

ศึกษาผลกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่มีผลต่อ
คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและสีของน้ำมะนาว

นางสาวชลธิชา ดวงอำไพ



การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2564

**The Effect of Pasteurization on the Sensory
and Color Properties of Lemonade**

Miss Chonticha Duangapai



An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Science in Industrial Technology
School of Science and Technology
Sukhothai Thammathirat Open University

2021

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ ศึกษาผลกระทบของการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่มีผลต่อ
คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและสีของน้ำมะนาว
ชื่อและนามสกุล นางสาวชลธิชา ดวงอำไพ
แขนงวิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีรานูช บุคดีจิ้น

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2563

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีรานูช บุคดีจิ้น)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤติกา ต้นประเสริฐ)

.....
(อาจารย์ ดร.สิทธิชัย รัชชโยธิน)

ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ ศึกษาผลกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่มีผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและสีของน้ำมะนาว

ผู้ศึกษา นางสาวชลธิชา ดวงอำไพ รหัสนักศึกษา 2599600091 **ปริญญา** วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราณูช บุคคีจัน
ปีการศึกษา 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่มีผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น สี และรสชาติ โดยศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว ซึ่งแบ่งเป็นการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิต่ำ 62.8 - 65.6 องศาเซลเซียส เวลา 15, 30 นาที กับอุณหภูมิสูง 71.1 - 74.0 องศาเซลเซียส เวลา 15, 30 วินาที ในระยะเวลาจัดเก็บ 0, 7, 14, 21 วัน ที่อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส ประเมินผ่านแบบสอบถามโดยผู้ที่ผ่านการคัดเลือก จากนั้นวิเคราะห์ค่าสีของน้ำมะนาว น้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ที่จัดเก็บในระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน กับกลุ่มวัตถุแต่งกลิ่น และเครื่องดื่มมะนาว ด้วยเครื่อง X-rite โดยโปรแกรม Color-iControl ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิดเหมาะสม ที่อุณหภูมิ 71.1 - 74.0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที รักษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น, สี และรสชาติได้ดี เมื่อจัดเก็บที่อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน เมื่อวิเคราะห์ค่าสีของน้ำมะนาวผ่านเครื่อง X-rite ค่าปริมาณความแตกต่างของสีโดยรวม (DE*) เพิ่มขึ้นจากค่า 1.7 เป็น 6.16 สำหรับน้ำมะนาวที่ไม่พาสเจอร์ไรซ์กับผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ โดยมีน้ำมะนาวคั้นสดเป็นตัวควบคุม โดยพบว่าค่าความสว่าง (L*) ทำให้เกิดความแตกต่างสำหรับกลุ่มวัตถุแต่งกลิ่นและเครื่องดื่มมะนาวจะมีค่าความเป็นสีเขียวที่แตกต่างจากน้ำมะนาวคั้นสด

คำสำคัญ น้ำมะนาว กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและสี

Independent Study title: The Effect of Pasteurization on the Sensory and Color Properties of Lemonade.

Author: Miss Chonticha Duangampai; **ID:** 2599600091;

Degree: Master of Science (Industrial Technology);

Independent Study advisor: Dr. Jeeranuch Buddeejeen Assistant Professor;

Academic year: 2021

Abstract

The objectives of this research were the effect of the lemonade pasteurization process on sensory properties of smell, color, and taste. The lemonade pasteurization process was divided into low-temperature pasteurization 62.8 - 65.6 °C time 15, 30 min with high temperature 71.1 - 74.0 °C time 15, 30 s for storage time 0, 7, 14, and 21 days at 2 - 5 °C Assessed through a questionnaire by people who were selected. Then analyze the color of lemonade, non-pasteurized lemonade, pasteurized lemonade stored for 0, 1, 3, 5, 7, 9, and 11 days with flavoring agents and lemon drinks by X-rite with Color-iControl program. The results showed that the closed system lemonade pasteurization process was suitable at 71.1 - 74.0°C for 30 seconds to maintain smell, color, and taste's good sensory properties. When stored at 2 - 5 °C for 21 days, the samples analyzed the color of lemonade through X-rite, and the total color difference content (DE*) increased from 1.7 to 6.16 from the non pasteurized lemonade to pasteurization with freshly squeezed lemonade as control. It found that the brightness of (L*) made a difference. For flavoring agents and lemon drinks, it has a different green color than freshly squeezed lemonade.

Keywords: Lemonade, Pasteurization process, Sensory and Color Properties

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากผู้มีอุปการคุณ ที่ให้การสนับสนุน เสนอแนะ และคำแนะนำในประเด็นต่างๆ สำหรับการศึกษา ผู้วิจัยจึงขอ ถูโอกาสนี้แสดงความขอบคุณต่อผู้มีอุปการคุณ ดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จีรานุช บุคดีจิ้น ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา งานวิจัยฉบับนี้ โดยเป็นผู้ที่ให้ความรู้ แนวคิด แนวทางในการดำเนินการศึกษา และข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยฉบับนี้ รวมถึงการผลักดัน การสนับสนุน การดูแลเอาใจใส่ การ ตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบและข้อมูล และการช่วยเหลือเป็นอย่างดี จึงทำให้งานวิจัยฉบับนี้ และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ผู้ทดสอบ คือ กลุ่มชุมชนชนนาคกรุงไทย สาขาเสาไห้ จังหวัดสระบุรี และ คุณณรงค์ฤทธิ์ บริษัท ลีพัฒนาอาหารสัตว์ จำกัด จังหวัดสระบุรี ที่ความช่วยเหลือในการทำ แบบสอบถามในการดำเนินงานวิจัยอย่างดี และอนุเคราะห์การสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์จึงทำให้ งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการ บริษัท ลีพัฒนาอาหารสัตว์ จำกัด จังหวัดสระบุรี ซึ่งให้ ความช่วยเหลือในเรื่อง อุปกรณ์ในการสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ให้ได้มาตรฐาน เพื่อใช้ในการ ทดลอง จึงทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่ให้การอุปการะในด้านการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง การอำนวยความสะดวกด้านต่างๆ และทางด้านจิตใจ ที่คอยให้การสนับสนุนส่งเสริมในเรื่อง การศึกษาจนสำเร็จไปได้ด้วยดี

ประโยชน์และคุณค่าที่พึงมีจากสารนิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาคุณ แต่ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีอุปการคุณทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูงยิ่ง

ชลธิชา ดวงอำไพ

กุมภาพันธ์ 2562

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	3
กรอบแนวคิดการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	6
1. มะนาว	6
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	6
2. กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์	6
ผลของอุณหภูมิ เวลา พาสเจอร์ไรซ์ต่อคุณภาพน้ำมะนาว	6
ผลของการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอส	7
3. การยืดอายุการเก็บรักษามะนาว	9
4. การคัดเลือก, การฝึกฝนผู้ชิม และการทดสอบทางประสาทสัมผัส	11
5. การวิเคราะห์หีส	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	14
1. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย	14
อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำมะนาวคั้นสด	14
วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย	14
เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์	14
2. วิธีดำเนินงานวิจัย	15
ขั้นตอนการเตรียมน้ำมะนาว	15
การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่สภาวะต่างๆ	16
การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิด	16
การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิด	17
การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว ที่เหมาะสมในการจัดเก็บระยะเวลา 21 วัน	19
การศึกษาการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาว	20
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล	21
การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่สภาวะต่างๆ	21
การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว ที่เหมาะสมในการจัดเก็บระยะ 21 วัน	23
การศึกษาการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาว	24
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	24
การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่สภาวะที่ต่างๆ	24
การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว ที่เหมาะสมในการจัดเก็บระยะ 21 วัน	25
การศึกษาการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาว	25
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	26
1. การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่สภาวะต่างๆ	27
การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิด	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิด.....	27.
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิด.....	31
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิด.....	36
การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิด.....	42
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด.....	42
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด.....	45
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด.....	49
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด (ซ้ำครั้งที่ 1).....	52
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด (ซ้ำครั้งที่ 1).....	53
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด (ซ้ำครั้งที่ 1).....	54
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด (ซ้ำครั้งที่ 2).....	56
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด (ซ้ำครั้งที่ 2).....	57
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด (ซ้ำครั้งที่ 2).....	58
2. การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว ที่เหมาะสมในการจัดเก็บระยะเวลา 21 วัน	61

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ในระยะจัดเก็บ 21 วัน.....	61
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ในระยะจัดเก็บ 21 วัน.....	62
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสามสัมพัทธ์เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ในระยะจัดเก็บ 21 วัน.....	64
3. การศึกษาการวิเคราะห์หีสึของน้ำมะนาว	66
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	76
สรุปการวิจัย	76
อภิปรายผล	76
ข้อเสนอแนะ	79
บรรณานุกรม	80
ประวัติผู้ศึกษา	107



บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะนาว จัดได้ว่าเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่ง ที่ตลาดมีความต้องการสูงตลอดทั้งปี และจากอัตราการเพิ่มของพลเมือง และการขยายตัวของเศรษฐกิจที่มีแนวโน้มค่อนข้างสูง รวมทั้งการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมีการนำมะนาวมาใช้เป็นวัตถุดิบส่วนประกอบอาหารที่ใช้ในปัจจุบัน จึงทำให้มะนาวมีบทบาทสำคัญ ทางการค้ามากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ประมาณเดือน มีนาคม - เมษายน ของทุกปี มะนาวจะมีราคาสูงกว่าปกติ คือมีราคาถูกลง 3 - 4 บาท ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงฤดูแล้งจะมีผลผลิตมะนาวออกสู่ตลาดน้อย ดังนั้นจึงทำให้มีผู้สนใจหันมาปลูกมะนาวนอกฤดูกันมาก (รักบ้านเกิด, 2555¹) ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะนาวทั้งหมดประมาณ 140,000 ไร่ ผลผลิตมะนาวทั้งประเทศมีประมาณ 3 ล้านผล โดยแหล่งปลูกมะนาวกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ ส่วนใหญ่เป็นการปลูกเพื่อบริโภค โดยแบ่งเป็นใช้บริโภคโดยตรงในประเทศ 81 เปอร์เซ็นต์ และส่งเข้าตรงงานแปรรูป 19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปัจจุบันมะนาวเป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตเครื่องสำอางประเภทสบู่น้ำหอม และส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ประเภทซักล้างเพื่อประสิทธิภาพในการทำความสะอาด (การปลูกมะนาวในประเทศไทย, 2558)²

¹การปลูกมะนาว, (2555). กรมส่งเสริมการเกษตร. สืบค้นจาก https://baanjomyut.com/library_5/knowledge/crops.

²การปลูกมะนาวในประเทศไทย, (2558). กรมส่งเสริมการเกษตร. สืบค้นจาก <https://rakbankerd.com/agriculture/>

ในปัจจุบันมีการศึกษาพฤติกรรมการใช้น้ำมะนาวในเขตเทศบาลนครขอนแก่น โดยใช้วิธีการสำรวจโดยแบบสอบถามจากผู้บริหารร้านอาหาร พบว่า ส่วนใหญ่ใช้น้ำมะนาวสด ในการปรุงอาหาร ส่วนใหญ่ผู้บริหารร้านเป็นคนตัดสินใจเลือกซื้อ และซื้อที่ตลาดสด ให้ความสำคัญในการเลือกซื้อจากคุณภาพ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อมะนาวมากที่สุด คือ น้ำมะนาวมีรสชาติคงที่ น้ำมะนาวมีฉลากบอกวิธีใช้ วันผลิตและวันหมดอายุอย่างชัดเจน น้ำมะนาวได้รับมาตรฐานรับรอง น้ำมะนาวไม่เสีง่าย ราคามีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับคุณภาพ และปริมาณ ราคาคงที่ (ศิริณา และคณะ, 2559)³ จากผลผลิตของมะนาวมีปริมาณน้อยและมี น้ำน้อยในฤดูแล้ง ช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน ทำให้ราคามะนาวมีราคาสูงกว่าปกติ ทั้งการผลิต น้ำมะนาวคั้นสดที่ไม่เติมสารกันบูด มีอายุการจัดเก็บที่สั้น ทำให้มีการผลิตวัตถุดิบมะนาวหรือน้ำมะนาวเทียมมากขึ้น ซึ่งน้ำมะนาวเทียมส่วนใหญ่ผลิตมาจากกรดซิตริก หรือเรียกว่ากรดมะนาว ซึ่งเป็นกรดผลไม้ที่มีอยู่ในส้มหรือมะนาว โดยมีการใส่สี และปรุงแต่งให้ดูเหมือนน้ำมะนาวแท้ มีการผลิตออกจำหน่ายในรูปการบรรจุขวด หรือใส่ถุงพลาสติกมัดขาง แต่ผู้ผลิตบางรายมีการผลิตที่ไม่ถูกต้องและไม่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค จากการสุ่มตรวจตัวอย่างพบว่า น้ำมะนาวเทียมชนิดบรรจุถุงพลาสติกมัดขางมีกรดซิตริก 9 - 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณมากกว่า น้ำมะนาวแท้ ซึ่งน้ำมะนาวแท้จะพบกรดซิตริกเพียง 7.1 เปอร์เซ็นต์ หากผู้บริโภครับประทาน น้ำมะนาวเทียมที่มียีสต์ รา และกรดซิตริกมากเกินไปอาจทำให้เกิดการระคายเคืองกระเพาะอาหาร อวัยวะทางระบบทางเดินอาหาร และท้องเสีย (อันตราจจากน้ำมะนาวเทียม, 2552) ทั้งน้ำมะนาว คั้นสด มีอายุระยะเวลาการจัดเก็บที่สั้น เนื่องจากมีสาเหตุการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ได้แก่ รา และแบคทีเรีย เช่น *Erwinia* หรือ *Pseudomonas* สามารถสร้างเอนไซม์เพคติเนสได้ ย่อยเพกทินในผนังเซลล์ของผัก ผลไม้ โดยทำให้ผลไม้มีเนื้อนุ่ม และทำให้น้ำผลไม้คั้นสดแยกชั้น ซึ่งระหว่าง กระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นจะมีการใช้ความร้อนเพื่อทำลายเอนไซม์เพคติเนส ทำให้น้ำผลไม้ มีความคงตัว ไม่แยกชั้น และมีผลต่อความหนืดของน้ำผลไม้ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว โดยยังคงคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของ น้ำมะนาวและยึดอายุระยะเวลาการจัดเก็บ พร้อมทั้งศึกษาความแตกต่างระหว่างสีของน้ำมะนาวแท้ กับน้ำมะนาวเทียมและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของน้ำมะนาว เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถแยกความแตกต่างได้ และเป็นข้อมูลพื้นฐานไปประยุกต์ใช้งานในอนาคต

³ศิริณา เฮ้งบริบูรณ์, อารมณั ตัตตะวะศาตร์ และศักดิ์ชัย เจริญศิริพรกุล.(2559). การวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อเพิ่มยอดขาย น้ำมะนาวแท้แช่แข็ง ตรา ลาลา เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษากิจการ, มหาวิทยาลัยขอนแก่น,158-179.

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาผลกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ ที่มีผลต่อคุณสมบัติประสาทสัมผัสของน้ำมะนาว

2.2 เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของสีน้ำมะนาวคั้นสด, น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ กับน้ำมะนาวเทียม และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของน้ำมะนาว

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

3.1 ตัวแปรต้น คือ

3.1.1 อุณหภูมิการพาสเจอร์ไรซ์ ได้แก่ 62.8 - 65.6 องศาเซลเซียสและ 71.1 - 74.0 องศาเซลเซียส

3.1.2 ระยะเวลาการพาสเจอร์ไรซ์ ได้แก่ 15 วินาที, 30 วินาที, 15 นาทีและ 30 นาที

3.1.3 ระยะเวลาในการจัดเก็บ

3.2 ตัวแปรตาม คือ

3.2.1 ผลคะแนนความพึงพอใจคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น, สี, รสชาติ
คะแนนรวม

3.2.2 ผลการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาวคั้นสดกับช่วงเวลาการจัดเก็บ

3.3 ตัวแปรควบคุม คือ สายพันธุ์มะนาว ปริมาณบรรจุ บรรจุภัณฑ์ เทอร์โมมิเตอร์ที่ผ่านการสอบเทียบ และเครื่องมือวิเคราะห์สี X-rite พร้อมวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Color iControl

4. ขอบเขตของการวิจัย

4.1 สายพันธุ์มะนาวที่ศึกษาคือมะนาวแป้นซึ่งมีอายุการเก็บเกี่ยว 4 - 5 เดือนหลังจากออกดอก ซึ่งสามารถนำมาจำหน่ายสำหรับผู้บริโภค

4.2 ทำการศึกษาผลของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สีและรสชาติ โดยพิจารณาด้วยประสาทสัมผัสเท่านั้น

4.3 การวิเคราะห์สีน้ำมะนาวใช้เครื่องมือวิเคราะห์สี X - rite พร้อมวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Color iControl จากบริษัท Yamamoto Trading (Thailand) Co.,Ltd

5. นียามศัพท์เฉพาะ

5.1 มะนาว (Lime) หมายถึงไม้ผลชนิดหนึ่ง ผลมีรสเปรี้ยวจัด จัดอยู่ในสกุลส้ม (Citrus) ผลสีเขียว เมื่อสุกจัดจะเป็นสีเหลือง เปลือกบาง ภายในมีเนื้อแบ่งกลีบๆ ชุ่มน้ำมาก

5.2 น้ำมะนาว (lemonade) หมายถึง น้ำผลไม้ที่คั้นมาจากผลมะนาว รสชาติที่เปรี้ยวจัด

5.3 การพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) หมายถึง การถนอมอาหาร (food-preservation) โดยการใช้ความร้อน (thermal processing) เพื่อลดและทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) รวมทั้งจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย (food spoilage)

5.4 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส (Organoleptic properties) หมายถึง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงภายนอกที่สามารถสังเกตได้ด้วยประสาทสัมผัสหรือโดยใช้เครื่องมือ โดยงานวิจัยนี้จะพิจารณาคั่งนี้ กลิ่น สี และรสชาติ

5.5 น้ำมะนาวที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์

5.5.1 *LTLT-15m* หมายถึง น้ำมะนาวในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่อุณหภูมิ 62.8-65.6 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที (ตัวอย่าง 1)

5.5.2 *LTLT-30m* หมายถึง น้ำมะนาวในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่อุณหภูมิ 62.8-65.6 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที (ตัวอย่าง 2)

5.5.3 *HTST-15s* หมายถึง น้ำมะนาวในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่อุณหภูมิ 71.1-74.0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วินาที (ตัวอย่าง 3)

5.5.4 *HTST-30s* หมายถึง น้ำมะนาวในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่อุณหภูมิ 71.1-74.0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที (ตัวอย่าง 4)

5.5.5 *Control* หมายถึง ตัวอย่างน้ำมะนาวคั้นสดจากผลของมะนาว ณ วันที่ทำการทดสอบโดยไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ (ตัวอย่าง 5)

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นข้อมูลพื้นฐานและวิธีทางเลือกสำหรับการยืดระยะเวลาการจัดเก็บน้ำมะนาว ซึ่งกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์เป็นวิธีที่มีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และมีความปลอดภัย โดยยังคงรักษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น สี และรสชาติ ได้



บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะนาว (Lime) เป็นไม้ผลชนิดหนึ่ง ผลมีรสเปรี้ยวจัด จัดอยู่ในสกุลส้ม (*Citrus*) ผลสีเขียว เมื่อสุกจัดจะเป็นสีเหลือง เปลือกบาง ภายในมีเนื้อแบ่งกลีบๆ ชุ่มน้ำมาก นิยมใช้เป็นเครื่องปรุงรส นอกจากนี้ยังถือว่ามีคุณค่าทางโภชนาการและทางการแพทย์

การจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์

อาณาจักร: Plantae

หมวด: Magnoliophyta

ชั้น: Magnoliopsida

อันดับ: Sapindales

วงศ์: Rutaceae

สกุล: *Citrus*

สปีชีส์: *C. aurantifolia*

ชื่อทวินาม *Citrus aurantifolia*



ภาพที่ 2.1 มะนาว

ที่มา: <https://th.wikipedia.org/wiki/>

2. กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์

2.1 ผลของอุณหภูมิ เวลา พาสเจอร์ไรซ์ต่อคุณภาพน้ำมะนาว

การเสื่อมเสียของน้ำมะนาว ทั้งเกิดจากจุลินทรีย์ในกลุ่มยีสต์และรา การเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดการออกซิเดชัน (Oxidation) น้ำมันหอมระเหยที่มีอยู่บนผิวเปลือกมะนาวและปนในน้ำมะนาวขณะคั้น ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่นและรสชาติของน้ำมะนาว ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การลวกผลมะนาวก่อนการคั้น จะช่วยลดปริมาณน้ำมันหอมระเหยบน

ผิวมะนาว จึงช่วยลดการเกิด oxidation ได้ อีกทั้งการให้ความร้อนแก่น้ำมะนาวด้วยอุณหภูมิ 85°C จะช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพคตินเนส ต้นเหตุของการเกิดตะกอนในน้ำมะนาว จากการศึกษา พบว่าการลวกผลมะนาวก่อนการคั้นในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 วินาที และการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่ได้ ด้วยอุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 30 วินาที เป็นผลให้น้ำมะนาวที่ได้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมะนาวที่คั้นสด และไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลามากกว่า 4 สัปดาห์ (ผลของอุณหภูมิ เวลา และการลวกผลมะนาวต่อคุณภาพน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ สีวาพร สีวเวช และคณะ, 2002)

กรอบแนวคิดงานวิจัย ผลของอุณหภูมิ เวลา พาสเจอร์ไรซ์ต่อคุณภาพน้ำมะนาว

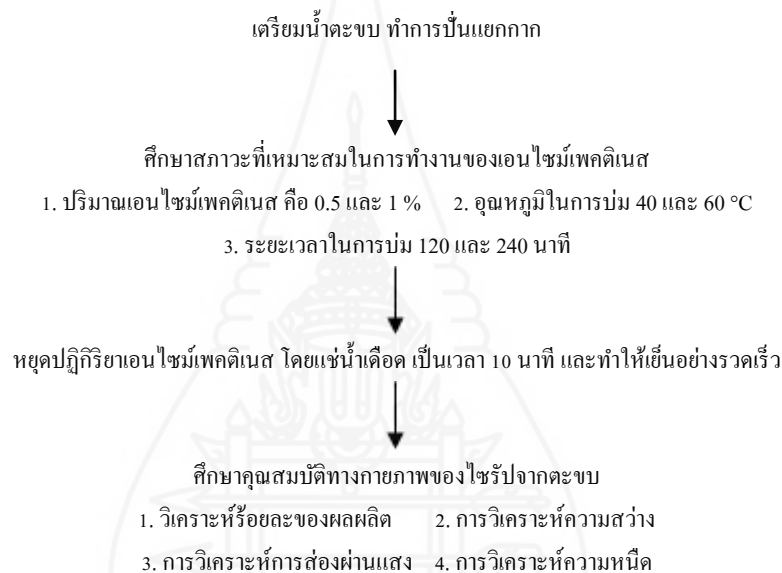


2.2 ผลของการทำงานของเอนไซม์เพคตินเนส

เอนไซม์เพคตินเนสเป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงสารประกอบเพคตินที่ผนังเซลล์พืช มีผลทำให้สารประกอบเพคตินมีขนาดโมเลกุลสั้นลง ส่งผลให้เนื้อสัมผัสที่แน่นมีความอ่อนตัว ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำผลไม้ที่สกัดได้ น้ำผลไม้มีลักษณะปรากฏ 2 อย่าง คือ ไส และขุ่น การผลิตน้ำผลไม้ใส มีกระบวนการที่ต้องผ่านขั้นตอนสำคัญ คือ หลังจากการคั้นน้ำผลไม้จะคั้นแยกตะกอนแขวนลอยของเพคติน เซลลูโลส ออกไป ถ้าเป็นตะกอนแข็ง เรียก เซลล์หิน (Stone Cell) สามารถกรองออกได้ง่ายด้วยตะแกรงหรือการเหวี่ยง แต่ถ้าหากเป็นเซลล์สีดี (Cotton Cell) หรือเซลล์แขวนลอยของคาร์โบไฮเดรต ซึ่งอาจเป็นทั้งเพคติน เซลลูโลส เมื่อรวมกับโปรตีนจะกรองแยกได้ยาก จึงต้องใช้วิธีของเอนไซม์เพคตินเนสย่อยสลายเพคตินให้เปิดออก เพื่อให้โมเลกุลโปรตีนในคอลลอยด์ และเพคตินมารวมกันเกิดเป็น โมเลกุลใหญ่ขึ้นจะได้มีโอกาสดกตะกอนได้ง่ายขึ้น

การศึกษาผลของเอนไซม์เพคตินเอส อุณหภูมิ และระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพไซรัปจากตะขบ พบว่า น้ำตะขบที่ตกตะกอนด้วยเอนไซม์เพคตินเอส โดยใช้เอนไซม์เพคตินเอสที่ความเข้มข้น 1 % (81.98%) บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 240 นาที ได้เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตน้ำตะขบที่สกัดได้ในปริมาณมากที่สุด กล่าวได้ว่า เมื่อเพิ่มสัดส่วนของเอนไซม์เพคตินเอส ต่อน้ำผลไม้ที่สูงขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และยังพบว่า อุณหภูมิในการบ่มและระยะเวลาในการบ่มเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ (ผลของเอนไซม์เพคตินเอส อุณหภูมิและระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพไซรัปจากตะขบ มยุรา วชิรศักดิ์ชัย, 2017)

กรอบแนวคิดงานวิจัย ผลของการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอส



Sing-Khurdiya และคณะ 1996 ทำการผลิตเครื่องดื่มฟรังก์อืดลมบรรจุขวดแก้ว โดยทำการสกัดน้ำฟรังก์ด้วยเอนไซม์เพคติกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (w/v) บ่มที่อุณหภูมิ 40 - 50 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำให้น้ำฟรังก์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 10 องศาบริกซ์ และปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.65 จากนั้นบรรจุน้ำฟรังก์ 50 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้ว และอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ความดัน 80 psi พาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เครื่องดื่มที่ตรวจไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ และเก็บได้นาน 3 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (23 - 41 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิต่ำ (3 - 5 องศาเซลเซียส) โดยยังคงได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี รสชาติและการยอมรับโดยรวม

Yeom และคณะ 2000 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางจุลินทรีย์ของน้ำส้มภายหลังการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์โดยให้น้ำส้มไหลผ่านแผ่นการแลกเปลี่ยนความร้อนที่อุณหภูมิ 94.6 องศาเซลเซียส นาน 60 วินาที บรรจุในถ้วยพลาสติกขนาด 180 มิลลิลิตร แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 4

