

การพัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับชงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์

Development of an automated system for beverage preparation to assist bartenders

อัครพงษ์ ขุมเงิน¹ และ นันทิยา ชัยบุตร^{1*}

Akaraphong Koomngern¹ and Nuntiya Chaiyabut^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับชงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์ควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซี โดยใช้การควบคุมแบบลำดับและเทคนิคการสร้างสัญญาณพัลส์เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์สเต็ปป์ที่ทำงานร่วมกับเซนเซอร์เพื่อตรวจสอบสถานะการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานที่ได้ออกแบบไว้ ประกอบด้วย การรับคำสั่งผ่านจอหน้าสัมผัส การเคลื่อนที่ของแขนกลในแนวนอนเป็นวงกลมเพื่อเลือกตำแหน่งของส่วนผสม การเคลื่อนที่ของแขนกลในแนวตั้งเพื่อรับส่วนผสม การเขย่าส่วนผสมให้เข้ากัน การเทส่วนผสมใส่แก้ว การรับน้ำล้างแก้วเขย่า และสุดท้ายการเทน้ำล้างทั้งในตำแหน่งที่กำหนดไว้ การทดสอบการทำงานแบ่งเป็น 4 รูปแบบ คือ การทดสอบความแม่นยำของฟังก์ชันการทำงาน การทดสอบความถูกต้องของปริมาตรส่วนผสม การทดสอบการรั่วซึมขณะเขย่า และการประเมินรสชาติของเครื่องดื่ม ผลการทดสอบ พบว่า ความแม่นยำในการทำงานรวมของทุกฟังก์ชันและความถูกต้องรวมของปริมาตรส่วนผสมมากกว่าร้อยละ 95 โดยผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินว่าเครื่องดื่มยังคงมีรสชาติไม่แตกต่างจากสูตรมากนักและสามารถปรับเปลี่ยนความหวานตามเมนูเด่นของร้านได้ ซึ่งความพึงพอใจเฉลี่ยจากผู้เชี่ยวชาญและผู้เข้าร่วมทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้นจากระดับ 3 เป็นระดับ 4 ภายหลังมีการปรับสูตร ในขณะที่ขนาดปริมาตรสูงสุดของส่วนผสมที่ไม่ทำให้เกิดการรั่วซึมในแก้วเขย่าคือ 400 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาตรที่มากเพียงพอต่อชงเมนูเครื่องดื่มต่อครั้ง ระบบอัตโนมัติสำหรับชงเครื่องดื่มนี้แสดงให้เห็นถึงอีกหนึ่งการประยุกต์ใช้พีแอลซีที่สามารถนำไปเป็นต้นแบบเพื่อใช้ในงานแสดงสินค้าหรือบริการ และยังเป็นฐานข้อมูลเชิงปริมาณสำหรับการพัฒนาระบบผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์อัจฉริยะในอนาคต

คำสำคัญ: การควบคุมแบบแบบลำดับ พีแอลซี ระบบอัตโนมัติ มือกเทล

Abstract

This study presents the development of an automated beverage mixing system designed to assist bartenders, utilizing a Programmable Logic Controller (PLC) for sequential control and pulse signal generation to operate a stepping motor in conjunction with sensors for monitoring functional statuses as per the designed operations. The system features include command input via a touchscreen interface, horizontal circular motion of a robotic arm to select ingredient positions, vertical movement for ingredient retrieval, shaking to mix the ingredients, pouring the mixture into a glass, dispensing rinsing water into the shaker, and finally discarding the rinse water into a designated container. The system performance was evaluated through four types of tests: functional accuracy, ingredient volume precision, leakage during shaking, and beverage taste assessment. The results indicated that both the overall functional accuracy and volume precision exceeded 95%. Experts evaluated that the beverage retained a taste not significantly different from the original formula and could be adjusted in sweetness to align with the shop's signature menu. Consequently, the average satisfaction score from both experts and test participants increased from level 3 to level 4 after the formula adjustment. The maximum volume of ingredients that could be used without causing leakage during shaking was found to be 400mL, which is sufficient for preparing a single serving of a beverage. The automated beverage mixing system exemplifies an additional application of PLC technology, which can serve as a prototype for exhibition or service purposes, while also establishing a quantitative data foundation for the future development of intelligent bartender assistant systems.

Keywords: sequence control, PLC, automation system, mocktail

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

¹ School of Engineering, Bangkok University

* Corresponding author. E-mail: nuntiya.c@bu.ac.th

บทนำ

เครื่องดื่มน้ำในปัจจุบันได้ถูกสร้างสรรค์ขึ้นมาจากหลากหลายรูปแบบทั้งหน้าตาและส่วนผสมของเครื่องดื่มเพื่อสร้างความทรงจำหรือความประทับใจให้แก่ผู้ที่ได้ลิ้มลองรสชาติ ซึ่งในช่วงเวลาที่มีความต้องการเครื่องดื่มจำนวนมากนั้น ผู้จัดเตรียมเครื่องดื่มต้องทำงานหนักขึ้นอาจส่งผลให้การผสมเครื่องดื่มเกิดความผิดพลาดและทำให้เกิดความตึงเครียดทางร่างกายและจิตใจระหว่างการทำงานส่งผลต่อการสร้างความประทับใจให้แก่ผู้สั่งเครื่องดื่ม โดยเฉพาะงานแสดงหรือนิทรรศการที่มีการจัดเตรียมเครื่องดื่มเพื่อให้เกิดความรู้สึกร่วมกับงานไปพร้อมกับเครื่องดื่มที่สามารถรักษารสชาติและแสดงความน่าสนใจผ่านกระบวนการเตรียมเครื่องดื่ม เพื่อให้ได้รสชาติที่คงที่และแสดงความน่าสนใจดังกล่าว การใช้ระบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี (programmable logic control: PLC) จึงเป็นตัวเลือกที่ดีเนื่องจากที่ผ่านมางานในภาคอุตสาหกรรมที่ต้องการความแม่นยำและแน่นอนในการผลิตมักเลือกใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุม โดยมีการศึกษาและพัฒนาวิธีการต่างๆ เพื่อใช้บนพีแอลซีเพื่อให้ทำงานในหลากหลายรูปแบบ สำหรับงานวิจัยที่ใกล้เคียงกับกระบวนการผลิตเครื่องดื่มได้มีการศึกษาการพัฒนาวิธีการควบคุมการไหลของวัสดุในโรงงานจากอัลกอริทึมการกำหนดเส้นทางแบบมีโครงสร้างบนพีแอลซีแทนโครงสร้างทางวัตถุโดยควบคุมการทำงานของวาล์วให้สามารถนำวัสดุไหลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งของโรงงานผลิตเครื่องดื่ม ผลที่ได้คือโปรแกรมสามารถคำนวณเส้นทางแบบไดนามิกได้ทุกครั้งที่มีค่าขอและคำนวณเส้นทางได้ถูกต้อง 5 เส้นทางจากตัวอย่างของเมทริกซ์ 3×3 และใช้หน่วยความจำในการทำงานลดลง แต่อัลกอริทึมที่นำเสนอขึ้นทดสอบเฉพาะเมทริกซ์ขนาด 3×3 เท่านั้นซึ่งยังไม่รองรับการคำนวณที่ซับซ้อน การเรียงลำดับเส้นทาง และส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Yerroju, 2007) ในงานวิจัยต่อมาได้พัฒนาต้นแบบระบบอัตโนมัติสำหรับการเตรียมผสมและบรรจุเครื่องดื่มกาแฟเย็นและชาเย็น โดยใช้พีแอลซีควบคุมวาล์วแม่เหล็กไฟฟ้า มอเตอร์สายพานลำเลียง และเซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งขวด พร้อมทั้งมอดิเตอร์และสั่งงานระยะไกลผ่าน SCADA ผลที่ได้จากการวิจัยนี้ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องทำให้ลดจำนวนแรงงานและเวลาการผลิต เพิ่มความแม่นยำในการผสม และตรวจจับความผิดพลาดในการผลิตได้ด้วย SCADA (Tiway et al., 2015) ในปี ค.ศ. 2516 ได้มีงานวิจัยนี้นำเสนอการจำลองระบบอัตโนมัติสำหรับการควบคุมการไหลผสม บรรจุ และปิดฝาขวดเครื่องดื่มเย็นในอุตสาหกรรมขนาดเล็กโดยใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุมหลักเพื่อสั่งงานเซนเซอร์ มอเตอร์สายพานลำเลียง วาล์ว กระบวนการผสม และการบรรจุพร้อมปิดฝาขวด ซึ่งผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าระบบประหยัดเวลา เพิ่มความแม่นยำในการบรรจุ และปรับเปลี่ยนปริมาตรหรือเวลาตามที่ตั้งโปรแกรมได้อย่างยืดหยุ่น แต่งานวิจัยนี้เป็นเพียงการจำลองระบบในโปรแกรมเท่านั้นจึงทำให้ยังไม่ทราบปัญหาทางเทคนิคที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานจริงนอกจากนี้ในงานวิจัยยังทดสอบเพียงเครื่องดื่มประเภทเดียวเท่านั้น (Sajan & Unnibhavi, 2016)

นอกเหนือจากการใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุมการทำงานแล้วที่ผ่านมาผู้ใช้ศึกษาการผสมของเหลวแบบสัดส่วนกึ่งอัตโนมัติโดยการพัฒนาเครื่องที่ช่วยให้การผสมมีสัดส่วนที่คงที่มากขึ้นโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ควบคุมการทำงานในการปล่อยของเหลวด้วยโซลินอยด์วาล์วร่วมกับไหลเซลล์สำหรับวัดน้ำหนักของเหลว ซึ่งนำไปทดลองใช้ผสมส่วนผสม 3 ชนิดรวมไม่เกิน 300 กรัม และมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 3.33 แต่มีข้อจำกัดในการใช้กับของเหลวที่มีความหนืดต่ำเท่านั้น ไม่สามารถใช้กับของเหลวที่มีความหนืดสูงได้ เช่น น้ำเชื่อมเข้มข้น เป็นต้น (Bundit & Yusuksawat, 2006) กรณีนี้ถ้าผลไม้ได้มีผู้วิจัยพัฒนาเครื่องผสมน้ำผลไม้ขึ้นจากการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโน เมกา ในการควบคุมปั๊มและมอเตอร์เพื่อดูดน้ำผลไม้จากถัง 4 ถังนำมาผสมกันและสามารถเลือกเมนูได้ผ่านจอสัมผัส พร้อมระบบทำความสะอาดอัตโนมัติหลังการใช้งาน ข้อจำกัดสำหรับงานนี้คือไม่ทราบระดับน้ำภายในถังน้ำผลไม้จึงทำให้ไม่ทราบว่าน้ำผลไม้ในถังใดจะหมดหรือไม่ ผู้ใช้งานต้องคอยตรวจสอบด้วยตนเอง (Esmaeili et al., 2021) การทดสอบเป็นเพียงการทดสอบเครื่องว่าสามารถทำงานได้จริงตามฟังก์ชันที่ออกแบบไว้แต่ไม่มีการทดสอบที่ระบุถึงความแม่นยำของของปริมาณน้ำผลไม้ที่จ่ายจริง เมื่อมีการ

พัฒนาทางด้านเทคโนโลยีมากขึ้นและต้องการเพิ่มความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งาน จึงมีผู้สนใจวิจัยและพัฒนาเครื่องผสมและจ่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติผ่านระบบบลูทูธของโทรศัพท์ โดยใช้ Raspberry Pi 3 ในการควบคุมปั๊มสำหรับการดูดของเหลวจากภาชนะผ่านรีเลย์ และมีระบบคนส่วนผสมให้เข้ากัน ผลการศึกษาพบว่าเครื่องสามารถผสมเครื่องดื่มได้ตามเมนูที่ตั้งไว้ได้ อัตโนมัติ ข้อจำกัดของงานนี้อยู่ที่ระยะการทำงานของบลูทูธ (Jadhav et al., 2019) ซึ่งความแม่นยำของปริมาณของเหลวที่ได้ อาจขึ้นกับความหนืด อัตราการไหลของปั๊มและแรงดันไฟฟ้าขณะดูดของเหลว นอกจากนี้ยังมีผู้วิจัยเกี่ยวกับเครื่องผสมค็อกเทล ที่ควบคุมด้วยแอปพลิเคชันแอนดรอยด์เชื่อมต่อด้วยไวไฟผ่านระบบคลาวด์ซึ่งมีเมนูค็อกเทลให้เลือก 7 เมนู โดยเครื่องดังกล่าวใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาร์ดูโนในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์เซอร์โวเพื่อเปิด-ปิดวาล์วของส่วนผสม และการเคลื่อนที่ในระบบรางเลื่อน โดยพบปัญหาที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของระบบรางเลื่อนเร็วเกินไป (Singwong et al., 2021) แต่การสั่งการทำงานด้วยแอปพลิเคชันซึ่งสามารถสั่งได้จากระยะไกลอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่อยู่ในบริเวณเครื่องที่ไม่ทราบว่ามีคำสั่งการทำงานของเครื่องจากที่อื่นได้ ในปี 2023 ได้มีผู้วิจัยศึกษาและพัฒนาเครื่องผสมค็อกเทลอัตโนมัติ ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงสำหรับเปิด-ปิดส่วนผสมด้วยวาล์วโซลินอยด์ และสำหรับเขย่าเพื่อผสมเครื่องดื่ม ซึ่งการทำงานทั้งหมดจะถูกควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega328P รวมถึงมีการรับเมนูผ่านจอสัมผัส แต่แนวคิดที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นยังอยู่ในขั้นตอนการออกแบบพัฒนาเพื่อเสนอแนวทางในการให้บริการสำหรับมีค็อกเทลแบบใหม่ (Anil et al., 2023)

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาแบบอัตโนมัติสำหรับชงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการช่วยผสมส่วนผสมของเครื่องดื่มประเภทค็อกเทลตามเมนูที่ผู้ดื่มต้องการ สร้างความประทับใจหรือประสบการณ์ใหม่ให้แก่ผู้ใช้งาน และสามารถเคลื่อนย้ายเพื่อจัดแสดงในวาระต่าง ๆ ได้ ซึ่งในระหว่างการพัฒนาส่วนผสมส่วนผสมต่าง ๆ ของเครื่องดื่มนั้นแกนกลของระบบจะมีการเคลื่อนที่พร้อมกับการเขย่าเพื่อเพิ่มความน่าสนใจให้ผู้บริโภคเครื่องดื่ม ระบบที่พัฒนานี้ใช้พีแอลซีเป็นส่วนควบคุมหลักในการรับข้อมูลทั้งเมนูเครื่องดื่มและสัญญาณจากเซนเซอร์ และส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์สเต็ปเพิงเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ การรับส่วนผสม การเขย่า และการเทเครื่องดื่ม นอกเหนือจากนี้ระบบที่พัฒนายังรวมการล้างแก้วผสมเครื่องดื่มเพื่อเตรียมไปรับการสั่งเมนูเครื่องดื่มถัดไป

วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาในบทความนี้ถูกแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อย่อย ประกอบด้วยภาพรวมการทำงาน การออกแบบระบบอัตโนมัติสำหรับชงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์ และวิธีการประเมินผล ซึ่งจะได้นำกล่าวถึงในรายละเอียดของแต่ละหัวข้อต่อไป

1. ภาพรวมการทำงาน

การออกแบบฟังก์ชันการทำงานตามวัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับชงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์มีผังการทำงาน ดัง (Figure 1) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรกคือส่วนสำหรับผสมเครื่องดื่ม ประกอบด้วย แก้วพร้อมฝาปิดสำหรับรองรับส่วนผสมและแกนกลเพื่อจับแก้วสำหรับเขย่าและเคลื่อนที่ขึ้น-ลง ดังรายละเอียดในงานวิจัยเรื่องแขนหุ่นยนต์สำหรับผสมและเขย่าเครื่องดื่มอัตโนมัติ (Koomngern et al., 2024) ส่วนที่สองคือ ส่วนการรับเมนูและเทเครื่องดื่มลงในภาชนะพร้อมเสิร์ฟ ประกอบด้วย ระบบสำหรับการรับเมนู การรับส่วนผสม การเทเครื่องดื่มลงในภาชนะพร้อมเสิร์ฟ และการล้างแก้วเขย่า โดยทั้ง 2 ส่วนมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การรับข้อมูลเมนูเครื่องดื่มที่ต้องการ โดยขั้นตอนนี้จะเป็นการเลือกเมนูของเครื่องดื่มผ่านหน้าจอแสดงผลที่ติดตั้งบริเวณเครื่องชงเครื่องดื่ม (obtain beverage data)

ขั้นตอนที่ 2 ระบบตรวจสอบตำแหน่งของชุดเขย่า ถ้าไม่อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นให้ดำเนินการในขั้นตอนที่ 3 แต่ถ้าอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นไปยังขั้นตอนที่ 4 (is the shaker set in the initial position?)

- ขั้นตอนที่ 3 ผู้ใช้งานกดปุ่มเคลียร์เพื่อให้ชุดเขย่าเคลื่อนไปยังจุดเริ่มต้น ซึ่งจะมีไฟสีเขียวแสดงเพื่อให้สัญญาณบอกว่าชุดเขย่าได้อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นเรียบร้อยแล้ว (select the clear button)
- ขั้นตอนที่ 4 ชุดเขย่าจะเคลื่อนที่ไปยังส่วนผสมตามเมนูและเคลื่อนที่ขึ้นเพื่อกดให้ส่วนผสมลงมายังแก้วบนชุดเขย่าจนส่วนผสมครบตามเมนูที่ได้เลือกไว้ (receiving ingredients)
- ขั้นตอนที่ 5 ชุดเขย่าจะเคลื่อนที่ไปยังบริเวณเขย่าเพื่อปิดฝาและทำการเขย่าส่วนผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 15 วินาที (the shaker unit moves to the shaking point and operates)
- ขั้นตอนที่ 6 ชุดเขย่าจะเคลื่อนที่ไปยังบริเวณเทเครื่องดื่มและเทเครื่องดื่มไปยังแก้วสำหรับเสิร์ฟ (the shaker unit moves to the glass and dispenses the beverage)
- ขั้นตอนที่ 7 ชุดเขย่าจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งรับน้ำสำหรับล้างแก้วและกदनําลงมายังแก้ว (the shaker unit moves into position to receive water for washing)
- ขั้นตอนที่ 8 ชุดเขย่าจะเคลื่อนที่ไปยังบริเวณเขย่าเพื่อปิดฝาและทำการเขย่าเพื่อล้างแก้วเป็นเวลา 15 วินาที (the shaker unit moves to the shaking point and operates)
- ขั้นตอนที่ 9 ชุดเขย่าจะเคลื่อนที่ไปยังจุดเทน้ำทิ้งและเทน้ำทิ้ง (the shaker unit moves to the drain point and drains)
- ขั้นตอนที่ 10 ชุดเขย่าจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเริ่มต้นเพื่อรอรับเมนูถัดไป (the shaker set moves to the initial position)

