รายงานการวิจัย

เรื่อง

นวัตกรรมการเคี่ยวน้ำตาลโตนดและน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มอัตโนมัติ
สำหรับครัวเรือน

โดย

สราวุฒิ เชาวสกู

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ปี พ.ศ. 2560

สารบัญ

หน้า

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

สารบัญ(ต่อ)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง นวัตกรรมการเคี่ยวน้ำตาลโตนดและน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มอัตโนมัติสำหรับครัวเรือนสำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่เอื้อเฟื้อห้องวิจัยและห้องปฏิบัติการ

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับนวัตกรรมการเคี่ยวน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มอัตโนมัติสำหรับครัวเรือนและขอขอบคุณท่านผู้แต่งตำราทุกท่านที่ได้นำความรู้มาใช้ในงานวิจัยตลอดจนผู้ร่วมงานทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) สร้างเครื่องเคี่ยวน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 2) ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเคี่ยวน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ การดำเนินการวิจัย ออกแบบถังเคี่ยวน้ำตาลโตนดโดยการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า 220 โวลต์ กินกระแสไฟฟ้า 10 แอมป์ ระบบหล่อเย็น ใช้ แผ่นทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์ในการทำความเย็น ผลการวิจัย เครื่องเคี่ยวตาลโตนดที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์สามารถเคี่ยวน้ำตาลโตนดได้ ส่วนระบบหล่อเย็นสามารถทำให้น้ำตาลโตนดมีความเย็นตามที่ต้องการได้ การทดสอบประสิทธิภาพ การกินกระแสของขวดลวด โดยกระแสจะสวิงอยู่ในช่วง 9-11 แอมป์

คำสำคัญ: ตาลโตนด นวัตกรรม ระบบอัตโนมัติ

Abstract

The purpose of this research was to: 1) construct juice tanod drink machine controlled by a microcontroller system; 2) test the efficiency of a juice Tanod drink automatic machine controlled by microcontroller. Research Implementation Design juice tanod drink machine by heating with 220 volts of electricity current 10 amp of cooling system using a cooling plate which is thermoelectric cooler in the cooler. The results of the research can be used boil sugar tanod for purpose. The cooling system can make juice tanod drink cool as desired. Performance testing to the current of the wire will swing in the range of 9-11 amps.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เมืองเพชรบุรี เมืองตาลโตนด จังหวัดเพชรบุรีได้รับการคัดเลือกจากกรมทรัพย์สินทางปัญญาเป็น 1 ใน 10 จังหวัดเมืองต้นแบบเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ในด้าน "เมืองเพชร เมืองตาลโตนด" ต้นตาล เป็นพืชเศรษฐกิจที่เป็นส่วนหนึ่งของวิถีชีวิตคนเมืองเพชร มีคุณค่าอเนกอนันต์ตั้งแต่รากจรดใบ ภาพของต้นตาลที่ยืนต้นสูงตระหง่านตัดกับทุ่งนาเขียวขจี และสีเหลืองทอง เป็นธรรมชาติที่งดงาม และพบเห็นได้ในทุกพื้นที่ของอำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรีตั้งแต่อดีตสืบเนื่องจนถึงปัจจุบัน คนบ้านลาดเรียนรู้ และสืบทอดการใช้ประโยชน์จาก **ต้นตาล** จนเกิดเป็นภูมิปัญญาที่ซึมซับสู่วิถีชีวิตของคนรุ่นหลังอย่างต่อเนื่อง **น้ำตาลโตนด** เป็นสินค้าพื้นเมือง ที่เป็นสัญลักษณ์หนึ่งของจังหวัดเพชรบุรี ผลิตมาก ในเขตอำเภอบ้านลาด นอกจากนี้ น้ำตาลโตนดยังเป็นส่วนผสมสำคัญในการทำอาหาร และขนมหวานของเมืองเพชรที่มีอยู่มากมาย และทำให้ขนมหวานเมืองเพชร มีรสชาติหอมหวานเป็นเอกลักษณ์โดดเด่น เป็นที่ติดอกติดใจ มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จัก การทำน้ำตาลโตนดมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การพาดตาล คือ การนำไม้พะองไปมัดติดกับต้นตาล 2) การนวดตาล 3) การปาดตาล 4) การรองตาล **5) การเคี่ยวตาล** (สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดเพชรบุรี, 2554) ทั้ง 5 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 5 ดังภาพที่ 1 เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะต้องใช้ความพยายามและเทคนิคจากผู้เชี่ยวชาญที่ถ่ายทอดกันมาจากบรรพบุรุษ ในการเคี่ยวตาลจนได้น้ำตาลที่สวยงาม รสหอมหวาน น้ำตาลโตนดที่อำเภอบ้านลาดมีลักษณะโดดเด่นคือหวานสนิทไม่มีรสเค็ม แตกต่างจากที่อื่น ๆ ที่มีรสเค็มผสม


ภาพที่ 1.1 เตาเคี่ยวน้ำตาลโตนด

ปัญหาที่สำคัญของการทำตาลโตนดในปัจจุบัน คือ ต้นตาลมีปริมาณลดลงอย่างมาก และคนทำตาลโตนดก็มีจำนวนลดลงเช่นเดียวกัน คนรุ่นใหม่ไม่ค่อยทำตาลโตนดแล้ว จะทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม ไม่อยากทำตาลโตนดเนื่องจากการทำน้ำตาลโตนดทั้ง 5 ขั้นตอนมีความยุ่งยากและเหนื่อย โดยเฉพาะการเคี่ยวตาลซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการผลิตน้ำตาลโตนด ต้องใช้ความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ในการเคี่ยวน้ำตาลโตนด ซึ่งจะต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญทำ จึงจะได้น้ำตาลโตนด สีสวย หอม หวาน ดังภาพที่ 1.2

ภาพที่ 1.2 น้ำตาลโตนด

การขาดเทคโนโลยีสมัยใหม่และการพัฒนากระบวนการผลิตในการเคี่ยวตาลสมัยใหม่ จึงทำให้การเคี่ยวตาลค่อย ๆ ลดลงและเป็นไปได้ว่าในอนาคตการเคี่ยวตาลและการทำตาลโตนดอาจจะต้องหายไป จึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด้วยที่จะต้องวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีช่วยชาวบ้านเพื่อดึงคนรุ่นใหม่ให้หันกลับมาทำตาลโตนด โดยสร้างระบบการเคี่ยวตาลโตนดที่ทันสมัย และสะดวกไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ ก็สามารถทำการเคี่ยวตาลโตนดได้

ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาเครื่องเคี่ยวน้ำตาลโตนดและน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาศักยภาพของชาวบ้านในการเคี่ยวตาลโตนด รักษาภูมิปัญญาท้องถิ่นและศิลปวัฒนธรรมการเคี่ยวตาลโตนดกระตุ้นคนรุ่นใหม่ให้หันกลับมาทำตาลโตนด ส่งเสริม เมืองต้นแบบเศรษฐกิจสร้างสรรค์ และยุทธศาสตร์แผนการพัฒนาของจังหวัดเพชรบุรีที่ให้ เมืองเพชรบุรีเป็นเมืองต้นแบบเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ “เมืองเพชรเมืองตาลโตนด”

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) สร้างเครื่องเคี่ยวน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

2) ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องเคี่ยวน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ออกแบบและสร้างเครื่องเคี่ยวตาลที่มีกำลังการผลิตน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มได้จริงตามวัตถุประสงค์

2) ความสามารถในการผลิตน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มได้วันละ 50 กิโลกรัม

บทที่ 2
ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทำให้อาหารเข้มข้น

วิธีการทำให้อาหารเข้มข้นมี 3 วิธี คือ 1. การระเหย (Evaporation) 2. การทำให้เข้มข้นแบบเยือกแข็ง (Freeze concentration) 3. การทำให้เข้มข้นโดยใช้เมมเบรน (Membrane concentration)

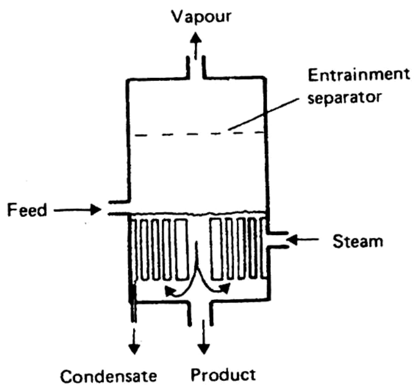
การระเหย (Evaporation) การระเหยเป็นการเอาน้ำบางส่วนออกจากของเหลวโดยการต้มโดยอาศัยสมบัติในการระเหยเนื่องจากจุดเดือด (boiling point, b.p.) ที่แตกต่างกันของตัวทาละลาย (น้ำ) และตัวถูกละลาย โดยการให้ความร้อนและทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ (vapor) แล้วจึงแยกออกไป ทำให้ของเหลวที่เหลือมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น วัตถุประสงค์ของการระเหยนอกจากเพื่อวัตถุประสงค์การทำให้เข้มข้นแล้วยังใช้ความร้อนในการทำลายเอนไซม์ ในบางกรณีใช้ในการกำจัดกลิ่นที่ไม่ต้องการได้ด้วย หรือทำให้เกิดกลิ่นรสและสีในผลิตภัณฑ์ เช่น ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดบางชนิด จากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (Caramelisation) ซึ่งทำให้เกิดสารให้กลิ่นรสเฉพาะตัวและสีน้าตาล วิธีการระเหยมีข้อดีคือ สามารถทำให้อาหารเข้มข้นได้มากกว่า 80% แต่ข้อจำกัดคือสารที่ระเหยง่าย (volatile compound) บางส่วนจะถูกระเหยไปพร้อมกับน้ำ ตัวอย่างอาหาร ได้แก่ น้ำผลไม้ (เช่น น้ำส้ม) น้ำผัก (เช่น tomato pastes และ tomato purees) ผลิตภัณฑ์นม (เช่น นมข้นหวาน นมข้นจืด และนมผง) แยม และเยลลี นอกจากนี้ยังใช้ในการทำให้เกลือและน้ำตาลมีความเข้มข้นมากขึ้นก่อนการทำให้บริสุทธิ์ (refining) ส่วนประกอบที่สำคัญ 1. ตัวหม้อต้ม (Heat exchanger) ตัวหม้อต้มมักเป็นแบบท่อ ซึ่งอาจเป็นชนิดท่อสั้นหรือยาว ตามแนวนอนหรือแนวตั้ง สารที่อยู่ในท่ออาจเป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อน (heating medium) หรือเป็นอาหารที่ต้องการทำให้เข้มข้นขึ้นก็ได้ ตัวกลางถ่ายเทความร้อนที่ใช้มักเป็น condensing steam หรือ exhaust steam หรืออาจใช้น้ำร้อน และการหมุนเวียนของอาหารเหลวอาจเป็นแบบตามธรรมชาติ (natural circulation) หรือเป็นแบบบังคับ (forced circulation) คือมีการใช้อุปกรณ์อื่นช่วย เช่น ปั๊ม (pump) 2. ตัวแยกไอที่ระเหยออกมา (Vapor separator) 3. ตัวทำให้เกิดสุญญากาศ (Vacuum pump) การเลือกเครื่องระเหยใช้พิจารณาจาก1. Operating capacity (kg water /hr) 2. ความเข้มข้นที่ต้องการ (% solid) 3. Heat sensitivity ขึ้นกับ

residence time และอุณหภูมิ 4. Volatile recovery 5. การใช้งาน ประสิทธิภาพ และ ค่าใช้จ่าย ชนิดของเครื่องระเหย (evaporator)

1. Natural circulation evaporators

1.1) Open-pan evaporators และ Close-pan evaporators เป็นหม้อต้มแบบ 2 ชั้น (double jacket) ที่มีการให้ความร้อนจากน้ำร้อน ไอน้ำหรือขดลวดความร้อน หม้อต้มชนิดนี้มีการถ่ายเทความร้อนไม่ดีนักจึงต้องมีใบพัดสาหรับช่วยกวน ข้อแตกต่างของทั้งสองชนิดนี้คือ Open-pan evaporators จะเป็นหม้อต้มที่ใช้งานที่ความดันบรรยากาศ ส่วน Close-pan evaporators จะเป็นหม้อต้มที่มีการใช้สุญญากาศร่วมด้วย

1.2) Short-tube evaporators มีขนาดสั้นเพียง 2-3 เมตร แต่มีความกว้างของตัวหม้อมาก การถ่ายเท ความร้อนของของเหลวเป็นแบบ natural convection โดยอาหารที่ได้รับความร้อนจากท่อไอน้ำลอยตัวสูงขึ้น และอาหารที่เย็นกว่าจะวนลงมาด้านล่าง เช่น Calandria evaporator ซึ่งปัจจุบันมีใช้เฉพาะในอุตสาหกรรมน้ำตาลทรายเท่านั้น เนื่องจากขนาดที่ใหญ่จะทำให้ใช้เวลานาน

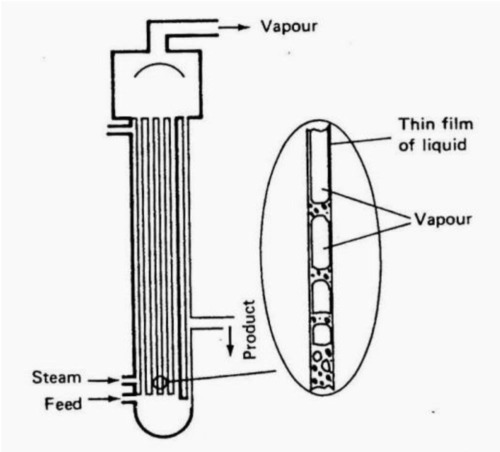


ภาพที่ 2.1 Vertical short-tube evaporator

1.3) Long-tube evaporators (Film evaporators) เป็นเครื่องระเหยแบบแนวตั้ง แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

ก. Climbing-film evaporators หรือ Rising-film evaporator หรือ อาหารเหลวจะอยู่ภายในท่อ ส่วนไอน้าอยู่นอกท่อ โดยป้อนอาหารเหลวทางด้านล่างซึ่งฟองอากาศจากไอ (vapor) ที่ระเหยจากอาหารจะดันอาหารที่เคลือบเป็นฟิล์มอยู่ภายในท่อขึ้นมาจนถึงทางออกที่ปลายด้านบนแล้ว

จึงผ่านเข้าเครื่องแยก (separator) เพื่อแยกไอ (vapor) และอาหารที่เข้มข้น (concentrate) ออกจากกัน นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดต่ำ



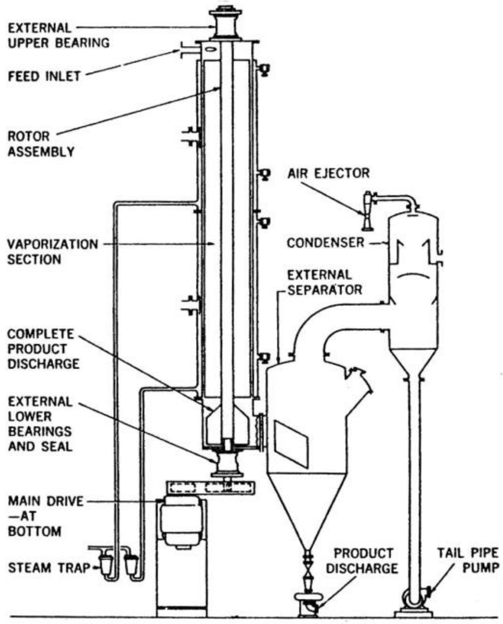
ภาพที่ 2.2 Climbing-film evaporator

ข. Falling-film evaporators อาหารเหลวจะอยู่ภายในท่อ ส่วนไอน้ำอยู่นอกท่อ แต่ป้อนอาหารเหลวทางด้านบน แล้วไอและอาหารที่เข้มข้นจะออกทางด้านล่าง แล้วถูกแยกออกจากกันในเครื่องแยก มักใช้ในผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูงกว่า

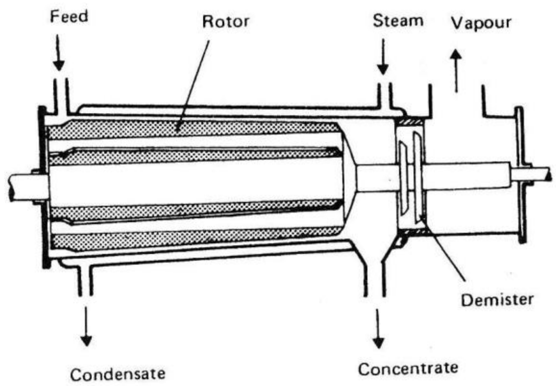
2. Forced circulation evaporators เป็นเครื่องระเหยที่มีการใช้อุปกรณ์อื่นช่วยเพื่อเป็นทาให้ของเหลวถูกป้อนเข้าในเครื่องระเหยอย่างสม่ำเสมอแม้ว่าของเหลวจะมีความหนืดสูง เช่น ปั๊ม (pump) ตัวกวาด (scraper) เป็นต้น

2.1) Plate evaporator มีลักษณะคล้ายกับ plate heat exchanger โดยตัวกลางให้ความร้อนคือไอน้ำ (steam) และมีส่วนที่ใช้แยกส่วนของไอออกจากของเหลวเข้มข้นภายนอกเครื่องระเหย อาจเทียบได้กับเป็นการนาเครื่องระเหยแบบ film evaporators ชนิด climbing-film และ falling-film มาต่อกัน ตัวอย่างอาหารเช่น น้ำเชื่อม ผักบด (vegetable purees) และผลิตภัณฑ์นม

2.2) Thin film evaporators Thin film evaporators เป็น film evaporators ที่มีอุปกรณ์ช่วยในการควบคุมความหนาของฟิล์ม โดยอุปกรณ์ดังกล่าวเป็นแผ่นคล้ายใบมีดแต่มีขอบที่ยืดหยุ่นหมุนอยู่โดยรอบภายในเครื่อง โดยเครื่องมืออาจอยู่ในแนวตั้งหรือแนวนอนก็ได้ ตัวอย่างอาหารเช่น ผักหรือผลไม้บด (fruit or vegetable puree) และน้ำเชื่อมชนิดเข้มข้น เป็นต้น

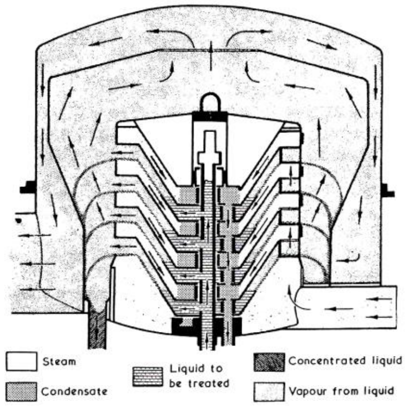


ภาพที่ 2.3 Agitated thin-film evaporator (Potter, 1986)



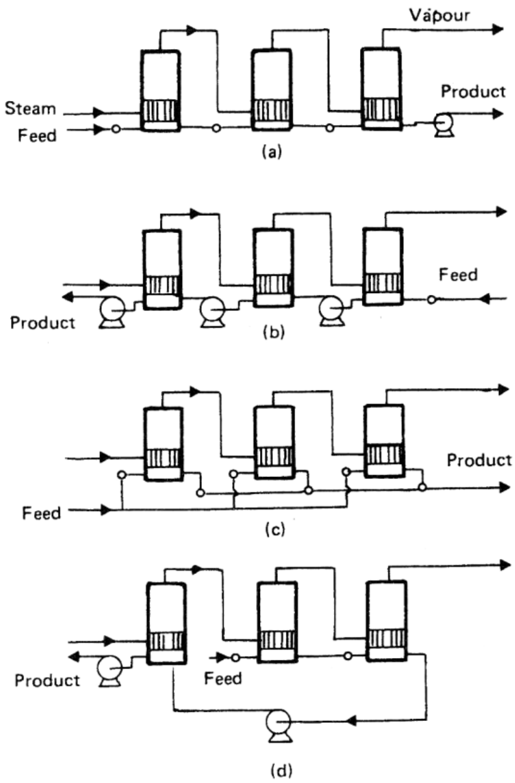
ภาพที่ 2.4 Mechanical thin film evaporators (Fellows, 1990)

2.3) Expanding-flow evaporator Expanding-flow evaporator มีหลักการทางานคล้ายกับ plate evaporator แต่มีลักษณะเป็นกรวยหงาย (inverted cones) และมีการเคลื่อนที่โดยใช้การปั่นเหวี่ยงทาให้เกิดเป็นฟิล์มที่บางมาก การระเหยเกิดภายใต้สุญญากาศ หลังจากนี้ concentrate จะถูกแยกออกมา และไอ (vapor) ก็จะลอยขึ้นด้านบนแล้วถูกแยกออกมาอีกทางหนึ่ง ส่วนไอน้า (steam) จะกลั่นตัวเป็น condensate ออกมาอีกทางหนึ่ง วิธีการนี้ไม่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูง



ภาพที่ 2.5 Expanding-flow evaporator (Brennan และคณะ, 1990)

2.4) Flash evaporators โดยการพ่นไอน้ำ (steam) ที่อุณหภูมิ 150 C ผ่านลงในอาหารเหลวแล้วส่งไปเครื่องแยก เพื่อแยกไอออกจากอาหารเหลวเข้มข้น **ระบบของเครื่องระเหย** 1. Single-effect evaporator 2. Multiple-effect evaporator



ภาพที่ 2.6 Multiple-effect evaporator (a) forward (b) reverse (c) parallel and (d) mixed

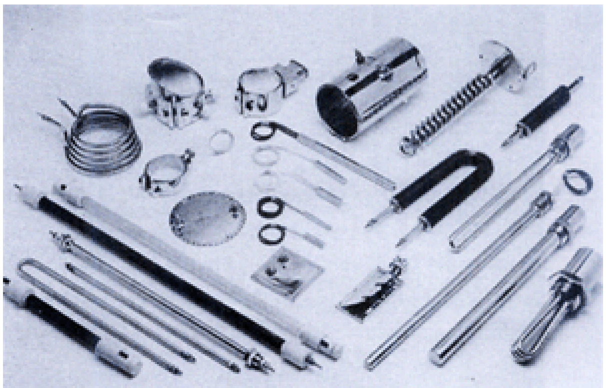
(Fellows, 1990)

