

อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

วัตถุดิบ

มะละกอ พันธุ์แขกดำ ระดับความสุกพอเหมาะแก่การรับประทาน เปลือกจะมีสีเหลืองมากกว่า สีเขียว เนื้อผลนิ่ม มีสีแดงอมชมพูตลอดทั้งผล (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2531) (ซื้อจากตลาดสี่มุมเมือง อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี)

กล้วยหอม พันธุ์หอมทอง สุกเต็มที่ มีสีเหลืองทั้งผล (Chiquita Company, 2007) (ซื้อจากตลาดสี่มุมเมือง)

สับปะรด พันธุ์ปัตตาเวียแก่จัด ผิวมีสีเหลืองประมาณ 1/4 (วิจิตร วังโน, 2545) (ซื้อจากตลาดสี่มุมเมือง)

น้ำตาลฟรุกโตสผง (ซื้อจากบริษัท รามาโปรดักชั่น จำกัด กรุงเทพฯ)

พรีไบโอติก ได้แก่ อินูลินผง ชื่อทางการค้า คือ Fibruline XL® และโอลิโกฟรุกโตสผง ชื่อการค้า คือ Fibrulose 197® ผลิตโดยบริษัท Warcoring Industries ประเทศเบลเยียม (ได้รับความอนุเคราะห์จากห้างหุ้นส่วนจำกัด นิวทริชั่น กรุงเทพฯ)

สารเคมี

Citric acid (Food grade)	(บริษัทรวมเคมี, กรุงเทพฯ)
Sodium hydroxide (Analytical grade)	(Ajax Finechem, Australia)
Oxalic acid monohydrate (Analytical grade)	(Fluka, USA)
Phenolphthalein indicater (Analytical grade)	(Sigma, Germany)
2,6-Dichlorophenol indophenol (Analytical grade)	(Fluka, USA)
Ascorbic acid (Analytical grade)	(Merck, Germany)
Potassium hydrogen phthalate (Analytical grade)	(Ajax Finechem, Australia)
Tartaric acid (Analytical grade)	(Merck, Germany)
Plate count agar (Analytical grade)	(Himedia, India)
Potato dextrose agar (Analytical grade)	(Himedia, India)

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์

Blender (Philipe)

เครื่อง Colloid mill (Premier Mill, KSIF)

Hand homogenizer (Ystral) ใช้หัวเบอร์ 10 ความเร็ว 22,000 รอบ/นาที

ถ้วยพลาสติก PP ขนาด 90 cc พร้อมฝาปิดแบบกด (ซื้อจากร้านยุวภัณฑ์ เขียวราช กรุงเทพฯ)

ถุ่พลาสติก HDPE ขนาด 6 X 9 นิ้ว (ซื้อจากตลาดอำเภอปากเกร็ด จ.นนทบุรี)

เทอร์โมมิเตอร์ (0-100 °C)

เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BA41003)

ตู้แช่แข็ง (Sunyo)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ

เครื่องวัดสี (Chromameter Minolta-CR 300)

เครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer (DV-I))

เครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร (Instron Texture Analyzer)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, 1907)

เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Denver Instrument, SI-234)

เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand Refractometer, Atago)

ตู้อบลมร้อน (WTB Binder, E-53)

เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter, Cyberscan 2000)

เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer (Jasco, V 530)

เครื่อง Centrifuge (Thermo IEC Multi RF)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์

ตู้อบเชื้อ (Mettler, model 600)

หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Tomy, SS 320)

เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง (Sartorius, BP 3105)

เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, BP 2215)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการประเมินผลทางประสาทสัมผัส

ถ้วยชิม

แก้วน้ำ

ช้อน

ถาดเสิร์ฟ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

วิธีตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ (รายละเอียดในภาคผนวก ก.)

