บทที่ 2

การทดลอง

2.1 วัตถุดิบ สารเคมี อุปกรณ์และวิธีวิเคราะห์

2.1.1 วัตถุดิบ

2.1.1.1 ในกระบวนการผลิต

มะเขือเทศเข้มข้นที่บรรจุในกระป๋อง ของบริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (รายละเอียดในภาคผนวก จ.1)

2.1.1.2 ในการเปรียบเทียบกับมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้น

มะเขือเทศผง ของบริษัท แอบบรา จำกัด (รายละเอียดในภาคผนวก จ.2)

2.1.1.3 ในการผลิตซอสมะเขือเทศ

(1) แป้งข้าวโพดดัดแปร (modified waxy maize starch) ของบริษัท เนชั่นแนลสตาร์ท จำกัด
(2) น้ำส้มสายชู ของบริษัท ไทยคิวพี จำกัด
(3) น้ำตาล ของบริษัท น้ำตาลมิตรกาฬสินธุ์ จำกัด
(4) เกลือ ของบริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด
(5) หัวหอมบดละเอียด

2.1.1.4 ในการผลิตข้าวเกรียบรสมะเขือเทศ

ข้าวเกรียบ ของห้างหุ้นส่วนจำกัด อุตสาหกรรมอาหารสากลกรุงศรีอยุธยา

2.1.2 สารเคมี

2.1.2.1 ในกระบวนการผลิต

(1)	glyceryl monostearate (GMS) (รายละเอียดในภาคผนวก จ.3)	food grade (บริษัท ค็อกนิสไทย จำกัด)
(2)	silicon dioxide	food grade (บริษัท แอบบรา จำกัด)

2.1.2.2 การวิเคราะห์กรดในรูปกรดซิตริก

(1)	phenophthalein	AR grade
(2)	ethyl alcohol	AR grade
(3)	sodium hydroxide	AR grade
(4)	potassium hydrogen phthalate	AR grade

2.1.2.3 การวิเคราะห์วิตามินซี

(1)	oxalic acid dihydrate	AR grade
(2)	2,6-dichlorophenol indophenol sodium salt (dihydrate)	AR grade
(3)	ascorbic acid	AR grade

2.1.2.4 การปรับค่า water activity ของผลิตภัณฑ์

(1)	potassium acetate	AR grade
(2)	magnesium chloride hexahydrate	AR grade
(3)	potassium carbonate	AR grade
(4)	sodium bromide dihydrate	AR grade
(5)	sodium nitrite	AR grade
(6)	sodium chloride	AR grade
(7)	potassium sulphate	AR grade

2.1.3 อุปกรณ์

2.1.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้เตรียมผลิตภัณฑ์

(1) โถปั่นดี (ประดิษฐ์ขึ้นเอง แสดงรายละเอียดดังรูปที่ ฉ.4)
(2) กรอบอลูมิเนียมขนาด 12 เซนติเมตร x12 เซนติเมตร
มีความหนา 3 และ 5 มิลลิเมตร (ประดิษฐ์ขึ้นเอง แสดงรายละเอียดดังรูปที่ ฉ.6)
(3) นาฬิกาจับเวลา(Cannon, CT-10)
(4) เทอร์โมมิเตอร์ ช่วงอุณหภูมิ 0-100 องศาเซลเซียส
(5) ถาดอลูมิเนียม ขนาด 25 เซนติเมตร x30 เซนติเมตร
(6) เครื่องผสมอาหาร (super hand mixer) พร้อมหัวตีตะกร้อ
(Homemate, HA 3086)
(7) เครื่องบดอาหาร (blender) (National super blender, MX-110 PN)
(8) เครื่องร่อนแยกขนาด พร้อมตะแกรงร่อน ขนาด 30 mesh (Retsch)
(9) เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ (vacuum oven) (Hot pack, 273600)
(10) ถังบรรจุไนโตรเจนเหลว (Air Product, XL-55HP)
ของบริษัท Bangkok Industrial Gas จำกัด
(11) เครื่องระเหยน้ำแบบสุญญากาศ (vacuum rotary evaporator)
(Eyela, NE-1S และ Aspirator A-3S)
(12) เครื่องปิดผนึกภายใต้กาซไนโตรเจน (Multivac Type, AG 500)
(13) ถุงพลาสติกชนิด HDPE ขนาด 8 นิ้ว x12 นิ้ว
ของห้างหุ้นส่วนจำกัด แอลเอ็มอินดัสตรี้
(14) ถุงพลาสติกชนิด PET 12 ไมครอน / PE 20 ไมครอน / Al 7 ไมครอน / PE 20
ไมครอน / LLDPE 45 ไมครอน ขนาด 15 เซนติเมตร x 18 เซนติเมตร
ของบริษัท สตรองแพ็ค จำกัด (มหาชน)