2.2 ฮีตเตอร์และเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

ฮีตเตอร์ เป็นอุปกรณ์ทำความร้อนในอุตสาหกรรมที่มีหลักการพื้นฐานคือเมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำ ที่มีค่าความต้านทานสูง ลวดตัวนำจะร้อนแสดงดังภาพที่ 9 ดังนั้น ลวดที่ใช้ผลิตฮีตเตอร์จะต้องมีคุณสมบัติเหนี่ยวและทนอุณหภูมิได้สูง สำหรับลวดฮีตเตอร์ เป็นลวด Kanthal (นิกเกิ้ล : โครเมี่ยม/80 : 20) ทนอุณหภูมิได้ถึง 1250 องศา ^{0}C ส่วนประกอบอื่น ๆ ในการผลิตฮีตเตอร์มีดังนี้

- **ฉนวนแม็กนีเซี่ยมออกไซด์ (MgO)** มีค่าความนำไฟฟ้าต่ำแต่นำความร้อนดีมากทำหน้าที่กั้นกลางระหว่างลวดฮีตเตอร์กับปลอกโลหะ เพื่อป้องกันไม่ให้มีกระแสรั่ว (Leak Current) จากลวดฮีตเตอร์ออกไปยังผิวโลหะ จุดสำคัญคือห้ามมีความชื้นในฉนวนเด็ดขาดเพราะจะทำให้ค่าความนำไฟฟ้าสูงขึ้นหากมีความชื้นแก้ไขได้โดยการอบในเตาอบ

- **Insulation Tester** เป็นเครื่องทดสอบความเป็นฉนวนของฮีตเตอร์เพื่อให้แน่ใจว่าในการใช้งานจริงจะไม่มีกระแสรั่วจากลวดฮีตเตอร์สู่ผิวโลหะซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ได้มาตรฐานของ TIC ได้กำหนดการทดสอบแรงดันที่ 1500 VAC และค่าความเป็นฉนวนต้องมากกว่า 500 MW



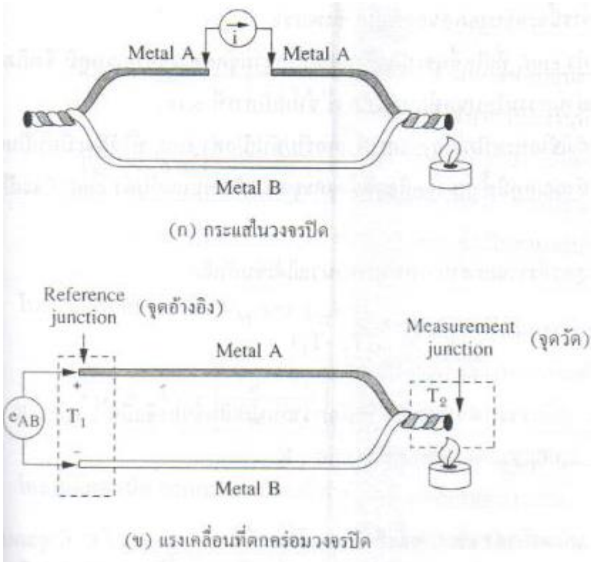
ภาพที่ 2.7 แสดงลักษณะของฮีตเตอร์

(http://www.heater-heater.com/14416046)

ชนิดของฮีตเตอร์ ได้แบ่งตามการใช้งานและการติดตั้งกับจุที่จะให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ ได้แก่ 1) ฮีตเตอร์รัดท่อ (Band Heater) ใช้ให้ความร้อนกับท่อ หรือถังรูปทรงกระบอก โดยการรัดจากภายนอก เช่น งานฉีดพลาสติก, ต้มน้ำ 2) ฮีตเตอร์แผ่น (Strip Heater) ใช้ให้ความร้อนกับวัตถุผิวเรียบโดยขันน๊อตยึด 3) ฮีตเตอร์ครีบและฮีตเตอร์ท่อกลม (Finned Tubular Heater) ใช้ให้ความร้อนในเตาอบ 4) ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge Heater) ใช้ให้ความร้อนกับโมลโลหะ เช่น ในงานบรรจุหีบห่อ, งานฉีดพลาสติก 5) ฮีตเตอร์ทิวบิวลาร์ (Tubular Heater) ใช้ให้ความร้อนได้กับทั้งอากาศ และของเหลว 6) ฮีตเตอร์หล่ออลูมิเนียม (Aluminium Heater) เป็นฮีตเตอร์ที่ถูกหล่อทับด้วยอลูมิเนียมเพื่อให้ได้รูปร่างตามต้องการ ทั้งรูปวงกลม, กระบอก, แผ่น 7) ฮีตเตอร์บอบบิ้น (Bobbin Heater) ใช้ให้ความร้อนกับของเหลว เช่น งานชุบ, งานแช่ในกรด หรือสารละลายวัสดุเป็นสแตนเลส 304 สำหรับงานทั่วไป วัสดุเป็น สแตนเลส 316 สำหรับของเหลวที่กัดกร่อน วัสดุเป็นควอทซ์สำหรับกรดหรือสารละลายกัดกร่อนพิเศษ 8) ฮีตเตอร์อินฟราเรดแบบแท่ง+โคม (Infrared Heater) ใช้ให้ความร้อนในเตาเอบหรือติดตั้งเหนือคอนเวย์เยอร์ ใช้งานได้ดีแม้เป็นระบบเปิด 9) ฮีตเตอร์อินฟราเรดแบบแผ่นเซรามิค (Infrared Heater) ฮีตเตอร์มีขนาดเล็กเหมาะกับงานที่มีพื้นที่ติดตั้งจำกัดให้ความร้อนรวดเร็ว ประหยัดพลังงาน 10) ฮีตเตอร์อินฟราเรดแบบหลอด (Infrared Heater) ใช้ให้ความร้อนแทนไฟสปอร์ตไลท์แต่ประหยัดพลังงานกว่า เนื่องจาก ไม่มีการสูญเสียพลังงาน ติดตั้งง่ายสามารถใช้แทนหลอดไฟได้ด้วยเกลียว E27 11) ฮีตเตอร์ขดลวด (Coil Heater with Ceramic Plate) ใช้ให้ความร้อนกับงานอุณหภูมิสูงทนอุณหภูมิสูงสุดถึง 1,400 ^{0}C

เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิล คือ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) นำมาเชื่อมต่อปลายทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยเปิดไว้ เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomus Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันในปี ค.ศ.1821 ในรูปที่2 เป็นวงจรที่ใช้อธิบายผลของซีแบ็คดังกล่าว



ภาพที่ 2.8 แสดงผลของซีเบ็ค

ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Termoelectric Effect)

ทฤษฎีพื้นฐานของผลจากเทอร์โมอิเล็กทริก เกิดจากการส่งผ่านทางไฟฟ้าและทางความร้อนของโลหะที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตกคร่อมที่โลหะนั้น ความต่างศักย์นี้จะสัมพันธ์กับความจริงที่ว่า อิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปลเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างชนิดกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า โลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกันนั่นเอง

1. ผลของซีแบ็ค (Seebeck Effect) โดยใช้ทฤษฎีโซลิดสเตด เราสามารถวิเคราะห์ค่าได้จากสมการอินทิเกรตค่าจากย่านของอุณหภูมิดังกล่าวนั่นคือ

$$\varepsilon = \int_{T_1}^{T_2} (Q_A - Q_B)\,dT$$

สมการนี้จะอธิบายผลของซีแบ็ค ซึ่งพบว่า

1. ค่า emf. ที่เกิดจะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเกิดความแตกต่างของค่าคงที่ในการส่งผ่านความร้อนของโลหะ

2. ถ้าใช้โลหะชนิดเดียวกันมาทำเทอร์โมคัปเปิลค่าemf. ที่ได้ก็จะมีค่าเป็นศูนย์

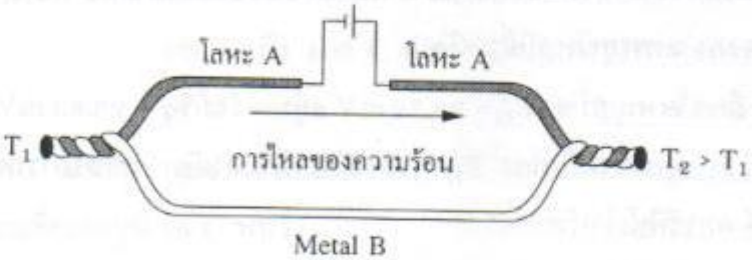
3. ถ้าอุณหภูมิทั้งสองจุดคือจุดวัดและจุดอ้างอิงเหมือนกันค่า emf. ก็จะเป็นศูนย์ โดยสูตรที่ง่ายและสามารถนำมาคำนวณได้เช่นกัน คือ

$$\varepsilon = \alpha(T_2 - T_1)$$

เมื่อ α = ค่าคงที่หรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของซีแบ็ค ; volts/K

T_1, T_2 = อุณหภูมิที่จุดต่อ ; K

2. ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects) หากคิดย้อนกลับจากผลของซีแบ็ค นั่นคือใช้โลหะที่แตกต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจ่ายพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็จะเป็นเหตุให้เกิดกระแสไหลในวงจร เพราะจากคุณสมบัติในการส่งไฟฟ้าและความร้อนของโลหะ พบว่าขั้วหนึ่งจะเกิดความร้อน (T_2)และอีกขั้วหนึ่งจะเกิดความเย็น (T_1) ขึ้น โดยผลดังกล่าวเรียกว่า “ผลของเพลเทียร์” (Peltier effect) และถูกนำไปใช้งานพิเศษสำหรับการทำความเย็นกับส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้กระทั่งเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก



ภาพที่ 2.9 แสดงผลของเพลเทียร์

ตารางแสดงแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple Table)

ตารางเทอร์โมคัปเปิลจะให้แรงเคลื่อนสำหรับเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชนิด เมื่ออ้างอิงกับจุดอ้างอิงที่กำหนด (0^0c) ณ อุณหภูมิที่จุดวัดต่างๆ พบว่าที่อุณหภูมิ 210^0c เทอร์โมคัปเปิลชนิด j เมื่ออ้างอิงที่ $0\,^0$c จะมีแรงเคลื่อนเป็น

$$V(210^0c) = 11.3\ mV(\text{ชนิด J}, 0^0c\ ref.)$$

ในทางกลับกัน ถ้าเราวัดแรงเคลื่อนได้ 4.768 mV กับชนิด s และอุณหภูมิอ้างอิงที่ 0 ^{0}c เราพบว่า

T(4.768 mv) = 555^{0}c (ชนิด s, 0^{0}c ref.)

แต่บางกรณี แรงเคลื่อนที่วัดได้จะไม่ตรงกับค่าในตาราง จึงจำเป็นต้องมีการแบ่งสเกล (interpole) ระหว่างค่าในตาราง ซึ่งหาได้จากสมการการแบ่งสเกลดังนี้

$$T_M = T_L + \left[\frac{T_H - T_L}{V_H - V_L}\right](V_M - V_L)$$

เมื่อ V_M = คือ แรงเคลื่อนที่วัดได้จากมิเตอร์

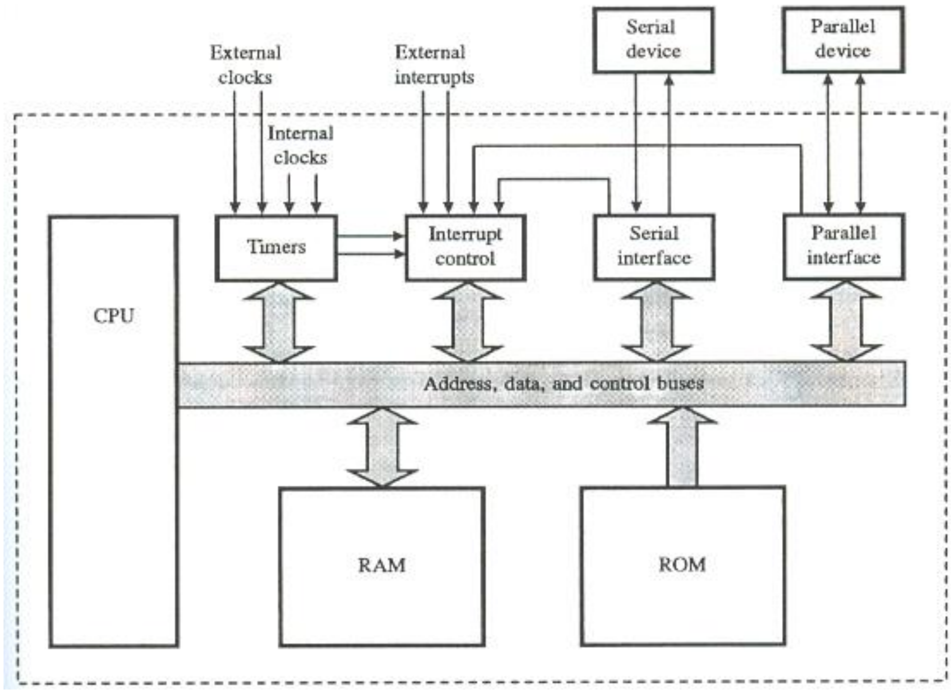
V_H และ V_L = ค่าแรงเคลื่อนของ T_H และ T_L อ่านได้จากตารางโดย V_H อยู่สูงกว่า V_M และ V_L ต่ำกว่า V_M

T_H และ T_L = ค่าอุณหภูมิที่ตรงกับค่าแรงเคลื่อน V_H และ V_L ตามลำดับ

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller)

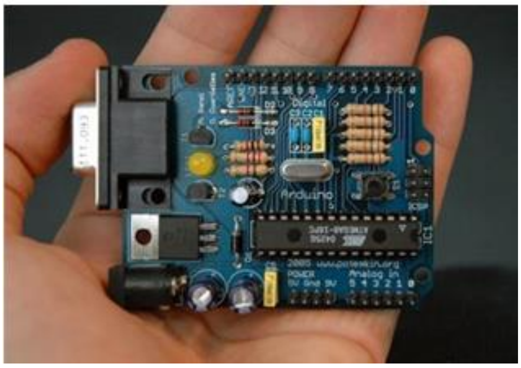
ไมโครคอนโทรลเลอร์รู้จักกันในนามของคอมพิวเตอร์บนชิป (chip) การออกแบบประกอบด้วยซีพียู ซึ่งประกอบด้วย ALU PC SP และเรจีสเตอร์ต่าง ๆ และยังเพิ่มส่วนต่าง ๆ เข้าไปในชิปอีกเพื่อให้เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สมบูรณ์ เช่น รอม แรม อินพุทและเอาท์พุทแบบขนาน อินพุทและเอาท์พุทแบบอนุกรม ตัวจับเวลาและตัวนับ วงจรนาฬิกา เป็นต้น

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นภาพภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในงานควบคุมสำหรับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ โดยจะโปรแกรมการควบคุมของเครื่องจักรไว้ภายในรอม ในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ การออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์จะจำกัดในเรื่องของคำสั่งที่เป็นไบต์และการใช้คำสั่งจะเป็นการเคลื่อนย้ายข้อมูลภายในชิป นอกจากนั้นยังมีคำสั่งเกี่ยวกับขา(PIN)ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถโปรแกรมขาสัญญาณได้เพื่อใช้งานซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน หรือเรียกว่าขาที่สามารถโปรแกรมได้ (the pins are “programmable”) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเกี่ยวข้องกับการรับข้อมูลจากขาของตนเองและส่งข้อมูลไปยังขาของตนเอง

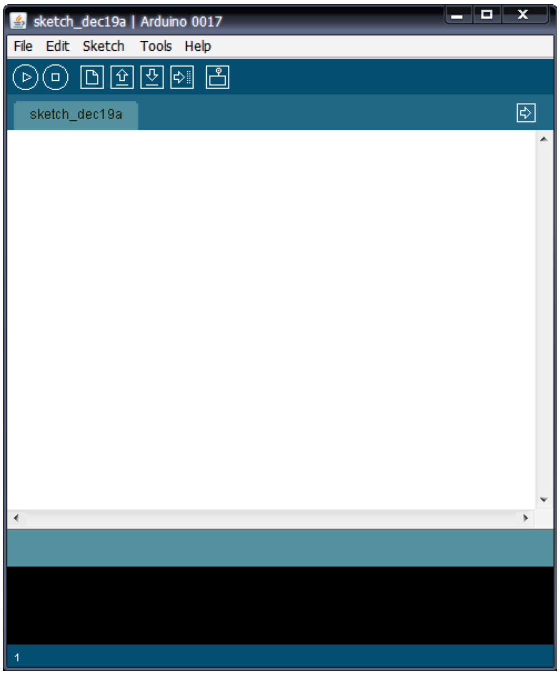


ภาพที่ 2.10 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

ปัจจุบันได้มีการออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ง่ายต่อการใช้งาน โดยผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องรู้จักกับโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถใช้งานได้ ซึ่งเรียกไมโครคอนโทรลเลอร์รูปแบบนี้ว่า Physical computing เป็นการสร้างปฏิสัมพันธ์ของระบบกายภาพที่ใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในการตอบสนองโลกอนาล็อก (analog world) [6] ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีลักษณะดังกล่าวข้างต้นคือ Arduino เป็นการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งผู้พัฒนาได้เปิดให้ใช้งานในลักษณะ Open Source ซึ่งเป็นการเปิดเผย ทั้งในเรื่องของ ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ บอร์ด Aduino และซอฟต์แวร์ แสดงดังภาพที่ 2.11 และ 2.12



ภาพที่ 2.11 แสดงบอร์ด arduino (http://www.arduino.cc/)



ภาพที่ 2.12 แสดงโปรแกรม arduino

(http://www.arduino.cc/)

Arduino ถือว่าเป็นเครื่องมือที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าใช้เครื่องพีซีตั้งโต๊ะ ตัวบอร์ดออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว และมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้บอร์ดทำงาน Arduino สามารถประยุกต์ทำเครื่องใช้อัจฉริยะ รับสัญญาณจากสวิทซ์ หรือ เซนเซอร์, และควบคุม หลอดไฟ, มอเตอร์, หรืออุปกรณ์อื่นๆ โครงงาน Arduino เป็นได้ทั้งแบบทำงานอิสระ

หรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องพีซี ตัวบอร์ดสามารถประกอบขึ้นใช้เอง หรือจะซื้อสำเร็จที่มีขาย ส่วนโปรแกรมพัฒนา Arduino สามารถดาวน์โหลดได้ฟรี

ในตลาดไมโครคอนโทรลเลอร์มีตัวเลือกมากมาย เช่น Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Pidgets, MIT's Handyboard, และอีกหลายบริษัทที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน คือทำให้ใช้งานง่าย และเน้นการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก Arduino มีข้อแตกต่างจากไมโครอื่น ๆที่เห็นได้ชัด คือ

ราคาไม่แพง - ราคา Arduino บอร์ดไม่แพงเมื่อเทียบกับ บอร์ดอื่น บอร์ด Arduino ที่ราคาถูกสุดสามารถทำใช้เองได้หรือซื้อสำเร็จด้วยเงินไม่เกิน 30 $

ทำงานได้หลายแพลตฟอร์ม - โปรแกรมพัฒนา Arduino ทำงานได้ทั้งบนวินโดวส์, Macintosh OSX, และ บนลีนุกซ์ ในขณะที่บอร์ดอื่นทำงานได้เฉพาะบนวินโดวส์

ใช้งานง่าย, มีโปรแกรมพัฒนาที่ไม่ซับซ้อน - โปรแกรมพัฒนา Arduino ใช้งานง่ายสำหรับมือใหม่, และมีความสามารถครบความต้องการของนักพัฒนามืออาชีพ

เปิดเผยซอร์สโค้ด และ นำไปพัฒนาต่อยอดได้ - โปรแกรม Arduino ตีพิมพ์แบบเปิดเผยซอร์สโค้ด และสามารถเพิ่มเติมความสามารถผ่าน C++ library, ถ้าคุณต้องการศึกษาให้ลึกซึ้ง คุณสามารถข้ามไปเล่น AVR C ซึ่งเป็นต้นแบบของ Arduino และคุณสามารถเพิ่มเติม AVR - C โค้ดได้โดยตรงถ้าคุณต้องการ

เปิดเผยวงจร และ นำไปพัฒนาขยาย hardware ได้ - Arduino ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Atmel เบอร์ ATMEGA8 และ ATMEGA168 วงจรของบอร์ดตีพิมพ์แบบเปิดเผยวงจรภายใต้ Creative Commons License ที่สามารถนำไปดัดแปลงต่อขยายและเพิ่มประสิทธิภาพ เพื่อศึกษาการทำงานได้ฟรี

2.4 ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ จะใช้หลักของการวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนโดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งด้านต้นทุนและผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจากโครงการ โดยผลตอบแทนจะวัดออกมาเป็นผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์ซึ่งจะแปลงผลตอบแทนด้านต่าง ๆ ที่ได้รับออกมาอยู่ในรูปของตัวเงินหากโครงการต้องมีการใช้เงินในการลงทุนสูงมากเพื่อนำมาพัฒนา แต่ผลตอบแทนจากโครงการกลับมีค่าที่ต่ำกว่าแสดงว่าหากมีการพัฒนาโครงการขึ้นมาจริง ๆ เงินที่ลงทุนไปกลับไม่คุ้มค่าต่อผลที่จะได้รับ จึงไม่คุ้มที่จะดำเนินการในงานนั้น ๆ

การวิเคราะห์ผลตอบแทน

ผลตอบแทนอาจจำแนกได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ ผลตอบแทนทางตรง (direct benefit) และผลตอบแทนทางอ้อม (indirect benefit)

1. ผลตอบแทนทางตรง (direct benefit) คือ สิ่งที่ได้มาจากการดำเนินโครงการหรือกิจกรรมประเมินผลนั้นโดยตรง ซึ่งการนับผลประโยชน์อาจนับออกมาในรูปตัวเงิน หรือไม่ใช่ตัวเงินก็ได้ ถ้าหากโครงการประสงค์จะลดต้นทุนแล้ว ต้นทุนที่สามารถประหยัดได้ก็จัดว่าเป็นผลประโยชน์ทางตรงของโครงการ

2. ผลตอบแทนทางอ้อม (indirect benefit) คือ รายการผลตอบแทนต่าง ๆ ที่ไม่ได้เป็นผลโดยตรง

ของการดำเนินโครงการหรือกิจกรรมนั้นๆ แต่เป็นผลสืบเนื่องมาจากโครงการนั้น ๆ ผลตอบแทนทางอ้อมสามารถนับเป็นตัวเงิน หรือไม่ใช่ตัวเงินก็ได้ในการพิจารณาถึงผลตอบแทนทางตรง และผลตอบแทนทางอ้อมที่จะได้รับจากโครงการ สามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ1. ผลตอบแทนที่เป็นตัวเงิน ได้แก่ การลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน, การลดภาระงานและเพิ่มผลผลิตของบุคลากร , และการเพิ่มผลกำไรให้กับองค์การ2. ผลตอบแทนที่ไม่เป็นตัวเงิน ได้แก่ เพิ่มความสามารถในการวางแผนการทำงานให้กับองค์กรได้มากขึ้น, สร้างความมั่นใจและภาพลักษณ์ที่ดีให้กับบุคลากร, และสร้างคุณภาพให้กับงาน