วัดสี ด้วย Chromameter Minolta-CR 300 (รายละเอียดวิธีการวัดแสดงในภาคผนวก ก.1)

วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วย pH meter (รายละเอียดวิธีการวัดแสดงในภาคผนวก ก. 2)

วัดความหนืด ด้วย Brookfield Viscometer (DV-I) (รายละเอียดวิธีการวัดแสดงในภาคผนวก ก.3)

วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วย Hand Refractometer, Atago

เครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร ด้วย Instron Texture Analyzer (รายละเอียดวิธีการวัดแสดงในภาคผนวก ก.4)

วิธีวิเคราะห์สมบัติทางเคมี (รายละเอียดในภาคผนวก ก.)

ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (Pearson, 1976) (รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.5)

ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000) (รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก.6)

วิธีตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ (รายละเอียดในภาคผนวก ข.)

จุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000) (รายละเอียดวิธีแสดงในภาคผนวก ข.1)

ยีสต์ และรา (AOAC, 2000) (รายละเอียดวิธีแสดงในภาคผนวก ข.2)

ประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี descriptive analysis with scaling (รายละเอียดในภาคผนวก ค และภาคผนวก ง)

ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบผ่านการคัดเลือก(ภาคผนวก ง.1-ง.3) ที่ฝึกฝนแล้ว (ภาคผนวก ง.4-ง.5)จำนวน 10 คน ได้รับความร่วมมือจากบุคลากรและนิสิตปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ชอบรับประทานผลไม้ เตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบโดยตักตัวอย่าง ปริมาณ 15 กรัม ใส่ถ้วยชิมสีขาวเสิร์ฟขณะเย็นพร้อมน้ำดื่มใช้แบบทดสอบที่แสดงในภาคผนวก ง ดังนี้

- แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรในการผลิตผลไม้ปั่น

(รายละเอียดแบบทดสอบในภาคผนวก ง.5)

- แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาปริมาณพีไบโอติกที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

(รายละเอียดในภาคผนวก ง.6)

ประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point Hedonic scale test

ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 50 คน ได้รับความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ของกรมโยธาธิการ อายุระหว่าง 25-50 ปี และเจ้าหน้าที่สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ อายุระหว่าง 25-35 ปี เตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบและเสิร์ฟตัวอย่างขณะเย็นปริมาณ 15 กรัม ในถ้วยชิมสีขาวพร้อมน้ำดื่ม ใช้แบบทดสอบ ดังนี้

- แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบความชอบเมื่อแปรปริมาณฟรุคโตสที่เติมในผลไม้ตีปั่น (รายละเอียดในภาคผนวก ง.7)

- แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบความชอบเมื่อแปรปริมาณพีไบโอติกที่เสริมในผลไม้ตีปั่น (รายละเอียดในภาคผนวก ง.8)

- แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบความชอบเมื่อศึกษาอายุการเก็บ (รายละเอียดในภาคผนวก ง.8)

ขั้นตอนและการดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาหาอัตราส่วนของเนื้อผลไม้ตีปั่นที่เหมาะสม

เตรียมผลไม้ตีปั่น

มะละกอพันธุ์แขกดำ ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก เอาเมล็ดออก หั่นเป็นชิ้นขนาด 2 ซม. นึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 5 นาที (อัตราส่วนน้ำ : ผลไม้ เท่ากับ 1 : 4 โดยน้ำหนัก) เพื่อให้เนื้อเยื่อของผลไม้นิ่ม ทิ้งไว้สักครู่แล้วตีปั่นโดยใช้เครื่อง blender จากนั้นปรับ pH มะละกอตีปั่น เป็น 3.6 ด้วยสารละลายกรดซิตริก 2% และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 96 °C เวลา 2 นาที (Hui et al., 2006) บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ฤงละ 500 กรัม ปิดผนึกด้วยเครื่อง sealer แล้วทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในอ่างน้ำเย็น แล้วนำไปแช่เยือกแข็งในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 °C

