

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

1.1 พลับพันธุ์ที่ 2 สุกประมาณร้อยละ 80 บรรจุ 10-12 กิโลกรัม ในกล่องกระดาษลูกฟูก อาบไช้ที่รองพื้นด้วยฟองน้ำ สั่งจากสถานีทดลองเกษตรหลวงอ่างขาง โครงการหลวง จังหวัด เชียงใหม่ ขนส่งแบบควบคุมอุณหภูมิโดยรถตู้เย็น นำมาบ่มให้สุกเต็มที่โดยการจุ่มในสารละลาย เอทีฟอน เข้มข้น 200 พีพีเอ็ม ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2-3 วัน เพื่อให้สุกอย่างสม่ำเสมอ โดยสังเกต จากผิวของพลับมีลักษณะเต่งใสเป็นเงา สามารถลอกเปลือกออกได้ง่าย

1.2 น้ำตาลทรายขาว ยี่ห้อลิน

1.3 กลูโคสไฮรป ชนิด DE 42 ยี่ห้อ ปลาแฟนซีคาร์ฟ บริษัทเจริญธุรกิจ

1.4 เพคตินชนิด low methoxyl amidated citrus pectin DM 28 DA 21 ยี่ห้อ Cerestar บริษัท Cargill ประเทศเยอรมัน นำเข้าโดย บริษัทอีสเอเชียติก

2. สารเคมี

2.1 กรดซิตริก (food grade)	บริษัทฟู๊ดเอนด์เคมีคอล จำกัด
2.2 กรดแอสคอบิก (food grade)	บริษัท Fisher scientific
2.3 กลีเซอรอล (food grade)	บริษัท สยามเทรดดิ้งอินดัสตรี
2.4 Sodium hydroxide (NaOH) (AR grade)	บริษัท Merck
2.5 Phenolphthalein 0.1 % (AR grade)	บริษัท Merck
2.6 Ethyl alcohol 95 % (AR grade)	บริษัท Merck
2.7 Neutral lead acetate (AR grade)	บริษัท Asia Pacific Special Chemical
2.8 Potassium oxalate ($K_2C_2O_4 \cdot H_2O$) (AR grade)	บริษัท Asia Pacific Special Chemical
2.9 Glucose (AR grade)	บริษัท BDH Chemicals
2.10 Methylene blue (AR grade)	บริษัท Merck
2.11 Copper sulphate ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) (AR grade)	บริษัท Ajak Finechem
2.12 Potassium sodium tartrate ($KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$)	บริษัท Ajak Finechem

- | | |
|---|----------------------|
| 2.13 Calcium Chloride (CaCl_2) (AR grade) | บริษัท Merck |
| 2.14 Silver Nitrate (AgNO_3) (AR grade) | บริษัท Merck |
| 2.15 Hydrochloric acid (HCl) (AR grade) | บริษัท BDH Chemicals |
| 2.16 Acetic acid (CH_3COOH) (AR grade) | บริษัท BDH Chemicals |
| 2.17 Sulfuric acid (H_2SO_4) (AR grade) | บริษัท Merck |
| 2.18 อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์จุลินทรีย์ (aerobic petrifilm และ yeast and mold petrifilm) ยี่ห้อ 3M ประเทศสหรัฐอเมริกา นำเข้าโดยบริษัทออสคอน จำกัด | |

3. อุปกรณ์และเครื่องมือการผลิต

- 3.1 เครื่องตีปั่นและแยกกาก (pulper-finisher) ยี่ห้อ ROBOT รุ่น C 120 พร้อมตะแกรงขนาดรูตะแกรง 1 มิลลิเมตร
- 3.2 ตู้อบแห้งแบบถาดที่ผลิตโดยบริษัท บีดับบลิวเอส เทรคคิง จำกัด
- 3.3 เครื่องชั่งหยابขนาด 1 และ 7 กิโลกรัม
- 3.4 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ OHAUS รุ่น ACR 120
- 3.5 เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ ยี่ห้อ SUPERVAC รุ่น GK 100 ประเทศออสเตรเลีย
- 3.6 อ่างควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น WB 14 ประเทศเยอรมัน
- 3.7 เทอร์โมคอปเปิล และซอฟต์แวร์ ยี่ห้อ TESTO รุ่น 171
- 3.8 ถาดอลูมิเนียมขนาด 7 x 11 นิ้ว

4. อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

- 4.1 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ SATORIUS ประเทศเยอรมัน
- 4.2 เครื่องวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM 3500d ประเทศญี่ปุ่น
- 4.3 เครื่องวัดค่า water activity ยี่ห้อ Novasina TH-200 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
- 4.4 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Lloyd instruments รุ่น Lloyd TA 500 ประเทศอังกฤษ
- 4.5 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer) ยี่ห้อ Atago รุ่น N-1E
- 4.6 เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ขนาด 150x0.02 มิลลิเมตร

4.7 เครื่องกลั่นหาปริมาณโปรตีน ยี่ห้อ Tecator รุ่น Kjeltac System 1020 Distilling Unit ประเทศสวีเดน

4.8 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ยี่ห้อ Tecator รุ่น soxtec 2050 ประเทศสวีเดน

4.9 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย ยี่ห้อ Foss Tecator รุ่น Fibritac System 1020 Hot extractor ประเทศสวีเดน

4.10 เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ TOA รุ่น HM-165 ประเทศญี่ปุ่น

4.11 ตู้อบหาความชื้น ยี่ห้อ WTB binder รุ่น FD115 ประเทศเยอรมัน

4.12 ตู้อบหาความชื้นแบบสุญญากาศ ยี่ห้อ WTB binder รุ่น VD 53 ประเทศเยอรมัน

4.13 ตู้บ่มเพาะเชื้อจุลินทรีย์ ยี่ห้อ WTB binder รุ่น BD 115 ประเทศเยอรมัน

4.14 ตู้บ่มเพาะเชื้อจุลินทรีย์ ยี่ห้อ KOTTERMANN รุ่น 2771 ประเทศเยอรมัน

4.15 เครื่องย่อยตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ (stomacher) ยี่ห้อ SEWARD รุ่น BA 7021 ประเทศอังกฤษ

4.16 เตาไฟฟ้า (hot plate) ยี่ห้อ Thermolyne รุ่น Cimarec 2 ประเทศสหรัฐอเมริกา

4.17 เตาเผา ยี่ห้อ STUART Scientific ประเทศอังกฤษ

4.18 เครื่องแก้ว

วิธีการ

1. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของฟิวเร่ฟลัม

การเตรียมตัวอย่างฟิวเร่ฟลัม โดยนำฟลัมที่สุกเต็มที่ ล้าง เด็ดข้าวผลออก แล้วแช่ในสารละลายโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อฆ่าเชื้อที่ผิว จากนั้นนำไปตีป่นและแยกกากด้วยเครื่องตีป่นและแยกกาก สุ่มตัวอย่างฟิวเร่ฟลัมมาจำนวนหนึ่งและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ดังนี้ คือ ปริมาณความชื้น และเถ้า ใช้วิธีมาตรฐานตาม AOAC (2000) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมด คัดแปลงจากวิธีของ Lane and Eynon (Askar and Treptow, 1993) รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก (1) การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ใช้เครื่อง Hand refractometer การวัดปริมาณกรด ใช้วิธีการไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐานจนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาตรของค่าที่ใช้ไทเทรตแล้วคำนวณค่าปริมาณกรดในรูปร้อยละของกรดซิตริก การวัดค่าพีเอช วัดโดยใช้เครื่องวัดค่าพีเอช

ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณเพคติน วิเคราะห์ในรูปแคลเซียมเพคเตต ตามวิธีของ Ranganna (1986) รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก (2) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ในแต่ละค่าขององค์ประกอบทางเคมี