การวิเคราะห์ต้นทุน

การวิเคราะห์ต้นทุนจัดว่าเป็นข้อมูลที่สำคัญอันหนึ่งในการตัดสินใจในการที่จะเลือกใช้อุปกรณ์ให้แก่นักเรียน โดยทั่วไปแล้วต้นทุนที่จะเกิดขึ้นจะมีอยู่ 2 ส่วนด้วยกันคือ 1. ต้นทุนในการพัฒนาหรือสร้างอุปกรณ์ เป็นต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหรือสร้างอุปกรณ์โดยตรงเช่น เงินเดือน

ของพนักงานในทีมพัฒนา ค่าอบรมผู้ใช้ในระยะเริ่มต้นก่อนที่จะนำระบบไปใช้งาน เป็นต้น 2. ต้นทุนจากการดำเนินงานของระบบ เมื่อระบบได้ถูกพัฒนาแล้ว ได้แก่ ต้นทุนในช่วงขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์ การสร้างโปรแกรม การทดสอบ และการทำงานเอกสารประกอบ การติดตั้งระบบใหม่รวมทั้งกระบวนการในการเปลี่ยนการดำเนินงานจากระบบเก่ามาเป็นระบบใหม่ต้นทุนจากการดำเนินงานของระบบที่ได้ถูกพัฒนาเสร็จแล้ว มักจะเป็นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับครูที่ปฏิบัติงานโดยการใช้อุปกรณ์ รวมทั้งค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ให้สามารถใช้งานได้อย่างเต็มที่ตลอดอายุการใช้งานที่ควรจะเป็นซึ่งต้นทุนสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ต้นทุนที่สามารถแสดงให้เห็นอย่างชัดเจน (Tangible Costs) คือ ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่สามารถระบุค่าเป็นจำนวนเงินหรือตัวเลขได้ เช่น ค่าใช้จ่ายเงินเดือนพนักงาน ค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ค่าใช้จ่ายซอฟต์แวร์ เป็นต้น

2. ต้นทุนที่ไม่สามารถแสดงให้เห็นอย่างชัดเจน (Intangible Costs) คือ ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ไม่สามารถระบุค่าเป็นจำนวนเงินหรือตัวเลขได้ หรือระบุได้ยาก เช่น ความไม่พอใจของครูในการใช้งานอุปกรณ์ซึ่งมีความยุ่งยากอาจส่งผลถึงความผิดพลาดจากผู้ใช้ (Human errors) มีข้อมูลที่ผิดพลาดเข้าสู่ระบบ และต้องเกิดค่าใช้จ่ายในการติดตามแก้ไขระบบให้มีผลลัพธ์ที่ถูกต้อง เป็นต้น

ในการประเมินต้นทุนจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการพัฒนาอุปกรณ์และดำเนินงานของระบบ จากนั้นนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้นั้นจำแนกเป็นต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและต้นทุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิต ดังนี้

1. ต้นทุนทางตรง (direct cost) คือ กลุ่มรายการที่เป็นต้นทุนโดยตรงของโครงการ และโครงการนั้นๆ

ดำเนินไปได้ ได้แก่ ทรัพยากรประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ไปในการพัฒนาและสร้างอุปกรณ์ ตลอดจนการดำเนินงานและการบำรุงรักษา

2. ต้นทุนทางอ้อม (indirect cost) คือ กลุ่มรายการที่ไม่เป็นต้นทุนโดยตรงของโครงการ และมักเป็นต้นทุนที่โครงการมิได้ตั้งใจให้เกิด เช่น ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์มีวัตถุประสงค์เพื่อจะทราบถึงผลตอบแทนสุทธิที่มีต่อโครงการ ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุถึง ประสิทธิภาพของการดำเนินงานโครงการ ผลของการวิเคราะห์จะปรากฏในรูปของผลตอบแทนที่ได้จะสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่ลงทุนไป ถ้าสูงกว่าเป็นโครงการที่ดีในทางเศรษฐศาสตร์ แต่ถ้าต่ำกว่าจะได้ชื่อว่าเป็นโครงการที่ไม่ดีทางเศรษฐศาสตร์ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จะเป็นแบบที่มีการปรับค่าของเวลา ซึ่งใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้

อัตราผลตอบแทนของโครงการ (internal rate of return หรือ IRR) คืออัตราที่จะทำให้ผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายที่ได้คิดลดเป็นค่าในปัจจุบันแล้วเท่ากัน ซึ่งอัตราดังกล่าวเป็นอัตราความสามารถของเงินลงทุนที่จะก่อให้เกิดรายได้คุ้มกับเงินลงทุนเพื่อการนั้นพอดี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ดูว่าอัตราส่วนลดตัวใดที่จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นศูนย์ดังสมการต่อไปนี้

โดยที่

Bt = ผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t

Ct = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

IRR = อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ

r = อัตราคิดลดซึ่งมีค่าเท่ากับต้นทุนค่าเสียโอกาสของ

เงินทุน

IRR = r ที่ทำให้ Σ [Bt - Ct / (1+r)t] = 0

n

t = 0

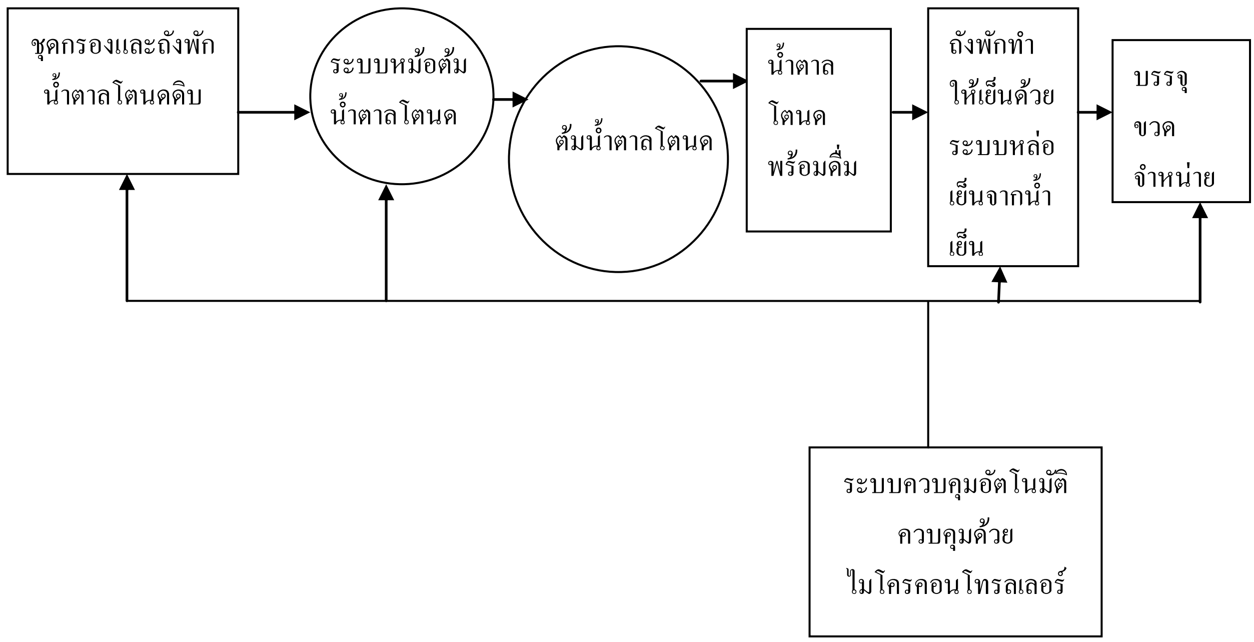
n = อายุของโครงการ (Project Life)

t = 0,1,2,…,n

เมื่อคำนวณได้ค่า IRR แล้วจึงนำไปเปรียบเทียบกับค่าเสียโอกาสของทุนหรืออัตราดอกเบี้ยที่เป็นต้นทุน เงินทุน (cost of capital) ถ้า IRR ที่คำนวณได้สูงกกว่าต้นทุนเงินทุน แสดงว่าการลงทุนในโครงการนี้คุ้มค่าเพราะผลตอบแทนของเงินที่ใช้ไปในโครงการจะสูงกว่าการใช้เงินไปในทางเลือกอื่น จึงแสดงถึงความเป็นไปได้ของโครงการ ตรงกันข้ามถ้า IRR ที่คำนวณได้ของโครงการต่ำกว่าต้นทุนของเงินทุน การลงทุนในโครงการจะเป็นการไม่คุ้มค่าเงิน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value หรือ NPV) มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการคือผลรวมของผลประโยชน์ตอบแทนสุทธิของโครงการที่ได้ปรับค่าของเวลาแล้วซึ่งมุ่งวัดเพื่อดูว่าโครงการที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นจะให้ผลตอบแทนหรือมีกำไรหรือไม่ กล่าวคือถ้า NPV ที่คำนวณออกมาได้มีค่ามากกว่าศูนย์หรือเป็นบวกแสดงว่าผลประโยชน์สูงกว่าค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า ตรงกันข้ามถ้าค่า NPV ที่คำนวณได้ออกมาเป็นค่าลบหรือต่ำกว่าศูนย์แสดงว่าการลงทุนในโครงการนั้นจะไม่คุ้มค่า เกณฑ์นี้จึงใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจที่จะรับหรือปฏิเสธโครงการได้ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรคำนวณได้ดังนี้

งานวิจัยมีกรอบแนวคิดของการวิจัย ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 กรอบแนวคิดในการวิจัย

2.5 ตาลโตนด

ตาลโตนด เป็นพืชตระกูลปาล์ม ที่มีแหล่งกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในทวีปแอฟริกา ต่อมาได้กระจายพันธุ์มายังอินเดียตอนใต้ และภูมิภาคเอเชีย ได้แก่ ศรีลังกา กัมพูชา มาเลเซีย พม่า อินโดนีเซีย และสันนิษฐานว่าตาลโตนดเข้ามาแพร่พันธุ์ในประเทศไทย เนื่องจากมีการติดต่อค้าขายกับต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศอินเดียจึงเห็นได้ว่าหัวเมืองที่เคยเป็นเมืองท่าสำคัญในอดีต มักมีต้นตาลเป็นจำนวนมาก อาทิ เพชรบุรี สุพรรณบุรีสงขลา นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี เป็นต้น จึงมีชื่อเรียกต่างกันตามท้องถิ่น ดังนี้ภาคกลาง : ตาล ตาลโตนด ตาลใหญ่ ตาลนา ต้นโหนด ตะโหนดภาคใต้ : ตะโหนด โนด ปอเก๊าะตาภาคเหนือ : ปลีตาลภาคอิสาน : ตาลปัจจุบัน“ **ต้นตาล**” เป็นพืชเศรษฐกิจที่เป็นส่วนหนึ่งของวิถีชีวิตคนเมืองเพชร มีคุณค่าอเนกอนันต์ตั้งแต่รากจรดใบ ภาพของต้นตาลที่ยืนต้นสูงตระหง่านตัดกับทุ่งนาเขียวขจี และสีเหลืองทอง เป็นธรรมชาติที่งดงามและพบเห็นได้ในทุกพื้นที่ของอำเภอบ้านลาด ตั้งแต่อดีตสืบเนื่องจนถึงปัจจุบัน คนบ้านลาดเรียนรู้ และสืบทอดการใช้ประโยชน์จาก **ต้นตาล** จนเกิดเป็นภูมิปัญญาที่ซึมซับสู่วิถีชีวิตของคนรุ่นหลังอย่างต่อเนื่อง และเนื่องจากต้นตาลของจังหวัดเพชรบุรีเริ่มมีจำนวนลดลง จึงมีโครงการส่งเสริมการปลูกตาลล้านต้น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 เพื่อ

อนุรักษ์ให้ต้นตาลคงอยู่เป็นต้นไม้คู่บ้านคู่เมือง และเป็นสัญลักษณ์ของจังหวัดเพชรบุรีสืบไป“**น้ำตาลโตนด**” เป็นผลผลิตของต้นตาลโตนดที่มีความสำคัญมาก ในอดีต น้ำตาลโตนดเป็นสินค้าที่สามารถเรียกเก็บภาษีได้เป็นอันดับ 1 ของจังหวัดเพชรบุรี นับตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 3 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์เป็นต้นมา มีการเรียกเก็บภาษีน้ำตาล และภาษีน้ำตาลหม้อ จนสามารถนำเงินภาษีน้ำตาล ไปสมทบในการสร้าง“พระนครคีรี” ในสมัยสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 4 อีกด้วยปัจจุบัน **น้ำตาลโตนด** เป็นสินค้าพื้นเมือง ที่เป็นสัญลักษณ์หนึ่งของจังหวัดเพชรบุรี ผลิตมาก ในเขตอำเภอบ้านลาด นอกจากนี้ น้ำตาลโตนดยังเป็นส่วนผสมสำคัญในการทำอาหาร และขนมหวานของเมืองเพชรที่มีอยู่มากมาย และทำให้ขนมหวานเมืองเพชร มีรสชาติหอมหวานเป็นเอกลักษณ์โดดเด่น เป็นที่ติดอกติดใจ มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จัก และตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ขั้นตอนการทำน้ำตาลโตนด

1) การพาดตาล คือการนำไม้พะองไปมัดติดกับต้นตาล

2) การนวดตาลต้นตาลตัวผู้ ได้น้ำตาลจากงวงตาล ใช้ไม้คาบนวดที่งวงตาล โดยนวดจากโคนไปหาปลาย หรือจากปลายไปหาโคน ตัดงวงตาลทิ้งให้เหลือเพียงต้นละ 2 งวงต้นตาลตัวเมีย ได้น้ำตาลจากผลตาลอ่อน ใช้ไม้คาบนวดไปตามช่องของผลตาลอ่อน โดยนวดจากโคนไปหาปลาย หรือจากปลายไปหาโคนเช่นเดียวกับตาลตัวผู้ วันแรกให้นวดเพียงเบา ๆ และนวดให้แรงขึ้นตามลำดับจนกว่าจะได้ที่

3) การปาดตาลจะต้องนวดให้ได้ที่แล้ว ประมาณ 3 –7 วัน ให้นำกระบอกใส่น้ำแช่งวงตาลที่นวดแล้วให้มิดงวงเป็นเวลา 2 วัน 1 คืน คนทำตาลจะต้องขึ้นไปปาดตาลทุกวัน วันละ 1 แว่น ความหนาของแว่นเท่ากับ 1 คมมีดเมื่อเห็นว่าน้ำตาลเริ่มไหลดีจึงนำกระบอกมารองน้ำตาล

4) การรองตาลกระบอกรองน้ำตาลต้องผ่านการรมควันให้เรียบร้อย ใส่ไม้พะยอมไว้ก้นกระบอก เพื่อไม่ให้น้ำตาลมีรสเปรี้ยว นำไปผูกติดกับงวงตาล ในช่วงเวลาบ่าย หรือเย็น ทิ้งไว้จนถึงรุ่งเช้า (เช้ามืด) คนทำตาลจึงไปเก็บกระบอกน้ำตาลลงมา

5) การเคี่ยวตาล

5.1 นำน้ำตาลในข้อ 4 เทลงในกระทะใบบัว ใช้กระชอนและผ้าขาวบางกรองเอาสิ่งปนเปื้อน และไม้พะยอมออก เคี่ยวน้ำตาลประมาณ 1 ชั่วโมงใช้ไฟอ่อน ปานกลาง หรือไฟแรงตามความเหมาะสม ขณะเคี่ยวตาลต้องหมั่นคนน้ำตาลอย่างสม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้น้ำตาลติดก้นกระทะไหม้ หรือล้นออกมา เคี่ยวจนได้ที่ เรียกว่า “ปุด”จึงยกลงจากเตา

5.2 ใช้เหล็กกระแทก กระแทกน้ำตาล จนกว่าน้ำตาลจะมีความข้น หนืด

5.3 ใช้ไม้ขนวนกวนน้ำตาลอีก เพื่อช่วยให้น้ำตาลมีสีเหลืองนวล และแห้ง

5.4 ใช้ภาชนะตักน้ำตาลนำไปหยอดบนเบ้าตาลหรือใส่ปี๊บ ตามความต้องการของตลาด (สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดเพชรบุรี, 2554)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Patten (2006) ได้ทำการศึกษาการปฏิสัมพันธ์กับวัตถุบนโต๊ะที่รับรู้ได้ ที่สามารถรับรู้การปฏิสัมพันธ์และเคลื่อนย้ายวัตถุบนพื้นผิวของโต๊ะที่รับรู้ได้ งานวิจัยนี้เป็นการขยายข้อจำกัดของผู้ใช้ ซึ่งปกติผู้ใช้จะเคลื่อนย้ายวัตถุนำทางบนโต๊ะในการจำลองสถานการณ์ แต่งานของ Patten สามารถทำให้วัตถุบนโต๊ะที่รับรู้ได้เคลื่อนที่ตามการทำงานที่คอมพิวเตอร์คำนวณไว้ ซึ่งมีความแม่นยำกว่ามนุษย์ ผลการวิจัยพบว่า การปฏิสัมพันธ์กับวัตถุที่เคลื่อนที่ได้สามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและการจำลองปัญหาที่ซับซ้อนได้ดีกว่าการเคลื่อนย้ายวัตถุโดยมือมนุษย์

Raffle (2004) ได้ทำการศึกษาและออกแบบ Topobo ซึ่งเป็นชุดประกอบโครงสร้าง 3 มิติ ที่สามารถโปรแกรมโดยการบันทึกลักษณะท่าทางของสิ่งที่ประกอบขึ้น และหลังจากนั้นก็สามารถให้ทำงานตามสิ่งที่บันทึกไว้ได้ งานวิจัยนี้เริ่มต้นกับคำถามที่ว่า รูปปั้นแกะสลักสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างไร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้เข้าใจการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของวัตถุ 3 มิติ ที่สามารถบันทึกการเคลื่อนที่และแสดงการเคลื่อนที่ใหม่ได้ Topobo ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เป็นอุปกรณ์แบบแอคตีพ ที่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อยู่ภายใน และอุปกรณ์ที่เรียกว่า พาสซีพ ซึ่งอุปกรณ์จะไม่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยสามารถนำชิ้นส่วน Topobo ที่เป็นแบบแอคตีพและพาสซีพ มาสร้างเป็นรูปสุนัขและศึกษาการเคลื่อนที่หรือโปรแกรมให้เคลื่อนที่ในลักษณะต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่า เด็กอายุ 5 – 13 ปี มีความสามารถในการสร้างสรรค์และมีประสบการณ์กับการทดลอง Topobo ในการเรียนรู้เกี่ยวกับ การเคลื่อนที่ ของสัตว์ต่างเมื่อเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่อื่น ๆ เด็กอายุ 8 ปี สามารถพัฒนาการเดินของหุ่นยนต์ โดยเขาสามารถเข้าใจหลักการสมดุล ระดับและแรงต่าง ๆ ที่มีผลต่อโครงสร้างในการเคลื่อนที่ เพราะว่าในการเชื่อมตัวของหุ่นยนต์แต่ละส่วนต้องตอบสนองต่อแรงธรรมชาติและข้อจำกัดของระบบ

Raffle (2008) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือในการพัฒนาการรู้เอง (intuitive) ของผู้เรียนด้วยใช้เทคโนโลยีการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ เป็นการศึกษารูปแบบพฤติกรรมรู้ได้เองแต่ง่าย (intuitive-but –simple) เช่น Curlybot หรือ ซับซ้อนแต่เป็นนามธรรม (complex-but-abstract) เช่น LEGO Mindstorms ระบบ Topobo ที่ Raffle พัฒนาขึ้นมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาและสนับสนุน

ผู้เด็กในการส่งผ่าน(transitions) การรู้ได้เองแต่ง่าย ไปยังซับซ้อนแต่เป็นนามธรรม โดยได้อ้างอิงทฤษฎีการเรียนรู้ของ Bruner ถึงการพัฒนาการเรียนรู้จาก Enactive ไปยัง Iconic และไปยัง Symbolic ผลการวิจัยพบว่า ระบบ Topobo ที่ออกแบบขึ้นสามารถทำให้เด็กส่งผ่าน การรู้ได้เองแต่ง่าย ไปยังซับซ้อนแต่เป็นนามธรรมได้ นอกจากนั้นระบบ Topobo ยังสามารถที่จะอำนวยความสะดวกในการส่งผ่านรูปแบบความคิดระหว่างแนวคิดที่แตกต่างกับระหว่างเครื่องมือที่แตกต่าง โดยเด็กสามารถที่จะใช้ Enactive Knowledge ในการรับรู้ถึง สัตว์ชนิดต่าง ๆ เดินอย่าง สามารถเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ด้านการสร้างและออกแบบระบบ Topobo ที่ประกอบด้วย Queens backpacks Remix และ Robo สามารถส่งผ่านความรู้ที่เกิดจากการจัดกระทำด้วย 2 มือ ไปเป็นความรู้ทางทฤษฎีของเด็กได้ เด็กสามารถที่จะทดสอบและปรับปรุงทฤษฎีของเขาในการแสดงความคิดจาก Enactive ไปยัง Iconic และไปยัง Symbolic ตามลำดับ

Parkes (2004) ได้ทำการศึกษา เกี่ยวกับการออกแบบท่าทาง (gestural) โดยแนะนำ Topobo ซึ่งเป็นเครื่องมือในการออกแบบท่าทาง ที่ฝังชุดบันทึกข้อมูลท่าทางการเคลื่อนไหวไว้ในตัว Topobo ที่สามารถบันทึก เล่นกลับ และส่งผ่านการเคลื่อนไหวในรูปแบบ 3 มิติที่จับต้องได้ ผลการวิจัยพบว่า Topobo สามารถที่จะทำให้เกิดความเข้าใจ การจำลองอัลกอลิทึม ในวัตถุต่าง ๆ เพื่อเตรียมความเข้าใจการแสดง ถึง หลักเกณฑ์ง่าย ๆ สามารถทำให้เกิดรูปแบบและพฤติกรรมที่ซับซ้อนอย่างไร ซึ่งวัตถุธรรมดาไม่สามารถที่จะทำได้