ภาพรวมการทำงานข้างต้น จะถูกนำมาประกอบกับอุปกรณ์จากการออกแบบระบบอัตโนมัติ เพื่อนำไปสร้างชุดคำสั่งในการควบคุมการทำงานต่อไป

2. การออกแบบระบบอัตโนมัติสำหรับขงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์

โครงสร้างของระบบอัตโนมัติสำหรับขงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์ถูกออกแบบให้สอดคล้องกับฟังก์ชันการทำงานในหัวข้อก่อนหน้า ดัง (Figure 2) โดยออกแบบให้โต๊ะที่ตั้งตู้อุปกรณ์มีลักษณะเป็นวงกลมที่หน้าโต๊ะอยู่สูงจากพื้น 70 เซนติเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร แขนกลสำหรับเขย่าสำหรับผสมเครื่องดื่มจะถูกติดตั้งไว้ที่ตรงกลางของโต๊ะ และออกแบบให้เคลื่อนที่ในแนววงกลมเพื่อรับส่วนผสม โดยส่วนผสมแต่ละชนิดจะถูกติดตั้งด้านบนของโต๊ะผ่านหัวจ่ายส่วนผสมจำนวน 8 หัว (ส่วนผสม 8 ชนิด) แต่ละชนิดติดตั้งห่างกัน 18 องศา หรือระยะประมาณ 15 เซนติเมตร หัวจ่ายสุดท้ายเป็นหัวจ่ายที่ติดตั้งน้ำเปล่าสำหรับล้างแก้วซึ่งติดตั้งห่างจากเครื่องจ่ายส่วนผสมตัวสุดท้าย 54 องศา เพื่อแยกส่วนของการทำงานอย่างชัดเจน สำหรับระยะระหว่างหัวจ่ายส่วนผสมหัวสุดท้ายและหัวจ่ายที่ติดตั้งน้ำเปล่าได้มีการออกแบบให้เป็นพื้นที่สำหรับเขย่าแก้วเพื่อผสมเครื่องดื่มและส่วนสำหรับเทน้ำล้างแก้วทั้งก่อนกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้น

หลักการทำงานของระบบอัตโนมัติสำหรับขงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์ถูกออกแบบตามบล็อกไดอะแกรม ดัง (Figure 3) ซึ่งใช้พีแอลซีเป็นส่วนควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบฯ โดยมีอินพุตเป็นค่าของสวิตซ์สั่งการทำงานในโหมดต่าง ๆ หน้าจอสำหรับรับเมนูเครื่องดื่มตามความต้องการ และเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดตำแหน่งต่าง ๆ เมื่อแขนกลเคลื่อนที่ขณะผสมเครื่องดื่ม รวมถึงเซนเซอร์เพื่อตรวจจบการเปิด-ปิดฝาของแก้วเขย่า เมื่อพีแอลซีได้รับอินพุตจะควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามเมนูที่เลือกเข้ามาภายใต้เงื่อนไขการตรวจสอบของเซนเซอร์ต่าง ๆ โดยส่งสัญญาณออกไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ต่าง ๆ ผ่านชุดขับเคลื่อนแต่ละตัว พร้อมทั้งแสดงสถานะการทำงานของระบบฯ

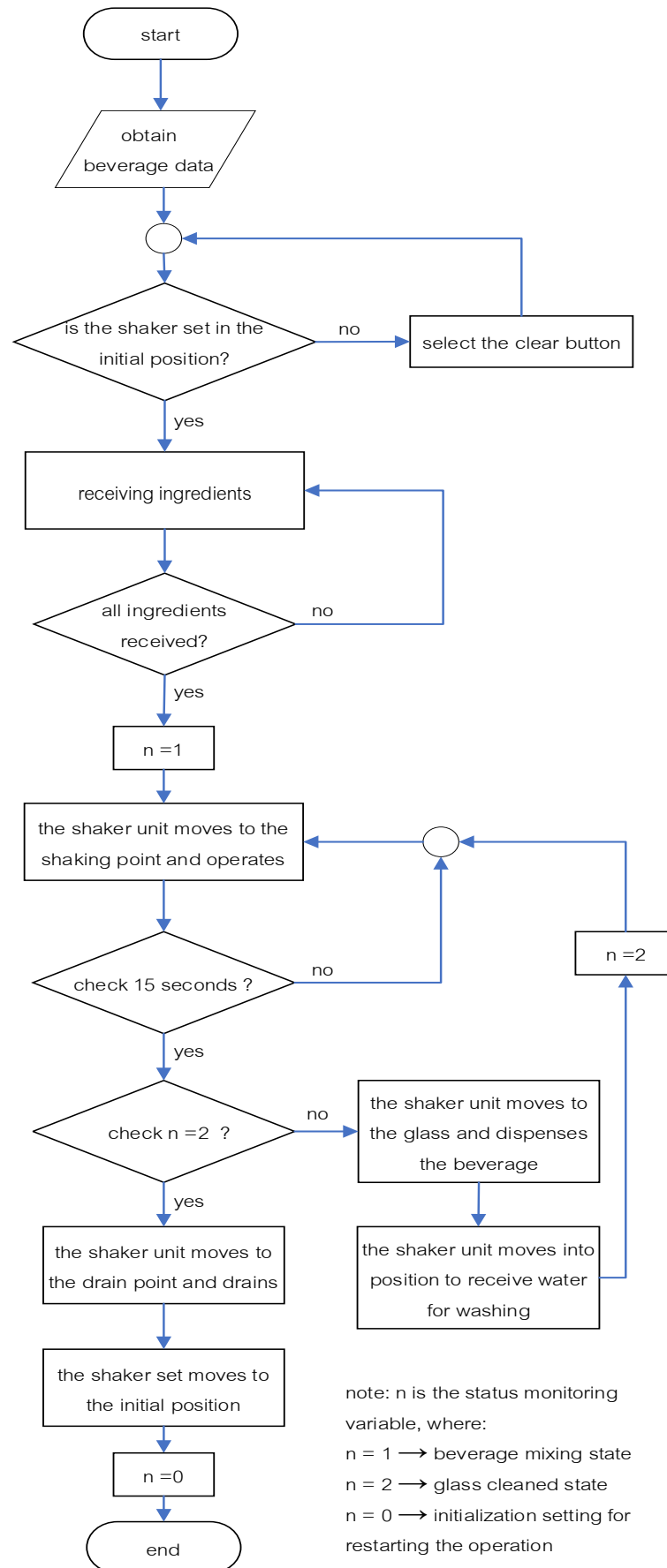


Figure 1 Flowchart of an automated system for beverage preparation to assist bartenders.

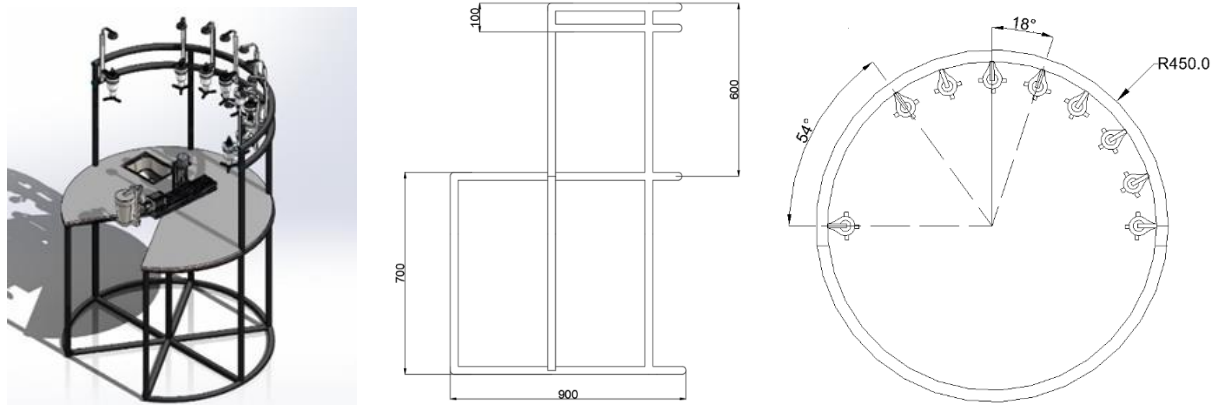


Figure 2 Design of an automated system for beverage preparation to assist bartenders.