2.1.3.2 อุปกรณ์ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ

(1) ถ้วยแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.50 เซนติเมตร สูง 5.50 เซนติเมตร
ที่มีน้ำหนัก 60 กรัม ปริมาตรจุ 46 มิลลิลิตร
(2) เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ (vacuum oven) (Hot pack, 273600)

(3) ตู้อบลมร้อน (WTB binder, E-53)

(4) เครื่องวัดค่า water activity (a_w Sprint) (Novasina, TH500)

(5) เครื่องร่อนแยกขนาด พร้อมตะแกรงร่อน ขนาด 30 mesh (Retsch)

(6) เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter, CR 300 series)

(7) เครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer, DV II Plus)

(8) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)
(Milton Roy, spectronic 601)

(9) เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (refractometer)
(Atago digital thermometer)

(10) เครื่องหมุนเวี่ยง (centrifuge) (Heraeus Christ, NR)

(11) vortex

(12) magnetic stirrer

(13) vernier caliper

(14) incubator (Gallenkamp, IH-100)

(15) โถดูดความชื้น (desiccator)

(16) ถ้วยอลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 3 เซนติเมตร

(17) เครื่องแก้ว และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

(18) เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius, A 200S)

(19) เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, BP 3100S)

2.1.3.3 อุปกรณ์ใช้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

(1) ถ้วย ช้อน ส้อม และแก้วน้ำพลาสติก

(2) แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส(รายละเอียดในภาคผนวก ค)

2.1.3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการคำนวณ และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

(1) เครื่องคอมพิวเตอร์ PC (Intel Pentium Processor 133 MHz)

(2) โปรแกรมสำเร็จรูป statistical package for the social science (SPSS) for window release 10

2.1.4 วิธีวิเคราะห์

2.1.4.1 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test และ T-Test (Cochran and Cox, 1957)

2.1.4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี(รายละเอียดในภาคผนวก ก)

(1) ปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid, TS) ตามวิธีของ Goose และ Binsted(1973) (รายละเอียดในภาคผนวก ก.1)

(2) ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก ตามวิธีของ Goose และ Binsted(1973) (รายละเอียดในภาคผนวก ก. 2)

(3) ปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid) ตามวิธีของ Pearson(1976) (รายละเอียดในภาคผนวก ก.3)

(4) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid, TSS) โดยใช้ refractometer (รายละเอียดในภาคผนวก ก.4)

2.1.4.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ(รายละเอียดในภาคผนวก ข)

(1) ความหนาแน่นของโฟม (foam density) ดัดแปลงจาก วิธีของ LaBelle (1966) (รายละเอียดในภาคผนวก ข.1)

(2) อัตราการยุบตัวของโฟม (foam collapse rate) ตามวิธีของ Brygidyr และคณะ (1977)(รายละเอียดในภาคผนวก ข.2)

(3) ค่าสี (L, a, b) โดยใช้ Minolta Chroma Meter (รายละเอียดในภาคผนวก ข.3)
ค่า L แทนค่าความสว่าง
ค่า a แทนค่าสีแดง (+)แทนค่าสีแดง (-) แทนค่าสีเขียว
ค่า b แทนค่าสีเหลือง (+)แทนค่าสีเหลือง (-) แทนค่าสีน้ำเงิน