Parkes (2009) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติการเคลื่อนที่และเคลื่อนไหวของวัตถุ โดยใช้แนวคิดการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ โดยได้เตรียมการป้อนกลับสำหรับวัตถุ การส่งผ่านข้อมูลข่าวสารดิจิทัลผ่านการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของวัตถุ วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อ สร้างหลักการใหม่ ของการออกแบบการเคลื่อนไหว (kinetic design) และการเคลื่อนที่ (motion) ผ่านการสำรวจและทดลองใน 2 วิธีการ คือ การสร้างการเคลื่อนที่และการจัดกระทำการเคลื่อนไหว โดยได้นำเสนอระบบใน 3 รูปแบบ (platforms) คือ 1) Topobo เป็นรูปแบบสำหรับการสร้างการเคลื่อนที่และระบบพลวัตรด้านกายภาพการเคลื่อนไหวสำหรับด้านการศึกษาของเด็ก 2) Kinetic Scketchup เป็นรูปแบบการสร้างการเคลื่อนที่และระบบพลวัตรด้านกายภาพการเคลื่อนไหวสำหรับสถาปัตยกรรมและการออกแบบผลิตภัณฑ์ 3) Bosu เป็นรูปแบบการสร้างการเคลื่อนที่และระบบพลวัตรด้านกายภาพการเคลื่อนไหวในสิ่งมีชีวิตสำหรับการออกแบบแฟชั่นและผลิตภัณฑ์ ผลการวิจัยพบว่า ทั้ง 3 รูปแบบสามารถทำให้ผู้ใช้งาน ออกแบบ สร้างสรรค์ เรียนรู้และ จัดกระทำในการตอบสนองต่อวัตถุภายใต้พื้นที่การออกแบบ

Vaucelle (2002) ได้ทำการศึกษาการเล่าเรื่องราวของเด็กด้วยเทคโนโลยีการเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ ที่ชื่อว่า Doltalk ในการฝึกทักษะทางด้านภาษาและการเล่าเรื่องราว เด็กสามารถเล่าเรื่องราวกับเทคโนโลยีนี้ และเล่นกลับเรื่องราวทำให้เด็กสามารถพัฒนาทักษะทางด้านภาษาและการเล่าเรื่องราว Doltalk เป็นการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้าไปฝังไว้ภายในตัวหุ่นกระบอก ซึ่งเด็กสามารถที่จะบันทึกเรื่องราวและลักษณะท่าทางของหุ่นผ่านตัว accelerometers การระบุตัวละครด้วย RFID tag แสดงผลด้วยจอคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า Doltalk ทำให้เด็กมีความสามารถด้านภาษาและการสร้างสรรค์เรื่องราว มากกว่าการไม่ได้บันทึกและเล่นกับเรื่องราว

Vaucelle (2010) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาแนวคิด Gesture Object Interfaces ที่เป็นการขยายแนวคิดของ การเชื่อมต่อที่สัมผัสและรู้สึกได้ (tangible use interfaces (TUIs)) และ Gesture Recognition Vaucelle ได้นำเสนอวิธีการที่จะชุบชีวิตสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปร่างเช่น ตุ๊กตา หุ่นมือ ของเล่นต่าง ๆ ของเด็กให้มีชีวิตเมื่ออยู่ในมือของเด็ก โดยเรียกสิ่งนี้ว่า Gesture Object Interfaces โดยเทคนิคนี้จะทำให้เด็กสามารถที่จะเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ที่เด็กได้ชุบชีวิตให้ เช่น มุมมองของตุ๊กตาขณะที่มีปฏิสัมพันธ์กับเด็ก Vaucelle ได้ออกแบบ สภาพแวดล้อมของกล้องจับภาพและการปฏิสัมพันธ์กับลักษณะท่าทางของสิ่งต่าง ๆ ในการควบคุมสภาพแวดล้อม โดยเป้าหมาย คือ เทคโนโลยีใหม่ในการกระตุ้นเด็ก ต่อมุมมองใหม่ๆและเทคนิคการเล่าเรื่องราว Vaucelle ได้พัฒนาแนวคิด Play it by Eye, Frame it by hand ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ในการการเล่าเรื่องราวของเด็ก ใน 4 รูปแบบ (platforms) คือ 1) Textable Movie เป็นการผสมผสานภาพและเรื่องราวที่เป็นตัวหนังสือ ในการเล่าเรื่องเล่า Textable Movie เด็กสามารถใส่เรื่องราวของตนเองและอธิบายเป็นคำพูดและปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ๆ ได้ 2) Moving Pictures เป็นการนำเสนอ การบันทึกภาพ จับภาพ เพื่อมาตัดต่อแก้ไข โดยเทคนิค TUI ที่พัฒนาขึ้นแทนการใช้ซอฟต์แวร์ตัดต่อที่มีขายในท้องตลาดซึ่งมีความยากในการใช้งานสำหรับเด็กมาเป็นการออกแบบด้วยเทคนิค TUI ทำให้เด็กสามารถตัดต่อแก้ไขวีดีโอได้ง่ายเพียง การใช้ video tokens 3) Terraria: Plug-and-Play Movie editing เป็นการนำเสนอ การเล่นกับของเล่นที่เป็นหุ่นยนต์ โดยเด็กสามารถสร้างเรื่องราวจากหุ่นยนต์ที่เล่นแล้วทำการบันทึกภาพเรื่องภาพที่สร้างขึ้นหลังจากนั้นสามารถที่จะมาทำการตัดต่อเป็นภาพยนตร์ได้ ซึ่งการควบคุมหุ่นยนต์จะใช้ คันบังคับสำหรับการแสดงท่าทางและการเคลื่อนที่ 4) Picture This! เป็นการนำเสนอการเล่นของเด็กกับตุ๊กตา ที่ตุ๊กตาได้ใส่กล้อง และตัวตรวจจับท่าทาง ไว้ ซึ่งทำให้เด็กสามารถเข้าใจมุมมองของตุ๊กตาเมื่อมองมายังตัวเด็ก ทำให้เด็กเกิดมุมมองใหม่และเข้าใจว่า สิ่งต่าง ๆ มีมุมมองต่อเราอย่างไร และมีการเคลื่อนไหวท่าทาง

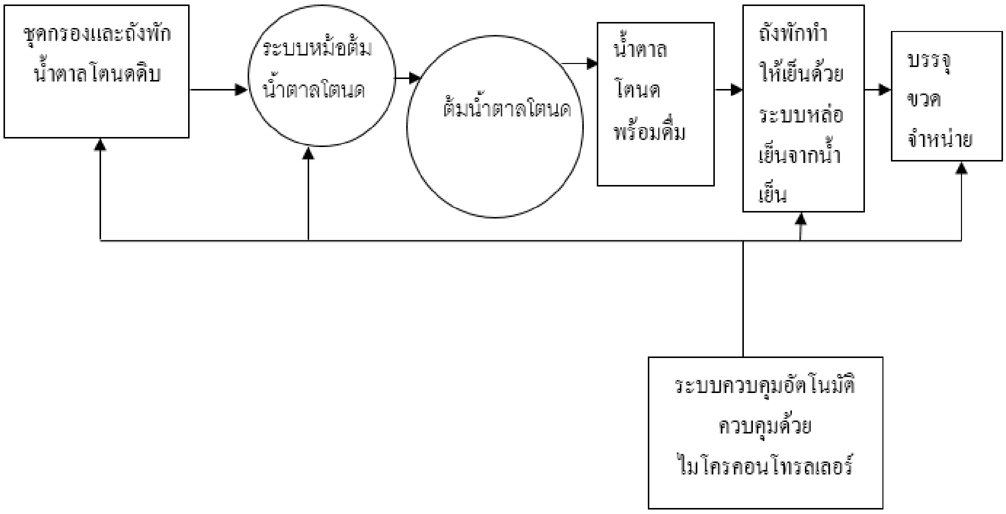
อย่างไร ซึ่งรูปแบบนี้เป็นการเปิดโลกทัศน์ใหม่สำหรับเด็กในการเล่นกับของเล่น ซึ่งเดิมเด็กไม่ทราบว่าในขณะที่เล่นตุ๊กตาของเขามองเขาและเล่นกับเขาอย่างไร

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

การออกแบบ การวิจัยและพัฒนาเครื่องเคี่ยวน้ำตาลโตนดและน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาศักยภาพของชาวบ้านในการเคี่ยวตาลโตนด รักษาภูมิปัญญาท้องถิ่นและศิลปวัฒนธรรมการเคี่ยวตาลโตนดกระตุ้นคนรุ่นใหม่ให้หันกลับมาทำตาลโตนด ส่งเสริม เมืองต้นแบบเศรษฐกิจสร้างสรรค์ และยุทธศาสตร์แผนการพัฒนาของจังหวัดเพชรบุรีที่ให้ เมืองเพชรบุรีเป็นเมืองต้นแบบเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ “เมืองเพชร เมืองตาลโตนด การออกแบบดำเนินการดังนี้

3.1 การออกแบบขั้นตอนการดำเนินโครงการ

ได้ทำการออกแบบระบบโดยมีฟังก์ชันการทำงานคือ เริ่มต้นจาก ชุดกรองและถังพักน้ำตาลโตนดดิบ เมื่อได้น้ำตาลโตนดที่ผ่านการกรองแล้ว จะถูกป้อนไปยังหม้อต้มน้ำตาลโตนด เพื่อเคี่ยวน้ำตาลโตนดให้มีความเข้มข้นเพื่อเพิ่มความหวาน ในการเพิ่มความหวานของน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มจะต้องให้ได้ความหวานที่ตลาดต้องการ หลังจากได้ความหวานที่ตลาดต้องการแล้วจะผ่านไปยังชุดทำให้น้ำตาลโตนดพร้อมดื่มเย็นตัวลง เพื่อบรรจุขวดจำหน่ายต่อไป ระบบแสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบเคี่ยวน้ำตาลโตนด

จากบล็อกไดอะแกรม จะมีระบบที่สำคัญคือ ระบบต้มเคี่ยวน้ำตาลโตนด และระบบ ทำให้เย็นด้วยระบบหล่อเย็น ระบบต้มเคี่ยวน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มจะต้มเคี่ยวจนกระทั่งได้ความหวานเป็นที่ตลาดต้องการ หลังจากนั้น จะทำให้เย็นเพื่อพร้อมดื่ม

3.1.1 การออกแบบระบบเคี่ยวน้ำตาลโตนด

ชุดกรองและถังพักน้ำตาลโตนดดิบ ในชุดถังพักน้ำตาลโตนดจะทำการกรองเอาสิ่งสกปรกออกก่อนนำไปเคี่ยวที่ถังเคี่ยว โดยใช้ชุดกรอง ดังภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 ชุดกรองน้ำตาลโตนดดิบ

ถังต้มน้ำตาลโตนด ในส่วนของเครื่องเคี่ยวตาลโตนดที่จะทำการเคี่ยวให้น้ำตาลโตนดให้เข้มข้นเพื่อให้ได้ความหวานตามที่ต้องการ แสดงดังภาพที่ 3.3 ในการออกแบบและสร้างได้ออกแบบให้ถังมีความสูงจากพื้น 150 เซนติเมตร ทำให้สามารถปล่อยน้ำตาลที่เคี่ยวเสร็จแล้ว ลงสู่ถังหล่อเย็นได้สะดวก

ภาพที่ 3.3 ชุดถังต้มน้ำตาลโตนด

ในชุดถังต้มเพื่อเคี่ยวให้ได้ความหวานที่ต้องการจะออกแบบให้สามารถปิดเปิดวาล์วเพื่อให้สามารถควบคุมการเคี่ยวให้ได้น้ำตาลความหวานให้ได้ตามที่ต้องการ ในส่วนวาล์ว จะสามารถเปิดน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มลงสู่ถังหล่อเย็นได้สะดวก ดังภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4 ชุดท่อลำเลี่ยงน้ำตาลโตนด

ถังพักทำให้เย็นด้วยระบบหล่อเย็นจากน้ำเย็น การออกแบบถังพักระบบหล่อเย็นได้ออกแบบแสดงดังภาพที่ 3.5 ออกแบบให้ถุงมีขนาดเล็กเพื่อง่ายต่อการนำไปบรรจุขวดพร้อมจำหน่าย สามารถเคลื่อนย้าย โดยมีล้อหมุนได้รอบตัวสำหรับเข็นไปได้ทุกทิศทาง

ภาพที่ 3.5 ชุดถังหล่อเย็นน้ำตาลโตนด

วาล์วชุด หล่อเย็นภาพที่ 3.6 ถังออกแบบให้สามารถบรรจุลงขวดพร้อมจำหน่ายโดยได้ติดตั้งวาล์วสำหรับปิดเปิด ง่ายในการใช้งาน

ภาพที่ 3.6 วาล์วชุดหล่อเย็นน้ำตาลโตนด

3.1.2 การประกอบชิ้นส่วนของระบบเคี่ยวน้ำตาลโตนด

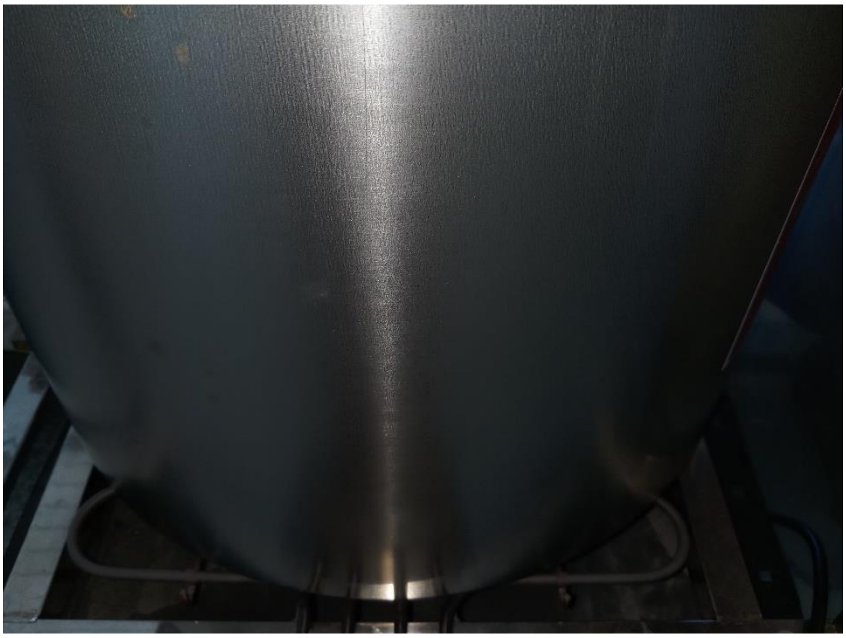
ชุดเคี่ยวและหล่อเย็นน้ำตาลโตนด ภาพที่ 3.7 การออกแบบจะออกแบบให้สามารถนำแต่ละส่วนมาประกอบกันได้ ในการใช้งานจะนำมาเชื่อมต่อกันเพื่อให้ระบบนำงานเชื่อมต่อกัน

ภาพที่ 3.7 ชุดเคี่ยวและหล่อเย็นน้ำตาลโตนด

หม้อต้มน้ำตาลโตนดในส่วนของหม้อต้มเคี่ยวน้ำตาลโตนด ในการออกแบบใช้งาน โดยได้ออกแบบให้สามารถนำน้ำตาลที่เคี่ยวได้ความเข้มข้นที่ต้องการแล้วออกจากหม้อได้โดยการเพิ่มวาล์วสำหรับนำน้ำตาลโตนดที่เข้มข้นตามต้องการออกได้ง่ายขึ้นโดยไม่ต้องตักออก ดังภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.8 ภายในชุดหม้อเคี่ยวน้ำตาลโตนด

การติดตั้งชุดให้ความร้อนในการเคี่ยวน้ำตาลให้ได้ความเข้มข้นที่หวานตามที่ลูกค้าต้องการ จะติดตั้งชุดให้ความร้อนด้านล่างก้นหม้อเคี่ยวดังภาพที่ 3.9 การติดตั้งจะต้องติดตั้งให้ขดลวดความร้อนติดกับหม้อเคี่ยวเพราะจะทำให้หม้อรับความร้อนได้โดยตรง

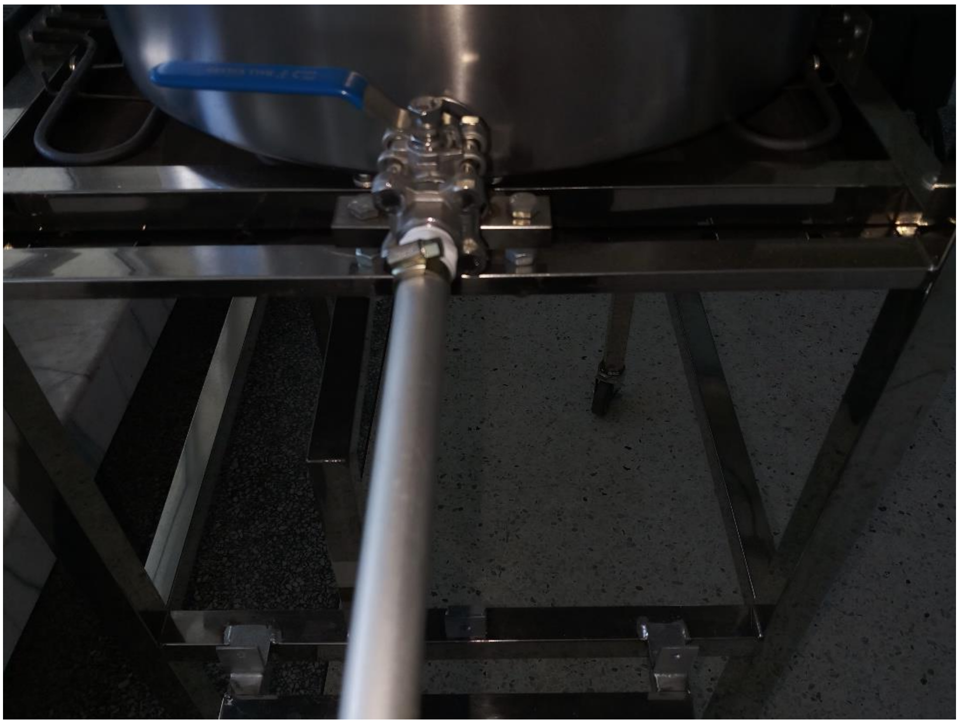


ภาพที่ 3.9 การติดตั้งชุดขดลวดความร้อนด้านซ้าย

การติดตั้งขดความร้อนจะทำการติดตั้งทั้งสองด้านคือด้านซ้ายและด้านขวาของหม้อเคี่ยวตาล เนื่องจากจะต้องให้หม้อเคี่ยวได้รับความร้อนสม่ำเสมอ ดังภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3.10 การติดตั้งชุดขดลวดความร้อนด้านขวา

การนำน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มออกจากหม้อเป็นสิ่งสำคัญมากเพราะเป็นการอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน จึงทำการติดตั้งวาล์วสำหรับนำน้ำตาลโตนดออกจากหม้อเคี่ยวให้สะดวก ดังภาพที่ 3.11



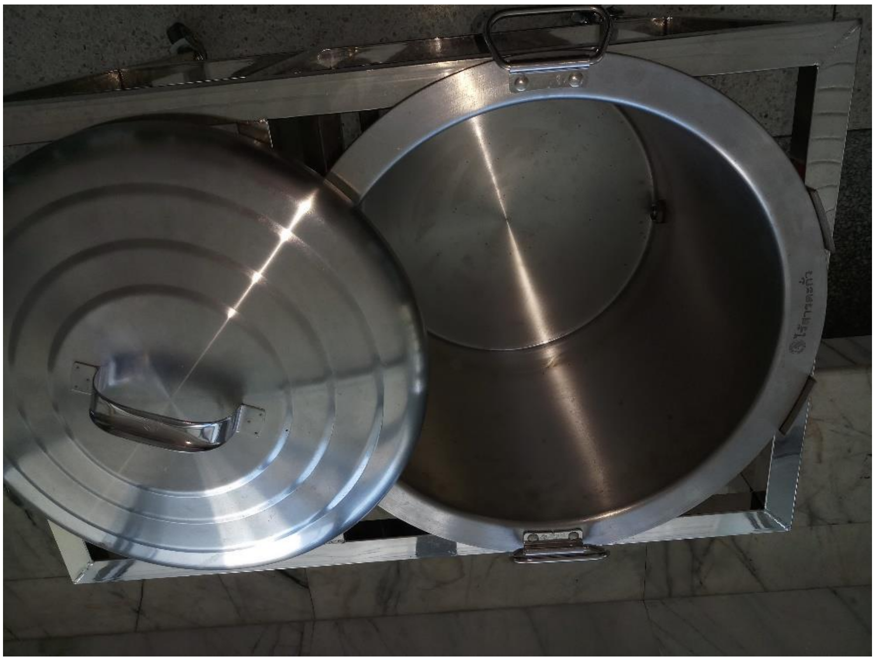
ภาพที่ 3.11 ชุดวาล์วนำน้ำตาลโตนดออกจากหม้อเคี่ยว

ถังพักทำให้เย็นด้วยระบบหล่อเย็น

ระบบการเคี่ยวน้ำตาลโตนดเมื่อน้ำตาลโตนดเมื่อได้น้ำตาลที่มีความเข้มข้นและความหวานที่ต้องการแล้วจะต้องนำน้ำตาลที่กำลังร้อนมาทำให้เย็นด้วยระบบหล่อเย็น เพื่อประหยัดเวลา ในการนำไปจำหน่ายโดยไม่ต้องรอให้เย็น อีกทั้งระบบหล่อเย็นจะทำให้น้ำตาลโตนดพร้อมดื่ม เย็นสำหรับดื่มได้ โดยไม่ต้องแช่เย็น การออกแบบและสร้างดังพัก แสดงดังภาพที่ 3.12

ภาพที่ 3.12 ชุดพักเพื่อทำความเย็น

ภายในถังพักหล่อเย็นแสดงดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 ภายในชุดพักทำให้เย็นด้วยระบบหล่อเย็น

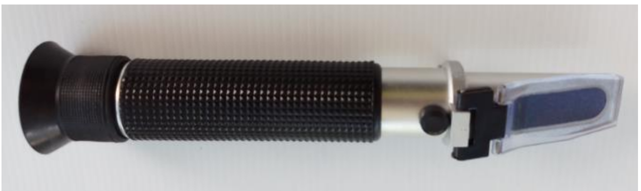
การนำน้ำตาลโตนดออกจากถังหล่อเย็นทีมวิจัยพบว่า ชาวบ้านใช้วิธีการตักออกทำให้ไม่สะดวกจึงทำการออกแบบให้สามารถนำน้ำตาลโตนดออกจากหม้อพักหล่อเย็นได้ง่ายขึ้นโดยการติดตั้งวาล์วให้สามารถนำน้ำตาลโตนดออกจากหม้อหล่อเย็นแสดงดังภาพที่ 3.14