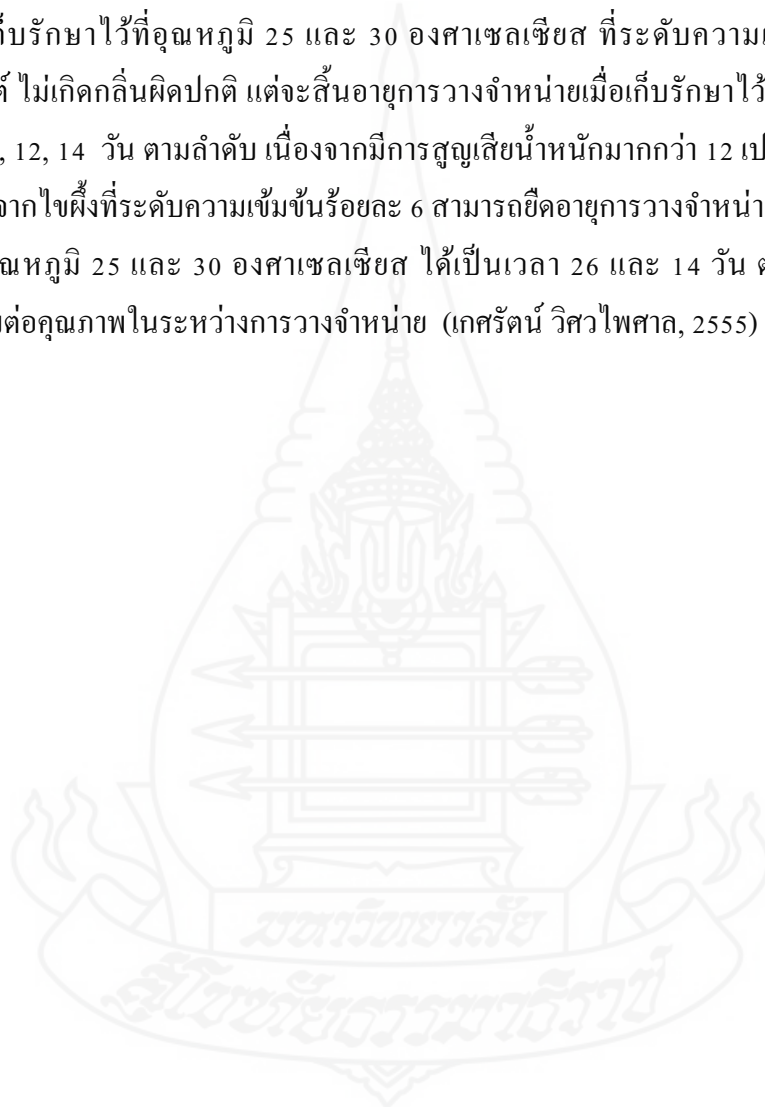
องศาเซลเซียส พบว่า น้ำส้มมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 6 log CFU/ml และภายหลังการแปรรูปมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดลดน้อยกว่า 1 log CFU/ml ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 112 วัน นอกจากนี้ น้ำส้มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์จะมีค่า L ลดลง แต่มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (browning index) เพิ่มขึ้นหลังจากการเก็บนาน 112 วัน Franworth และคณะ 2001 ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของน้ำส้มบรรจุขวดพลาสติกที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์แบบปลอดเชื้อ (aseptic system) ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส แล้วสุ่มตรวจตัวอย่างในเดือนที่ 2 และ 8 วิเคราะห์ทางเคมี พบว่า ปริมาณกรดซิตริกไม่มีการเปลี่ยนแปลงในการเปลี่ยนแปลงการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ซึ่งมีปริมาณ 161 มิลลิกรัมต่อน้ำส้ม 100 มิลลิลิตร แต่ปริมาณกรดแอสคอร์บิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จาก 53.5 เป็น 51.4 มิลลิกรัมต่อน้ำส้ม 100 มิลลิลิตร ในเดือนที่ 2 และ 8 ตามลำดับ

3. การยืดอายุการเก็บรักษาผลมะนาว

ศึกษาผลของสารเคลือบผิวคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวาและกรดจิบเบอเรลลิกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลมะนาว ทำการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยการเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเซลลูโลสจากผักตบชวา เคลือบผิวด้วยกรดจิบเบอเรลลิก และเคลือบผิวร่วมกันระหว่างกรดจิบเบอเรลลิกและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา หลังจากนั้นทำการฝังมะนาวให้แห้ง บรรจุในกล่องพลาสติก หุ้มด้วยฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 2 เปอร์เซ็นต์) ผลการศึกษาพบว่า การเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวาและกรดจิบเบอเรลลิก และเคลือบผิวร่วมกันระหว่างกรดจิบเบอเรลลิกและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของเปลือกผล ชะลอการเกิดโรค และยืดอายุการเก็บรักษาของมะนาวได้ โดยการเคลือบผิวคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา 1.5 เปอร์เซ็นต์ และเคลือบผิวร่วมกันระหว่างกรดจิบเบอเรลลิกและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา 0.5 เปอร์เซ็นต์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลมะนาวที่อุณหภูมิห้องได้นานสุด 27 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิวมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 18 วัน (วาสนา พิทักษ์พล, 2558)

การศึกษากการยืดอายุการวางจำหน่ายของผลมะนาวโดยสารเคลือบผิวจากใบฝรั่งต่อการยืดอายุการวางจำหน่ายของผลมะนาว โดยการนำผลมะนาวไปแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วเคลือบผิวผลด้วยสารเคลือบผิวจากใบฝรั่ง แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 - 85 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิปกติ (30 ± 3 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 65 - 70 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า การใช้สารเคลือบผิว

สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าชุดที่ไม่ได้ใช้สารเคลือบผิว โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ นั้น ผลมะนาวสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ตลอดจนการเก็บรักษาและเปลือกมะนาวยังคงมีสีเขียว แต่เกิดกลิ่นผิดปกติในผลมะนาวชุดที่เคลือบผิวที่ระดับความเข้มข้น 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และสภาพอุณหภูมิในการวางจำหน่ายที่ 30 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลมะนาวที่ไม่ได้เคลือบผิวและเคลือบผิวทั้งชุดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส ที่ระดับความเข้มข้น 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ไม่เกิดกลิ่นผิดปกติ แต่จะสั้นอายุการวางจำหน่ายเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 20, 22, 26 วัน และ 6, 12, 14 วัน ตามลำดับ เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ การใช้สารเคลือบผิวจากไขผึ้งที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 6 สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายของผลมะนาวได้ดีที่สุดทั้งอุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส ได้เป็นเวลา 26 และ 14 วัน ตามลำดับ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพในระหว่างการวางจำหน่าย (เกศรัตน์ วิศวไพศาล, 2555)



4. การคัดเลือก, การฝึกฝนผู้ชิม และการทดสอบทางประสาทสัมผัส

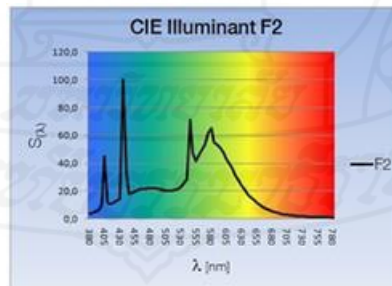
การฝึกฝนผู้ทดสอบ ระบบการฝึกนั้นจะใช้ตัวอย่างอ้างอิงในแบบ Universal Reference system โดยขั้นตอนในการฝึกฝนประกอบด้วย การปฐมนิเทศผู้ทดสอบ และการฝึกฝนการประเมินคุณภาพของรสชาติพื้นฐาน ซึ่งในขั้นตอนนี้คณะผู้วิจัยเลือกที่ใช้ในการฝึกฝน เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่นิยมและเหมาะสมต่อการ ใช้สำหรับฝึกฝน กับผู้ชิมเบื้องต้น

การทดสอบทางประสาทสัมผัส การวิจัยนี้ ใช้การวางแผนการทดสอบแบบ Completed randomized block design จัดลำดับการนำเสนอตัวอย่างให้กับผู้ชิมโดยอาศัย Latin square design (อิทธิพล เตชะเกรียงไกร, 2552)

5. การวิเคราะห์สี

สี เป็นคุณสมบัติเชิงแสงที่สามารถใช้บรรยายคุณลักษณะของวัสดุได้ง่ายที่สุดวิธีหนึ่ง ในการอธิบายสีของวัตถุด้วยคำพูด การมองเห็นสีของมนุษย์ เกิดจากการที่แสงที่สะท้อนจากวัตถุนั้นๆ มากระทบตาเราและส่งไปสมองเพื่อแปลออกมาเป็นสีที่เห็น

Illumination D65: ประกาศใช้ครั้งแรกในปี 1964, D65 ได้กลายเป็นมาตรฐานแสงเวลากลางวัน (ค่าเฉลี่ยแสงตอนกลางวันจากท้องฟ้าทั่วโลกเหนือ) ดังภาพที่ 2.2 ใช้อ้างอิงในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ และ อ้างอิงใน ISO: 3668, ASTM 1729 และ DIN6173-2 มีอุณหภูมิสีประมาณ 6504K และ D65 เป็น แสงมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณค่าสี



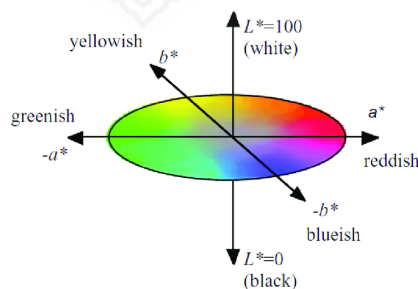
ภาพที่ 2.2 แหล่งแสงประดิษฐ์แสงเวลากลางวัน

วัตถุมีสี แสงจากแหล่งกำเนิดแสงเมื่อตกกระทบวัตถุที่มีพื้นผิวมันวาว จะเกิดการสะท้อนแสง เรียกว่า การสะท้อนที่สมบูรณ์ (Specular Reflection) ถ้าวัตถุมีพื้นผิวไม่เรียบ ไม่มีความมันวาว เมื่อแสง ส่องกระทบวัตถุนั้นจะเกิด การกระเจิงของแสง (Diffuse Reflection)

อนุภาคของสีในบางช่วงคลื่นจะ ถูกดูดกลืนเอาไว้ บางช่วงคลื่นจะถูกสะท้อนออกมาทำให้เกิดการมองเห็นสีแตกต่างกันตามความยาว ช่วงคลื่นที่มีการสะท้อนออกมา นอกจากจะมีการสะท้อน และการดูดกลืนในบางช่วงของคลื่นแสงแล้ว ยังมีการส่องผ่านของแสงบนวัตถุโปร่งแสง และเกิดการกระเจิงของแสงที่พื้นผิว ปรากฏการณ์นี้ เรียกว่า (Diffuse Transmission) แต่ถ้าเป็นวัตถุที่มีความโปร่งใส เช่น กระจกใสจะเกิดการส่องผ่าน ทะลุวัตถุโปร่งใสนั้น เป็นปรากฏการณ์ ที่เรียกว่า Regular transmission

ระบบสี CIE Lab Color Model CIE Lab คือ ระบบสีที่ไม่อิงอุปกรณ์ (Device Independent Color) เป็นระบบสีที่สัมพันธ์ กับการมองเห็นของมนุษย์ไม่ขึ้นกับอุปกรณ์ใดๆ กล่าวคือเมื่อวัดค่าสีได้เท่ากันแล้ว อุปกรณ์ต่างๆ จะแสดงสีที่เห็นจะเหมือนกันในสภาวะแวดล้อมอย่างเดียวกัน เช่น กล้อง สแกนเนอร์ จอภาพ เครื่องพิมพ์ เป็นต้น

สถาบัน Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) พัฒนาระบบสี CIE Lab ในปี ค.ศ. 1976 ด้วยการใช้ตัวเลขในการแทนค่าสีต่างๆ ดังนี้ L (Lightness) ใช้กำหนดค่าความสว่าง-มืด $L = 0$ (White), $L = 100$ (Black) a (Red – Green) ใช้กำหนดค่าสีแดงและสีเขียว +a มีค่าเป็นบวก = สีแดง (Red) -a มีค่าเป็นบวก = สีเขียว (Green) b (Blue – Yellow) ใช้กำหนดค่าสีน้ำเงินและสีเหลือง +b มีค่าเป็นบวก = สีเหลือง (Yellow) -b มีค่าเป็นบวก = สีน้ำเงิน (Blue) ระบบสี CIE Lab Color Model ดังภาพที่ 2.3 ระบบสีอิงอุปกรณ์ (Device Dependent Color) คือ ระบบสีที่มีค่าสีเปลี่ยนแปลงตาม อุปกรณ์ที่ใช้งาน เช่น ระบบสี CMYK ของ Printer หรือระบบสี RGB ของ Monitor เป็นต้น ค่าสีไม่เป็นมาตรฐานสำหรับอุปกรณ์ทุกชิ้น ทำให้เกิดปัญหาในระบบสีแบบนี้คือ อุปกรณ์แต่ละเครื่อง จะแสดงผลค่าสีไม่ตรงกัน ระบบสีไม่อิงกับอุปกรณ์ (Device Independent Color) คือ ระบบสีที่มีค่าสีไม่เปลี่ยนแปลง ตามอุปกรณ์ที่ใช้งาน เช่น ระบบสี CIE Lab ระบบสี CIE Lch เป็นต้น ค่าสีของระบบนี้ประมวลผลจาก ข้อมูล Spectrum ของแสง ดังนั้นจึงนำค่าสีไปใช้เป็นมาตรฐานของระบบการจัดการสี (Color 22 Management) เพื่อใช้สื่อสารค่าสีระหว่างอุปกรณ์ต่างๆสีอิงอุปกรณ์ (Device Dependent Color)และสีไม่อิงกับอุปกรณ์ (Device Independent Color) (ไพโรจน์ คล้ายเพชร, 2556)



ภาพที่ 2.3 แสดง L^* , a^* , b^* space

อรุณทิพย์ เหมะธูลิน และคณะ 2555 ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (L^* , a^* และ b^*) กับปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง การประเมินเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง เพื่อใช้ในการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง มีเทคนิคและวิธีการที่มีความถูกต้องและแม่นยำ ตลอดจนมีความสะดวกในการประเมินและไม่ทำลายตัวอย่าง ดังนั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์ จึงได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (L^* , a^* และ b^*) กับปริมาณแอนโทไซยานิน ผลการศึกษาพบว่าปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดในเมล็ดมีสหสัมพันธ์ทางลบกับสี L^* และ b^* (-0.69 และ -0.61) และมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี a^* (-0.06) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แสดงให้เห็นว่าลักษณะค่าสี (L^* , a^* และ b^*) สามารถนำมาใช้คัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดทางอ้อมเพื่อเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินได้ โดยการเลือกพันธุ์ที่มีค่า L^* ต่ำ ค่า a^* สูง และค่า b^* ต่ำ จะทำให้มีโอกาสได้พันธุ์ข้าวโพดที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงด้วยเช่นกัน



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมน้ำมะนาวคั้นสด

1.1.1 เครื่องคั้นมะนาวอะลูมิเนียม คั้น โยก

1.1.2 ปรอทเทอร์โมมิเตอร์ แบบแท่ง 0 - 100 องศาเซลเซียส ยาว 30 เซนติเมตร ที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว

1.1.3 โถแก้วมีขอบยางฝาปิดสนิท ขนาด 500 มิลลิลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 7 เซนติเมตร

1.1.4 หม้อต้มอะลูมิเนียม พร้อมฝาปิด เส้นผ่านศูนย์กลาง 18 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร

1.1.5 ขวดแก้วบรรจุปริมาตร 30 มิลลิลิตร พร้อมฝาในพลาสติกและฝาเกลียวนอกอะลูมิเนียม

1.1.6 กรวยกรองน้ำพลาสติก

1.1.7 กระจอนกรองน้ำพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร

1.1.8 ตู้เย็น 2 ประตู ยี่ห้อ HITACHI รุ่น R-T190W-2 ขนาด 189.3 ลิตร (6.7 คิวบิกฟุต)

1.2 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1.2.1 มะนาว

1.2.2 น้ำประปา

1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ในงานวิจัย

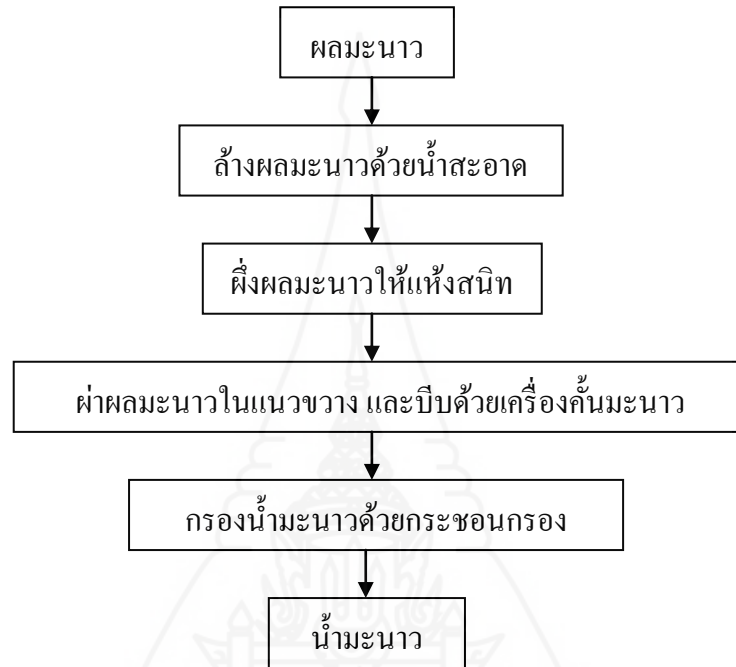
1.3.1 เครื่องวิเคราะห์สี X - rite พร้อมโปรแกรม Color iControl

1.3.2 แบบสอบถาม

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งวิธีการดำเนินการออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

2.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำมะนาว



ภาพที่ 3.1 การเตรียมน้ำมะนาว

การเตรียมน้ำมะนาวสามารถทำได้โดยการนำผลมะนาวที่อายุครบสำหรับการเก็บเกี่ยว ล้างด้วยน้ำให้สะอาด จากนั้นผึ่งผลมะนาวจนแห้งสนิท ผ่าครึ่งตามแนวขวางของผลมะนาวและ บีบด้วยเครื่องคั้นมะนาว กรองน้ำมะนาวด้วยกระชอนกรองพร้อมขยำเล็กน้อยให้น้ำมะนาวผ่านรู ของกระชอน แต่ไม่กดโดยแรง เพื่อให้ น้ำมะนาวของทุกชุดการทดลองมีความเข้มข้นใกล้เคียงกัน สำหรับใช้ศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ พร้อมสภาวะที่เหมาะสมในการจัดเก็บในระยะเวลา 1 เดือน กับคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส และการศึกษาการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาวคั้นสด เปรียบเทียบกับน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ที่ระยะการจัดเก็บในช่วงต่างๆ วัตถุแต่งกลิ่นมะนาว และ เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของน้ำมะนาว

2.2 การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่สภาวะต่างๆ

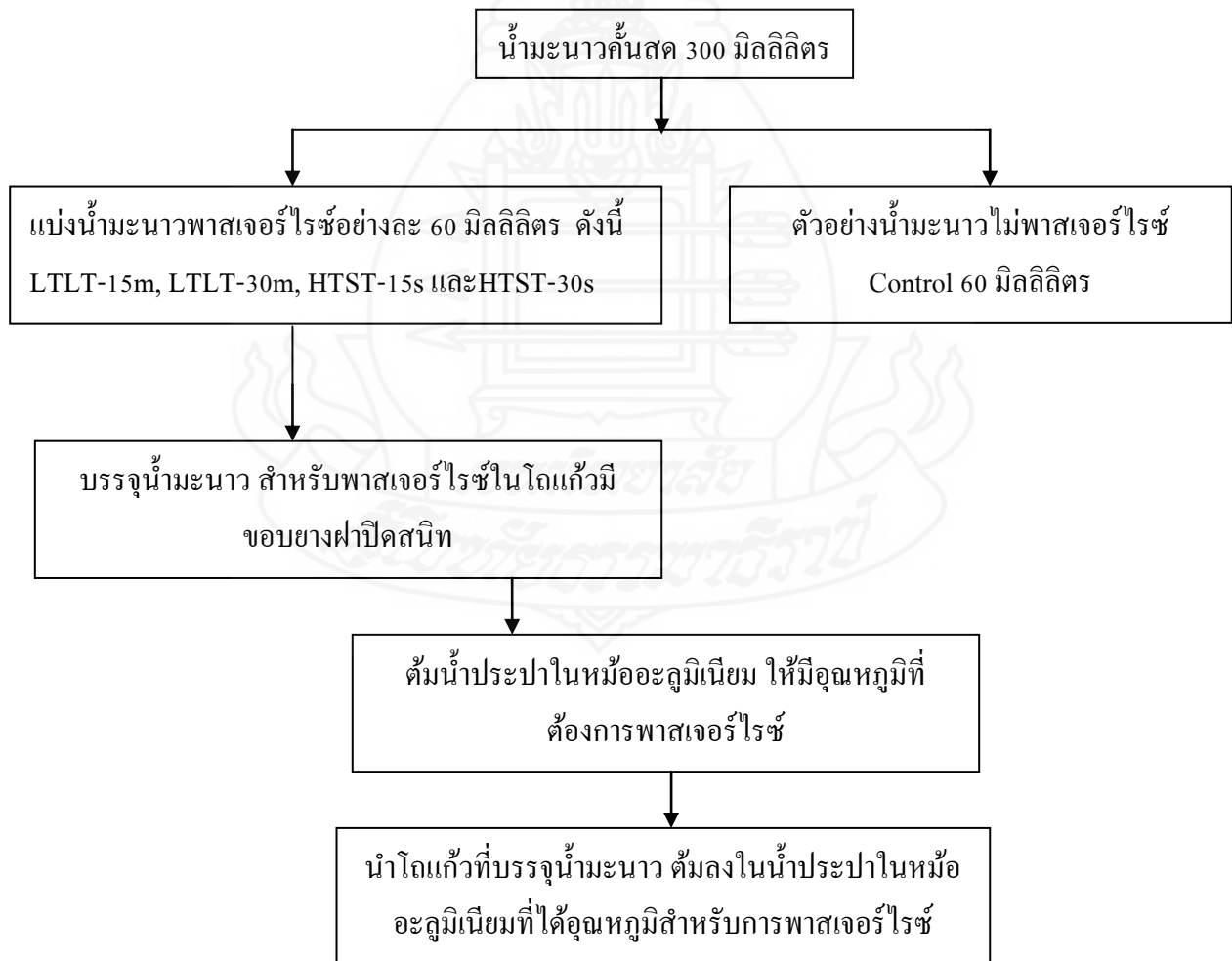
2.2.1 การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิด

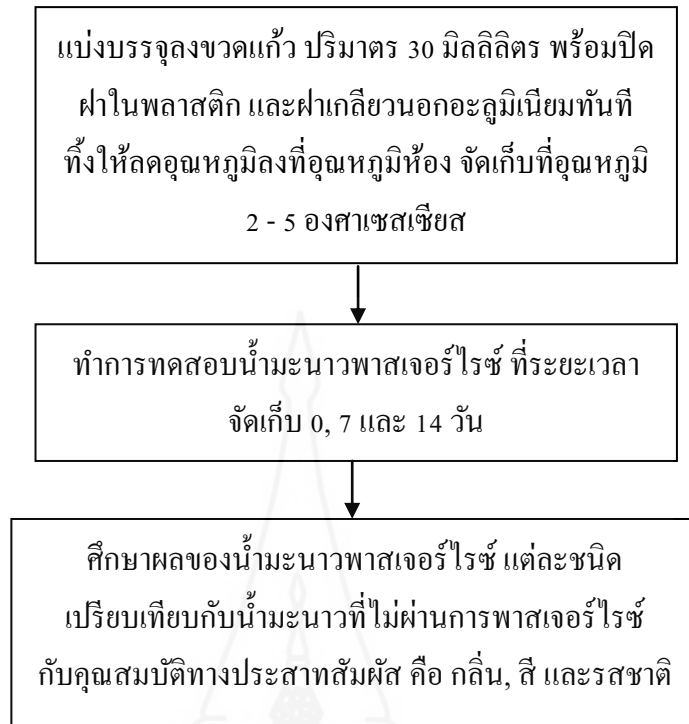


ภาพที่ 3.2 กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิด

การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวระบบเปิดนั้น โดยการนำน้ำมะนาวคั้นสด 300 มิลลิลิตร แบ่งมาทำการพาสเจอร์ไรซ์ อย่างละ 60 มิลลิลิตร ดังนี้ LTLT-15m, LTLT-30m, HTST-15s และ HTST-30s น้ำมะนาวคั้นสดอีกส่วนไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ให้เป็นน้ำมะนาว Control จากนั้นนำน้ำมะนาวที่ถูกแบ่งสัดส่วนการพาสเจอร์ไรซ์มาต้มให้ความร้อน และตรวจสอบอุณหภูมิให้คงที่อยู่เสมอ จนครบเวลาของการพาสเจอร์ไรซ์แต่ละชนิด จากนั้นทำการบรรจุลงขวดแก้ว ปริมาตร 30 มิลลิลิตรทันที ขณะร้อนทันที ปิดฝาในพลาสติกและฝานอกเกลียวอะลูมิเนียมให้สนิท ทิ้งให้น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ลดอุณหภูมิให้เป็นอุณหภูมิห้อง จากนั้นจัดเก็บที่ตู้เย็น อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส และทำการชักตัวอย่างมาทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ เมื่อถึงระยะเวลาการจัดเก็บที่กำหนด คือ 0,7 และ 14 วัน สำหรับตัวอย่างที่ถูกทดสอบแล้วไม่นำกลับคืน พร้อมวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ

2.2.1 การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวระบบปิด

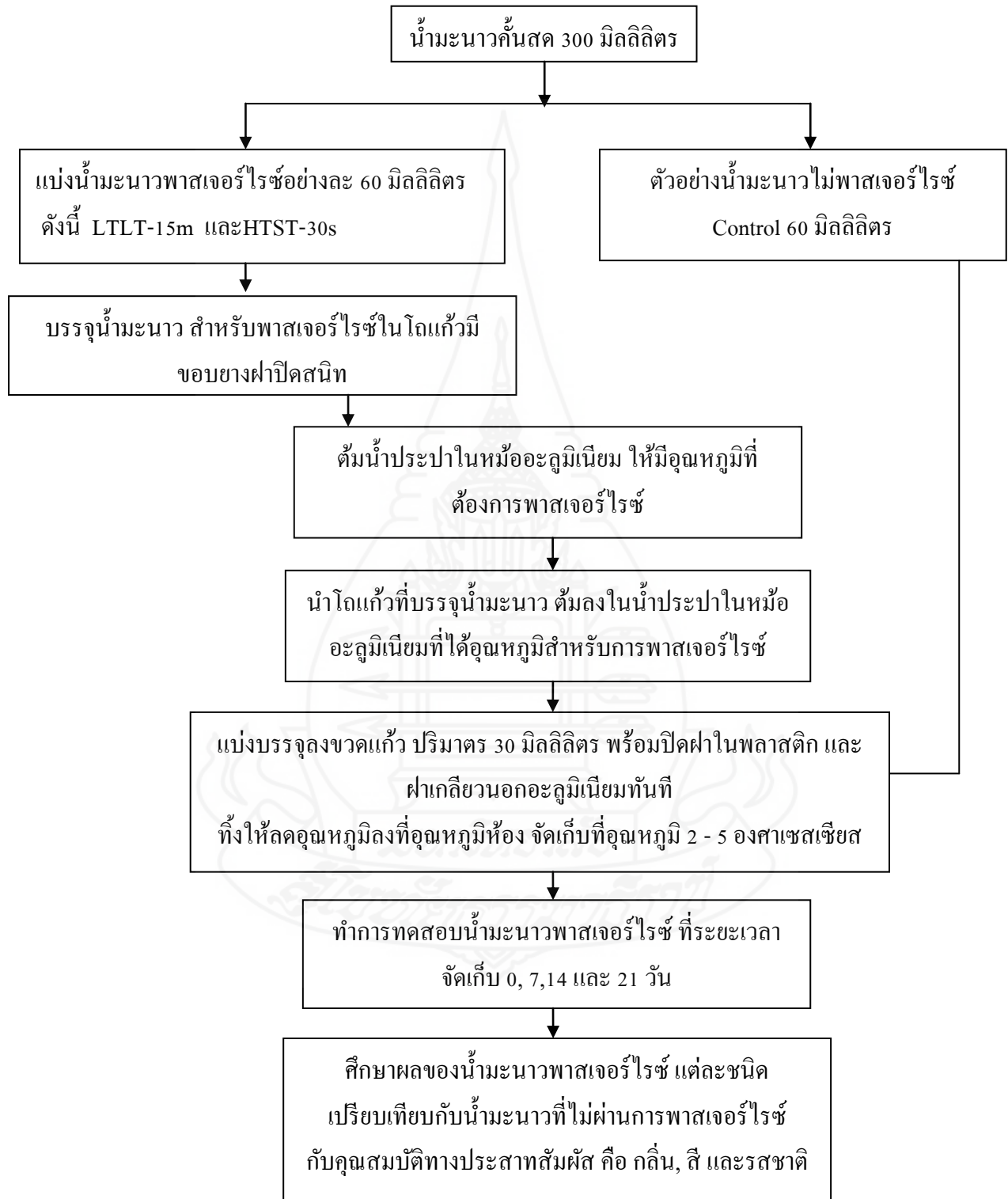




ภาพที่ 3.3 กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำเมื่อนาระบบปิด

การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำเมื่อนาระบบปิดนั้น โดยการนำน้ำเมื่อนา
 คั้นสด 300 มิลลิลิตร แบ่งมาทำการพาสเจอร์ไรซ์ อย่างละ 60 มิลลิลิตร ดังนี้ LTLT-15m, LTLT-
 30m, HTST-15s และ HTST-30s น้ำเมื่อนาคั้นสดอีกส่วนไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ให้เป็น
 น้ำเมื่อนา Control จากนั้นนำน้ำเมื่อนาที่ถูกแบ่งสัดส่วนการพาสเจอร์ไรซ์บรรจุในโถแก้วที่
 ปิดสนิทเพื่อลดการระเหยของน้ำเมื่อนา จากนั้นนำไปต้มให้ความร้อน ในน้ำประปาที่ต้มในหม้อ
 อะลูมิเนียมในอุณหภูมิที่ต้องการพาสเจอร์ไรซ์ในแต่ละสภาวะ และตรวจสอบอุณหภูมิน้ำประปาที่
 ต้มให้ความร้อนมีอุณหภูมิคงที่อยู่เสมอ จนครบเวลาของการพาสเจอร์ไรซ์แต่ละชนิด จากนั้นบรรจุ
 ลงขวดแก้ว ปริมาตร 30 มิลลิลิตรทันที ขณะร้อนทันที ปิดฝาในพลาสติกและฝานอกเกลียว
 อะลูมิเนียมให้สนิท ทิ้งให้น้ำเมื่อนาพาสเจอร์ไรซ์ลดอุณหภูมิให้เป็นอุณหภูมิห้อง จากนั้นจัดเก็บที่
 ตู้เย็น อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส และทำการชักตัวอย่างมาทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส
 คือ กลิ่น, สี และรสชาติ เมื่อถึงระยะเวลาการจัดเก็บที่กำหนด คือ 0, 7 และ 14 วัน โดยตัวอย่างที่
 ถูกทดสอบไม่นำกลับคืน พร้อมวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ

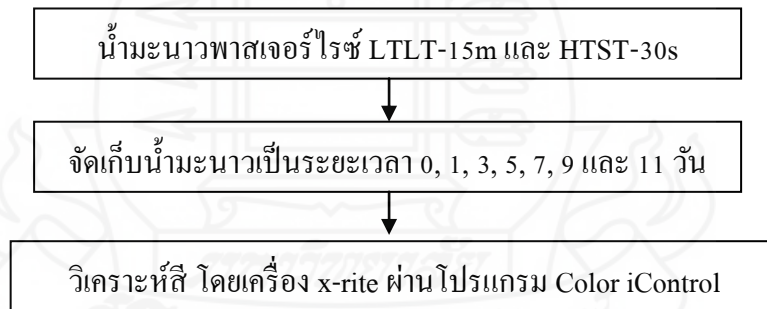
2.3 การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว ที่เหมาะสมในการจัดเก็บ ระยะเวลา 21 วัน



ภาพที่ 3.4 ศึกษาการน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ที่เหมาะสมในการจัดเก็บระยะเวลา 21 วัน

เมื่อศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวและได้ระบบการพาสเจอร์ไรซ์ที่เหมาะสมคือ กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด จึงทำการศึกษาผลของกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์กับระยะเวลาในการจัดเก็บ 21 วัน โดยการนำน้ำมะนาวคั้นสด 300 มิลลิลิตร แบ่งมาทำการพาสเจอร์ไรซ์อย่างละ 60 มิลลิลิตร ดังนี้ LTLT-15m และHTST-30s และน้ำมะนาวคั้นสดให้เป็นน้ำมะนาว Control จากนั้นนำน้ำมะนาวที่ถูกแบ่งสัดส่วนการพาสเจอร์ไรซ์บรรจุใส่โถแก้วที่ปิดสนิท จากนั้นนำไปต้มให้ความร้อน ในน้ำประปาที่ต้มในหม้ออะลูมิเนียมในอุณหภูมิที่ต้องการพาสเจอร์ไรซ์ในแต่ละสภาวะ และตรวจสอบอุณหภูมิน้ำประปาที่ต้มให้ความร้อนมีอุณหภูมิคงที่อยู่เสมอ จนครบเวลาของการพาสเจอร์ไรซ์แต่ละชนิด จากนั้นทำการบรรจุลงขวดแก้ว ปริมาตร 30 มิลลิลิตรทันที ขณะร้อนทันที ปิดฝาในพลาสติกและฝานอกเคลือบอะลูมิเนียมให้สนิท ทิ้งให้น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ลดอุณหภูมิให้เป็นอุณหภูมิห้อง จากนั้นจัดเก็บที่ตู้เย็น อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส และทำการชักตัวอย่างมาทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ เมื่อถึงระยะเวลาการจัดเก็บที่กำหนด คือ 0, 7, 14 และ 21 วัน โดยตัวอย่างที่ถูกทดสอบไม่นำกลับคืน พร้อมวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ

2.4 การศึกษาการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาว



ภาพที่ 3.5 การศึกษาการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาว

เมื่อศึกษาการวิเคราะห์สี โดยเลือกตัวอย่างน้ำมะนาว ดังนี้ LTLT-15m และHTST-30s โดยการนำน้ำมะนาวคั้นสด 90 มิลลิลิตร แบ่งมาทำการพาสเจอร์ไรซ์ อย่างละ 30 มิลลิลิตร ดังนี้ LTLT-15m และHTST-30s และน้ำมะนาวคั้นสดให้เป็นน้ำมะนาว Control จากนั้นนำน้ำมะนาวที่ถูกแบ่งสัดส่วนการพาสเจอร์ไรซ์บรรจุใส่โถแก้วที่ปิดสนิท จากนั้นนำไปต้มให้ความร้อน ในน้ำประปาที่ต้มในหม้ออะลูมิเนียมในอุณหภูมิที่ต้องการพาสเจอร์ไรซ์ในแต่ละสภาวะ และตรวจสอบอุณหภูมิน้ำประปาที่ต้มให้ความร้อนมีอุณหภูมิคงที่อยู่เสมอ จนครบเวลาของ

การพาสเจอร์ไรซ์แต่ละชนิด จากนั้นทำการบรรจุลงขวดแก้ว ปริมาตร 30 มิลลิลิตรทันที ขณะร้อนทันที ปิดฝาในพลาสติกและฝานอกเคลือบอะลูมิเนียมให้สนิท ทิ้งให้น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ลดอุณหภูมิให้เป็นอุณหภูมิห้อง จากนั้นจัดเก็บที่ตู้เย็น อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส ทำการเตรียมน้ำมะนาวทดลองเป็นเวลาทั้งหมด 7 วัน โดยเตรียมวันเว้นหนึ่งวัน เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำมะนาวอย่างสม่ำเสมอ โดยได้ระยะเวลาการจัดเก็บสำหรับการวิเคราะห์ดังนี้ 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ทำการวิเคราะห์สีด้วยเครื่อง X - rite ผ่านโปรแกรม Color iControl ซึ่งมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับวัตถุแต่งกลิ่นมะนาวและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของน้ำมะนาว

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่สถานะต่างๆ

การเก็บข้อมูลของกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวทั้งระบบปิดและระบบเปิด โดยให้ผู้ที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดสอบ พิจารณาถึงคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ดังนี้ LTLT-15m, LTLT-30m, HTST-15s และ HTST-30s ซึ่งผ่านจัดเก็บที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียสในระยะเวลา 0, 7 และ 14 วัน เปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำมะนาว Control ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม ดังภาพที่ 3.6 คำนวณคะแนนเฉลี่ยและหาค่าทางสถิติ

โดยในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้ทดสอบจะทราบเพียงรหัสของตัวอย่างน้ำมะนาวเท่านั้นเพื่อไม่ให้เกิดความเอนเอียงต่อตัวอย่างน้ำมะนาวแต่ละชนิด และประเมินคะแนนเปรียบเทียบกับน้ำมะนาว Control (น้ำมะนาวคั้นสด) บันทึกคะแนนลงในแบบสอบถาม โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงเกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคะแนน	ความหมาย
5 คะแนน	มีความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสดมากที่สุด
4 คะแนน	มีความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสดมาก
3 คะแนน	มีความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสดปานกลาง
2 คะแนน	มีความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสดน้อย
1 คะแนน	มีความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสดน้อยที่สุด

ซึ่งเป็นเกณฑ์สำหรับใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ โดยข้อมูลของผู้ทดสอบเป็นดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลผู้ทำการทดสอบ

หมายเลขที่	ข้อมูลผู้ทำการทดสอบ		
	เพศ	อายุ (ปี)	อาชีพ
1	ชาย	32	พนักงานบริษัท
2	ชาย	53	พนักงานบริษัท
3	ชาย	35	พนักงานบริษัท
4	ชาย	57	ธุรกิจส่วนตัว
5	ชาย	48	ธุรกิจส่วนตัว
6	ชาย	24	นักศึกษา
7	หญิง	52	พนักงานบริษัท
8	หญิง	30	พนักงานบริษัท
9	หญิง	36	พนักงานบริษัท
10	หญิง	33	พนักงานบริษัท
11	หญิง	48	ธุรกิจส่วนตัว
12	หญิง	45	ธุรกิจส่วนตัว

โดยตลอดการทดลองจะมีการประเมินโดยใช้กลุ่มคนเดียวกันทุกการทดลอง ซึ่งทุกคนได้เข้ารับการทดสอบให้ทดลองน้ำมะนาวตัวอย่าง โดยการดมกลิ่น สี รสชาติ และแยกความแตกต่างตามเกณฑ์การยอมรับได้ ผู้ทดสอบจะประเมินตัวอย่างน้ำมะนาวในช่วงเวลา สภาวะแวดล้อมเดิม อยู่เสมอ เพื่อลดความเอนเอียงที่เกิดจากสภาวะแวดล้อม สำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ให้ผู้ทดสอบบ้วนปากด้วยน้ำสะอาด เพื่อล้างรสชาติของตัวอย่างน้ำมะนาวเดิม ในช่วงประเมินรสชาติระหว่างตัวอย่างน้ำมะนาวกับตัวอย่างน้ำมะนาวถัดไป และส่วนการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี โดยนำตัวอย่างน้ำมะนาววางตำแหน่งเดิมเป็นระยะห่างจากผู้ทดสอบ 30 เซนติเมตร ในกล่องจำลองที่มีฉากหลังสีขาวกันทั้งสามด้าน แล่งกำเนิดแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 30 วัตต์ จำนวน 1 หลอด สำหรับการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี โดยการใส่สายตา ทั้งหลักเกณฑ์และหลักวิธีการประเมินจะใช้ในการประเมินตลอดการทดลองการทำวิจัยครั้งนี้ ในเรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ

3.2 การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว ที่เหมาะสมในการจัดเก็บระยะเวลา 21 วัน

การเก็บข้อมูลของกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวทั้งระบบปิดและระบบเปิด โดยให้ผู้ที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดสอบ พิจารณาถึงคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ ของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ดังนี้ LTLT-15m และ HTST-30s ซึ่งผ่านจัดเก็บที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน เปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำมะนาว Control ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม ดังภาพที่ 3.6 จำนวนคะแนนเฉลี่ยและหาค่าทางสถิติ

ชื่อผู้ทำทดสอบ.....วันทดสอบ..... เวลาทดสอบ.....น.

จำนวนวันในจัดเก็บตัวอย่างน้ำมะนาว.....วัน อุณหภูมิจัดเก็บ.....°C

แบบทดสอบการเลือกกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) น้ำมะนาวที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสด

ลักษณะทางกายภาพ/ ตัวอย่างน้ำมะนาว	LTLT-15m ตย.1	LTLT-30m ตย.2	HTST-15s ตย.3	HTST-30s ตย.4
1. กลิ่น				
2. สี				
3. รสชาติ				

โปรดเลือกตัวอย่างน้ำมะนาวที่มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสด (control) มากที่สุด

***ลำดับคะแนนความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสด (control)

- 5 หมายถึง มีความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสดมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสดมาก
- 3 หมายถึง มีความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสดปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสดน้อย
- 1 หมายถึง มีความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสดน้อยที่สุด

ภาพที่ 3.6 แบบสอบถาม

3.2 การศึกษาการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาว

การวิเคราะห์สีน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ เปรียบเทียบกับน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ระยะเวลาการจัดเก็บคือ 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน กับน้ำมะนาวคั้นสด ทำการวิเคราะห์สีด้วยเครื่อง X - rite ผ่านโปรแกรม Color iControl ซึ่งมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับวัตถุแต่งกลิ่นมะนาว และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของน้ำมะนาว

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่สภาวะต่างๆ

นำแบบสอบถามที่ผู้ผ่านการทดสอบ ทดสอบมาพิจารณาคำนวณหาค่าคะแนนรวมเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์แต่ละชนิด ในแต่ละคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ และในแต่ละระยะเวลาการจัดเก็บ 0,7 และ 14 วัน สร้างกราฟแท่ง ระหว่าง คะแนนกับตัวอย่างแต่ละชนิด และสร้างกราฟเส้นตรง ระหว่างคะแนนเฉลี่ยกับระยะเวลาการจัดเก็บ ตามลำดับ จากนั้นวิเคราะห์ผลคะแนนโดยค่าทางสถิติ

Anova: Two-Factor Without Replication ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกกระบวนการพาสเจอร์น้ำมะนาวในการศึกษาขั้นต่อไป

4.2 การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาว ที่เหมาะสมในการจัดเก็บระยะเวลา 21 วัน

เมื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสม สำหรับการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวแล้ว จึงจัดเก็บน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ในระยะเวลา ดังนี้ 0,7,14 และ 21 วัน และชักตัวอย่างมาทดสอบ ตามลำดับระยะเวลา เมื่อตัวอย่างถูกนำมาทดสอบแล้วไม่นำกลับคืน นำแบบสอบถามที่ผู้ผ่านการทดสอบทดสอบมาพิจารณาคำนวณหาค่าคะแนนรวมเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์แต่ละชนิด ในแต่ละคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ และในแต่ละระยะเวลาการจัดเก็บ 0,7,14 และ 21 วัน สร้างกราฟแท่ง ระหว่าง คะแนนกับตัวอย่างแต่ละชนิด และสร้างกราฟเส้นตรง ระหว่าง คะแนนเฉลี่ยกับระยะเวลาการจัดเก็บ ตามลำดับ จากนั้นวิเคราะห์ผลคะแนน โดยค่าทางสถิติ Anova: Two-Factor Without Replication ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.3 การศึกษาการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาว

การวิเคราะห์สีน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ เปรียบเทียบกับน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ที่ระยะเวลาการจัดเก็บคือ 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน กับน้ำมะนาวคั้นสด ทำการวิเคราะห์สีด้วยเครื่อง X – rite ผ่านโปรแกรม Color iControl ซึ่งมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับวัตถุแต่งกลิ่นมะนาว และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของน้ำมะนาว และจัดกลุ่มจำแนกความแตกต่างของน้ำมะนาวและผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของน้ำมะนาวเป็นกลุ่มต่างๆ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่สภาวะต่างๆ

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวสภาวะต่างๆ เพื่อให้ได้น้ำมะนาวเริ่มต้นการทดลองที่มีความใกล้เคียงกันผู้วิจัยจึงมีขั้นตอนการเตรียมที่เหมือนกัน พร้อมทั้งคัดเลือกมะนาว คือ มะนาวแป้น ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่นิยมสำหรับการบริโภค เลือกลี, ขนาดของผลมะนาวให้มีความใกล้เคียงกัน ทำการทดลองกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวทั้งในระบบเปิดและกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิดและเลือกกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาขั้นต่อไป

โดยให้ผู้ทดสอบทำแบบสอบถามเป็นผู้ให้คะแนนสำหรับน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ซึ่งมีลำดับการให้คะแนนเป็นดังนี้ คือ น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวตัวอย่างมากที่สุด, น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวตัวอย่างมาก, น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวตัวอย่างปานกลาง, น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวตัวอย่างน้อย และน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวตัวอย่างน้อยที่สุด โดยให้คะแนน 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ และผู้ทดสอบกลุ่มเดียวกันตลอดการทดลอง แต่เนื่องจากข้อจำกัดของผู้ทดลองที่ไม่สามารถมาดำเนินการทดสอบได้ตามเวลาที่กำหนด จึงทำให้จำนวนในการทดสอบแต่ละครั้งแตกต่างกัน

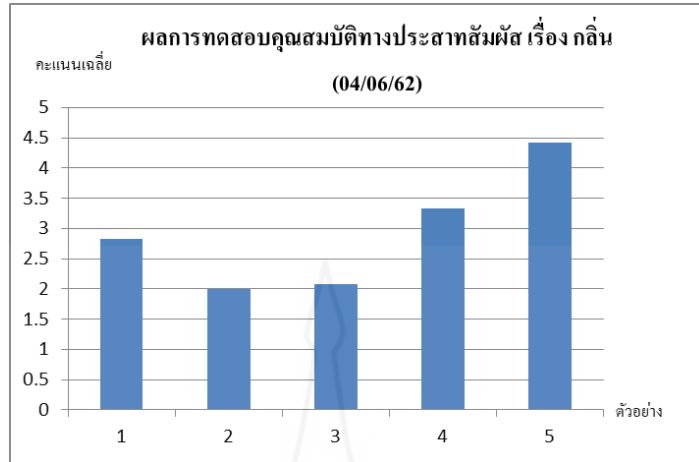
กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์เป็นกระบวนการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์บางชนิด โดยใช้เวลาและอุณหภูมิแตกต่างกัน ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการผลิตน้ำผลไม้ ชนิดของภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ Shaw และคณะ กล่าวว่า เวลาและอุณหภูมิในการเก็บมีผลต่อการเสื่อมเสียด้านรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการในน้ำส้มชนิด 100 เปอร์เซ็นต์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์

1.1 การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิด

หลังจากนั้นทำการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว คือ LTLT-15m, LTLT-30m, HTST-15s, HTST-30s และน้ำมะนาว Control สำหรับเปรียบเทียบ ทำการทดสอบตัวอย่างโดยผู้ทดสอบได้ผลการทดลองเป็นดังนี้

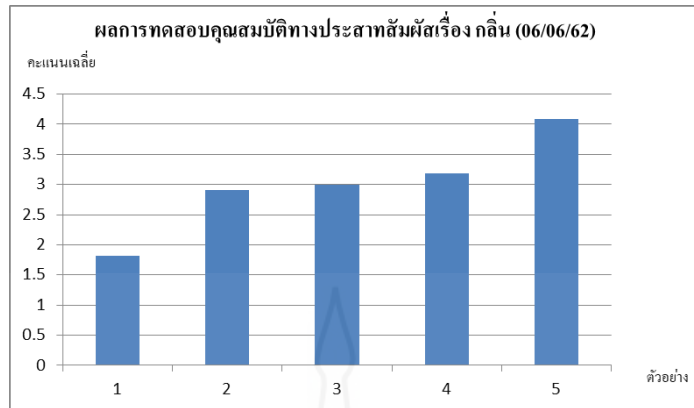
1.1.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิด

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 0 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 12 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 1 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.83 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.94 คิดเป็นร้อยละ 33.22, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.00 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.21 คิดเป็นร้อยละ 60.50, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 2.08 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.79 คิดเป็นร้อยละ 37.98, , ตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.33 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.44 คิดเป็นร้อยละ 43.24 และ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ คะแนนเฉลี่ย คือ 4.42 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.24 คิดเป็นร้อยละ 28.05 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแท่งความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างเป็น ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ > ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m ตามลำดับ



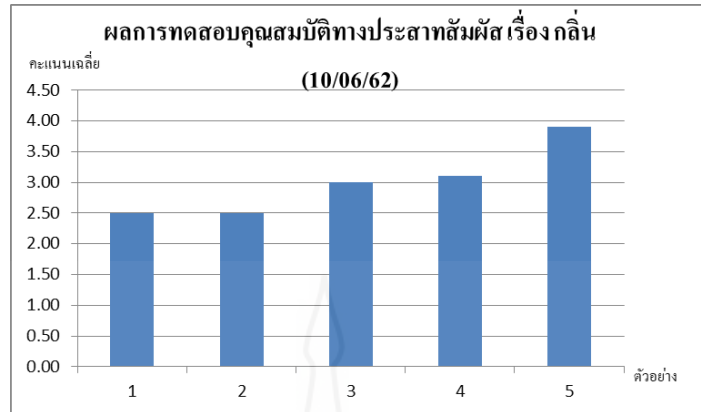
ภาพที่ 4.1 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น วันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2562

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 2 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 11 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 2 ผลคะแนนการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 1.82 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.98 คิดเป็นร้อยละ 53.86, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.91 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.76 คิดเป็นร้อยละ 60.84, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.00 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.00 คิดเป็นร้อยละ 33.33, ตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.18 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.75 คิดเป็นร้อยละ 23.58 และตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ คะแนนเฉลี่ย คือ 4.09 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.58 คิดเป็นร้อยละ 38.63 โดยเมื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่าง ผลกราฟแท่งเป็นดังภาพที่ 4.2 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ > ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2562

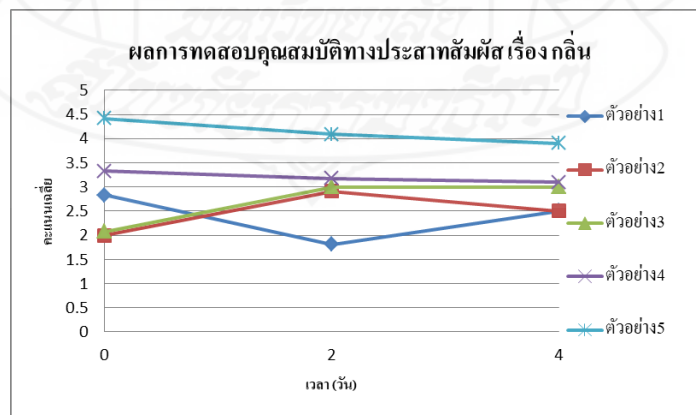
การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 4 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 3 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.50 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.84 คิดเป็นร้อยละ 73.60, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.50 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.08 คิดเป็นร้อยละ 43.20, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.00 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.41 คิดเป็นร้อยละ 47.00, ตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.10 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.99 คิดเป็นร้อยละ 31.93 และตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ คะแนนเฉลี่ย คือ 3.90 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.45 คิดเป็นร้อยละ 37.18 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแท่งความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างเป็นดังภาพที่ 4.3 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ > ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m =ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น วันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตารางที่ 4.1 แสดงผลคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง กลิ่น แต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวกับระยะเวลาการจืดเก็บ (วัน)

วัน	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	ตัวอย่าง3	ตัวอย่าง4	ตัวอย่าง5
0	2.83	2.00	2.08	3.33	4.42
2	1.81	2.91	3.00	3.18	4.09
4	2.50	2.50	3.00	3.10	3.90
คะแนนเฉลี่ย	2.38	2.47	2.69	3.20	4.14



ภาพที่ 4.4 กราฟเส้นตรงแสดงคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น กับระยะเวลาการจืดเก็บ (วัน)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำมะนาวกับระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 2 และ 4 วัน เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คือ 2.83, 1.81 และ 2.50 คะแนน, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คือ 2.00, 2.91 และ 2.50 คะแนน, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คือ 2.08, 3.00 และ 3.00 คะแนน, ตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ 3.33, 3.18 และ 3.10 คะแนน สำหรับตัวอย่างที่ 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ คือ 4.42, 4.09 และ 3.90 คะแนน ซึ่งพบว่า ความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน) ตัวอย่างที่ 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m, ตัวอย่าง 3 HTST-15s และตัวอย่าง 2 LTLT-30m ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด ดังภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.2 ค่าทางสถิติผลความสัมพันธ์ของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

Anova: Two-Factor Without Replication

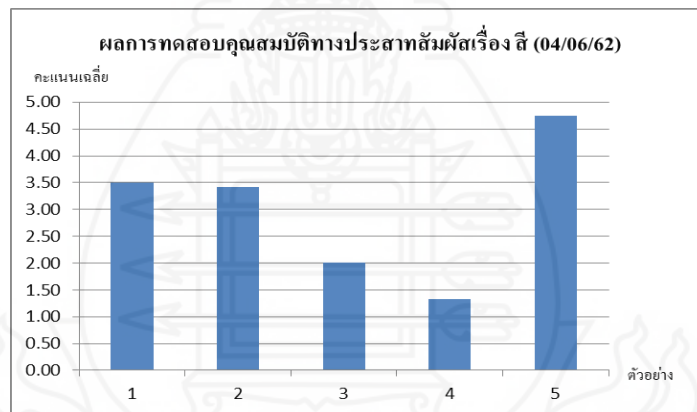
Source	of						
Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit	
เวลาการจัดเก็บ	0.0124778	2	0.0062389	0.0372533	0.9635651	4.102821	
ตัวอย่าง	8.8879611	5	1.7775922	10.614251	0.0009505	3.3258345	
Error	1.6747222	10	0.1674722				
Total	10.575161	17					

จากตารางที่ 4.2 ค่าทางสถิติพบว่าตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.0009 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 2 และ 4 วัน น้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.9635

1.1.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิด

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 0 วัน ผู้ทดสอบ

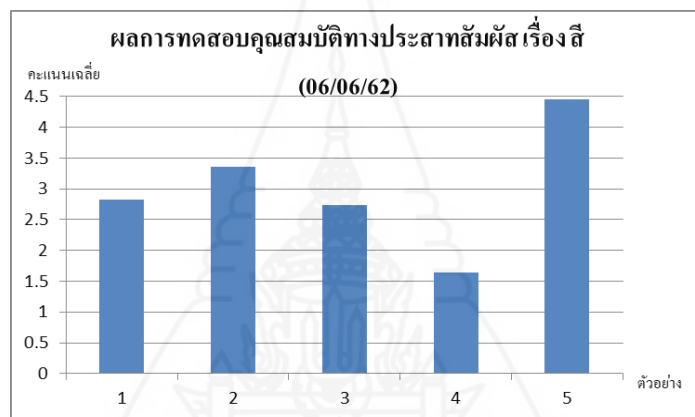
จำนวน 12 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 5 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง สี เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 3.50 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.67 คิดเป็นร้อยละ 19.14, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 3.42 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.79 คิดเป็นร้อยละ 23.10, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 2.00 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43 คิดเป็นร้อยละ 21.50, ตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 1.33 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.15 คิดเป็นร้อยละ 86.47 และ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ คะแนนเฉลี่ย คือ 4.75 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.62 คิดเป็นร้อยละ 13.05 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่าง เป็น ดังภาพที่ 4.5 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 4 HTST-30s ตามลำดับ



ภาพที่ 4.5 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี วันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2562

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 2 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 11 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 6 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง สี เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.82 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.17 คิดเป็นร้อยละ 41.49, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m

