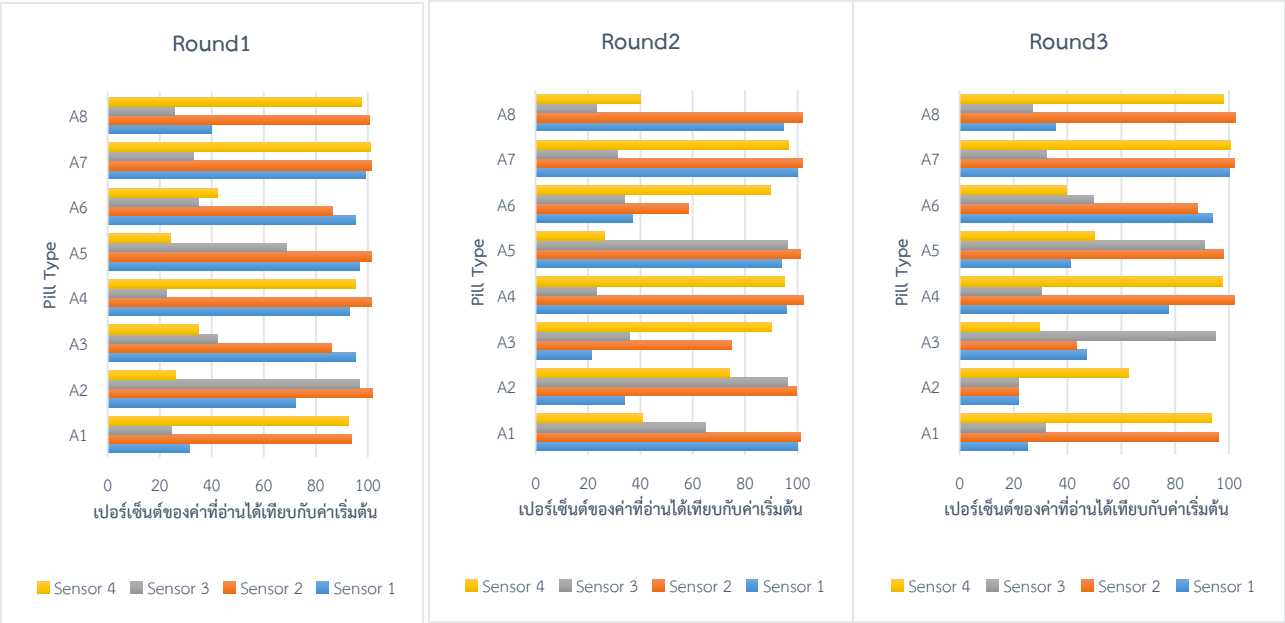
อยู่และไม่ไหลออก โดยในการทดสอบนั้นจะทำการสุ่มวางเม็ดยาในตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบตรวจจับเม็ดยา ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่องศามุมเอียงกับแนวระดับ 20 องศาไม่มีเม็ดยาชนิดใดสามารถไหลออกจากระบบตรวจจับเม็ดยาได้เลย ที่องศามุมเอียงกับแนวระดับ 25 องศา มีเพียงเม็ดยา A3, A4 และ A6 ที่สามารถไหลผ่านออกจากระบบตรวจจับเม็ดยาได้บางส่วน ที่องศามุมเอียงกับแนวระดับ 30 องศา เม็ดยาบางส่วนของเกือบทุกชนิดสามารถไหลผ่านตามความชันนี้ได้ และเห็นว่าเม็ดยาชนิด A6 สามารถไหลผ่านออกได้ทุกเม็ด แต่เม็ดยาชนิด A8 ไม่สามารถไหลผ่านได้เลย และที่ระดับองศามุมเอียง 35 องศา พบว่าเม็ดยาทุกชนิดสามารถไหลได้บางส่วน โดยมีชนิด A1, A3 และ A4 ที่ไหลออกไปได้ทั้งหมด ที่ระดับองศามุมเอียงกับแนวระดับ 40 องศา พบว่าเม็ดยาเกือบทุกชนิดสามารถไหลผ่านออกจากระบบตรวจจับเม็ดยาได้ทั้งหมด ยกเว้นยาชนิด A8 เท่านั้นที่สามารถไหลออกได้บางส่วน