ภาพที่ 3.14 วาล์วสำหรับนำน้ำตาลโตนดที่เย็นพร้อมดื่มออก

3.2 วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินโครงการ

3.2.1 เครื่องวัดความหวาน

ในการวัดความหวาน จะวัดความหวานของน้ำตาลโตนดพร้อมดื่ม โดยใช้เครื่องวัดความหวาน มีการวัดค่า ความหวานได้ 0 – 40% Brix ช่วงชดเชยอุณหภูมิอัตโนมัติ: 10 degree ~30 degree (50 -Fahrenheit~86 Fahrenheit) ช่วงค่า: 0.2% Vol ,0.2% Brix-ความคลาดเคลื่อน: +-0.2% Vol , +-0.2% Brix แสดงดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 ชุดวัดความหวาน

3.2.2 เครื่องวัดอุณหภูมิ

เครื่องวัดอุณหภูมิ จะใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ แบบอินฟาเรด มีช่วงการวัด -30ถึง500 ° C (-20 ถึง932 ° F) ความถูกต้อง± 1 ° C (2 ° F) from10° C to30° C (50 ° F to86° F), ± 1.5%ของการอ่าน หรือ± 1.5 ° C (3 ° F)แล้วแต่จำนวนใดจะมากขึ้นกว่าสมดุลช่วง (assumesมาตรฐานและมีเสถียรภาพวัดเงื่อนไข) โดยทั่วไประยะทางเป้าหมาย(จุด)ได้ถึง2เมตร(6ฟุต) ตามมาตรฐานEN 61326-1 แม่เหล็กไฟฟ้าการปล่อย usceptibility EN 61010-1ทั่วไปความปลอดภัย EN 60825-1 เลเซอร์ความปลอดภัย แสดงดังภาพที่ 3.16

ภาพที่ 3.16 ชุดวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด

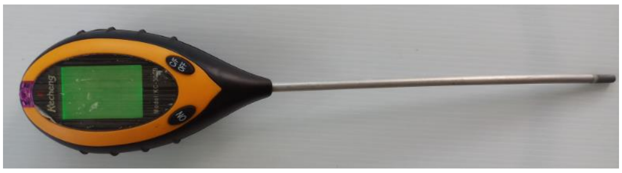
3.2.3 เครื่องวัดแอมป์มิเตอร์

เครื่องวัดกระแส จะทำการวัดกระแสขณะจ่ายพลังงานให้กับ เครื่องเคี่ยวตาลโดยเครื่องวัดสามารถวัด 40/400 A AC สามารถวัด 400/600 V AC, 400/600 V DC (เปลี่ยน Range ได้อัตโนมัติ) สามารถวัดค่าความต้านทาน 400/4k (เปลี่ยน Range ได้อัตโนมัติ) และสามารถวัดความต่อเนื่องได้พร้อมเสียงเตือน มีปุ่ม Data Hold สำหรับบล็อคค่าที่วัดได้ เพื่อสะดวกในการใช้งานในที่คับแคบ LCD แสดงได้สูงสุดถึง 4 หลัก แสดงดังภาพที่ 3.17

ภาพที่ 3.17 ชุดวัดกระแส

3.2.4 เครื่องวัดความเป็นกรดและด่าง

เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรดด่าง วัดค่าพีเอช (soil pH): 3.5 - 9.0 วัดค่าความชื้น (soil mositure): DRY+, DRY, NOR, WET, WET+ ค่าความชื้น % (5 ระดับ) DRY+, น้อยกว่า 5% DRY, 5 - 10% NOR, 10 - 20% WET, 20 - 30% WET+ , 30% ขึ้นไป วัดแสงแดด: LOW-, LOW, LOW+, NOR-, NOR, NOR+, HGH-, HGH, HGH+ ค่าแสงแดด LUX (9 ระดับ) LOW- , 0 - 500 LOW , 500 - 5,000 LOW+ , 5,000 - 10,000 NOR- ,10,000 - 25,000 NOR , 25,000 - 60,000 NOR+ , 60,000 - 80,000 HGH- , 80,000 - 100,000 HGH, 100,000 - 120,000 HGH+, 120,000 ขึ้นไป แสดงดังภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 ชุดวัดค่า พี เอส

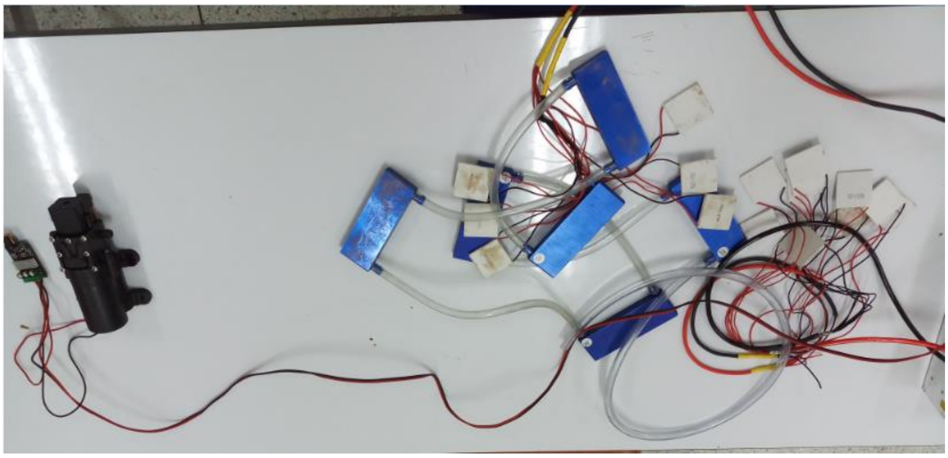
3.3 วิธีการทดลอง

การทดลองระบบจะทำการทดสอบระบบโดยแบ่งการทดสอบทีละส่วน 3 ส่วนคือ 1) ทดสอบระบบการหล่อเย็น 2) ทดสอบการปั้มน้ำ 3) ทดสอบระบบความร้อน โดยจะทำการทดสอบดังภาพที่ 3.19 ดังนี้

ภาพที่ 3.19 นำระบบไปทดสอบ

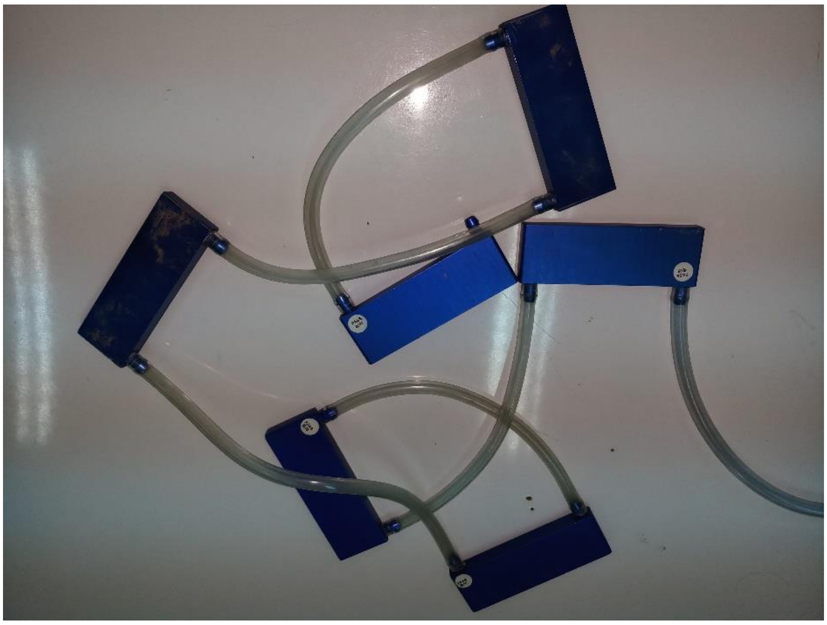
3.3.1 การทดลอง การหล่อเย็น

ชุดระบบหล่อเย็น การหล่อเย็นจะใช้ แผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์ แผ่นเพียวเทียน TEC1-12706 TEC Thermoelectric Cooler Peltier 12V โดยระบบจะให้ความเย็นโดยถ่ายเทความเย็นไปที่น้ำ ตาลโตนดโดยแผ่นอลูมิเนียม แสดงดังภาพที่ 3.20



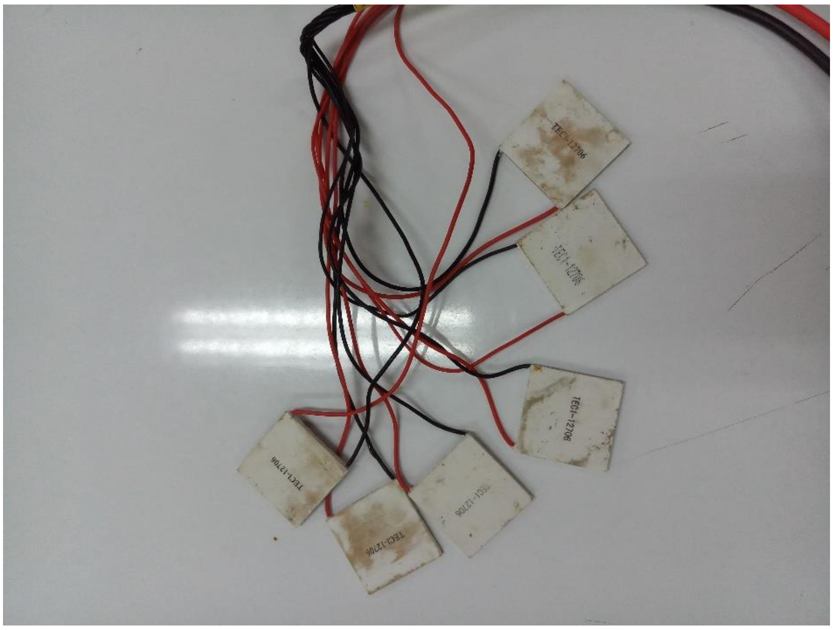
ภาพที่ 3.20 ชุดระบบหล่อเย็น

อลูมิเนียมถ่ายเทความเย็น บล็อกอลูมิเนียมมีขนาด 122x41x12mm สำหรับถ่ายเทความเย็นให้กับน้ำตาลโตนด แสดงดังภาพที่ 3.21



ภาพที่ 3.21 อลูมิเนียมถ่ายเทความเย็น

ชุดแผ่นแผ่นทำความเย็น แผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์ แผ่นเพียวเทียน TEC1-12706 TEC Thermoelectric Cooler Peltier 12V สำหรับให้ความเย็นแสดงดังภาพที่ 3.22

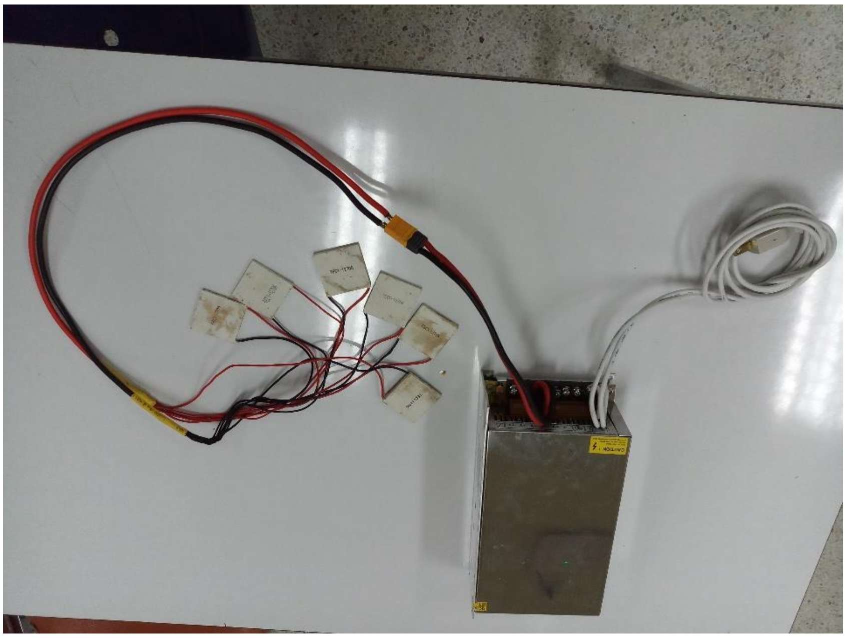


ภาพที่ 3.22 ชุดแผ่นแผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์

แหล่งจ่ายพลังงานแผ่นทำความเย็น แหล่งให้พลังงานกับแผ่น แผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์ จะเป็นแหล่งจ่ายไฟที่ให้กระแสสม่ำเสมออย่างต่อเนื่อง 12 V 40 A เป็นแบบ สวิตซิ่ง เพาเวอร์ซัพพลาย แสดงดังภาพที่ 3.23

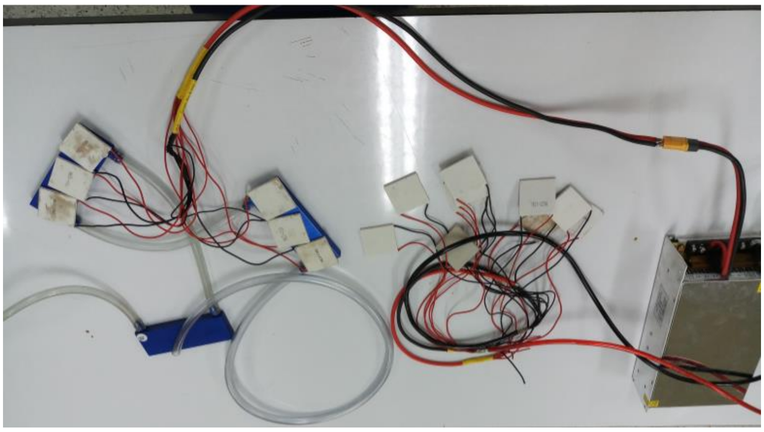
ภาพที่ 3.23 แหล่งจ่ายพลังงานแผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์

การทดสอบ แผ่นทำความเย็น จะทำการเชื่อมต่อการใช้งาน เพื่อการทดสอบแสดงดังภาพที่ 3.24



ภาพที่ 3.24 การทดสอบ แผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์

การทดสอบจะต่อเชื่อมแผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์ กับอลูมิเนียมดังภาพที่ 3.25



ภาพที่ 3.25 การเชื่อมต่อกับชุดถ่ายเทความเย็นอลูมิเนียม

3.3.2 การทดลองการปั้มน้ำ

การทดลองปั้มน้ำจะทดลองปั้มน้ำจากถังพักเพื่อเข้าสู่ถังหม้อต้มเคี่ยวเพื่อความสะดวกในการนำน้ำตาลดิบเข้าหม้อต้มซึ่งปกติจะใช้วิธีการตักด้วยขัน ปั้มแสดงดังภาพที่ 3.26

ภาพที่ 3.26 ชุดปั้มน้ำเข้าถังต้มเคี่ยวตาลโตนด

ปั้มน้ำจะเป็น ปั้มน้ำสามารถปั้มน้ำได้ ระยะส่งน้ำ 80เมตร สามารถทำงานภายใต้อุณหภูมิ 40 องศาเซนเซียล อัตราการปั้มน้ำ 5ลิตรต่อนาที

3.3.3 การทดสอบระบบความร้อน

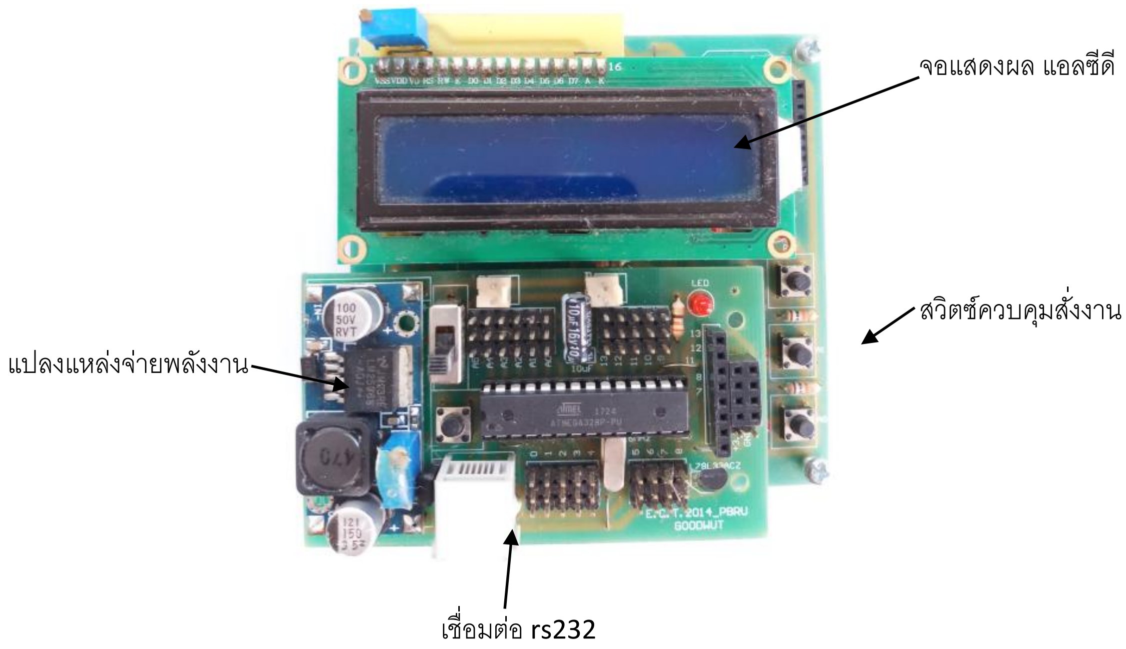
การทดสอบความร้อนจากขดลวดความร้อน

3.4 ระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

ระบบควบคุมระบบเคี่ยวตาลโตนดได้ทำการออกแบบ 3 ส่วนคือ 1) ระบบควบคุมอุณหภูมิเตา 2) ระบบควบคุมการหล่อเย็น 3) ระบบควบคุมการปั๊มน้ำตาลโตนดขึ้นถังต้ม แต่ละส่วนทำงานควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

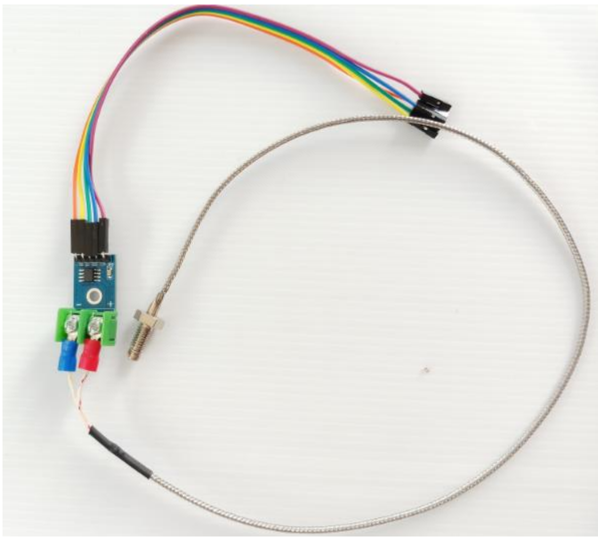
3.4.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิหม้อเคี่ยวตาลโตนด

ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานระบบควบคุมหม้อเคี่ยวตาลโตนด จะใช้บอร์ด Raja Mixduino V1.0 ในการควบคุม บอร์ดพัฒนาโดยสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ บอร์ดแสดงดังภาพที่ 3.27



ภาพที่ 3.27 บอร์ด ควบคุม Raja Mixduino V1.0

เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K Thermocouple (MAX6675) ทำงานวัดอุณหภูมิในย่าน อุณหภูมิ 0-800 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 3.28



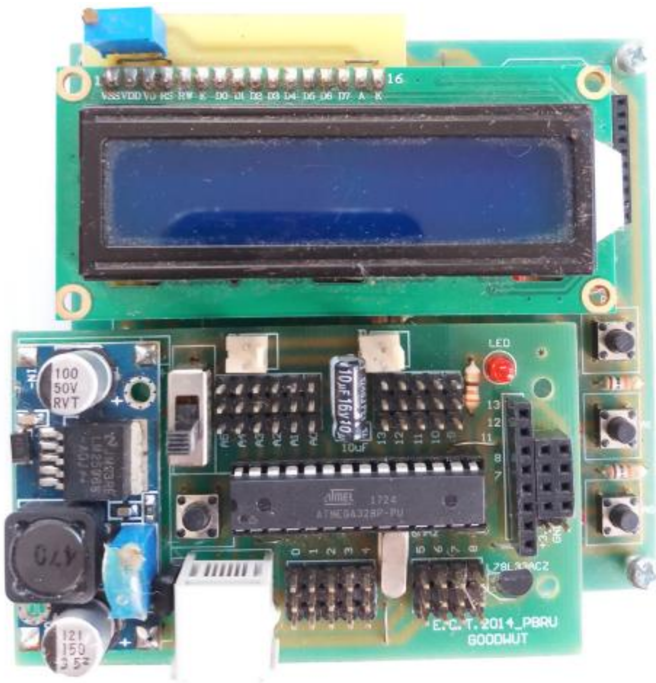
ภาพที่ 3.28 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เทอร์โมคัปเปิล

โมดูลรีเลย์ ใช้ไฟเลี้ยง 5V ในการควบคุม เปิด/ปิด ขดลวดความร้อน ควบคุมกระแสสูงสุดที่ 30A สั่งงานได้ทั้งโหมด Active HIGH โดยสามารถตั้งค่าที่ jumper บนโมดูลรีเลย์ มีวงจรป้องกันแบบ Isolation Optocoupler แสดงดังภาพที่ 3.29

ภาพที่ 3.29 รีเลย์ควบคุมการทำงานของชุดให้ความร้อน

3.4.2 ระบบควบคุมการหล่อเย็น

ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานระบบควบคุมระบบหล่อเย็นจะใช้บอร์ด Raja Mixduino V1.0 ในการควบคุม บอร์ดพัฒนาโดยสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ บอร์ดแสดงดังภาพที่ 3.30 เหมือนระบบควบคุมความร้อนแตกต่างกันเพียงการโปรแกรม