(4) ความหนืดโดยใช้ Brookfield Viscometer (รายละเอียดในภาคผนวก ข.4)

(5) ระยะการยุบตัวของโฟมมะเขือเทศเข้มข้นหลังทำแห้ง (รายละเอียดในภาคผนวก ข.5)

(6) ค่าการกระจายตัว (dispersibility) ดัดแปลงจากวิธีของ Al-Kahtani และ Hassan (1990) (รายละเอียดในภาคผนวก ข.6)

(7) ค่า water activity โดยใช้เครื่อง a_w Sprint (รายละเอียดในภาคผนวก ข.7)

(8) ความหนาแน่นปรากฏ (bulk density) ดัดแปลงจากวิธีของ Al-Kahtani และ Hassan (1990) (รายละเอียดในภาคผนวก ข.8)

(9) สัดส่วนโดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ที่ไม่จับตัวเป็นก้อน (%uncaking) (รายละเอียดในภาคผนวก ข.9)

2.1.4.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

(1) ทดสอบมะเขือเทศผงในรูปผง โดยใช้วิธีทดสอบแบบ quantitative descriptive analysis (QDA) with scoring (รายละเอียดในภาคผนวก ค.1)

(2) ทดสอบมะเขือเทศผงในรูปการคืนตัว(ซอสมะเขือเทศ) โดยใช้วิธีทดสอบแบบ difference from control (รายละเอียดในภาคผนวก ค.2) และวิธีการเตรียมซอสมะเขือเทศ(รายละเอียดในภาคผนวก ค.4)

(3) ทดสอบมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้นเปรียบเทียบกับมะเขือเทศผงทางการค้า โดยใช้วิธีทดสอบแบบ 9-point hedonic scale(รายละเอียดในภาคผนวก ค.3) และวิธีการเตรียมข้าวเกรียบรสมะเขือเทศ(รายละเอียดในภาคผนวก ค.5)

ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 15 คน ซึ่งเป็นนิสิตปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

2.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของมะเขือเทศเข้มข้น

นำมะเขือเทศเข้มข้นที่บรรจุในกระป๋อง มาหาปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งทั้งหมด (Goose and Binsted, 1973)(รายละเอียดในภาคผนวก ก.1) ปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก(Goose and Binsted, 1973)(รายละเอียดในภาคผนวก ก.2) ปริมาณวิตามินซี (Pearson, 1976)(รายละเอียดในภาคผนวก ก.3) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ โดยใช้ refractometer (รายละเอียดในภาคผนวก ก.4) ค่าสี โดยใช้ Minolta Chroma Meter(รายละเอียดในภาคผนวก ข.3) และความหนืดของมะเขือเทศเข้มข้น ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 13 องศาบริกซ์ โดยใช้ Brookfield Viscometer วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (รายละเอียดในภาคผนวก ข.4) ทดลอง 3 ซ้ำ

2.2.2. สภาวะการเกิดโฟมที่คงตัวในมะเขือเทศเข้มข้น

หาระดับความเข้มข้นของปริมาณของแข็งทั้งหมดในมะเขือเทศเข้มข้น ปริมาณสารที่ทำให้เกิดโฟม และเวลาที่ใช้ในการตีปั่นที่เหมาะสมในการเกิดโฟมที่คงตัว โดยทำการทดลองตามแผนภูมิต่อไปนี้

มะเขือเทศเข้มข้นมีปริมาณของแข็งทั้งหมดเริ่มต้น 29.52 %(โดยน้ำหนักเปียก) นำมาแปรปริมาณของแข็งทั้งหมด เป็น 5 ระดับคือ 22, 25, 28, 31 และ 34 %(โดยน้ำหนักเปียก) โดยปริมาณของแข็งทั้งหมด 22, 25 และ 28 %(โดยน้ำหนักเปียก) ได้จากการเจือจางด้วยน้ำกลั่น และปริมาณของแข็งทั้งหมด 31 และ 34 %(โดยน้ำหนักเปียก) ได้จากการระเหยน้ำออกภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง vacuum rotary evaporator

