



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

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

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวที่มีผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น สี และรสชาติ โดยศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาว 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 ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวระบบปิดเหมาะสม 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 นักศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ming.chonticha@gmail.com

2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีรานุช บุคดีจัน 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 คือมีราคาถูกละ 3-4 บาท ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงฤดูแล้งจะมีผลผลิตมะนาวออกสู่ตลาดน้อย ดังนั้น จึงทำให้ผู้สนใจหันมาปลูกมะนาวนอกฤดูกันมาก (รักบ้านเกิด, 2555¹) ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะนาวทั้งหมดประมาณ 140,000 ไร่ ผลผลิตมะนาวทั้งประเทศมีประมาณ 3 ล้านผล โดยแหล่งปลูกมะนาวกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ ส่วนใหญ่เป็นการปลูกเพื่อบริโภค โดยแบ่งเป็นใช้บริโภคโดยตรงในประเทศ 81 เปอร์เซ็นต์ และส่งเข้าตรงงานแปรรูป 19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปัจจุบันมะนาวเป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตเครื่องสำอางประเภทสกินแคร์ และส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ประเภทซักล้างเพื่อประสิทธิภาพในการทำมาความสะอาด ในปัจจุบันมีการศึกษาพฤติกรรมการใช้ใช้น้ำมะนาวในเขตเทศบาลนครขอนแก่น โดยใช้วิธีการสำรวจโดยแบบสอบถามจากผู้บริหารร้านอาหาร พบว่าส่วนใหญ่ใช้น้ำมะนาวสดในการปรุงอาหาร ผู้บริหารร้านเป็นคนตัดสินใจเลือกซื้อ และซื้อที่ตลาดสด ให้ความสำคัญในการเลือกซื้อจากคุณภาพ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อมะนาวมากที่สุด คือ น้ำมะนาวมีรสชาติคงที่ น้ำมะนาวมีฉลากบอกวิธีใช้ วันผลิตและวันหมดอายุอย่างชัดเจน น้ำมะนาวได้รับมาตรฐานรับรอง น้ำมะนาวไม่เสียง่าย ราคามีความเหมาะสมเมื่อเทียบกับคุณภาพ และปริมาณ ราคาคงที่ จากผลผลิตของมะนาวมีปริมาณน้อยและมีน้ำน้อยในฤดูแล้ง ช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน ทำให้ราคามะนาวมีราคาสูงกว่าปกติ ทั้งการผลิตน้ำมะนาวคั้นสดที่ไม่เติมสารกันบูด มีอายุการจัดเก็บที่สั้น ทำให้มีการผลิตวัตถุดิบมะนาวหรือน้ำมะนาวเทียมมากขึ้น ซึ่งน้ำมะนาวเทียมส่วนใหญ่ผลิตมาจากกรดซิตริก หรือเรียกว่ากรดมะนาว ซึ่งเป็นกรดผลไม้ที่มีอยู่ในส้มหรือมะนาว โดยมีการใส่สี และปรุงแต่งให้ดูเหมือนน้ำมะนาวแท้ มีการผลิตออกจำหน่ายในรูปการบรรจุขวดหรือใส่ถุงพลาสติกเกรดมาตรฐานแต่ผู้ผลิตบางรายมีการผลิตที่ไม่ถูกต้องและไม่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค

จากการสุ่มตรวจตัวอย่างพบว่าน้ำมะนาวเทียมชนิดบรรจุถุงพลาสติกเกรดมาตรฐานมีกรดซิตริก 9 - 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าน้ำมะนาวแท้ ซึ่งน้ำมะนาวแท้จะพบกรดซิตริกเพียง 7.1 เปอร์เซ็นต์ หากผู้บริโภครับประทานน้ำมะนาวเทียมที่มียีสต์ รา และกรดซิตริกมากเกินไปอาจทำให้เกิดการระคายเคืองกระเพาะอาหาร อวัยวะระบบทางเดินอาหารและท้องเสียทั้งน้ำมะนาวคั้นสด มีอายุระยะเวลาการจัดเก็บที่สั้น เนื่องจากมีสาเหตุการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ได้แก่ รา และแบคทีเรีย เช่น *Erwinia* หรือ *Pseudomonas* สามารถสร้างเอนไซม์เพกตินเอสได้ ย่อยเพกทินในผนังเซลล์ของผัก ผลไม้ โดยทำให้ผลไม้มีเนื้อนุ่ม และทำให้น้ำผลไม้คั้นสดแยกชั้น ซึ่งระหว่างกระบวนการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้นจะมีการใช้ความร้อนเพื่อทำลายเอนไซม์เพกตินเอสทำให้น้ำผลไม้มีความคงตัว 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 องศาเซลเซียส และ 71.1 - 74.0 องศาเซลเซียส
2. ระยะเวลาการพาสเจอร์ไรซ์ ได้แก่ 15 วินาที, 30 วินาที, 15 นาที, 30 นาที
3. ระยะเวลาในการจัดเก็บในการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส 0, 7, 14, 21 วัน และ ระยะเวลาจัดเก็บสำหรับการวิเคราะห์ความแตกต่างของสีน้ำมะนาว 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11 วัน

ตัวแปรตามมี 2 ตัวแปร ดังนี้

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

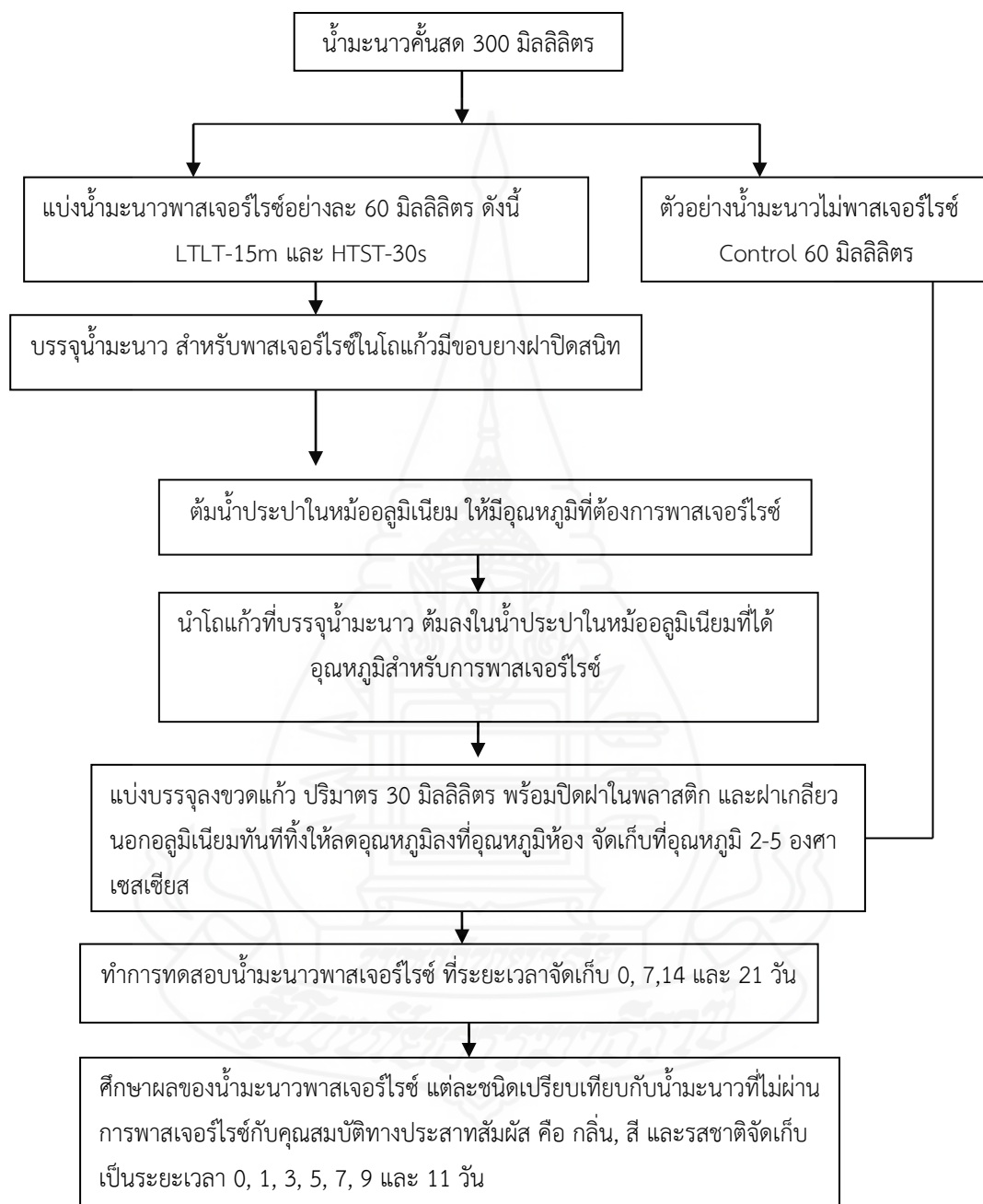
ตัวแปรควบคุม คือ สายพันธุ์มะนาว ปริมาณการบรรจุ วัสดุบรรจุภัณฑ์ เทอร์โมมิเตอร์ที่ผ่านการสอบเทียบ และเครื่องมือวิเคราะห์สี X-rite พร้อมวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Color-iControl