2. ศึกษาผลของพีเอชและเวลาในการให้ความร้อนต่อคุณภาพด้านสีของพิวเร่

นำพิวเร่กลับที่เตรียมได้จากข้อ 1 มาปรับให้มีค่าพีเอช 3 ระดับคือ 3.5, 4.0 และ 4.5 ตามลำดับด้วยกรดซิตริก แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส บนหม้อน้ำเดือด เป็นเวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที ตามลำดับ หลังจากให้ความร้อน ทำให้เย็นทันที ที่อุณหภูมิ 3-5 องศาเซลเซียส โดยแช่ในน้ำเย็นจัด กรรมวิธีการทดลองดังภาพที่ 12 จัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล 3x5 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด จะได้ 15 สิ่งทดลอง (ตารางที่ 4) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำทุกสิ่งทดลองมาทำการวัดค่าสี โดยใช้ระบบ CIE (L^* , a^* , b^* , C^* , h) ด้วยเครื่องวัดสี ตามข้อ 6.1 ทำการวัดค่า 6 ซ้ำในแต่ละสิ่งทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองด้วยวิธีวิเคราะห์หลายปัจจัย (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan Multiple Rank Test หรือ DMRT คัดเลือกสิ่งทดลองที่เหมาะสมไปศึกษากระบวนการถนอมแบบ sous vide ต่อไป



ภาพที่ 12 กรรมวิธีการทดลองเพื่อศึกษาผลของพีเอชและเวลาที่ให้ความร้อน
ที่มา: ดัดแปลงจาก Soliva *et. al.* (2002)

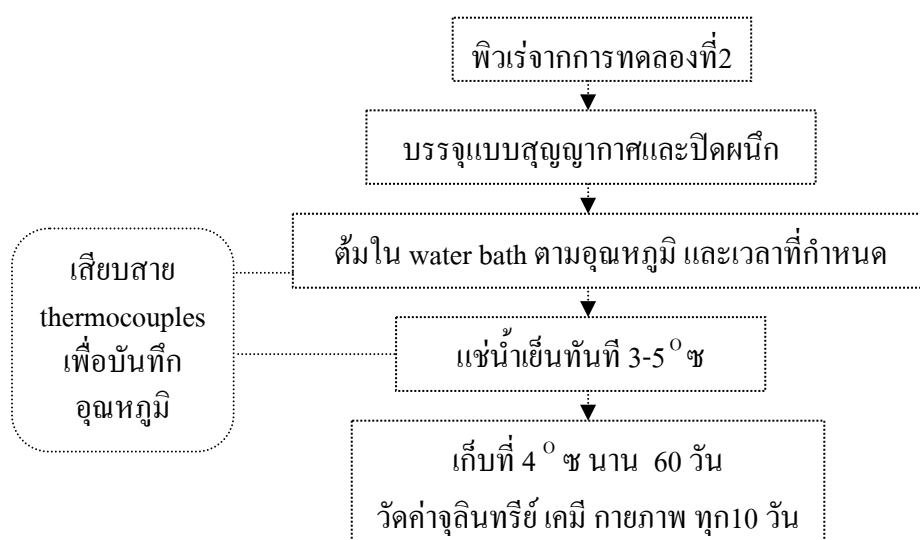
ตารางที่ 4 สิ่งทดลองทั้ง 15 ตามแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล 3x5

สิ่งทดลองที่	พีเอช	เวลา (นาทีก) ในการให้ความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส
1	3.5	1
2		2
3		3
4		4
5		5
6	4.0	1
7		2
8		3
9		4
10		5
11	4.5	1
12		2
13		3
14		4
15		5

3. ศึกษาภาวะการถนอมอาหารแบบ Sous vide ต่ออายุการเก็บของพิวเร่พลับ

เตรียมพิวเร่พลับ ตามสิ่งทดลองที่คัดเลือกได้จากการทดลองในข้อที่ 2 นำพิวเร่พลับมาบรรจุถุงแบบสุญญากาศ แล้วใช้สายเทอร์โมคอปเปิลเสียบในถุงที่เป็นตัวแทนของสิ่งทดลองนั้น ๆ เพื่อวัดอุณหภูมิใจกลางถุงในระหว่างให้ความร้อนและทำให้เย็น ให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ ที่สภาวะต่าง ๆ ดังนี้คือ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 10, 15 และ 20 นาที อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 5, 7.5 และ 10 นาที และ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 2, 3.5 และ 5 นาที หลังให้ความร้อน ทำให้เย็นในน้ำแข็งผสมน้ำและเกลือในอัตราส่วน 5:1:1 เพื่อลดอุณหภูมิตัวอย่างให้ถึง 3-5 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 20 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน (ภาพที่ 13) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด จะได้ 9 สิ่งทดลอง ดังตารางที่ 5 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ สุ่มตัวอย่างทุก 10 วัน มาวัดค่าคุณภาพดังนี้คือ ด้านจุลินทรีย์ได้แก่ จำนวนยีสต์ รา