กล้วยหอมพันธุ์หอมทอง ล้างทำความสะอาด ตัดแยกเป็นผล แล้วนึ่งทั้งผลโดยใช้ไอน้ำ อัตราส่วนน้ำ 1 ส่วนต่อเนื้อผลไม้ 4 ส่วน (โดยน้ำหนัก) วัตอุณหภูมิที่กึ่งกลางผลอยู่ที่อุณหภูมิ 87 °C เพื่อทำลายเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (เบญจพร เพ็งอ้น, 2541)แล้วทำให้เย็นทันที โดยแช่ในอ่างน้ำเย็น ปอกเปลือก ปรับ pH เป็น 3.6 โดยเติมสารละลายกรดซิตริก 2% ในขณะบดผ่านเครื่อง colloid mill บรรจุในถุงพลาสติก HDPE ฤงละ 500 กรัม ปิดผนึกด้วยเครื่อง sealer แล้วนำไปแช่เยือกแข็งในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 °C

สับประรดพันธุ์ปัตตาเวีย ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก เชื้อนตา และเอาแกนออก หั่นเนื้อเป็นชิ้น ขนาด 2 ซม. นึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 5 นาที (อัตราส่วนน้ำ : ผลไม้ เท่ากับ 1 : 4 โดยน้ำหนัก) เพื่อให้เนื้อเยื่อของผลไม้นุ่ม ทิ้งไว้สักครู่แล้วตีปั่นโดยใช้เครื่อง blender จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติก HDPE ถุงละ 500 กรัม ปิดผนึกด้วยเครื่อง sealer แล้วทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในอ่างน้ำเย็น แล้วนำไปแช่เยือกแข็งในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18°C

หาสูตรส่วนผสมผลไม้ปั่น

หาสูตรส่วนผสมโดยใช้ Mixture Design มีตัวแปร 3 ตัวที่กำหนดมาจากการทดลองในเบื้องต้น ได้แก่ มะละกอ 50-60% (% โดยน้ำหนัก)

กล้วยหอม 30-40%

สับประรด 10-20%

ผสมส่วนผสมตามสูตร ปรับ pH เป็น 3.6 ให้ความร้อนแบบ double boiling ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 5 นาที (ดัดแปลงจาก เกตตินันท์ กิตติพงศ์พิทยา, 2545) บรรจุถ้วยพลาสติก PP ปิดฝาให้สนิท แล้วทำให้เย็นทันที เก็บที่อุณหภูมิ $4-8^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 1 คืน ก่อนนำมาศึกษาสมบัติต่างๆ ดังนี้

สมบัติทางกายภาพ

- ค่า pH
- สี
- ความหนืด
- ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS)

สมบัติทางเคมี

- ปริมาณกรดแอสคอร์บิก
- ปริมาณกรดทั้งหมด

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Montgomery, 1991)

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี descriptive analysis with scaling โดยใช้ผู้ทดสอบที่ฝึกฝนแล้วจำนวน 10 คน พิจารณาสี ความมันวาว ความข้น กลิ่นผลไม้ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความเนียน ความข้นเมื่อชิม และการยอมรับโดยรวม

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทดลอง 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดไปศึกษาในขั้นต่อไป



3.2 ศึกษาหาปริมาณฟรุคโตสที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

เตรียมตัวอย่างสูตรผลไม้ปั่นที่เลือกได้ว่าเหมาะสมที่สุดในข้อ 3.1 แปรปริมาณของฟรุคโตสเป็น 2, 4, 6, 8 และ 10 % (% โดยน้ำหนัก) ปรับ pH เป็น 3.6 จากนั้นให้ความร้อนแบบ double boiling ที่อุณหภูมิ 80 °C เวลา 5 นาที บรรจุในถ้วยพลาสติก PP ปิดฝาให้สนิทแล้วทำให้เย็นทันที โดยแช่ในอ่างน้ำเย็น เก็บที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 1 คืน แล้วนำมาศึกษาสมบัติต่างๆ ดังนี้

สมบัติทางกายภาพ

- ค่า pH
- สี
- ความหนืด (viscosity)
- ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS)

สมบัติทางเคมี

- ปริมาณกรดแอสคอร์บิก
- ปริมาณกรดทั้งหมด

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Montgomery, 1991)