↓

เติมสารที่ทำให้เกิดโฟมโดยใช้ glyceryl monostearate (GMS) วิธีการเตรียมสารตามวิธีของ Morgan และคณะ (1961) โดยแปรปริมาณ 3 ระดับ คือ 0, 1 และ 2 %(โดยน้ำหนักแห้ง) จากนั้นนำไปตีปั่นผสมด้วยเครื่องผสมอาหาร ใช้หัวตีรูปตะกร้อ ความเร็วรอบในการตีปั่นระดับสูงสุด ในโถปั่นที่ประดิษฐ์ขึ้น พร้อมอัดกาซไนโตรเจน โดยต่อท่อกาซไนโตรเจน เข้าด้านล่างของโถปั่นที่ประดิษฐ์ขึ้น (ควบคุมอุณหภูมิระหว่างการตีปั่น ให้อยู่ในช่วง 25–30 องศาเซลเซียส) (รายละเอียด วิธีการเตรียม GMS และการเติม GMS ลงในมะเขือเทศเข้มข้น แสดงในภาคผนวก ง.1 และ ง.2 ส่วนรายละเอียดรูปอุปกรณ์ที่ใช้ในการตีปั่น แสดงดังรูปที่ ฉ.4 และ ฉ.5)

↓

ตรวจวัด ความหนาแน่นของโฟม ดัดแปลงจากวิธีของ LaBelle(1966)(รายละเอียดในภาคผนวก ข.1) และหาอัตราการยุบตัวของโฟม ตามวิธีของ Brygidyr และคณะ (1977) (รายละเอียดในภาคผนวก ข.2) ที่เวลาตีปั่น (whipping time) 0-12 นาที ทดลอง 3 ซ้ำ

หมายเหตุ

ขั้นแรกจะเป็นการวัดความหนาแน่นของโฟมที่มีการหยุดวัดทุก ๆ 1 นาที จนถึง 12 นาทีเพื่อดูลักษณะการเกิดโฟมในมะเขือเทศเข้มข้น ต่อมามีการวัดความหนาแน่นและอัตราการยุบตัวของโฟมอย่างต่อเนื่องตลอดจนถึง 12 นาที เพื่อนำมาปฏิบัติใช้จริง โดยเลือกศึกษาเฉพาะปริมาณของแข็งทั้งหมดในมะเขือเทศเข้มข้น 31 และ 34%(โดยน้ำหนักเปียก) ที่มีการเติม GMS 1%(โดยน้ำหนักแห้ง) และไม่มีการเติม GMS

เลือกปริมาณของแข็งทั้งหมดในมะเขือเทศเข้มข้น ปริมาณ GMS และเวลาในการตีปั่นที่มีความหนาแน่นของโฟมต่ำสุด

2.2.3 สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งสุญญากาศ

หาปริมาณสารที่ทำให้เกิดโฟม อุณหภูมิการทำแห้ง และความหนาชั้นโฟม ที่เหมาะสมในการทำแห้งสุญญากาศ โดยทำการทดลองตามแผนภูมิต่อไปนี้

มะเขือเทศเข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 31 %(โดยน้ำหนักเปียก)

↓

เติม GMS ที่แปรระดับความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 0 และ 1 %(โดยน้ำหนักแห้ง) โดยปริมาณ GMS 0 %(โดยน้ำหนักแห้ง) หรือไม่มีการเติม GMS ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (control) จึงมีการศึกษาอีกครั้ง จากนั้น นำไปตีปั่นผสมด้วยเครื่องผสมอาหารโดย ใช้หัวตีรูปตะกร้อ ความเร็วรอบในการตีปั่นระดับสูงสุด ในโถปั่นที่ประดิษฐ์ขึ้น พร้อมอัดกาซไนโตรเจน โดยต่อท่อกาซไนโตรเจน เข้าด้านล่างของโถปั่นที่ประดิษฐ์ขึ้น (ควบคุมอุณหภูมิระหว่างการตีปั่น ให้อยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส) ใช้เวลาในการตีปั่น 7 นาที (รายละเอียดวิธีการเตรียม GMS และการเติม GMS ลงในมะเขือเทศเข้มข้น แสดงในภาคผนวก ง.1 และ ง.2 ส่วนรายละเอียดรูปอุปกรณ์ที่ใช้ในการตีปั่น แสดงดังรูปที่ ฉ.4 และ ฉ.5)