รูปที่ 19 ค่าความชันที่มีผลต่อการไหลของเม็ดยา

เนื่องจากผลการทดสอบที่ผ่านมาในรูปที่ 19 แสดงให้เห็นว่าเม็ดยาแต่ละชนิด ยังไม่สามารถไหลผ่านออกมาจากระบบตรวจจับเม็ดยาได้ทั้งหมด จึงได้มีการติดตั้งมอเตอร์สั่น เพื่อเป็นตัวช่วยกระตุ้นให้เม็ดยาสามารถไหลผ่านได้ดียิ่งขึ้น ในระบบตรวจจับเม็ดยา จากนั้นได้ทดสอบปล่อยเม็ดยาที่จะทำการทดสอบที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของระบบตรวจจับเม็ดยา ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 20 ผลการทดสอบสามารถทำให้เห็นได้ชัดเจน ว่าหลังจากที่มีการติดตั้งมอเตอร์สั่นแล้ว เม็ดยาทุกเม็ดของเม็ดยาทุกชนิดสามารถไหลผ่านได้ดีมาก ในระบบตรวจจับเม็ดยา ตั้งแต่ค่าองศามุมเอียงกับแนวระดับ 20 องศารวมทั้งค่าความชันระดับอื่น ๆ ที่มากกว่า โดยเม็ดยาทุกเม็ดสามารถไหลผ่านระบบได้



รูปที่ 20 ค่าความชันที่มีผลต่อการไหลของเม็ดยาหลังจากติดตั้งมอเตอร์สั่น



รูปที่ 21 ผลการทดสอบการอ่านค่าสัญญาณของเซ็นเซอร์อินฟราเรด

ผลจากการทดสอบความชันที่มีผลต่อการไหลของเม็ดยาทั้งสองรูปแบบ ที่มีการปล่อยเม็ดยาลงสู่ระบบตรวจจับเม็ดยาแบบไม่มีมอเตอร์สั่นช่วย เปรียบเทียบกับการปล่อยเม็ดยาลงสู่ระบบตรวจจับเม็ดยาแบบมีมอเตอร์สั่นช่วย ทำให้สามารถเห็นความแตกได้อย่างชัดเจน ว่าการที่มีมอเตอร์สั่นช่วยทำให้เม็ดยาไหลผ่านระบบตรวจจับเม็ดยาได้ดี เพราะการเขย่าจะเป็นการช่วยกระตุ้นให้เม็ดยาไหลผ่านในทางลาดชันได้ดียิ่งขึ้น

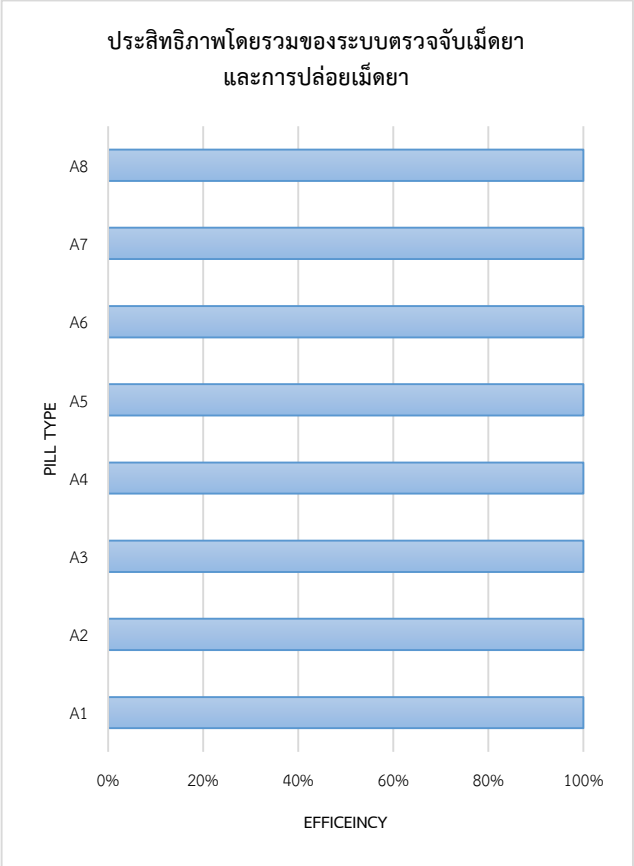
4.3 การทดสอบการอ่านค่าสัญญาณเซ็นเซอร์อินฟราเรด