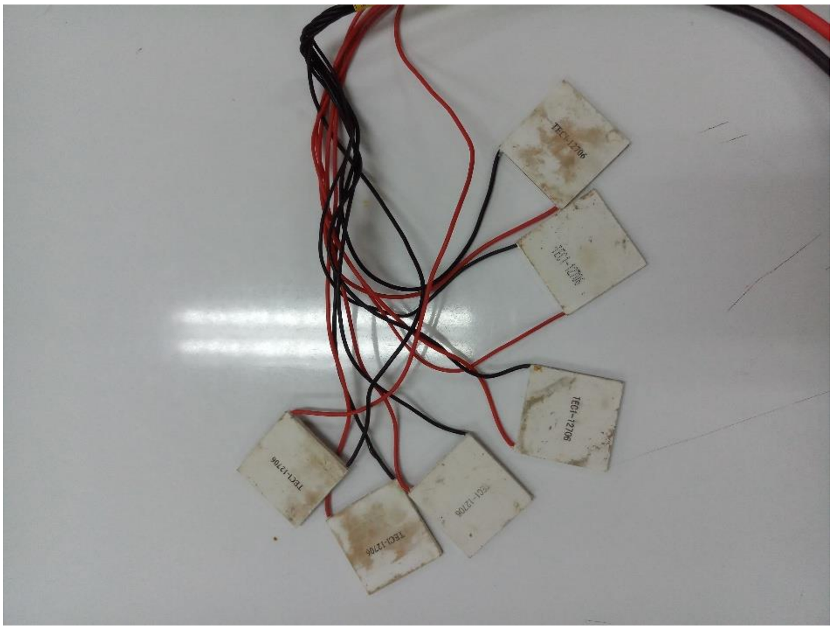


ภาพที่ 3.30 บอร์ด ควบคุม Raja Mixduino V1.0

โมดูลรีเลย์ ใช้ไฟเลี้ยง 5V ในการควบคุม เปิด/ปิด ขดลวดความร้อน ควบคุมกระแสสูงสุดที่ 30A สั่งงานได้ทั้งโหมด Active HIGH โดยสามารถตั้งค่าที่ jumper บนโมดูลรีเลย์ มีวงจรป้องกันแบบ Isolation Optocoupler แสดงดังภาพที่ 3.31

ภาพที่ 3.31 รีเลย์ควบคุมการทำงานของชุดให้ความเย็น

แผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์ แผ่นเพียวเทียน TEC1-12706 TEC Thermoelectric Cooler Peltier 12V สำหรับให้ความเย็นแสดงดังภาพที่ 3.32 การใช้งานจะทำการเชื่อมต่อกับอลูมิเนียมเพื่อถ่ายเทความเย็นไปยังน้ำตาลโตนด



ภาพที่ 3.32 แผ่นความเย็นการหล่อเย็น

แหล่งจ่ายพลังงานให้กับ แผ่นความเย็น จะใช้พลังงานจากสวิตซ์ซิ่งเพาเวอร์ซับพลาย ขนาด 12 V 40 A แสดงดังภาพที่ 3.33

ภาพที่ 3.33 สวิตซ์ซิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

3.4.3 ระบบควบคุมการปั้มน้ำตาลโตนดขึ้นถังต้ม

การควบคุมปั้มน้ำขึ้นถังพักจะใช้ชุดควบคุมการปั้มน้ำ แสดงดังภาพที่ 3.34

ภาพที่ 3.34 ชุดควบคุมความเร็วปั้มน้ำ

ปั้มน้ำจะเป็น ปั้มน้ำสามารถปั้มน้ำได้ ระยะส่งน้ำ 80 เมตร สามารถทำงานภายใต้อุณหภูมิ 40 องศาเซนเซียล อัตราการปั้มน้ำ 5ลิตรต่อนาทีแสดงดังภาพที่ 3.35

ภาพที่ 3.35 ระบบควบคุมการปั๊มน้ำตาลโตนดขึ้นถังต้ม

3.5 การทดสอบประสิทธิภาพ ระบบหม้อเคี่ยวและระบบหล่อเย็นน้ำตาลโตนด

3.5.1 ทดสอบขดลวดความร้อนความร้อน

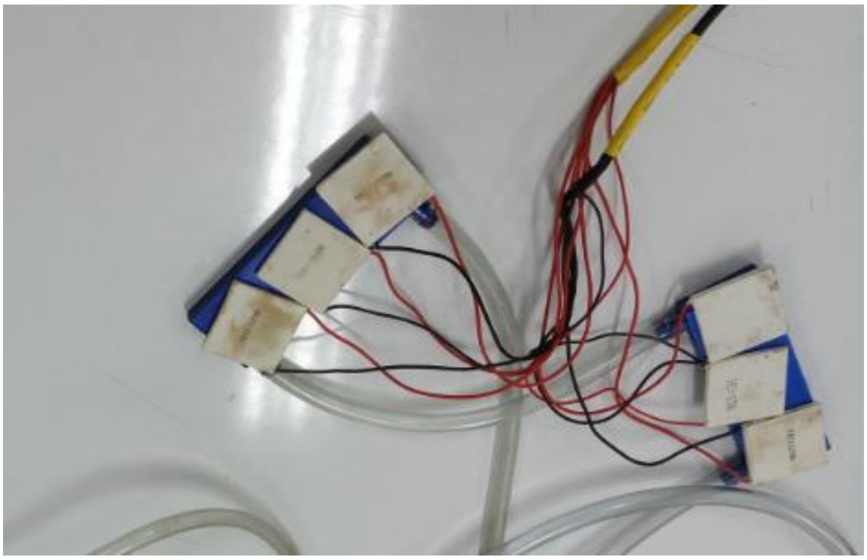
การทดสอบขดลวดความร้อนจะทดสอบประสิทธิภาพโดยการจ่ายพลังงานให้กับขดลวด แล้ววัดความร้อนเพื่อดูอัตราการเพิ่มขึ้นของความร้อนขณะหม้อเคี่ยวทำงาน โดยการวัดค่าอุณหภูมิไล่ระดับไป จนถึงอุณหภูมิสูงสุดที่ตั้งไว้

ภาพที่ 3.35 ขดลวดความร้อนขณะปล่อยกระแสไฟฟ้า

ผลการทดสอบประสิทธิภาพพบว่า หม้อเคี่ยวน้ำตาลโตนดสามารถทำให้น้ำตาลที่เคี่ยวมีความหวานที่ต้องการแต่ใช้เวลาค่อนข้างนาน

3.5.2 ทดสอบความเย็น

ในการทดสอบความเย็นจะทดสอบโดยให้น้ำตาลโตนดไหลผ่านจนกระทั่งน้ำตาลโตนดมีความเย็นตามต้องการ ภาพที่ 3.36 เป็นการทดสอบการทำงานของแผ่นความเย็น



ภาพที่ 3.36 การทดสอบความเย็น

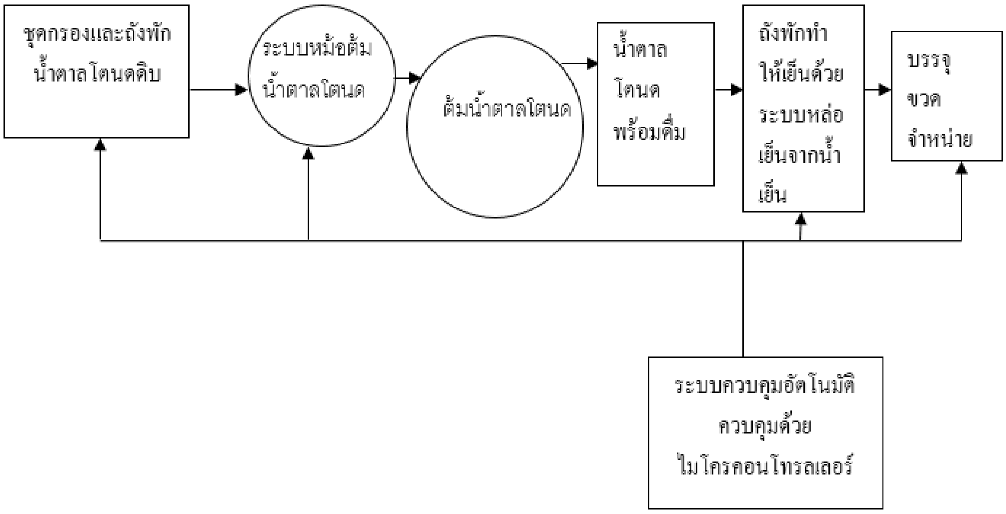
ผลการทดสอบประสิทธิภาพความเย็นที่ถังทำความเย็นพบว่า ถังสามารถทำให้น้ำตาลโตนดมีความเย็นที่ต้องการได้ โดยให้เวลาค่อนข้างนาน

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

การออกแบบ การวิจัยและพัฒนาเครื่องเคี่ยวน้ำตาลโตนดและน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาศักยภาพของชาวบ้านในการเคี่ยวตาลโตนด รักษาภูมิปัญญาท้องถิ่นและศิลปวัฒนธรรมการเคี่ยวตาลโตนดกระตุ้นคนรุ่นใหม่ให้หันกลับมาทำตาลโตนด ส่งเสริม เมืองต้นแบบเศรษฐกิจสร้างสรรค์ และยุทธศาสตร์แผนการพัฒนาของจังหวัดเพชรบุรีที่ให้ เมืองเพชรบุรีเป็นเมืองต้นแบบเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ “เมืองเพชรเมืองตาลโตนด การออกแบบดำเนินการดังนี้

3.1 การออกแบบขั้นตอนการดำเนินโครงการ

ได้ทำการออกแบบระบบโดยมีฟังก์ชันการทำงานคือ เริ่มต้นจาก ชุดกรองและถังพักน้ำตาลโตนดดิบ เมื่อได้น้ำตาลโตนดที่ผ่านการกรองแล้ว จะถูกป้อนไปยังหม้อต้มน้ำตาลโตนด เพื่อเคี่ยวน้ำตาลโตนดให้มีความเข้มข้นเพื่อเพิ่มความหวาน ในการเพิ่มความหวานของน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มจะต้องให้ได้ความหวานที่ตลาดต้องการ หลังจากได้ความหวานที่ตลาดต้องการแล้วจะผ่านไปยังชุดทำให้น้ำตาลโตนดพร้อมดื่มเย็นตัวลง เพื่อบรรจุขวดจำหน่ายต่อไป ระบบแสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบเคี่ยวน้ำตาลโตนด

จากบล็อกไดอะแกรม จะมีระบบที่สำคัญคือ ระบบต้มเคี่ยวน้ำตาลโตนด และระบบ ทำให้เย็นด้วยระบบหล่อเย็น ระบบต้มเคี่ยวน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มจะต้มเคี่ยวจนกระทั้งได้ความหวานเป็นที่ตลาดต้องการ หลังจากนั้น จะทำให้เย็นเพื่อพร้อมดื่ม

3.1.1 การออกแบบระบบเคี่ยวน้ำตาลโตนด

ชุดกรองและถังพักน้ำตาลโตนดดิบ ในชุดถังพักน้ำตาลโตนดจะทำการกรองเอาสิ่งสกปรกออกก่อนนำไปเคี่ยวที่ถังเคี่ยว โดยใช้ชุดกรอง ดังภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 ชุดกรองน้ำตาลโตนดดิบ

ถังต้มน้ำตาลโตนด ในส่วนของเครื่องเคี่ยวตาลโตนดที่จะทำการเคี่ยวให้น้ำตาลโตนดให้เข้มข้นเพื่อให้ได้ความหวานตามที่ต้องการ แสดงดังภาพที่ 3.3 ในการออกแบบและสร้างได้ออกแบบให้ถังมีความสูงจากพื้น 150 เซนติเมตร ทำให้สามารถปล่อยน้ำตาลที่เคี่ยวเสร็จแล้ว ลงสู่ถังหล่อเย็นได้สะดวก

ภาพที่ 3.3 ชุดถังต้มน้ำตาลโตนด

ในชุดถังต้มเพื่อเคี่ยวให้ได้ความหวานที่ต้องการจะออกแบบให้สามารถปิดเปิดวาล์วเพื่อให้สามารถควบคุมการเคี่ยวให้ได้น้ำตาลความหวานให้ได้ตามที่ต้องการ ในส่วนวาล์ว จะสามารถเปิดน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มลงสู่ถังหล่อเย็นได้สะดวก ดังภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4 ชุดท่อลำเลี่ยงน้ำตาลโตนด

ถังพักทำให้เย็นด้วยระบบหล่อเย็นจากน้ำเย็น การออกแบบถังพักระบบหล่อเย็นได้ออกแบบแสดงดังภาพที่ 3.5 ออกแบบให้ถุงมีขนาดเล็กเพื่อง่ายต่อการนำไปบรรจุขวดพร้อมจำหน่าย สามารถเคลื่อนย้าย โดยมีล้อหมุนได้รอบตัวสำหรับเข็นไปได้ทุกทิศทาง

ภาพที่ 3.5 ชุดถังหล่อเย็นน้ำตาลโตนด

วาล์วชุด หล่อเย็นภาพที่ 3.6 ถังออกแบบให้สามารถบรรจุลงขวดพร้อมจำหน่ายโดยได้ติดตั้งวาล์วสำหรับปิดเปิด ง่ายในการใช้งาน

ภาพที่ 3.6 วาล์วชุดหล่อเย็นน้ำตาลโตนด

3.1.2 การประกอบชิ้นส่วนของระบบเคี่ยวน้ำตาลโตนด

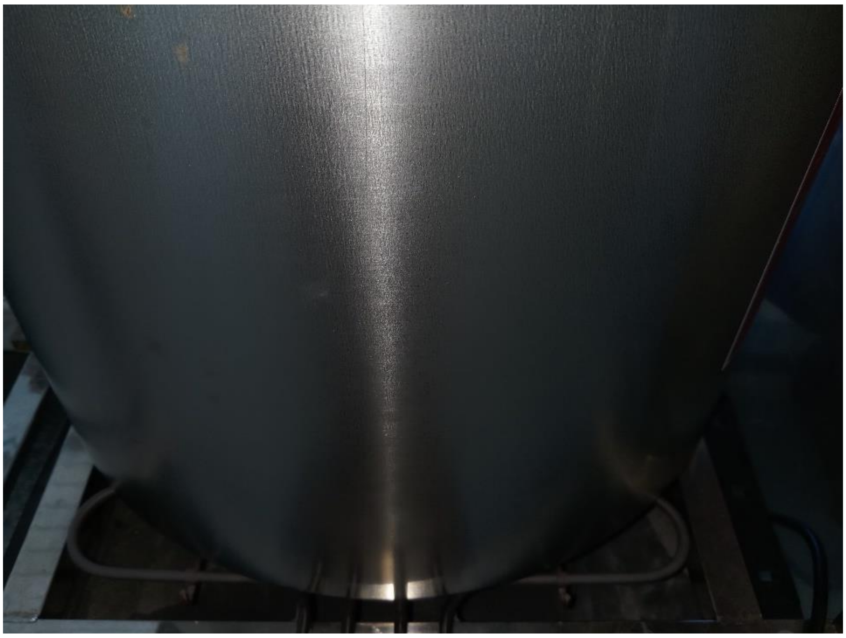
ชุดเคี่ยวและหล่อเย็นน้ำตาลโตนด ภาพที่ 3.7 การออกแบบจะออกแบบให้สามารถนำแต่ละส่วนมาประกอบกันได้ ในการใช้งานจะนำมาเชื่อมต่อกันเพื่อให้ระบบนำงานเชื่อมต่อกัน

ภาพที่ 3.7 ชุดเคี่ยวและหล่อเย็นน้ำตาลโตนด

หม้อต้มน้ำตาลโตนดในส่วนของหม้อต้มเคี่ยวน้ำตาลโตนด ในการออกแบบใช้งาน โดยได้ออกแบบให้สามารถนำน้ำตาลที่เคี่ยวได้ความเข้มข้นที่ต้องการแล้วออกจากหม้อได้โดยการเพิ่มวาล์วสำหรับนำน้ำตาลโตนดที่เข้มข้นตามต้องการออกได้ง่ายขึ้นโดยไม่ต้องตักออก ดังภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.8 ภายในชุดหม้อเคี่ยวน้ำตาลโตนด

การติดตั้งชุดให้ความร้อนในการเคี่ยวน้ำตาลให้ได้ความเข้มข้นที่หวานตามที่ลูกค้าต้องการ จะติดตั้งชุดให้ความร้อนด้านล่างก้นหม้อเคี่ยวดังภาพที่ 3.9 การติดตั้งจะต้องติดตั้งให้ขดลวดความร้อนติดกับหม้อเคี่ยวเพราะจะทำให้หม้อรับความร้อนได้โดยตรง

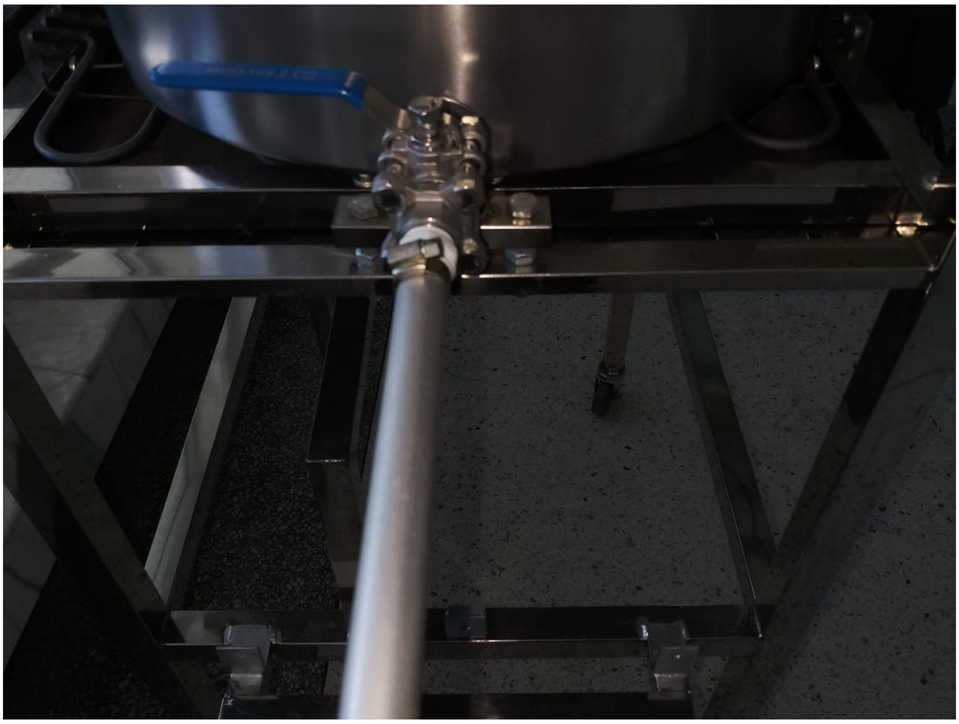


ภาพที่ 3.9 การติดตั้งชุดขดลวดความร้อนด้านซ้าย

การติดตั้งขดความร้อนจะทำการติดตั้งทั้งสองด้านคือด้านซ้ายและด้านขวาของหม้อเคี่ยวตาล เนื่องจากจะต้องให้หม้อเคี่ยวได้รับความร้อนสม่ำเสมอ ดังภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3.10 การติดตั้งชุดขดลวดความร้อนด้านขวา

การนำน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มออกจากหม้อเป็นสิ่งสำคัญมากเพราะเป็นการอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน จึงทำการติดตั้งวาล์วสำหรับนำน้ำตาลโตนดออกจากหม้อเคี่ยวให้สะดวก ดังภาพที่ 3.11



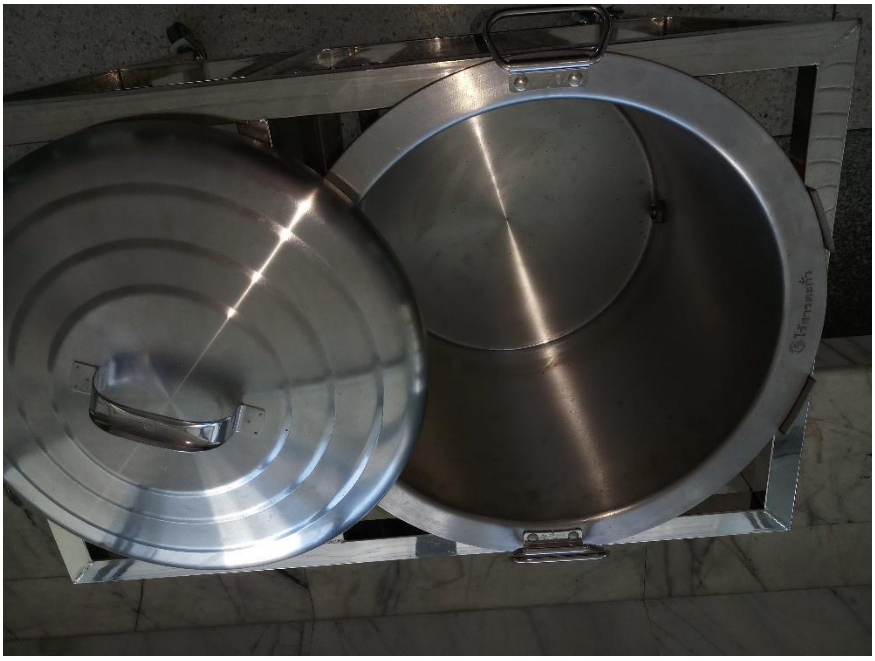
ภาพที่ 3.11 ชุดวาล์วนำน้ำตาลโตนดออกจากหม้อเคี่ยว

ถังพักทำให้เย็นด้วยระบบหล่อเย็น

ระบบการเคี่ยวน้ำตาลโตนดเมื่อน้ำตาลโตนดเมื่อได้น้ำตาลที่มีความเข้มข้นและความหวานที่ต้องการแล้วจะต้องนำน้ำตาลที่กำลังร้อนมาทำให้เย็นด้วยระบบหล่อเย็น เพื่อประหยัดเวลา ในการนำไปจำหน่ายโดยไม่ต้องรอให้เย็น อีกทั้งระบบหล่อเย็นจะทำให้น้ำตาลโตนดพร้อมดื่ม เย็นสำหรับดื่มได้ โดยไม่ต้องแช่เย็น การออกแบบและสร้างดังพัก แสดงดังภาพที่ 3.12

ภาพที่ 3.12 ชุดพักเพื่อทำความเย็น

ภายในถังพักหล่อเย็นแสดงดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 ภายในชุดพักทำให้เย็นด้วยระบบหล่อเย็น