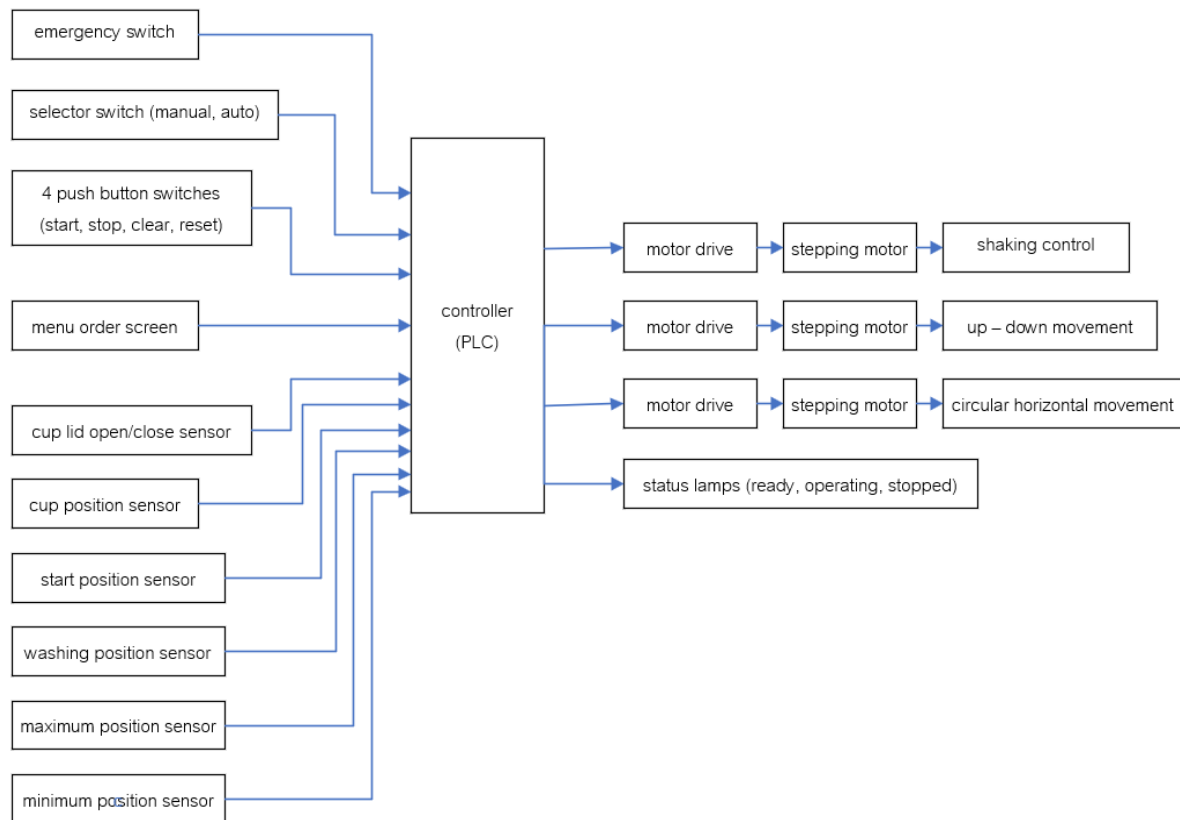


Figure 3 Block diagram of the control system.

การควบคุมการทำงานของระบบฯ ทั้งหมดถูกออกแบบให้ควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซี (PLC) โดยมีการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ส่วนรับสัญญาณต่าง ๆ เพื่อรับข้อมูลเข้าสู่พีแอลซี ดัง (Figure 4) อินพุตของระบบทั้งหมดประกอบด้วย

- สวิตช์ปุ่มกด (push button switch) จำนวน 4 ตัว สำหรับทำหน้าที่เริ่มการทำงาน หยุดการทำงาน เคลียร์สถานะ และรีเซ็ตระบบ
- สวิตช์ฉุกเฉิน (emergency switch) สำหรับใช้ตัดระบบการทำงานทั้งหมดของระบบเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉินขึ้น

- สวิตช์เลือกสถานะ (selector switch) สำหรับเลือกการทำงานแบบด้วยมือหรืออัตโนมัติ
- เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุประเภทโลหะ (proximity switch) จำนวน 5 ตัว สำหรับตรวจสอบตำแหน่งของแขนกลที่ยึดอยู่กับแกว้เขย่า โดยแบ่งออกเป็น การตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้น ตำแหน่งเขย่า ตำแหน่งล้างแกว้ การเคลื่อนที่ขึ้น และการเคลื่อนที่ลง
- เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุแบบอินฟราเรด (infrared proximity) สำหรับตรวจสอบตำแหน่งการวางแกว้สำหรับเสิร์ฟ เพื่อรองรับการเทเครื่องดื่มจากการผสมก่อนนำไปเสิร์ฟต่อไป
- ลีดสวิทช์ (reed switch) จำนวน 2 ตัว สำหรับการตรวจสอบสถานะการเปิด-ปิด ฝาของแกว้ผสมเครื่องดื่มที่ควบคุมด้วยปั๊มลม
- หน้าจอ HMI สำหรับเลือกเมนูเครื่องดื่มที่ต้องการ

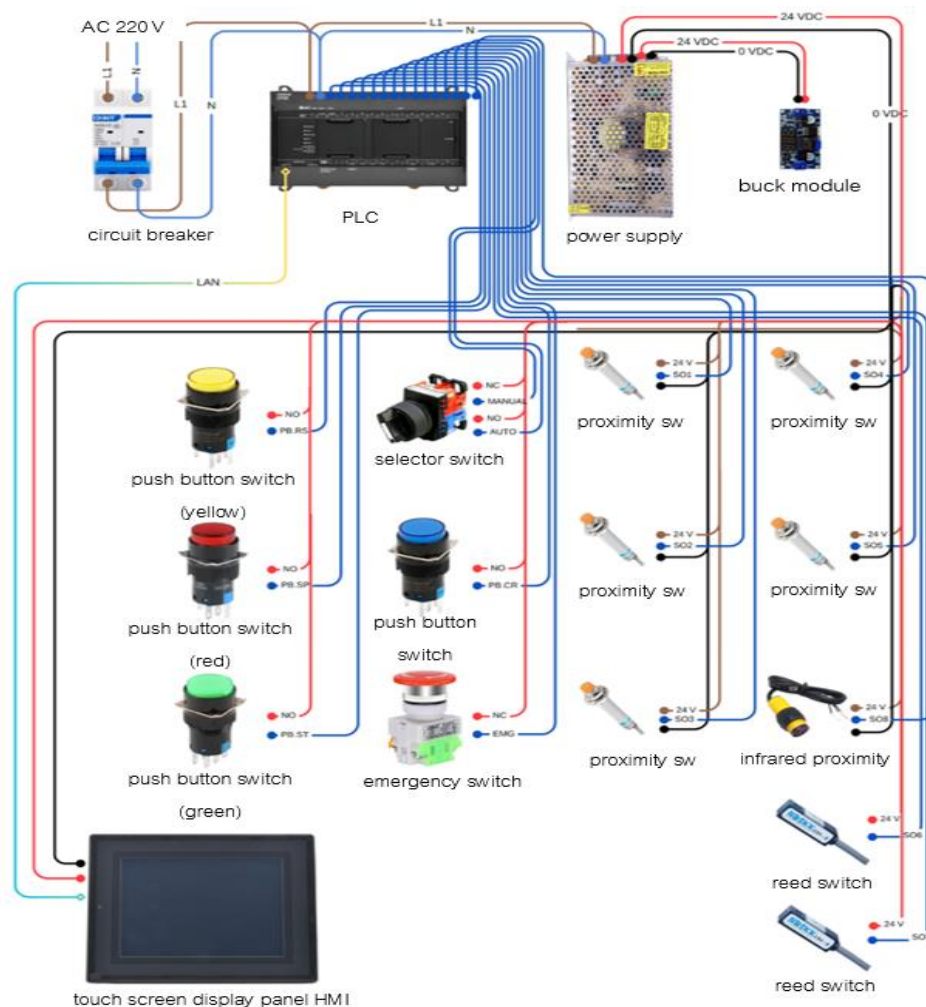


Figure 4 Design of the wiring for the PLC input section.

สำหรับส่วนส่งสัญญาณจากพีแอลซีไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบฯ ดัง (Figure 5) ซึ่งประกอบด้วย

- 1) มอเตอร์สเต็ปป์ (stepping motor) จำนวน 3 ตัว สำหรับควบคุมส่วนต่าง ๆ ในการจัดทำเครื่องดื่มตามเมนูประกอบด้วย

- มอเตอร์สตีปปี้ง ควบคุมการเขย่าแกว่งสมเครื่องดื่ม
 - มอเตอร์สตีปปี้ง ควบคุมการเคลื่อนที่แนวตั้ง (ขึ้น-ลง) ของแขนกล
 - มอเตอร์สตีปปี้ง ควบคุมการเคลื่อนที่แนววงกลม (แบบหมุน) ของแขนกล
- 2) ชุดขับมอเตอร์สตีปปี้ง (stepper motor drive) จำนวน 3 ชุด สำหรับขับมอเตอร์สตีปปี้งแต่ละตัวข้างต้น
- 3) หลอดไฟ (pilot lamp) จำนวน 3 หลอด สำหรับแสดงสถานะการทำงานของระบบฯ ประกอบด้วยสีเขียวแสดงสถานะระบบพร้อมทำงาน สีเหลืองแสดงสถานะระบบกำลังทำงาน และสีแดง แสดงสถานะระบบหยุดการทำงาน

