การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์

Ebulliometric Determination of Alcohol Content in Wine

นาย เขมวัฒน์ วิเชียรวัชระ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์

Ebulliometric Determination of Alcohol Content in Wine

นาย เขมวัฒน์ วิเชียรวัชระ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EBULLIOMETRIC DETERMINATION OF ALCOHOL CONTENT IN WINE

MR.KHEMMAWAT WICHIENWATCHARA

THE THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์

โดย นายเขมวัฒน์ วิเชียรวัชระ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สมัคร รักแม่

ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

..... หัวหน้าภาควิชา
(ผศ.ดร.เจษฎา ชัยโฉม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ. สมัคร รักแม่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาไวน์เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่ทำมาจากการหมักด้วยผลไม้ ยีสต์จะกินน้ำตาลในผลไม้และแปรเปลี่ยนเป็นเอทานอล ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการหมักในการนำผลไม้มาแปรรูปเป็นไวน์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาจะเป็นน้ำหมักไวน์ วิธีการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วยวิธีการใช้เครื่อง Ebulliometer และเพื่อสร้างด้วย ESP32 ใช้โปรแกรม Arduino IDE อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจะทำงานด้วยระบบการวัดแบบปิด ESP32 ทำหน้าที่ตรวจจับปริมาณแอลกอฮอล์มีเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (DS18B20) ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิจุดเดือดไวน์ เซ็นเซอร์วัดความดัน (BMP280) เซ็นเซอร์อุณหภูมิห้อง (DHT22) โดยการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์และส่งไปยัง ESP32 ที่บันทึกโค้ดไว้ประมวลผลและแสดงผลหน้าจอคอมพิวเตอร์และจอ LCD

คำสำคัญ : ไวน์ Ebulliometer Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

The purpose of this research is to study wine as an alcoholic beverage made from fruit fermentation. The yeast feeds on the sugars in the fruit and converts them into ethanol. The reaction involved in fermentation in the processing of fruit into wine. The resulting product will be a fermented wine. How to measure the alcohol content in wine using an ebulliometer. And to create with ESP32 using the Arduino IDE program, the created device will work with a closed measuring system ESP32. serves to detect the amount of alcohol with a temperature sensor (DS18B20) acting as a wine boiling point temperature sensor Pressure sensor (BMP280), room temperature sensor (DHT22), by reading the value from the sensor and sending it to the ESP32 that saved the code, processed and displayed on the computer screen and LCD display.

Keywords: Wine Ebulliometer Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์“การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์”จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก ผศ.สมัคร รักแม่อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแนวทางการแก้ไขปัญหาเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าวิจัยให้ปริญญานิพนธ์นี้ สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงสนับสนุนสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ระหว่างการจัดทำโครงงาน

ขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านเป็นอย่างสูงที่คอยช่วยเหลือให้ความรู้เพิ่มเติมและขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนที่เป็นกำลังใจสำคัญให้แก่ผู้จัดทำให้สามารถทำงานลุล่วงไปได้ด้วยดี

เขมวัฒน์ วิเชียรวัชระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ปกในภาษาไทย	I
ปกในภาษาอังกฤษ	II
หน้าอนุมัติ	III
บทคัดย่อ	IV
กิตติกรรมประกาศ	VI
สารบัญ	VII
สารบัญรูป	XI
สารบัญตาราง	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	4
2.1 ไวน์	4
2.1.1 ลักษณะของไวน์	4
2.1.2 ไวน์ทุเรียน	5
2.1.2.1 ทุเรียน	6
2.2 การสร้างแอลกอฮอล์ในไวน์	7
2.2.1 การผลิตไวน์	7
2.2.1.1 กระบวนการผลิตไวน์	7
2.2.1.2 การเตรียมน้ำผลไม้	7
2.2.1.3 การเตรียมหัวเชื้อ	7
2.2.1.4 การหมักไวน์	7
2.2.1.5 การเกิดตกตะกอน	7
2.2.1.6 การเกิดแอลกอฮอล์	8
2.2.1.7 การทำให้ใส การฆ่าเชื้อ และ บรรจุ	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างแอลกอฮอล์ในไวน์	8
2.2.2.1 อุณหภูมิ	8
2.2.2.2 ความชื้น	9
2.2.2.3 แสงแดด	9
2.2.2.4 การสั่นสะเทือน	9
2.2.2.5 กลิ่น	9
2.3 การควบคุมคุณภาพ	9
2.3.1 การตรวจสอบความดัน	9
2.3.2 การตรวจสอบค่าอุณหภูมิ	9
2.3.3 การตรวจสอบความเข้มข้น	10
2.3.4 การตรวจสอบค่าแอลกอฮอล์	10
2.4 หลักการวัดแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วย Ebulliometer	10
2.5 ส่วนประกอบของ Ebulliometer	11
2.5.1 ตะเกียงแอลกอฮอล์ Lamp alcohol	11
2.5.2 หม้อต้ม Ebulliometer Boiler	11
2.5.3 เทอร์โมมิเตอร์ Ebulliometer Thermometer	11
2.5.4 คอนเดนเซอร์ Condenser	11
2.5.5 กระบอกวัด Measuring cylinder	11
2.5.6 สเกลเลื่อน Sliding scale	11
2.5.7 ก๊อกน้ำ An outlet tap	11
2.5.8 หลอด EAU-VIN	11
2.6 โปรแกรม Arduino IDE	12
2.6.1 เขียนโปรแกรม Arduino IDE	13
2.6.2 ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในโปรแกรม Arduino IDE	13
2.7 ประเภทของบอร์ด Arduino ESP32 ที่ใช้ในการวัดแอลกอฮอล์ในไวน์	15
2.7.1 โครงสร้างการวัดแอลกอฮอล์ในไวน์ของ Arduino ESP32	15
2.8 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	16
2.8.1 บอร์ด Arduino ESP32	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.8.2 เซ็นเซอร์ DS18B20	16
2.8.3 เซ็นเซอร์ DHT22	17
2.8.4 สาย USB	18
2.8.5 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความกดอากาศ BMP280	18
2.8.6 สายไฟจัมเปอร์	19
2.8.7 จอ LCD 1602	20
2.9 ตัวแปรที่วัดค่าปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์	20
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
2.10.1 การสร้างเครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์วัดปริมาณแอลกอฮอล์	21
2.10.2งานวิจัยและพัฒนาไวน์จากวัตถุดิบต่าง ๆ ในประเทศไทย	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	23
3.1 อุปกรณ์การทดลอง	23
3.2 วิธีการทดลอง	24
3.2.1 การวัดค่าแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วยเครื่อง Ebulliometer	24
3.2.2 วิธีการสร้างบอร์ด Arduino ESP32 กับเซ็นเซอร์เพื่อวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์	25
3.2.3 ลำดับการทำงานของอุปกรณ์ Arduino ESP32	26
3.2.4 ลำดับการทำงานอ่านค่าของ Arduino ESP32	27
3.2.5 การวัดค่าแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วย Arduino ESP32	28
3.3 บันทึกผลการทดลอง	29
3.4 สอบเทียบผลการทดลอง Ebulliometer กับ Arduino ESP32	29
บทที่ 4 ผลการทดลอง	30
4.1 ค่าผลการทดลองที่ได้จาก Ebulliometer	30
4.2 ค่าผลการทดลองที่ได้จาก Arduino ESP32	32
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	34
5.1 สรุปผลทดลองการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วย Ebulliometer และ Arduino ESP32	34
5.2 การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์แบบทั้ง Ebulliometer และ Arduino ESP32	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.3สอบเทียบการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ระหว่าง Ebulliometer กับ Arduino ESP32	35
5.3.1หาความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิจุดเดือดที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32	35
5.3.2หาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิจุดเดือดที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32	35
5.3.3 หาความคลาดเคลื่อนของ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32	36
5.3.4 หาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer กับ ESP32	36
5.4 ข้อเสนอแนะ	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก ก. การใช้งานโปรแกรม Arduino IDE	41
ภาคผนวก ข. โค้ด Arduino IDE	46
ภาคผนวก ค. ที่มาของสูตรคำนวณเซ็นเซอร์ในโค้ด Arduino IDE บันทึกใน Arduino ESP32	51
ภาคผนวก ง. วิธีการวัด Ebulliometer	53
ภาคผนวก จ. ผลการทดลองหาค่า %Ethanol ในไวน์ ทั้ง Ebulliometer และ Arduino ESP32	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ไวน์แดง	4
2.2 ไวน์ขาว	5
2.3 ไวน์ผลไม้	5
2.4 ไวน์ทุเรียน	6
2.5 ทุเรียน	6
2.6 การเกิดแอลกอฮอล์	8
2.7 ส่วนประกอบของ Ebulliometer	12
2.8 แผ่นเทียบอุณหภูมิกับแอลกอฮอล์	12
2.9 Arduino	13
2.10 ภาษา C++ สำหรับ Arduino	14
2.11 บอร์ด Arduino ESP32 DOIT DEVKIT	15
2.12 บอร์ด ESP32	16
2.13 เซ็นเซอร์ DS18B20	16
2.14 เซ็นเซอร์ DHT22	17
2.15 สาย USB	18
2.16 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความกดอากาศ BMP280	18
2.17 สายไฟจัมเปอร์	19
2.18 จอ LCD 1602	20
3.1 บอร์ด Arduino ESP32 ที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์	25
3.2 แผนภาพลำดับการทำงานของอุปกรณ์ Arduino ESP32	26
3.2 แผนภาพลำดับการทำงานอ่านค่าของ Arduino ESP32	27
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %ความเข้มข้นไวน์กับจุดเดือดที่ได้ของ Ebulliometer	30
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %ความเข้มข้นไวน์กับ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer	31
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดที่ได้กับ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer	31
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %ความเข้มข้นไวน์กับจุดเดือดที่ได้ของ Arduino ESP32	32
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %ความเข้มข้นไวน์กับ %Ethanol ที่ได้ของ Arduino ESP32	33
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดที่ได้กับ %Ethanol ที่ได้ของ Arduino ESP32	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

3.1 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Arduino ESP32 กับ เซ็นเซอร์ 25

3.2 ตารางการทดลองของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32 29

4.1 ตารางแสดงผล %ความเข้มข้นไวน์ จุดเดือดที่ได้กับ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer 30

4.2 ตารางแสดงผล %ความเข้มข้นไวน์ จุดเดือดที่ได้กับ %Ethanol ที่ได้ของ Arduino ESP32 32

5.1 ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิจุดเดือดที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32 35

5.2 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิจุดเดือดที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32 35

5.3 ความคลาดเคลื่อนของ %Ethanol ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32 36

5.4 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของ %Ethanol ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมื่อความต้องการบริโภคไวน์เพิ่มมากขึ้น ธุรกิจไวน์จึงเป็นส่วนสำคัญในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ในปัจจุบันธุรกิจอาหารในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะมีการตรวจสอบคุณภาพที่เป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ไวน์ กระบวนการผลิตส่วนใหญ่จะใช้เครื่องมือที่ทันสมัยและระบบอัตโนมัติในการควบคุม และการตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ การควบคุมคุณภาพทำให้สามารถกำหนดราคาขายได้ เมื่อนำกระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เปรียบเทียบกับการผลิตระดับครัวเรือนจะมีความแตกต่างอย่างชัดเจนในหลายๆ ด้าน เช่น ค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้งาน ความเชี่ยวชาญของบุคลากรในการดำเนินงาน เนื่องจากการผลิตอาหารระดับครัวเรือนเป็นการผลิตเพื่อบริโภคเองเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามการผลิตระดับครัวเรือนเป็นทางเลือกที่สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ และมีความหลากหลายของชนิดอาหารที่ผลิตได้ กรณีตัวอย่าง เช่น การผลิตไวน์เพื่อบริโภคเองหรือจำหน่ายในร้านอาหาร

ทุเรียน เป็นไม้ผลในวงศ์ฝ้าย (*Malvaceae*) ในสกุลทุเรียน (*Durio*) เป็นราชาของผลไม้ ผลทุเรียนมีขนาดใหญ่และมีหนามแข็งปกคลุมทั่วเปลือก อาจมีขนาดยาวถึง 30 ซม. และอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาวถึง 15 ซม. โดยทั่วไปมีน้ำหนัก 1-3 กิโลกรัม ผลมีรูปรีถึงกลม เปลือกมีสีเขียวถึงน้ำตาล เนื้อในมีสีเหลืองซีดถึงแดง สปีชีส์แตกต่างกัน พบในประเทศไทย 5 ชนิดคือ ทุเรียนรากขา *(D. graveolens*), ทุเรียนนก (*D. griffithii*), ชาเรียน (*D. lowianus*), ทุเรียนป่า (*D. mansoni*) และ ทุเรียน (*D. zibethinus*) มีชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ อีกคือ "ดือแย" (มลายูใต้), "เรียน" (ใต้), "มะทุเรียน" (เหนือ) ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งเป็นส่วนผสมของสารระเหยที่ประกอบไปด้วยเอสเทอร์ คีโตน และสารประกอบกำมะถัน ซึ่งกระบวนการหมักไวน์ทุเรียนทำให้สารระเหยและสารประกอบนี้ลดลงจนหายไป

ไวน์ (wine) เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (alcoholic beverage) ที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางทั่วโลก โดยได้จากการนำน้ำผลไม้มาหมักด้วยเชื้อยีสต์ ซึ่งจะเปลี่ยนน้ำตาลในผลไม้ไปเป็นแอลกอฮอล์กลิ่นและรสชาติของไวน์ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำผลไม้ที่ใช้หมัก โดยรสหวานมาจากน้ำตาลที่เหลือจากการหมัก รสเปรี้ยวมาจากกรดทาร์ทาริก (tartaric acid) กรดมาลิก (malic acid) และกรดแลกติก (lactic acid) รสขมและฝาดมาจากสารประกอบพวกฟีนอลิค (phenolic compounds) แอนโทไซยานิน(anthocyanin) และแทนนิน (tannin) ในเปลือกและเมล็ดของผลไม้มีผลการวิจัย รายงานว่า การดื่มไวน์ในปริมาณที่พอเหมาะ คือ 250-300 มิลลิลิตรต่อวัน ช่วยเพิ่มความดันโลหิต ช่วยลดอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ โรคมะเร็ง และโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมถึงช่วยลดน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานเนื่องจากในไวน์ประกอบด้วยสาร ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) เช่น quercetin anthocyanin flavonols flavones catechins และ flavanones ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มโพลีฟีนอลที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะในไวน์แดง ซึ่งจะพบสารฟลาโวนอยด์ประมาณ 1-2 กรัม/ลิตร ในขณะที่ไวน์ขาวจะพบประมาณ 0.2กรัม/ลิตร นอกจากนี้ในไวน์ยังมีสารฮิสตามิน (Histamine) ซึ่งเป็นสารที่ช่วยให้ร่างกายไม่เครียดหรือเป็นไมเกรน สำหรับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ในไวน์ (7-15%) ในประเทศไทย ความนิยมในการดื่มไวน์มีเพิ่มมากขึ้น ท้าให้มีการน้าเข้าไวน์จากต่างประเทศมูลค่าหลายร้อยล้านบาทต่อปี ในขณะที่ประเทศไทยมีศักยภาพที่จะผลิตไวน์ได้เอง เนื่องจากไวน์สามารถผลิตได้จากการหมักน้ำผลไม้เกือบทุกชนิด

Ebulliometer เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดที่ออกแบบมาเพื่อวัดค่าจุดเดือดของของเหลวประเภทต่างๆ การใช้งานร่วมกันของอุปกรณ์นี้อยู่ในอุตสาหกรรมไวน์เป็นวิธีการแยกองค์ประกอบต่าง ๆ เป็นก๊าซและการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ของเหล้าองุ่นที่เฉพาะเจาะจงหรือชุดของไวน์แอลกอฮอล์เดือดที่อุณหภูมิต่ำกว่าน้ำและด้วยการวัดจุดเดือดของไวน์หรือของเหลวอื่น ๆ โรงบ่มไวน์หลายแห่งถูกนำมาใช้เพื่อรักษาระดับแอลกอฮอล์ที่สอด คล้องกันในไวน์ทุกชนิดที่ผลิตจุดของการวัดที่ถูกตรวจสอบด้วยการใช้ Ebulliometer ของ Swietoslawski อาศัยวิธีการไอโซบาริค Ebulliometer รูปแบบนี้ประกอบด้วยหม้อไอน้ำปั๊ม Cotterell คอนเดนเซอร์และเทอร์โมเวลล์ การวัดที่ได้จาก Isobaric Ebulliometer ประเภทนี้ถือว่ามีความแม่นยำมาก Isobaric Ebulliometer ให้การวัดปัจจัยเช่นอุณหภูมิที่แน่นอนที่จำเป็นในการไปถึงจุดเดือด, ความบริสุทธิ์ของตัวทำละลายภายในคุณสมบัติของตัวอย่างและน้ำหนักโมเลกุลของสาร การใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิความต้านทาน (RTD) ช่วยสร้างการอ่านที่ถูกต้องเกี่ยวกับความสมดุลของไอน้ำและของเหลวของไวน์ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้วิธีการ Isobaric เป็นวิธีการอ่านที่แม่นยำที่สุดด้วยอุปกรณ์ประเภทนี้

โครงงานวิจัยนี้จึงทำขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากไวน์ด้วยวิธีการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ไวน์ ศึกษาวิธีการใช้งานของเครื่อง Ebulliometer ต้มไวน์ให้จุดเดือดคงที่ และนำอุณหภูมิจุดเดือดของค่าที่วัดได้มาเทียบหาค่าปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ได้ และสร้างเครื่อง Ebulliometer ด้วยระบบ Arduino ESP32 เพื่อศึกษาตัวแปรของความดัน ตัวแปรของอุณหภูมิจุดเดือดน้ำ ตัวแปรของอุณหภูมิจุดเดือดของไวน์ ตัวแปรผลต่างอุณหภูมิระหว่างน้ำกับไวน์ ตัวแปรอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นน้ำกับไวน์ ทำสูตรสมการจากตัวแปรเหล่านั้นเพื่อหาค่าปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ บันทึกข้อมูลที่วัดค่าได้จากทั้ง 2 แบบ สร้างกราฟแนวโน้มอัตราส่วนความเข้มข้นของไวน์ ระหว่างจุดเดือดที่ได้ กับ %Ethanol เพื่อสะดวกสบายในการใช้งานรู้ปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ได้อย่างแม่นยำ รายงานฉบับนี้ได้ทำการเปรียบเทียบการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วย Ebulliometer กับ การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์จากการสร้างเครื่อง Ebulliometer ด้วยระบบ Arduino ESP32 โดยกำหนดตัวแปรเทียบคือปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ กับจุดเดือดของไวน์ เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับงานในอุตสาหกรรมไวน์ได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาระบบการทำงานของ Ebulliometer
2) เพื่อสร้างเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วย Arduino ESP32

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1) วัตถุดิบที่ใช้คือ ไวน์ทุเรียน อุปกรณ์ที่ใช้ เครื่องEbulliometer
2) ตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วย แอลกอฮอล์ในไวน์
3) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถรู้วิธีตรวจสอบปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วยวิธีการใช้เครื่อง Ebulliometer
2) ได้เครื่องวัดแอลกอฮอล์ในไวน์ Arduino ESP32 ที่ต่อยอดนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ไวน์