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวที่มีผลต่อคุณสมบัติประสาทสัมผัสของน้ำมะนาว โดยแบ่งการทดลองออกเป็น ศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิดเปรียบเทียบกับพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบปิด ศึกษาการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาว 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 ซึ่งเป็นอุณหภูมิและเวลาการพาสเจอร์ไรซ์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพกติเนสซึ่งจะทำให้เกิดความขุ่นในน้ำผลไม้ และระยะเวลาการจัดเก็บเพื่อการรักษาคุณภาพของน้ำมะนาวโดยไม่เติมสารกันบูด แล้วประเมินโดยแบบสอบถามจากผู้ผ่านการทดสอบ หาค่าทางสถิติโดยมีค่า P-value เป็นสัดส่วนของคะแนนคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างกับระยะเวลาการจัดเก็บ จากนั้นวิเคราะห์สีน้ำมะนาว โดยเปรียบเทียบน้ำมะนาวคั้นสด น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ที่จัดเก็บเป็นระยะเวลา 0, 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน วัดค่าแสงสีและเครื่องวัดผสมน้ำมะนาว 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

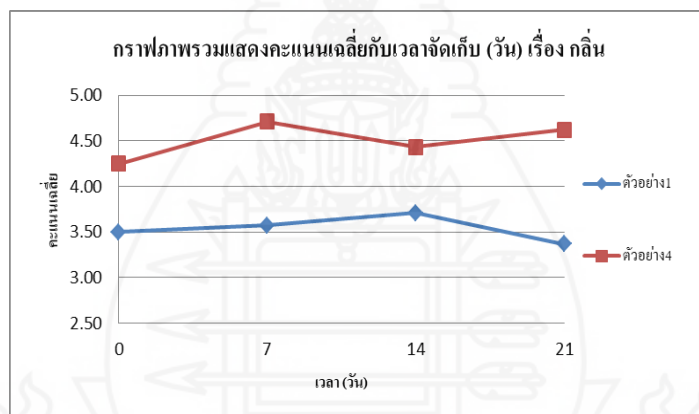


การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

ผลการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวสถานะต่างๆ ได้ทำการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวระบบปิด โดยการอาศัยน้ำเป็นตัวกลางให้ความร้อนแก่น้ำมะนาวเพื่อให้รักษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเรื่อง กลิ่น ได้เพราะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและชัดเจน ทำการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาว คือ LTLT-15m, LTLT-30m, HTST-15s, HTST-30s และน้ำมะนาวคั้นสดเพื่อเป็นตัวอย่างควบคุมสำหรับเปรียบเทียบคือ กลิ่น, สี และ รสชาติ โดยผู้วิจัยเลือกตัวแทนของตัวอย่างในการทดสอบดังนี้ ตัวอย่าง 4 HTST-30s คือ น้ำมะนาวการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวที่อุณหภูมิ 71.1-74.0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที กับ ตัวอย่าง 1 LTLT-15m คือ น้ำมะนาวการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวที่อุณหภูมิ 62.8-65.6 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที เป็นตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวที่อุณหภูมิที่สูง,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 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 ซึ่งพบว่า ความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน) ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m