และจุลินทรีย์ทั้งหมด การเตรียมตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์ ทำตามวิธีมาตรฐาน AOAC (1998) ตามข้อ 6.4 ด้านกายภาพได้แก่ ค่าสี ตามระบบ CIE (L^* , a^* , b^* , C^* , h) การเตรียมตัวอย่าง และวิธีการวัด ตามข้อ 6.1 ด้านเคมีได้แก่ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ คัดแปลงวิธี Lane and Eynon (Askar and Treptow, 1993) รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก (2) ค่าพีเอช วัดด้วยเครื่องวัดพีเอช ของแข็งที่ละลายได้ ใช้เครื่อง hand refractometer ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ ค่าปริมาณกรด วัดค่าด้วยวิธีการไตเตรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน จนถึงจุดยุติ ใช้ฟีนอล์ฟทาไลน์เป็นอินดิเคเตอร์ บันทึกปริมาตรของด่างที่ใช้ไตเตรต แล้วคำนวณค่าปริมาณกรดในรูปร้อยละของกรดซิตริก วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองด้วยวิธี MANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี DMRT



ภาพที่ 13 กรรมวิธีการทดลองเพื่อศึกษาผลของสภาวะการถนอมอาหารแบบ sous vide

ตารางที่ 5 สิ่งทดลองทั้ง 9 ตามแผนการทดลองแบบ CRD

สิ่งทดลองที่	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{ซ}$)	เวลา (นาที)
1	70	10
2		15
3		20
4	80	5
5		7.5
6		10
7	90	2
8		3.5
9		5

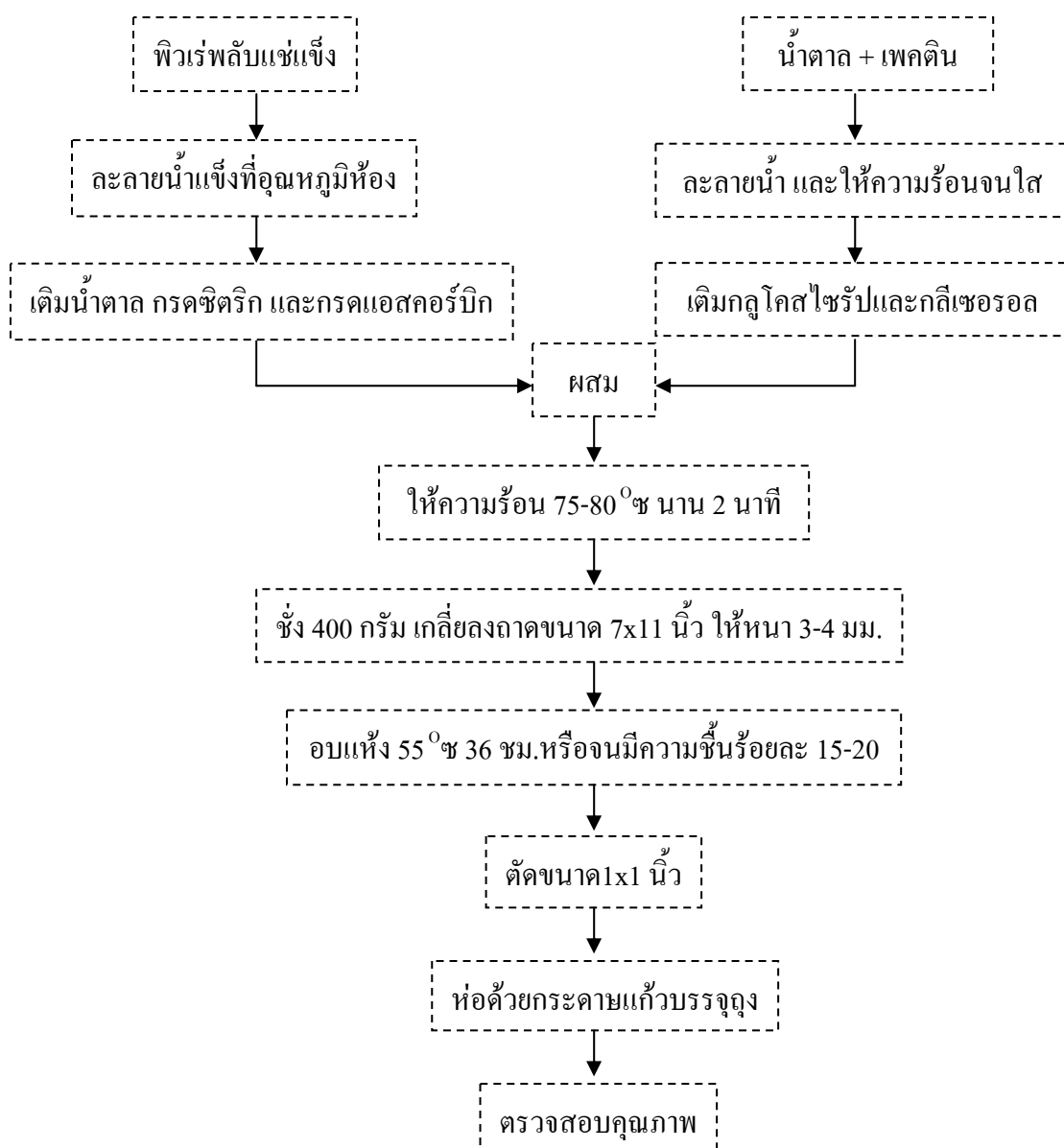
4. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลั๊บนุ่น