จากการทดสอบการอ่านค่าสัญญาณของเซ็นเซอร์ ที่ได้ทำการทดสอบกับเม็ดยาแต่ละชนิดจำนวน 3 รอบ พบว่าเม็ดยาที่ได้นำมาทำการทดสอบในแต่ละรอบนั้น ชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดสามารถตรวจจับเม็ดยาได้ดี การวางตำแหน่งของชุดเซ็นเซอร์อินฟราเรดแต่ละชุดเป็นแบบ Array ทำให้เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับเม็ดยาได้อย่างน้อยชุดใดชุดหนึ่งและจากรูปที่ 21 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของค่าที่อ่านได้เทียบกับค่าเริ่มต้น จะสามารถสังเกตได้ว่าเมื่อชุดเซ็นเซอร์ชุดใดชุดหนึ่ง สามารถตรวจจับเม็ดยาได้ ค่าเซ็นเซอร์ที่อ่านค่าได้จะมีค่าน้อยกว่า 50% ของค่าที่อ่านได้ของเซ็นเซอร์เริ่มต้น ดังนั้นจึงได้นำเอาค่าเซ็นเซอร์ที่มีค่าน้อยกว่า 50% ของค่าที่อ่านได้ของเซ็นเซอร์เริ่มต้น มาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจในการตรวจจับเม็ดยา

4.4 การทดสอบหาประสิทธิภาพรวมระบบตรวจจับเม็ดยา

จากการทดสอบการหาค่าความเอียงที่เหมาะสม ผู้วิจัยเลือกค่ามุมเอียงกับแนวระดับที่ 35 องศา สำหรับระบบตรวจจับเม็ดยา เนื่องจากจะช่วยประหยัดพื้นที่ในด้านความสูงของเครื่องจ่ายยา ถ้าเลือกมุมที่มากกว่านี้ จะส่งผลให้การออกแบบเครื่องจ่ายยามีขนาดที่สูงขึ้น อีกทั้งช่องรับยาในเครื่องจ่ายยาจะอยู่ลึกมากขึ้น ทำให้ผู้ใช้งานหยิบยาได้ยากยิ่งขึ้นอีกด้วย สำหรับการใช้มอเตอร์สั่นจะช่วยทำให้เม็ดยาไหลผ่านระบบตรวจจับเม็ดยาได้ดี อีกทั้งการใช้แผ่นกั้นเพื่อให้เม็ดยาหยุด เพื่อให้เซ็นเซอร์ตรวจจับก่อนที่จะปล่อยให้เม็ดยาออกจากระบบจ่ายยา ซึ่งแผ่นกั้นเม็ดยาเป็นส่วนที่สำคัญที่ขาดไปไม่ได้ เพราะหากไม่มีแผ่นกันอาจจะทำให้ระบบตรวจจับเม็ดยาไม่สามารถจ่ายยาได้อย่างมีประสิทธิภาพตามต้องการ ในส่วนของค่าที่ได้จากการอ่านค่าสัญญาณของระบบเซ็นเซอร์อินฟราเรด จะนำมาเป็นตัวกำหนดในการตรวจจับเม็ดยา โดยใช้ค่าที่น้อยกว่า 50% ของค่าที่อ่านได้ของเซ็นเซอร์เริ่มต้นเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ

รูปที่ 22 แสดงผลการทดสอบของระบบตรวจจับเม็ดยาพบว่าระบบตรวจจับเม็ดยาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะยาทุกชนิดที่นำมาทำการทดสอบนั้นสามารถตรวจจับได้อย่าง 100% ทุกเม็ดและทุกชนิด



