การออกแบบและพัฒนาเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

Design and development of semi-automatic cane sugar making machine controlled By Microcontroller Arduino Uno R3

อภิชัย หิทธิเดช[1*] ชมพูนุช ตลาดเงิน [2] ธวัชชัย จันประโคน[3] มาศทิพย์ ประกอบดี[4] พิพัฒน์ สมใจ[5] กมลรัตน์ สมใจ[6]
สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า[1-5] และ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ[4] มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
piput91@gmail.com[5] kamolratsomchai08@gmail.com[6]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 2) ทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องของเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

ผลการวิจัยพบว่า 1) ตัวเครื่องมีขนาดไม่ใหญ่เกินไปและง่ายต่อการใช้งาน สามารถต้มน้ำตาลอ้อยสูงสุดที่ 15 ลิตร และสามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด 2) การทดสอบประสิทธิภาพ โดยการต้มน้ำอ้อยทั้ง 3 ครั้ง คือ 5 ลิตร 10 ลิตร และ 15 ลิตร คิดเป็นปริมาณน้ำตาลที่ได้และสูญเสียไปในการบรรจุ พบว่า ทั้งสามครั้ง คือ น้ำอ้อย 5 ลิตร ใช้เวลาในการต้ม 3 ชั่วโมง จะได้น้ำตาล 20% และสูญเสียไปในขั้นตอนบรรจุ 10% น้ำอ้อย 10 ลิตร ใช้เวลาในการต้ม 4.40 ชั่วโมง จะได้น้ำตาล 25% และสูญเสียไปในขั้นตอนการบรรจุ 10% และน้ำอ้อย 15 ลิตร ใช้เวลาในการต้ม 6 ชั่วโมง จะได้น้ำตาล 30% และสูญเสียไปในขั้นตอนบรรจุ 5% ซึ่งสามารถนำไปใช้งานจริง ลดระยะเวลา และทดแทนการใช้แรงงานคน

คำสำคัญ: เครื่องทำน้ำตาลอ้อย, น้ำตาลอ้อย, ไมโครคอนโทรลเลอร์, Arduino Uno R3

ABSTRACT

The purposes of the research were to designer at a semi-automatic sugar cane café controlled by an Arduino Uno R3 microcontroller and test to find out the efficiency of the semi-automatic sugarcane sugar making machine controlled by Arduino Uno R3 microcontroller.

The research findings showed that 1) the machine is not too big and easy to use. Can boil up to 15 liters of cane sugar and can be used according to specified conditions. 2) performance test By boiling the sugar cane juice 3 times, 5 liters, 10 liters and 15 liters, the amount of sugar gained and lost in the packaging was found that For all three times, 5 liters of sugar cane juice takes 3 hours to boil to get 20% sugar and 10% loss in the packaging process. 10 liters of sugar cane juice takes 4.40 hours to boil to get 25% sugar and loses in the process. When filling 10% and 15 liters of sugarcane juice, it takes 6 hours to boil to get 30% sugar and 5% loss in the filling process, which can be used in actual use, reducing time and replacing manual labor.