↓

เกลี่ยโฟมที่ตีปั่นได้บนถาดที่ปูด้วยพลาสติกซนิด HDPE โดยเกลี่ยให้หนา 3 และ 5 มิลลิเมตร ขนาด 12 เซนติเมตร x 12 เซนติเมตร (ใช้กรอบอลูมิเนียมที่สร้างขึ้นมีความหนา 3 และ 5 มิลลิเมตร ขนาด 12 เซนติเมตร x 12 เซนติเมตร(รายละเอียดของรูปกรอบอลูมิเนียมที่สร้างขึ้นดังแสดงในรูปที่ ฉ.6) โดยเกลี่ยโฟมให้เต็มกรอบอลูมิเนียม จากนั้นค่อย ๆ ดึงกรอบอลูมิเนียมออก จะได้โฟมมะเขือเทศเข้มข้น ที่มีความหนา 3 และ 5 มิลลิเมตร ขนาด 12 เซนติเมตร x 12 เซนติเมตร)

↓

นำถาดเข้าอบในเครื่องทำแห้งสุญญากาศ ภายใต้ความดันสัมบูรณ์ 1±0.5 นิ้วปรอท ที่แปรอุณหภูมิทำแห้ง 2 ระดับ คือ 65 และ 75 องศาเซลเซียส

↓

หาเวลาในการทำแห้ง (drying time) โดยวัดอุณหภูมิของโฟมมะเขือเทศเข้มข้นและอุณหภูมิของเครื่องทำแห้งสุญญากาศทุก ๆ 10 นาที จนกระทั่ง อุณหภูมิทั้งสองใกล้เคียงกัน นำโฟมมะเขือเทศเข้มข้นออกมาหาปริมาณความชื้น (Goose and Binsted, 1973) (รายละเอียดในภาคผนวก ก.1) จนมีปริมาณความชื้นไม่เกิน 5% (โดยน้ำหนักแห้ง) ทดลอง 3 ซ้ำ

↓

หลังจากที่ได้เวลาในการทำแห้งแล้ว นำโฟมมะเขือเทศเข้มข้นที่แปรสภาวะดังกล่าว มาทำแห้งตามเวลาที่กำหนด จากนั้น ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำไปบดโดยใช้ เครื่องบดอาหาร และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 30 mesh จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นมะเขือเทศผง

2.2.3.1 ตรวจวัดองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ

หาระยะการยุบตัวของโฟมมะเขือเทศเข้มข้นหลังจากทำแห้ง (รายละเอียดในภาคผนวก ข.5) จากนั้นนำมะเขือเทศผงที่ได้ มาหาปริมาณวิตามินซี (Pearson, 1976) (รายละเอียดในภาคผนวก ก.3) ค่าสี ในรูปผงและหลังคืนตัวที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 28 องศาบริกซ์ โดยใช้ Minolta Chroma Meter (รายละเอียดในภาคผนวก ข.3) ค่าการกระจายตัว ดัดแปลงจากวิธีของ Al-Kahtani และ Hassan (1990) (รายละเอียดในภาคผนวก ข.6) และความหนืดหลังคืนตัว ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 13 องศาบริกซ์ โดยใช้ Brookfield Viscometer วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (รายละเอียดในภาคผนวก ข.4) วางแผนการทดลองแบบ Symmetric Factorial Design ขนาด 2x2x2 ทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test