เครื่องดื่มแอลกอฮอล์(Alcoholic Beverage) ที่ได้จากการหมักไวน์ที่สกัดจากน้ำผลไม้อื่นๆ ด้วยยีสต์ *Saccharomyces Cerevisiae* โดยยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลในน้ำผลไม้ให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไวน์เป็นเครื่องดื่มหมักจากผลองุ่นที่มีสารประกอบให้ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และความรู้สึกจากการดื่ม (mounth-feel) ที่มีความซับซ้อนซึ่งในไวน์จะประกอบไปด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ น้ำตาล คาร์โบไฮเดรต โพลีฟีนอล (polyphenol) อัลดีไฮด์(aldehyde) เอนไซม์ (enzyme) สารให้สี (pigment) วิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ไม่น้อยกว่า15-20 ชนิด นอกจากนี้ยังมีกรดอินทรีย์มากกว่า 22 ชนิด รวมทั้งสารอื่นที่ไม่ได้จำแนกไว้อีกด้วย กระบวนการทำไวน์โดยทั่วไป กรรมวิธีการผลิตไวน์เริ่มตั้งแต่คัดเลือกวัตถุดิบแล้วนำมาทำการเติมสารพวกซัลไฟท์(sulfite) เช่น โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์(potassium metabisulfite) เพื่อฆ่าการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ เช่น แบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติกและยีสต์ธรรมชาติ(wild yeast)ทำการหมักและบ่มจนทำให้ได้ไวน์ใสเกิดรสชาติ กลิ่น

2.1.1 ลักษณะของไวน์

ไวน์สามารถจำแนกตามลักษณะของไวน์ได้หลายประเภท เช่น การแบ่งตามลักษณะของสีของไวน์ โดยสามารถ แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ ไวน์แดง (red wine) และไวน์ขาว(white wine) สำหรับไวน์แดงจะนำองุ่นแดงทั้งเนื้อ เปลือก เมล็ด มาทำการบดให้แตกเพื่อสกัดสีกับสารแทนนินในเปลือกของผลองุ่นให้ออกมาให้มากที่สุด เนื่องจากสารประกอบแทนนินยิ่งมีมากจะทำให้รสและกลิ่นของไวน์มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น แต่หากมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ไวน์ไม่มีความสมดุล สำหรับการทำไวน์ขาวจะแตกต่างจากไวน์แดงที่จะนำองุ่นมาทำการบีบหรือกดให้เปลือกของผลองุ่นปริแตกเท่านั้นแล้วนำส่วนของน้ำองุ่นมาใช้ในการหมัก

ไวน์ผลไม้ หมายถึง สุราแช่ชนิดหนึ่ง ซึ่งทำจากการนำวัตถุดิบจำพวกผลไม้หรือน้ำผลไม้มาผ่านกรรมวิธีการผลิตไวน์ผลไม้ มีแอลกอฮอล์ไม่เกิน15 ดีกรี/ร้อยละโดยปริมาตร

รูปที่ 2.1 ไวน์แดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 ไวน์ขาว

รูปที่ 2.3 ไวน์ผลไม้

2.1.2 ไวน์ทุเรียน

ไวน์ทุเรียนเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ประเภทหนึ่งที่ทำจากผลของต้นทุเรียน มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งทุเรียนเป็นผลไม้ยอดนิยม ไวน์ทุเรียนผลิตขึ้นโดยการหมักเนื้อและเยื่อของผลไม้กับยีสต์ โดยปกติแล้วจะมีรสหวานและมีกลิ่นหอมแรงและฉุน ไวน์ทุเรียนบางชนิดบ่มในถังไม้โอ๊ค ซึ่งสามารถให้รสชาติของเนื้อไม้ได้

จากกลุ่มวิจัยไวน์ของมหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ (NUS) เนื้อทุเรียนเจือด้วยแบคทีเรียและยีสต์ ซึ่งส่วนใหญ่คือแลคโตบาซิลลัส หยูหยุนแนะนำกระบวนการโดยการควบคุมยีสต์ที่เขาต้องการจะเติบโตและยีสต์ที่จะไม่เติบโต

ไวน์ทุเรียนคือไวน์ขาวของหยูหยุน เมื่อดื่มร่วมกับทุเรียน สารประกอบกำมะถันในผลไม้จะถูกสงสัยว่าทำให้ไม่สบายและเสียชีวิตได้ สารประกอบกำมะถันในไวน์ทุเรียนเกือบจะหายไปในระหว่างกระบวนการหมักปัจจุบันผลิตได้มากกว่า 6 ลิตรต่อชั่วโมงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งห่างไกลจากที่ผู้ผลิตเชิงพาณิชย์จะทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 ทุเรียน

ทุเรียน (Durian) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Durio zibethinus เป็นผลไม้เขตร้อนที่มีต้นกำเนิดอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เจริญเติบโตได้ดีในสภาวะอากาศร้อนชื้นในเขตเส้นศูนย์สูตร เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าสูงและเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคของคนเอเชียจนได้รับการขนานนามว่า เป็นราชาแห่งผลไม้ (King of the fruit)” เนื่องจากมีกลิ่นและรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์นิยมปลูกกันมากในประเทศไทย โดยประเทศไทยเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก (ปี 2546-2552) เฉลี่ยปี ละ 700,129 ตัน ทุเรียนเป็นผลไม้ส่งออกมูลค่าสูงประเภทหนึ่งทั้งในรูปของทุเรียนสดแช่เย็นและผลิตภัณฑ์แปรรูปต่างที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ทุเรียนเป็นไม้ผลในวงศ์ฝ้าย (Malvaceae) ในสกุลทุเรียน (Durio) เป็นราชาของผลไม้ ผลทุเรียนมีขนาดใหญ่และมีหนามแข็งปกคลุมทั่วเปลือก อาจมีขนาดยาวถึง 30 ซม. และอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาวถึง 15 ซม. โดยทั่วไปมีน้ำหนัก 1-3 กิโลกรัม ผลมีรูปรีถึงกลม เปลือกมีสีเขียวถึงน้ำตาล เนื้อในมีสีเหลืองซีดถึงแดง สปีชีส์แตกต่างกัน พบในประเทศไทย 5 ชนิดคือ ทุเรียนรากขา (D. graveolens), ทุเรียนนก (D. griffithii), ชาเรียน (D. lowianus), ทุเรียนป่า (D. mansoni) และ ทุเรียน (D. zibethinus) "ดือแย" (มลายู ใต้), "เรียน" (ใต้), "มะทุเรียน" (เหนือ)

รูปที่ 2.4 ไวน์ทุเรียน

รูปที่ 2.5 ทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การสร้างแอลกอฮอล์ในไวน์

2.2.1การผลิตไวน์

2.2.1.1กระบวนการผลิตไวน์

กรรมวิธีการผลิตไวน์ผลไม้ หมายถึง การหมักผลไม้และน้ำผลไม้ด้วยยีสต์เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งหมักไว้ระยะหนึ่งจะเป็นสุราแช่ หากมีการบ่มหมักต่ออีกระยะหนึ่งจะให้รสชาติที่นุ่มละมุนในการผลิต อาจมีการเติมน้ำตาลทรายขาวเพื่อเพิ่มความหวานให้เหมาะกับการหมักสุราแช่ เพื่อให้ได้แรงแอลกอฮอล์ตามต้องการ

2.2.1.2 การเตรียมน้ำผลไม้

นำผลไม้ที่ต้องการผลิตมาทำความสะอาด ปอกเปลือก (ผลไม้บางชนิดเช่น องุ่น ลูกหว้า อาจไม่ต้องปอกเปลือก) หั่นเป็นชิ้นเล็กคั้นน้ำและกรองด้วยผ้าขาวบางผสมน้ำ 2-3 เท่าหรือให้พอเหมาะ ทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.5-4.5 หรือ ปริมาณกรดท้งัหมด 0.4-0.6% ด้วย 0.1 Nitric acid และความหวาน 20-22 องศาบริกซ์ด้วยน้ำตาล

ทำการฆ่าเชื้อด้วยการต้ม ที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และทำให้เย็นลงทันที หรือการเติม KMS 150 ppm ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย3 ชั่วโมง เพื่อให้การฆ่าเชื้อสมบูรณ์

2.2.1.3 การเตรียมหัวเชื้อ

แบ่งน้ำผลไม้ที่ผ่านการต้มฆ่าเชื้อ ปริมาณ 5 % ของน้ำผลไม้มาใส่ลงฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตรเขี่ยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* ที่เตรียมไว้ลงในน้ำ ผลไม้ทำการบ่มเป็นระยะเวลา 1 วัน ในเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (สังเกตลักษณะหัวเชื้อที่ได้ควรมีลกัษณะเป็นฟองของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น และถ้าเขย่าจะเกิดฟองเพิ่มขึ้นแสดงว่า หัวเชื้อใช้ได้แล้ว

2.2.1.4 การหมักไวน์

ขั้นตอนการเกิดแอลกอฮอล์จะอยู่ในกระบวนการผลิตไวน์ช่วงการเติมยีสต์แล้วนำไปหมักซึ่งยีสต์จะทำปฏิกริยาในถังหมักเปลี่ยนสารอาหารเป็นแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณที่ขึ้นอยู่กับคุณภาพส่วนผสมที่เติมลงไปในขั้นตอนการต้มไวน์และความหวาน

2.2.1.5 การตกตะกอน

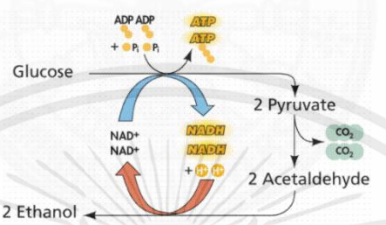
หลังจากที่การหมักของไวน์ได้ครบกระบวนการ แยกกากและน้ำไวน์ที่หมักได้นี้ส่งไปยังถังหรือภาชนะเพื่อรอการตกตะกอน ตะกอนที่ตกลงอยู่ก้นภาชนะ จะมาจากเชื้อยีสต์ที่ตายไปผงตะกอนที่มาจากชิ้นส่วนและกากของทุเรียน ซึ่งกรรมวิธีนี้น้ำไวน์จะถูกส่งไปยังถังแล้วถังเล่าจนน้ำไวน์มีความใสสะอาด เดี๋ยวนี้ภาคอุตสาหกรรมเลยใช้วิธีกรองเพื่อประหยัดเวลาโดยผ่านเครื่องกรอง (Filter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.6 การเกิดแอลกอฮอล์

กระบวนการหมักแอลกอฮอล์ (alcohol fermentation) ยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสหรือน้ำตาลฟรุกโตสให้เป็นแอลกอฮอล์ และมีผลพลอยได้เป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการด้านล่าง ตามทฤษฎีแล้วจะได้แอลกอฮอล์ประมาณ 50 % จากปริมาณน้ำตาลที่ใช้ทั้งหมด แต่ในทางปฏิบัติอาจจะไม่ถึงเกณฑ์เพราะจะเกิดสารชนิดอื่นจำพวก กลิ่น รสชาติสีและอื่นๆ อีกหลายชนิด

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_5OH + 2CO_2$$



รูปที่ 2.6 การเกิดแอลกอฮอล์

2.2.1.7 การทำให้ใส การฆ่าเชื้อและ บรรจุ

ทำให้ไวน์ใสด้วยวิธีการลักน้ำ โดยดูดส่วนใสออกมาใส่อีกขวด จากนั้นทำการฆ่าเชื้อด้วยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ซึ่งวิธีการนี้อาจส่งผลให้แอลกอฮอล์ลดลงได้ดังนั้น อาจใช้วิธีเติม KMS60-80 ppm ลงในไวน์แทนได้จากนั้นทำการบรรจุขวดต่อไป

2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างแอลกอฮอล์ในไวน์

2.2.2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการเก็บรักษาไวน์ ไม่ควรเก็บในที่เย็นเกินไป ที่สำคัญไม่ควรร้อนเกิน 25 องศา เพราะจะทำให้คุณภาพของไวน์ลดลง ทั้งกลิ่นและรสชาติ ไปจนถึงทำให้ไวน์เสียไวขึ้น ซึ่งไวน์แต่ละประเภทจะมีการเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ต่างกัน โดยทั่วไปแล้วไวน์แดง (Red Wine)มักเก็บในอุณหภูมิ 15–18 องศา ส่วนไวน์ขาว (White Wine) เก็บในอุณหภูมิ 6–12 องศา นอกจากการเก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสมแล้ว การเก็บในอุณหภูมิที่คงที่ก็เป็นสิ่งที่สำคัญเช่นกัน สำหรับประเทศที่มีอากาศร้อนอย่างเมืองไทยนั้น การเก็บไวน์ไว้ที่อุณหภูมิห้องอาจจะไม่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 ความชื้น

ความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บไวน์ ควรอยู่ที่ประมาณ 50 – 70 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากความชื้นนี้จะส่งผลโดยตรงต่อความยืดหยุ่นของจุกคอร์ก (Cork) หากเก็บไวน์ไว้ในความชื้นที่เหมาะสม จะทำให้จุกคอร์กนั้นขยายตัวภายในคอขวด เพื่อปิดไม่ให้ไวน์ระเหยออกมา ถ้าหากความชื้นน้อยเกินไปจะทำให้จุกคอร์กแห้ง หดตัว ไปจนถึงมีผงของจุกคอร์กร่วงไปผสมกับไวน์ภายในขวดได้ ส่งผลให้อากาศไปสัมผัสกับไวน์ในปริมาณที่มากจนเกินไป จนทำให้เกิดการออกซิเดชัน (Oxidation) ทำให้ไวน์มีรสชาติที่เปลี่ยนไป หรือเสียไวขึ้น และถ้าหากเก็บไวน์ในที่ชื้นจนเกินไปจะส่งผลกระทบต่อฉลากไวน์แสนโปรของคุณ ให้เปื่อยยุ่ยจนเกิดความเสียหาย หรือไม่อยู่ในสภาพสมบูรณ์

2.2.2.3 แสงแดด

ควรเก็บไวน์ให้พ้นจากแสงแดด เพราะแสงสว่างที่มากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อรสชาติไวน์ให้ผิดเพี้ยนไปจากเดิม ดังนั้นเราจะสังเกตุได้ว่าไวน์มักจะบรรจุอยู่ในขวดที่มีสีเข้ม แต่การที่ไวน์ถูกบรรจุอยู่ในขวดที่มีสีเข้มนั้นอาจจะไม่เพียงพอ ดังนั้นเราควรเก็บไวน์ไว้ในที่ ๆ ไม่มีแสงแดด เช่นห้องเก็บไวน์ หรือในตู้แช่ไวน์ที่มีการป้องกันแสง UV

2.2.2.4 การสั่นสะเทือน

ไวน์ไม่ชอบแรงสั่นสะเทือน เพราะไวน์เสียรสชาติได้ ดังนั้นควรเก็บไวน์ไว้ในที่นิ่งให้ได้มากที่สุด สำหรับไวน์ที่ปิดขวดด้วยจุกคอร์กควรวางไว้ในแนวนอน หรือแนวตั้งสำหรับไวน์ที่ปิดขวดด้วยฝาเกลียว

2.2.2.5 กลิ่น

การเก็บไวน์ไว้ในที่ ๆ มีกลิ่นไม่พึงประสงค์นั้น จะทำให้มีคุณภาพไวน์ลดลง

2.3 การควบคุมคุณภาพ

การควบคุมคุณภาพของไวน์มีหลายวิธีขึ้นอยู่กับความต้องการและความเหมาะสมของเครื่องมือตรวจสอบ โดยวิธีที่นิยมใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของไวน์ ดังนี้

2.3.1 การตรวจสอบความดัน

ความดันที่วัดมาจากเซ็นเซอร์ BMP280 ในหน่วย Pa

2.3.2 การตรวจสอบค่าอุณหภูมิ

ประกอบด้วย 2 ค่า ได้แก่

1) อุณหภูมิห้องวัดมาจากเซ็นเซอร์ DHT22 ในหน่วยองศาเซลเซียส

2) อุณหภูมิของไวน์ที่เป็นของเหลววัดมาจากเซ็นเซอร์ DS18B20 ในหน่วยองศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การตรวจสอบความเข้มข้น

มาจากการตวงอัตราส่วนไวน์ต่อน้ำรวมกันได้50มิลลิลิตร

2.3.4 การตรวจสอบค่าแอลกอฮอล์

สามารถแบ่งขั้นตอนได้ 3 ขั้นตอน ได้แก่

1) หาอุณหภูมิจุดเดือดได้จากสมการ

BoilingPoint = 100√(√(P/101.325))

โดยที่ P คือ ความดันที่วัดจากเซ็นเซอร์ BMP280

2) หาผลต่างอุณหภูมิได้จากสมการ

$\triangle T = BoilingPoint - T_{wine}$

โดยที่ T_{wine} คือ อุณหภูมิของไวน์ที่วัดจากเซ็นเซอร์ DS18B20

3) หาเปอร์เซ็นต์เอทานอลในไวน์ได้จากสมการ

$Ethanol = (0.0593 \times \triangle T^2) + (0.8859 \times \triangle T)$

2.4 หลักการวัดแอลกอฮอล์ในไวน์ของ Ebulliometer

เครื่องมือวัดปริมาณแอลกอฮอล์ชนิด อีบูลลิโอมิเตอร์ (Ebulliometer) หลักการทำงานจะเป็นการให้ความร้อนกับสารละลายทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับจุดเดือดของน้ำแล้วนำเทอร์โมมิเตอร์วัดค่าอุณหภูมิเครื่องวัดนี้จะให้ความแม่นยำสูง ขั้นตอนการทำงานของเครื่องอีบูลิโอมิเตอร์เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายที่มีแอลกอฮอล์อยู่ภายในเพื่อเปรียบเทียบกับน้ำเปล่า จะทำให้จุดเดือดลดลง เมื่อวัดจุดเดือดของสารละลายทดสอบชนิดนั้นแล้วทำการอ่านค่าอุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์และนำค่าที่ได้ไปเทียบผลในตารางเปรียบเทียบจะสามารถหาร้อยละแอลกอฮอล์ในสารละลายทดสอบชนิดนั้นได้การใช้งานEbulliometerเริ่มจากการตรวจสอบความสะอาดของอุปกรณ์ เนื่องจากสิ่งเหล่านี้จะส่งผลให้การทำงานของเครื่องมือผิดพลาดได้ จากนั้นเติมน้ำเปล่าลงไปในหลอดด้านบนให้ระดับน้ำอยู่ห่างจากรูระบายอากาศ 1 เซนติเมตร แล้วนำไปประกอบเข้ากับฐานทรงกระบอก จากนั้นเติมสารละลายที่ต้องการทดสอบปริมาณ 30-50 มิลลิลิตร ลงไปในฐานทรงกระบอกและนำเทอร์โมมิเตอร์ปิดรูให้สนิท จากนั้นทำการจุดตะเกียงไฟและนำไปตั้งไว้ที่จุดให้ความร้อน จากนั้นรอ 3-5 นาที เพื่ออ่านค่าที่เทอร์โมมิเตอร์แล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตารางมาตรฐาน หลังจากการใช้งานเครื่องมือเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ทำความสะอาดและรอให้แห้งก่อนที่จะนำไปใช้ทดลองอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ส่วนประกอบของ Ebulliometer

2.5.1 ตะเกียงแอลกอฮอล์ Lamp alcohol

เป็นตะเกียงที่ใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้ได้เปลวเพลิงเพื่อให้ได้เปลวไฟ ใช้ประโยชน์เช่นเดียวกับตะเกียงก๊าซในกรณีที่ห้องปฏิบัติการนั้นไม่มีก๊าซเปลวไฟจากตะเกียงแอลกอฮอล์ร้อนน้อยกว่าตะเกียงก๊าซใช้เวลานานในการเผาเพื่อปรอดเชื้อ

2.5.2 หม้อต้ม Ebulliometer Boiler

เป็นหม้อต้มที่เติมน้ำกลั่นต้มให้แอลกอฮอล์ในไวน์มีจุดเดือดคงที่ในการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์