Keyword: cane sugar making machine, cane sugar, microcontroller, Arduino Uno R3

บทนำ

น้ำตาลอ้อย (Cane sugar) ผูกพันกับชีวิตคนไทยมายาวนาน โดยเฉพาะขนมท้องถิ่นต่าง ๆ ล้วนแต่ใช้น้ำตาลจากอ้อยเป็นส่วนผสม เช่น ขนมกระยาสารทที่ต้องใช้น้ำตาลอ้อยมาโรยหน้าเพื่อเพิ่ม ความอร่อยให้กับขนม และนอกจากนี้แล้วยังมีขนมวงทรา นางเล็ด ขนมเทียน ขนมเข่ง ขนมต้มและ ข้าวเหนียวแดง ฯลฯ ทั้งหมดที่กล่าวมานั้นก็ล้วนแต่ใช้น้ำตาลจากอ้อยมาปรุงแต่งทั้งสิ้น เพื่อที่จะชู รสชาติของความเป็นขนมไทยโบราณให้โดดเด่นขึ้นมาและนอกจากจะมีกลิ่นหอมที่ยั่วใจแล้วยังมากไป ด้วยอาหารหลายอย่างที่ร่างกายเราต้องการอีกด้วย จึงกล่าวได้เลยว่าต้องน้าตาลอ้อยเท่านั้นจึงจะมี กลิ่นหอมแบบธรรมชาติและอร่อยตามแบบต้นตำหรับโบราณ เช่น ปลาตะเพียนต้มเค็มน้ำปลาหวาน สะเดำ ต้มฟักหวาน พะโล้ก๋วยจั๊บ และเฉาก๊วยเป็นต้น เพราะกลิ่นหอมของน้ำตาลอ้อยที่หอมเหมือน น้ำตาลไหม้นิด ๆ จะช่วยขับกลิ่นเครื่องเทศในอาหารให้หอมยิ่งขึ้น แถมยังได้คุณค่าจากวิตามิน และ แร่ธาตุกากใยอาหารจากอ้อย โดยไม่มีสารเคมีเจือปนด้วย (สารสนุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เรื่อง อ้อย. 2543)

การทำน้ำตาลอ้อยเริ่มจากการนำลำอ้อยมาหนีบเอาน้ำ และกรองเอากากใยออกจากน้ำอ้อยให้ได้น้ำอ้อยที่สะอาดก่อน แล้วจึงเอามาเคี่ยวในกระทะบัวจนกว่าจะเหนียวข้นได้ที่และมีสีน้ำตาลเข้มจัด โดยในการเคี่ยวน้ำตาลอ้อยในแต่ละครั้งจะใช้ฟืนหรือเศษลำอ้อยที่หนีบเอาน้ำออกแล้วมาเป็นเชื้อเพลิง จากนั้นทำการยอดลงแม่พิมพ์ที่เตรียมเอาไว้ ที่มีรูปแบบ เช่น แบบแผ่นกลมแบน เป็นท่อนทรงกระบอกคล้ายอ้อยคั้น แบบทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์หรือเป็นก้อนที่หารูปทรงไม่ได้เรียกน้ำอ้อยแบบนี้ว่าน้ำอ้อยหรือน้ำตาลงบ แต่ถ้าใส่กะทิลงไปในขั้นตอนการเคี่ยวหรือใส่ถั่วงาคั่วและมะพร้าวขูดลงไปด้วยจะเรียกว่าน้ำอ้อยกะทิ เป็นของกินเล่นของทั้งเด็กและผู้ใหญ่ (สารนุกรมไทยสำหรับเยาวชน เรื่องอ้อน. 2543)

ภาพที่ 1 กระบวนการทำน้ำตาลอ้อยแบบดั่งเดิม

ที่มา : บ้านหนองเครือ ตำบลถลุงเหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์

จากปัญหาที่พบในกระบวนการทำน้ำตาลอ้อยแบบดั้งเดิมที่ต้องใช้มนุษย์ในการควบคุมในทุกกระบวนการ ไม่ว่าจะเป็นการเคี่ยว การควบคุมอุณหภูมิ และการควบคุมเวลาเพื่อไม่ให้น้ำตาลไหม้ ทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 มาควบคุมบางกระบวนการเพื่อให้การทำงานที่เที่ยงตรงและสม่ำเสมอ ลดขั้นตอนการนั่งดูตลอดเวลาเพื่อไม่ให้น้ำตาลไหม้