2.2.3.2 ตรวจวัดทางประสาทสัมผัส

โดยนำมะเขือเทศผงที่ได้ มาทดสอบในรูปผง (สี กลิ่น ลักษณะปรากฏ(ความร่วน) และ การยอมรับรวม) โดยใช้วิธีทดสอบแบบ quantitative descriptive analysis (QDA) with scoring (รายละเอียดในภาคผนวก ค.1) และทดสอบในรูปหลังคืนตัว(ซอสมะเขือเทศ) (สี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อสัมผัส(ความหนืด)และ การยอมรับรวม) โดยใช้วิธีทดสอบแบบ difference from control (รายละเอียดในภาคผนวก ค.2) และวิธีการเตรียมซอสมะเขือเทศ(รายละเอียดในภาคผนวก ค.4) ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 15 คน วางแผนการทดลองแบบ Symmetric Factorial with Complete Block Design และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test

เลือกปริมาณ GMS อุณหภูมิการทำแห้ง และความหนาชั้นโฟม ที่ให้ผลการทดสอบทางเคมี กายภาพ รวมถึงการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีที่สุด

2.2.4 องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพ และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้นเปรียบเทียบกับมะเขือเทศผงทางการค้า และ moisture sorption isotherm ของมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้น

2.2.4.1 เตรียมมะเขือเทศผงที่เลือกสภาวะการผลิตจาก ข้อ 2.2.2 และ 2.2.3 คือ มะเขือเทศเข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 31 %(โดยน้ำหนักเปียก) มีการเติม GMS 1%(โดยน้ำหนักแห้ง) ตีปั่นเป็นเวลา 7 นาที ทำแห้งสุญญากาศภายใต้ความดันสัมบูรณ์ 1±0.5 นิ้วปรอท ที่อุณหภูมิทำแห้ง 65 องศาเซลเซียส มีความหนาชั้นโฟม 3 มิลลิเมตร ขนาด 12 เซนติเมตร x 12 เซนติเมตร เป็นเวลา 110 นาที

2.2.4.2 ตรวจวัดองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ

หาปริมาณความชื้นและปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก (Goose and Binsted, 1973) (รายละเอียดในภาคผนวก ก.1 และ ก.2) ความหนาแน่นปรากฏ ดัดแปลงจากวิธีของ Al-Kahtani และ Hassan (1990) (รายละเอียดในภาคผนวก ข.8) เฉพาะในมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้น และวัดค่าสีในรูปผงและหลังคืนตัวที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 28 องศาบริกซ์ โดยใช้ Minolta Chroma Meter (รายละเอียดในภาคผนวก ข.3) ทั้งในมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้นและมะเขือเทศผงทางการค้า ทดลอง 3 ซ้ำ

หมายเหตุ

ปริมาณความชื้น กรดในรูปกรดซิตริกและความหนาแน่นปรากฏ ในมะเขือเทศผงทางการค้า ได้ข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต (รายละเอียดในภาคผนวก จ.2)

2.2.4.3 ตรวจวัดทางประสาทสัมผัสของมะเขือเทศผงในรูปผง

ใช้เป็นสารให้กลิ่นรสในข้าวเกรียบ โดยใช้มะเขือเทศผง 7%(โดยน้ำหนักเปียก) ทดสอบในด้านสี กลิ่นรส ลักษณะปรากฏ (ความกรอบ) และการยอมรับรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบ 9-point hedonic scale ซึ่ง 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด (รายละเอียดในภาคผนวก ค.3) ส่วนวิธีการเตรียมข้าวเกรียบรสมะเขือเทศ (รายละเอียดในภาคผนวก ค.5) ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 15 คน วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-Test