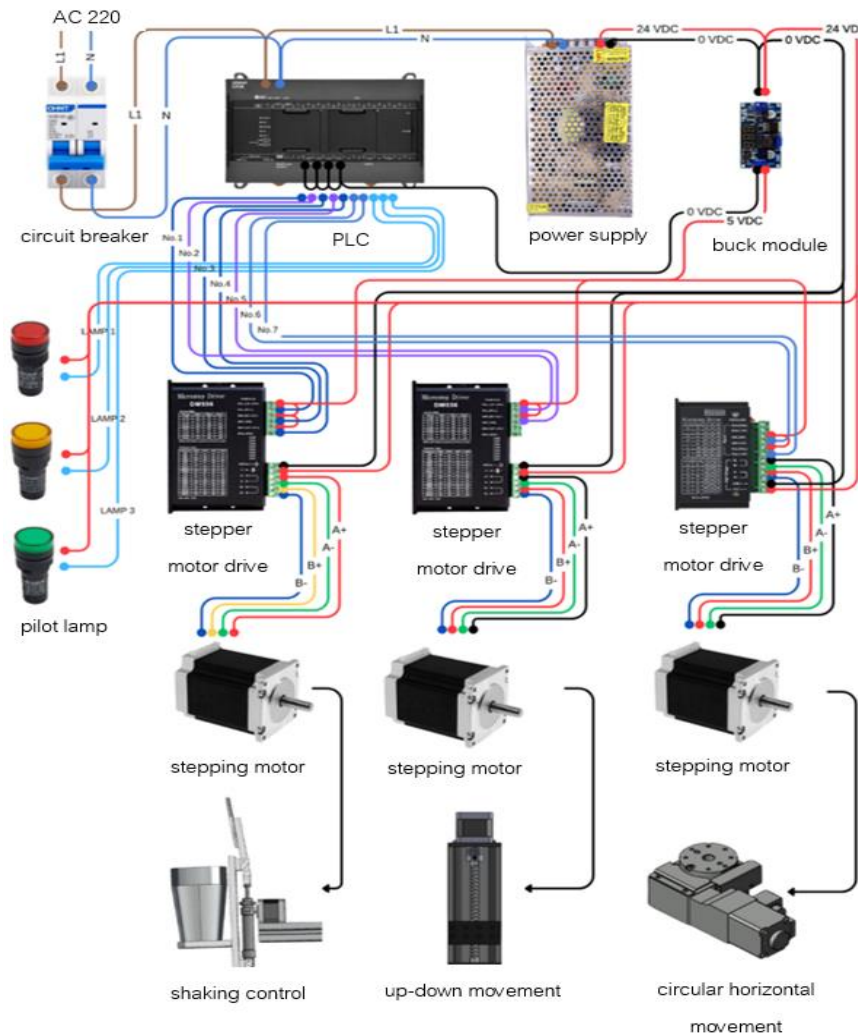


Figure 5 Design of the wiring of the PLC output section.

สำหรับการควบคุมการทำงานโดยพีแอลซีใช้การเขียนการควบคุมแบบลำดับ (sequence control) ตามขั้นตอนการทำงานและการออกแบบระบบฯ ข้างต้น โดยเริ่มต้นจากแขนกลอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นซึ่งตรวจสอบได้จากเซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งตัวที่ 1 และเมื่อระบบฯ รับเมนูจากหน้าจอเรียบร้อยแล้ว มอเตอร์สตีปปี้งที่ควบคุมการเคลื่อนที่แนววงกลมจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของส่วนผสมต่าง ๆ ตามเมนู ซึ่งมุมในการหมุนของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของสัญญาณพัลส์ (pulse) ที่ส่งให้แก่ชุดขับมอเตอร์ เมื่อแกว่งผสมอยู่ในตำแหน่งของส่วนผสมที่ต้องการแล้วลีดสวิตช์จะถูกควบคุมให้เปิดฝาแก้วผสมและมอเตอร์ที่ควบคุมแขนกลในการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง จะทำงานเคลื่อนที่ขึ้นเพื่อรับส่วนผสมใน

ระดับความสูงที่เซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งตัวที่ 2 ถูกติดตั้งไว้จากนั้นเคลื่อนที่ลงมายังระดับที่ติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งตัวที่ 3 ซึ่งแขนกลพร้อมแก้วผสมนี้จะเคลื่อนที่ขึ้นเพื่อรับส่วนผสมจนครบตามเมนู จากนั้นจึงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเขย่าด้วยการตรวจสอบตำแหน่งจากเซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งตัวที่ 4 เพื่อทำการเขย่าผสมส่วนผสมโดยพีแอลซีมีการตรวจสอบสถานะการปิดฝาแก้วจากลีดสวิตช์ก่อนทำการเขย่า และนำเครื่องดื่มที่ได้ไปเทที่แก้วสำหรับเสิร์ฟที่มีเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุแบบอินฟราเรดติดตั้งอยู่ จากนั้นระบบฯ จะเข้าสู่โหมดล้างแก้วน้ำโดยรับน้ำจากแท่นในตำแหน่งสุดท้ายพร้อมเขย่าและเทน้ำทิ้ง เมื่อเสร็จสิ้นการล้างแขนกลพร้อมแก้วผสมส่วนผสมเครื่องดื่มจะกลับไปยังตำแหน่งเริ่มต้นเพื่อรอรับเมนูถัดไป

3. วิธีการประเมิน

การประเมินการทำงานของระบบอัตโนมัติสำหรับเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์นี้ดำเนินการผ่านการทดสอบการทำงาน 4 รูปแบบ ประกอบด้วย การทดสอบฟังก์ชันการทำงาน การทดสอบความถูกต้องของปริมาตรส่วนผสมจากการทำงานของระบบฯ การทดสอบการรั่วซึมของน้ำขณะเขย่า และการประเมินความพึงพอใจด้านรสชาติ

1) วิธีทดสอบฟังก์ชันการทำงานเพื่อประเมินการทำงานของระบบอัตโนมัติสำหรับเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์ ดำเนินการวัดความแม่นยำในการทำงาน โดยความแม่นยำ (accuracy) ของการวัด มีความหมายครอบคลุมทั้งความถูกต้อง (trueness) และความเที่ยงตรง (precision) (Menditto et al., 2007) นั้นหมายถึง ความใกล้เคียงกันระหว่างค่าที่ได้จากการวัดกับค่าที่แท้จริงของปริมาณที่กำลังวัด (Wangsuphachart, 2018) และ (Sparkfun, 2019) สามารถคำนวณได้ ดังสมการ (1)

$$Accuracy (\%) = \frac{TP+TN}{TP+FN+TN+FP} \times 100 \quad (1)$$

สำหรับการทดสอบการทำงานตามฟังก์ชันของระบบอัตโนมัติสำหรับเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์ ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานเลือกส่วนผสมตามเมนูเครื่องดื่ม (ingredient selection) การเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของแขนกล (vertical motion of the robotic arm) การเปิด-ปิดฝาแก้ว (opening and closing of the glass lid) การเขย่า (shaking) การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเขย่า (movement to the shaking position) การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเทเครื่องดื่ม (movement to the beverage-pouring position) การล้างแก้ว (glass cleaning) การเคลียร์การทำงาน (reset) การทำงานในสภาวะฉุกเฉิน (emergency) ซึ่งสามารถอธิบายตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

- TP (true positive) คือ เหตุการณ์ที่ระบบทำงานได้ถูกต้องตามฟังก์ชันที่ออกแบบไว้ และระบบคิดว่าทำถูกต้อง
- TN (true negative) คือ เหตุการณ์ที่ระบบไม่ได้ทำงาน และระบบรับรู้ไม่ได้การสั่งงานตามฟังก์ชัน
- FP (false positive) คือ เหตุการณ์ที่ระบบทำงานผิดพลาดจากฟังก์ชันที่ออกแบบไว้ และระบบคิดว่าทำถูกต้อง
- FN (false negative) คือ เหตุการณ์ที่ระบบทำงาน แต่ระบบรับรู้ไม่ได้สั่งงานนั้น

2) วิธีทดสอบความถูกต้องของปริมาตรส่วนผสมจากการทำงานของระบบฯ กรณีศึกษาในการทดสอบนี้ดำเนินการโดยทดสอบการชงม็อกเทล 5 เมนู (ชั้นเชิธ เลมอนเนด สตรอเบอรี่ เลมอนเนด เลมอนเนด พายแอปเปิ้ล เลมอนเนดและบลูฮาวาย) ที่มีส่วนผสมที่ใช้ร่วมกันได้ 8 ชนิด แต่เนื่องจากการชงม็อกเทลแต่ละเมนูมีส่วนผสมและปริมาตรของส่วนผสมที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงแบ่งการทดสอบการทำงานของระบบฯ ตามส่วนผสม 8 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีการทดสอบปริมาตร ดัง (Table 1) โดยใช้ฟังก์ชันการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของแขนกลเพื่อทำหน้าที่ในการรับส่วนผสมต่าง ๆ ตามโปรแกรมที่สร้างไว้ ซึ่งทำการทดสอบของแต่ละส่วนผสมและปริมาตรจำนวน 10 รอบ

Table 1 Assessment of the accuracy of mixture volumes.

no.	types of ingredients	volume of ingredient (ml)
1	orange syrup	45
2	strawberry syrup	30, 45
3	lime syrup	30
4	pineapple syrup	30, 45
5	lemonade	25
6	blue grenadine syrup	15
7	stevia syrup	15, 22, 30
8	drinking water	30

การประเมินความถูกต้องของปริมาตรส่วนผสมถูกแสดงผ่านค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าที่ต้องการในแต่ละส่วนผสม คำนวณได้ดังสมการ (2) (Armstrong & Collopy, 1992) โดย x_i คือ ค่าที่ได้จากการวัดครั้งที่ i ซึ่งมี TV คือ ปริมาตรส่วนผสมจริงที่ต้องการ และ n คือ จำนวนการวัดทั้งหมด

$$Error (\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|x_i - TV|}{TV} \times 100 \quad (2)$$