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

1.2 เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องของเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกมากกวา 10 ล้านไร ผลผลิตป 2557/2558 ประมาณ 105.9 ล้านตัน โดยมีผลผลิตเฉลี่ย ประมาณ 10 ตันตอไร ซึ่งนับวาต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศคูแขงทั้ง ๆ ที่ประเทศไทยมีสภาพทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศเหมาะสมตอการปลูกอ้อยเป็นอย่างมาก แต่ข่อจำกัดที่ทำให่ผลผลิตอ้อยในภาพรวมของประเทศต่ำ เนื่องจาก ชาวไร่อ้อยสวนใหญ่ปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ประกอบกับชาวไร่อ้อย ไม่มีความชำนาญในการปลูกอ้อย ทั้งยังขาดความรูความเข่าใจด้านการบริหาร จัดการด้านน้ำ ดินและปุย รวมถึงไม่สามารถเข่าถึงหรือรับรูถึงเทคโนโลยีที่ เหมาะสมในแต่ละพื้นที่

น้ำตาลเป็นชื่อเรียกทั่วไปของคาร์โบไฮเดรตชนิดละลายน้ำ โซ่สั้น และมีรสหวาน ส่วนใหญ่ใช้ประกอบอาหาร น้ำตาลเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน มีน้ำตาลหลายชนิดเกิดมาจากที่มาหลายแหล่ง น้ำตาลพบได้ทั่วไปในเนื้อเยื่อของพืช แต่มีเพียงอ้อยและชูการ์บีตเท่านั้นที่พบน้ำตาลในปริมาณความเข้มข้นเพียงพอที่จะสกัดออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อ้อยหมายรวมถึงหญ้ายักษ์หลายสายพันธุ์ในสกุล *Saccharum* ที่ปลูกกันในเขตร้อนอย่างเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่สมัยโบราณ การขยายการผลิตเกิดขึ้นในคริสศตวรรษที่ 18 พร้อมกับการสร้างไร่น้ำตาลในเวสต์อินดีส และอเมริกา เป็นครั้งแรกที่คนทั่วไปได้ใช้น้ำตาลเป็นสิ่งที่ให้ความหวานแทนน้ำผึ้ง ชูการ์บีต หลังจากมีวิธีสกัดน้ำตาลเกิดขึ้นหลายวิธี การผลิตและการค้าน้ำตาลเปลี่ยนแปลงไปตามวิถีชีวิตของมนุษย์

Arduino Uno R3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328P ขนาด 8 บิต เป็นบอร์ดที่ได้รับความนิยมอย่างมากเนื่องจากใช้งานง่าย มีขาสัญญาณแอนะล็อก 6 อินพุต ขาสัญญาณดิจิตอล 13 ขาไลบรารีและอุปกรณ์เชื่อมต่อส่วนใหญ่สามารถใช้ร่วมกับ Arduino Uno ได้ (ดอนสัน ปงผาบ, 2563)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กันตภพ พลิ้วไธสง (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่องเครื่องคัดแยกวัตถุอัตโนมัติตามสายพานลำเลียง โดยการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกวัตถุ อัตโนมัติตามสายพานลำเลียง สามารถปฏิบัติงานได้ตามการออกแบบให้แยกชนิดวัตถุที่เป็นโลหะและ อโลหะ เคลื่อนย้ายวัตถุไปยังตะกร้าที่กำหนดไว้ โดยอาศัยการควบคุมของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์แบบอัตโนมัติใช้ตัวตรวจจับแบบพร็อกซิมิตี้เซ็นเซอร์ชนิดเก็บประจุอ่านค่าระยะของ วัตถุแปลผลเป็นสัญญาณที่แตกต่างกันตามแต่ชนิดของวัตถุและการออกแบบ และนำไปใช้เป็นแนวทางกับโรงงานอุตสาหกรรมประเภทงานแยกวัตถุในรายการผลิตเพื่อจำแนกวัตถุได้ตามที่โปรแกรมสั่งงาน และสามารถนำไปใช้ในโรงงานรีไซเคิลเพื่อแยกวัตถุก่อนที่จะนำไปทำในกระบวนการผลิตวัตถุใหม่อีก 65 ครั้ง รวมถึงระบบการเคลื่อนที่อัตโนมัติอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากผลการวิจัยเครื่องคัดแยกวัตถุอัตโนมัติตามสายพานลำเลียง พบว่าสามารถคัดแยกวัตถุที่เป็นพลาสติกไม้ได้ดี