2.2.4.4 moisture sorption isotherm ของมะเขือทศผงที่ผลิตขึ้น

นำมะเขือเทศผงมาปรับความชื้นให้มีค่า a_w เท่ากับ 0.22, 0.32, 0.43, 0.58, 0.65, 0.75, 0.97 และ control (ไม่ปรับความชื้น) ด้วยสารละลายเกลืออิ่มตัว ($K(CH_2COO)(a_w=0.22)$, $MgCl_2.6H_2O$ ($a_w=0.32$), $K_2CO_3(a_w=0.43)$, $NaBr.2H_2O$ ($a_w=0.58$), $NaNO_2(a_w=0.65)$, NaCl ($a_w=0.75$)และ $K_2SO_4(a_w=0.97)$) (Karel, 1975; Barbosa-Cánovas and Vega-Mercado, 1996) การเตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัว แสดงดังตารางที่ 2.1 ในขวดแก้วที่มีฝาปิด ใช้มะเขือเทศผง 3 กรัม ต่อสารละลายเกลืออิ่มตัว 100 มิลลิลิตร ควบคุมอุณหภูมิคงที่ 40 องศาเซลเซียส โดยใส่ไว้ในตู้ incubator เก็บไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำมาตรวจวัดหาปริมาณความชื้น (Goose and Binsted, 1973)(รายละเอียดในภาคผนวก ก.1) และหาค่า water activity โดยใช้ a_w Sprint (รายละเอียดในภาคผนวก ข.7) จากนั้นนำ ค่า water activity และปริมาณความชื้น ที่ได้มาเขียนกราฟ ทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 2.1 การเตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัวใช้สำหรับควบคุมค่า water activity

salt	approximate solubility in hot water (กรัมต่อ100มิลลิลิตร)	RH[2] at room temperature(%)	water activity
$K(CH_2COO)$	500	22	0.22
$MgCl_2.6H_2O$	300	32	0.32
K_2CO_3	150	43	0.43
$NaBr.2H_2O$	120	58	0.58
$NaNO_2$	150	65	0.65
NaCl	40	75	0.75
K_2SO_4	20	97	0.97

[2] RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity)

ที่มา: Karel (1975); Barbosa-Cánovas และ Vega-Mercado (1996)

2.2.5 ผลของ silicon dioxide(SiO_2) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะเขือเทศผงระหว่างการเก็บ

2.2.5.1 เตรียมมะเขือเทศผงที่เลือกสภาวะการผลิตจากข้อ 2.2.2 และ 2.2.3 คือ มะเขือเทศเข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 31 % (โดยน้ำหนักเปียก) มีการเติม GMS 1%(โดยน้ำหนักแห้ง) ตีปั่นเป็นเวลา 7 นาที ทำแห้งสุญญากาศภายใต้ความดันสัมบูรณ์ 1±0.5 นิ้วปรอท ที่อุณหภูมิทำแห้ง 65 องศาเซลเซียส มีความหนาชั้นโฟม 3 มิลลิเมตร ขนาด 12 เซนติเมตร x 12 เซนติเมตร เป็นเวลา 110 นาที

2.2.5.2 ผสมมะเขือเทศผงให้เข้ากันกับ SiO_2 ซึ่งเป็นสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน โดยแปรปริมาณ SiO_2 3 ระดับ คือ 0, 0.5 และ 1.0%(โดยน้ำหนักเปียก) บรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงลามิเนต(PET/PE/Al/PE/LLDPE) ขนาด 15 เซนติเมตร x 18 เซนติเมตร ภายใต้กาซไนโตรเจน โดยบรรจุถุงละ 10 กรัม เก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (35 ถึง 40 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6 สัปดาห์

ระหว่างการเก็บทุกๆ 2 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาการเก็บ 6 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างมาตรวจการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางเคมีและกายภาพ โดยหา ปริมาณความชื้น (Goose and Binsted, 1973)(รายละเอียดในภาคผนวก ก.1) ค่า water activity (a_w) โดยใช้ a_w Sprint (รายละเอียดในภาคผนวก ข.7) ปริมาณวิตามินซี(Pearson, 1976) (รายละเอียดในภาคผนวก ก.3) ค่าการกระจายตัว ดัดแปลงจากวิธีของ Al-Kahtani และ Hassan (1990)(รายละเอียดในภาคผนวก ข.6) ค่าสีในรูปผง โดยใช้ Minolta Chroma Meter (รายละเอียดในภาคผนวก ข.3) หาสัดส่วนโดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ที่ไม่จับตัวเป็นก้อน (%uncaking) (รายละเอียดในภาคผนวก ข.9) วางแผนการทดลองแบบ Asymmetric Factorial Design ขนาด 3x4 ทดลอง 2 ซ้ำและวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test