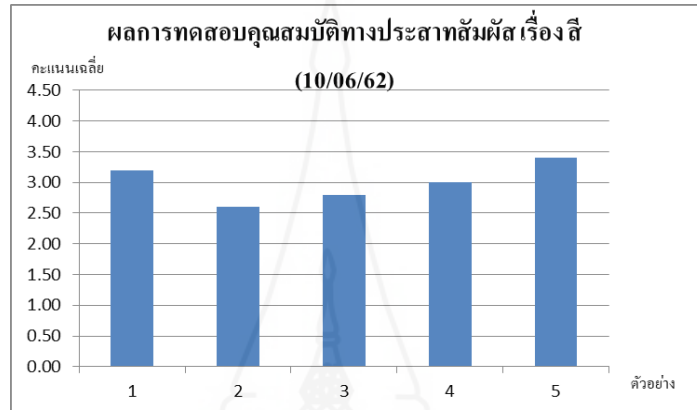
คะแนนเฉลี่ย คือ 3.36 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.29 คิดเป็นร้อยละ 38.39, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 2.73 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.79 คิดเป็นร้อยละ 28.94, ตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 1.64 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.12 คิดเป็นร้อยละ 68.29 และตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ คะแนนเฉลี่ย คือ 4.45 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.21 คิดเป็นร้อยละ 27.19 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่าง เป็น ดังภาพที่ 4.6 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 4 HTST-30s ตามลำดับ



ภาพที่ 4.6 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2562

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 4 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 7 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง สี เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 3.50 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.96 คิดเป็นร้อยละ 56.00, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.60 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.17 คิดเป็นร้อยละ 45.00, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 2.80 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.14 คิดเป็นร้อยละ 40.71, ตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.00 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.33 คิดเป็นร้อยละ 44.33 และ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ คะแนนเฉลี่ย คือ 3.40 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.35 คิด

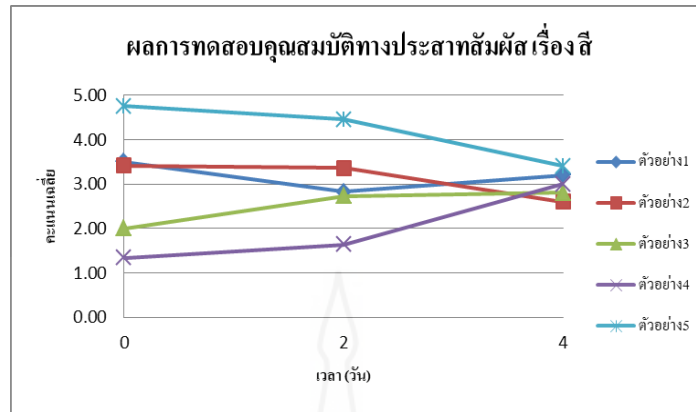
เป็นร้อยละ 39.70 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่าง เป็น ดังภาพที่ 4.7 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m > ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m



ภาพที่ 4.7 กราฟแห่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี วันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตารางที่ 4.3 แสดงผลคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวกับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

วัน	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	ตัวอย่าง3	ตัวอย่าง4	ตัวอย่าง5
0	3.50	3.42	2.00	1.33	4.75
2	2.82	3.36	2.73	1.64	4.45
4	3.20	2.60	2.80	3.00	3.40
คะแนนเฉลี่ย	3.17	3.13	2.51	1.99	4.20



ภาพที่ 4.8 กราฟเส้นตรงแสดงคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

จากตารางที่ 4.3 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างนี้เมื่อนำมาเทียบกับระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 2 และ 4 วันเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คือ 3.50, 2.82 และ 3.20 คะแนน, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คือ 3.42, 3.36 และ 2.60 คะแนน, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คือ 2.00, 2.73 และ 2.80 คะแนน, ตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ 1.33, 1.64 และ 3.00 คะแนน สำหรับตัวอย่างที่ 5 นำมาประมวลผลไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ คือ 4.75, 4.45 และ 3.40 ซึ่งพบว่าความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน) ตัวอย่าง 5 นำมาประมวลผลไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m, ตัวอย่าง 3 HTST-15s และตัวอย่าง 4 HTST-30s ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด ดังภาพที่ 4.8

ตารางที่ 4.4 ค่าทางสถิติผลความสัมพันธ์ของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

Anova: Two-Factor Without Replication

Source	of					
Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
เวลาการจัดเก็บ	1.1428571	2	0.5714286	0.6541155	0.5374839	3.8852938
ตัวอย่าง	14.238867	6	2.3731444	2.7165436	0.0664023	2.9961204
Error	10.483076	12	0.8735897			
Total	25.8648	20				

จากตารางที่ 4.4 ค่าทางสถิติพบว่าตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ มีค่า P -value เท่ากับ 0.0664 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 2 และ 4 วันน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ มีค่า P -value เท่ากับ 0.5374

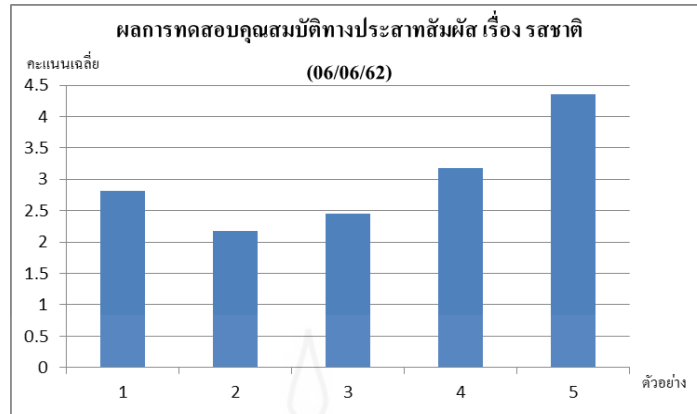
1.1.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิด

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 0 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 12 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 9 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ของน้ำมะนาวเรื่อง รสชาติ เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.58 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.24 คิดเป็นร้อยละ 48.06, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.50 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.51 คิดเป็นร้อยละ 60.40, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.50 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.90 คิดเป็นร้อยละ 25.71, ตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 2.67 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.98 คิดเป็นร้อยละ 36.70 และตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ คะแนนเฉลี่ย คือ 4.58 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.16 คิดเป็นร้อยละ 25.33 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแท่งความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างเป็น ดังภาพที่ 4.9 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m ตามลำดับ



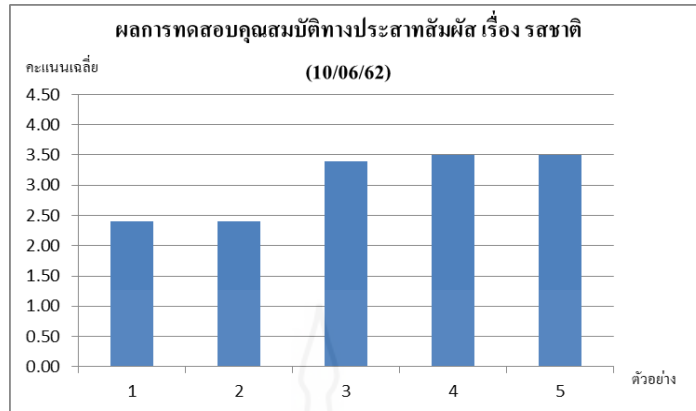
ภาพที่ 4.9 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ วันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2562

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 2 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 11 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 10 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง รสชาติ เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.82 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.66 คิดเป็นร้อยละ 58.86, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.18 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.47 คิดเป็นร้อยละ 67.43, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 2.45 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.82 คิดเป็นร้อยละ 33.47, ตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.18 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.25 คิดเป็นร้อยละ 39.31 และตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ คะแนนเฉลี่ย คือ 4.36 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.81 คิดเป็นร้อยละ 18.78 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแท่งความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างเป็น ดังภาพที่ 4.10 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ > ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m ตามลำดับ



ภาพที่ 4.10 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2562

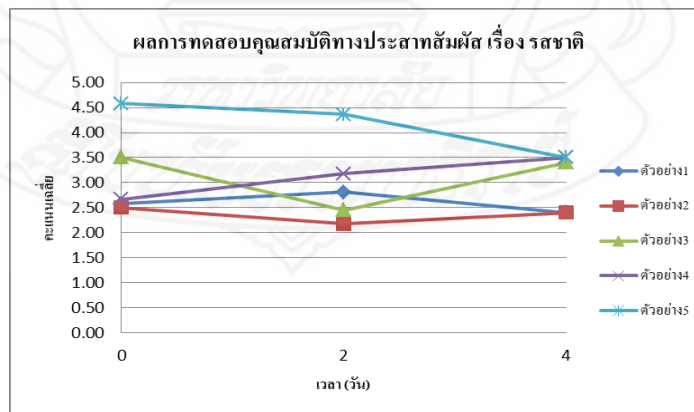
การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบเปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 4 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 11 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง รสชาติ เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.40 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.51 คิดเป็นร้อยละ 62.92, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.40 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.51 คิดเป็นร้อยละ 62.92, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.40 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.97 คิดเป็นร้อยละ 28.53, ตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.50 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.27 คิดเป็นร้อยละ 36.29 และ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ คะแนนเฉลี่ย คือ 3.50 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.58 คิดเป็นร้อยละ 45.14 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแท่งความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างเป็น ดังภาพที่ 4.11 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ = ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m = ตัวอย่าง 1 LTLT-15m



ภาพที่ 4.11 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ วันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตารางที่ 4.5 แสดงผลคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่าง น้ามะนาวกับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

วัน	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	ตัวอย่าง3	ตัวอย่าง4	ตัวอย่าง5
0	2.58	2.50	3.50	2.67	4.58
2	2.81	2.18	2.45	3.18	4.36
4	2.40	2.40	3.40	3.50	3.50
คะแนนเฉลี่ย	2.60	2.36	3.12	3.12	4.15



ภาพที่ 4.12 กราฟเส้นตรงแสดงคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างการทดลองกับระยะเวลาการจับเก็บ 0, 2 และ 4 วันเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คือ 2.58, 2.81 และ 2.40 คะแนน, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คือ 2.50, 2.18 และ 2.40 คะแนน, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คือ 3.50, 2.45 และ 3.40 คะแนน, ตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ 2.67, 3.18 และ 3.50 คะแนน สำหรับตัวอย่างที่ 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ คือ 4.58, 4.36 และ 3.50 คะแนน ตัวอย่างควบคุมมีเกณฑ์การยอมรับเท่ากับ 4 คะแนน ซึ่งพบว่า ความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจับเก็บ (วัน) ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 3 HTST-15s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m และตัวอย่าง 2 LTLT-30m ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด ดังภาพที่ 4.12

ตารางที่ 4.6 ค่าทางสถิติผลความสัมพันธ์ของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่องรสชาติกับระยะเวลาการจับเก็บ (วัน)

Anova: Two-Factor Without Replication

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
เวลาการจับเก็บ	0.0648778	2	0.0324389	0.1857058	0.8333178	4.102821
ตัวอย่าง	7.8496944	5	1.5699389	8.9875708	0.0018321	3.3258345
Error	1.7467889	10	0.1746789			
Total	9.6613611	17				

จากตารางที่ 4.6 ค่าทางสถิติพบว่าตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.0018 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจับเก็บ 0, 2 และ 4 วันน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.8333

จากการทดลองกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิด ดังภาพที่ 4.13 พบว่าคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยสามารถลำดับความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสดจากมากที่สุดไปถึงใกล้เคียงน้อยสุดได้ ดังนี้ น้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง HTST-30s, HTST-15s, LTLT-30m และ LTLT-15m เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมน้ำมะนาว

ทั้ง 5 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันเมื่อเก็บในระยะเวลา 0, 2 และ 4 วัน ตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี พบว่า น้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง LTLT-30m, LTLT-15m, HTST-15s, และ HTST-30s ซึ่งเรียงลำดับจากความใกล้เคียงกับตัวอย่างน้ำมะนาวคั้นสดมากที่สุดถึงน้อยที่สุด เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันเมื่อเก็บในระยะเวลา 0, 2 และ 4 วัน ตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่างมีความแตกต่างกัน และสำหรับคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ พบว่า น้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง HTST-30s, HTST-15s, LTLT-30m และ LTLT-15m ซึ่งเรียงลำดับจากความใกล้เคียงกับตัวอย่างน้ำมะนาวคั้นสดมากที่สุดถึงน้อยที่สุด เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันเมื่อเก็บในระยะเวลา 0, 2 และ 4 วัน ตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน

แต่เนื่องจากกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิดทำให้น้ำมะนาวระเหยออกจากการด้วยความร้อน และไม่สามารถควบคุมปริมาณสุดท้ายของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์สำหรับการทดลองได้ ทั้งไม่สามารถคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในเรื่อง กลิ่น ได้ จึงทำให้ศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ที่จะสามารถควบคุมปริมาณสุดท้ายของน้ำมะนาวได้ และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ให้มีความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสดมากที่สุดต่อไป



ภาพที่ 4.13 กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิด

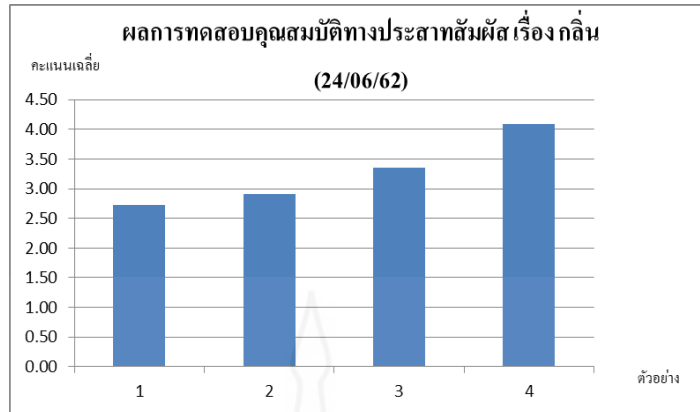
1.2 การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิด

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวสภาวะต่างๆ ได้ทำการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิด โดยการอาศัยน้ำเป็นให้ความร้อนแก่น้ำมะนาว และทำการทดลองตัวอย่างน้ำมะนาวดังนี้ LTLT-15m, LTLT-30m, HTST-15s, HTST-30s และน้ำมะนาวคั้นสด เพื่อเป็นตัวอย่างสำหรับเปรียบเทียบ และพบว่าในการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิดนั้นลดปริมาณการสูญเสียของตัวอย่างน้ำมะนาวที่ใช้ในการทดลองได้ดี ทั้งยังคงรักษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและชัดเจนได้ดี คือ กลิ่น ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิด สำหรับการศึกษาขั้นต่อไป

ในการทดลองกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิดนั้นจะใช้น้ำมะนาวคั้นสดเป็นตัวอย่างควบคุม ซึ่งจะไม่พิจารณาน้ำมะนาวตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ เพราะมีค่าที่ใกล้เคียงกันและอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ โดยจะมุ่งเน้นพิจารณาที่ตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์เป็นสำคัญเท่านั้น

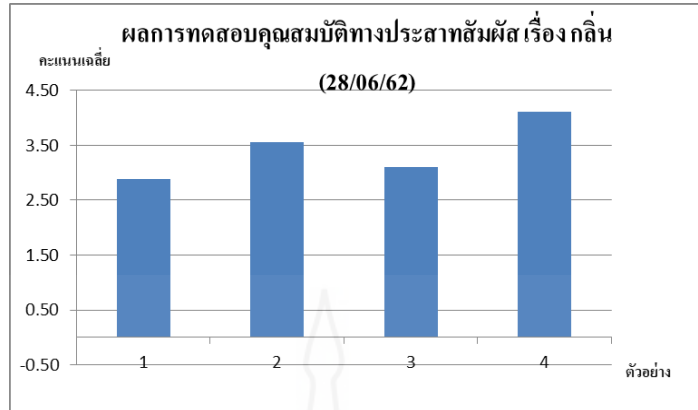
1.2.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 0 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 11 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 13 ผลคะแนนการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.73 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.62 คิดเป็นร้อยละ 59.34, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.91 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.45 คิดเป็นร้อยละ 49.83, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.36 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.03 คิดเป็นร้อยละ 30.65 และตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 4.09 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.14 คิดเป็นร้อยละ 27.87 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแท่งความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่าง เป็น ดังภาพที่ 4.14 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็น ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับ



ภาพที่ 4.14 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2562

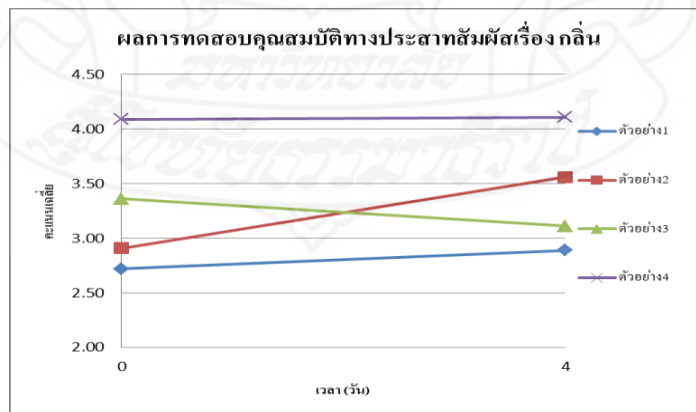
การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาว พาสเจอร์ไรซ์ระบบปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 4 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 9 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 14 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.89 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.36 คิดเป็นร้อยละ 47.06, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 3.56 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.24 คิดเป็นร้อยละ 34.83, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.11 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.17 คิดเป็นร้อยละ 37.62 และตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 4.11 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.78 คิดเป็นร้อยละ 18.98 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแท่งเป็น ดังภาพที่ 4.18 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับ



ภาพที่ 4.15 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่าง
คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง กลิ่น วันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตารางที่ 4.7 แสดงผลคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่าง
น้ำมะนาวกับระยะเวลาการจืดเก็บ (วัน)

วัน	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	ตัวอย่าง3	ตัวอย่าง4
0	2.72	2.91	3.36	4.09
4	2.89	3.56	3.11	4.11
คะแนนเฉลี่ย	2.81	3.24	3.24	4.10



ภาพที่ 4.16 กราฟเส้นตรงแสดงคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น
กับระยะเวลาการจืดเก็บ (วัน)

จากตารางที่ 4.7 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างการทดลองกับระยะเวลาการจับเก็บ 0 และ 4 วันเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คือ 2.72 และ 2.89 คะแนน, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คือ 2.91 และ 3.56 คะแนน, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คือ 3.36 และ 3.11 คะแนน และตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ 4.09 และ 4.11 คะแนน ตัวอย่างควบคุมมีเกณฑ์การยอมรับเท่ากับ 4 คะแนน ซึ่งพบว่าความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง กลิ่น กับระยะเวลาการจับเก็บ (วัน) ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 3 HTST-15s, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m และตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด ดังภาพที่ 4.16

ตารางที่ 4.8 ค่าทางสถิติผลความสัมพันธ์ของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น กับระยะเวลาการจับเก็บ (วัน)

Anova: Two-Factor Without Replication

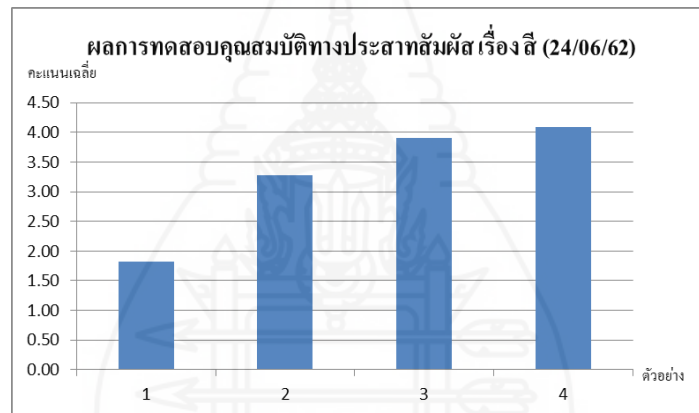
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
เวลาการจับเก็บ	0.03481	1	0.03481	0.626248	0.473016	7.708647
ตัวอย่าง	2.4607	4	0.615175	11.06728	0.019464	6.388233
Error	0.22234	4	0.055585			
Total	2.71785	9				

จากตารางที่ 4.8 ค่าทางสถิติพบว่าตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.0194 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจับเก็บ 0 และ 4 วันน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.4730

1.2.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจับเก็บ 0 วัน ผู้ทดสอบ

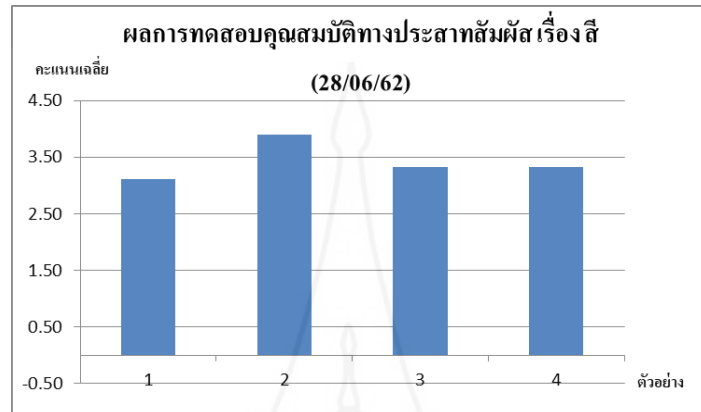
จำนวน 11 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 16 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง สี เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 1.82 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.25 คิดเป็นร้อยละ 68.68, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 3.27 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.79 คิดเป็นร้อยละ 24.16, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.91 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.58 คิดเป็นร้อยละ 40.41 และตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 4.09 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 คิดเป็นร้อยละ 13.20 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างเป็น ดังภาพที่ 4.17 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็น ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับ



ภาพที่ 4.17 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2562

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 4 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 9 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 17 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง สี เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 3.11 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.36 คิดเป็นร้อยละ 43.73, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 3.89 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.17 คิดเป็นร้อยละ 30.08, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.33 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.87 คิดเป็นร้อยละ 26.13 และตัวอย่าง 4

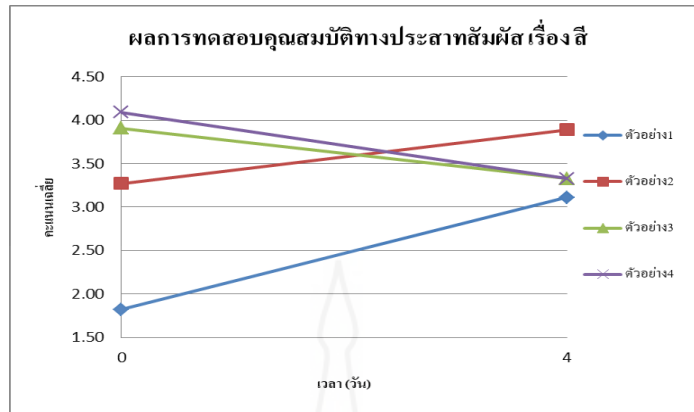
HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.33 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.41 คิดเป็นร้อยละ 42.34 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแท่งเป็น ดังภาพที่ 4.18 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 2 LTLT-30m > ตัวอย่าง 3 HTST-15s =ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m



ภาพที่ 4.18 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี วันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตารางที่ 4.9 แสดงผลคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวกับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

วัน	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	ตัวอย่าง3	ตัวอย่าง4
0	1.82	3.27	3.91	4.09
4	3.11	3.89	3.33	3.33
คะแนนเฉลี่ย	2.47	3.58	3.62	3.71



ภาพที่ 4.19 กราฟเส้นตรงแสดงคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างการทดลองกับระยะเวลาการจัดเก็บ 0 และ 4 วันเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คือ 1.82 และ 3.11 คะแนน, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คือ 3.27 และ 3.89 คะแนน, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คือ 3.91 และ 3.33 คะแนน และตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ 1.09 และ 3.33 คะแนน ซึ่งพบว่า ความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน) ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 3 HTST-15s, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m และตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด ดังภาพที่ 4.19

ตารางที่ 4.10 ค่าทางสถิติผลความสัมพันธ์ของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

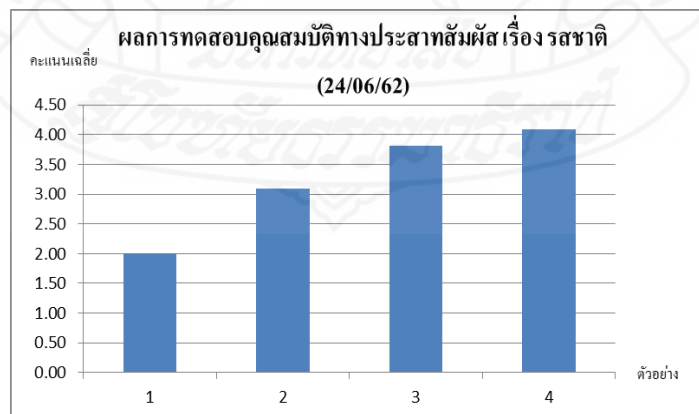
Anova: Two-Factor Without Replication

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
เวลาการจัดเก็บ	0.03249	1	0.03249	0.0897043	0.7794714	7.7086474
ตัวอย่าง	2.766	4	0.6915	1.9092189	0.2732339	6.3882329
Error	1.44876	4	0.36219			
Total	4.24725	9				

จากภาพที่ 4.10 ค่าทางสถิติพบว่าตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า P -value เท่ากับ 0.2732 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจืดเก็บ 0 และ 4 วัน น้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า P -value เท่ากับ 0.7794

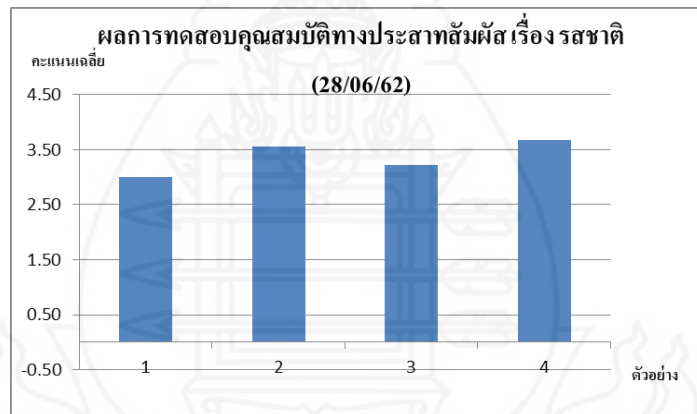
1.2.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจืดเก็บ 0 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 11 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 19 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง รสชาติ เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.00 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.00 คิดเป็นร้อยละ 50.00, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 3.09 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.14 คิดเป็นร้อยละ 36.89, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.82 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.60 คิดเป็นร้อยละ 41.88 และตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 4.09 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.94 คิดเป็นร้อยละ 22.98 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างเป็น ดังภาพที่ 4.20 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็น ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับ



ภาพที่ 4.20 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2562

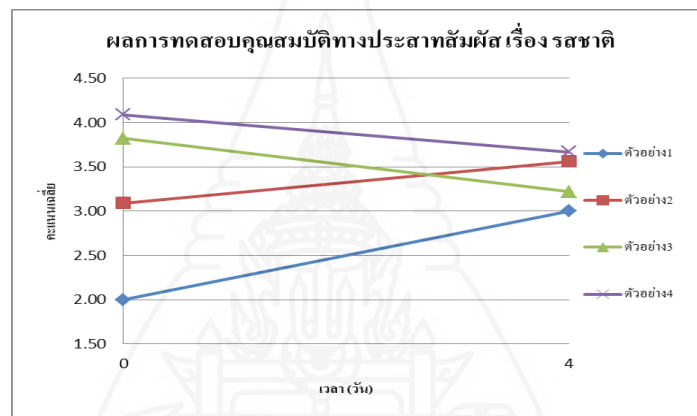
การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาว พาสเจอร์ไรซ์ระบบปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจับเก็บ 4 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 9 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 20 ผลคะแนนการทดลอง คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง รสชาติ เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 3.00 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.32 คิดเป็นร้อยละ 44.00, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 3.56 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.51 คิดเป็นร้อยละ 42.42, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.22 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.83 คิดเป็นร้อยละ 25.78 และ ตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.67 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.22 คิดเป็นร้อยละ 33.24 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างเป็น ดังภาพที่ 4.21 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับ



ภาพที่ 4.21 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่าง คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ วันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตารางที่ 4.11 แสดงผลคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ แต่ละตัวอย่าง การทดลองกับระยะเวลาการจืดเก็บ (วัน)

วัน	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	ตัวอย่าง3	ตัวอย่าง4
0	2.00	3.09	3.82	4.09
4	3.00	3.56	3.22	3.67
คะแนนเฉลี่ย	2.50	3.33	3.52	3.88



ภาพที่ 4.22 กราฟเส้นตรงแสดงคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ กับระยะเวลาการจืดเก็บ (วัน)

จากตารางที่ 4.11 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างการทดลองกับระยะเวลาการจืดเก็บ 0 และ 4 วันเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15s คือ 2.00 และ 3.00 คะแนน, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คือ 3.09 และ 3.56 คะแนน, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คือ 3.82 และ 3.22 คะแนน และตัวอย่าง 4 HTST-30m คือ 4.09 และ 3.67 คะแนน ซึ่งพบว่า ความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ กับระยะเวลาการจืดเก็บ (วัน) ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 3 HTST-15s, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m และตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด ดังภาพที่ 4.22

ตารางที่ 4.12 ค่าทางสถิติผลความสัมพันธ์ของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ กับ ระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

Anova: Two-Factor Without Replication

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
เวลาการจัดเก็บ	0.02025	1	0.02025	0.0943616	0.7740322	7.7086474
ตัวอย่าง	2.8206	4	0.70515	3.2858807	0.1379162	6.3882329
Error	0.8584	4	0.2146			
Total	3.69925	9				

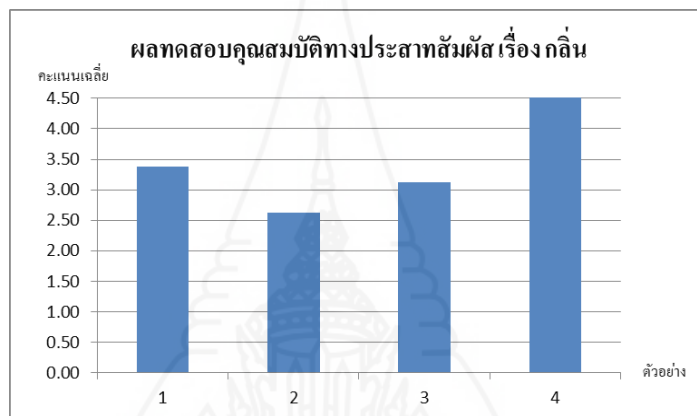
จากตารางที่ 4.12 ค่าทางสถิติพบว่าตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.1379 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจัดเก็บ 0 และ 4 วันน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.7740

จากการศึกษาพบว่ากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิดเหมาะสำหรับการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวมากกว่าระบบเปิด เพราะสามารถควบคุมปริมาณน้ำมะนาวหลังพาสเจอร์ไรซ์ได้ดี และรักษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ ได้ดีกว่าการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิด และเพื่อเป็นการยืนยันระบบการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิด ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์เริ่มต้นซ้ำ 2 ครั้ง โดยไม่จัดเก็บ ซึ่งผลการศึกษาเป็นดังนี้

1.2.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด โดยทำการทดสอบ วันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 0 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 8 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 22 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m

คะแนนเฉลี่ย คือ 3.00 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.06 คิดเป็นร้อยละ 35.33, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.33 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.19 คิดเป็นร้อยละ 51.07, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 2.78 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.13 คิดเป็นร้อยละ 40.65 และตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 4.22 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.46 คิดเป็นร้อยละ 10.90 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแท่งความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างเป็นดังภาพที่ 4.23 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็น ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m ตามลำดับ

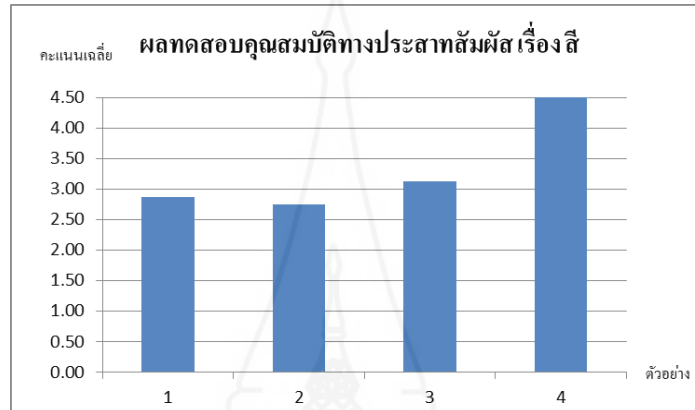


ภาพที่ 4.23 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น วันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

1.2.5 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 0 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 8 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 23 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ของน้ำมะนาวเรื่อง สี เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.56 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.25 คิดเป็นร้อยละ 48.83, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.44 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.16 คิดเป็นร้อยละ 47.54, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 2.78 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.13 คิดเป็นร้อยละ 40.65 และตัวอย่าง 4 HTST-30s

คะแนนเฉลี่ย คือ 4.22 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.46 คิดเป็นร้อยละ 10.90 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่าง เป็น ดังภาพที่ 4.24 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็น ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m ตามลำดับ

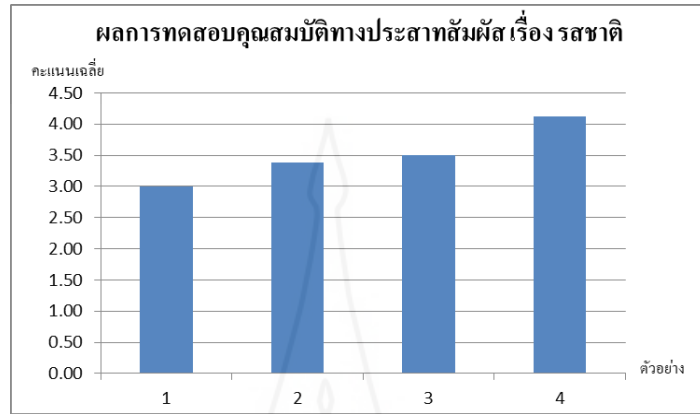


ภาพที่ 4.24 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส รื่อง สี วันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

1.2.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส รื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส รื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 0 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 8 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 24 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาว รื่อง รสชาติ เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.67 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.20 คิดเป็นร้อยละ 44.94, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 3.00 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.19 คิดเป็นร้อยละ 39.67, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.11 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.93 คิดเป็นร้อยละ 29.90 และ ตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.67 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.13 คิดเป็นร้อยละ 30.79 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่าง

เป็น ดังภาพที่ 4.25 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็น ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 3 HTS T-15s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับ

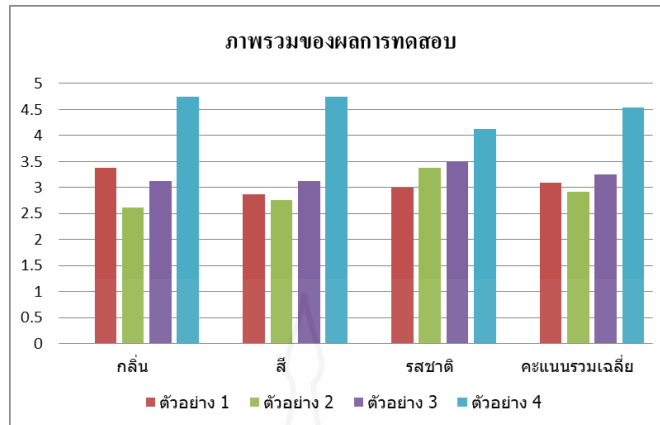


ภาพที่ 4.25 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ วันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

เมื่อนำคะแนนรวมเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ เริ่มต้น สามารถสรุปความสัมพันธ์ของตัวอย่างของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ได้จากภาพที่ 4.26 โดยพบว่าน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 และ ตัวอย่าง 4 มีผลคะแนนรวมเฉลี่ยสูงของแต่ละกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ทั้งอุณหภูมิสูงและต่ำของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ วันที่ทดสอบ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	ตัวอย่าง3	ตัวอย่าง4
กลิ่น	3.38	2.62	3.12	4.75
สี	2.87	2.75	3.12	4.75
รสชาติ	3.00	3.38	3.50	4.12
คะแนนรวมเฉลี่ย	3.08	2.92	3.25	4.54

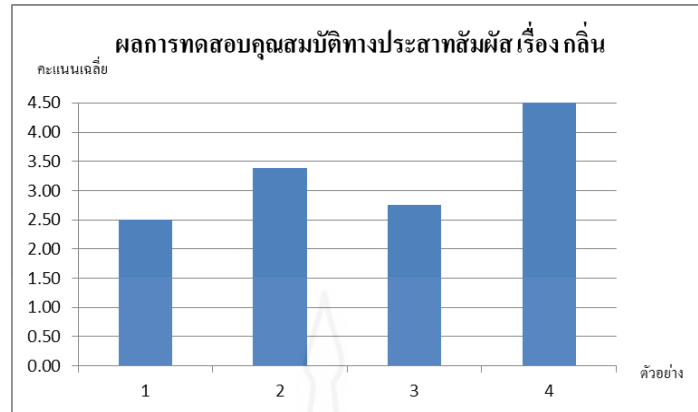


ภาพที่ 4.26 แสดงผลคะแนนรวมเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของตัวอย่าง วันที่ทดสอบ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

สำหรับการศึกษาคูณสมบัติทางประสาทสัมผัส ณ วันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 เป็น การศึกษาเพื่อยืนยันผลของ วันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

1.2.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาว พาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด

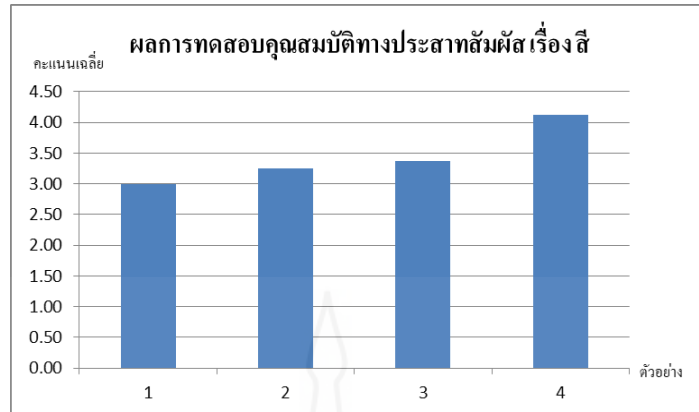
การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาว พาสเจอร์ไรซ์ระบบปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 0 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 8 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 26 ผลคะแนนการทดลอง คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.22 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.69 คิดเป็นร้อยละ 76.12, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 3.00 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.92 คิดเป็นร้อยละ 30.67, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 2.44 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.16 คิดเป็นร้อยละ 47.54 และ ตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 4.00 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53 คิดเป็นร้อยละ 13.25 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแท่งความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างเป็น ดังภาพที่ 4.27 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็น ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับ



ภาพที่ 4.27 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น วันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

1.2.5 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด

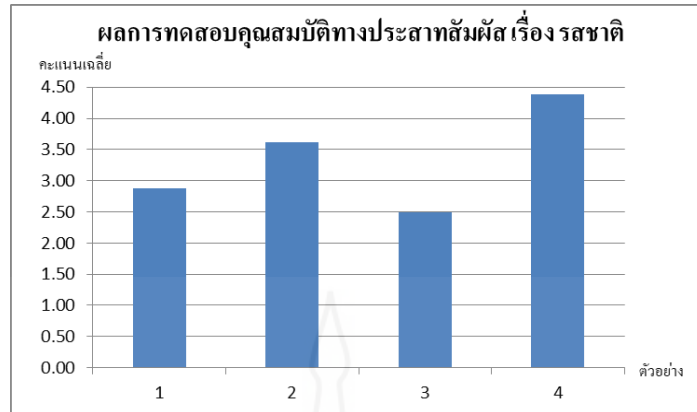
การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 0 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 8 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 27 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง สี เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.67 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.51 คิดเป็นร้อยละ 56.55, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.89 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.04 คิดเป็นร้อยละ 35.99, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.00 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.19 คิดเป็นร้อยละ 39.67 และตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.67 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.99 คิดเป็นร้อยละ 26.98 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแท่งเป็น ดังภาพที่ 4.28 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็น ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 3 HTST-15s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับ



ภาพที่ 4.28 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี วันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

1.2.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิดโดยทำการทดสอบ วันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ระยะเวลาการจัดเก็บ 0 วัน ผู้ทดสอบจำนวน 8 คน แสดงผลการทดสอบเป็นคะแนนเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนในแต่ละตัวอย่างของน้ำมะนาวที่ทดสอบ จากตารางที่ 28 ผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง รสชาติ เป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คะแนนเฉลี่ย คือ 2.56 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.64 คิดเป็นร้อยละ 64.06, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m คะแนนเฉลี่ย คือ 3.11 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.93 คิดเป็นร้อยละ 29.90, ตัวอย่าง 3 HTST-15s คะแนนเฉลี่ย คือ 2.22 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.76 คิดเป็นร้อยละ 34.23 และตัวอย่าง 4 HTST-30s คะแนนเฉลี่ย คือ 3.89 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.74 คิดเป็นร้อยละ 19.02 โดยเมื่อแสดงผลกราฟแท่งความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่าง เป็นดังภาพที่ 4.29 ซึ่งสรุปผลการทดสอบเป็น ตัวอย่าง 4 HTST-30s > ตัวอย่าง 2 LTLT-30m > ตัวอย่าง 1 LTLT-15m > ตัวอย่าง 3 HTST-15s ตามลำดับ

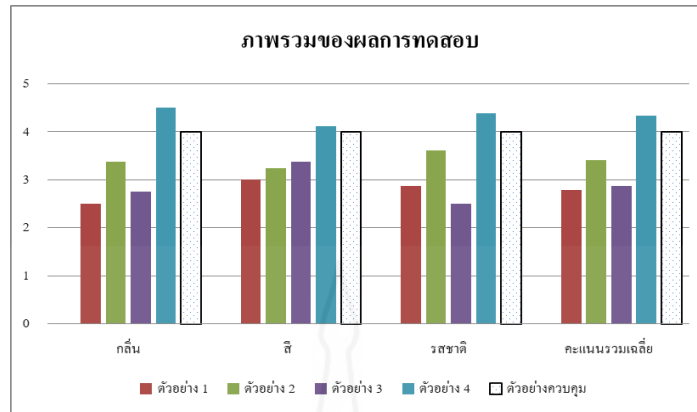


ภาพที่ 4.29 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ของตัวอย่างกับคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ วันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

เมื่อนำคะแนนรวมเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ เริ่มต้น สามารถสรุปความสัมพันธ์ของตัวอย่างของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ได้ จากภาพที่ 4.30 โดยพบว่าน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 และ ตัวอย่าง 4 มีผลคะแนนรวมเฉลี่ยสูงของแต่ละกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ทั้งอุณหภูมิสูงและต่ำของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ วันที่ทดสอบ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	ตัวอย่าง3	ตัวอย่าง4
กลิ่น	2.50	3.38	2.75	4.50
สี	3.00	3.25	3.37	4.12
รสชาติ	2.88	3.62	2.50	4.38
คะแนนรวมเฉลี่ย	2.79	3.42	2.87	4.33



ภาพที่ 4.30 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ วันที่ทดสอบ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

ผลการทดลองพบว่า คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น โดยสามารถลำดับความใกล้เคียงกับน้ำมะนาวคั้นสดจากมากสุดไปถึงใกล้เคียงน้อยสุดได้ ดังนี้ ตัวอย่าง HTST-30s, HTST-15s, LTLT-30m และ LTLT-15m เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันเมื่อเก็บในระยะเวลา 0 และ 4 วัน ตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี พบว่า ตัวอย่าง HTST-30s, HTST-15s, LTLT-30m และ LTLT-15m ซึ่งเรียงลำดับจากความใกล้เคียงกับตัวอย่างน้ำมะนาวคั้นสดมากที่สุดถึงน้อยที่สุด เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเก็บในระยะเวลา 0 และ 4 วัน ตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน และสำหรับคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ พบว่า ตัวอย่าง HTST-30s, HTST-15s, LTLT-30m และ LTLT-15m ซึ่งเรียงลำดับจากความใกล้เคียงกับตัวอย่างน้ำมะนาวคั้นสดมากที่สุดถึงน้อยที่สุด เมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเก็บในระยะเวลา 0 และ 4 วัน ตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 5 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน

จากการศึกษาการกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่สภาวะต่างๆ และทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น, สี และรสชาติ ผู้วิจัยจึงเลือกตัวอย่าง 4 HTST-30s ซึ่งเป็นตัวแทนของกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์โดยอุณหภูมิสูงและ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m เป็นตัวแทนของกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์โดยอุณหภูมิต่ำ เพื่อเป็นตัวอย่างน้ำมะนาวที่เหมาะสมสำหรับการศึกษารับรองต่อไป

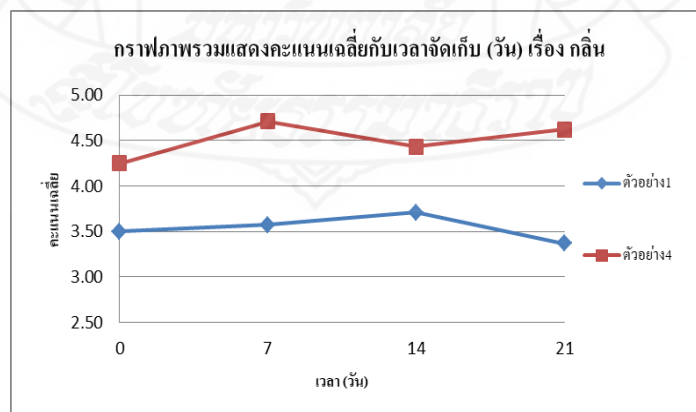
ตอนที่ 2 การศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว ที่เหมาะสมในการจัดเก็บ ระยะเวลา 21 วัน

2.2.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่างน้ำมะนาว พาสเจอร์ไรซ์ในระยะเวลาจัดเก็บ 21 วัน

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น โดยศึกษาการจัดเก็บเป็นระยะเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน ซึ่งการทดลองตรงกับ วันที่ 13, 19, 26 และ 30 เดือน สิงหาคม พ.ศ.2562 ตามลำดับ ผลการศึกษาเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.15 แสดงผลคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ของตัวอย่าง การทดลองกับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

วัน	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2
0	3.50	4.25
7	3.57	4.71
14	3.71	4.43
21	3.37	4.62
คะแนนเฉลี่ย	3.54	4.50



ภาพที่ 4.31 กราฟเส้นตรงแสดงคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

จากตารางที่ 4.15 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างการทดลองกับระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วันเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คือ 3.50, 3.57, 3.71 และ 3.37 คะแนน ตามลำดับ และตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ 4.25, 4.71, 4.43 และ 4.62 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งพบว่าความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน) ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ดังภาพที่ 4.31

ตารางที่ 4.16 ค่าทางสถิติผลความสัมพันธ์ของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

Anova: Two-Factor Without Replication

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
เวลาการจัดเก็บ	0.0514	3	0.0171333	0.7628942	0.5548047	4.7570627
ตัวอย่าง	1.8635167	2	0.9317583	41.488312	0.0003066	5.1432528
Error	0.13475	6	0.0224583			
Total	2.0496667	11				

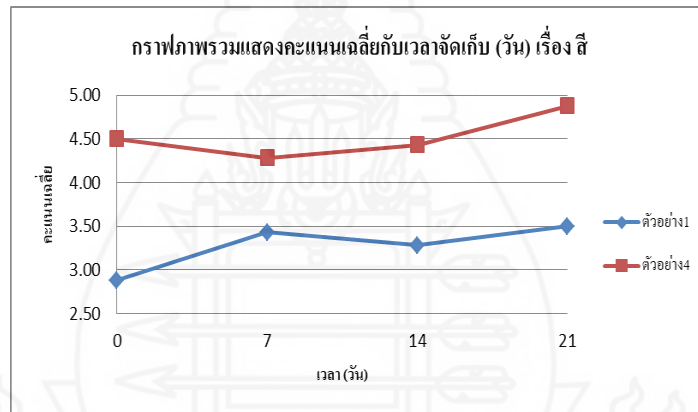
จากตารางที่ 4.16 ค่าทางสถิติพบว่าตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.0003 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วันน้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.5548

2.2.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ในระยะเวลาจัดเก็บ 21 วัน

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี โดยศึกษาการจัดเก็บเป็นระยะเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน ซึ่งการทดลองตรงกับ วันที่ 13, 19, 26 และ 30 เดือน สิงหาคม พ.ศ.2562 ตามลำดับ ผลการศึกษาเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.17 แสดงผลคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ของตัวอย่าง การทดลองกับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

วัน	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2
0	2.88	4.50
7	3.43	4.28
14	3.28	4.43
21	3.50	4.88
คะแนนเฉลี่ย	3.27	4.52



ภาพที่ 4.39 กราฟเส้นตรงแสดงคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

จากตารางที่ 4.17 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างการทดลองกับระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วันเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คือ 2.88, 3.43, 3.28 และ 3.50 คะแนนตามลำดับ และตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ 4.50, 4.28, 4.43 และ 4.88 คะแนน ซึ่งพบว่า ความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน) ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ดังภาพที่ 4.32

ตารางที่ 4.18 ค่าทางสถิติผลความสัมพันธ์ของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

Anova: Two-Factor Without Replication

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
เวลาการจัดเก็บ	0.1763	3	0.0587667	1.410118	0.3286711	4.7570627
ตัวอย่าง	3.1530167	2	1.5765083	37.828634	0.0003967	5.1432528
Error	0.25005	6	0.041675			
Total	3.5793667	11				

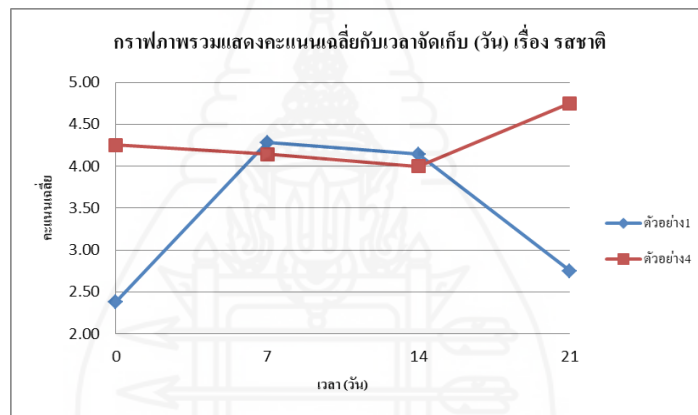
จากตารางที่ 4.18 ค่าทางสถิติพบว่าตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.0003 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วันน้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.3286

2.2.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่างน้ำมะนาว พาสเจอร์ไรซ์ในระยะเวลาจัดเก็บ 21 วัน

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ โดยศึกษาการจัดเก็บเป็นระยะเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน ซึ่งการทดลองตรงกับ วันที่ 13, 19, 26 และ 30 เดือน สิงหาคม พ.ศ.2562 ตามลำดับ ผลการศึกษาเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.19 แสดงผลคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ของตัวอย่าง การทดลองกับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

วัน	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2
0	2.38	4.25
7	4.28	4.14
14	4.14	4.00
21	2.75	4.75
คะแนนเฉลี่ย	3.39	4.29



ภาพที่ 4.33 กราฟเส้นตรงแสดงคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

จากตารางที่ 4.19 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างการทดลองกับระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วันเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คือ 2.38, 4.28, 4.14 และ 2.75 คะแนน ตามลำดับ และตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ 4.25, 4.14, 4.00 และ 4.75 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน) ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ดังภาพที่ 4.33

ตารางที่ 4.20 ค่าทางสถิติผลความสัมพันธ์ของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

Anova: Two-Factor Without Replication

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
เวลาการจัดเก็บ	0.6312917	3	0.2104306	0.5106126	0.6895431	4.7570627
ตัวอย่าง	1.6825167	2	0.8412583	2.0413249	0.2107316	5.1432528
Error	2.4726833	6	0.4121139			
Total	4.7864917	11				

จากตารางที่ 4.20 ค่าทางสถิติพบว่าตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.2107 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วันน้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.6895

จากการศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่เหมาะสม ในระยะเวลาการจัดเก็บ 21 วัน คือ ตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ตัวอย่าง 4 HTST-30s และ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ซึ่งมีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ อยู่ในเกณฑ์การประเมินที่ดี จากผู้ทดสอบ ผู้วิจัยจึงได้เลือกตัวอย่างน้ำมะนาว ตัวอย่าง 4 HTST-30s เป็นตัวแทนกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิสูงและ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m เป็นตัวแทนกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิต่ำ เพื่อศึกษาการวิเคราะห์หีสของน้ำมะนาว ซึ่งจะประเมินค่าสีที่นอกเหนือจากความสามารถของมนุษย์

ตอนที่ 3 การศึกษาการวิเคราะห์หีสของน้ำมะนาว

การศึกษาการวิเคราะห์หีสน้ำมะนาว เป็นการศึกษาเปรียบเทียบน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่าง 1 LTLT-15m ที่ระยะการจัดเก็บคือ 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน ซึ่งตรงกับวันที่ 16, 14, 12, 10, 8, และ 6 เดือน มกราคม พ.ศ.2563 และทำการวิเคราะห์ในวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2563 โดยศึกษาเปรียบเทียบกับ ตัวอย่าง Control, ตัวอย่างน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์

กลุ่มวัตถุแต่งกลิ่นมะนาว และกลุ่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของน้ำมะนาว ผ่านการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์สี X - rite ด้วยโปรแกรม Color iControl

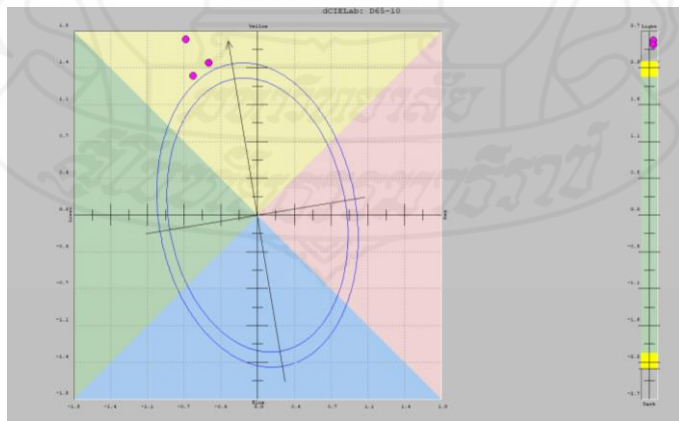
เครื่องวิเคราะห์สี X - rite เป็นเครื่องมือ Colorimeter ใช้วัดความเข้มของแสงที่สะท้อนจากวัตถุที่มีลักษณะทึบแสงหรือวัตถุที่แสงสามารถส่องผ่าน ลักษณะการทำงานคล้ายกับการมองเห็นสีของมนุษย์ คือมี Sensor 3 ชนิด ที่มีความไวต่อแสงสี แดง เขียว และน้ำเงิน ซึ่งอยู่ในตาของมนุษย์ ดังนั้นค่าที่วัดได้จากอัลเลอริมิเตอร์จึงเป็นตัวเลขที่แสดงค่าสีของภาพที่สัมพันธ์กับการมองเห็นสีจริงของมนุษย์ มีทั้งแบบ Reflection และ Transmission โดยอาศัยแหล่งกำเนิดแสง Illumination D65 เป็นมาตรฐานแสงเวลากลางวัน (ค่าเฉลี่ยแสงตอนกลางวันจากท้องฟ้าทั่วโลกเหนือ) มีอุณหภูมิสีประมาณ 6504K และ D65 เป็นแสงมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณหาค่าสี