4.1 ผลของปริมาณน้ำและกลูโคสโซลไรซ์ต่อคุณภาพของปลั๊บนุ่น

นำปลั๊บนุ่นที่สุกเต็มที่และได้ผ่านการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อที่ผิวแล้ว ไปแยกเอาเฉพาะเนื้อด้วยเครื่องตีปั่นและแยกกาก นำฟิวเร่ปลั๊บนุ่นที่ได้ผสมกันให้สม่ำเสมอ บรรจุถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) ขนาดบรรจุถุงละ 2.5 กิโลกรัม แช่แข็งเก็บไว้ตลอดการศึกษา เมื่อจะทำการทดลองจึงนำออกมาละลายน้ำแข็ง โดยการทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง จนวัดอุณหภูมิได้ 23-25 องศาเซลเซียส

เตรียมปลั๊บนุ่น ตามสูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 6) และกรรมวิธีการผลิตที่ดัดแปลงจาก Dauthy (1995) ดังภาพที่ 14 ศึกษา 2 ปีจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำที่เติม 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5, 10 และ 15 ของฟิวเร่ปลั๊บนุ่น และปริมาณกลูโคสโซลไรซ์ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 5 และ 10 ของฟิวเร่ปลั๊บนุ่น จัดสิ่งทดลองแบบแฟกทอเรียล 3x3 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด จะได้ 9 สิ่งทดลอง (ตารางที่ 7) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ กรรมวิธีการผลิตเริ่มจากการละลายเพคตินและน้ำตาลส่วนหนึ่งในน้ำเย็นก่อน แล้วจึงให้ความร้อนจนสารละลายใส เติมกลูโคสโซลไรซ์ และกลีเซอรอล ตามลำดับ จากนั้นใส่ส่วนผสมที่ผสมจนเข้ากันดีแล้วของฟิวเร่ กรดซิตริก กรดแอสคอบิก และน้ำตาลส่วนที่เหลือ แล้ว

ให้ความร้อนต่อ จนอุณหภูมิของส่วนผสมถึง 75 องศาเซลเซียส เริ่มจับเวลา เมื่อครบ 2 นาที ชั่งใส่ถาดที่รองพื้นถาดด้วยฟิล์มพลาสติก โดยชั่งน้ำหนัก 400 กรัมต่อถาด ทิ้งไว้ให้ผิวหน้าเรียบเสมอกันบนพื้นที่ได้ระนาบ ในขณะเดียวกัน เปิดตู้อบทิ้งไว้เพื่อรอให้อุณหภูมิถึง 55 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำถาดเข้าอบนาน 36 ชั่วโมง ปลอ่ยให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง จึงบรรจุถุงเพื่อเก็บไว้วัดค่าคุณภาพต่อไป