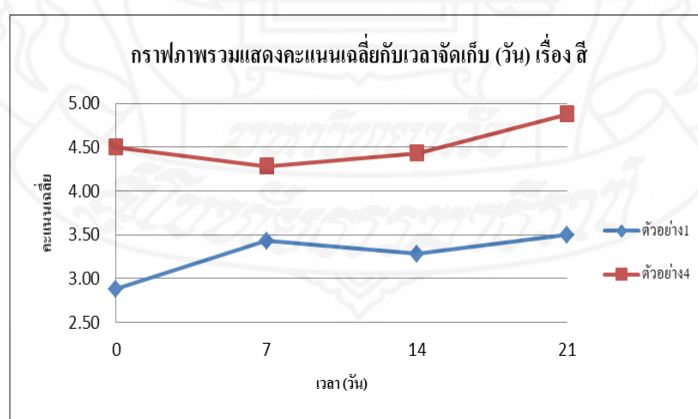
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

ตารางที่ 1 ค่าทางสถิติผลความสัมพันธ์ของตัวอย่างคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง กลิ่น กับระยะเวลาการจืดเก็บ (วัน)
Anova: Two-Factor Without Replication

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
เวลาการจืดเก็บ	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 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจืดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วัน น้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.5548 ดังตารางที่ 1

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



ภาพที่ 3 กราฟเส้นตรงแสดงคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจืดเก็บ (วัน)

จากภาพที่ 3 พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างการทดลองกับระยะเวลาการจืดเก็บ 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

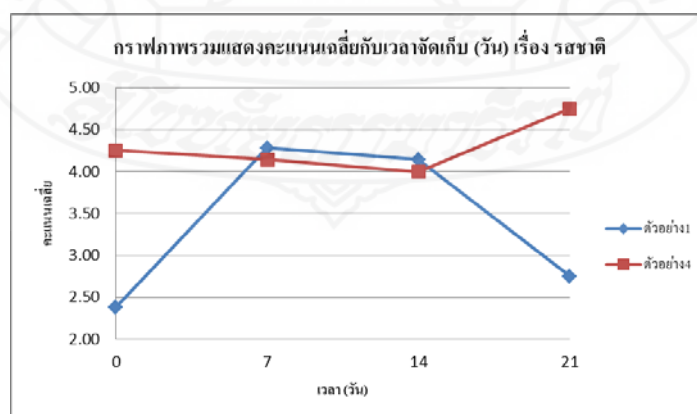
4.43 และ 4.88 คะแนน ซึ่งพบว่า ความสัมพันธ์คะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เรื่อง สี กับระยะเวลาการจัดเก็บ (วัน) ตัวอย่าง 4 HTST-30s มีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับน้ำมะนาวควบคุมมากกว่า ตัวอย่าง 1 LTLT-15m

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 กราฟเส้นตรงแสดงคะแนนเฉลี่ยของคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส 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				