2.5.3 เทอร์โมมิเตอร์ Ebulliometer Thermometer

เป็นเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ น้ำ น้ำกลั่น แอลกอฮอล์ในไวน์

2.5.4 คอนเดนเซอร์ Condenser

เป็นส่วนที่ใช้เติมน้ำเพื่อควบแน่นไอที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อรักษาความเข้มข้นเริ่มต้นของเหลวที่กำลังทดสอบควรให้มีน้ำหล่อเย็นตลอดถ้าไม่มีทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้

2.5.5 กระบอกวัด Measuring cylinder

ใช้ตวงน้ำและแอลกอฮอล์ที่ได้กระบอกวัดเฉพาะที่ทำเครื่องหมายที่ปริมาตร 50 มล.สำหรับการวัดจุดเดือดของไวน์และยังทำเครื่องหมายที่ปริมาตร 20 มล. สำหรับการวัดจุดเดือดของน้ำที่ความดันอากาศในขณะวัด

2.5.6 สเกลเลื่อน Sliding scale

ตารางเทียบอุณหภูมิจุดเดือดของไวน์ในแต่ละความเข้นข้นที่ได้กับเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์

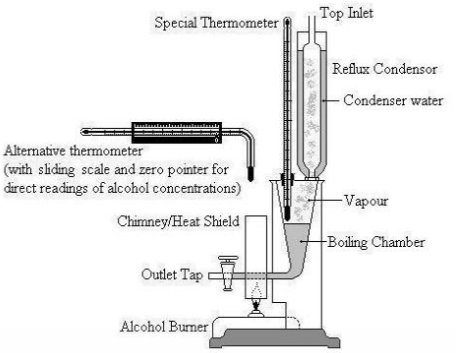
2.5.7 ก๊อกน้ำ An outlet tap

เพื่อขจัดของเหลวที่ล้างทดสอบแล้ว ระบายตัวทดลองที่ใช้แล้วออกโดยเอาน้ำไล่ผ่านก๊อกน้ำออกจนหมด

2.5.8 หลอด EAU-VIN

ใช้ตวงสารทดลองไวน์ให้ถึงขีด VIN 50 มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของ Ebulliometer

รูปที่ 2.8 แผ่นเทียบอุณหภูมิกับแอลกอฮอล์

2.6 โปรแกรม Arduino IDE

Arduino IDE เป็นโปรแกรมที่ใช้งานลักษณะ Open source ซึ่ง Arduino IDE จะทำหน้าที่ติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นระบบWindows, Mac OS X หรือ Linux กับ บอร์ด Arduino ซึ่งโปรแกรมนี้ออกแบบให้ง่ายต่อการเขียนโค้ดและอัปโหลดโปรแกรมที่เราเขียนเข้าสู่บอร์ด Arduino Arduino IDE ส่วน IDE ย่อมาจก (Integrated Development Environment) คือ ส่วนเสริมของระบบการพัฒนา หรือตัวช่วยต่าง ๆ ที่จะคอยช่วยเหลือ Developer หรือช่วยเหลือคนที่พัฒนา Application เพื่อเสริมให้เกิดความรวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ ตรวจสอบระบบที่จัดทำได้ ทำให้การพัฒนางานต่าง ๆ เร็วมากขึ้นส่วนในการเขียนโปรแกรมและคอมไพล์ลงบอร์ด โดยขนาดของโปรแกรม Arduino โดยปกติแล้วจะใหญ่กว่าโค้ด AVR ปกติเนื่องจากโค้ด AVR เป็นการเข้าถึงจากรีจิสเตอร์โดยตรง แต่โค้ด Arduino เข้าถึงผ่านฟังก์ชั่น เพื่อให้สามารถเขียนโค้ดได้ง่ายมากกว่าการเขียนโค้ดแบบ AVR หรือเวอร์ชั่นอื่นๆ ของ Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 เขียนโปรแกรม Arduino IDE

บอร์ดเหล่านี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประเภท ATMELซึ่งก็คือคอนโทรลเลอร์ที่เราสามารถบันทึกคำสั่งเพื่อให้ทำงานได้โดยไม่ต้องป้อนคำสั่งด้วยมือซ้ำแล้วซ้ำอีก ในการเขียนคำแนะนำเหล่านี้ จำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์ที่เรียกว่า Arduino IDE , Integrated Development Environment อย่างเป็นทางการที่มีทุกอย่างที่จำเป็นเพื่อให้สามารถกำหนดรูปแบบโปรแกรมที่เราสร้างขึ้นสำหรับอุปกรณ์นี้ แม้ว่า Arduino ใช้ภาษาการเขียนโปรแกรมของตัวเอง , มันคือ ตามภาษา C++ . ดังนั้นจึงแบ่งปันข้อดีหลักของภาษาการเขียนโปรแกรมนี้ นอกจากนี้ ใน IDE เวอร์ชันใหม่กว่า สามารถส่งคำแนะนำโดยตรงด้วยภาษา C++ โดยไม่ต้องแปลเป็นภาษาเพื่อตั้งโปรแกรมบอร์ดนี้ นอกจากการใช้ C++ แล้ว Arduino IDE ยังรองรับภาษาการเขียนโปรแกรมทางเลือกอื่นๆ เช่น C (ไม่มีส่วนขยาย C++) การเดินสายไฟ (แพลตฟอร์มการสร้างต้นแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ประกอบด้วยภาษาการเขียนโปรแกรม สภาพแวดล้อมการพัฒนาแบบบูรณาการ (IDE) และไมโครคอนโทรลเลอร์) รวมทั้งใน การประมวลผล (ภาษาการเขียนโปรแกรมที่ใช้ Java แต่เน้นที่บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์)

รูปที่ 2.9 Arduino

2.6.2 ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในโปรแกรม Arduino IDE

ภาษา C++ และโครงสร้างพื้นฐานของภาษา เช่น ตัวแปร ตัวดำเนินการ อาเรย์ คำสั่งควบคุม โครงสร้างข้อมูล พอยน์เตอร์และอื่นๆ นอกจากนี้เรายังจะพูดถึงการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ ซึ่งเป็นคุณสมบัติของการเขียนโปรแกรมขั้นสูงที่สนับสนุนในภาษา C++ อย่างเต็มรูปแบบ

ภาษา C++ เป็นภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมได้ทั้งแบบออบเจ็คและการเขียนแบบปกติทั่วไปและยังมีเครื่องมืออำนวยความสะดวกในการจัดการและเข้าถึงระดับหน่วยความจำ นอกจากนี้มันยังถูกนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมแบบต่างๆ มากมาย เช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ระบบฝังตัว (Embedded) เว็บเซิร์ฟเวอร์ การพัฒนาเกม และแอพพลิเคชันที่ต้องการประสิทธิภาพอย่างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษา C++ เป็นภาษาที่ถูกออกแบบมาในการเขียนโปรแกรมระบบ ซึ่งมีประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นในการออกแบบโปรแกรมสูง ภาษาC++ เป็นภาษาที่ต้องคอมไพล์ก่อนที่จะนำไปใช้งาน ซึ่งสามารถพัฒนาได้ในหลายๆ แพลตฟอร์ม ซึ่งได้รับการสนับสนุนโดยองค์กรต่างๆ ที่ประกอบไปด้วย Free Software Foundation (FSF's GCC) LLVM Microsoft Intel และ IBM

C++ นั้นถูกกำหนดให้เป็นภาษามาตรฐานโดย International Organization forStandardization (ISO) ซึ่งเวอร์ชันล่าสุดนั้นเผยแพร่ในธันวาคม 2014 คือ ISO/IEC 14882:2014 หรือที่รู้จักกันในชื่อของ C++14 โดยที่ภาษา C++ ได้เริ่มกำหนดมาตราฐานครั้งแรกในปี 1998 คือ ISO/IEC 14882:1998 ภาษา C++ ถูกพัฒนาโดย Bjarne Stroustrup ที่ Bell Labs ตั้งแต่ปี 1979 ซึ่งในตอนแรกเป็นส่วนขยายของภาษา C โดยที่เขาต้องการที่จะพัฒนาภาษาที่มีประสิทธิภาพและยืดหยุ่นเหมือนกับภาษาCและยังมีคุณสมบัติใหม่ที่สูงกว่าสำหรับพัฒนาโปรแกรม

Bjarne Stroustrup นักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ชาวเดนมาร์ก ได้สร้างภาษา C++ ขึ้นในปี 1979 โดยเขาเริ่มจาก "C with Classes" ซึ่งเป็นภาษาก่อนหน้าของภาษา C++ แรงจูงใจสำหรับการสร้างภาษาใหม่นั้นมีต้นกำเนิดมาจากประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมสำหรับงานวิจัยในการศึกษาระดับปริญญาเอกของเขาในขณะที่ Stroustrup เริ่มต้นการทำงานที่ AT&T Bell Labs เขามีปัญหาในการวิเคราะห์ UNIX kernel ซึ่งเกี่ยวกับ distributed computing จากการจดจำในประสบการณ์ปริญญาเอกของเขา Stroustrup ตั้งใจว่าจะเพิ่มความสามารถให้ภาษา C กับคุณสมบัติที่เหมือนภาษา Simula เขาเลือกภาษา C เพราะว่ามันเป็นภาษาเขียนโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป ที่ทำงานเร็ว สะดวกใช้งานง่ายและใช้กันอย่างแพร่หลาย จนกระทั่งในปี 2011 มาตฐานของ C++11 ได้ถูกเผยแพร่ โดยการเพิ่มคุณสมบัติใหม่เข้ามามากมาย รวมทั้งการเพิ่มเติมขนาดของไลบรารี่มาตรฐาน และให้ความสะดวกแก่โปรแกรมเมอร์ภาษา C++ เป็นอย่างมาก

ภาษา C++ เป็นพื้นฐานที่นำไปสู่การกำเนิดภาษาอื่นๆ และเป็นภาษาที่พัฒนามาจากภาษา C การเริ่มต้นเรียนรู้กับภาษา C++ ยังช่วยให้คุณเข้าใจและเรียนภาษาอื่นได้ง่ายขึ้น เช่น ภาษา C# ภาษา Java หรือ ภาษา PHP เป็นต้น

รูปที่ 2.10 ภาษา C++ สำหรับ Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

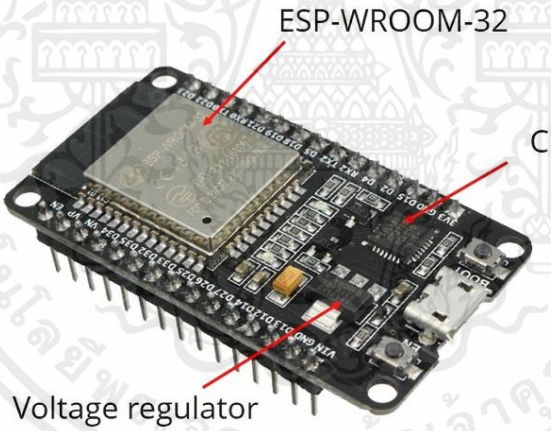
2.7 ประเภทของบอร์ด Arduino ESP32 ที่ใช้ในการวัดแอลกอฮอล์ในไวน์

ESP32 คือ wifi microcontroller ที่ถูกพัฒนาต่อจาก ESP8266 โดยเพิ่ม CPU เป็น 2 core, Wi-Fi ที่เร็วขึ้น, มีขา GPIO ให้ใช้งานมากขึ้น และรองรับ Bluetooth อีกด้วย นอกจากนี้ ESP32 ยังมาพร้อมกับ touch-sensitive pins ที่สามารถใช้ปลุก ESP32 จากโหมด deep sleep และยังมี hall effect sensor และ temperature sensor ในตัว (รุ่นล่าสุดของ ESP32 ไม่มี temperature sensor ในตัวอีกแล้ว) และแน่นอนว่าด้วยคุณสมบัติที่ดีกว่ามากจึงทำให้ ESP32 มีราคาแพงกว่า ESP8266 พอสมควร

ESP-WROOM-32 คือโมดูล Wifi ESP-32 รุ่น ESP-WROOM-32 โมดูล Wifi + Bluetooth 4.2 + Touch/Temp Sensorทำงานแบบ Dual Core ที่ความเร็ว 160Mhz มี SRAM 512K หน่วยความจำ Flash สำหรับอัพโหลดโปรแกรมขนาด 16M มีขา GPIO 36 ขา ความละเอียดในการอ่านค่า ADC 12Bit สามารถเขียนโปรแกรม ผ่าน Arduino IDE เหมือนเขียน Arduino ได้

บอร์ด Arduino ESP32 DOIT DEVKIT

ตัวบอร์ดมาพร้อมกับชิฟ ESP-WROOM-32 มีวงจรเรกูเลตรับไฟได้ที่ 3.7-12V ปรับแรงดันให้คงที่ 3.3V เพื่อจ่ายไฟให้กับชิฟ ESP32 มีภาคของวงจร USB TTL ใช้ชิฟ CP2102 สำหรับติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ตอนอัพโหลดโคด/Serial Monitor ผ่านทางสาย Micro USB ดังรูป



รูปที่ 2.11 บอร์ด Arduino ESP32 DOIT DEVKIT

2.7.1 โครงสร้างการวัดแอลกอฮอล์ในไวน์ของ Arduino ESP32

อุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลจะเป็นบอร์ด ESP32 ภายใน ESP32 มี SDA รับข้อมูล มี SCL อ่านค่าตามเวลาที่กำหนด เพราะเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ราคาถูก หาซื้อได้ทั่วไป สามารถเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำภายนอกได้อุปกรณ์อื่นๆ ในระบบ คือ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิไวน์ DS18B20 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิห้อง DHT22 และเซ็นเซอร์วัดความดันอากาศ BMP280 ESP32 รับข้อมูลและประมวลผลจากภาษาคอมพิวเตอร์ที่ป้อนข้อมูลส่งผ่านสาย USB แสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ และ หน้าจอ LCD1602

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

2.8.1 บอร์ด Arduino ESP32

รูปที่ 2.12 Arduino ESP32

ESP32 เป็นชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต ที่มี WiFi และบลูทูธเวอร์ชั่น 4.2 ในตัว ซึ่งเป็นรุ่นต่อของชิปไอซี ESP8266 รุ่นยอดนิยม ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน รองรับการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE และรองรับไลบารี่ส่วนใหญ่ของ Arduino ทำให้สามารถใช้งานได้ง่าย นอกจากนี้ราคายังถูกลงเรื่อย ๆ ทำให้ได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ เช่นเดียวกัน

2.8.2 เซ็นเซอร์ DS18B20

รูปที่ 2.13 เซ็นเซอร์ DS18B20

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DS18B20 มีช่วงอุณหภูมิที่เซ็นเซอร์วัดได้ –55 ถึง +125 องศาเซลเซียส สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ 1-wire ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อข้อมูลเพียงเส้นเดียวร่วมกับกราวด์และไฟเลี้ยง สามารถ อ่าน เขียน และแปลงค่าอุณหภูมิโดยใช้คำสั่งผ่านสายเส้นเดียวกันกับข้อมูลได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้ไฟเลี้ยงจากภายนอก สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านการตรวจวัดในบริเวณต่างๆ ได้ เช่น ในงานด้านการควบคุมความร้อน การระบายอากาศ ระบบปรับอากาศ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิภายในอาคาร ติดตั้งกับเครื่องจักรกล และในกระบวนการที่มีการตรวจสอบอุณหภูมิตลอดเวลา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 เซ็นเซอร์ DHT22

DHT22 โมดูลเซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิในตัวเดียว มีความแม่นยำสูง มีตัวต้านทาน Pull up มาแล้วสามารถต่อขาทดลองได้เลยไม่ต้องต่อเพิ่มถ้าต้องการความถูกต้องแม่นยำในการวัดอุณหภูมิและความชื้น แนะนำตัวนี้เลย DHT22 High Accuracy Digital Temperature and Humidity Sensor DHT22 ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้น ออกแบบมาให้วัดได้แม่นยำกว่ารุ่น DHT11 ใช้ง่ายสามารถนำ DHT22 ไปเปลี่ยนแทน DHT11 ได้เลยเพราะโค้ด Arduino DHT22 เขียนเหมือนกัน

Accuracy humidity	±2%RH(Max ±5%RH); temperature ±0.2Celsius
Resolution or sensitivity humidity	0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability humidity	±1%RH; temperature ±0.2Celsius
Humidity hysteresis	±0.3%RH
Long-term Stability	±0.5%RH/year
Sensing period Average:	2s
Interchangeability	fully interchangeable

Features DHT22:

- 3.3-6V Input
- 1-1.5mA measuring current
- 40-50 uA standby current
- Humidity from 0-100% RH
- -40 to 80 degrees C temperature range
- ±2% RH accuracy
- ±0.5 degrees C

รูปที่ 2.14 เซ็นเซอร์ DHT22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 สาย USB

สาย USB เป็นอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ 2 ชนิดหรือมากกว่า โดยผ่านช่องทางการสื่อสารที่เรียกว่า พอร์ต (Port) เช่น เครื่องปริ้นท์ ,โมเดม , เม้าส์ , คีย์บอร์ด หรือ กล้องดิจิตอล เป็นต้น สำหรับคำว่า USB ที่เราเรียกกันทั่วไปนั้น ย่อมาจากคำว่า "Universal Serial Bus" สำหรับการใช้งานนั้น ง่ายต่อการติดตั้งและใช้งาน และเราไม่จำเป็นต้องใช้ไฟอื่นๆ เพิ่มเติม เนื่องจาก USB มีระบบไฟอยู่ในตัว (5 Volt) ทำให้ง่ายในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทุกประเภท ส่งผลให้อุปกรณ์สาย USB เป็นที่นิยมอย่างมากในทุกๆการเชื่อมต่อ

รูปที่ 2.15 สาย USB

2.8.5 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความกดอากาศ BMP280

BMP280 3.3V Digital Barometric Pressure Sensor Moduleเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความกดอากาศ BMP280 3.3V Digital Barometric Pressure Sensor Module เป็นโมดูลสำหรับวัดความกดอากาศที่มีความแม่นยำสูง สามารถวัดความกดอากาศและอุณหภูมิ ค่าความผิดพลาด ± 1 hPa และการวัดอุณหภูมิ ±1.0°C เป็นรุ่นที่พัฒนาจากเซ็นเวอร์รุ่น BMP085 BMP180 BMP183 รองรับการเชื่อมต่อได้ทั้งแบบ I2C และ SPI

วัดแรงดัน ในช่วง 300-1100hPa

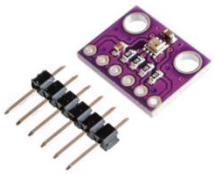
วัดอุณหภูมิ ในช่วง -40 ถึง 80°C

ค่าความผิดพลาด ± 1

ขนาดของบอร์ด 1.52 * 1.20 CM

แหล่งจ่ายไฟแรงดัน 1.2-3.6VDC

Digital interfaces I2C และ SPI



รูปที่ 2.16 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความกดอากาศ BMP280

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

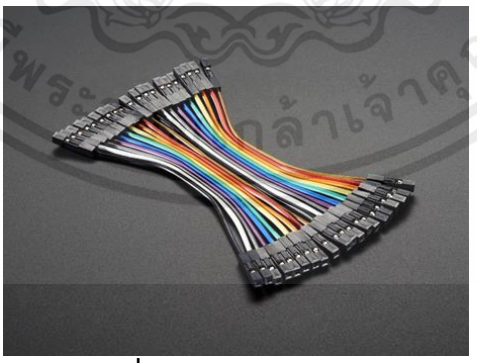
2.8.6 สายไฟจัมเปอร์

สายไฟจัมเปอร์ คือ สายไฟ หรือ เทอร์มินอล ที่เชื่อมต่อระหว่างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ระยะไกลและแผงอุปกรณ์ควบคุมเรียกอีกอย่างว่าข้ามเส้นซึ่งแตกต่างจากการ อุปกรณ์สายไฟ ธรรมดาเป็นการสร้างทางลัดที่สามารถกระโดดบนวงจรได้ชั่วคราวด้วยการใส่ สายไฟจัมเปอร์ ทำให้สามารถหยุดการทำงานของวงจรปกติและเปิดใช้งานวงจรที่ไม่ได้ใช้งานเป็นประจำใช้สำหรับการทดสอบการ งานซ่อมบำรุง เชื่อมต่อชั่วคราวใน เคส ฉุกเฉินเมื่อแบ่งวงจรตาม สเปค ผลิตภัณฑ์ ฯลฯมีสาย ไวนิล ทนความร้อน ยืดหยุ่น สายชุบสาย ฟลูออโรโพลิเมอร์ ฯลฯจัมเปอร์โลหะ รูปทรงตัว U เป็น ผลิตภัณฑ์ ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานเมื่อใช้งานในระยะห่างเดียวกันระหว่างจุดสองจุดที่เชื่อมต่อด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์จัมเปอร์ป้องกันที่ใช้สำหรับPCBมีฉนวนเรซิ่น PBT ทนความร้อนฉนวนไฟฟ้า

การนำไปใช้งาน

สายไฟจัมเปอร์แบบ เมีย-เมีย เหมาะสำหรับใช้งานในวงจรทั่วๆไป หรือใช้กับอุปกณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มี PIN ตัวผู้ เช่น บอร์ด Arduino Nano ที่ตัว Pin ของบอร์ดเป็นตัวผู้ และนอกจากนี้ยังสามารถใช้ร่วมกับสายจัมป์แบบผู้-ผู้ เพื่อต่อเพิ่มความยาวของสายฟขนาด 26 AWG สามารถทนกระแสสูงสุดได้ 2.2 A ถ้าต่อสายแบบ Chassis Wiring (ต่อแบบแยกสาย) ,สามารถทนกระแสได้ 0.36 A ถ้าต่อแบบ Power Transmission (รวมเป็นกระจุก)
ค่า AWG หรือ American Wire Gauge คือค่าที่เอาไว้บอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และการทนกระแสสูงสุดของสายไฟ ตามมารตฐานอเมริกัน โดยมีข้อสังเกตดังนี้..