ภาพที่ 14 กรรมวิธีการผลิตปลั๊แผ่น

ที่มา: ดัดแปลงจาก Dauthy (1995)

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบของสูตรพื้นฐาน

รายการส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
พิวเร่ปรับปรับให้ได้ 25 องศาบริกซ์	100
กรดซิตริก	0.2
กรดแอสคอบิก (250 พีพีเอ็ม)	0.25
เพกติน	0.3
กลีเซอรอล	5

ที่มา: ดัดแปลงจาก Dauthy (1995)

ตารางที่ 7 สิ่งทดลองทั้ง 9 ตามแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล 3x3

สิ่งทดลองที่	ปริมาณน้ำ (%)	ปริมาณกลูโคสไซรัป (%)
1	5	0
2		5
3		10
4	10	0
5		5
6		10
7	15	0
8		5
9		10

การตรวจสอบคุณภาพ เตรียมตัวอย่างพลาบแผ่นที่ได้เพื่อการวัดค่าต่าง ๆ ดังนี้ คือ ตัดขนาด 1x1 นิ้ว เพื่อการวัดค่าสี ค่าเนื้อสัมผัสแบบ TPA และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ส่วนการวัดค่าแรงดึง เตรียมตัวอย่างเป็นรูปครึ่งเบล ให้บริเวณคอคอดมีขนาด 1.5 x 6 เซนติเมตร (ภาพผนวก ก 7) โดยใช้พิมพ์กด การวัดค่าสี (L^* , a^* , b^* , C^* และ h) ทำตามข้อ 6.1 การวัดค่าเนื้อสัมผัสแบบ TPA ทำตามรายละเอียดในข้อ 6.2 (Huang and Hsieh, 2005) การวัดค่าค่าแรงดึง ทำตามรายละเอียดในข้อ 6.3 (เพ็ชรดา, 2547) การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี ลักษณะปรากฏ

ความเหนียวนุ่ม ความชอบรวมโดยใช้วิธี Hedonic rating scale 9- point ตามข้อ 6.5 โดยใช้แบบสอบถามตามภาคผนวก ข ผู้ประเมิน 30 คน เป็นผู้ประเมินที่มีประสบการณ์ และใช้คนเดิมทดสอบซ้ำจนสิ้นสุดการวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองโดยใช้เทคนิค MANOVA และคัดเลือกระดับปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อนำไปศึกษาต่อด้วยเทคนิคพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology; RSM)

5. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคและวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์พัฒนาได้

5.1 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค นำผลิตภัณฑ์ลับแผ่นที่ผลิตตามสูตรต้นแบบที่พัฒนาได้จากข้อ 4 มาทดสอบผู้บริโภคโดยวิธี Central location test ใช้สถานที่โรงอาหารกลาง 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้ผู้ทดสอบที่มีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป จำนวน 200 คน ให้คะแนนความชอบแบบ 9 point hedonic scale ด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัสด้านความเหนียวนุ่ม และความชอบรวม รายละเอียดแบบสอบถามบริโภคตามภาคผนวก ข รายงานเป็นค่าร้อยละความถี่

5.2 วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์พัฒนาได้ นำผลิตภัณฑ์พัฒนาได้จากข้อ 4 มาวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ เคมี่ และกายภาพ ตามลำดับดังนี้ คือ คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ รา การเตรียมตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์ ทำตามวิธีมาตรฐาน AOAC (1998) ตามข้อ 6.4 ด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ตามระบบ CIE (L^* , a^* , b^* , C^* , h) การเตรียมตัวอย่าง และวิธีการวัด ตามข้อ 6.1 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี การวัดค่าเนื้อสัมผัสแบบ TPA ทำตามรายละเอียดในข้อ 6.2 (Huang and Hsieh, 2005) การวัดค่าค่าแรงดึง ทำตามรายละเอียดในข้อ 6.3 (เพ็ชรดา, 2547) ด้านเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย และเถ้า ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ คัดแปลงวิธี Lane and Eynon (Askar and Treptow, 1993) รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก (1) ปริมาณเพคติน วิเคราะห์ในรูปแคลเซียมเพคเตต ตามวิธีของ Ranganna (1986) รายละเอียดวิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก (2) ค่าพีเอช วัดด้วยเครื่องวัดพีเอช ของแข็งที่ละลายได้ ใช้เครื่อง hand refractometer ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ ค่าปริมาณกรดวัดค่าด้วยวิธีการไตเตรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน จนถึงจุดยุติ ใช้ฟีนอล์ฟธาลินเป็นอินดิเคเตอร์ บันทึกปริมาตรของค่าที่ใช้ไตเตรตแล้วคำนวณค่าปริมาณกรดในรูปร้อยละของกรดซิตริก ทำการวัดค่า 3 ซ้ำ รายงานค่าเฉลี่ย