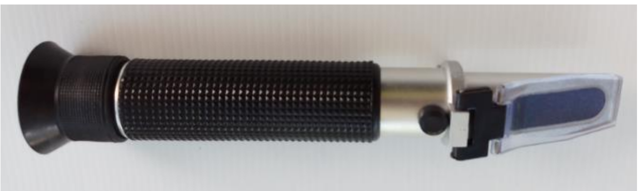
การนำน้ำตาลโตนดออกจากถังหล่อเย็นทีมวิจัยพบว่า ชาวบ้านใช้วิธีการตักออกทำให้ไม่สะดวกจึงทำการออกแบบให้สามารถนำน้ำตาลโตนดออกจากหม้อพักหล่อเย็นได้ง่ายขึ้นโดยการติดตั้งวาล์วให้สามารถนำน้ำตาลโตนดออกจากหม้อหล่อเย็นแสดงดังภาพที่ 3.14

ภาพที่ 3.14 วาล์วสำหรับนำน้ำตาลโตนดที่เย็นพร้อมดื่มออก

3.2 วัสดุเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินโครงการ

3.2.1 เครื่องวัดความหวาน

ในการวัดความหวาน จะวัดความหวานของน้ำตาลโตนดพร้อมดื่ม โดยใช้เครื่องวัดความหวาน มีการวัดค่า ความหวานได้ 0 – 40% Brix ช่วงชดเชยอุณหภูมิอัตโนมัติ: 10 degree ~30 degree (50 -Fahrenheit~86 Fahrenheit) ช่วงค่า: 0.2% Vol ,0.2% Brix-ความคลาดเคลื่อน: +-0.2% Vol , +-0.2% Brix แสดงดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 ชุดวัดความหวาน

3.2.2 เครื่องวัดอุณหภูมิ

เครื่องวัดอุณหภูมิ จะใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ แบบอินฟาเรด มีช่วงการวัด -30ถึง500 ° C (-20 ถึง932 ° F) ความถูกต้อง± 1 ° C (2 ° F) from10° C to30° C (50 ° F to86° F), ± 1.5%ของการอ่าน หรือ± 1.5 ° C (3 ° F)แล้วแต่จำนวนใดจะมากขึ้นกว่าสมดุลช่วง (assumesมาตรฐานและมีเสถียรภาพวัดเงื่อนไข) โดยทั่วไประยะทางเป้าหมาย(จุด)ได้ถึง2เมตร(6ฟุต) ตามมาตรฐานEN 61326-1 แม่เหล็กไฟฟ้าการปล่อย usceptibility EN 61010-1ทั่วไปความปลอดภัย EN 60825-1 เลเซอร์ความปลอดภัย แสดงดังภาพที่ 3.16

ภาพที่ 3.16 ชุดวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด

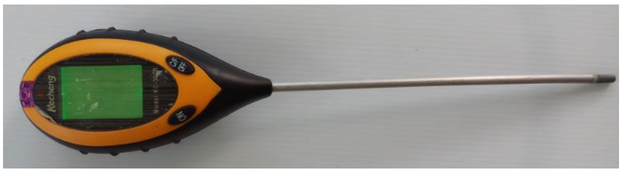
3.2.3 เครื่องวัดแอมป์มิเตอร์

เครื่องวัดกระแส จะทำการวัดกระแสขณะจ่ายพลังงานให้กับ เครื่องเคี่ยวตาลโดยเครื่องวัดสามารถวัด 40/400 A AC สามารถวัด 400/600 V AC, 400/600 V DC (เปลี่ยน Range ได้อัตโนมัติ) สามารถวัดค่าความต้านทาน 400/4k (เปลี่ยน Range ได้อัตโนมัติ) และสามารถวัดความต่อเนื่องได้พร้อมเสียงเตือน มีปุ่ม Data Hold สำหรับบล็อคค่าที่วัดได้ เพื่อสะดวกในการใช้งานในที่คับแคบ LCD แสดงได้สูงสุดถึง 4 หลัก แสดงดังภาพที่ 3.17

ภาพที่ 3.17 ชุดวัดกระแส

3.2.4 เครื่องวัดความเป็นกรดและด่าง

เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรดด่าง วัดค่าพีเอช (soil pH): 3.5 - 9.0 วัดค่าความชื้น (soil mositure): DRY+, DRY, NOR, WET, WET+ ค่าความชื้น % (5 ระดับ) DRY+, น้อยกว่า 5% DRY, 5 - 10% NOR, 10 - 20% WET, 20 - 30% WET+ , 30% ขึ้นไป วัดแสงแดด: LOW-, LOW, LOW+, NOR-, NOR, NOR+, HGH-, HGH, HGH+ ค่าแสงแดด LUX (9 ระดับ) LOW- , 0 - 500 LOW , 500 - 5,000 LOW+ , 5,000 - 10,000 NOR- ,10,000 - 25,000 NOR , 25,000 - 60,000 NOR+ , 60,000 - 80,000 HGH- , 80,000 - 100,000 HGH, 100,000 - 120,000 HGH+, 120,000 ขึ้นไป แสดงดังภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 ชุดวัดค่า พี เอส

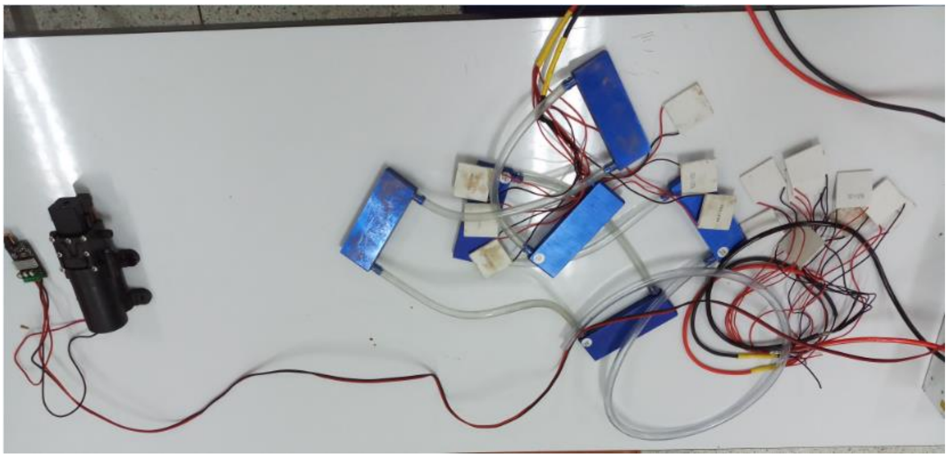
3.3 วิธีการทดลอง

การทดลองระบบจะทำการทดสอบระบบโดยแบ่งการทดสอบทีละส่วน 3 ส่วนคือ 1) ทดสอบระบบการหล่อเย็น 2) ทดสอบการปั้มน้ำ 3) ทดสอบระบบความร้อน โดยจะทำการทดสอบดังภาพที่ 3.19 ดังนี้

ภาพที่ 3.19 นำระบบไปทดสอบ

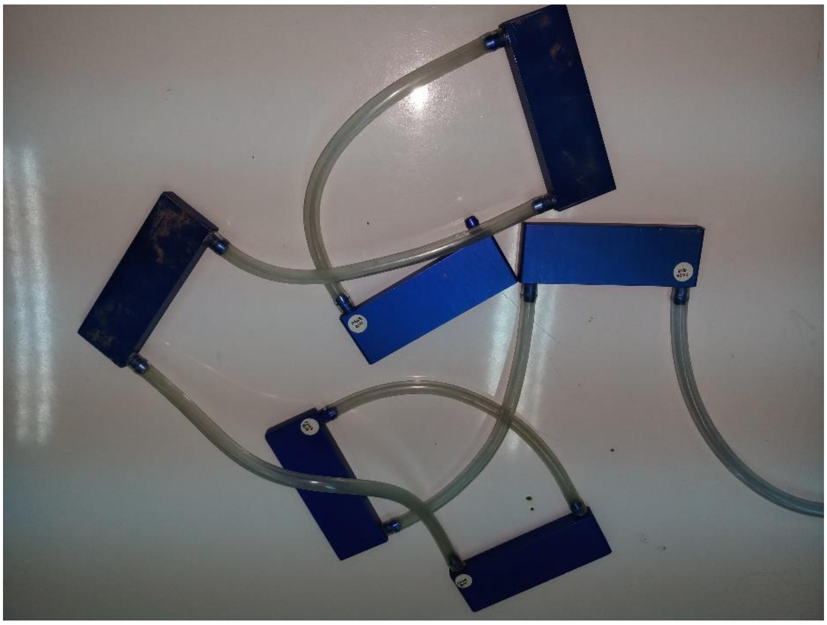
3.3.1 การทดลอง การหล่อเย็น

การหล่อเย็นจะใช้ แผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์ แผ่นเพียวเทียน TEC1-12706 TEC Thermoelectric Cooler Peltier 12V โดยระบบจะให้ความเย็นโดยถ่ายเทความเย็นไปที่น้ำตาลโตนดโดยแผ่นอลูมิเนียม แสดงดังภาพที่ 3.20



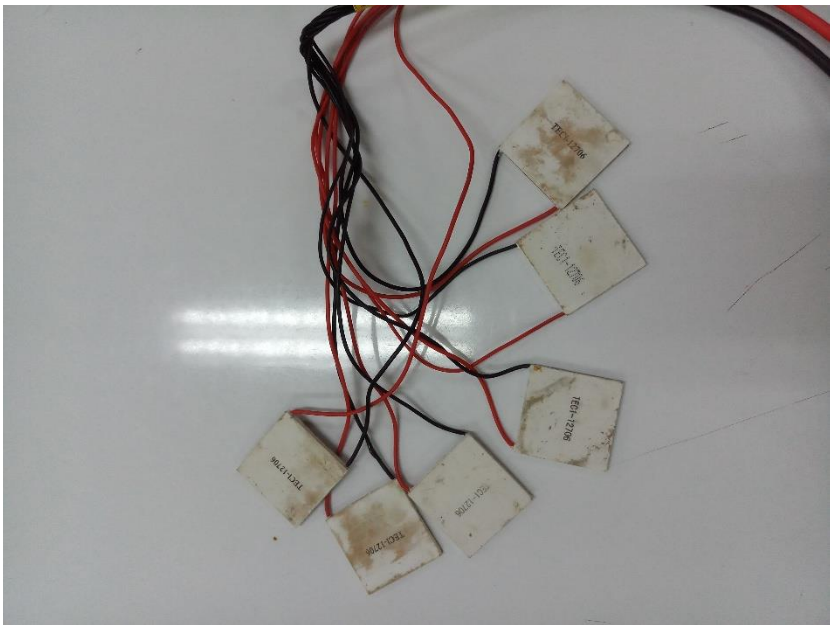
ภาพที่ 3.20 ชุดระบบหล่อเย็น

บล็อกอลูมิเนียมมีขนาด 122x41x12mm สำหรับถ่ายเทความเย็นให้กับน้ำตาลโตนด แสดงดังภาพที่ 3.21



ภาพที่ 3.21 อลูมิเนียมถ่ายเทความเย็น

แผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์ แผ่นเพียวเทียน TEC1-12706 TEC Thermoelectric Cooler Peltier 12V สำหรับให้ความเย็นแสดงดังภาพที่ 3.22

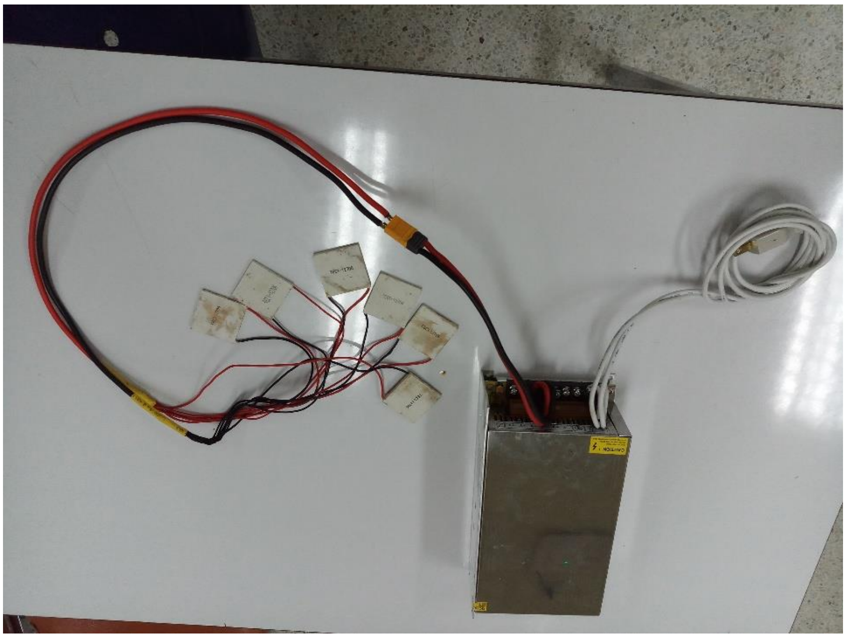


ภาพที่ 3.22 ชุดแผ่นแผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์

แหล่งให้พลังงานกับแผ่น แผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์ จะเป็นแหล่งจ่ายไฟที่ให้กระแสสม่ำเสมออย่างต่อเนื่อง 12 V 40 A เป็นแบบ สวิตซิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย แสดงดังภาพที่ 3.23

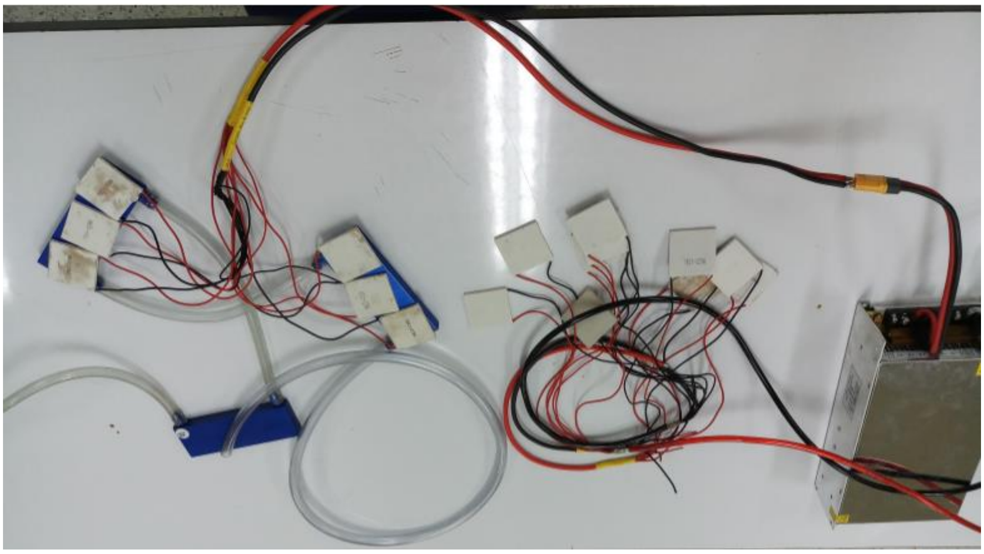
ภาพที่ 3.23 แหล่งจ่ายพลังงานแผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์

การเชื่อมต่อการใช้งาน เพื่อการทดสอบแสดงดังภาพที่ 3.24



ภาพที่ 3.24 การทดสอบ แผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์

การทดสอบจะต่อเชื่อมแผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์ กับอลูมิเนียมดังภาพที่ 3.25



ภาพที่ 3.25 การเชื่อมต่อกับชุดถ่ายเทความเย็นอลูมิเนียม

3.3.2 การทดลองการปั้มน้ำ

การทดลองปั้มน้ำจะทดลองปั้มน้ำจากถังพักเพื่อเข้าสู่ถังหม้อต้มเคี่ยวเพื่อความสะดวกในการนำน้ำตาลดิบเข้าหม้อต้มซึ่งปกติจะใช้วิธีการตักด้วยขัน ปั้มแสดงดังภาพที่ 3.26

ภาพที่ 3.26 ชุดปั้มน้ำเข้าถังต้มเคี่ยวตาลโตนด

ปั้มน้ำจะเป็น ปั้มน้ำสามารถปั้มน้ำได้ ระยะส่งน้ำ 80เมตร สามารถทำงานภายใต้อุณหภูมิ 40 องศาเซนเซียล อัตราการปั้มน้ำ 5ลิตรต่อนาที

3.3.3 การทดสอบระบบความร้อน

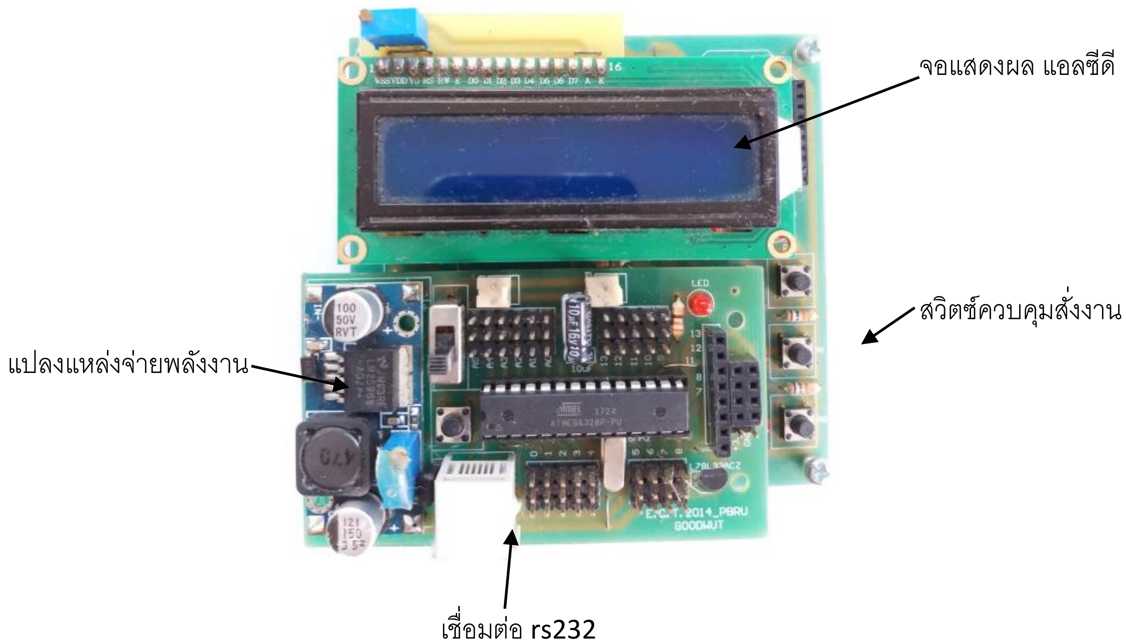
การทดสอบความร้อนจากขดลวดความร้อน

3.4 ระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

ระบบควบคุมระบบเคี่ยวตาลโตนดได้ทำการออกแบบ 3 ส่วนคือ 1) ระบบควบคุมอุณหภูมิเตา 2) ระบบควบคุมการหล่อเย็น 3) ระบบควบคุมการปั๊มน้ำตาลโตนดขึ้นถังต้ม แต่ละส่วนทำงานควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

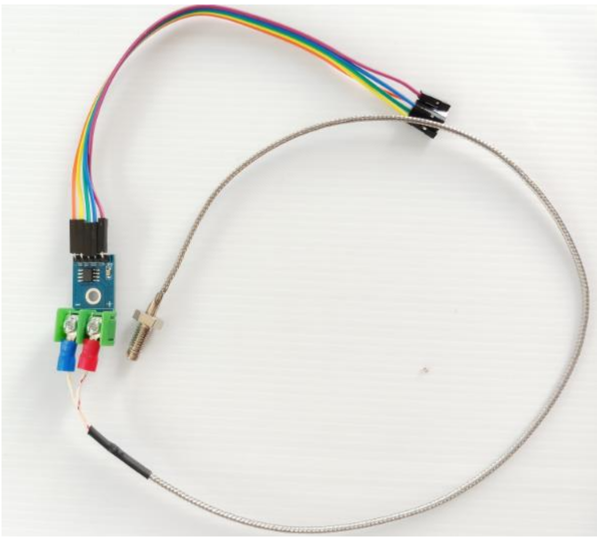
3.4.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิหม้อเคี่ยวตาลโตนด

ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานระบบควบคุมหม้อเคี่ยวตาลโตนด จะใช้บอร์ด Raja Mixduino V1.0 ในการควบคุม บอร์ดพัฒนาโดยสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ บอร์ดแสดงดังภาพที่ 3.27



ภาพที่ 3.27 บอร์ด ควบคุม Raja Mixduino V1.0

เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K Thermocouple (MAX6675) ทำงานวัดอุณหภูมิในย่าน อุณหภูมิ 0-800 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 3.28



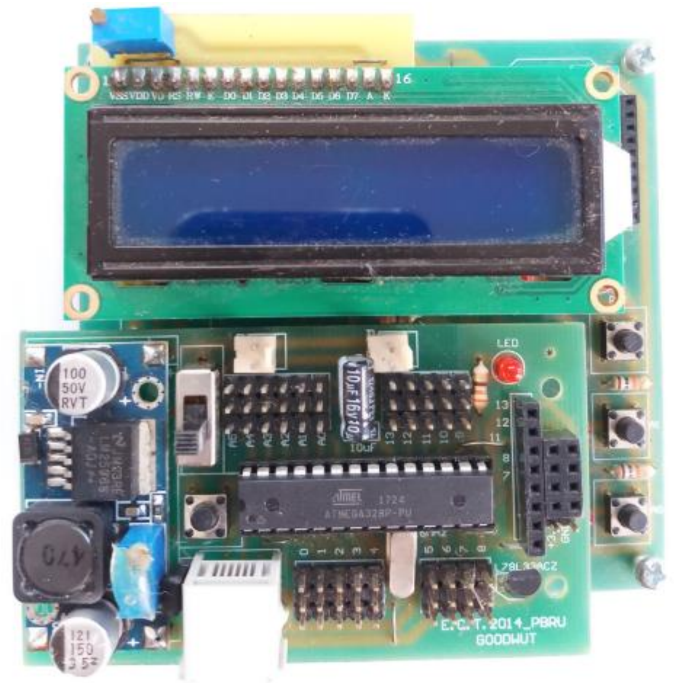
ภาพที่ 3.28 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เทอร์โมคัปเปิล

โมดูลรีเลย์ ใช้ไฟเลี้ยง 5V ในการควบคุม เปิด/ปิด ขดลวดความร้อน ควบคุมกระแสสูงสุดที่ 30A สั่งงานได้ทั้งโหมด Active HIGH โดยสามารถตั้งค่าที่ jumper บนโมดูลรีเลย์ มีวงจรป้องกันแบบ Isolation Optocoupler แสดงดังภาพที่ 3.29