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีทดสอบความชอบของผู้บริโภคโดย 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คนพิจารณา สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดไปศึกษาในขั้นต่อไป

3.3 ศึกษาหาปริมาณพรีไบโอติกที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

เตรียมตัวอย่างสูตรผลไม้ปั่นที่เลือกได้ว่าเหมาะสมที่สุดในข้อ 3.2 แปรปริมาณอินูลิน และ โอลิโกฟรุคโตสเป็น 1, 3, 5 % (% โดยน้ำหนัก) ได้ตัวอย่าง 9 สูตร ปรับ pH เป็น 3.6 แล้วให้ความร้อนแบบ double boiling ที่อุณหภูมิ 80 °C เวลา 5 นาที บรรจุในถ้วยพลาสติก PP แล้วทำให้เย็นทันที เก็บที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 1 คืน แล้วนำมาศึกษาสมบัติต่างๆ ดังนี้

สมบัติทางกายภาพ

- ค่า pH
- สี
- ค่าความคงตัว (consistency)

- ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด(TSS)

สมบัติทางเคมี

- ปริมาณกรดทั้งหมด

วางแผนการทดลองแบบ Factorial with CRD ทดลอง 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Montgomery, 1991)

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี descriptive analysis with scaling โดยใช้ผู้ทดสอบที่ฝึกฝนแล้วจำนวน 10 คน พิจารณา สี กลิ่น รสชาติ ความเนียน ความข้น ความสามารถในการเกาะติดเพดานปาก ทดลอง 2 ซ้ำ ร่วมกับทดสอบความชอบของผู้บริโภค โดย 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน พิจารณา สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ Factorial with RCBD และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดไปศึกษาในขั้นต่อไป

3.4 ศึกษาหาเวลาและอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์ผลิตภัณฑ์

เตรียมตัวอย่างสูตรผลไม้ปั่นที่เลือกได้ว่าเหมาะสมที่สุดในข้อ 3.3 โดยพิจารณาจากคะแนนความชอบของผู้ทดสอบ เดิมอินูลิน 1% และโพลิฟรุกโตส 3 % ปรับ pH เป็น 3.6 จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C, 80 °C และ 90 °C เวลา 5, 10 และ 15 นาที บรรจุในถ้วยพลาสติก PP ปิดฝาให้สนิทแล้วทำให้เย็นทันที เก็บที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 1 คืน แล้วนำมาศึกษาสมบัติต่างๆ ดังนี้

สมบัติทางกายภาพ

- ค่า pH
- สี
- ความคงตัว (consistency)
- ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS)

สมบัติทางเคมี

- ปริมาณกรดแอสคอร์บิก

ตรวจสอบจุลินทรีย์

- จุลินทรีย์ทั้งหมด
- ยีสต์ และรา

วางแผนการทดลองแบบ Factorial with CRD ทดลอง 2 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (Montgomery, 1991) คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดไปศึกษาในขั้นต่อไป

3.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

เตรียมตัวอย่างสุตรผลไม้ที่ปั่นที่เลือกได้ว่าเหมาะสมที่สุดจากผลการทดลองในขั้นตอนต่างๆ ที่ผ่านมา และพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 90 °C เวลา 10 นาที แล้วนำตัวอย่างไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4-8 °C เป็นเวลา 1 เดือนแล้วสุ่มมาตรวจทุกสัปดาห์ เพื่อศึกษาสมบัติต่างๆ ดังนี้

สมบัติทางกายภาพ

- ค่า pH
- สี
- ค่าความคงตัว (consistency)
- ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS)

สมบัติทางเคมี

- ปริมาณกรดแอสคอร์บิก
- ปริมาณกรดทั้งหมด

ตรวจสอบจุลินทรีย์

- จุลินทรีย์ทั้งหมด
- ยีสต์ และรา

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Montgomery, 1991)

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส ทดสอบความชอบของผู้บริโภค โดย 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คนพิจารณา สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range