โปรแกรม Color iControl เป็นโปรแกรมประมวลผลจากเครื่องวิเคราะห์สี X - rite มีระบบการวิเคราะห์สี คือ ระบบสี CIELab Color Model เป็นระบบที่ไม่มองอุปกรณ์ ระบบสีที่สัมพันธ์กับการมองเห็นของมนุษย์ไม่ขึ้นกับอุปกรณ์ใดๆ กล่าวคือเมื่อวัดค่าสีได้เท่ากันแล้ว อุปกรณ์ต่างๆจะแสดงสีที่เห็นจะเหมือนกันในสภาวะแวดล้อมอย่างเดียวกัน

โดย L^* ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness) $L = 0$ สีที่ได้จะมีคเป็นสีดำ $L = 100$ สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว a^* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว a เป็น + วัตถุมีสีออกแดง a เป็น - วัตถุมีสีออกเขียว b^* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน b เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง b เป็น - วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

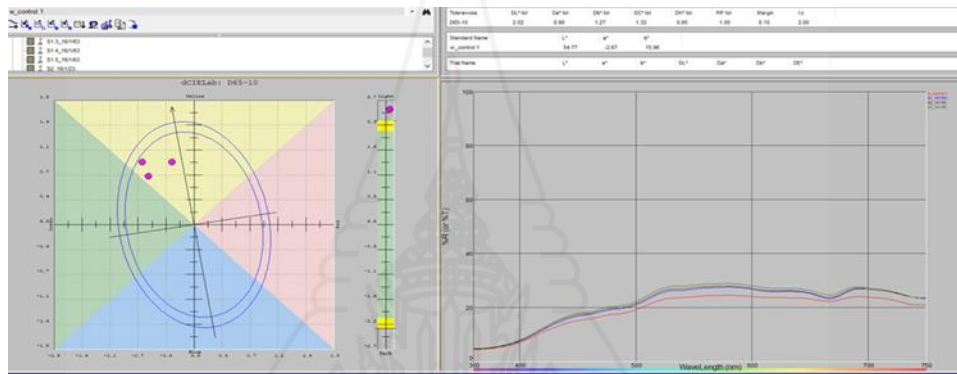
จากการศึกษาการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาวได้ผลการศึกษาเป็นดังนี้

ตัวอย่างน้ำมะนาวคั้นสด ซึ่งเป็นน้ำมะนาว control มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 54 - 56 และ 15 - 16 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 2 - 3



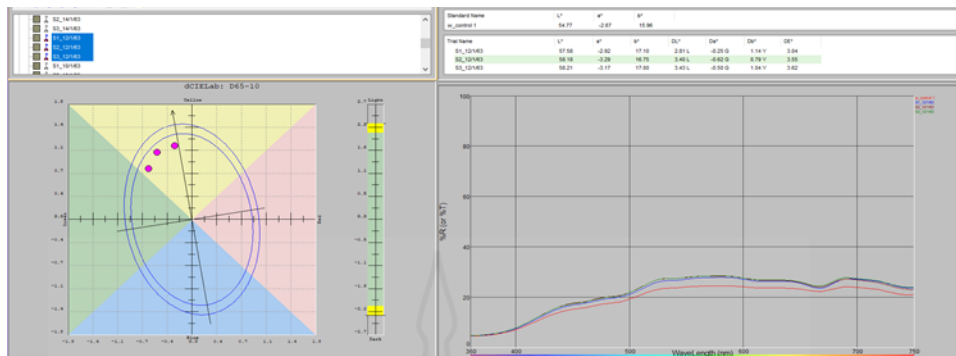
ภาพที่ 4.34 แสดงของตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m, ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่างน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 1 วัน

จากภาพที่ 4.34 ตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 57.31 และ 17.66 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3.36, ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 57.37 และ 17.44 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3.14 และตัวอย่างน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 57.30 และ 17.31 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3.29 เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 1 วัน ตัวอย่างทั้ง 3 ค่าสีอยู่ในแถบ +b แสดงว่ามีสีเหลือง โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้นเป็นเส้นน้ำมะนาวคั้นสดเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ



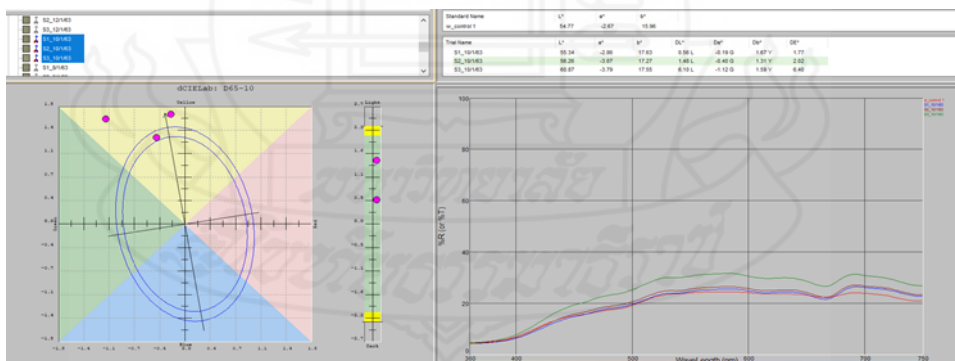
ภาพที่ 4.35 แสดงของตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m, ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 3 วัน

จากภาพที่ 4.35 ตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 57.31 และ 16.85 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 2.95, ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 57.76 และ 16.65 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3.25 และตัวอย่างน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 58.62 และ 16.85 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3.33 เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 3 วัน ตัวอย่างทั้ง 3 ค่าสีอยู่ในแถบ +b แสดงว่ามีสีเหลือง โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้นเป็นเส้นน้ำมะนาวคั้นสดเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ



ภาพที่ 4.36 แสดงของตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m, ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 5 วัน

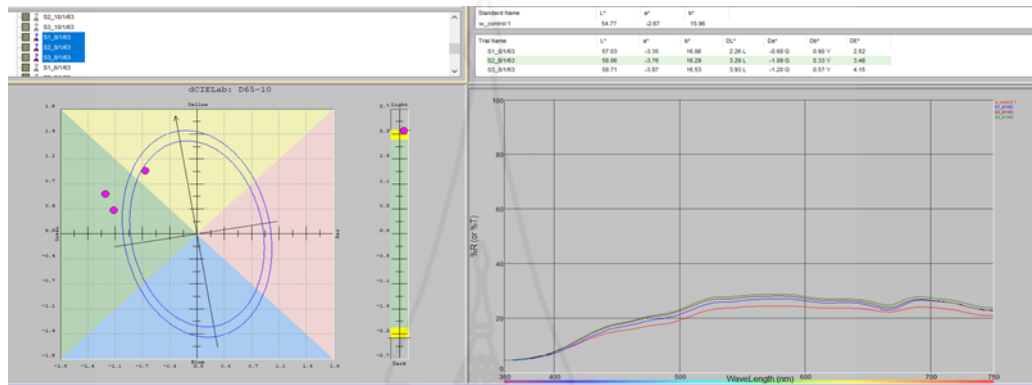
จากภาพที่ 4.36 ตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 57.58 และ 17.10 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 2.92, ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 58.18 และ 16.75 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3.29 และตัวอย่างน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 58.21 และ 17.00 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3.17 เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 5 วัน ตัวอย่างทั้ง 3 ค่าสีอยู่ในแถบ +b แสดงว่ามีสีเหลือง โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้นเป็นเส้นน้ำมะนาวคั้นสดเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ



ภาพที่ 4.37 แสดงของตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m, ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 7 วัน

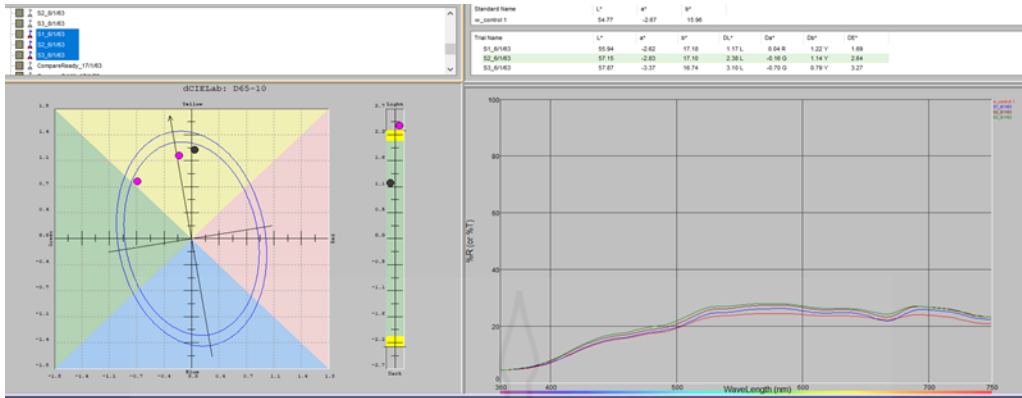
จากภาพที่ 4.37 ตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 55.34 และ 17.63 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 2.86, ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 56.26 และ 17.27 ตามลำดับ และมี

สหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3.07 และตัวอย่างน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 60.87 และ 17.55 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3.79 เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 7 วัน ตัวอย่างทั้ง 3 ค่าสีอยู่ในแถบ +b แสดงว่ามีสีเหลือง โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้นเป็นเส้นน้ำมะนาวคั้นสดเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ



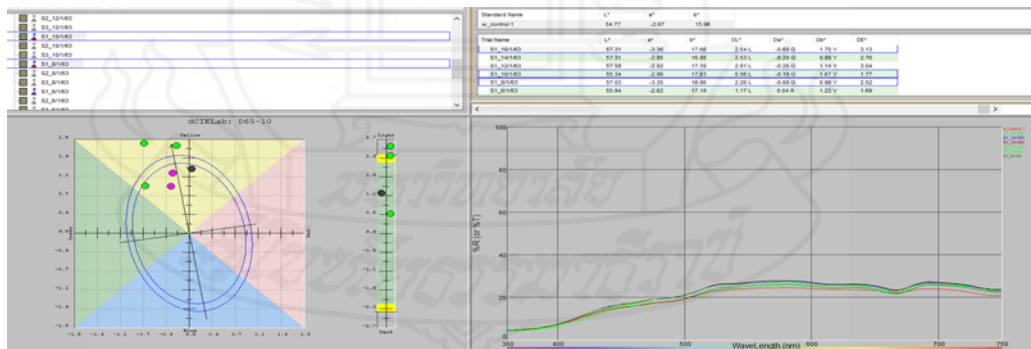
ภาพที่ 4.38 แสดงของตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m, ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 9 วัน

จากภาพที่ 4.38 ตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 57.03 และ 16.86 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3.35, ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 58.06 และ 16.29 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3.76 และตัวอย่างน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 58.71 และ 16.53 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3.87 เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 9 วัน ตัวอย่างทั้ง 3 ค่าสีอยู่ในแถบ +b แสดงว่ามีสีเหลือง และ -a แสดงว่ามีสีเขียว โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้นเป็นเส้นน้ำมะนาวคั้นสดเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ



ภาพที่ 4.39 แสดงของตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m, ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 11 วัน

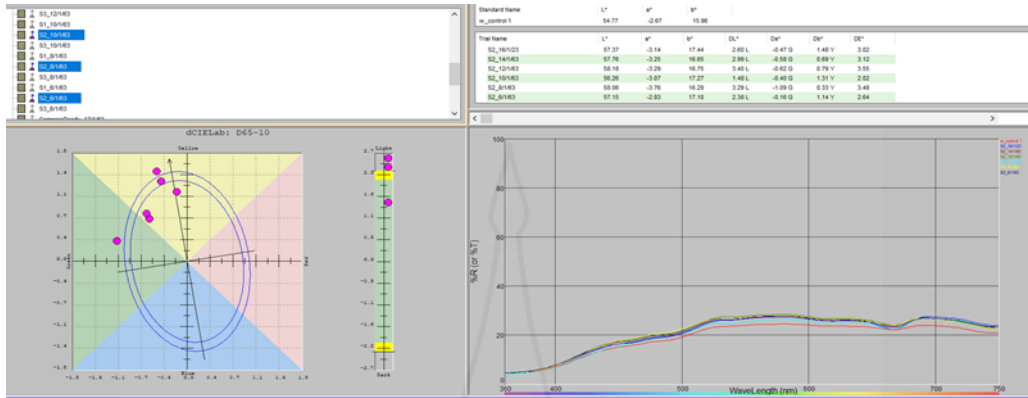
จากภาพที่ 4.39 ตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 55.94 และ 17.18 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 2.62, ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 57.15 และ 17.10 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 2.83 และตัวอย่างน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 57.87 และ 16.74 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3.27 เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 11 วัน ตัวอย่างทั้ง 3 ค่าอยู่ในแถบ +b แสดงว่ามีสีเหลือง โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้นเป็นเส้นน้ำมะนาวคั่นสดเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ



ภาพที่ 4.40 แสดงการวิเคราะห์สีในตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m ในระยะเวลาการจัดเก็บต่างๆ (วัน)

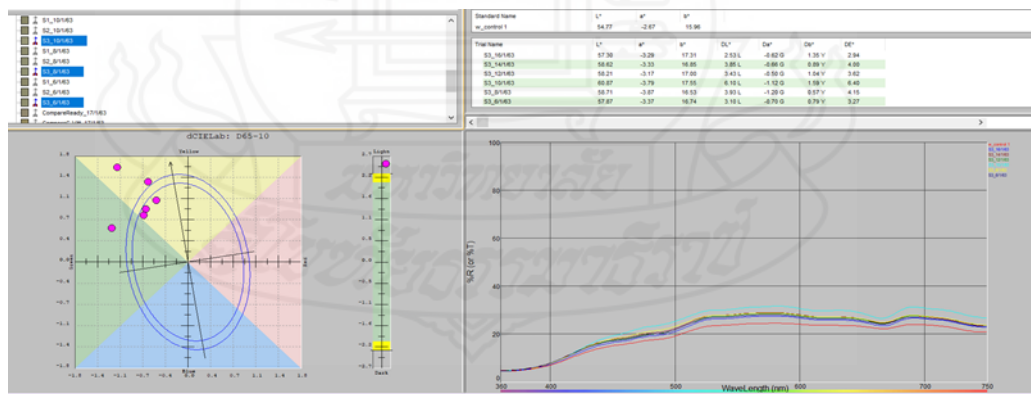
จากภาพที่ 4.40 ตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือช่วง 55-58 และ 16 - 18 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 2 - 3.5 เมื่อ

จัดเก็บเป็นเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน ตัวอย่าง ค่าสีอยู่ในแถบ +b แสดงว่ามีสีเหลือง โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้นเป็นเส้นน้ำมะนาวคั่นสดเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ



ภาพที่ 4.41 แสดงการวิเคราะห์สีในตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 4 HTST-30s ในระยะเวลาการจัดเก็บต่างๆ (วัน)

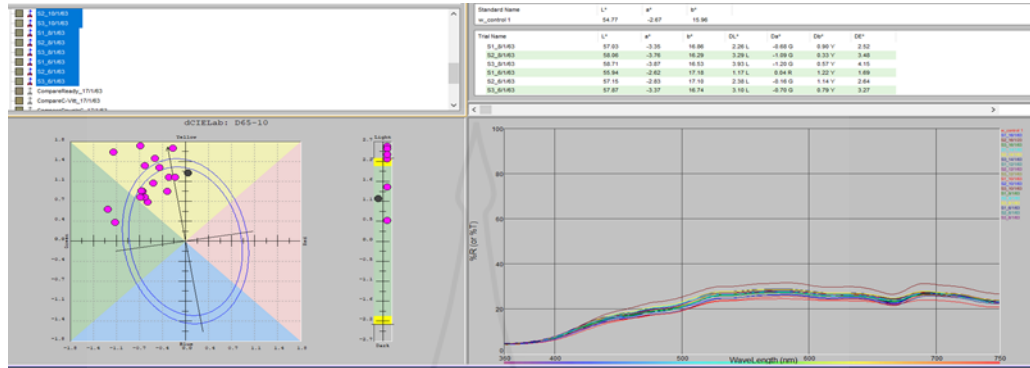
จากภาพที่ 4.41 ตัวอย่างน้ำมะนาวตัวอย่าง 4 HTST-30s มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือช่วง 56 - 58 และ 16 - 17.5 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 2.5 - 4 เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน ตัวอย่าง ค่าสีอยู่ในแถบ +b แสดงว่ามีสีเหลือง โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้นเป็นเส้นน้ำมะนาวคั่นสดเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ



ภาพที่ 4.42 แสดงการวิเคราะห์สีในตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ในระยะเวลาการจัดเก็บต่างๆ (วัน)

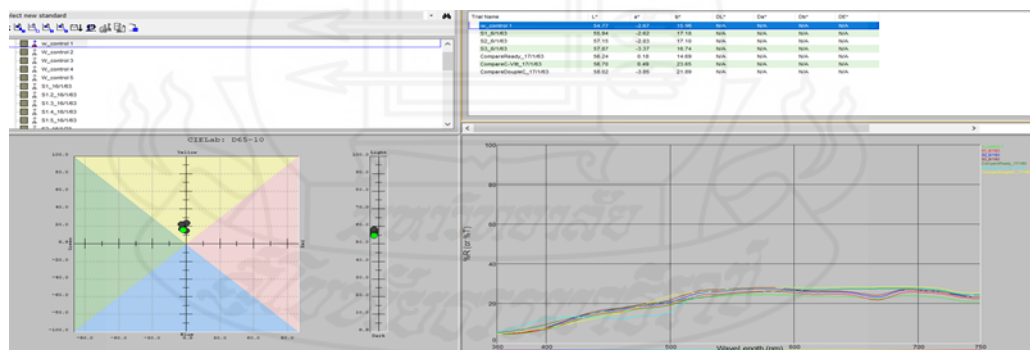
จากภาพที่ 4.42 ตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือช่วง 57 - 61 และ 16.5 - 17.5 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3 - 4

เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน ตัวอย่าง ค่าสีอยู่ในแถบ +b แสดงว่ามีสีเหลือง และ +a แสดงว่ามีสีเขียว โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้นเป็นเส้นนำมะนาวคั่นสดเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ



ภาพที่ 4.42 แสดงภาพรวมการวิเคราะห์สีในตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่าง 1 LTLT-15m ในระยะเวลาการจัดเก็บต่างๆ (วัน)

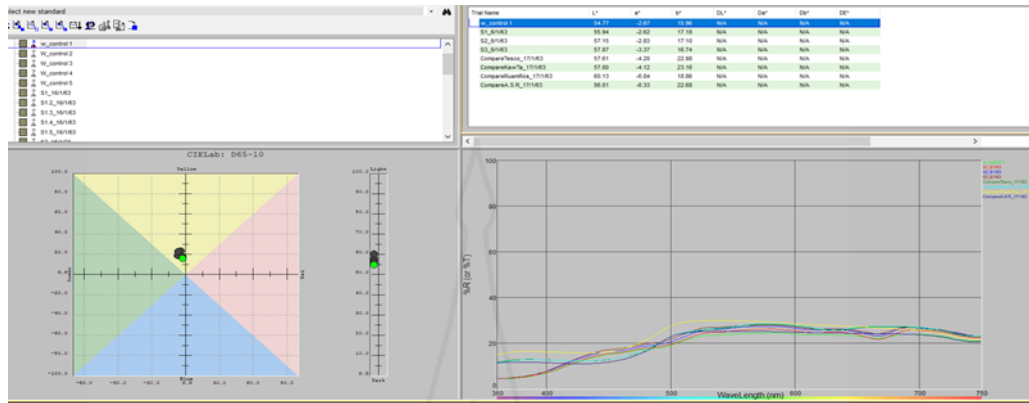
จากภาพที่ 4.42 ตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่าง 1 LTLT-15m เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน ตัวอย่าง ค่าสีอยู่ในแถบ +b แสดงว่ามีสีเหลือง และ +a แสดงว่ามีสีเขียว โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้นเป็นเส้นนำมะนาวคั่นสดเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ



ภาพที่ 4.44 แสดงภาพรวมการวิเคราะห์สีในตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่าง 1 LTLT-15m เปรียบเทียบกับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมน้ำมะนาว

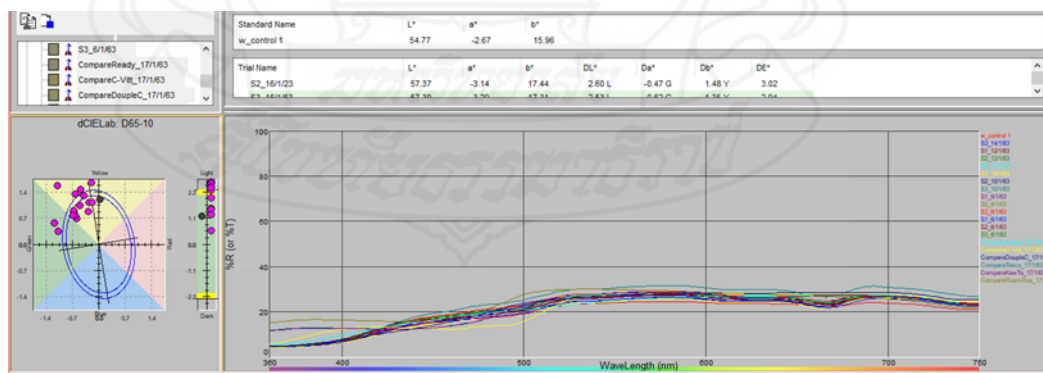
จากภาพที่ 4.44 ตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วันกับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมน้ำมะนาว มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือช่วง 56 - 58 และ 14 - 23 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 0.1 - 4 ค่าสีอยู่ในแถบ +b แสดงว่ามีสีเหลือง โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้น

เป็นเส้นน้ำมะนาวคั้นสดเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ ซึ่งกลุ่มเครื่องดื่มน้ำมีส่วนผสมน้ำมะนาว มีค่าสีอยู่นอกเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้น



ภาพที่ 4.45 แสดงภาพรวมการวิเคราะห์สีในตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่าง 1 LTLT-15m เปรียบเทียบกับกลุ่มวัตถุแต่งกลิ่นมะนาว

จากภาพที่ 4.45 ตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน กับกลุ่มวัตถุแต่งกลิ่นมะนาว มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือช่วง 56 - 60 และ 18 - 22 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 4 - 7 ค่าสีอยู่ในแถบ +b แสดงว่ามีสีเหลือง โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้นเป็นเส้นน้ำมะนาวคั้นสดเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ ซึ่งกลุ่มเครื่องดื่มน้ำมีส่วนผสมน้ำมะนาว มีค่าสีอยู่นอกเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้น



ภาพที่ 4.46 แสดงภาพรวมการวิเคราะห์สีในตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่าง 1 LTLT-15m เปรียบเทียบกับกลุ่มวัตถุแต่งกลิ่นมะนาวและกลุ่มเครื่องดื่มน้ำมีส่วนผสมน้ำมะนาว

จากการศึกษาการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาว ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m มี สหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L* และ b* คือช่วง 55 - 58 และ 16.5 - 17.5 ตามลำดับ และมี สหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a* คือ 2 - 3.5 แต่สำหรับน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ มีสหสัมพันธ์ ทางบวกกับค่าสี L* และ b* คือช่วง 57 - 61 และ 16.5 - 17.5 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับ ค่าสี a* คือ 3 - 4 ดังตารางที่ 4.12 เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน ซึ่งค่า L* ของน้ำ มะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อจัดเก็บในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดเพคตินซึ่ง เกิดจากการทำงานของเอนไซม์เพคตินเนส แต่ในกลุ่มของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์มีค่า L* ที่ ค่อนข้างคงที่ซึ่งเอนไซม์เพคตินเนสถูกยับยั้งการทำงานด้วยความร้อน กับกลุ่มวัตถุแต่งกลิ่นมะนาว มี สหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L* และ b* คือช่วง 56 - 60 และ 18 - 22 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ ทางลบกับค่าสี a* คือ 4 - 7 และกลุ่มเครื่องดื่มมีส่วนผสมน้ำมะนาว มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L* และ b* คือช่วง 56 - 58 และ 14 - 23 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a* คือ 0.1 - 4 มีค่าสีอยู่ในแถบ +b แสดงว่ามีสีเหลือง มีค่าความสว่างในช่วง 50 - 60 โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้น เป็นเส้นน้ำมะนาวคั้นสด ซึ่งเป็นน้ำมะนาว control มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L* และ b* คือ 54 - 56 และ 15 - 16 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a* คือ 2 - 3 เป็นตัวอย่าง เปรียบเทียบ

ตัวอย่างน้ำมะนาว	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*
ตัวอย่าง 4 HTST-30s	55 - 58	2 - 3.5	16.5 - 17.5
ตัวอย่าง 1 LTLT-15m	55 - 58	2 - 3.5	16.5 - 17.5
น้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์	57 - 61	3 - 4	16.5 - 17.5
น้ำมะนาวควบคุม	54 - 56	2 - 3	15 - 16

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าสีของตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m, น้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ และน้ำมะนาวควบคุม ผ่านเครื่องวิเคราะห์สี X - rite ด้วยโปรแกรม Color iControl

บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวสภาวะต่างๆ ได้ทำการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิด โดยการอาศัยน้ำเป็นให้ความร้อนแก่น้ำมะนาว ทั้งยังคงรักษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และ รสชาติ ส่วนลักษณะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและชัดเจนได้ดี คือ กลิ่น ตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ น้ำมะนาวการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่อุณหภูมิ 71.1-74.0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที เป็นตัวอย่างที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์และจัดเก็บระยะเวลา 21 วัน สำหรับการศึกษาการวิเคราะห์สี X - rite ด้วยโปรแกรม Color iControl พบว่า น้ำมะนาวคั้นสด ซึ่งเป็นน้ำมะนาว control มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 54 - 56 และ 15 - 16 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 2 - 3 ตัวอย่าง 4 HTHT-30s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือช่วง 55 - 58 และ 16.5 - 17.5 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 2 - 3.5 แต่สำหรับน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือช่วง 57 - 61 และ 16.5 - 17.5 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3 - 4 เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน ซึ่งค่า L^* ของน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อจัดเก็บในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดเพคตินซึ่งเกิดจากการทำงานของเอนไซม์เพคตินเนส แต่ในกลุ่มของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์มีค่า L^* ที่ค่อนข้างคงที่ซึ่งเอนไซม์เพคตินเนสถูกยับยั้งการทำงานด้วยความร้อน น้ำมะนาวมีค่าช่วงสีเหลือง - เขียว

2. อภิปรายผล

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวสภาวะต่างๆ เพื่อให้ได้น้ำมะนาวเริ่มต้นการทดลองที่มีความใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงมีขั้นตอนการเตรียมที่เหมือนกัน พร้อมทั้งคัดเลือกมะนาว คือ มะนาวแป้น ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่นิยมสำหรับการบริโภค เลือกลี, ขนาดของผลมะนาว ให้มีความใกล้เคียงกัน โดยให้ผู้ทดสอบทำแบบสอบถามเป็นผู้ให้