ธนะพงศ์ นพวงศ์ ณ อยุธยา และ ไพฑูรย์ รักเหลือ (2558) ได้ทำวิจัยเรื่อง เครื่องบรรจุภัณฑ์กึ่งอัตโนมัต โดยได้ทำการออกแบบและพัฒนา เครื่องบรรจุภัณฑ์กึ่งอัตโนมัติ ให้สามารถบรรจุผลิตภัณฑ์ได้ 200, 300, 400 และ 500 กรัม ตามลำดับ โดยใช้โหลดเซลล์ควบคุมปริมาณและปล่อยผลิตภัณฑ์ให้ผิดพลาดไม่เกิน ±5% และทำการปิดผนึก พร้อมตัดให้ความร้อนด้วยฮีตเตอร์ใช้กาลัง 200 W กระแสไฟฟ้า 0.9 A โดยใช้เครื่องควบคุม อุณหภูมิ E5C4 เป็นตัวควบคุมความร้อนให้อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 120–130 องศาเซลเซียส

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานโดยการลงพื้นที่ที่มีการทำน้ำตาลอ้อย คือบ้านหนองเครือ ตำบลถลุงเหล็ก อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อศึกษาหลักการ ขั้นตอนจากชาวบ้านที่ทำน้ำตาลอ้อย และค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2 วิเคราะห์ปัญหาของขั้นตอนการทำน้ำตาลอ้อย

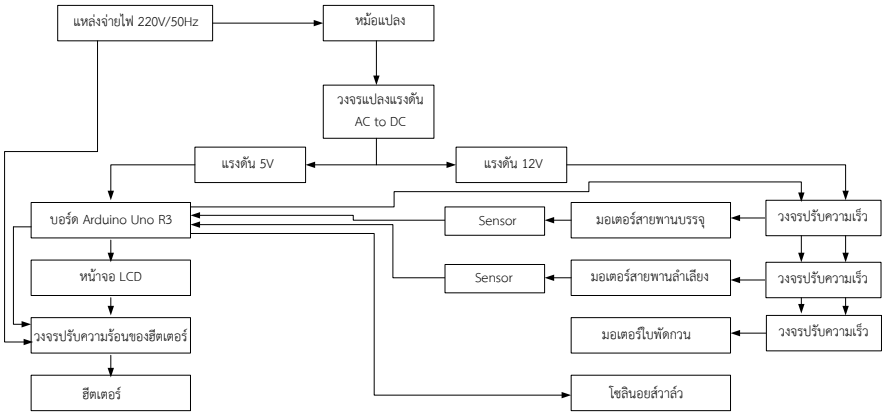
1.3 ทำการออกแบบตัวเครื่องอุปกรณ์ภายในและวงจรต่างๆ ตามกรอบแนวคิดและขั้นตอนการทำงานของเครื่องทำน้ำอ้อย

1.4 สร้างเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 และเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมส่วนต่างๆ ตามกรอบแนวความคิด

1.5 ทดลองและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดกับตัวเครื่องและโปรแกรมที่ควบคุม

1.6 ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพ โดยการต้มน้ำอ้อยทั้ง 3 ครั้ง คือ 5 ลิตร 10 ลิตร และ 15 ลิตร

1.7 สรุป วิเคราะห์ผล และจัดทำคู่มือการใช้งาน



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการทำงานและขั้นตอนของการสร้างเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

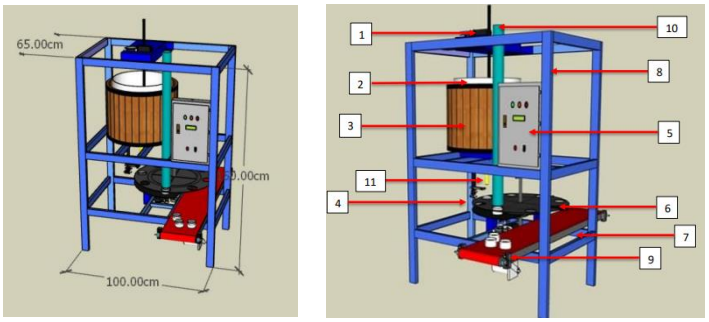
2. เครื่องมือการวิจัย

2.1 เครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

ผลการวิจัย

1. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 ที่มีลักษณะดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แบบจำลอง 3 มิติ แสดงขนาดและรูปทรงของเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