AWG มาก เส้นใหญ่ AWG น้อย ทนกระแสได้มาก
ดังนั้น สรุปได้ว่าสายไฟที่มีค่า AWG น้อย คือสายไฟที่เส้นใหญ่ และทนกระแสได้มาก



รูปที่ 2.17 สายไฟจัมเปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.7 จอ LCD 1602

LCD 16×2 คำว่า LCD ย่อมาจาก Liquid Crystal Display ที่ใช้เทคโนโลยีการแสดงผลแบบแผงระนาบที่ใช้ในหน้าจอ ESP32 จอแสดงผลทั้งสองอย่าง LCD และ CRT จะมีลักษณะเหมือนกัน แต่การดำเนินการของพวกเขาแตกต่างกัน แทนที่จะเป็นการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนที่จอแก้ว จอแสดงผลคริสตัลเหลวมีแสงพื้นหลังที่ให้แสงแก่แต่ละพิกเซลที่จัดอยู่ในเครือข่ายสี่เหลี่ยม ทุกพิกเซลจะมีพิกเซลย่อยสีน้ำเงิน สีแดง สีเขียวที่สามารถเปิด/ปิดได้ เมื่อปิดใช้งานพิกเซลทั้งหมดเหล่านี้แล้ว พิกเซลจะปรากฏเป็นสีดำ และเมื่อเปิดใช้งานพิกเซลย่อยทั้งหมด พิกเซลจะปรากฏเป็นสีขาว การเปลี่ยนระดับของแสงแต่ละดวงจะทำให้สามารถผสมสีต่างๆ กันได้

รูปที่ 2.18 จอ LCD 1602

2.9 ตัวแปรที่วัดค่าปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์

1) ค่าอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ
2) ค่าอุณหภูมิจุดเดือดของไวน์
3) ผลต่างของอุณหภูมิหว่างค่าอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำกับค่าอุณหภูมิจุดเดือดของไวน์
4) ค่าความดันอากาศภายในห้อง
5) ค่าอัตราส่วนความเข้มข้นระหว่างน้ำกับไวน์
6) สูตรที่ใช้เป็นเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในไวน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.10.1 การสร้างเครื่องอีบูลลิโอมิเตอร์วัดปริมาณแอลกอฮอล์

วิทยานิพนธ์นี้นาเสนอรายละเอียดในการพัฒนาระบบการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในกระบวนการหมักคราฟท์เบียร์ และทำการสร้างโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมในการประมาณค่าวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบคือเพื่อสร้างอุปกรณ์ที่สามารถใช้งานวัดปริมาณแอลกอฮอล์ได้ในระดับครัวเรือน ด้วยต้นทุนต่ำ อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจะทำงานด้วยระบบการวัดแบบปิดมีแก๊สเซ็นเซอร์(MQ303A) ทำหน้าที่ตรวจจับปริมาณแอลกอฮอล์ และมีเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (DS18B20) ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิภายในถังหมัก และบอร์ด Arduino UNO ทำหน้าที่ประมวลผลและสั่งงานเซ็นเซอร์ ผู้วิจัยได้ทดลองหมักเบียร์ที่มีความแตกต่างกันของระดับความเข้มข้นน้ำตาล โดยเมื่อความเข้มข้นน้ำตาลแตกต่างกันจะส่งผลในปริมาณแอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักแตกต่างกัน การวัดทดสอบใช้ระยะเวลาในการวัดเก็บข้อมูล 14 วัน ในกระบวนการหมักจะควบคุมอุณหภูมิ 19 องศาเซลเซียสและปริมาณที่ใช้ในการหมักเท่ากันทุกการทดลอง คือ 15 ลิตร

2.10.2 งานวิจัยและพัฒนาไวน์จากวัตถุดิบต่าง ๆ ในประเทศไทย

1. คัดเลือกสายพันธ์ยีสต์ที่เหมาะสมในการหมักไวน์ ได้ใช้ยีสต์บริสุทธิ์ 6 ชนิดในการหมักไวน์จากองุ่นขาวพันธุ์ไวท์มะละกา น้ำองุ่นแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ทำการยับยั้งและทำลายเชื้อปนเปื้อนด้วย SO2 100 พีพีเอ็ม อีกส่วนหนึ่งทำการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน 15 psi เป็นเวลา 20 นาที หมักที่ 23oซ. พบว่าเชื้อยีสต์ KY7 (Ellipsoideus) และ KY10 (Montrachet) ให้ไวน์คุณภาพดีหากเติมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO2) ในน้ำองุ่นก่อนการหมัก เชื้อ KY18 (Champagne) และเชื้อ C117 (Bordeaux) ให้ไวน์คุณภาพดีหากทำการฆ่าเชื้อปนเปื้อนในน้ำองุ่นด้วยความร้อน นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบคุณภาพไวน์จากองุ่นขาวพันธุ์ไวท์มะละกาและไวน์แดงจากดอกกระเจี๊ยบแห้ง โดยใช้เชื้อยีสต์แห้ง (Active Dry Wine Yeast หรือ ADY) จากต่างประเทศจำนวน 9 เชื้อ เปรียบเทียบกับเชื้อยีสต์มาตรฐานที่ใช้หมักไวน์เป็นประจำของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร 1 เชื้อ หมักที่ 20oซ. พบว่าในการหมักไวน์ขาวจากองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกาเชื้อยีสต์ทั้ง 10 เชื้อให้ความแตกต่างด้านกลิ่นและการยอมรับจากผู้ชิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างด้านรส สำหรับไวน์แดงจากดอกกระเจี๊ยบแห้งนั้น พบว่าเชื้อยีสต์ทั้ง 10 เชื้อไม่ทำให้ไวน์มีกลิ่น รสและการยอมรับแตกต่างกัน

2. วิจัยและพัฒนาไวน์จากองุ่น ได้ใช้องุ่นพันธุ์ต่างประเทศที่ปลูกโดยภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เป็นองุ่นเขียว 21 พันธุ์และองุ่นแดง 22 พันธุ์ หมักที่อุณหภูมิ 22^0+ 1^0C โดยใช้เชื้อยีสต์ผง K1-V1116 ยี่ห้อ Lalvin ประเทศแคนาดา พบว่าองุ่นที่เก็บเกี่ยวในฤดูหนาว (กุมภาพันธ์) และฤดูร้อน (พฤษภาคม) มีองค์ประกอบน้ำองุ่นดีกว่าองุ่นที่เก็บในฤดูฝน (ตุลาคม) คุณภาพของไวน์ที่ได้จากองุ่นเก็บเกี่ยวในแต่ละฤดูนั้น พบว่าองุ่นขาวซึ่งให้ไวน์คุณภาพดีทุกฤดูเก็บเกี่ยวคือ Italia, Shimo, Early Muscat และ Cortese กลิ่นไวน์ขาวจากองุ่น Italia และ Early Muscat เป็นที่ยอมรับจากผู้ชิมมาก ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องุ่นแดงที่ผลิตไวน์แดงคุณภาพใช้ได้ทุกฤดูเก็บเกี่ยวคือ Barbera, Rubired และ Nebbiolo กลิ่นไวน์จากองุ่นแดง Rubired และ Barbera เป็นที่ยอมรับ ยังพบว่าการผสมปรุงแต่งไวน์ โดยนำไวน์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปผสมกัน จะทำให้คุณภาพไวน์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้ชิมมากขึ้น

3. วิจัยและพัฒนาไวน์ผลไม้ ได้ทำการวิจัยไวน์จากผลไม้เกือบทุกชนิดในประเทศไทย พบว่าไวน์ลิ้นจี่ ไวน์กระท้อน ไวน์ฝรั่ง (ไส้แดง) ไวน์เสาวรส ไวน์กล้วยหอม ไวน์มะเฟือง ไวน์ลูกหว้า (พื้นเมือง) ไวน์มะนาว เป็นต้น เป็นที่ยอมรับของผู้ชิม ไวน์ผลไม้ไม่จำเป็นต้องบ่มในถังไม้โอก อาจมีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่กลิ่นรสจะซับซ้อนและดีขึ้นหากบ่มในถังไม้โอกหรือเศษไม้โอก (Oak chips) ระยะหนึ่ง ฉะนั้นไวน์ผลไม้จึงเป็นไวน์ใช้ดื่มสด สามารถใช้ดื่มหรือพร้อมที่จะดื่มทันทีหลังจากหมักเสร็จแล้ว 1-3 เดือน ถ้าไวน์ผลไม้มีรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อยจะมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับมากขึ้น นอกจากนี้ได้ทดลองผลิตไวน์จากลิ้นจี่พันธุ์ต่าง ๆ ในประเทศไทยเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพจากการทดลองผลิตพอร์ต (ไวน์เติมแอลกอฮอล์กลั่น) จากลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและจากสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง พบว่ามีคุณภาพเป็นที่น่าพอใจ ควรมีการวิจัยและพัฒนาการผลิตพอร์ตจากผลไม้และพืชผักสมุนไพรในประเทศไทยเพื่อการค้าต่อไป

4. วิจัยและพัฒนาไวน์ขาว ได้ทดลองผลิตไวน์ข้าวชนิดสาโทขาว (น้ำขาว) และสาโทแดง (น้ำแดง) จากข้าวเหนียวเขี้ยวงูเปรียบเทียบกับข้าวหอมดอกมะลิ 105 และจากข้าวเหนียวดำ โดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากเปรียบเทียบกับโคจิข้าว พบว่าสาโทขาวจากข้าวหอมดอกมะลิ 105 มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับมากกว่าสาโทจากข้าวเหนียวเขี้ยวงู ส่วนสาโทแดงจากข้าวเหนียวดำมีคุณภาพน่าสนใจ มีกลิ่นและสีดี ควรทำการพัฒนาด้านพันธุ์ข้าวเหนียวดำ เพราะปัจจุบันมีผลผลิตน้อย ปลูกน้อย ราคาข้าวเหนียวดำค่อนข้างสูง ปัญหาในการผลิตสาโทพื้นบ้านของไทยคือความไม่สม่ำเสมอของคุณภาพของลูกแป้ง (ข้าวหมากหรือลูกแป้งสุรา) ฉะนั้นควรเติมกล้ายีสต์เพื่อช่วยในการหมัก เพราะยีสต์ในลูกแป้งมีน้อยและประสิทธิภาพไม่สม่ำเสมอ ได้ทดลองผลิตสาเกจากข้าวหอมดอกมะลิโดยใช้โคจิข้าว พบว่าให้คุณภาพดีพอสมควร ปัญหาในการผลิตสาเกคือ เทคนิคในการผลิตโคจิข้าวให้ได้คุณภาพและปริมาณตามที่ต้องการ ปัญหาที่อัตราส่วนการขัดขาวข้าว (polishing ratio of rice) ไวน์ข้าวควรใช้ดื่มในลักษณะไวน์สด ไม่ควรเก็บนานเกินกว่า 6 เดือน การเก็บนานเกินไปในสภาวะที่ไม่เหมาะสม จะทำให้คุณภาพไวน์ข้าวด้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

1) ไวน์ทุเรียน
2) น้ำกลั่น น้ำ
3) ที่จุดไฟตะเกียงแอลกอฮอล์
4) แอลกอฮอล์ที่เติมเพื่อจุดไฟในตะเกียงแอลกอฮอล์ให้ติดไฟ
5) ตะเกียงแอลกอฮอล์
6) เครื่อง Ebulliometer
7) เทอร์โมมิเตอร์
8) แผ่นเทียบระหว่างอุณหภูมิจุดเดือดกับเปอร์เซ็นต์เอทานอล
9) หลอด EAU-VIN
10) บีกเกอร์
11) น้ำหล่อเย็น
12) ที่ใส่ตัวทดลองที่ใช้แล้ว
13) จุกอุดรูเทอร์โมมิเตอร์
14) โปรแกรม Arduino IDE
15) บอร์ด ESP32
16) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิน้ำ (DS18B20)
17) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมห้อง (DHT22)
18) เซ็นเซอร์วัดความดัน (BMP280)
19) สาย Micro USB
20) สายไฟจัมเปอร์ ESP32กับคอม
21) คอมพิวเตอร์
22) จอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

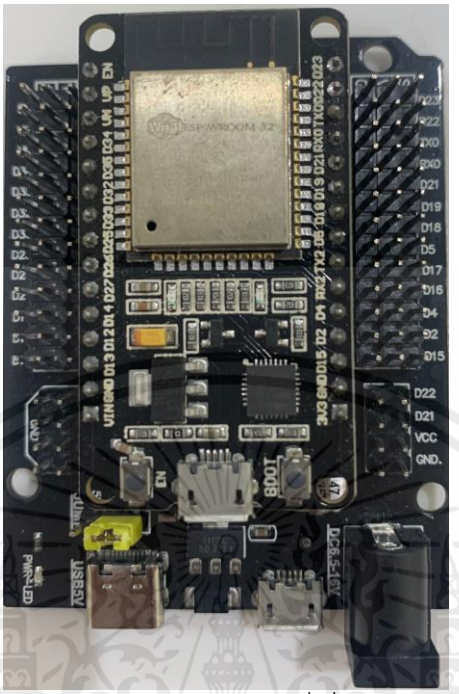
3.2.1 การวัดค่าแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วยเครื่อง Ebulliometer

การใช้งานเครื่อง Ebulliometer จะต้องใช้ตัวทดลองในการทดสอบ 50 มิลลิลิตร ระยะเวลาในการทดสอบ 3-5 นาที โดยมีขั้นตอนการใช้งานดังต่อไปนี้

1) เตรียมอุปกรณ์ตรวจสอบความสะอาดของเครื่องมือ
2) ทำการสอบเทียบน้ำ 50 มิลลิลิตร
3) ทำการตวงอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของไวน์ทุเรียนกับน้ำตามที่กำหนดรวมได้ 50 มิลลิลิตร
4) ตวงตัวทดลอง 50 มิลลิลิตร ถึงขีด VIN ใส่ในหลอด EAU – VIN
5) ใส่ตัวทดลองในช่องใส่ตัวทดลองเครื่อง Ebulliometer
6) ใส่ตัวเทอร์โมมิเตอร์
7) ใส่น้ำหล่อเย็นเข้าไปในช่อง Condenser
8) จุดไฟใส่ตะเกียงแอลกอฮอล์
9) รอให้อุณหภูมิจุดเดือดคงที่
10) นำอุณหภูมิจุดเดือดไปเทียบกับแผ่นเทียบ %Ethanol
11) เปิดก๊อกน้ำระบายตัวทดลองออกจากเครื่อง
12) เอาน้ำกลั่นล้างให้ตัวทดลองที่ใช้แล้วค้างอยู่ในเครื่องออกจนหมด
13) เทน้ำหล่อเย็นที่หายเย็นแล้วออก
14) ทำวนขั้นตอนจนเสร็จทุกตัวทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วิธีการสร้างบอร์ด Arduino ESP32 กับเซ็นเซอร์เพื่อวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์



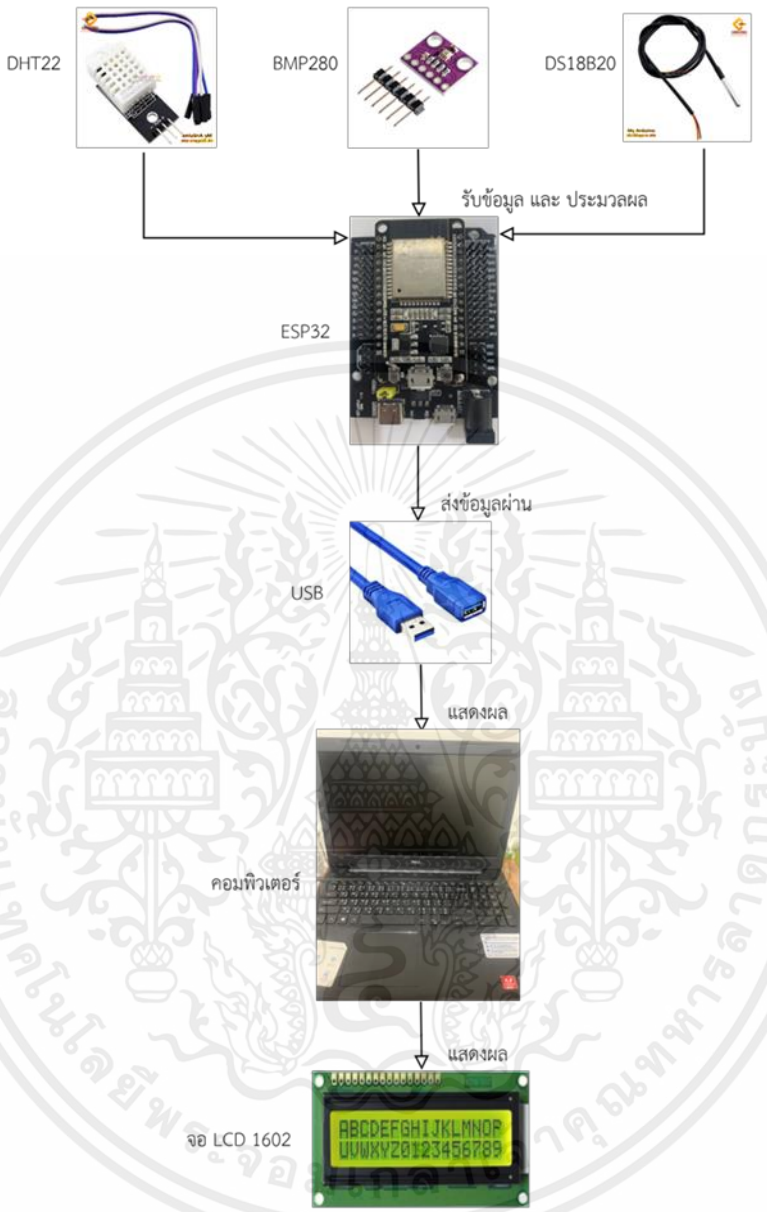
รูปที่ 3.1 บอร์ด Arduino ESP32 ที่เชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์