คะแนนสำหรับน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ซึ่งการศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิด ทำการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว คือ LTLT-15m, LTLT-30m, HTST-15s, HTST-30s และน้ำมะนาวคั้นสด เพื่อเป็นตัวอย่างควบคุมสำหรับเปรียบเทียบ พบว่าคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ตัวอย่างที่ 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m, ตัวอย่าง 3 HTST-15s และตัวอย่าง 2 LTLT-30m ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m, ตัวอย่าง 3 HTST-15s และตัวอย่าง 4 HTST-30s ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 3 HTST-15s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m และตัวอย่าง 2 LTLT-30m ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด แต่เนื่องจากกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิดทำให้น้ำมะนาวระเหยออกจากการด้วยความร้อนและไม่สามารถควบคุมปริมาณสุดท้ายของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์สำหรับการทดลองได้ ทั้งไม่สามารถรักษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ได้ จึงทำให้ศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ที่จะสามารถควบคุมปริมาณสุดท้ายของน้ำมะนาวได้ และพบว่ากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิด เป็นวิธีที่เหมาะสม เพราะรักษาปริมาณน้ำมะนาวสุดท้ายของการพาสเจอร์ไรซ์ได้ และควบคุมคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสได้ดี ศึกษาโดย ทำการทดลองตัวอย่างน้ำมะนาวดังนี้ LTLT-15m, LTLT-30m, HTST-15s, HTST-30s และน้ำมะนาวคั้นสด เพื่อเป็นตัวอย่างสำหรับเปรียบเทียบ ในการทดลองกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิดนั้นจะใช้น้ำมะนาวคั้นสดเป็นตัวอย่างควบคุม ซึ่งจะไม่พิจารณาน้ำมะนาวตัวอย่าง 5 น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ เพราะมีค่าที่ใกล้เคียงกันและอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ โดยจะมุ่งเน้นพิจารณาที่ตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์เป็นสำคัญเท่านั้น ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 3 HTST-15s, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m และตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 3 HTST-15s, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m และตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด และผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 3 HTST-15s, ตัวอย่าง 2 LTLT-30m และตัวอย่าง 1 LTLT-15m ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด เมื่อนำคะแนนรวมเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ สามารถเลือกอย่างของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ได้ โดยพบว่าน้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m และ ตัวอย่าง 4

HTST-30s เป็นตัวอย่างที่เหมาะสม ในการศึกษา น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ที่เหมาะสมในการจัดเก็บ ระยะเวลา 21 วัน พบว่า ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m และ ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า น้ำมะนาวตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ น้ำมะนาวการพาสเจอร์ไรซ์ น้ำมะนาวที่อุณหภูมิ 71.1-74.0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที เป็นตัวอย่างที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์และจัดเก็บระยะเวลา 21 วัน สำหรับการศึกษาการวิเคราะห์สีน้ำมะนาว เป็นการศึกษาเปรียบเทียบน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่าง 1 LTLT-15m ที่ระยะการจัดเก็บคือ 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน ซึ่งตรงกับวันที่ 16, 14, 12, 10, 8, และ 6 เดือน มกราคม พ.ศ.2563 และทำการวิเคราะห์ในวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2563 โดยศึกษาเปรียบเทียบกับน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, กลุ่มวัตถุแต่งกลิ่นมะนาว และกลุ่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของมะนาว ผ่านการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์สี X - rite ด้วยโปรแกรม Color iControl การวิเคราะห์สีของน้ำมะนาว น้ำมะนาวคั้นสด ซึ่งเป็นน้ำมะนาว control มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือ 54 - 56 และ 15 - 16 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 2 - 3, ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือช่วง 55 - 58 และ 16.5 - 17.5 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 2 - 3.5 แต่สำหรับน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือช่วง 57 - 61 และ 16.5 - 17.5 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 3 - 4 เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน ซึ่งค่า L^* ของน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อจัดเก็บในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดเพคตินซึ่งเกิดจากการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอส แต่ในกลุ่มของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์มีค่า L^* ที่ค่อนข้างคงที่ซึ่งเอนไซม์เพคตินเอสถูกยับยั้งการทำงานด้วยความร้อน กับกลุ่มวัตถุแต่งกลิ่นมะนาว มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือช่วง 56 - 60 และ 18 - 22 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 4 - 7 และกลุ่มเครื่องดื่มมีส่วนผสมน้ำมะนาว มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าสี L^* และ b^* คือช่วง 56 - 58 และ 14 - 23 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ทางลบกับค่าสี a^* คือ 0.1 - 4 มีค่าสีช่วงสีเหลืองเขียว

3. ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ที่เหมาะสมกับระยะเวลาเก็บในด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น, สี และ รสชาติของน้ำมะนาวเท่านั้น โดยจะเป็นตัวแทนในการมองเห็นและการตัดสินใจของผู้บริโภค แต่ทั้งนี้ยังมีในด้านเคมี เช่น การหาปริมาณเอนไซม์เพคตินเนสซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความขุ่นในน้ำมะนาว การหาปริมาณเชื้อในน้ำมะนาว เกิดการเน่าเสียของน้ำมะนาว ซึ่งเป็นแนวทางในการทำวิจัยในอนาคตต่อไป



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

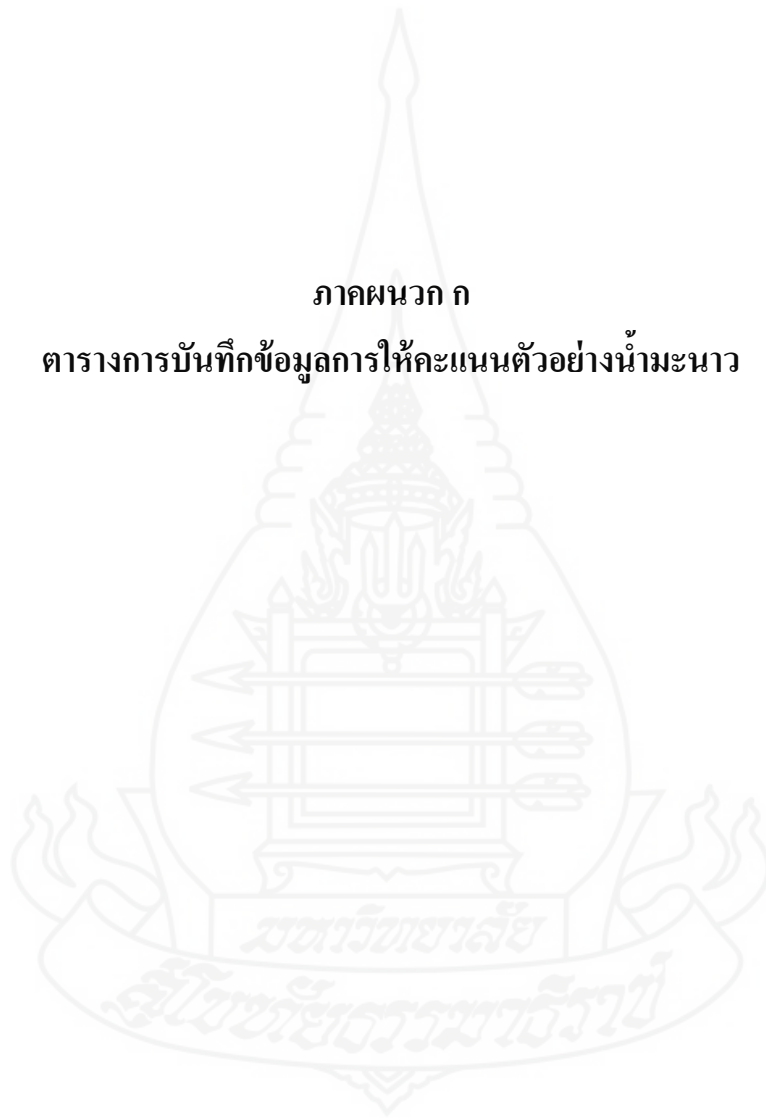
- สุภาพรณัฏ์ ทรัพย์ศักดิ์ และระติพร หาเรือนกิจ. (2547). ผลของการพาสเจอร์ไรซ์ การเก็บรักษาและการถนอมอาหารต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำส้มเขียวหวาน. สืบค้นจาก <https://dric.nrct.go.th/index.php?/Search/SearchDetail/142772>.
- เสาวภาคย์ วัฒนพาหุ. (2558). การยืดอายุการเก็บน้ำมะนาวด้วยวิธีการทางเคมีและกายภาพ. สืบค้นจาก <https://madlab.cpe.ku.ac.th/TR2/?itemID=439270>.
- รุ่งเรือง คลองบางลอบ และสุรพงษ์ ลูกหนูมารเจ้า. (2561). การศึกษาผลของการต้มน้ำมะนาวไทยผสมน้ำอุ่นต่อหน้าหนักของผู้หญิงที่ออกกำลังกาย ในเขตกรุงเทพมหานคร. (นิติตระดับปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย.
- รักบ้านเกิดทีม. (2558). การปลูกมะนาวในประเทศไทย. สืบค้นจาก <https://rakbankerd.com/agriculture/print.php?id=1735&s=tblplant>.
- ปวีณนุช ถือแก้ว. (2561). การผลิตน้ำมะนาวพร้อมดื่มในภาชนะปิดสนิท. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สืบค้นจาก www.most.go.th/main/th/165-knowledge/practical-rad/7488-lemon.
- สดศรี เนียมเปรม. (2537). การพัฒนากรรมวิธีการผลิตและผลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพของน้ำมะนาวแช่เยือกแข็ง. พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วาสนา พิทักษ์พล, วิเพ็ญ โฉม พจนธารี และสมสุดา วรพันธุ์. (2558). การยืดอายุการเก็บรักษาผลมะนาวด้วยสารเคลือบผิวคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากผักตบชวา และกรดจิบเบอเรลลิก. *แก่นเกษตร*, 43 (ฉบับพิเศษ 1), 881-887.
- นิภา คุณทรงเกียรติ. (2531). การเก็บรักษามะนาว. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิวาพร ศิวเวช, เสาวภาคย์ วัฒนพาหุ และประศาสตร์ พุตระกูล. (2545). ผลของอุณหภูมิ เวลา และการลวกผลมะนาวต่อคุณภาพน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์. *วารสารอาหาร*, 32 (1). สืบค้นจาก fic.nfi.or.th/knowledgebank.
- วิวัฒน์ หวังเจริญ. (2556). การประเมินทางประสาทสัมผัสโดยสเกลวัดความพอดี. *คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้*, 43(2), 18-24 .

- เกสรรัตน์ วิสวไพศาล, วิลาวัลย์ คำปวน, จารุณี จุงกลาง และจ่านงค์ อุทัยบุตร. (2555). การยืดอายุการวางจำหน่ายของผลมะนาวโดยสารเคลือบผิวจากไขผึ้ง. *วิทยาศาสตร์เกษตร*, 43(3) ฉบับพิเศษ, 323-326.
- ศิริรณา เอ็งบริบูรณ์, อารมภ์ ตัดตะวะศาสตร์ และศักดิ์ชัย เจริญศิริพรกุล. (2559). การวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อเพิ่มยอดขายน้ำมะนาวแท้แช่แข็ง ตรา ลالا เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษากิจการการจัดการ มข 9 (2):มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 158-179.
- หน่วยสีพื้นฐานที่ควรรู้. (2562). ศูนย์รวมคำตอบสำหรับการวัด, สี, แสง, หน้าจอ และการวัดลักษณะภายนอก. สืบค้นจาก thecolormeasurement.com.
- พนิตนันท์ พุทธเจริญทอง, ภัศญา สุขสมสมัย และวลัยกร นิตยพัฒน์. (2558). การใช้พลังงานคลื่นเสียงอัลตราโซนิกในการข้อมผ้าฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากสีเสียดเทศโดย กระบวนการข้อมแบบจุ่มอัด-หมัก. *คหกรรมศาสตร์ มศว*, 13(1), 1-24.
- อรุณทิพย์ เหมะธูลิน, สกฤตกานต์ สิมลา และสุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. (2555). ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (L^* , a^* และ b^*) กับปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อพันธุ์กรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. *แก่นเกษตร*, 40 (ฉบับพิเศษ 4), 59-64.
- dcleanfood. (2559). อันตรายจากน้ำมะนาวเทียม. สืบค้นจาก <https://medium.com/@dcleanfood/dcleanfood.com>.
- MGR online. (2552). อย.เตือนรับประทานน้ำมะนาวเทียมอันตรายเหตุมรปริมาณกรดซิตริกสูง. สืบค้นจาก <https://mgronline.com/south/detail/9520000046084>.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
ตารางการบันทึกข้อมูลการให้คะแนนตัวอย่างน้ำมะนาว



ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น
วันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	3	3	1	3	3	4	3	3	4	3	1	3	2.83	0.94
2	1	2	3	1	1	1	1	1	3	2	4	4	2.00	1.21
3	2	1	4	2	2	3	2	2	2	1	2	2	2.08	0.79
4	4	4	2	4	4	2	5	4	1	4	5	1	3.33	1.44
5	5	5	1	5	5	5	4	5	5	5	3	5	4.42	1.24

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น
วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	2	1	2	4	2	1	1	3	1	1	2	1.82	0.98
2	1	5	5	5	1	2	2	5	3	2	1	2.91	1.76
3	4	2	1	3	4	3	3	4	2	3	4	3.00	1.00
4	3	3	3	2	3	4	4	2	4	4	3	3.18	0.75
5	5	4	4	1	5	5	5	1	5	5	5	4.09	1.58

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น
วันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	3	2	1	5	1	5	1	1	1	5	2.50	1.84
2	2	1	4	3	2	3	2	3	4	1	2.50	1.08
3	4	3	5	1	5	2	4	2	2	2	3.00	1.41
4	1	4	3	2	4	4	3	4	3	3	3.10	0.99
5	5	5	2	4	3	1	5	5	5	4	3.90	1.45

ตารางที่ 5 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง สี
วันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	3	2	3.50	0.67
2	3	2	4	3	3	4	3	3	4	3	5	4	3.42	0.79
3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2.00	0.43
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1.33	1.15
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	4.75	0.62

ตารางที่ 6 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง สี
วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	2	2	2	4	4	4	4	2	1	2	4	2.82	1.17
2	5	4	5	5	3	3	2	3	3	1	3	3.36	1.29
3	3	3	3	2	2	2	3	4	2	4	2	2.73	0.79
4	1	1	1	3	1	1	1	1	4	3	1	1.64	1.12
5	4	5	4	1	5	5	5	5	5	5	5	4.45	1.21

ตารางที่ 7 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง สี
วันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	5	1	1	5	5	5	1	2	5	5	3.50	1.96
2	3	2	3	4	4	1	2	4	2	1	2.60	1.17
3	2	5	2	3	3	3	4	3	1	2	2.80	1.14
4	1	4	4	1	2	4	3	5	3	3	3.00	1.33
5	4	3	5	2	1	2	5	4	4	4	3.40	1.35

ตารางที่ 9 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง รสชาติ วันที่ 4 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	2	1	5	2	2	2	2	2	5	3	3	2	2.58	1.24
2	1	3	4	1	1	4	1	5	4	1	2	3	2.50	1.51
3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	1	3.50	0.90
4	3	3	2	3	3	2	3	3	2	2	1	5	2.67	0.98
5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4.58	1.16

ตารางที่ 10 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง รสชาติ วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	3	4	1	5	4	5	1	1	1	2	4	2.82	1.66
2	1	1	5	1	1	3	3	3	4	1	1	2.18	1.47
3	2	2	4	2	2	2	4	2	2	3	2	2.45	0.82
4	5	5	2	3	3	1	2	4	3	4	3	3.18	1.25
5	4	3	3	4	5	4	5	5	5	5	5	4.36	0.81

ตารางที่ 11 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง รสชาติ วันที่ 10 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	4	1	1	3	2	2	1	4	1	5	2.40	1.51
2	5	2	2	1	1	3	2	5	2	1	2.40	1.51
3	2	4	4	2	4	4	4	4	4	2	3.40	0.97
4	1	5	3	4	3	5	3	3	5	3	3.50	1.27
5	3	3	5	5	5	1	5	1	3	4	3.50	1.58

ตารางที่ 13 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น
วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	1	3	2	3	5	2	5	5	1	1	2	2.73	1.62
2	5	1	5	2	1	4	3	2	3	2	4	2.91	1.45
3	2	5	3	5	3	3	2	3	4	4	3	3.36	1.03
4	4	4	4	1	4	5	4	4	5	5	5	4.09	1.14

ตารางที่ 14 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น
วันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	5	2	2	5	4	2	2	2	2	2.89	1.36
2	2	4	5	2	3	5	5	3	3	3.56	1.24
3	3	3	3	3	2	4	4	5	1	3.11	1.17
4	4	5	4	4	5	3	3	4	5	4.11	0.78

ตารางที่ 16 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง สี
วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	5	3	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1.82	1.25
2	3	2	3	5	3	4	3	3	3	3	4	3.27	0.79
3	2	5	5	1	5	3	5	5	5	5	2	3.91	1.58
4	4	4	4	3	4	5	4	4	4	4	5	4.09	0.54

ตารางที่ 17 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง สี
วันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	5	2	2	2	4	4	2	2	5	3.11	1.36
2	2	4	3	5	5	5	5	3	3	3.89	1.17
3	3	3	5	3	3	3	4	4	2	3.33	0.87
4	4	5	4	4	2	2	3	5	1	3.33	1.41

ตารางที่ 19 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง รสชาติ
วันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	4	2	1	3	2	1	1	2	1	3	2	2.00	1.00
2	3	3	2	5	1	4	4	3	3	2	4	3.09	1.14
3	1	5	5	1	4	3	5	5	5	5	3	3.82	1.60
4	5	4	4	2	5	5	3	4	4	4	5	4.09	0.94

ตารางที่ 20 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง รสชาติ
วันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	4	2	5	5	3	2	2	2	2	3.00	1.32
2	2	4	2	4	5	5	4	5	1	3.56	1.51
3	3	3	3	3	4	2	5	3	3	3.22	0.83
4	5	5	4	2	2	3	3	4	5	3.67	1.22

ตารางที่ 22 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น
22 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	3	2	3	2	4	4	5	4	3.00	1.06
2	1	3	2	5	2	3	2	3	2.33	1.19
3	4	4	4	1	3	4	3	2	2.78	1.13
4	5	5	5	4	5	5	4	5	4.22	0.46

ตารางที่ 23 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง สี
22 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	2	2	2	2	4	2	5	4	2.56	1.25
2	1	3	3	5	2	3	2	3	2.44	1.16
3	4	4	4	1	3	4	3	2	2.78	1.13
4	5	5	5	4	5	5	4	5	4.22	0.46

ตารางที่ 24 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง รสชาติ
22 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	2	2	2	2	4	3	5	4	2.67	1.20
2	4	3	3	5	2	5	2	3	3.00	1.19
3	3	4	5	4	3	4	3	2	3.11	0.93
4	5	5	4	3	5	2	4	5	3.67	1.13

ตารางที่ 26 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง กลิ่น
30 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	5	2	5	1	1	1	2	3	2.22	1.69
2	3	5	3	4	4	3	3	2	3.00	0.92
3	2	3	2	2	2	2	4	5	2.44	1.16
4	4	4	4	5	5	5	5	4	4.00	0.53

ตารางที่ 27 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง สี
30 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	5	2	4	1	2	2	5	3	2.67	1.51
2	2	5	3	4	4	3	3	2	2.89	1.04
3	3	3	5	2	3	4	2	5	3.00	1.19
4	4	4	2	5	5	5	4	4	3.67	0.99

ตารางที่ 28 ตารางแสดงผลคะแนนการทดลองคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวเรื่อง รสชาติ
30 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

ตัวอย่าง/คน	1	2	3	4	5	6	7	8	คะแนนเฉลี่ย	ค่าSD
1	5	2	5	1	4	1	3	2	2.56	1.64
2	3	5	4	4	2	3	4	3	3.11	0.93
3	2	3	2	2	3	2	2	4	2.22	0.76
4	4	4	3	5	5	5	4	5	3.89	0.74

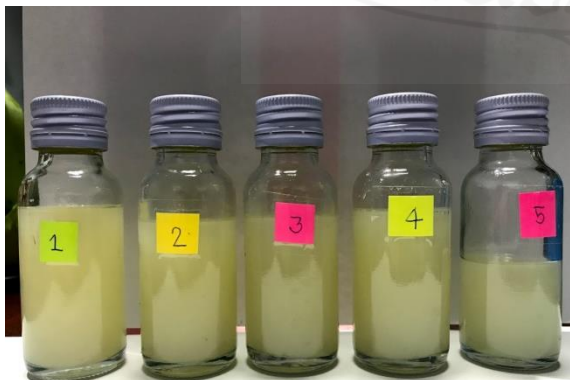


ภาคผนวก ข

ภาพตัวอย่างขวดน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ และภาพการวัดค่าสี โดยเครื่องมือวิเคราะห์สี X-rite

จากบริษัท Yamamoto Trading (Thailand) Co.,Ltd

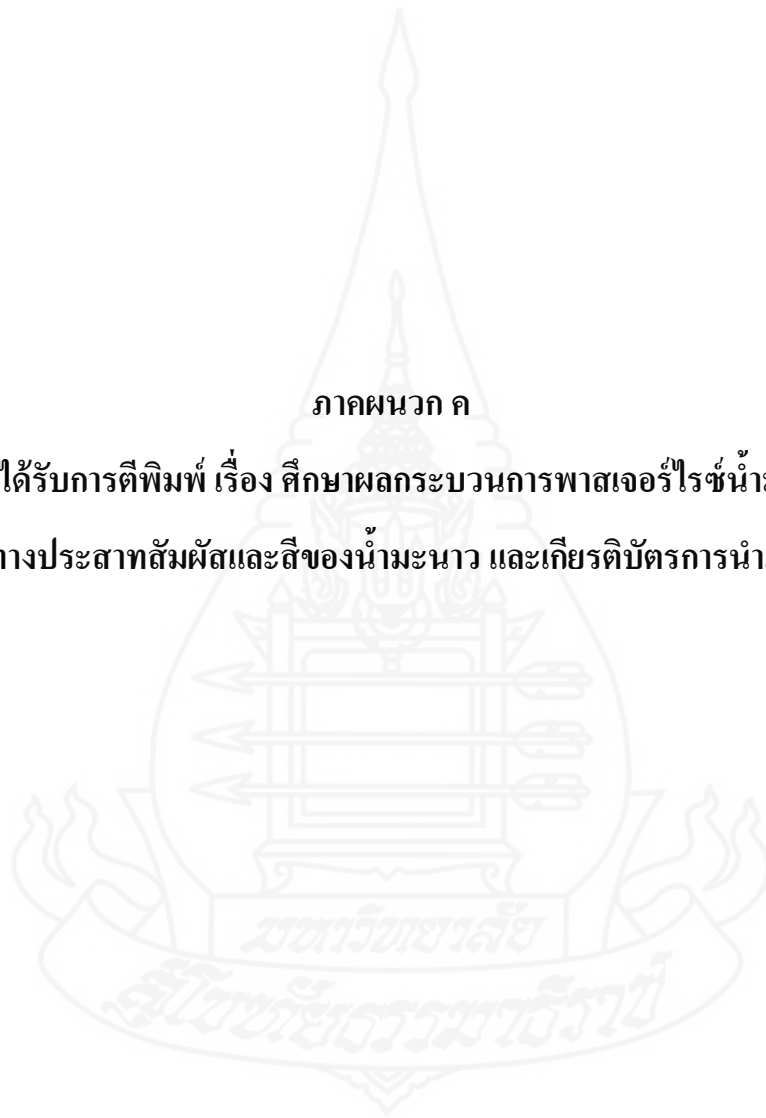






ภาคผนวก ค

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ เรื่อง ศึกษาผลกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่มีผลต่อ
คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและสีของน้ำมะนาว และเกียรติบัตรการนำเสนอผลงาน





สำนักบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

ชลธิชา ดวงอำไพ

เป็นผู้นำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ ๑๑

ณ วันที่ ๒๖ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๔

รองศาสตราจารย์ ดร.เทพศักดิ์ บุญยรัตพันธุ์

รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายการศึกษา ยุทธศาสตร์ แผน
และเทคโนโลยีดิจิทัล

รองศาสตราจารย์ ดร.มานิตย์ จุมปา

กรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิ

รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช





O-ST 003

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

ศึกษาผลกระทบของการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่มีผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและสีของน้ำมะนาว

The Effect of Pasteurization on the Sensory and Color Properties of Lemonade

ชลธิชา ดวงอำไพ (Chonticha Duangampai)¹ จีรานุช บุตดีจิ้น (Jeeranuch Buddeejeen)²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่มีผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น สี และรสชาติ โดยศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว ซึ่งแบ่งเป็นการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 62.8 - 65.6 องศาเซลเซียส เวลา 15, 30 นาที กับอุณหภูมิสูง 71.1 - 74.0 องศาเซลเซียส เวลา 15, 30 วินาที ในระยะเวลาจัดเก็บ 0, 7, 14, 21 วัน ที่อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส ประเมินผ่านแบบสอบถามโดยผู้ผ่านการคัดเลือก จากนั้นวิเคราะห์ค่าสีของน้ำมะนาว น้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ที่จัดเก็บในระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน กับกลุ่มวัตถุแต่งกลิ่น และเครื่องดื่มมะนาว ด้วยเครื่อง X-rite โดยโปรแกรม Color-iControl ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิดเหมาะสม ที่อุณหภูมิ 71.1 - 74.0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที รักษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น สี และรสชาติได้ดี เมื่อจัดเก็บที่อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน เมื่อวิเคราะห์ค่าสีของน้ำมะนาวผ่านเครื่อง X-rite ค่าปริมาณความแตกต่างของสีโดยรวม (DE*) เพิ่มขึ้นจากค่า 1.7 เป็น 6.16 สำหรับน้ำมะนาวที่ไม่พาสเจอร์ไรซ์กับการพาสเจอร์ไรซ์ โดยมีน้ำมะนาวคั้นสดเป็นตัวควบคุม โดยพบว่าค่าความสว่าง (L*) ทำให้เกิดความแตกต่างสำหรับกลุ่มวัตถุแต่งกลิ่นและเครื่องดื่มมะนาวจะมีค่าความเป็นสีเขียวที่แตกต่างจากน้ำมะนาวคั้นสด

คำสำคัญ น้ำมะนาว กระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและสี

¹ นักศึกษาลัทธิปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ming.chonticha@gmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีรานุช บุตดีจิ้น มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช jeeranuch.bud@stou.ac.th



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

Abstract

The objectives of this research were the effect of the lemonade pasteurization process on sensory properties of smell, colour and taste. The lemonade pasteurization process was divided into low-temperature pasteurization 62.8-65.6 °C time 15,30 min with high temperature 71.1-74.0 °C time 15,30 s for storage time 0, 7, 14 and 21 days at 2-5 °C Assessed through a questionnaire by people who were selected. Then analyze the colour of lemonade, non-pasteurized lemonade, pasteurized lemonade stored for 0, 1, 3, 5, 7, 9 and 11 days with flavouring agents and lemon drinks by X-rite with Color-iControl program. The results showed that the closed system lemonade pasteurization process was suitable at 71.1-74.0°C for 30 seconds to maintain smell, colour, and taste's good sensory properties. When stored at 2-5 °C for 21 days, the samples analyzed the colour of lemonade through X-rite, the total colour difference content (DE*) increased from 1.7 to 6.16 from the non pasteurized lemonade to pasteurization with freshly squeezed lemonade as control. It found that the brightness of (L*) made a difference. For flavouring agents and lemon drinks, it has a different green colour than freshly squeezed lemonade.