องค์ประกอบของเครื่องทำน้ำตาลอ้อยแบบกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ หมายเลข 1 มอเตอร์ส่งกำลังให้ใบกวน หมายเลข 2 หม้อต้มชั้นใน หมายเลข 3 หม้อต้มชั้นนอก หมายเลข 4 ชุดเซนเซอร์ตรวจจับ หมายเลข 5 ตู้คอนโทรล หมายเลข 6 สายพานบรรจุ หมายเลข 7 สายพานลำเลียง หมายเลข 8 โครงสร้างของตัวเครื่อง หมายเลข 9 ถ้วยแม่พิมพ์ หมายเลข 10 หลอดใส่แม่พิมพ์ (ถ้วย) และหมายเลข 11 โซลินอยด์วาล์ว

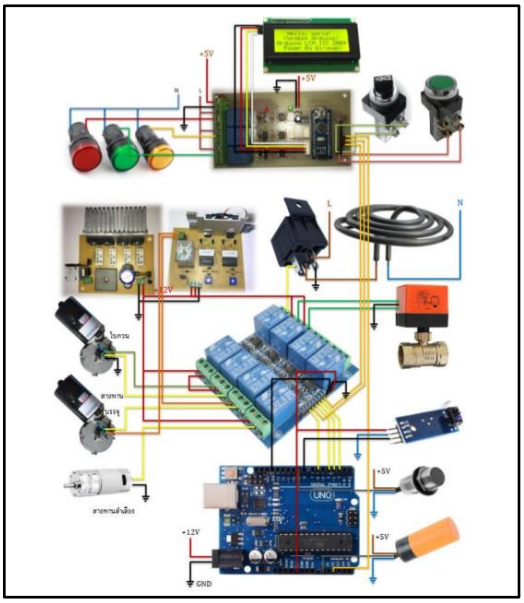
ภาพที่ 4 ภายในตู้ควบคุมที่ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 เป็นตัวควบคุม

ภาพที่ 5 เครื่องทำน้ำตาลอ้อยแบบกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

```
float metalDetected;
int monitoring;
int metalDetection = 1;

void setup(){
 Serial.begin(9600);
}
void loop(){
 monitoring = analogRead(metalDetection);
 metalDetected = (float) monitoring*100/1024.0;
 Serial.print ("14CORE METAL DETECTOR TEST");
 delay(500);
 Serial.print("Initializing Proximity Sensor");
 delay(500);
 Serial.print("Please wait...");
 delay(1000);
 Serial.print ("Metal is Proximited = ");
 Serial.print(metalDetected);
 Serial.println("%");
 if (monitoring > 250)
   Serial.println("Metal is Detected");
 delay(1000);
} if (monitoring > 250)
   Serial.println("Metal is Detected");
 delay(1000);
}
```

ภาพที่ 6 ตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้



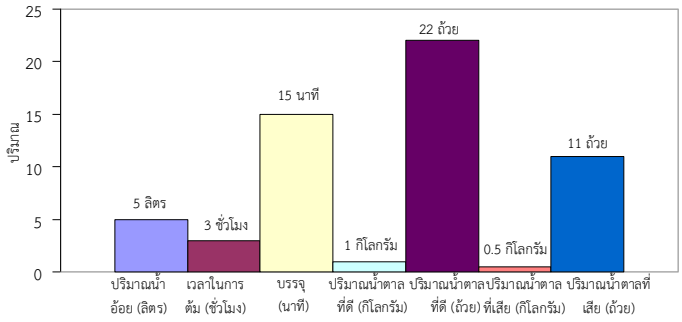
ภาพที่ 7 การต่อวงจรในส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง

2. ผลการทดสอบเครื่องทำน้ำตาลอ้อยแบบกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

ผลการทดลองเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 มีขั้นตอนการทดลองดังนี้ นำน้ำอ้อยปริมาณที่กำหนดใส่ลงไปในหม้อต้นและทำการปิดฝา จากนั้นทำการเปิดเครื่องให้ทำงานระบบจะทำกระบวนการต้มน้ำอ้อยเมื่อได้น้ำอ้อยที่มีความหนืดที่เหมาะสม เครื่องจะทำการปล่อยน้ำอ้อยผ่านโซลินอยด์วาล์วปริมาณ 45ml ลงในถ้วยบรรจุ โดยถ้วยบรรจุจะถูกเตรียมไว้ในหลอดบรรจุ ถ้วยที่บรรจุแล้วจะเลื่อนโดยสายพานลำเลียงออกมาเพื่อนำมาพึ่งให้เย็นเป็นสิ้นสุดกระบวนการทำหน้าตาลอ้อย ในกระบวนการทดลองจะทำการทดลองที่ปริมาณน้ำอ้อยที่ 5 ลิตร 10 ลิตร และ 15 ลิตร ตามลำดับ ผลการทดลองดังตาราง 1 โดยจะแบ่งออกเป็นน้ำอ้อยที่ใช้ในการต้ม (ลิตร) เวลาในการต้ม (ชั่วโมง) บรรจุ (นาที) ปริมาณน้ำตาลที่ดี (กิโลกรัม, ถ้วย) และปริมาณน้ำตาลที่เสีย (กิโลกรัม, ถ้วย)

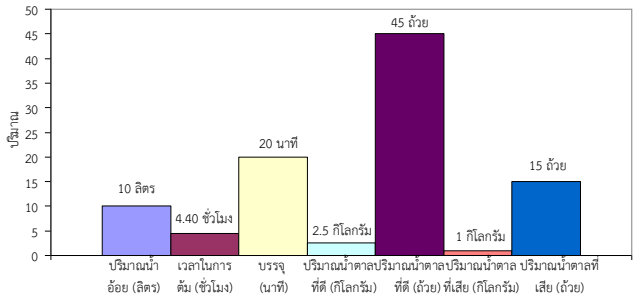
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการต้มน้ำตาลอ้อย

ปริมาณน้ำอ้อย (ลิตร)	เวลาในการต้ม (ชั่วโมง)	บรรจุ (นาที)	ปริมาณน้ำตาลที่ดี		ปริมาณน้ำตาลที่เสีย	
			กิโลกรัม	ถ้วย	กิโลกรัม	ถ้วย
5	3	15	1	22	0.5	11
10	4.40	20	2.5	45	1	15
15	8	35	3.5	65	1	20



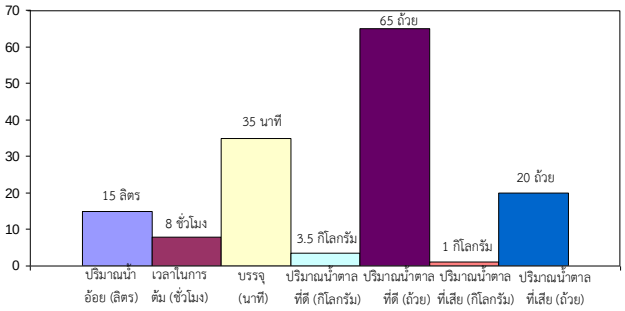
ภาพที่ 8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการต้มน้ำอ้อยที่ 5 ลิตร

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการต้มน้ำอ้อยที่ปริมาณ 5 ลิตร ใช้เวลาในการต้มเพื่อเป็นน้ำตาลอ้อย 3 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำตาลอ้อยที่ดี 1 กิโลกรัม บรรจุใส่ถ้วยได้ 22 ถ้วย และปริมาณน้ำตาลอ้อยที่เสีย 0.5 กิโลกรัม (ปริมาณน้ำตาลที่หกออกมานอกถ้วย) ใช้เวลาในการบรรจุลงถ้วย 15 นาที