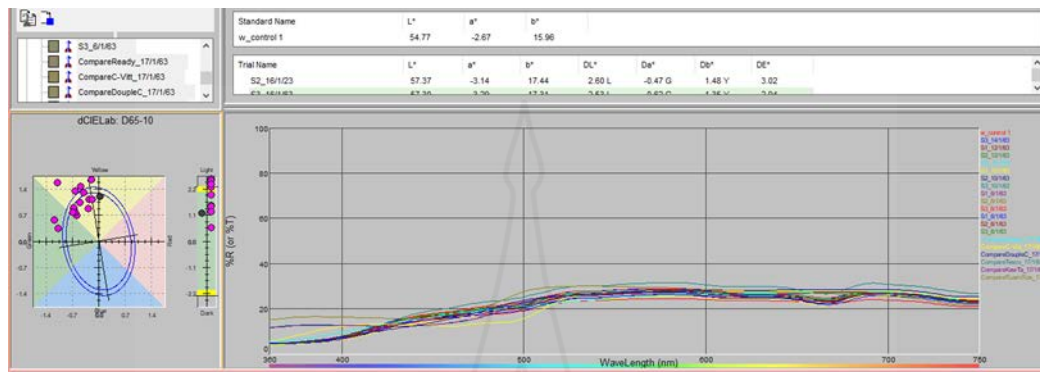
ค่าทางสถิติพบว่าตัวอย่างน้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่า *P-value* เท่ากับ 0.2107 แต่เมื่อทดลองเก็บน้ำมะนาวจนได้ระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 7, 14 และ 21 วันน้ำมะนาวทั้ง 3 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 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 ผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้ทดสอบ 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 สีเหลือง สีน้ำเงิน (b^*) ตามแนวตั้งกับ 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 มีค่าความมืด 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^*) ของน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อจัดเก็บในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดเพคตินซึ่งเกิดจากการทำงานของเอนไซม์เพคตินเนส แต่ในกลุ่มของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์มีค่าความสว่างของสี (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 มีค่าความสว่างในช่วง 50-60 โดยมีเส้นวงรีสีน้ำเงิน 2 เส้นเป็นเส้นน้ำมะนาวคั่นสด 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 สำหรับน้ำมะนาวที่ไม่พาสเจอร์ไรซ์กับการพาสเจอร์ไรซ์ โดยมีน้ำมะนาวคั่นสดเป็นมาตรฐาน โดยพบว่าค่าความสว่าง (L^*) ทำให้เกิดความแตกต่างมากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวสภาวะต่างๆ เพื่อให้ได้น้ำมะนาวเริ่มต้นการทดลองที่มีความใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงมีขั้นตอนการเตรียมที่เหมือนกัน พร้อมทั้งคัดเลือกมะนาว คือ มะนาวแป้น ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่นิยมสำหรับการบริโภค เลือกสี, ขนาดของผลมะนาว ให้มีความใกล้เคียงกัน โดยให้ผู้ทดสอบทำแบบสอบถามเป็นผู้ให้คะแนนสำหรับน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม คือ น้ำมะนาวคั่นสด ซึ่งการศึกษาระบวนการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวระบบเปิด 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 การพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิต่ำ 62.8-65.6 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที และ ตัวอย่าง 4 HTST-30s เป็นตัวแทนของน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิสูง คือ การพาสเจอร์ไรซ์อุณหภูมิสูง 71.1-74.0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที ในการศึกษา น้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ที่เหมาะสมในการจัดเก็บระยะเวลา 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 น้ำมะนาวการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 71.1-74.0 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที เป็นตัวอย่างที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์ และจัดเก็บระยะเวลา 21 วัน สำหรับการศึกษาการวิเคราะห์สีน้ำมะนาว เป็นการศึกษาเปรียบเทียบน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์ ตัวอย่าง 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^*) คือช่วง 55-58 และ 16.5-17.5 ตามลำดับ และมีค่าสี (a^*) คือ 2-3.5 แต่สำหรับน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์ มีค่าสี (L^*) และ (b^*) คือช่วง 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^*) ของน้ำมะนาวไม่พาสเจอร์ไรซ์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อจัดเก็บในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดเพคตินซึ่งเกิดจากการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอสแตเรสในกลุ่มของตัวอย่างน้ำมะนาวพาสเจอร์ไรซ์มีค่า (L^*) ที่ค่อนข้างคงที่ซึ่งเอนไซม์เพคตินเอสตาเรสยังทำงานด้วยความร้อนกับกลุ่มวัตถุแต่งกลิ่นมะนาว มีค่าสี (L^*) และ (b^*) คือช่วง 56-60 และ 18-22 ตามลำดับ และมีค่าสี (a^*) คือ 4-7 และกลุ่มเครื่องดื่มผสมน้ำมะนาว มีค่าสี (L^*) และ (b^*) คือช่วง 56-58 และ 14-23 ตามลำดับ และมีค่าสี (a^*) คือ 0.1-4 มีค่าสีช่วงสีเหลืองเขียว



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 11
The 11th STOU National Research Conference

ข้อเสนอแนะ

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

มติกรมประกาศ

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.

ศิริรณ คุ้มบริบูรณ์, อารมณ ตัตตะวะศาสตร์ และศักดิ์ชัย เจริญศิริพรกุล.(2559). การวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อเพิ่มยอดขายน้ำมะนาวแท้แช่แข็งตรา ลالا เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 158-179.