รูปที่ 22 ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบตรวจจับเม็ดยา

5.สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองระบบตรวจจับเม็ดยาสำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ พบว่าเม็ดยาที่นำมาเป็นตัวอย่างในการทดสอบแต่ละชนิด มีรูปร่างลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันมากพอสมควร เพื่อให้เกิดความหลากหลายในการทดสอบกับระบบการตรวจจับเม็ดยา และการทดลองต่าง ๆ ระหว่างเม็ดยากับระบบตรวจจับเม็ดยาพบว่าเม็ดยาตัวอย่างแต่ละชนิด ที่นำมาทดสอบค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างพื้นผิวที่เม็ดยาสัมผัสกับระบบตรวจจับเม็ดยามีค่าที่แตกต่างกันอยู่พอสมควร สาเหตุเนื่องจากพื้นผิวของเม็ดยาแต่ละชนิดมีสภาพไม่เหมือนกัน อีกทั้งผิวของระบบตรวจจับเม็ดยาค่อนข้างไม่เรียบเพราะเกิดจากการขึ้นรูปแบบสามมิติ ซึ่งข้อสรุปพบว่าค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเม็ดยาที่นำมาทดสอบอยู่ระหว่าง 0.47-0.70

การทดสอบความชันที่มีผลต่อการไหลของเม็ดยาพบว่า เมื่อไม่มีมอเตอร์สั่น เม็ดยามีการเกิดการติดขัดระหว่างระบบตรวจจับเม็ดยาแม้ว่าเมื่อมีความชันเพิ่มมากขึ้น เม็ดยาจะสามารถไหลผ่านได้ดีขึ้น แต่ยังไม่สามารถไหลผ่านได้ทั้งหมด โดยเมื่อทำการทดสอบความชันที่มีผลต่อการไหลของเม็ดยาและเพิ่มการใช้มอเตอร์สั่น ให้เป็นตัวช่วยกระตุ้นให้เม็ดยาไหลผ่านได้ดี จากการทดสอบเห็นได้ชัดว่าการเพิ่มมอเตอร์สั่น ทำให้เม็ดยาไหลผ่านระบบตรวจจับเม็ดยาที่ใช้ในการทดสอบได้ทั้งหมด ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้ความชัน 35 องศาและมีมอเตอร์สั่น เป็นเกณฑ์ในการทดสอบประสิทธิภาพรวมของระบบตรวจจับเม็ดยา

จากการทดสอบการอ่านค่าสัญญาณของเซ็นเซอร์อินฟราเรดที่มีการวางตำแหน่งของเซ็นเซอร์อินฟราเรด ที่มีตัวจ่ายสัญญาณและตัวรับสัญญาณโดยการวางแบบ Array ทำให้เซ็นเซอร์อินฟราเรด ช่วยเพิ่มสามารถตรวจจับเม็ดยาได้เป็นอย่างดีและการอ่านค่าสัญญาณของเซ็นเซอร์ทั้ง 4 ชุดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการทดสอบในแต่ละรอบ พบว่าเซ็นเซอร์อินฟราเรด สามารถตรวจจับเม็ดยาได้ทุกครั้งไม่ชุดใดก็ชุดหนึ่งใน 4 ชุด ทุกครั้งที่มีเม็ดยามาตัดขวางระหว่างเซ็นเซอร์อินฟราเรด ที่มีตัวจ่ายสัญญาณและตัวรับสัญญาณ จะทำให้ค่าสัญญาณที่อ่านได้มีค่าน้อยกว่า 50% ของค่าเซ็นเซอร์ที่อ่านได้เริ่มต้นเมื่อไม่มีเม็ดยามาตัดขวาง จึงได้นำการทดสอบนี้มาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจในการเซ็ทค่าการตรวจจับเม็ดยา จากการทดสอบประสิทธิภาพรวมทั้งหมดของระบบตรวจจับเม็ดยาโดยการปล่อยเม็ดยาทีละ 1 เม็ดสู่ระบบตรวจจับเม็ดยาที่ความชัน 35 องศา และมีมอเตอร์สั่นเป็นตัวช่วยให้เม็ดยาไหลผ่านได้ดี และใช้ค่าสัญญาณที่อ่านได้ที่มีค่าน้อยกว่า 50% ของค่าเซ็นเซอร์ที่อ่านได้เริ่มต้น เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจในการตรวจจับเม็ดยาและมีแผ่นกั้นเม็ดยาที่เป็นตัวกั้นเม็ดยาก่อน เพื่อจะทำให้เม็ดยาถูกตรวจจับด้วยชุดเซ็นเซอร์ทั้ง 4 ชุด และเมื่อเซ็นเซอร์อินฟราเรดชุดใดชุดหนึ่งสามารถตรวจจับเม็ดยาได้ แผ่นกั้นเม็ดยาจะปล่อยเม็ดยาออกเพื่อไปยังช่องจ่ายยา พบว่าจากการทดสอบประสิทธิภาพเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ ดังนั้นจึงให้ข้อสรุปได้ว่าการพัฒนาการตรวจจับเม็ดยาสำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ ที่ได้ทำการออกแบบและติดตั้งระบบเซ็นเซอร์แบบ Array และมีการเลือกความชันที่เหมาะสมและทำงานร่วมกับมอเตอร์สั่น อีกทั้งยังมีแผ่นกั้นที่จะช่วยกั้นให้เม็ดยาถูกเซ็นเซอร์อินฟราเรด ตรวจจับได้อย่างแน่นอน ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้งานร่วมกับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติได้จริง