ภาพที่ 9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการต้มน้ำอ้อยที่ 10 ลิตร

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการต้มน้ำอ้อยที่ปริมาณ 10 ลิตร ใช้เวลาในการต้มเพื่อเป็นน้ำตาลอ้อย 4.40 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำตาลอ้อยที่ดี 2.5 กิโลกรัม บรรจุใส่ถ้วยได้ 45 ถ้วย และปริมาณน้ำตาลอ้อยที่เสีย 1 กิโลกรัม (ปริมาณน้ำตาลที่หกออกมานอกถ้วย) ใช้เวลาในการบรรจุลงถ้วย 20 นาที



ภาพที่ 10 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการต้มน้ำอ้อยที่ 15 ลิตร

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการต้มน้ำอ้อยที่ปริมาณ 15 ลิตร ใช้เวลาในการต้มเพื่อเป็นน้ำตาลอ้อย 8 ชั่วโมง ได้ปริมาณน้ำตาลอ้อยที่ดี 3.5 กิโลกรัม บรรจุใส่ถ้วยได้ 65 ถ้วย และปริมาณน้ำตาลอ้อยที่เสีย 1 กิโลกรัม (ปริมาณน้ำตาลที่หกออกมานอกถ้วย) ใช้เวลาในการบรรจุลงถ้วย 20 นาที

อภิปรายผลการวิจัย

1. ในการดำเนินการเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 เพื่อหาประสิทธิภาพเครื่องของเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีประสิทธิภาพสูงและให้ความสะดวกสบายในกระบวนการทำน้ำตาลอ้อย

2. การออกแบบและสร้างเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 นั้นตัวเครื่องมีความแข็งแรง วัสดุที่ต้องสัมผัสกับน้ำอ้อยมีความปลอดภัยเพราะใช้วัสดุที่ไม่เป็นอันตราย ตัวเครื่องจะทำงานแบบอัตโนมัติทั้งหมดมีเพียงขั้นตอนเดียวคือขั้นตอนการดูความหนืดของน้ำอ้อยที่ต้มต้องใช้คน

3. เครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 สามารถใส่น้ำอ้อยได้สูงสุด 15 ลิตรต่อการทำน้ำตาลอ้อยหนึ่งครั้ง ผลการทดลองเครื่องสามารถทำงานได้ดีสามารถช่วยลดความเมื่อยล้า ลดอุบัติเหตุ ลดเวลา ลดการใช้ฝืน ลดมลภาวะที่เกิดจากควัน และลดจำนวนคนที่ใช้ในกระบวนการทำน้ำตาลอ้อยอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่องการสร้างเครื่องทำน้ำตาลอ้อยกึ่งอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 ในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรที่จะทำเป็นแบบอัตโนมัติทั้งระบบ

เอกสารอ้างอิง

กันตภณ พลิ้วไธสง. (2557). เครื่องคัดแยกวัตถุอัตโนมัติตามสายพานลำเลียง. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก*, 7(1), 88-96.

ดอนสัน ปงผาบ. (2563). *ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino.* กรุงเทพ. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

ธนะพงศ์ นพวงศ์ ณ อยุธยา และ ไพฑูรย์ รักเหลือ. (2558). *เครื่องบรรจุภัณฑ์กึ่งอัตโนมัติ.* ในการประชุม การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่ 7 รู้ค่าพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพื่อเข้าสู่ศตวรรษที่ 21, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

ประภาส สุวรรณเพชร. (มปป.). *เรียนรู้และลองเล่น Aduino เบื้องต้น*. แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ.

ยุติพงษ์ ทานาและคณะ. (มปป.) การออกแบบและพัฒนาเครื่องกวนน้ำตาลอ้อยแบบกึ่งอัตโนมัติ.