ตารางที่3.1 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Arduino ESP32 กับ เซ็นเซอร์

เซ็นเซอร์	ช่องเสียบ	S	V	G
1.เซ็นเซอร์ DHT 22	D4	Out	+	-
2.เซ็นเซอร์ DS18B20	D5	Out	+	-
3.เซ็นเซอร์ BMP280	D21 ล่าง	SDA	VCC	GND
	D22 ล่าง	SCL	VCC	GND
4. LCD	D21	SDA	VCC	GND
	D22	SCL	VCC	GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

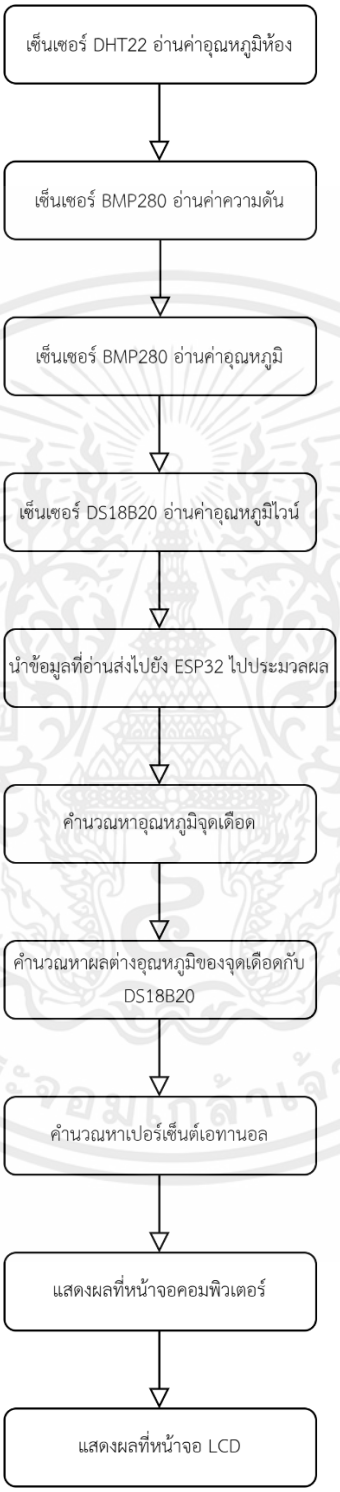
3.2.3 ลำดับการทำงานของอุปกรณ์ Arduino ESP32



รูปที่ 3.2 แผนภาพลำดับการทำงานของอุปกรณ์ Arduino ESP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ลำดับการทำงานอ่านค่าของ Arduino ESP32



รูปที่ 3.3 แผนภาพลำดับการทำงานอ่านค่าของ Arduino ESP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 การวัดค่าแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วย Arduino ESP32

1) ทำการตวงอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของไวน์ทุเรียนกับน้ำตามที่กำหนดรวมได้ 50 มิลลิลิตร
2) ทำการสอบเทียบน้ำ 50 มิลลิลิตร
3) ตวงตัวทดลอง 50 มิลลิลิตร ถึงขีด VIN ใส่ในหลอด EAU – VIN
4) นำไปต้มรอให้อุณหภูมิจุดเดือดคงที่
5) เซ็นเซอร์ DHT22 อ่านค่าอุณหภูมิห้อง
6) เซ็นเซอร์ BMP280 อ่านค่าความดัน
7) เซ็นเซอร์ BMP280 อ่านค่าอุณหภูมิ
8) นำเซ็นเซอร์ DS18B20 ใส่ในตัวทดลอง
9) เซ็นเซอร์ DS18B20 อ่านค่าอุณหภูมิจุดเดือดของไวน์
10) นำข้อมูลที่อ่านส่งไปยัง ESP32 ไปประมวลผล
11) คำนวณหาอุณหภูมิจุดเดือด
12) คำนวณหาผลต่างอุณหภูมิของจุดเดือดกับเซ็นเซอร์ DS18B20
13) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เอทานอล
14) แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
15) แสดงผลที่หน้าจอ LCD
16) อัดวีดีโอรอจนค่าแสดงผลทั้งหน้าจอคอมพิวเตอร์และหน้าจอ LCD นิ่งแล้วบันทึกผลการทดลอง
17) ทำวนขั้นตอนจนเสร็จทุกตัวทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 บันทึกผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลองจากการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ ด้วย Ebulliometer กับ ESP32 จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้ มาทำตาราง ไวน์ จุดเดือดที่ได้ %Ethanol แล้ววาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดที่ได้กับ %Ethanol ในโปรแกรม Microsoft Excel

ตารางที่3.2 ตารางการทดลองของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32

การทดลองครั้งที่	อัตราส่วนความเข้มข้นไวน์ต่อน้ำ	%ความเข้มข้นไวน์
1	0 : 100	0
2	20 : 80	20
3	40 : 60	40
4	50 : 50	50
5	60 : 40	60
6	80 : 20	80
7	100 : 0	100

3.4 สอบเทียบผลการทดลอง Ebulliometer กับ Arduino ESP32

ศึกษาแนวโน้มของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดที่ได้กับ %Ethanol
ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32

หาความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ได้จากสมการ

$Error = | X_{ESP32} - X_{Eb} |$

หาความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ได้จากสมการ

Relative Error =(| XESP32 – XEb | / XEb)

หาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนได้จากสมการ

$\%Error = (| X_{ESP32} - X_{Eb} | / X_{Eb}) \times 100\%$

โดยที่ Error = ค่าความคลาดเคลื่อน

%Error = เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

X_{Eb} = ค่าผลการทดลองที่ได้จาก Ebulliometer

X_{ESP32} = ค่าผลการทดลองที่ได้จาก Arduino ESP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการทดลอง

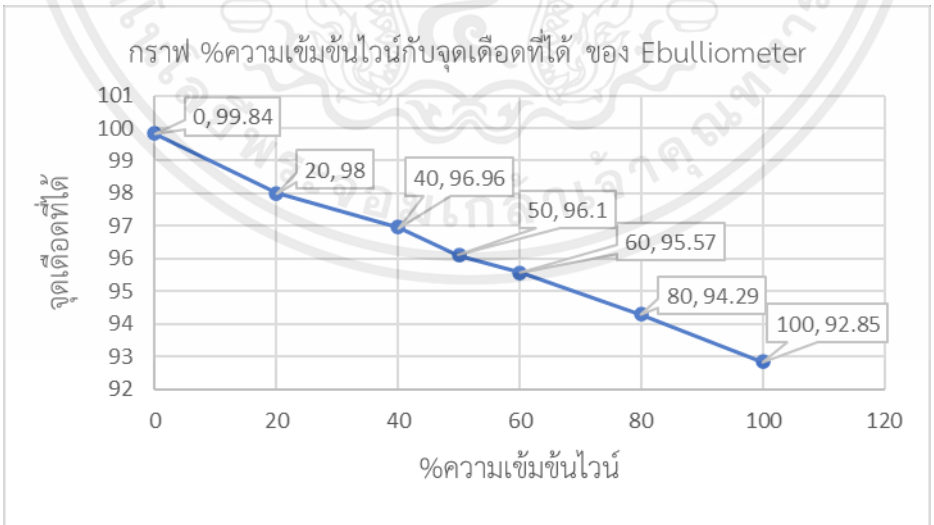
4.1 ค่าผลการทดลองที่ได้จาก Ebulliometer

ต้มไวน์ให้มีจุดเดือดที่คงที่นำไปเทียบในแผ่นเทียบอุณหภูมิกับ %Ethanol แล้วบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลจุดเดือดที่ได้กับ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer

การทดลองครั้งที่	อัตราส่วนความเข้มข้นไวน์ต่อน้ำ	%ความเข้มข้นไวน์	จุดเดือดที่ได้ (^{0}C)	%Ethanol
1	0 : 100	0	99.84	0.00
2	20 : 80	20	98.00	2.00
3	40 : 60	40	96.96	3.20
4	50 : 50	50	96.10	4.28
5	60 : 40	60	95.57	5.00
6	80 : 20	80	94.29	6.77
7	100 : 0	100	92.85	9.12

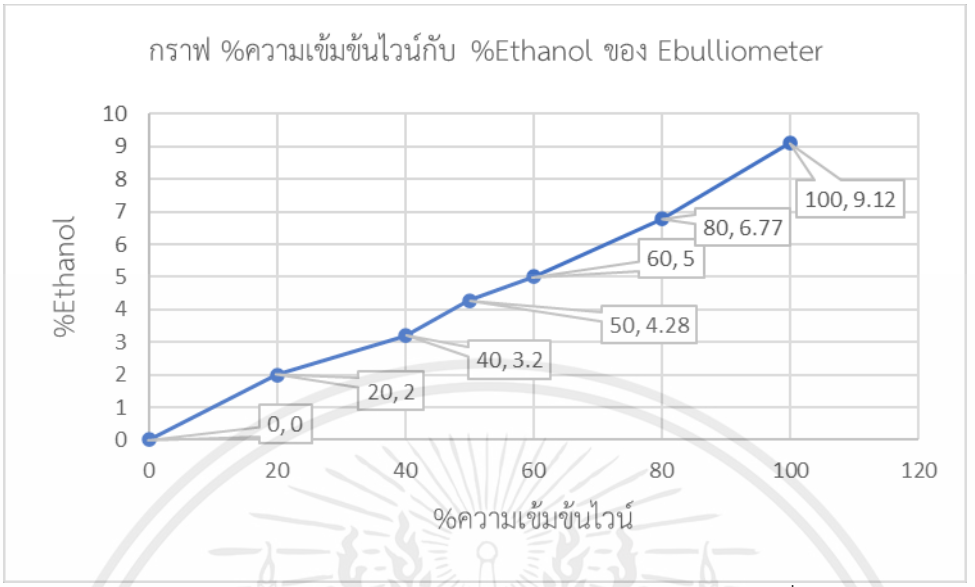
นำผลการทดลองที่ได้มาสร้างเป็นกราฟ %ความเข้มข้นไวน์กับจุดเดือดที่ได้ของ Ebulliometer



รูปที่4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %ความเข้มข้นไวน์กับจุดเดือดที่ได้ของ Ebulliometer

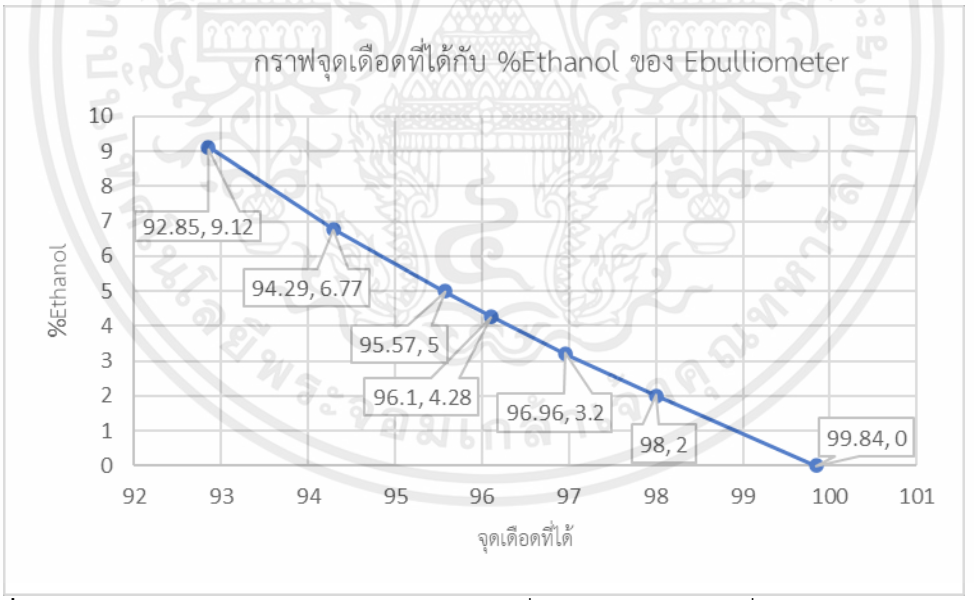
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำผลการทดลองที่ได้มาสร้างเป็นกราฟ %ความเข้มข้นไวน์กับ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer



รูปที่4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %ความเข้มข้นไวน์กับ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer

นำผลการทดลองที่ได้มาสร้างเป็นกราฟจุดเดือดที่ได้กับ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer



รูปที่4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดที่ได้กับ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

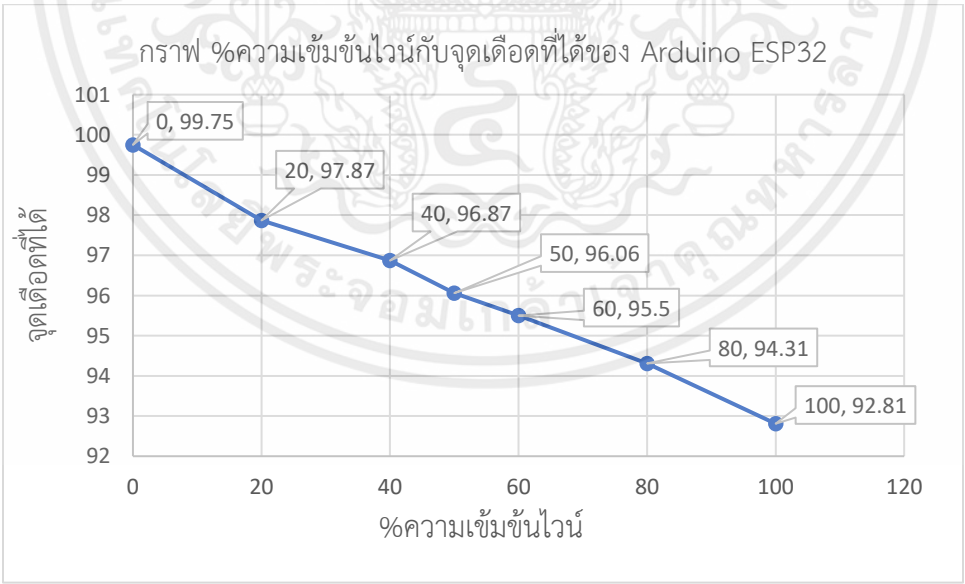
4.2 ค่าผลการทดลองที่ได้จาก Arduino ESP32

ต้มไวน์ให้มีจุดเดือดที่ได้คงที่แล้วใช้เซ็นเซอร์ DS18B20 ใส่เข้าไปในช่องใส่ตัวทดลอง ดูผลการทดลองอุณหภูมิจุดเดือดที่ได้จากการประมวลผลของ Arduino ESP32 แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์และจอ LCD แล้วบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลจุดเดือดที่ได้ กับ %Ethanol ของ Arduino ESP32

การทดลองครั้งที่	อัตราส่วนความเข้มข้นไวน์ต่อน้ำ	%ความเข้มข้นไวน์	จุดเดือดที่ได้ (^{0}C)	%Ethanol
1	0 : 100	0	99.75	0.08
2	20 : 80	20	97.87	1.97
3	40 : 60	40	96.87	3.15
4	50 : 50	50	96.06	4.22
5	60 : 40	60	95.50	5.00
6	80 : 20	80	94.31	6.77
7	100 : 0	100	92.81	9.15

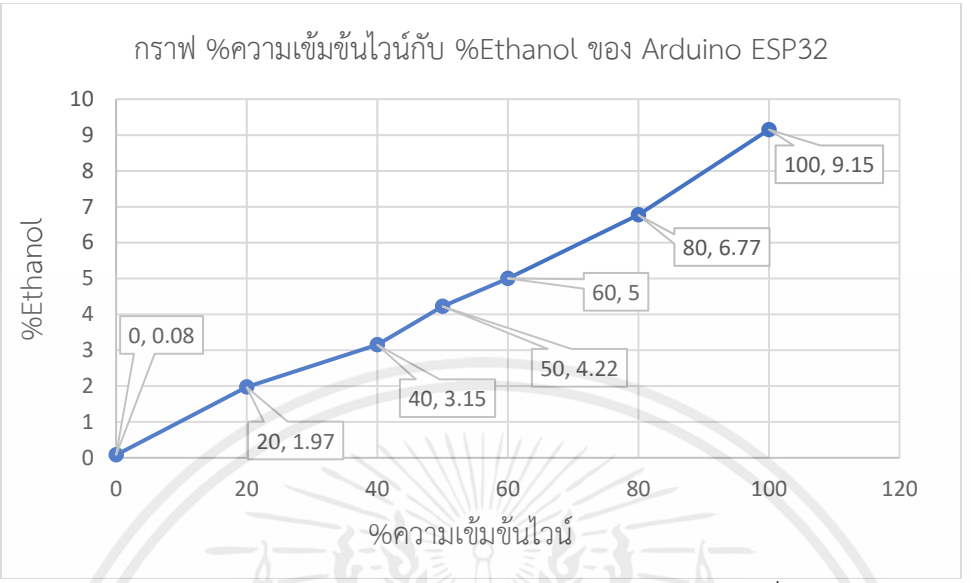
นำผลการทดลองที่ได้มาสร้างเป็นกราฟ %ความเข้มข้นไวน์กับจุดเดือดที่ได้ของ Arduino ESP32



รูปที่4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %ความเข้มข้นไวน์กับจุดเดือดที่ได้ของ Arduino ESP32

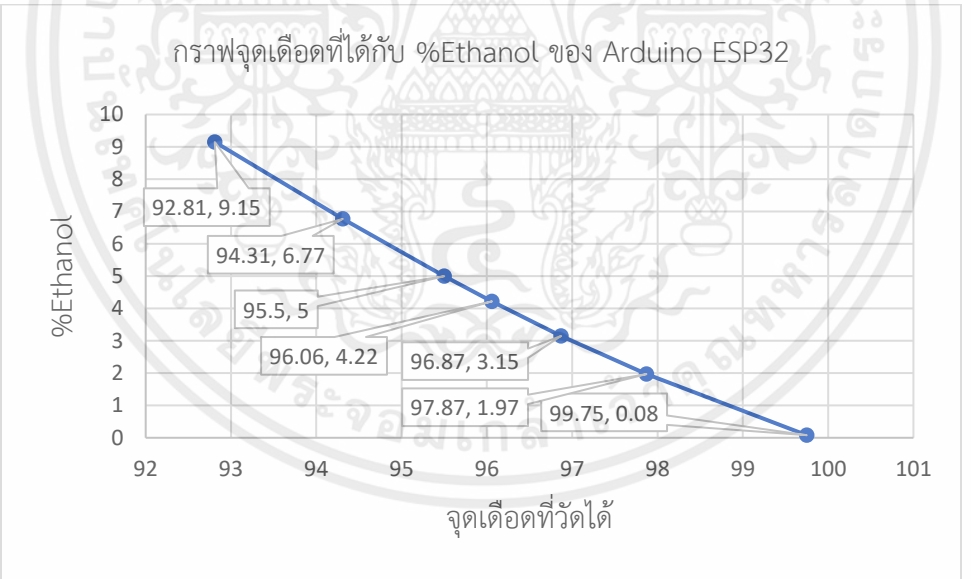
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำผลการทดลองที่ได้มาสร้างเป็นกราฟ %ความเข้มข้นไวน์กับ %Ethanol ที่ได้ของ Arduino ESP32