ภาพที่ 3.29 รีเลย์ควบคุมการทำงานของชุดให้ความร้อน

3.4.2 ระบบควบคุมการหล่อเย็น

ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานระบบควบคุมระบบหล่อเย็นจะใช้บอร์ด Raja Mixduino V1.0 ในการควบคุม บอร์ดพัฒนาโดยสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ บอร์ดแสดงดังภาพที่ 3.30 เหมือนระบบควบคุมความร้อนแตกต่างกันเพียงการโปรแกรม

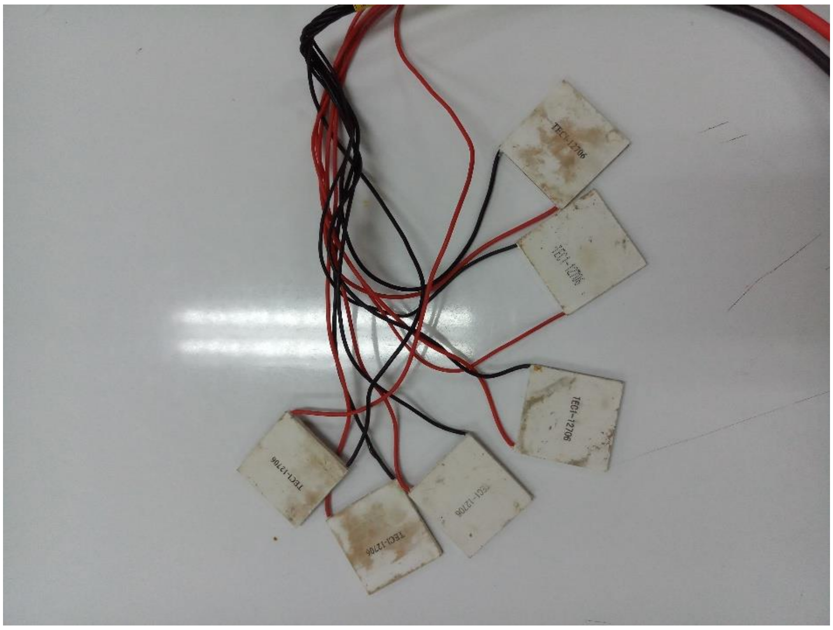


ภาพที่ 3.30 บอร์ด ควบคุม Raja Mixduino V1.0

โมดูลรีเลย์ ใช้ไฟเลี้ยง 5V ในการควบคุม เปิด/ปิด ขดลวดความร้อน ควบคุมกระแสสูงสุดที่ 30A สั่งงานได้ทั้งโหมด Active HIGH โดยสามารถตั้งค่าที่ jumper บนโมดูลรีเลย์ มีวงจรป้องกันแบบ Isolation Optocoupler แสดงดังภาพที่ 3.31

ภาพที่ 3.31 รีเลย์ควบคุมการทำงานของชุดให้ความเย็น

แผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์ แผ่นเพียวเทียน TEC1-12706 TEC Thermoelectric Cooler Peltier 12V สำหรับให้ความเย็นแสดงดังภาพที่ 3.32 การใช้งานจะทำการเชื่อมต่อกับอลูมิเนียมเพื่อถ่ายเทความเย็นไปยังน้ำตาลโตนด



ภาพที่ 3.32 แผ่นความเย็นการหล่อเย็น

แหล่งจ่ายพลังงานให้กับ แผ่นความเย็น จะใช้พลังงานจากสวิตซ์ซิ่งเพาเวอร์ซับพลาย ขนาด 12 V 40 A แสดงดังภาพที่ 3.33

ภาพที่ 3.33 สวิตซ์ซิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

3.4.3 ระบบควบคุมการปั๊มน้ำตาลโตนดขึ้นถังต้ม

การควบคุมปั๊มน้ำขึ้นถังพักจะใช้ชุดควบคุมการปั๊มน้ำ แสดงดังภาพที่ 3.34

ภาพที่ 3.34 ชุดควบคุมความเร็วปั๊มน้ำ

ปั๊มน้ำจะเป็น ปั๊มน้ำสามารถปั๊มน้ำได้ ระยะส่งน้ำ 80 เมตร สามารถทำงานภายใต้อุณหภูมิ 40 องศาเซนเซียล อัตราการปั๊มน้ำ 5ลิตรต่อนาทีแสดงดังภาพที่ 3.35

ภาพที่ 3.35 ระบบควบคุมการปั้มน้ำตาลโตนดขึ้นถังต้ม

3.5 การทดสอบประสิทธิภาพ ระบบหม้อเคี่ยวและระบบหล่อเย็นน้ำตาลโตนด

3.5.1 ทดสอบขดลวดความร้อนความร้อน

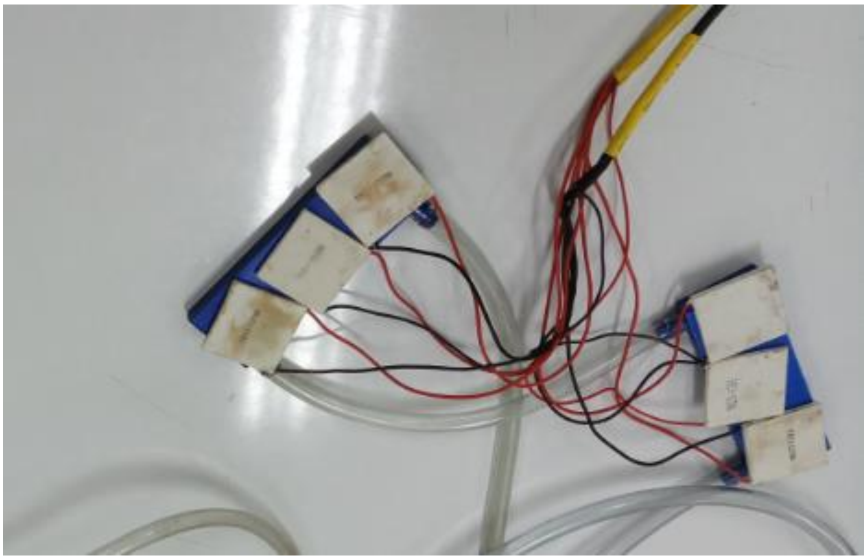
การทดสอบขดลวดความร้อนจะทดสอบประสิทธิภาพโดยการจ่ายพลังงานให้กับขดลวดแล้ววัดความร้อนเพื่อดูอัตราการเพิ่มขึ้นของความร้อนขณะหม้อเคี่ยวทำงาน โดยการวัดค่าอุณหภูมิไล่ระดับไป จนถึงอุณหภูมิสูงสุดที่ตั้งไว้

ภาพที่ 3.35 ขดลวดความร้อนขณะปล่อยกระแสไฟฟ้า

ผลการทดสอบประสิทธิภาพพบว่า หม้อเคี่ยวน้ำตาลโตนดสามารถทำให้น้ำตาลที่เคี่ยวมีความหวานที่ต้องการแต่ใช้เวลาค่อนข้างนาน

3.5.2 ทดสอบความเย็น

ในการทดสอบความเย็นจะทดสอบโดยให้น้ำตาลโตนดไหลผ่านจนกระทั่งน้ำตาลโตนดมีความเย็นตามต้องการ ภาพที่ 3.36 เป็นการทดสอบการทำงานของแผ่นความเย็น



ภาพที่ 3.36 การทดสอบความเย็น

ผลการทดสอบประสิทธิภาพความเย็นที่ถังทำความเย็นพบว่า ถังสามารถทำให้น้ำตาลโตนดมีความเย็นที่ต้องการได้ โดยให้เวลาค่อนข้างนาน

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองการเคี่ยวน้ำตาลโตนด

การทดสอบได้ทำการทดสอบระบบถังเคี่ยวน้ำตาลโตนด ทดสอบระบบหล่อเย็น การทำน้ำตาลโตนดพร้อมดื่ม และทดสอบคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ น้ำตาลโตนดพร้อมดื่ม ดังนี้

4.1.1 ทดสอบระบบถังเคี่ยวน้ำตาลโตนด

การทดสอบอุณหภูมิของถังเคี่ยวน้ำตาลโตนด โดยทำการทดสอบเอาน้ำตาลโตนดใส่ในถัง แล้ววัดอุณหภูมิ พบว่า อุณหภูมิของน้ำตาลโตนดเริ่มต้นที่ 28 องศาเซลเซียล ในขณะที่ยังไม่ให้ความร้อน หลังจากนั้นให้ความร้อน อุณหภูมิเริ่มต้นภายในถัง เป็นไปอย่างช้าๆ สำหรับอุณหภูมิในถัง แต่อุณหภูมิที่ขวดลวดมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ภาพที่ 4.1เพิ่มภายในเวลาเพียง 5 นาที จนถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้โดยในการทดสอบได้ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 430 องศา

ภาพที่ 4.1 วัดอุณหภูมิขดลวด ขณะให้ความร้อนถังเคี่ยวน้ำตาลโตนด

จากการทดสอบตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 430 องศา เซลเซียล พบว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ใน ภาพที่ 4.2 อุณหภูมิได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ที่ 427 องศา เซลเซียล

ภาพที่ 4.2 วัดอุณหภูมิขดลวด ขณะให้ความร้อนเพิ่มอย่างรวดเร็ว

ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิภายในถังเคี่ยวน้ำตาลโตนดมีการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนกระทั้ง น้ำระเหยกลายเป็นไอ น้ำ ในการเคี่ยวจะใช้เวลานาน เนื่องจากจะต้องเคี่ยวน้ำตาลโตนดให้ได้ความหวานที่ตลาดต้องการ คือความหวานที่ 12 บริกซ์ (โดยที่ ระดับความเข้มข้น 1 บริกซ์ เท่ากับน้ำตาลซูโครส 1 กรัม ในสารละลาย 100 กรัม) ในการทดสอบจะให้ได้ความหวาน 12 บริกซ์ ซึ่งความหวานจะน้อยกว่าในท้องตลาดที่ขายกันซึ่งปกติประมาณ 14-18 บริกซ์ แต่เมื่อนำน้ำตาลโตนดขนาดความหวาน 14-18 บริกซ์ ไปดื่มพร้อมน้ำแข็งจะทำให้ความหวานลดลงเหลือประมาณ 12 บริกซ์ ซึ่งในการทดลองจึงให้ค่าความหวานประมาณ 12 บริกซ์

การเปรียบเทียบกับเครื่องเคี่ยวตาลแบบดังเดิมพบว่า เครื่องเคี่ยวตาลแบบดังเดิม การให้ความร้อนจะไม่เสมำเสมอ น้ำตาลจะมีกลิ่นควันที่เกิดจากการเผาไหม้ เตาไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ส่วน

เตาที่พัฒนาขึ้น สามารถเคลื่อนย้ายได้ มีความร้อนเสม่ำเสมอ ในการเคี่ยวตาล ไม่ต้องคอยเพิ่มเชื้อเพลิงและดูแลตลอดเวลา

ส่วนอัตราการกินกระแสไฟฟ้าของขดลวดความร้อน จากการทดสอบพบว่า ขดลวดความร้อนกินกระแสประมาณ 10 แอมป์ ภาพที่ 4.3 แสดงการทดสอบ การกินกระแสของขวดลวด โดยกระแสจะสวิงอยู่ในช่วง 9-11 แอมป์

ภาพที่ 4.3 วัดการกินกระแสของขดลวด

4.1.2 ทดสอบระบบหล่อเย็นการทำน้ำตาลโตนดพร้อมดื่ม

การทดสอบระบบหล่อเย็นในการทดสอบจะเปิดน้ำที่ยังร้อนอยู่ให้ผ่านชุดหล่อเย็น พบว่า จะต้องให้น้ำวิ่งวนจนกว่าจะได้อุณหภูมิที่ต้องการ โดยอุณหภูมิที่ต้องการในระดับที่ดื่มได้ จากการทดลองจะต้องใช้เวลานานในการที่จะทำให้น้ำตาลโตนดให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการ

4.1.3 ทดสอบคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ น้ำตาลโตนดพร้อมดื่ม

การทดสอบความหวาน ในการทดสอบความหวานพบว่า ในท้องตลาดขนาดความหวานที่มีจำหน่ายจะมีความหวานระหว่าง 10- 18 บริกซ์ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละรายจากการทดสอบ ในงานวิจัยนี้จะใช้ความหวานที่ 12 บริกซ์ ซึ่งพบว่า เป็นที่ชื่นชอบของลูกค้า โดยความหวานนี้ สามารถดื่มโดยที่ไม่ต้องมีน้ำแข็งหรือใส่ในตู้แช่แล้วดื่มได้

การทดสอบสี พบว่า สีที่พบเป็นสีขาวขุ่น ซึ่งมีความแตกต่างเล็กน้อยจากที่ขายในท้องตลาด

4.2 อภิปรายผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบถังเคี่ยวน้ำตาลโตนดที่สามารถเคี่ยวน้ำตาลโตนดที่เก็บมาจากต้นทำการเคี่ยวให้มีความหวานตามต้องการในงานวิจัยจะเคี่ยวให้ได้ความหวานที่ 12 บริกซ์ ระบบให้ความร้อนกับถังเคี่ยวจะให้ความร้อนด้วยระบบไฟฟ้าซึ่งปกติจะให้ไฟเคี่ยวจากฟืนใบตาล บางแห่งจะใช้เตาแก๊ส แต่ส่วนมากที่สำรวจพบว่าชาวบ้านส่วนใหญ่จะใช้ฟืน และยังไม่มีใครที่ใช้เตาไฟฟ้าในการเคี่ยวน้ำตาล ในการเคี่ยว จะเห็นว่า การให้ความร้อนกับถังเคี่ยวแม้ว่าขดลวดจะทำอุณหภูมิได้ถึง 400 องศาเซลเซียล ในเวลารวดเร็ว แต่อุณหภูมิภายในถังเคี่ยวตาลจะร้อนช้ากว่าที่ ขดลวด ในการกินกระแสของขดลวดพบว่า ขดลวดกินกระแสไฟฟ้า มากโดยกินกระแส ประมาณ 10 แอมป์ ซึ่งเมื่อเทียบกับการให้ความร้อน แบบระบบเหนี่ยวนำ แบบระบบให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำจะกินกระแสน้อยกว่า

ส่วนระบบหล่อเย็นจะให้ความเย็น ซึ่งจะต้องให้น้ำตาลโตนดวิ่งวนหลายรอบจึงจะสามารถได้ความเย็นที่ต้องการ

การทดสอบความหวาน พบว่า น้ำตาลโตนดที่ขายในท้องตลาดจะดื่มกับน้ำแข็งจะมีความหวาน 18 บริกซ์ แต่เมื่อผสมกับน้ำแข็งแล้วจะมีความหวานที่ 12 บริกซ์ ซึ่งจะสามารถดื่มได้ ส่วนสีของน้ำตาลโตนดพร้อมดื่มจะให้สีขาวขุ่น

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่นำเสนอการเคี่ยวตาลโตนดด้วยระบบการเคี่ยวตาลโตนดด้วยระบบไฟฟ้า ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกในการเคี่ยว โดยการทำงานจะใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมระบบ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจในการพัฒนาเตาเคี่ยวตาลโตนด

5.1 สรุปผลการวิจัย

เครื่องเคี่ยวตาลโตนดพร้อมดื่ม ประกอบด้วย ชุดกรองและถังพักน้ำตาลดโตนดดิบ เมื่อได้น้ำตาลโตนดที่ผ่านการกรองแล้ว จะถูกป้อนไปยังหม้อต้มน้ำตาลโตนด เพื่อเคี่ยวน้ำตาลโตนดให้มีความเข้มข้นเพื่อเพิ่มความหวาน ในการเพิ่มความหวานของน้ำตาลโตนดพร้อมดื่ม จะต้องให้ได้ความหวานที่ตลาดต้องการ หลังจากได้ความหวานที่ตลาดต้องการแล้วจะผ่านไปยังชุดทำให้น้ำตาลโตนดพร้อมดื่มเย็นตัวลง เพื่อบรรจุขวดจำหน่าย

ระบบการให้ความร้อนจะใช้ขดลวดความร้อน ควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยความร้อนของขดลวดสูงสุด 450 องศา ในงานวิจัยนี้ตั้งไว้ที่ 430 องศา ส่วนระบบหล่อเย็นจะใช้ระบบการหล่อเย็นด้วย แผ่นทำความเย็น เทอร์โมอิเล็กทริค คูลเลอร์ แผ่นเพียวเทียน TEC1-12706 TEC Thermoelectric Cooler Peltier 12V โดยระบบจะให้ความเย็นโดยถ่ายเทความเย็นไปที่น้ำ ตาลโตนด

การทดสอบความหวาน ความหวานที่เป็นที่ชื่นชอบของลูกค้า ความหวาน 12 บริกซ์โดยความหวานนี้สามารถดื่มได้โดยไม่ต้องผสมน้ำแข็ง สำหรับสีน้ำตาลโตนดที่เคี่ยวจะเป็นสีขาวขุ่น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ระบบการให้ความร้อนสามารถเปลี่ยนระบบการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำจะกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า

2. ถ้าต้องการการเคี่ยวที่เร่งด่วนสามารถเพิ่มระบบให้ขดลวดมีจำนวนมากขึ้นจะทำให้ความร้อนได้สูงและลดเวลาการเคี่ยวได้

3. หลังจากการใช้งานควรล้างและทำความสะอาดเพื่อป้องกันเชื้อราซึ่งอาจเป็นอันตรายกับผู้บริโภคได้

บรรณานุกรม

อภิญญา เจริญกุล. มปท. การแปรรูปอาหารเบื้องต้น. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

Papert, S. (1980). **Mindstorms:children, computer, and powerful ideas.** New York: Basic Books.

Papert, S. (1990). **Constructionist Learning**. Cambridge Massachusetts: The Media LaboratoryMassachusetts Institute of Technology.

Resnick, Martin, Berg, et al. (1998). **Digital Manipulatives: New Toys to Think With.** Proceedings of CHI 1998, ACM Press.

Resnick. (1992). **Beyond the Centralized Mindset: Explorations in Massively-Parallel Microworlds**. Ph.D. Thesis,Massachusetts Institute of Technology.

______. (1993). **Behavior Construction Kits**. Communications of the ACM. 36, 7.

Shaw, A. (1995). **Social Constructionism and the Inner City: Designing Environments for Social Development and Urban Renewal**. Cambridge,MA: MIT Media Arts and Sciences Doctoral Dissertation.

Wyeth, P., & Wyeth, G. (2003). **ElectronicBlocks: Tangible Programming Elements for Preschoolers.**

ZuKerman, O., & Resnick. M. (2003). **System Block: A Physical Interface for System Dynamics Simulation**. (Online). www.llk.media.mit.edu/paper.

Zukerman, O. (2004). **System Block: Learning about Systems Concepts through Hands-on Modeling and Simulation**. M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

http://www.arunsawat.com/board/index.php?topic=3638.0

http://web.mit.edu/2.00b/www/pages/toylab.html

http://www.arduino.cc

www.phetchaburi.go.th/data/create_eco.pdf

http://www.heater-heater.com/14416046

ภาคผนวก

การเผยแพร่งานวิจัย

นำเสนอผลงานวิจัย **"การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยของเล่นพื้นบ้านอัจฉริยะตามแนวทางการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา"**,ประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 12 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปี 2558, วันที่ 8-9 ธันวาคม 2558


เรื่องเต็ม
full paper
การประชุมวิชาการระดับชาติ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
The 12th National Conference
8 - 9 ธันวาคม 2558
ครั้งที่
12
ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์กำแพงแสน
ผลงานทางวิชาการ 8 สาขา
• ส่งเสริมการเกษตร
• สัตว์และสัตวแพทย์
• วิศวกรรมศาสตร์
• วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพ
• พืชและเทคโนโลยีชีวภาพ
• ศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์
• วิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา
• มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
ไทย

สาขาศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์

สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและการกีฬา

สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 12

การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยของเล่นพื้นบ้านอัจฉริยะ ตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

Learning Skill Development of Smart Folk Toy based on STEM Education.

สราวุฒิ เชาวสกู[1] เที่ยง เหมียดไธสง[1] ศิวาพร เหมียดไธสง[2]

Sarawut Chaowaskoo[1]Thiang Meadthaisong[1] Siwaporn Meadthaisong[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างและทดสอบของเล่นพื้นบ้านอัจฉริยะด้วยตนเองตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา 2) เพื่อศึกษาการเรียนรู้ของนักศึกษากับของเล่นพื้นบ้านอัจฉริยะที่สร้างขึ้นตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษาวิธีการดำเนินการวิจัย ทำการออกแบบและสร้างคนตำครกกระเดื่องด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ และนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 15 คน เป็นนักศึกษาคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี โดยทดสอบการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จัดให้นักศึกษาทำการสร้างคนตำครกกระเดื่องจากอุปกรณ์ชิ้นส่วนที่เตรียมให้ การประเมินได้ทดสอบจากการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลการศึกษา พบว่า การออกแบบระบบคนตำครกกระเดื่องซึ่งเป็นของเล่นโบราณ ระบบประกอบด้วย อินพุต ได้แก่เซ็นเซอร์ วัดแรงกด โปรเซส ได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเอ้าต์พุท ได้แก่ จอแสดงผลแอลอีดี สำหรับการศึกษาตามแนวทางการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ข้อมูลจากการสังเกตและสัมภาษณ์ และภาพถ่าย พบว่า นักศึกษาสามารถเรียนรู้ หลักการทางด้านวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับเรื่องของแรง โมเมนต์ เข้าใจกระบวนการทางด้านวิศวกรรม และเทคโนโลยี สามารถใช้คณิตศาสตร์ในการออกแบบและคำนวณ อุปกรณ์และชิ้นส่วนของครกกระเดื่องได้

คำสำคัญ : โปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ , อาดูอิโน , ไมโครคอนโทรลเลอร์, สะเต็มศึกษา

Abstract

The objectives of this research were: 1) to construct their own smart folk toys based on STEM education 2) to study smart folk toys based on STEM education. The research method design and build klockkraduang with a 3D printer and applied to the study group of 15 students of the technology industry, Phetchaburi Rajabhat University. The test-based learning approach STEM education: the students construct klockkraduang from components of the preparation. The assessment test guidelines STEM from

[1] โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Email: goodwut@hotmail.com ,thiangone@hotmail.com Computer Electronics Technology program Phetchabur iRajabhat University.

[2] โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Email: siwa.m@hotmail.com Computer Science program Phetchaburi Rajabhat University.