Keywords: Lemonade, Pasteurization process, Sensory and color properties



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11

The 11th STOU National Research Conference

บทนำ

มะนาว จัดได้ว่าเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ที่ตลาดมีความต้องการสูง ตลอดทั้งปี จากอัตราการเพิ่มของพลเมือง และการขยายตัวทางเศรษฐกิจที่มีแนวโน้ม ค่อนข้างสูง รวมทั้งการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมีการนำมะนาวมาเป็นวัตถุดิบสำหรับประกอบอาหาร จึงทำให้มะนาวมีบทบาทสำคัญทางการค้ามากยิ่งขึ้นในช่วงฤดูแล้ง ประมาณเดือน มีนาคม-เมษายน ของทุกปี มะนาวจะมีราคาสูงกว่าปกติ คือมีราคารูกละ 3-4 บาท ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงฤดูแล้งจะมีผลผลิตมะนาวออกสู่ตลาดน้อย ดังนั้น จึงทำให้มีผู้สนใจหันมาปลูกมะนาวนอกฤดูกันมาก (รักบ้านเกิด, 2555) ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะนาวทั้งหมดประมาณ 140,000 ไร่ ผลผลิตมะนาวทั้งประเทศมีประมาณ 3 ล้านผล โดยแหล่งปลูกมะนาวกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ ส่วนใหญ่เป็นการปลูกเพื่อบริโภค โดยแบ่งเป็นใช้บริโภคโดยตรงในประเทศ 81 เปอร์เซ็นต์ และส่งเข้าโรงงานแปรรูป 19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปัจจุบันมะนาวเป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตเครื่องสำอางประเภทสบู่น้ำ และส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ประเภทซักล้างเพื่อประสิทธิภาพในการทำมาสะอาด ในปัจจุบันมีการศึกษาพฤติกรรมการใช้มะนาวในเขตเทศบาลนครขอนแก่น โดยใช้วิธีการสำรวจโดยแบบสอบถามจากผู้บริหารร้านอาหาร พบว่าส่วนใหญ่ใช้น้ำมะนาวสดในการปรุงอาหาร ผู้บริหารร้านเป็นคนตัดสินใจเลือกซื้อ และซื้อที่ตลาดสด ให้ความสำคัญในการเลือกซื้อจากคุณภาพ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อมะนาวมากที่สุด คือ น้ำมะนาวมีรสชาติคงที่ น้ำมะนาวมีฉลากบอกวิธีใช้ วันผลิตและวันหมดอายุอย่างชัดเจน น้ำมะนาวได้รับมาตรฐานรับรอง น้ำมะนาวไม่เสียง่าย ราคาเหมาะสมเมื่อเทียบกับคุณภาพ และปริมาณ ราคาคงที่ จากผลผลิตของมะนาวมีปริมาณน้อยและมีน้ำน้อยในฤดูแล้ง ช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน ทำให้ราคามะนาวมีราคาสูงกว่าปกติ ทั้งการผลิตน้ำมะนาวคั้นสดที่ไม่เติมสารกันบูด มีอายุการจัดเก็บที่สั้น ทำให้มีการผลิตวัตถุดิบมะนาวหรือน้ำมะนาวเทียมมากขึ้น ซึ่งน้ำมะนาวเทียมส่วนใหญ่ผลิตมาจากกรดซิตริก หรือเรียกว่ากรดมะนาว ซึ่งเป็นกรดผลไม้ที่มีอยู่ในส้มหรือมะนาว โดยมีการใส่สี และปรุงแต่งให้ดูเหมือนน้ำมะนาวแท้ มีการผลิตออกจำหน่ายในรูปแบบบรรจุขวดหรือใส่ถุงพลาสติกกรดยางแต่ผู้ผลิตบางรายมีการผลิตที่ไม่ถูกต้องและไม่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค

จากการสุ่มตรวจตัวอย่างพบว่าน้ำมะนาวเทียมชนิดบรรจุถุงพลาสติกกรดยางมีกรดซิตริก 9 - 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าน้ำมะนาวแท้ ซึ่งน้ำมะนาวแท้จะพบกรดซิตริกเพียง 7.1 เปอร์เซ็นต์ หากผู้บริโภครับประทานน้ำมะนาวเทียมที่มียีสต์ รา และกรดซิตริกมากเกินไปอาจทำให้เกิดการระคายเคืองกระเพาะอาหาร อวัยวะระบบทางเดินอาหารและท้องเสียทั้งน้ำมะนาวคั้นสด มีอายุระยะเวลาการจัดเก็บที่สั้น เนื่องจากมีสาเหตุการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ได้แก่ รา และแบคทีเรีย เช่น *Erwinia* หรือ *Pseudomonas* สามารถสร้างเอนไซม์เพกติเนสได้ ย่อยเพกทินในผนังเซลล์ของผัก ผลไม้ โดยทำให้ผลไม้เน่านุ่ม และทำให้น้ำผลไม้คั้นสดแยกชั้น ซึ่งระหว่างกระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นจะมีการใช้ความร้อนเพื่อทำลายเอนไซม์เพกติเนสทำให้น้ำผลไม้มีความคงตัว ไม่แยกชั้น และมีผลต่อความหนืดของน้ำผลไม้

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว โดยยังคงคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาวและยืดอายุระยะเวลาการจัดเก็บ พร้อมทั้งศึกษาความแตกต่างระหว่างสีของน้ำมะนาวคั้นสดกับวัตถุดิบมะนาวและเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของน้ำมะนาว เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานไปประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมการผลิตในอนาคต



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11

The 11th STOU National Research Conference

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของการพาสเจอร์ไรซ์ ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของน้ำมะนาว
2. เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของสีน้ำมะนาวคั้นสด น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ น้ำมะนาวเทียม และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของน้ำมะนาว

กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรต้น มี 3 ตัวแปร ดังนี้

1. อุณหภูมิการพาสเจอร์ไรซ์ ได้แก่ 62.8 - 65.6 องศาเซลเซียสและ 71.1 - 74.0 องศาเซลเซียส
2. ระยะเวลาการพาสเจอร์ไรซ์ ได้แก่ 15 วินาที, 30 วินาที, 15 นาที, 30 นาที
3. ระยะเวลาในการจัดเก็บในการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส 0, 7, 14, 21 วันและ ระยะเวลาจัดเก็บ

สำหรับการวิเคราะห์ความแตกต่างของสีน้ำมะนาว 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11 วัน

ตัวแปรตามมี 2 ตัวแปร ดังนี้

1. ผลคะแนนความพึงพอใจคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น, สี, รสชาติคะแนนรวม
2. ผลการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาวคั้นสดกับช่วงเวลาการจัดเก็บ

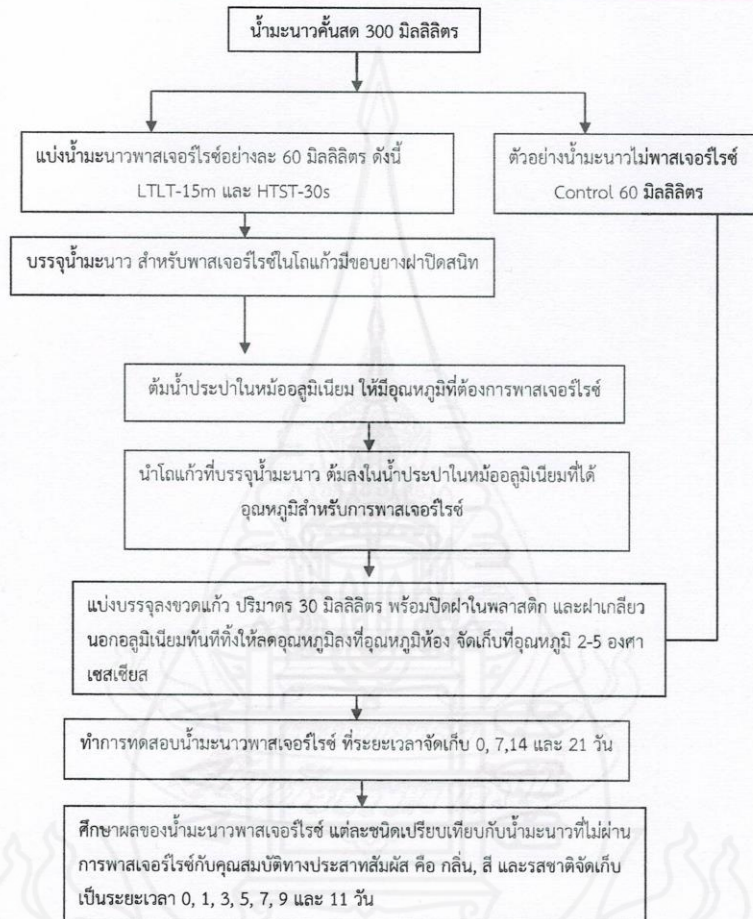
ตัวแปรควบคุม คือ สายพันธุ์มะนาว ปริมาณการบรรจุ วัสดุบรรจุภัณฑ์ เทอร์โมมิเตอร์ที่ผ่านการสอบเทียบ และเครื่องมือวิเคราะห์สี X-rite พร้อมวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Color-iControl

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาว ที่มีผลต่อคุณสมบัติประสาทสัมผัสของน้ำมะนาว โดยแบ่งการทดลองออกเป็น ศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวระบบเปิดเปรียบเทียบกับพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวระบบปิด ศึกษาการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาว ซึ่งแบ่งเป็น 1.) การพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิต่ำ 62.8-65.6 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที คือ LTLT-15m 2.) การพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิต่ำ 62.8-65.6 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที คือ LTLT-30m 3.) การพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิสูง 71.1-74.0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วินาที คือ HTST-15s 4.) การพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิสูง 71.1-74.0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที คือ HTST-30s แบ่งระยะเวลาการจัดเก็บเป็น 0, 7, 14, 21 วัน ที่อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิและเวลาการพาสเจอร์ไรซ์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพกตินเอสซึ่งจะก่อให้เกิดความขุ่นในน้ำผลไม้ และระยะเวลาการจัดเก็บเพื่อการรักษาคุณภาพของน้ำมะนาวโดยไม่เติมสารกันบูด แล้วประเมินโดยแบบสอบถามจากผู้ผ่านการทดสอบ หากค่าทางสถิติโดยมีค่า P-value เป็นสัดส่วนของคะแนนคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างกับระยะเวลาการจัดเก็บ จากนั้นวิเคราะห์สีน้ำมะนาว โดยเปรียบเทียบน้ำมะนาวคั้นสด น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ที่จัดเก็บเป็นระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน วัดค่าต่างกลิ่นมะนาวและเครื่องดื่มผสมน้ำมะนาว และศึกษาค่าสีของน้ำมะนาวผ่านการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-rite โดยโปรแกรม Color-iControl ซึ่งได้พัฒนาการวัดค่าสีออกมาเป็นตัวเลข เพื่อเป็นการกำจัดความขัดแย้งเกี่ยวกับการมองเห็นสีและเกิดความเข้าใจในระดับสากล กำหนดระบบ CIE เป็นระบบมาตรฐาน ในการสร้างสมการในการหาค่าต่างๆ แสดงดังภาพที่ 1



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference



ภาพที่ 1 การศึกษาน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ที่เหมาะสมในการจัดเก็บ

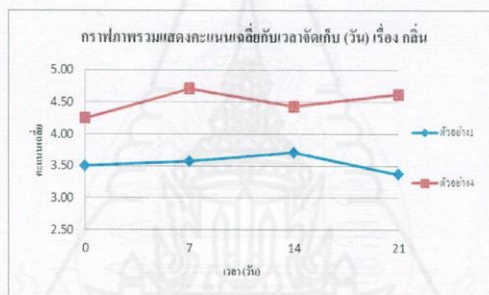


การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

ผลการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระบบการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวสภาวะต่างๆ ได้ทำการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิด โดยการอาศัยน้ำเป็นตัวกลางให้ความร้อนแก่น้ำมะนาวเพื่อรักษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง กลิ่น ได้เพราะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและชัดเจน ทำการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว คือ LTLT-15m, LTLT-30m, HTST-15s, HTST-30s และน้ำมะนาวคั้นสดเพื่อเป็นตัวอย่างควบคุมสำหรับเปรียบเทียบคือ กลิ่น, สี และ รสชาติ โดยผู้วิจัยเลือกตัวแทนของตัวอย่างในการทดสอบดังนี้ ตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ น้ำมะนาวการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่อุณหภูมิ 71.1-74.0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที กับ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คือ น้ำมะนาวการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่อุณหภูมิ 62.8-65.6 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที เป็นตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ในอุณหภูมิที่สูง,ต่ำเพราะทั้ง 2 ตัวอย่างมีผลการประเมินสูงในเรื่องการรักษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง กลิ่น, สี และรสชาติ

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น โดยศึกษาการจัดเก็บเป็นระยะเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน ผลการศึกษาดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

จากภาพที่ 2 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของแต่ตัวอย่างการทดลองกับระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วันเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คือ 3.50, 3.57, 3.71 และ 3.37 คะแนน ตามลำดับ และตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ 4.25, 4.71, 4.43 และ 4.62 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน) ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11

The 11th STOU National Research Conference

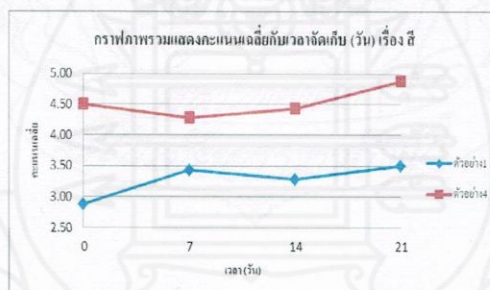
ตารางที่ 1 ค่าทางสถิติผลความสัมพันธ์ของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

Anova: Two-Factor Without Replication

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
เวลาการจัดเก็บ	0.0514	3	0.0171333	0.7628942	0.5548047	4.7570627
ตัวอย่าง	1.8635167	2	0.9317583	41.488312	0.0003066	5.1432528
Error	0.13475	6	0.0224583			
Total	2.0496667	11				

ค่าทางสถิติพบว่าตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.0003 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วัน น้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.5548 ดังตารางที่ 1

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี โดยศึกษาการจัดเก็บเป็นระยะเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน ผลการศึกษาดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟเส้นตรงแสดงคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

จากภาพที่ 3 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างการทดลองกับระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วันเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คือ 2.88, 3.43, 3.28 และ 3.50 คะแนน ตามลำดับ และตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ 4.50, 4.28,



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

4.43 และ 4.88 คะแนน ซึ่งพบว่า ความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน) ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m

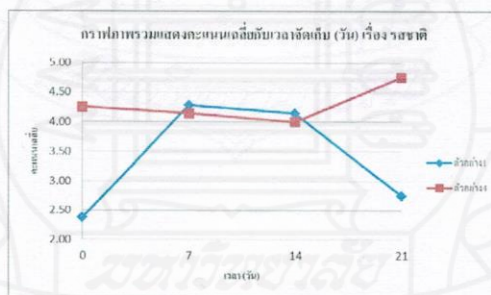
ตารางที่ 2 ค่าทางสถิติผลความสัมพันธ์ของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)

Anova: Two-Factor Without Replication

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
เวลาการจัดเก็บ	0.1763	3	0.0587667	1.410118	0.3286711	4.7570627
ตัวอย่าง	3.1530167	2	1.5765083	37.828634	0.0003967	5.1432528
Error	0.25005	6	0.041675			
Total	3.5793667	11				

ค่าทางสถิติพบว่าตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า P-value เท่ากับ 0.0003 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วัน น้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า P-value เท่ากับ 0.3286 ดังตารางที่ 2

การทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ โดยศึกษาการจัดเก็บเป็นระยะเวลา 0, 7, 14 และ 21 วัน ผลการศึกษาดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กราฟเส้นตรงแสดงคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำมะนาวจัดเก็บ (วัน) เรื่อง รสชาติ กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

จากภาพที่ 4 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างการทดลองกับระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วันเป็นดังนี้ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คือ 2.38, 4.28, 4.14 และ 2.75 คะแนน ตามลำดับ และตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ 4.25, 4.14, 4.00 และ 4.75 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน) ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m

ตารางที่ 3 ค่าทางสถิติผลความสัมพันธ์ของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน)
Anova: Two-Factor Without Replication

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
เวลาการจัดเก็บ	0.6312917	3	0.2104306	0.5106126	0.6895431	4.7570627
ตัวอย่าง	1.6825167	2	0.8412583	2.0413249	0.2107316	5.1432528
Error	2.4726833	6	0.4121139			
Total	4.7864917	11				

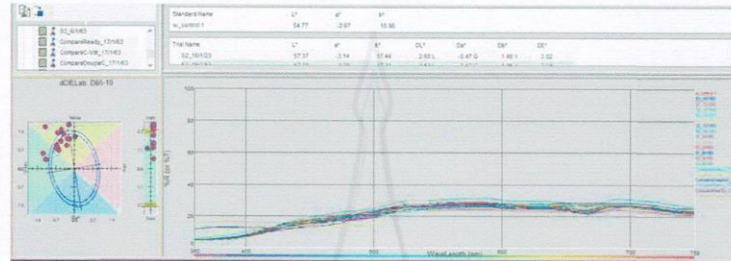
ค่าทางสถิติพบว่าตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.2107 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วันน้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.6895 ดังตารางที่ 3

จากการศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวที่เหมาะสม ในระยะเวลาการจัดเก็บ 21 วัน คือ ตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ตัวอย่าง 4 HTST-30s และ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ซึ่งมีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ ผ่านเกณฑ์การประเมิน จากผู้ทดสอบ ตัวอย่าง 4 HTST-30s เป็นตัวอย่างที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์และจัดเก็บระยะเวลา 21 วัน ผู้วิจัยจึงได้เลือกตัวอย่างน้ำมะนาว ตัวอย่าง 4 HTST-30s เป็นตัวแทนกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิสูงและ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m เป็นตัวแทนกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิต่ำ เพื่อศึกษาการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาว ซึ่งจะประเมินค่าสีที่นอกเหนือจากความสามารถของมนุษย์

สำหรับการศึกษาการวิเคราะห์สี x-rite ด้วยโปรแกรม Color iControl พบว่า น้ำมะนาวคั้นสด ซึ่งเป็นน้ำมะนาว control มีค่าความมืด ความสว่างสี อยู่จุดกึ่งกลางระหว่างแกน a^* , b^* ในแนวตั้ง (L^*) คือ 54.73 และค่าความเป็น สีเหลืองสีน้ำเงิน (b^*) ตามแนวนองกับ a^* คือ 15.99 และค่าความเป็น สีแดง สีเขียว (a^*) คือ 2.65 แสดงดังภาพที่ 5



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference



ภาพที่ 5 แสดงภาพรวมการวิเคราะห์สีในตัวอย่างน้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ตัวอย่าง 4 HTST-30s และตัวอย่าง 1 LTLT-15m เปรียบเทียบกับกลุ่มวัตถุแต่งกลิ่นมะนาวและกลุ่มเครื่องดื่มมีส่วนผสมน้ำมะนาว

จากภาพที่ 5 การศึกษาการวิเคราะห์สีของน้ำมะนาว ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m มีความมืด ความสว่างสีอยู่จุดกึ่งกลางระหว่างแกน a^* , b^* ในแนวตั้ง (L^*) คือช่วง 55-58 และค่าความเป็นเหลือง สีน้ำเงิน (b^*) คือช่วง 16.5-17.5 และค่าความเป็นสีแดง สีเขียว (a^*) คือช่วง 2-3.5 แต่สำหรับน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ ค่าสี (L^*) และ (b^*) คือช่วง 57-61 และ 16.5-17.5 ตามลำดับ และค่าสี (a^*) คือ 3-4 เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน ซึ่งค่าความสว่างของสี (L^*) ของน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อจัดเก็บในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาที่เกิดจากการทำงานของเอนไซม์เพคตินเนส แต่ในกลุ่มของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์มีความสว่างของสี (L^*) ที่ค่อนข้างคงที่ซึ่งเอนไซม์เพคตินเนสถูกยับยั้งการทำงานด้วยความร้อน กับกลุ่มวัตถุแต่งกลิ่นมะนาว มีสี (L^*) และ (b^*) คือช่วง 56-60 และ 18-22 ตามลำดับ และค่าสี (a^*) คือ 4-7 และกลุ่มเครื่องดื่มมีส่วนผสมน้ำมะนาว มีค่าสี (L^*) และ (b^*) คือช่วง 56-58 และ 14-23 ตามลำดับ และมีค่าสี (a^*) คือ 0.1-4 มีค่าสีอยู่ในแถบ (b^*) แสดงว่ามีสีเหลือง มีความสว่างในช่วง 50-60 โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้นเป็นเส้นน้ำมะนาวคั้นสด ซึ่งเป็นน้ำมะนาว ควบคุม มีค่าสี (L^*) และ (b^*) คือ 54.73 และ 15.99 ตามลำดับ และมีค่าสี (a^*) คือ 2.65 เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ ค่าปริมาณความแตกต่างของสีโดยรวม (DE^*) เพิ่มขึ้นจากค่า 1.7 เป็น 6.16 สำหรับน้ำมะนาวที่ไม่พาสเจอร์ไรซ์กับผ่านพาสเจอร์ไรซ์ โดยมีน้ำมะนาวคั้นสดเป็นมาตรฐาน โดยพบว่าค่าความสว่าง (L^*) ทำให้เกิดความแตกต่างมากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระบบการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวสภาวะต่างๆ เพื่อให้ได้น้ำมะนาวเริ่มต้นการทดลองที่มีความใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงมีขั้นตอนการเตรียมที่เหมือนกัน พร้อมทั้งคัดเลือกมะนาว คือ มะนาวแป้น ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่นิยมสำหรับการบริโภค เลือกลี, ขนาดของผลมะนาว ให้มีความใกล้เคียงกัน โดยให้ผู้ทดสอบทำแบบสอบถามเป็นผู้ให้คะแนนสำหรับน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม คือ น้ำมะนาวคั้นสด ซึ่งการศึกษาระบบการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิด แต่เนื่องจากกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิดทำให้น้ำมะนาวระเหยออกจากการให้ความร้อนและไม่สามารถควบคุมปริมาณสุดท้ายของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์สำหรับการทดลองได้ ทั้งไม่สามารถรักษา



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11

The 11th STOU National Research Conference

คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ได้ และพบว่า การพาสเจอร์ไรซ์ระบบปิด โดยอาศัยน้ำเป็นตัวกลางให้ความร้อน สามารถควบคุมปริมาณสุดท้ายได้ดี จึงเป็นวิธีที่เหมาะสม และเลือกวิธีนี้ไปศึกษาต่อ โดยทำการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว คือ LTLT-15m, LTLT-30m, HTST-15s, HTST-30s และน้ำมะนาวคั้นสด พบว่าคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m, ตัวอย่าง 3 HTST-15s และตัวอย่าง 2 LTLT-30m ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านสี ตัวอย่าง 2 LTLT-30m, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m, ตัวอย่าง 3 HTST-15s และตัวอย่าง 4 HTST-30s ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ตัวอย่าง 4 HTST-30s, ตัวอย่าง 3 HTST-15s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m และตัวอย่าง 2 LTLT-30m ตามลำดับคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากที่สุด

เมื่อนำคะแนนรวมเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส คือ กลิ่น, สี และรสชาติ สามารถเลือกอย่างของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ได้ โดยพบว่า น้ำมะนาวตัวอย่าง 1 LTLT-15m และ ตัวอย่าง 4 HTST-30s เป็นตัวแทนของตัวอย่างที่เหมาะสมของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ซึ่งตัวอย่าง 1 LTLT-15m เป็นตัวแทนของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิต่ำ คือ การพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิ 62.8-65.6 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที และ ตัวอย่าง 4 HTST-30s เป็นตัวแทนของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิสูง คือ การพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิสูง 71.1-74.0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที ในการศึกษาน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ที่เหมาะสมในการจัดเก็บระยะเวลา 21 วัน พบว่า ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m และ ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง รสชาติ ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า น้ำมะนาวตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 71.1-74.0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที เป็นตัวอย่างที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์และจัดเก็บระยะเวลา 21 วัน สำหรับการศึกษาการวิเคราะห์สีน้ำมะนาว เป็นการศึกษาเปรียบเทียบน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ตัวอย่าง 4 HTS T-30s และตัวอย่าง 1 LTLT-15m ที่ระยะการจัดเก็บคือ 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน โดยศึกษาเปรียบเทียบกับ น้ำมะนาวไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์, กลุ่มวัตถุแต่งกลิ่นมะนาว และกลุ่มเครื่องดื่มผสมน้ำมะนาว ผ่านการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์สี x-rite ด้วยโปรแกรม Color iControl การวิเคราะห์สีของน้ำมะนาว น้ำมะนาวคั้นสด ซึ่งเป็นน้ำมะนาวควบคุม มีความมืด ความสว่างสี (L*) คือ 54.73 ค่าความเป็นสีเหลือง สีน้ำเงิน (b*) คือ 15.99 และค่าความเป็นสีแดง สีเขียว (a*) คือ 2.65, ตัวอย่าง 4 HTHT-30s, ตัวอย่าง 1 LTLT-15m มีค่าสี (L*) และ (b*) คือ ช่วง 55-58 และ 16.5-17.5 ตามลำดับ และมีค่าสี (a*) คือ 2-3.5 แต่สำหรับน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ มีค่าสี (L*) และ (b*) คือ ช่วง 57-61 และ 16.5-17.5 ตามลำดับ และมีค่าสี (a*) คือ 3-4 เมื่อจัดเก็บเป็นเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน ซึ่งค่า (L*) ของน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อจัดเก็บในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดเพคตินซึ่งเกิดจากการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอสเตอไรเนสของกลุ่มของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์มีค่า (L*) ที่ค่อนข้างคงที่ซึ่งเอนไซม์เพคตินเอสเตอไรเนสยังทำงานด้วยความร้อนกับกลุ่มวัตถุ-แต่งกลิ่นมะนาว มีค่าสี (L*) และ (b*) คือ ช่วง 56-60 และ 18-22 ตามลำดับ และมีค่าสี (a*) คือ 4-7 และกลุ่มเครื่องดื่มผสมน้ำมะนาว มีค่าสี (L*) และ (b*) คือ ช่วง 56-58 และ 14-23 ตามลำดับ และมีค่าสี (a*) คือ 0.1-4 มีค่าสีช่วงสีเหลืองเขียว



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบการพาสเจอร์ไรซ์ที่เหมาะสมกับระยะเวลาเก็บในด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง กลิ่น สี และ รสชาติของน้ำมะนาวเท่านั้น โดยจะเป็นตัวแทนในการมองเห็นและการตัดสินใจของผู้บริโภค ซึ่งจำเป็นต้องควบคุมปริมาณเริ่มต้นของน้ำมะนาวให้เหมาะสมเพื่อรักษาอุณหภูมิการพาสเจอร์ไรซ์ให้ทั่วถึงน้ำมะนาว สำหรับในด้านเคมี เช่น การหาปริมาณเอนไซม์เพคตินเนสซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความขุ่นในน้ำมะนาว การหาปริมาณเชื้อในน้ำมะนาว เกิดการเน่าเสียของน้ำมะนาว ซึ่งเป็นแนวทางในการทำวิจัยในอนาคตต่อไป

คติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท Yamamoto Trading (Thailand) Co.,Ltd ในการให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือวิเคราะห์สี X-rite ผ่านโปรแกรม Color iControl สำหรับวิเคราะห์สีน้ำมะนาว

เอกสารอ้างอิง

- การปลูกมะนาว, (2555). กรมส่งเสริมการเกษตร. สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2562, จาก baanjomyut.com/library_5/agricultural_knowledge/perennial_crops.
- การปลูกมะนาวในประเทศไทย, (2558). กรมส่งเสริมการเกษตร. สืบค้นเมื่อ 23 มีนาคม 2562, จาก rakbankerd.com/agriculture/print.php?id=1735&s=tblplant.
- ศิริรภา เอ็งบริบูรณ์, อารมณั ตัตตะวะศาสตร์ และศักดิ์ชัย เจริญศิริพรกุล.(2559). การวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อเพิ่มยอดขายน้ำมะนาวแท้แช่แข็งตรา ลาสา เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 158-179.

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อสกุล	นางสาวชลธิชา ดวงอำไพ
วัน เดือน ปีเกิด	7 ตุลาคม 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดสระบุรี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีวเคมี) มหาวิทยาลัยบูรพา 2558
สถานที่ทำงาน	บริษัท ลีพัฒนาอาหารสัตว์ จำกัด จังหวัดสระบุรี
ตำแหน่ง	พนักงานวิเคราะห์เคมี