3) วิธีทดสอบการรั่วซึมของน้ำขณะเขย่า ทดสอบการเขย่าน้ำที่มูม 45 และ 60 องศา (Koomngern et al., 2024) ทั้งในกรณีที่มีเฉพาะน้ำและน้ำพร้อมน้ำแข็งในแก้ว โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหาปริมาตรสูงสุดของน้ำภายในแก้วที่เขย่าทั้งมูม 2 มูมเขย่าแล้วไม่มีการรั่วซึม โดยการเติมน้ำครั้งละ 50 มิลลิลิตร และเขย่าหาปริมาตรสูงสุดที่ทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำ

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้ปริมาตรสูงสุดของน้ำจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ ค่อยๆ ลดปริมาตรน้ำออก และเติมน้ำแข็งเข้าไปแทนในปริมาตรที่เท่ากันคือครั้งละ 50 มิลลิลิตร

ขั้นตอนที่ 3 ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 จนได้ปริมาตรสูงสุดของน้ำแข็งที่อยู่ในแก้ว

4) วิธีการประเมินความพึงพอใจด้านรสชาติ แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านการทำค็อกเทล (cocktail) และม็อกเทล (mocktail) โดยการชงเครื่องดื่มและเก็บผลการประเมินโดยวิธีการสัมภาษณ์

ส่วนที่ 2 การประเมินรสชาติจากผู้เข้าทดสอบจำนวน 50 คน โดยการชงเครื่องดื่มและให้ทำแบบประเมินความพึงพอใจตามมาตรวัด Likert-Type-Scale (Wongrattana, 2012) ซึ่งแบ่งความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ จากระดับ 1-5 โดยระดับ 5 หมายถึงมีความพึงพอใจมากที่สุด

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ระบบอัตโนมัติสำหรับชงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์ที่ได้ ดัง (Figure 5) ซึ่งระบบที่ได้ถูกสร้างตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อวิธีการศึกษาก่อนหน้านี้ ประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ คือ

- 1) ตำแหน่งการติดตั้งหัวจ่ายส่วนผสม ทั้งหมด 8 หัวจ่ายแยกตามส่วนผสมและ 1 หัวจ่ายสำหรับใส่น้ำล้างแก้ว (ด้านซ้ายสุดของตำแหน่งติดตั้ง)
- 2) ไฟแสดงสถานะการทำงาน ประกอบด้วยไฟ 3 สีเพื่อบอกสถานะของการทำงาน
- 3) ชุดแก้วใสส่วนผสม คือ ชุดที่ประกอบด้วยแก้วใสส่วนผสมและฝาปิดที่ควบคุมการทำงานการเปิด-ปิดฝาด้วยระบบจากบีมลม
- 4) จอสั่งเมนูเครื่องดื่ม สำหรับให้ผู้สั่งเครื่องดื่มเลือกเมนูที่ต้องการ
- 5) ส่วนควบคุมการทำงานทั้งหมด ประกอบด้วย พีแอลซี ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ ระบบควบคุมบีมลม แหล่งจ่ายไฟฟ้า และระบบป้องกันทางไฟฟ้า
- 6) แขนกล ซึ่งถูกควบคุมการเคลื่อนที่ทั้งแนววงกลมและแนวตั้งด้วยมอเตอร์
- 7) แก้วเสิร์ฟ สำหรับรับเครื่องดื่มที่ผ่านการผสมโดยการเขย่าเรียบร้อยแล้ว พร้อมให้บาร์เทนเดอร์นำไปตกแต่งและเสิร์ฟให้แก่ผู้สั่งเครื่องดื่มต่อไป
- 8) ตำแหน่งเทน้ำ ด้านบนของโต๊ะมีการทำช่องสำหรับเทน้ำภายหลังการเขย่าเพื่อล้างแก้วทั้งไปตามท่อน้ำทิ้ง
- 9) ท่อน้ำทิ้ง สำหรับนำน้ำล้างแก้วไปยังบริเวณที่นั่ง ทั้งนี้ในการทำงานจริงอาจใช้ถังน้ำหรือถ้าบริเวณที่นำระบบนี้ไปใช้มีการเชื่อมต่อท่อน้ำทิ้งได้สามารถนำท่อนี้ต่อร่วมกับระบบท่อน้ำทิ้งได้

จะพบว่าระบบอัตโนมัติสำหรับขงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์ ดัง (Figure 6) ด้านล่างของโต๊ะซึ่งเป็นส่วนควบคุมการทำงานทั้งหมดถูกเปิดไว้ ซึ่งการเปิดนี้ทำไว้เพื่อการแสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ เท่านั้น ในลักษณะของการทำงานจริง ส่วนที่อยู่ใต้โต๊ะทั้งหมดจะถูกปิดไว้ตามโครงของโต๊ะเพื่อป้องกันส่วนควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบ

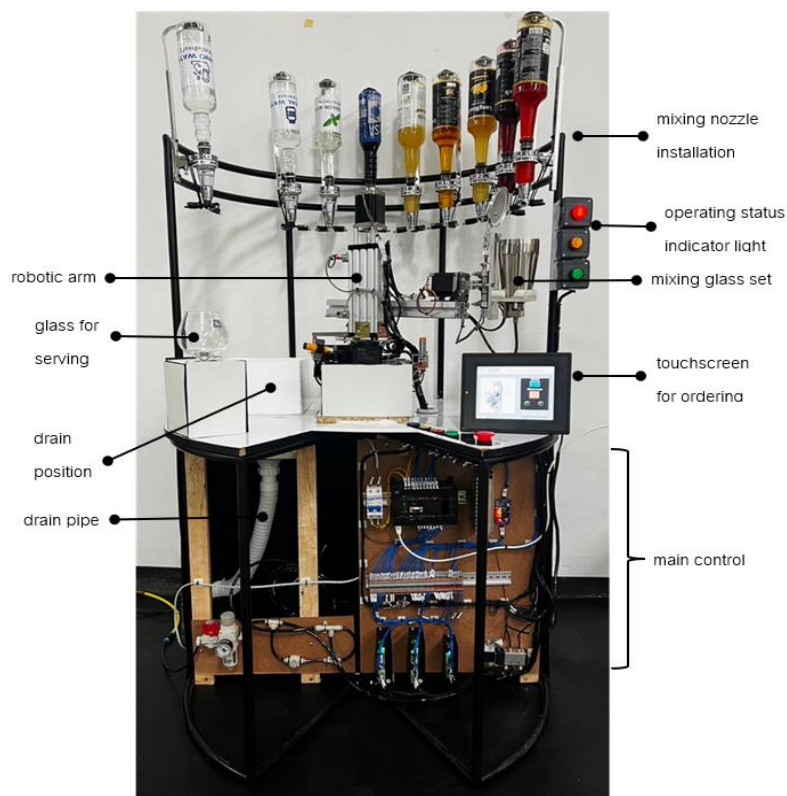


Figure 6 The automated system for beverage preparation to assist bartenders.

สำหรับตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์เพื่อให้ระบบฯ สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติภายหลังจากรับคำสั่งเมนูจากผู้สั่งเครื่องดื่ม ดัง (Figure 7) ประกอบไปด้วย การตรวจสอบตำแหน่งสูงสุดและต่ำสุดสำหรับการเคลื่อนที่ของแขนกลในแนวดิ่ง (แกนตั้ง) ตำแหน่งเริ่มต้นการทำงาน ตำแหน่งเทเครื่องดื่มภายหลังจากการผสมส่วนผสมผสมเสร็จ ตำแหน่งล้างสำหรับเทน้ำภายหลังจากการล้างแก้วและเป็นตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งเขย่าเครื่องดื่ม ตำแหน่งการตรวจสอบว่ามีแก้วสำหรับรองรับเครื่องดื่มวางไว้หรือไม่ และสุดท้ายคือตำแหน่งตรวจสอบการเปิด-ปิดฝาแก้วสำหรับเขย่า

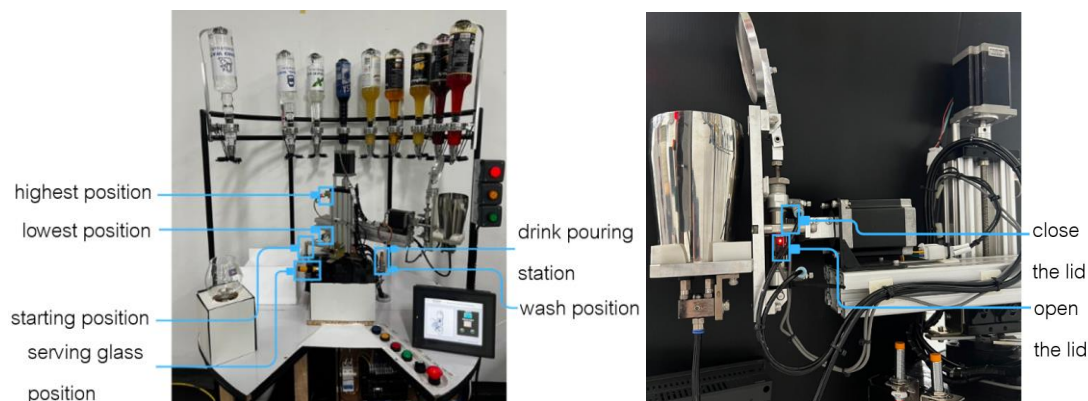


Figure 7 Sensor locations of the automated system for beverage preparation to assist bartenders.

ผลการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของระบบอัตโนมัติสำหรับชงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์ ดัง (Table 2) โดยประกอบด้วย 9 ฟังก์ชันการทำงานของระบบฯ เพื่อให้แน่ใจว่าระบบฯ สามารถทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ครบทุกฟังก์ชัน

Table 2 Functional testing of the automated system for beverage preparation to assist bartenders.

no.	functional test	TP	TN	FP	FN	accuracy (%)
1	ingredient selection	20	0	0	0	100
2	vertical motion	20	0	0	0	100
3	opening and closing of the glass lid	20	0	0	0	100
4	shaking	20	0	0	0	100
5	movement to the shaking position	20	0	0	0	100
6	movement to the beverage-pouring position	17	0	3	0	85
7	glass cleaning	16	0	4	0	80
8	reset	19	0	1	0	95
9	emergency	20	0	0	0	100

เมื่อนำร้อยละความแม่นยำในการทำงานของทั้ง 9 ฟังก์ชัน มาประเมินร้อยละความแม่นยำรวมของระบบฯ ดังสมการ (3) จะมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 95.56

$$Accuracy (\%) = \frac{172+0}{172+0+0+8} \times 100 \quad (3)$$

ซึ่งจะพบว่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในส่วนของฟังก์ชันการทำงาน 3 ส่วน คือ การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเต เครื่องดื่ม การล้างแก้ว และการเคลียร์การทำงาน โดยเมื่อวิเคราะห์สาเหตุแล้วพบว่า ความคลาดเคลื่อนของการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเตเครื่องดื่มเกิดขึ้นจากการวางแก้วเพื่อรอรับเครื่องดื่มในบางครั้งไม่ได้อยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้ทำให้ เซนเซอร์ตรวจจับทำงานไม่ถูกต้อง และเกิดการกระหว่งการเทเครื่องดื่ม สำหรับความคลาดเคลื่อนของฟังก์ชันการล้างแก้ว เกิดขึ้นจากขั้นตอนการกดน้ำเปล่าเพื่อไปเขย่าล้างแก้ว โดยภาชนะที่บรรจุน้ำเปล่าเกิดการห่อตัวเมื่อกดน้ำในขณะที่มีระดับน้ำไม่เต็มขวด ทำให้ปริมาณน้ำที่ได้ลดลงส่งผลต่อความสะอาดของแก้วเขย่าที่จะถูกนำไปรับเมนูถัดไป สุดท้ายความคลาดเคลื่อนกรณีกดปุ่ม Reset เพื่อเคลียร์กระบวนการทำงาน โดยพบว่าชุดฐานรองแก้วเขย่าเชิงเล็กน้อยทำให้การวางแก้วเขย่าเอียงและส่งผลต่อการกดส่วนผสมในเมนูถัดไป

การทดสอบรูปแบบที่สอง คือ การทดสอบความถูกต้องของปริมาตรส่วนผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วใน (Table 1) ซึ่งจะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของส่วนผสมแต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกันออกไปโดยน้ำแกรนาดีนสีฟ้า (bule grenadine) เกิดความคลาดเคลื่อนสูงสุด ทั้งนี้ความคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกันส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากความหนืดของส่วนผสมแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ซึ่งในภาพรวมทุกส่วนผสมมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 ของปริมาตรที่ต้องการ

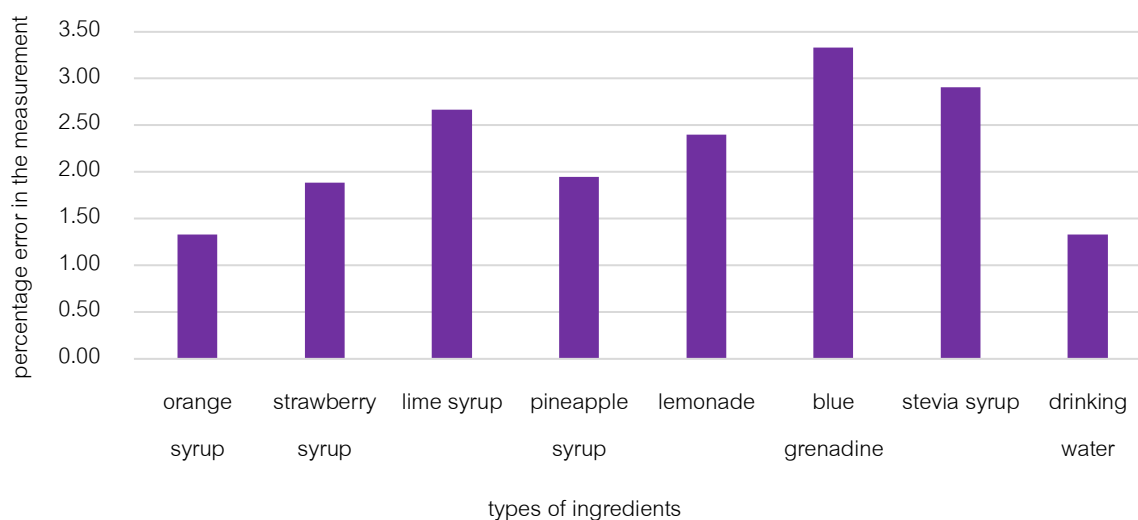


Figure 8 Error of mixture volume.

รูปแบบที่สาม คือ การทดสอบการรั่วซึมของน้ำขณะเขย่า จาก (Koomngern et al., 2024) ได้มีการทดสอบการปิดฝาแก้วขณะเขย่าซึ่งพบว่าเมื่อน้ำรั่วออกมาระหว่างเขย่าทั้งหมด 45 และ 60 องศา จากการทดลองดังกล่าว ทำให้ทีมวิจัยได้ปรับแก้ไขยางที่ฝาแก้ว ระดับแรงดันลมรวมถึงมุมของการติดตั้งฝาแก้วและทำการทดสอบใหม่อีกครั้ง ทั้งหมดการเขย่า 45 และ 60 องศาในกรณีที่มีเฉพาะน้ำและน้ำพร้อมน้ำแข็งในแก้วขณะทำการเขย่า ผลการทดสอบที่ได้พบว่าปริมาตรของน้ำและน้ำแข็งรวมกันที่จะไม่ทำให้เกิดการรั่วของน้ำจากแก้วขณะเขย่าไม่เกิน 400 มิลลิลิตร โดยปริมาตรของน้ำแข็งที่ใส่ต้องอยู่ในช่วง 80 ถึง 100 มิลลิลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของน้ำแข็ง นอกเหนือจากนี้ในระหว่างการเขย่าจะทำให้ น้ำรั่วออกจากแก้วขณะเขย่าได้

รูปแบบสุดท้าย คือ การประเมินรสชาติจากผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านการชงค็อกเทลและม็อกเทล ซึ่งรสชาติเป็นไปตามสูตรโดยทั่วไปโดยได้เสนอให้มีการปรับความหวานลดลงจะสามารถเป็นทางเลือกที่ดีต่อผู้ดื่มได้และให้แนะนำเพิ่มเติมว่าการชงเครื่องดื่มสามารถปรับเปลี่ยนสูตรได้ตามความเหมาะสมขึ้นอยู่กับความชอบของผู้บริโภค และการสร้างเอกลักษณ์ของร้านแต่ละร้านในการสร้างเมนูเฉพาะขึ้นมา นอกจากนี้สามารถใช้ไซดาเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มความสดชื่นให้แก่ผู้ดื่มได้ ภายหลังจากคำแนะนำนี้ผู้วิจัยจึงได้ปรับเปลี่ยนสูตรพร้อมการเพิ่มการใช้ไซดาในเครื่องดื่ม และประเมินความพึงพอใจต่อรสชาติของเครื่องดื่ม ดัง (Figure 9) ซึ่งจะพบว่าภายหลังปรับสูตรตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทำให้แนวโน้มของเครื่องดื่มมีผู้พึงพอใจกับรสชาติไปในทางที่ดีขึ้น โดยพิจารณาจากผลประเมินความพึงพอใจเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญและผู้เข้าร่วมทดสอบก่อนการปรับสูตรมีค่าระดับ 3 และเพิ่มขึ้นเป็นระดับ 4 เมื่อมีการปรับสูตรทั้งในกรณีการลดความหวานและการลดความหวานพร้อมเพิ่มไซดาร่วมด้วยในส่วนผสม

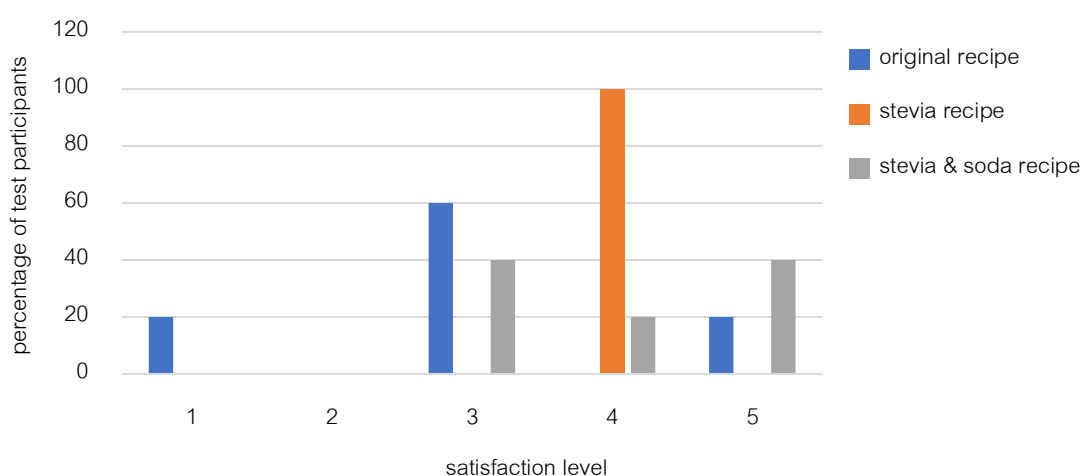


Figure 9 Results of the evaluation of satisfaction with the taste of beverage.

ระบบอัตโนมัติสำหรับชงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์ที่ออกแบบนี้สามารถผสมเครื่องดื่ม 5 ชนิด จาก 8 ส่วนผสมได้โดยใช้เวลาประมาณในการทำงานเฉลี่ย 75 วินาทีต่อแก้ว (เวลานับตั้งแต่เริ่มสั่งเครื่องดื่มจนกระทั่งแก้วรับส่วนผสมกลับมา ณ ตำแหน่งเริ่มต้น) โดยระบบนี้สามารถติดตั้งหัวจ่ายส่วนผสมเพิ่มเติมได้อีก 2 ส่วนผสม ซึ่งจะทำให้เกิดเมนูเครื่องดื่มใหม่เพิ่มขึ้นได้ ทั้งนี้ภายหลังการเพิ่มส่วนผสมจำเป็นต้องมีการอัปเดตโปรแกรมเพื่อให้ระบบเลือกใช้ส่วนผสมที่เพิ่มเข้าไปดังกล่าว โดยระบบอัตโนมัติสำหรับชงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์นี้มีต้นทุนของการจัดทำประมาณ 28,000 บาท

สรุป

ระบบอัตโนมัติสำหรับชงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์ ถูกพัฒนาขึ้นจากแนวคิดในการเป็นผู้ช่วยในการผสมเครื่องดื่มตามเมนูที่ได้รับ โดยสามารถรับส่วนผสมเพื่อนำไปผสมผ่านการเขย่าและเทใส่แก้วเพื่อให้บาร์เทนเดอร์ทำการตกแต่งก่อนนำเสนอให้แก่ผู้สั่งเครื่องดื่ม ทั้งนี้ภายหลังการเทเครื่องดื่มใส่แก้วแล้วระบบยังถูกออกแบบให้แก้วเขย่ากลับไปรับน้ำเพื่อล้างแก้วและรอรับเมนูถัดไป โดยการทำงานทั้งหมดนั้นควบคุมผ่านพีแอลซีที่ทำงานร่วมกับมอเตอร์และเซนเซอร์ต่าง ๆ รวมถึงการแสดงสถานะการทำงานผ่านหลอดไฟฟ้า ผลการทดสอบทั้ง 4 รูปแบบ พบว่า ระบบฯ สามารถผสมเครื่องดื่มตามเมนูที่ต้องการได้ ซึ่งการทดสอบการทำงานแต่ละส่วนที่สำคัญของการทำงานของระบบฯ มีรายละเอียดความ

แม่นยำรวมเท่ากับ 95.56 สำหรับการรับส่วนผสมในภาพรวมทุกส่วนผสมมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 ของปริมาณที่ต้องการซึ่งทำให้รสชาติไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อนำมาผสมเป็นเมนูต่าง ๆ ของเครื่องดื่ม ในกรณีการเพิ่มน้ำแข็งใส่แก้วก่อนการเขย่าโดยบาร์เทนเดอร์สามารถทำได้โดยน้ำแข็งต้องมีปริมาณไม่เกิน 100 มิลลิกรัมเพื่อไม่ให้เกิดการรั่วซึมของน้ำขณะเขย่า สุดท้ายการพิจารณาผลประเมินความพึงพอใจด้านรสชาติของผู้เชี่ยวชาญและผู้เข้าทดสอบชิมเครื่องดื่มมีระดับความพึงพอใจที่ดีขึ้นโดยพิจารณาจากผลประเมินความพึงพอใจเฉลี่ยก่อนการปรับสูตรมีค่าระดับ 3 และเพิ่มขึ้นเป็นระดับ 4 เมื่อมีการปรับสูตรตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ นั่นคือ ระบบอัตโนมัติสำหรับชงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์ที่ออกแบบนี้สามารถนำไปใช้ในงานแสดงตามงานต่าง ๆ เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์การเข้าถึงอย่างมีส่วนร่วมตามธีมของงานนั้น ๆ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มเมนูเครื่องดื่มมีอกเทล หรือ ค็อกเทลโดยการเพิ่มส่วนผสมให้รองรับเมนูตามความต้องการ

ระบบอัตโนมัติสำหรับชงเครื่องดื่มเพื่อเป็นผู้ช่วยบาร์เทนเดอร์นี้สามารถพัฒนาต่อไปในด้านการปรับปรุงการควบคุมการรับส่วนผสมให้แม่นยำยิ่งขึ้นโดยอาจนำโซลินอยด์วาล์วมาใช้แทนหัวจ่ายส่วนผสม การใช้เซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งของส่วนผสมแต่ละตำแหน่งเพื่อเพิ่มความแม่นยำในทุกครั้งของการทำงานและตรวจสอบความเพียงพอของปริมาตรส่วนผสม และการพัฒนาส่วนของการล้างแก้วให้สามารถล้างแก้วให้สะอาดทุกครั้งโดยการควบคุมแรงดันในการจ่ายน้ำเพื่อล้างแก้วให้สะอาดอย่างสม่ำเสมอ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยประกอบด้วย คุณชัชวาล สุชนนิท คุณปวีศรี เรืองฤทธิ์ และคุณวีรพัฒน์ คงจินดา ที่มีส่วนร่วมในการดำเนินการเพื่อสร้างผลงานที่ตอบโจทย์และสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

- Anil, A., Vincent, A. T., Asif, F., Francis, F., & Vijayalakshmi, G. (2023). Automatic mocktail maker. In *Proceedings of the 2023 International Conference on Circuit Power and Computing Technologies*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCPCT58313.2023.10244993>
- Armstrong, J. S., & Collopy, F. (1992). Error measures for generalizing about forecasting methods: Empirical comparisons. *International Journal of Forecasting*, 8(1), 69-80. [https://doi.org/10.1016/0169-2070\(92\)90008-W](https://doi.org/10.1016/0169-2070(92)90008-W)
- Bundit, N., & Yusuksawat, S. (2006). Semi-automatic liquid mixer ratio. *Journal of Industrial Technology*, 2(1), 33-38. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jit_journal/article/view/3992/3479 (in Thai)
- Esmaeili, S., Al-AbdulRazaq, A., Oqlah, A., Al-Mujali, F., Al-Humoud, M., & Hummes, D. (2021). Design and assembly of an automated juice mixing machine. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 10(1), 287-296. <https://doi.org/10.12785/ijcds/100129>
- Jadhav, P., Thakur, Y., Thakur, K., & Dev, A. (2019). Automatic drink mixer and dispenser machine. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, 5(7), 492-496. <https://ijsrset.com/paper/5791.pdf>
- Koomngern, A., Sooksanit, C., & Chaiyabut, N. (2024). Automated drink mixing and shaking robotic arm. In *Proceedings of 16th Conference of Electrical Engineering Network 2024* (pp. 29-31). Asawann Hotel, Nong Khai, Thailand. (in Thai)
- Menditto, A., Patriarca, M., & Magnusson, B. (2007). Understanding the meaning of accuracy, trueness and precision. *Accreditation and Quality Assurance*, 12, 45-47. <https://doi.org/10.1007/s00769-006-0191-z>
- Sajjan, P. K., & Unnibhavi, A. (2016). PLC based automated flow control in cold drinks manufacturing industry. *International Journal on Emerging Technologies*, 7(2), 158-163. <https://www.researchtrend.net/ijet/pdf/30%20ICRIET-182.pdf>

- Singwong, S., Misaeng, W., & Duangdeekeao, R. (2021). *Cocktail mixer controlled by Android application*. Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University. (in Thai)
- Sparkfun. (2019). *Sharp GP2Y0A02*. https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Infrared/gp2y0a02yk_e.pdf
- Tiwary, A., Patro, A. K., & Padhy, J. B. (2015). Beverage preparation and bottling unit using PLC & SCADA system as a proposed automation for a small scale industries. *International Journal of New Technologies in Science and Engineering*, 2(5), 81-86. <https://ijntse.com/upload/14490392221448088814IJNTSE-SP-OC102.pdf>
- Wangsuphachart, S. (2018). *Research design & research methodology*. <http://www.cai.md.chula.ac.th/lesson/research/re7.htm> (in Thai)
- Wongrattana, C. (2012). *Techniques of using statistics for research* (8th ed.). Thep Niramitt Printing. (in Thai)
- Yerroju, A. (2007). *PLC implementation of beverage routing control algorithm* (Master's thesis). Cleveland State University. https://engineering.csuohio.edu/sites/default/files/media/ece/documents/Anusha_Yerroju.pdf