รูปที่4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %ความเข้มข้นไวน์กับ %Ethanol ที่ได้ของ Arduino ESP32

นำผลการทดลองที่ได้มาสร้างเป็นกราฟจุดเดือดที่ได้กับ %Ethanol ที่ได้ของ Arduino ESP32



รูปที่4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดที่ได้กับ %Ethanol ที่ได้ของ Arduino ESP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลทดลองการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ด้วย Ebulliometer และ Arduino ESP32

1) จากผลทดลองที่ได้จาก %ความเข้มข้นไวน์กับจุดเดือดที่ได้ %ความเข้มข้นไวน์มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้จุดเดือดที่ได้มีค่าลดลง

2) จากผลทดลองที่ได้จาก %ความเข้มข้นไวน์ กับ %Ethanol %ความเข้มข้นไวน์มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ %Ethanol ที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น

3) จากผลทดลองที่ได้จากจุดเดือดที่ได้ กับ %Ethanol จุดเดือดที่ได้มีค่าลดลง ทำให้ %Ethanol ที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น

4) ความดันภายในห้องทดลองมีผลต่ออุณหภูมิจุดเดือดที่ได้

5.2 การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์แบบทั้ง Ebulliometer และ Arduino ESP32

1) การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์แบบ Ebulliometer อาจคลาดเคลื่อนได้จากอุณหภูมิจุดเดือดน้ำที่ได้ภายในความดันห้องนั้นแล้วใช้สเกลเลื่อน แล้วนำอุณหภูมิที่ได้ไปเทียบกับแผ่นเทียบตารางโดยกะปริมาณทศนิยม 2 ตำแหน่ง ได้ค่า %Ethanol

2) การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์แบบ Arduino ESP32 จะคำนวณจากโปรแกรมใช้ค่าตารางเทียบ %Ethanol กับ $\triangle T$ ที่ใส่ไปในสูตรคำนวณออกมาเป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง โดยมาจากความแม่นยำในการใส่สูตรในคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 สอบเทียบการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์ระหว่าง Ebulliometer กับ Arduino ESP32

5.3.1 หาความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิจุดเดือดที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32

ตารางที่ 5.1 ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิจุดเดือดที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32

การทดลองครั้งที่	อัตราส่วนความเข้มข้นไวน์ต่อน้ำ	Ebulliometer	Arduino ESP32	ความคลาดเคลื่อน
1	0 : 100	99.84	99.75	0.09
2	20 : 80	98.00	97.87	0.13
3	40 : 60	96.96	96.87	0.09
4	50 : 50	96.10	96.06	0.04
5	60 : 40	95.57	95.50	0.07
6	80 : 20	94.29	94.31	0.02
7	100 : 0	92.85	92.81	0.04

ค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิจุดเดือดที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32 ทุกผลทดลองเป็นค่ายอมรับได้ Arduino ESP32 ที่สร้างขึ้นมาเพื่อสะดวกในการวัดอุณหภูมิจุดเดือดที่ได้ พอกับ Ebulliometer

5.3.2 หาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิจุดเดือดที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32

ตารางที่ 5.2 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิจุดเดือดที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32

การทดลองครั้งที่	อัตราส่วนความเข้มข้นไวน์ต่อน้ำ	Ebulliometer	Arduino ESP32	%ความคลาดเคลื่อน
1	0 : 100	99.84	99.75	0.09
2	20 : 80	98.00	97.87	0.13
3	40 : 60	96.96	96.87	0.09
4	50 : 50	96.10	96.06	0.04
5	60 : 40	95.57	95.50	0.07
6	80 : 20	94.29	94.31	0.02
7	100 : 0	92.85	92.81	0.04

เปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิจุดเดือดที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32 ทุกผลทดลองเป็นค่ายอมรับได้ Arduino ESP32 ที่สร้างขึ้นมาเพื่อสะดวกในการวัดอุณหภูมิจุดเดือดที่ได้ พอกับ Ebulliometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 หาความคลาดเคลื่อนของ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32

ตารางที่ 5.3 ความคลาดเคลื่อนของ %Ethanol ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32

การทดลองครั้งที่	อัตราส่วนความเข้มข้นไวน์ต่อน้ำ	Ebulliometer	Arduino ESP32	ความคลาดเคลื่อน
1	0 : 100	0.00	0.08	0.08
2	20 : 80	2.00	1.97	0.03
3	40 : 60	3.20	3.15	0.05
4	50 : 50	4.28	4.22	0.06
5	60 : 40	5.00	5.00	0.00
6	80 : 20	6.77	6.77	0.00
7	100 : 0	9.12	9.15	0.03

ค่าความคลาดเคลื่อนของ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32 ทุกผลทดลองเป็นค่ายอมรับได้ Arduino ESP32 ที่สร้างขึ้นมาเพื่อสะดวกในการวัด %Ethanol ที่ได้ พอกับ Ebulliometer

5.3.4 หาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32

ตารางที่ 5.4 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของ %Ethanol ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32

การทดลองครั้งที่	อัตราส่วนความเข้มข้นไวน์ต่อน้ำ	Ebulliometer	Arduino ESP32	%ความคลาดเคลื่อน
1	0 : 100	0.00	0.08	0.00
2	20 : 80	2.00	1.97	1.50
3	40 : 60	3.20	3.15	1.56
4	50 : 50	4.28	4.22	1.40
5	60 : 40	5.00	5.00	0.00
6	80 : 20	6.77	6.77	0.00
7	100 : 0	9.12	9.15	0.32

เปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนของ %Ethanol ที่ได้ของ Ebulliometer กับ Arduino ESP32 ทุกผลทดลองเป็นค่ายอมรับได้ Arduino ESP32 ที่สร้างขึ้นมาเพื่อสะดวกในการวัด %Ethanol ที่ได้ พอกับ Ebulliometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ข้อเสนอแนะ

1) ตรวจสอบความสะอาดของเครื่อง Ebulliometer เพื่อไม่ให้สารทดลองตกค้างภายในเครื่อง เพื่อไม่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เอทานอลคลาดเคลื่อน
2) ควรดูการทำงานวัดค่าอุณหภูมิจุดเดือดของ Ebulliometer จนนิ่ง แล้วบันทึกผลการทดลอง
3) ควรดูการทำงานวัดค่าอุณหภูมิจุดเดือดของ Arduino ESP32 ในจอ LCD กับ คอมพิวเตอร์จนนิ่ง แล้วบันทึกผลการทดลอง
4) ควรตวงสารให้ได้ความเข้มข้นที่ถูกต้องในแต่ละช่วงเพื่อไม่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เอทานอลคลาดเคลื่อน
5) ควรต่อวงจร Arduino ESP32 กับเซ็นเซอร์ถูกต้องเพื่อให้อ่านค่าผลการทดลองได้จากจอ LCD กับ คอมพิวเตอร์
6) ควรตรวจสอบวิธีการอ่านค่าจากวงจร Arduino ESP32 กับเซ็นเซอร์ไม่ให้อ่านค่าผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ซาโตชิ โมริชิมา บริษัท มิซูมิ (ไทยแลนด์) จำกัด [online]. Available: https://th.misumi-ec.com/th/pr/recommend_category/usb201903/

ซาโตชิ โมริชิมา บริษัท มิซูมิ (ไทยแลนด์) จำกัด [online]. Available: https://th.misumi-ec.com/th/vona2/el_control/E1900000000/E1902000000/E1902020000/

บล็อกของ PoundXI วิธีใช้งานโปรแกรม Arduino IDE เบื้องต้น 2018-07-01 [online].Available:https://poundxi.com/วิธีใช้งานโปรแกรม Arduino IDE เบื้องต้น/

บริษัท อาร์ทรอน ชอป จำกัด ESP32 เบื้องต้น :: บทที่ 1 แนะนำ ESP32 [online].Available: https://www.artronshop.co.th/article/51/esp32-เบื้องต้น-บทที่-1-แนะนำ-esp32

ประดิษฐ์ ครุวัณณาฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ งานวิจัยและพัฒนาไวน์ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร [online]. Available:http://www3.rdi.ku.ac.th/exhibition/Ku-research60/ku60/wine.html

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์ [online]. Available: https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1169/alcohol-by-volume

เมดไทย ทุเรียน สรรพคุณและประโยชน์ของทุเรียน 25 ข้อ ! 6 กรกฎาคม 2563 [online]. Available: https://medthai.com/ทุเรียน/

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร2563 [online].Available: https://webs.rmutl.ac.th/assets/upload/files/2020/10/20201022140802_56834.pdf

สุรัตน์ บุญพึ่ง “การสร้างอีบูลลิโอมิเตอร์วัดปริมาณแอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูง” [online]. Available:https://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=28789

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอนใช้งาน Arduino DHT22 AM2302 Module โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น [online]. Available:https://www.cybertice.com/product431/สอนใช้งาน-arduino-dht22-am2302-module-โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร “ไวน์” [online]. Available:https://arit.kpru.ac.th/ap/e-dcms//contents/catalog/20190906113213/03.pdf

Allison K.Baker,Carolyn F.Ross Wine finish in red wine: The effect of ethanol and tannin concentration **Journal Food Quality and Preference Volume 38**, December 2014, 65-74

An Open-Source and Low-Cost Monitoring System for Precision Enology Salvatore Filippo Di Gennaro,[1,2,*] Alessandro Matese,[1] Mirko Mancin,[3] Jacopo Primicerio,[1,4] and Alberto Palliotti[2] **Journal list**

Blandine Neda Cretin , Dennis Dubourdieu Axel Marchal
Influence of ethanol content on sweetness and bitterness perception in dry wines

Brix and Alcohol Content Monitoring Using Wireless Sensor Network Willa, Victor International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering 2021-07

Induction of simultaneous and sequential malolactic fermentation in durian wine Fransisca Taniasuri[a], Pin-Rou Lee[a], Shao-Quan Liu[a b]**International Journal of Food Microbiology** Volume 230, 2 August 2016, Pages 1-9

Surface tension sensor meshes for rapid alcohol quantification E. J. Falde, J. Wang and M. W. Grinstaff **Paper** 2017, 7, 49795-49798

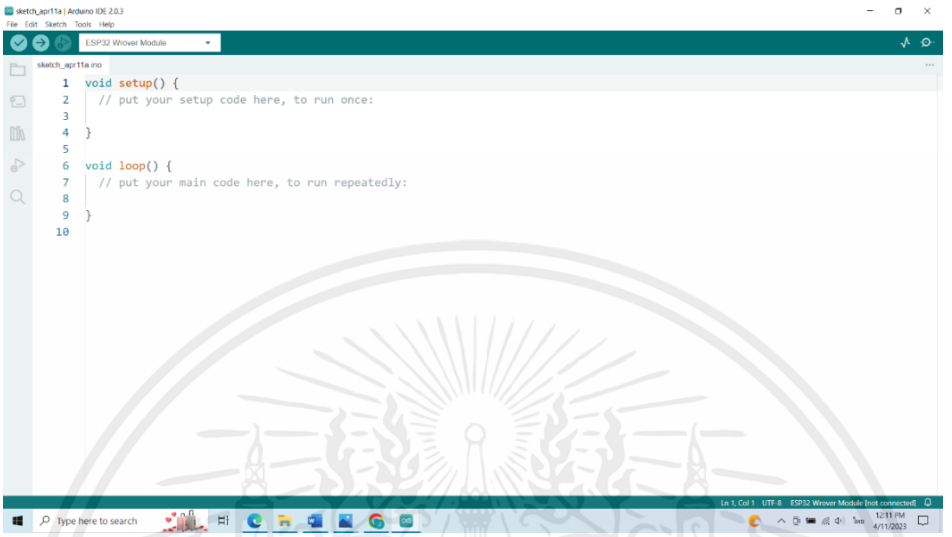
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

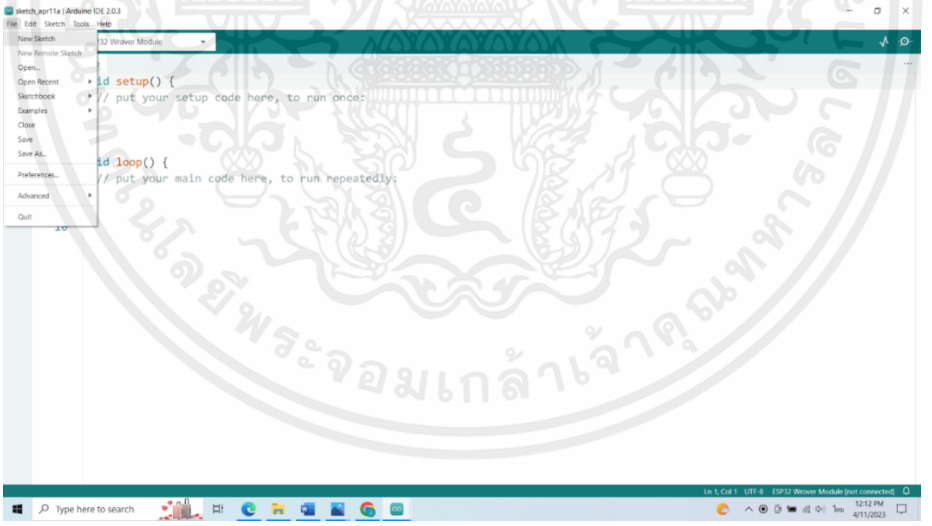
ภาคผนวก ก. การใช้งานโปรแกรม Arduino IDE

1. เปิดโปรแกรม Arduino IDE ขึ้นมา



หน้าต่าง โปรแกรม Arduino IDE

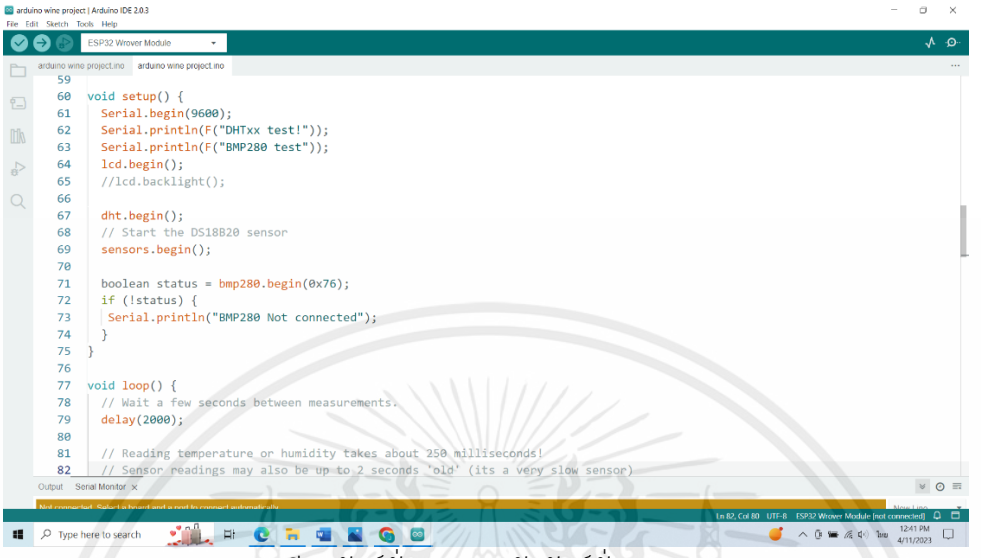
2. สร้าง Sketch ใหม่ โดยคลิกที่เมนู File > New



สร้าง Sketch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เขียนโปรแกรมลง ซึ่งการเขียนโปรแกรมสำหรับ Arduino จะประกอบไปด้วยฟังก์ชั่น setup และ ฟังก์ชั่น loop ซึ่งมีความหมายดังนี้

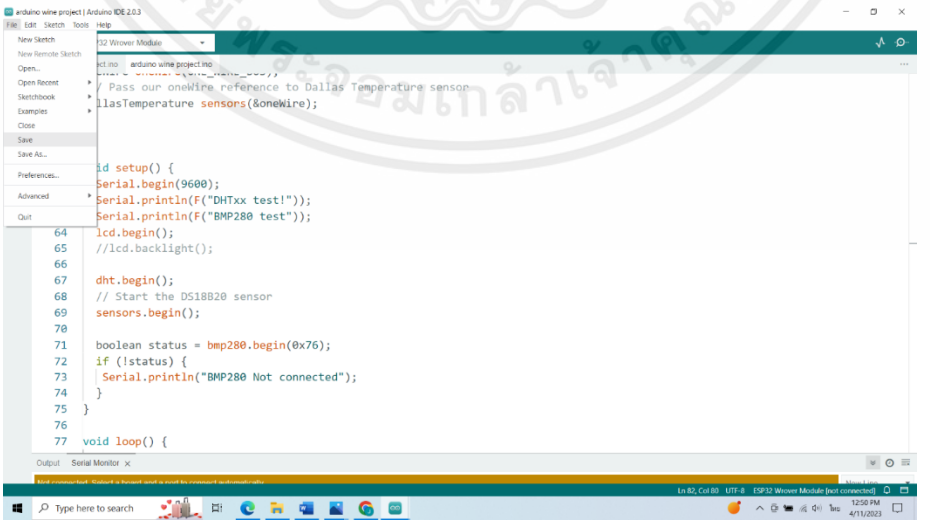


เขียนฟังก์ชั่น setup กับฟังก์ชั่น loop

ฟังก์ชั่น setup จะเริ่มทำงานเป็นอันดับแรกเมื่อ Arduino เริ่มทำงาน และคำสั่งที่ถูกเขียนลงไปในนี้ จะทำงานเพียงครั้งเดียวเท่านั้น

ฟังก์ชั่น loop จะเริ่มทำงานทันทีเมื่อฟังก์ชั่น setup ทำงานเสร็จ และคำสั่งที่ถูกเขียนลงไปในนี้ จะทำงานตั้งแต่คำสั่งแรกไล่ไปจนถึงคำสั่งสุดท้ายกลับมาที่คำสั่งแรกไล่ไปจนถึงคำสั่งสุดท้ายวนซ้ำ ตลอดการทำงานของ Arduino

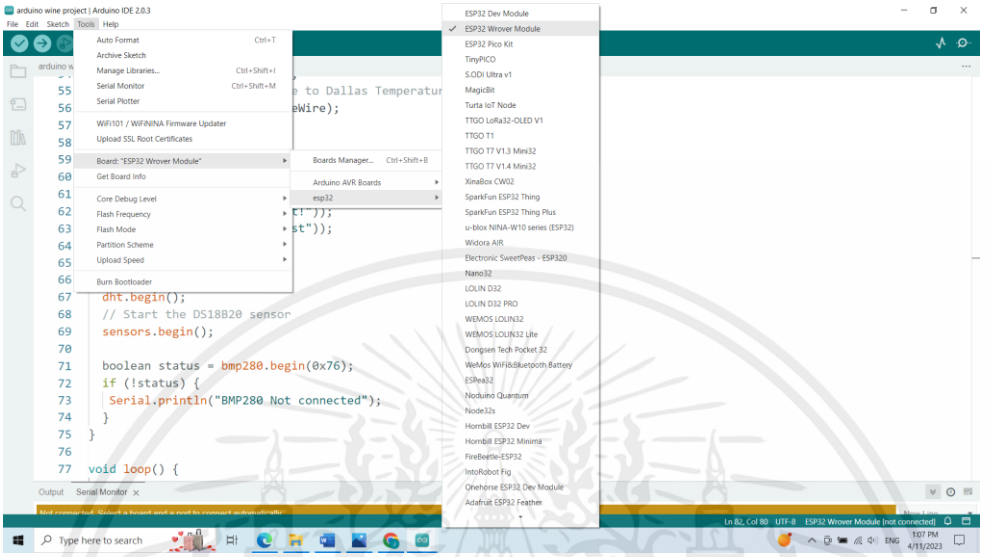
4. เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้วให้บันทึกเก็บไว้โดยคลิกที่เมนู File > Save จากนั้นจะมีหน้าต่างขึ้นมาให้เราเลือกว่าจะบันทึกไว้ที่ไหน และจะตั้งชื่อ Sketch