6.กิตติกรรมประกาศ

ในบทความฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากหน่วยวิจัยเทคโนโลยีด้านวิศวกรรมความเที่ยงตรงและการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทดลองและบุคลากรทุกท่านในหน่วยวิจัยเทคโนโลยีด้านวิศวกรรมความเที่ยงตรงและการแพทย์ที่ให้ความกรุณาช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน

7. เอกสารอ้างอิง

Ahadani, M. A., De Silva, L. C., Petra, I., Hameed, M. F. A., & Wong, T. S. (2012). Low Cost Robotic Medicine Dispenser. *Procedia Engineering*, *41,* 202-209. https://doi.org//1016.10j.proeng.163.07.2012

Al-Mallahi, A. A., & Kataoka, T. (2013). Estimation of massflow of seeds using fibre sensor and multiple linear regression modelling. *Computers and Electronics in Agriculture*, *99*, 116-122. https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.09.005

Besharati, B., Navid, H., Karimi, H., Behfar, H., & Eskandari, I. (2019). Development of an infrared seed-sensing system to estimate flow rates based on physical properties of seeds. *Computers and Electronics in Agriculture*, *162*, 874-881. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.05.041

Boquete, L., Rodriguez-Ascariz, J. M., Artacho, I., Cantos-Frontela, J., & Peixoto, N. (2010). Dynamically programmable electronic pill dispenser system. *Journal of Medical Systems*, *43*(3), 357-366. https://doi.org/10.1007/s10916-008-9248-3

Brahma, D., Marak, M., & Wahlang, J. (2012). Rational use of drugs and irrational drug combinations. *The Internet Journal of Pharmacology*, *10*(1), 14081.

Bumrungrad International Hospital. (2012, January 26). *Aged without disease*. https://www.bumrungrad.com/en/health-blog/january-2012/aging-without-disease

Che, Y., Wei, L., Liu, X., Li, Z., & Wang, F. (2017). Design and experiment of seeding quality infrared monitoring system for no-tillage seeder. *Nongye Gongcheng Xuebao/ Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 33, 11-16.

Foundation of Thai Gerontology Research and Development Institute. (2019, November 7). *Situation of The Thai Elderly 2018.* https://thaitgri.org/?p=38670

Karimi, H., Navid, H., Besharati, B., Behfar, H., & Eskandari, I. (2017). A practical approach to comparative design of non-contact sensing techniques for seed flow rate detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, *142,* 165-172. https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.08.027

Liu, W., Hu, J., Zhao, X., Pan, H., Ali Lakhiar, I., & Wang, W. (2019). Development and experimental analysis of an intelligent sensor for monitoring seed flow rate based on a seed flow reconstruction technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, *164*, 104899. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104899

Muenpa, R., & Phuripunvanich, N. (2016, December 28). *Rational Drug Use: RDU*. https://ccpe.Pharmacycouncil.org/index.php?option=article_detail&subpage=article_detail&id=209

Thongkham, T., Deesopa, P., & Phattananan, P. (2019). *The Model of Vibrating Screen* [Bachelor's Degree], King Mongkut's University of Technology North Bangkok. http://mhle.eng.kmutnb.ac.th/upload/student-abstract/7125e9af5d5a233f5386d269024114e8.pdf

Wannaprapa, M., & Phichetjamroen. V. (2001). Automatic tablet dispensing system. *Proceedings of the 39th Kasetsart University Annual Conference: Engineering* (pp. 200-208). Kasetsart University. https://kukr.lib.ku.ac.th/proceedings/kucon/search_detail/result/7889