6. วิธีการวัดค่าคุณภาพ

6.1 การวัดค่าสี (L^* , a^* , b^* , C^* , h) ตามระบบ CIE ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer โดยวัดแบบใช้แสงสะท้อน (reflection) แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65 ที่มุมตกกระทบ 10° สำหรับ พิวเร่ เตรียมตัวอย่างใส่ใน petri-dish จนเต็ม ปาดให้เสมอลบด้วย ส่วนกลับแผ่นตัดตัวอย่างขนาด 1×1 นิ้ว ทำการวัด 9 ซ้ำของแต่ละสิ่งทดลอง บันทึกค่า L^* , a^* , b^* , C^* , h และ ΔE โดยที่ค่า L^* เป็นค่าความขาวสว่าง (lightness) วัตถุสีดำมีค่า L^* เป็น 0 วัตถุสีขาวจะมีค่า L^* เป็น 100 ค่า a^* ใช้กำหนดสีแดงหรือเขียว (redness) ถ้าวัตถุมีสีออกแดงมีค่า a^* เป็น บวก วัตถุสีออกเขียวมีค่า a^* เป็น ลบ ค่า b^* ใช้กำหนดสีเหลืองหรือน้ำเงิน (yellowness) วัตถุมีสีออกเหลืองจะมีค่า b^* เป็นบวก วัตถุมีสีออกน้ำเงินมีค่า b^* เป็นลบ ค่า C^* และ h คำนวณได้จาก ค่า a^* และ b^* ค่า C^* หมายถึงค่า chroma ถ้ามีค่ามากความสดใสมาก ส่วนค่า h หมายถึง hue angle มีหน่วยเป็นองศา วัตถุสีแดงมีค่า h เป็น 0° สีเหลืองค่า h เป็น 90° สีเขียวค่า h เป็น 180° สีนํ้าเงินค่า h เป็น 270° ส่วนค่า ΔE (color different perceptibility) เป็นค่าที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของสี คำนวณจาก ค่า L^* , a^* , b^* ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม การที่มนุษย์มองเห็นสีของวัตถุแตกต่างไปจากเดิม เกิดจาก ค่า ΔE ที่เปลี่ยนแปลงไปนั่นเอง สีที่เปลี่ยนแปลงไปแต่ยังเป็นที่ยอมรับควรมีค่า ΔE ไม่เกิน 2 หน่วย แต่ขึ้นกับชนิดของสี เช่น สีนํ้าเงินที่มีค่า ΔE 1 หน่วย มนุษย์สามารถแยกความแตกต่างได้ ในขณะที่สีแดงหรือสีเหลืองที่มีค่า ΔE 1 หน่วยเท่ากัน แต่มนุษย์ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ (ส่วนอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2542)

6.2 การวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture profile analysis หรือ TPA วัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Lloyd TA 500) ใช้หัวกดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร เตรียมตัวอย่างขนาด 1×1 นิ้ว วางซ้อนกันสองชั้น ความเร็วในการกด (TPA test speed) 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที กดเป็นระยะทางร้อยละ 30 ของความสูงของตัวอย่าง (30 % strain) (Huang and Hsieh, 2005) ทำการวัดค่า 9 ซ้ำในแต่ละสิ่งทดลอง รายงานค่า hardness, cohesiveness, springiness index, chewiness และ adhesiveness