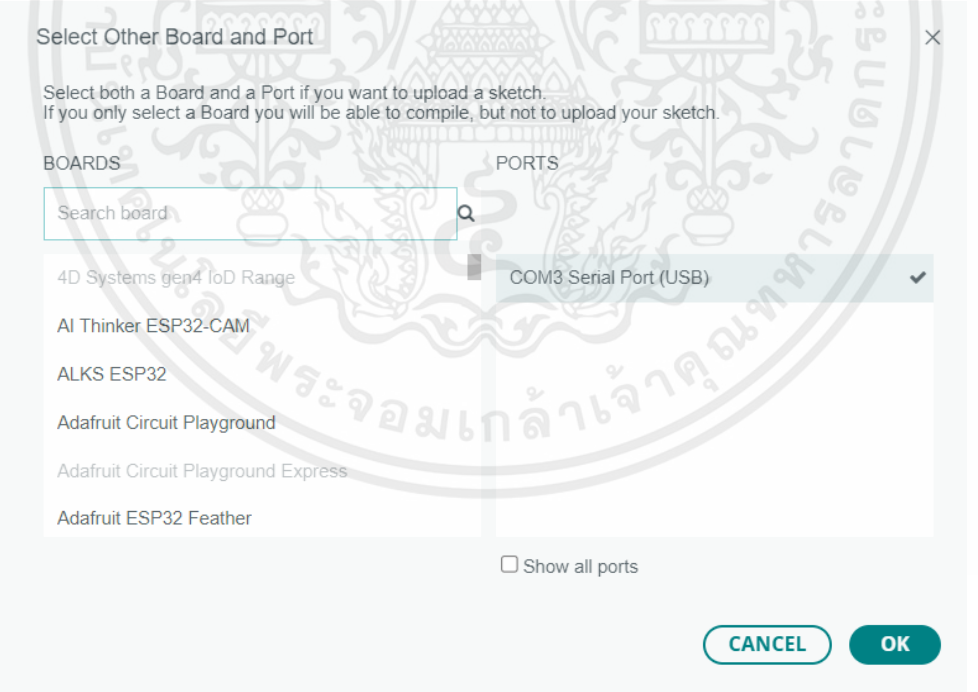
วิธีการบันทึกข้อมูล Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ต่อบอร์ด Arduino เข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านสาย USB (แนะนำให้ต่อครั้งละ 1 บอร์ดป้องกันการสับสน)
6. ตั้งค่าเพื่อบอก Arduino IDE ว่าจะอัปโหลดโปรแกรมให้กับ Board รุ่นอะไร และอัปโหลดผ่าน Port ไหน



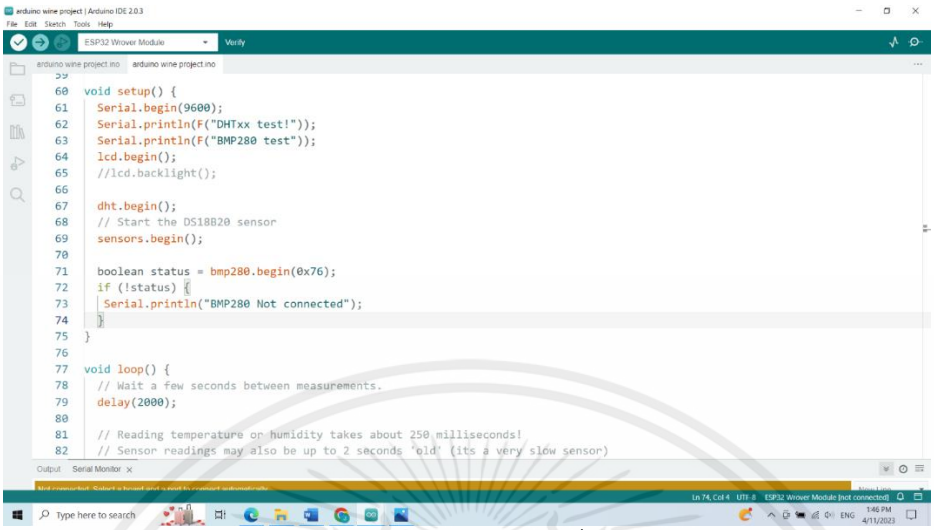
วิธีการเลือก Board Arduino IDE



วิธีการเลือก Port Arduino IDE

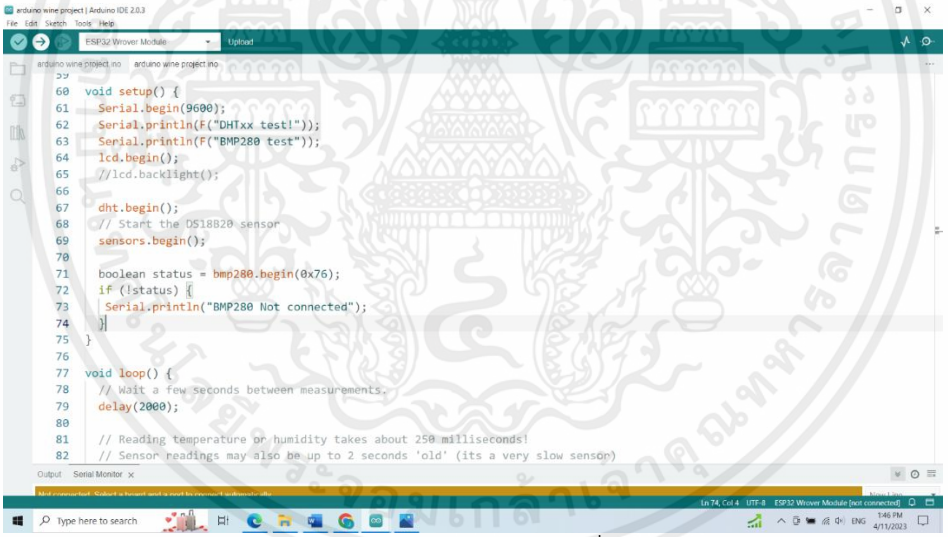
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. คลิกปุ่ม Verify ตรวจสอบความถูกต้องของโค้ดที่เขียน



กด Verify ตรวจสอบโค้ดที่เขียน

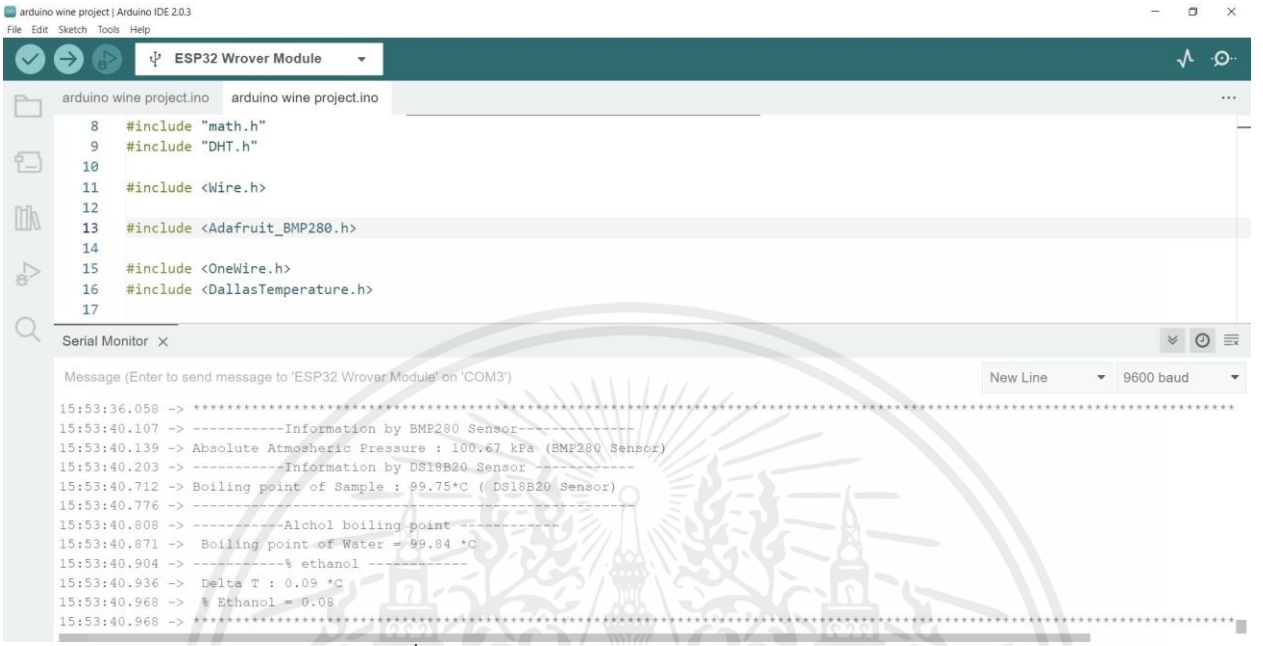
8. คลิกปุ่ม Upload ลงบอร์ด (กรณีต่อบอร์ดจริง)



กด Upload ตรวจสอบโค้ดที่เขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.กด Serial Monitor เพื่อดูข้อมูลที่ Upload เข้าไปในคอมพิวเตอร์ส่งเข้าไปยัง Arduino ESP32 ที่รับข้อมูลมาจากเซ็นเซอร์แสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์



แสดงผลจากโค้ดที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE บนหน้าจอคอมพิวเตอร์

10.ข้อมูลที่ Upload เข้าไปในคอมพิวเตอร์ส่งเข้าไปยัง Arduino ESP32 ที่รับข้อมูลมาจากเซ็นเซอร์แสดงผลที่หน้าจอ LCD

แสดงผลจากโค้ดที่เขียนในโปรแกรม Arduino IDE บนหน้าจอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. โค้ด Arduino IDE

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

#include "math.h"
#include "DHT.h"

#include <Wire.h>

#include <Adafruit_BMP280.h>

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define DHTPIN 4 // Digital pin connected to the DHT sensor
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22  (AM2302), AM2321

//pin of BMP280 Sensor
#define BMP_SDA 21
#define BMP_SCL 22
Adafruit_BMP280 bmp280;

//pin of DS18B20 Sensor
#define ONE_WIRE_BUS 5

// Initialize DHT sensor.
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// Initialize BMP280 Sensor.

// Initialize DS18B20 Sensor.
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println(F("DHTxx test!"));
  Serial.println(F("BMP280 test"));
  lcd.begin();
  //lcd.backlight();

  dht.begin();
  // Start the DS18B20 sensor
  sensors.begin();

  boolean status = bmp280.begin(0x76);
  if (!status) {
   Serial.println("BMP280 Not connected");
  }
}

void loop() {
  // Wait a few seconds between measurements.
  delay(2000);

  // Reading temperature or humidity takes about 250 milliseconds!
  // Sensor readings may also be up to 2 seconds 'old' (its a very slow sensor)
  float h = dht.readHumidity();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  // Read temperature as Celsius (the default)
  float t = dht.readTemperature();
  // Read temperature as Fahrenheit (isFahrenheit = true)
  float f = dht.readTemperature(true);

  // Check if any reads failed and exit early (to try again).
  if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
    Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
    return;
  }

  // Compute heat index in Fahrenheit (the default)
  float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
  // Compute heat index in Celsius (isFahreheit = false)
  float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);

Serial.println("---------Information by DHT22 Sensor---------------");
Serial.print(F("Humidity by DHT 22: "));
Serial.print(h);
Serial.print(F("%  Temperature by DHT 22 : "));
Serial.print(t);
Serial.print(F("*C , "));
Serial.print(f);
Serial.print(F("*F  Heat index by DHT 22 : "));
Serial.print(hic);
Serial.print(F("*C "));
Serial.println("-------------------------------------------------");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Serial.println("----------Information by BMP280 Sensor----------");
float temp = bmp280.readTemperature();
float press = bmp280.readPressure() / 1000;
Serial.print("Absolute Atmosheric Pressure : ");
Serial.print(press);
Serial.println(" kPa (BMP280 Sensor)");
Serial.println("-----------------------------------------------------");

Serial.println("----------Information by DS18B20 Sensor ----------");
sensors.requestTemperatures(); //อ่านข้อมูลจาก library
float temperatureC = sensors.getTempCByIndex(0);
float temperatureF = sensors.getTempFByIndex(0);
Serial.print("Boiling point of Sample : ");
Serial.print(temperatureC);
Serial.println("*C ( DS18B20 Sensor) ");
Serial.println("-----------------------------------------------------");

Serial.println("----------Alchol boiling point ----------");
float boilingpoint = 100*sqrt(sqrt(press/101.325)) ;

Serial.print(" Boiling point of Water = ");
Serial.print(boilingpoint);
Serial.println(" *C");
Serial.println("----------% ethanol ----------");

float deltaT =  boilingpoint - temperatureC;
float Ethanol = (0.0593*deltaT*deltaT) + (0.8859 * deltaT);
Serial.print(" Delta T : ");
Serial.print(deltaT);
Serial.println(" *C ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("% Eth Samp Water");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.printf("%.2f %.2f %.2f\n",Ethanol,temperatureC,boilingpoint);

Serial.print(" % Ethanol = ");
Serial.println(Ethanol);



Serial.println("**********************************************************************
**********************************************************************");
delay(2000);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค. ที่มาของสูตรคำนวณเซ็นเซอร์ในโค้ด Arduino IDE บันทึกใน Arduino ESP32

การตรวจสอบค่าแอลกอฮอล์

1) หาอุณหภูมิจุดเดือดได้จากสมการ

BoilingPoint = 100√(√(P/101.325))

โดยที่ P คือ ความดันที่วัดจากเซ็นเซอร์ BMP280

2) หาผลต่างอุณหภูมิได้จากสมการ

ΔT = BoilingPoint - T_{wine}

โดยที่ T_{wine} คือ อุณหภูมิของไวน์ที่วัดจากเซ็นเซอร์ DS18B20

3) หาเปอร์เซ็นต์เอทานอลในไวน์ได้จากสมการ

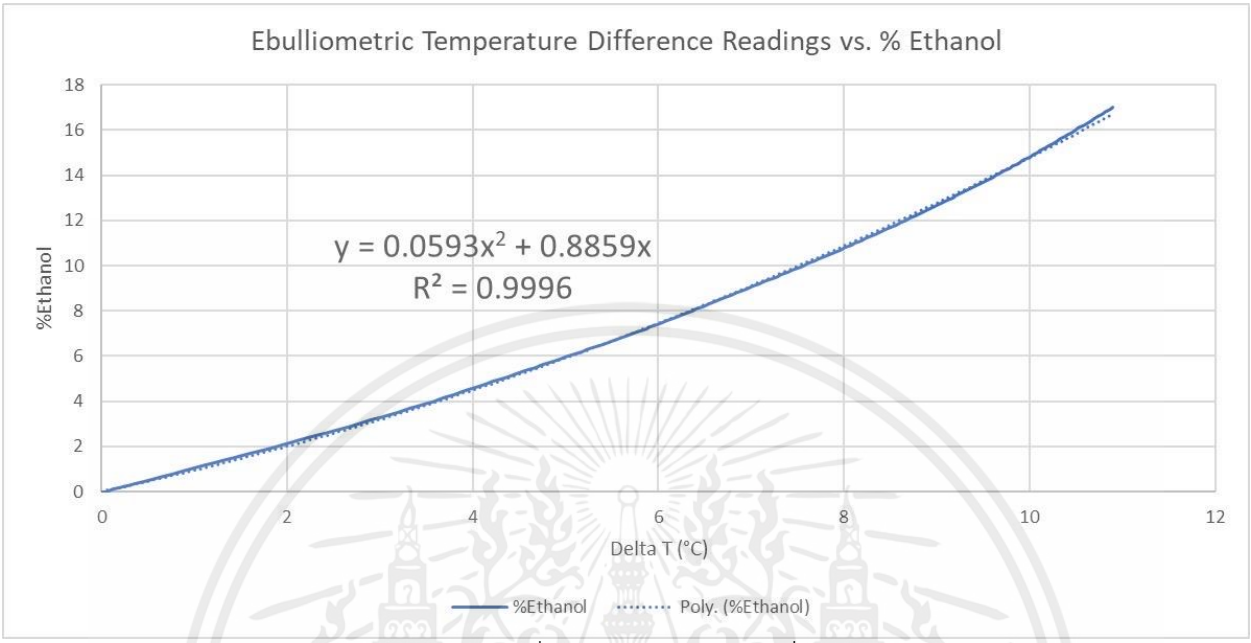
$Ethanol = (0.0593 \times \Delta T^2) + (0.8859 \times \Delta T)$

%Ethanol	ΔT	%Ethanol	ΔT	%Ethanol	ΔT	%Ethanol	ΔT	%Ethanol	ΔT	%Ethanol	ΔT	%Ethanol	ΔT
0.00	0.00	2.10	1.96	4.60	4.01	7.10	5.79	9.60	7.32	12.10	8.71	14.60	9.91
0.01	0.05	2.20	2.05	4.70	4.09	7.20	5.87	9.70	7.39	12.20	8.77	14.70	9.95
0.10	0.10	2.30	2.13	4.80	4.16	7.30	5.91	9.80	7.44	12.30	8.82	14.80	10.01
0.15	0.14	2.40	2.22	4.90	4.22	7.40	5.99	9.90	7.51	12.40	8.87	14.90	10.04
0.20	0.20	2.50	2.31	5.00	4.31	7.50	6.05	10.00	7.57	12.50	8.92	15.00	10.09
0.25	0.24	2.60	2.41	5.10	4.39	7.60	6.11	10.10	7.61	12.60	8.97	15.10	10.12
0.30	0.30	2.70	2.50	5.20	4.45	7.70	6.18	10.20	7.68	12.70	9.02	15.20	10.17
0.35	0.34	2.80	2.59	5.30	4.52	7.80	6.24	10.30	7.73	12.80	9.07	15.30	10.21
0.40	0.39	2.90	2.68	5.40	4.59	7.90	6.30	10.40	7.79	12.90	9.12	15.40	10.26
0.50	0.49	3.00	2.76	5.50	4.68	8.00	6.37	10.50	7.85	13.00	9.18	15.50	10.30
0.60	0.58	3.10	2.83	5.60	4.73	8.10	6.41	10.60	7.91	13.10	9.21	15.60	10.33
0.70	0.67	3.20	2.91	5.70	4.81	8.20	6.49	10.70	7.97	13.20	9.26	15.70	10.38
0.80	0.77	3.30	3.01	5.80	4.89	8.30	6.54	10.80	8.01	13.30	9.31	15.80	10.42
0.90	0.85	3.40	3.09	5.90	4.96	8.40	6.60	10.90	8.08	13.40	9.36	15.90	10.47
1.00	0.94	3.50	3.18	6.00	5.02	8.50	6.66	11.00	8.12	13.50	9.41	16.00	10.50
1.10	1.03	3.60	3.25	6.10	5.10	8.60	6.72	11.10	8.19	13.60	9.46	16.10	10.53
1.20	1.12	3.70	3.32	6.20	5.18	8.70	6.79	11.20	8.23	13.70	9.51	16.20	10.59
1.30	1.22	3.80	3.41	6.30	5.23	8.80	6.84	11.30	8.29	13.80	9.56	16.30	10.63
1.40	1.31	3.90	3.49	6.40	5.31	8.90	6.91	11.40	8.35	13.90	9.61	16.40	10.67
1.50	1.41	4.00	3.58	6.50	5.39	9.00	6.97	11.50	8.40	14.00	9.64	16.50	10.70
1.60	1.50	4.10	3.64	6.60	5.46	9.10	7.02	11.60	8.45	14.10	9.69	16.60	10.74
1.70	1.59	4.20	3.71	6.70	5.52	9.20	7.09	11.70	8.51	14.20	9.73	16.70	10.79
1.80	1.69	4.30	3.80	6.80	5.59	9.30	7.14	11.80	8.57	14.30	9.79	16.80	10.82
1.90	1.79	4.40	3.86	6.90	5.66	9.40	7.21	11.90	8.61	14.40	9.82	16.90	10.87
2.00	1.88	4.50	3.93	7.00	5.72	9.50	7.28	12.00	8.67	14.50	9.88	17.00	10.90