6.3 การวัดค่าแรงดึง วัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Lloyd TA 500) ใช้หัววัดชนิดที่ใช้วัดแรงดึงเป็นตัวหนีบชนิด TG 33 (lightweight tensile grip) ขนาด 5 นิวตัน ดึงตัวยึดด้านบนขึ้นในแนวตั้ง และยึดด้านล่างกับที่ ดึงเป็นระยะทางร้อยละ 90 ของความยาวตัวอย่าง หรือจนตัวอย่างขาด ด้วยความเร็ว 3 มิลลิเมตรต่อวินาที เตรียมตัวอย่างเป็นรูปดรัมเบลให้บริเวณคอคอดมีขนาด 1.5×6

เซนติเมตร (เพ็ชรดา, 2547) ตัวอย่างหนา 3 มิลลิเมตร จะมีพื้นที่หน้าตัด 1.5x3 ตารางมิลลิเมตร ทำการวัดค่า 9 ซ้ำในแต่ละสิ่งทดลอง บันทึกค่าแรงสูงสุด (maximum load) มีหน่วยเป็นนิวตัน

6.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ได้แก่ ยีสต์ รา และ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ทำตามวิธี AOAC (1998) ข้อ 997.02 และ 990.12 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา ทำโดย ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม เติมน้ำละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 90 กรัม เพื่อให้ตัวอย่างมีระดับความเจือจาง 1: 10 คูดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรลงบนแผ่นฟิล์มเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป YM Petrifilm ใช้สเปรดเดอร์กดเพื่อเกลี่ยให้ตัวอย่างกระจายอย่างสม่ำเสมอ ทิ้งแผ่นฟิล์มไว้ให้เจลแข็งตัว 2-3 นาที บ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 120 ชั่วโมง ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดนั้น นำสารละลายตัวอย่างที่มีความเจือจางในระดับ 1:10 เติมน้ำโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 N ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เพื่อปรับค่าพีเอชของสารละลายตัวอย่างให้ได้ 6.6-7.2 แล้วจึงคูดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรลงบนแผ่นฟิล์มเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป AC Petrifilm ใช้สเปรดเดอร์กดเพื่อเกลี่ยให้ตัวอย่างกระจายอย่างสม่ำเสมอ ทิ้งแผ่นฟิล์มไว้ให้เจลแข็งตัว 2-3 นาที บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง รายงานค่าเป็นโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง

6.5 การวัดค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส การให้คะแนนความชอบและความพึงพอใจ ใช้วิธี Hedonic (9- point scale) and Just about right ซึ่งเป็นการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ได้แก่ ชอบมากที่สุด (9) ชอบมาก (8) ชอบปานกลาง (7) ชอบเล็กน้อย (6) บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ (5) ไม่ชอบเล็กน้อย (4) ไม่ชอบปานกลาง (3) ไม่ชอบมาก (2) ไม่ชอบมากที่สุด (1) พร้อมทั้งให้คะแนนความพึงพอใจในแต่ละคุณลักษณะ 7 ระดับ ได้แก่ ระดับอ่อนมาก (-3) อ่อนปานกลาง (-2) อ่อนเล็กน้อย (-1) พอดี (0) เข้มเล็กน้อย (+1) เข้มปานกลาง (+2) เข้มมาก (+3) รายละเอียดแบบสอบถามตามภาคผนวก ข ส่วนระดับคะแนนความชอบด้วยวิธี Hedonic (9 - point scale) เป็นการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับเช่นเดียวกัน แต่ไม่ต้องให้คะแนนความพึงพอใจในแต่ละคุณลักษณะ (ณรงค์, 2537) การแจกตัวอย่างแบบสุ่ม ซึ่งมี 2 ลักษณะคือ กรณีที่มีตัวอย่าง 9 ตัวอย่างจะสุ่ม 5 ตัวอย่างแรกพัก 15 นาที แล้วจึงสุ่มตัวอย่างที่เหลือ ส่วนกรณีที่มีตัวอย่างน้อยกว่า 5 ตัวอย่าง จะแจกแบบครั้งเดียวไม่มีการพัก (เพ็ญขวัญ, 2536) และล้างรสชาติที่ติดลิ้นในระหว่างการทดสอบชิมตัวอย่างโดยใช้เกลือหรือน้ำผลไม้รสเปรี้ยวที่มีส่วนผสมของเพคตินหรือเจลาติน แล้วตามด้วยน้ำ (Taira *et. al.*, 1997) ก่อนที่จะทดสอบตัวอย่างต่อไป