ตารางแสดง %Ethanol กับผลต่างอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำค่าในค่าตารางมาวาดกราฟหาสูตร %Ethanol ในโปรแกรม Microsoft Excel



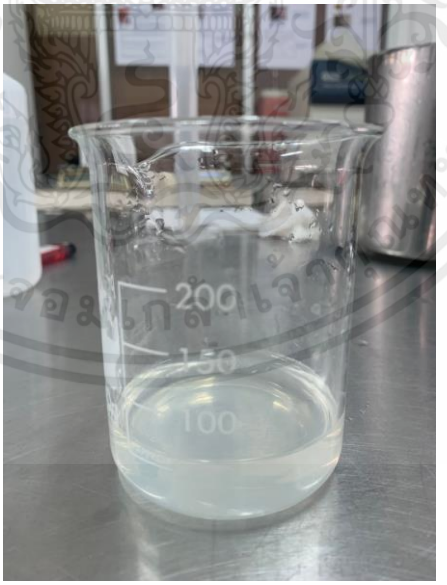
สูตร %Ethanol ที่ได้จากข้อมูลในตารางที่สร้างกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง. วิธีการวัด Ebulliometer

1) เตรียมอุปกรณ์ตรวจสอบความสะอาดของเครื่องมือ

2) ทำการสอบเทียบน้ำ 50 มิลลิลิตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ทำการตวงอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของไวน์ทุเรียนกับน้ำตามที่กำหนดรวมได้ 50 มิลลิลิตร

4) ตวงตัวทดลอง 50 มิลลิลิตร ถึงขีด VIN ใส่ในหลอด EAU – VIN

5) ใส่ตัวทดลองในช่องใส่ตัวทดลองเครื่อง Ebulliometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ใส่ตัวเทอร์โมมิเตอร์

7) ใส่น้ำหล่อเย็นเข้าไปในช่อง Condenser

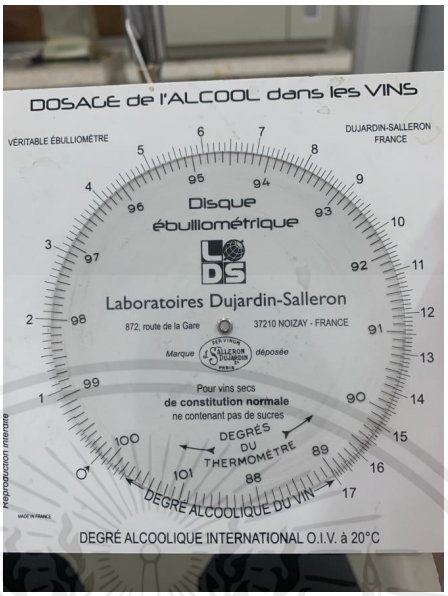
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) จุดไฟใส่ตะเกียงแอลกอฮอล์

9) รอให้อุณหภูมิจุดเดือดคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) นำอุณหภูมิจุดเดือดไปเทียบกับแผ่นเทียบ %Ethanol



11) เปิดก๊อกน้ำระบายตัวทดลองออกจากเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12) เอาน้ำกลั่นล้างให้ตัวทดลองที่ใช้แล้วค้างอยู่ในเครื่องออกจนหมด

13) เทน้ำหล่อเย็นที่หายเย็นแล้วออก

14) ทำวนขั้นตอนจนเสร็จทุกตัวทดลอง

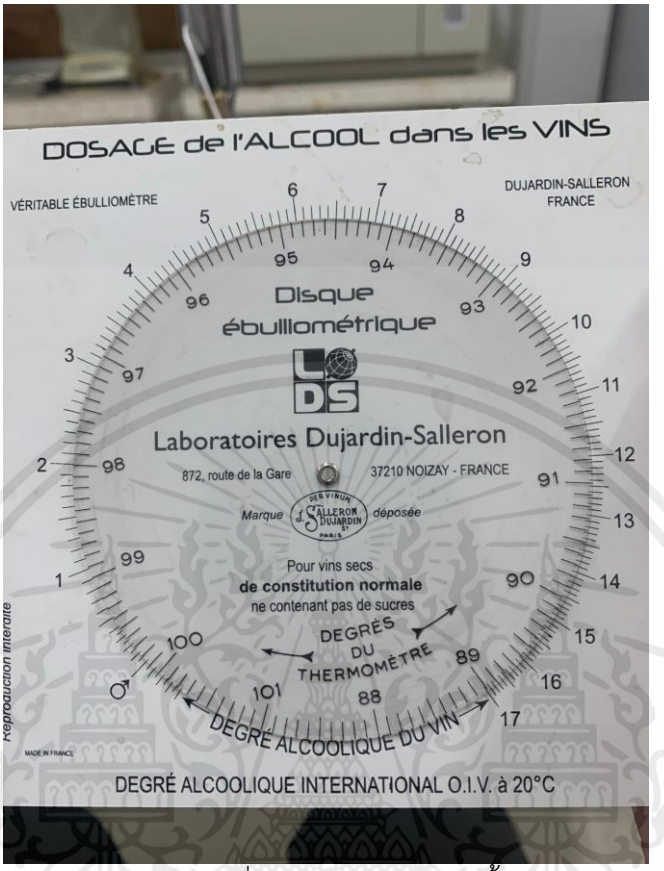
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ. ผลการทดลองหาค่า %Ethanol ในไวน์ทั้ง Ebulliometer และ Arduino ESP32

การทดลองทดลองหาค่า %Ethanol ในไวน์ทั้ง Ebulliometer และ Arduino ESP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองจาก Ebulliometer



อุณหภูมิที่ได้จากการสอบเทียบน้ำ

ความเข้มข้นไวน์ 0% %Ethanol = 0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นไวน์ 20% %Ethanol = 2.00

ความเข้มข้นไวน์ 40% %Ethanol = 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นไวน์ 50% %Ethanol = 4.28

ความเข้มข้นไวน์ 60% %Ethanol = 5.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นไวน์ 80% %Ethanol = 6.77

ความเข้มข้นไวน์ 100% %Ethanol = 9.12

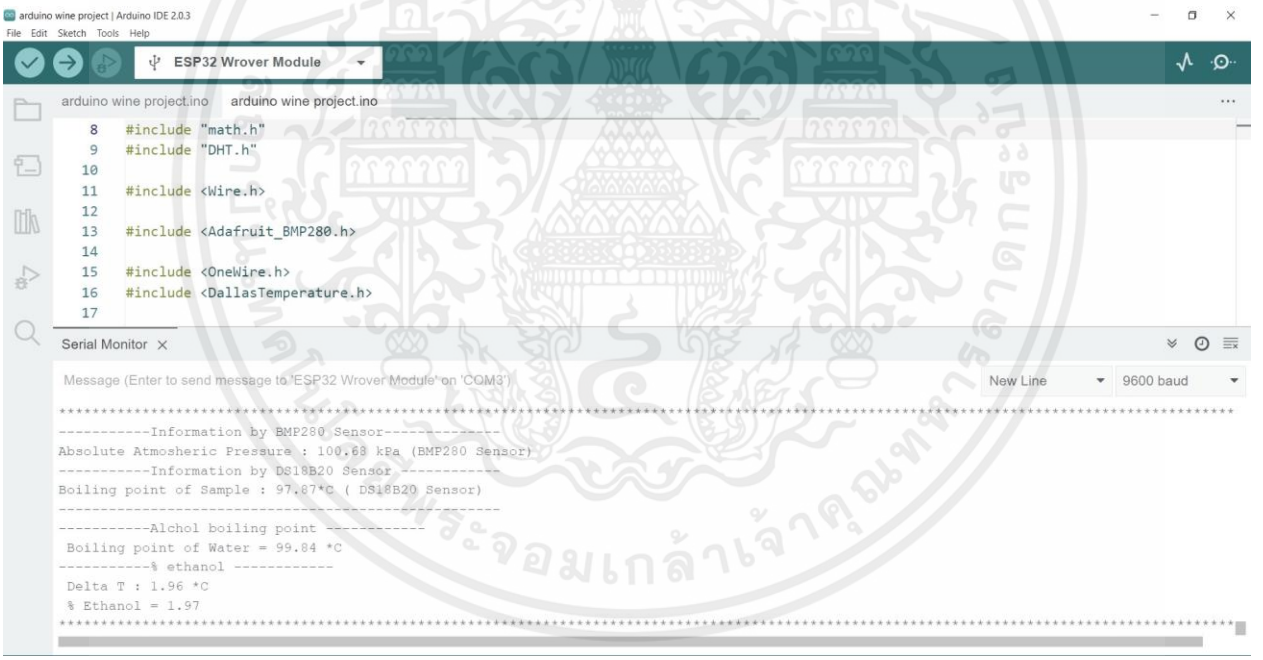
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองจาก Arduino ESP32

ความเข้มข้นไวน์ 0% %Ethanol = 0.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นไวน์ 20% %Ethanol = 1.97

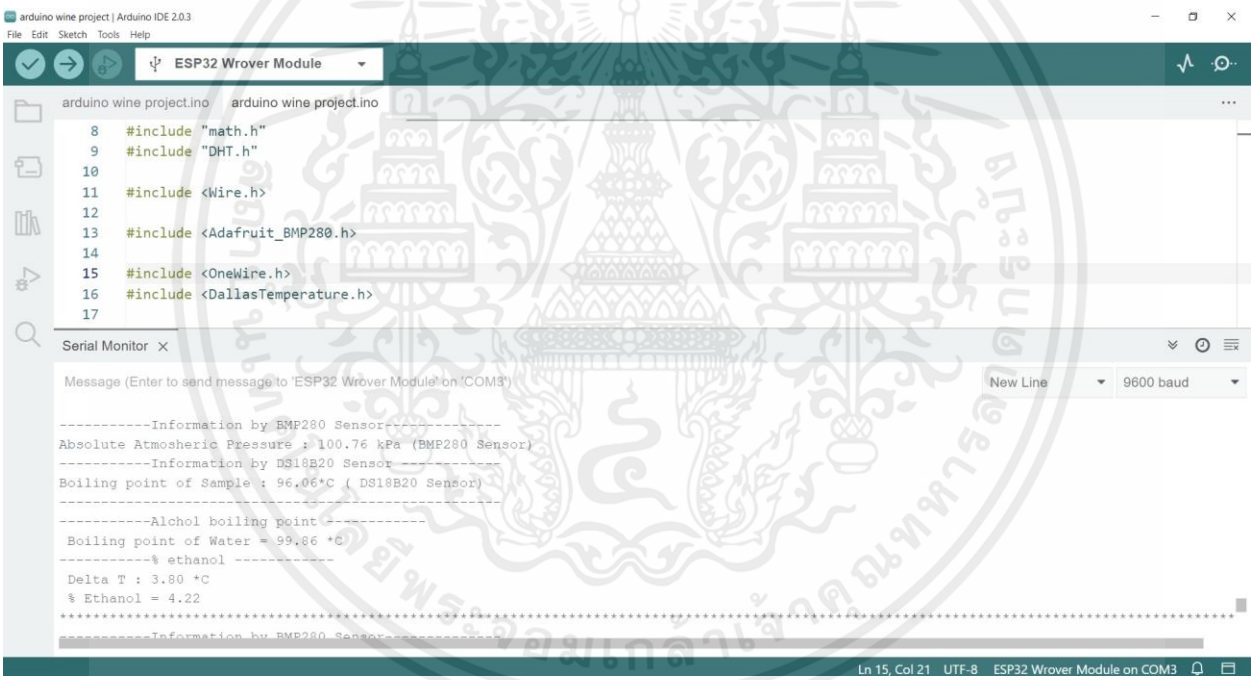


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นไวน์ 40% %Ethanol = 3.15

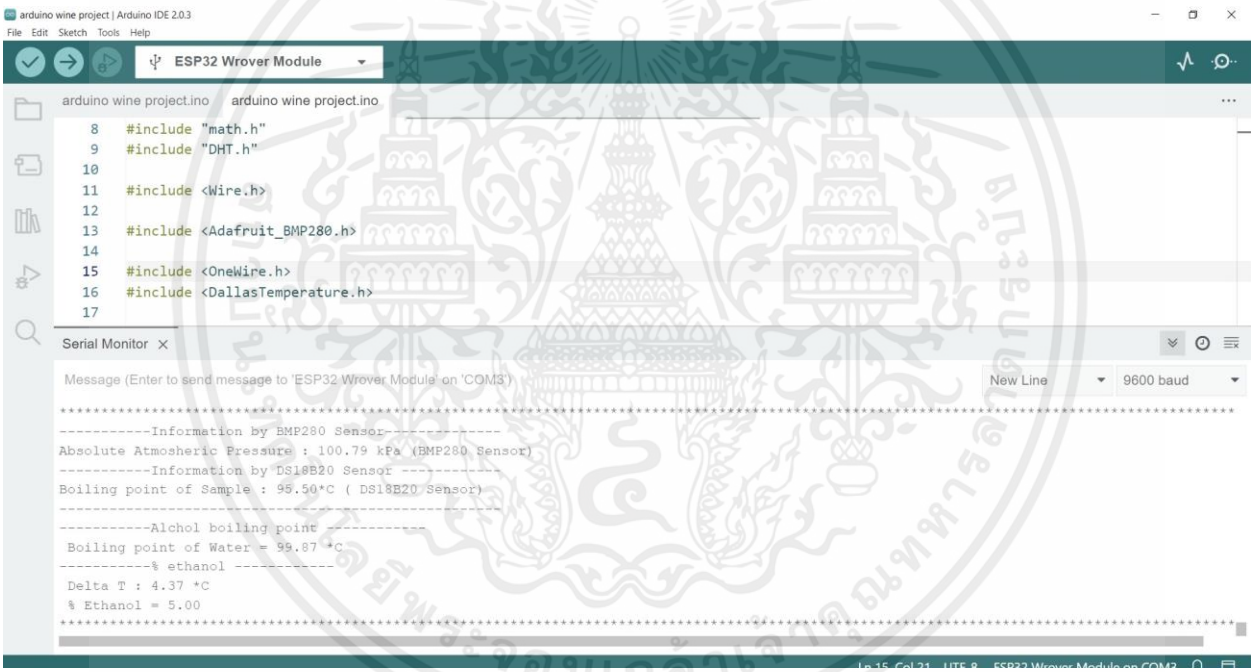
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นไวน์ 50% %Ethanol = 4.22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นไวน์ 60% %Ethanol = 5.00

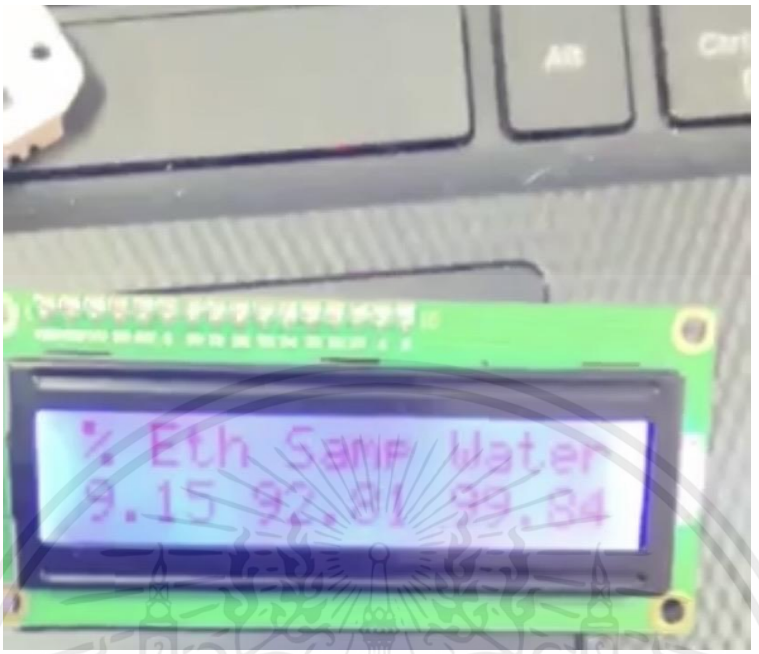


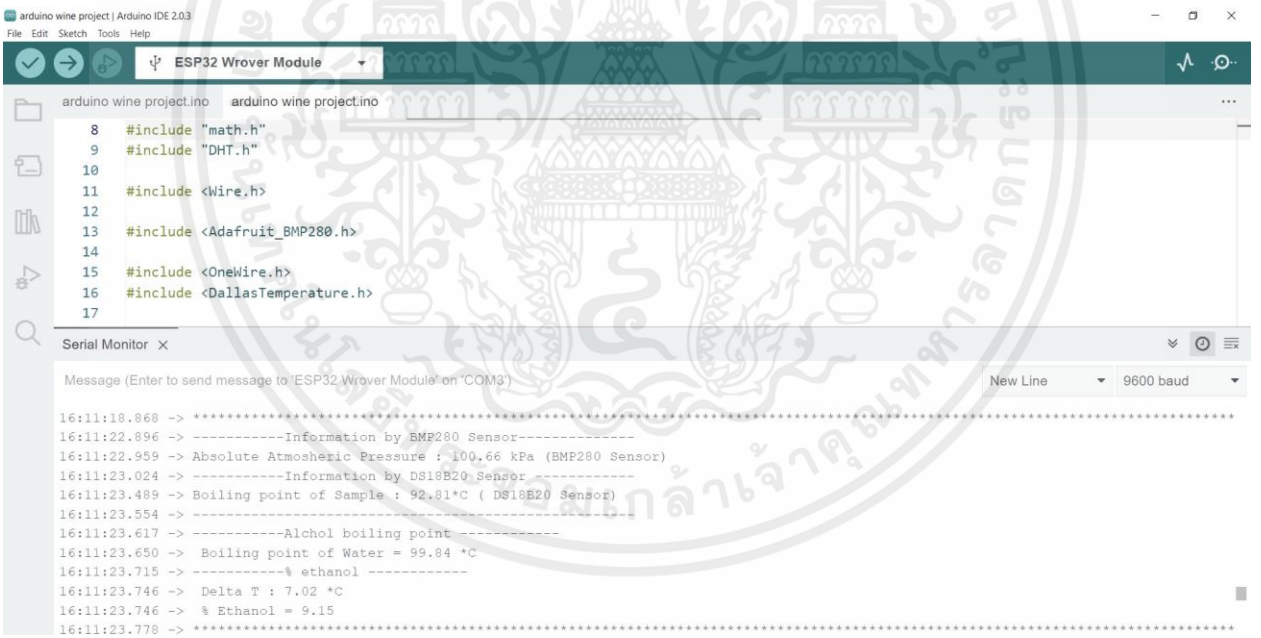
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นไวน์ 80% %Ethanol = 6.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นไวน์ 100% %Ethanol = 9.15





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้