บทที่ 3

วิธีการทดลอง

วัตถุดิบ

แป้งวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า (rice flour) ตรา Star Lion จากบริษัทเหรียญไทย แป้งมันสำปะหลัง (tapioca starch) จากบริษัท สุรพลฟูดส์ จำกัด (มหาชน) แป้งมันสำปะหลังดัดแปร (modified tapioca starch) 3 ชนิด (คัดเลือกชนิดของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรโดย: แป้งมันสำปะหลังดัดแปรทั้งสามชนิดได้มีการระบุว่าเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว และมีความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็ง) คือ National 7® (Mna), National Frigex® (Mnaf) และ Purity 90® (Mpu) จาก National Starch & Chemical (Asia) Pte Limited

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ ดังนี้

3.1.1 ปริมาณความชื้น โดยใช้ Hot Air Oven ตามวิธีของ AOAC 925.10 (1995) รายละเอียดในภาคผนวก ก.1

3.1.2 ปริมาณโปรตีน โดยใช้วิธี Kjeldahl ตามวิธีของ AOAC 920.87 (1995) รายละเอียดในภาคผนวก ก.2

3.1.3 ปริมาณไขมัน โดยใช้วิธี Soxhlet extraction ตามวิธีของ AOAC 920.85 (1995) รายละเอียดในภาคผนวก ก.3

3.1.4 ปริมาณอะไมโลส โดยใช้ Spectrophotometer ตามวิธีของ Juliano (1971) รายละเอียดในภาคผนวก ก.4

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วย Duncan's New Multiple Range Test

3.2 การวัดสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบ ได้แก่

3.2.1 สมบัติด้านความหนืดโดยใช้เครื่อง Rapid-Visco Analyser (RVA, Newport Scientific รุ่น 4D, Australia) ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Batey, *et al*. (1997) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก.5

3.2.2 สมบัติทางด้านความร้อนด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC, Perkin-Elmer รุ่น Diamond, USA) ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Baker และ Duarte (1995) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก.6

3.2.3 ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็ง (freeze-thaw stability) ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Hoover และ Manuel (1995) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก.7 และถ่ายรูปเจลแป้งที่ผ่านการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำจำนวน 5 รอบแล้ว ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Olympus รุ่น CH30RF200)

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วย Duncan's New Multiple Range Test

3.3 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยว

เตรียมน้ำแป้งเพื่อผลิตก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันสำปะหลังดัดแปร National 7® National Frigex® หรือ Purity 90® ซึ่งจากการทดลองเบื้องต้นพบว่า การผสมแป้งมันสำปะหลังดัดแปรสูงกว่า 30% มีผลให้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้นิ่มและเหนียวติดถาด ไม่สามารถลอกออกจากถาดได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงแปรปริมาณแป้งมันสำปะหลังดัดแปรเป็น 3 ระดับ คือ 0, 15 และ 30% โดยน้ำหนักแป้งผสม โดยกำหนดให้อัตราส่วนของแป้งผสมระหว่างแป้งข้าวเจ้าต่อแป้งมันสำปะหลังในแต่ละสูตรคงที่เท่ากับ 4: 1 และแปรความเข้มข้นของน้ำแป้ง 3 ระดับ คือ 30, 35 และ 40% โดยน้ำหนัก ออกแบบการทดลองแบบ Three-level factorial design (Gacula and Singh, 1984) มีจำนวนการทดลอง 11 การทดลอง โดยมีรหัสและช่วงตัวแปรดังแสดงในตารางที่ 3.1

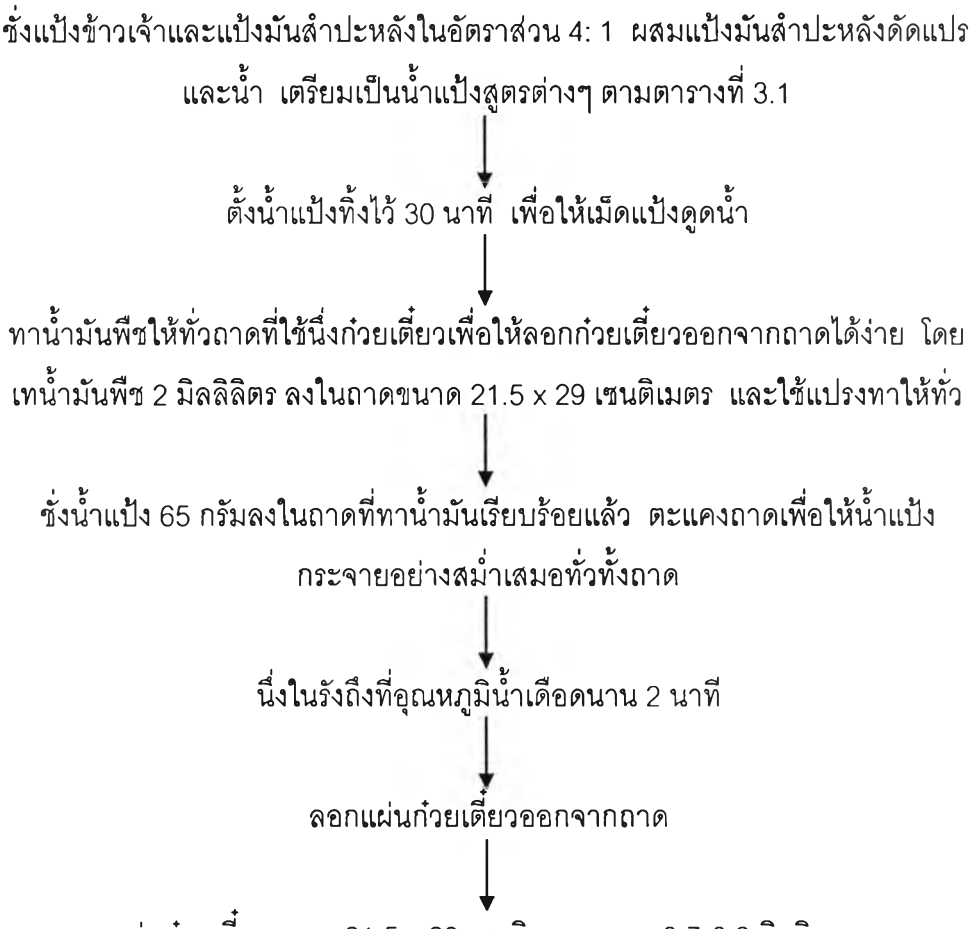
ตารางที่ 3.1 รหัสตัวแปรและช่วงของตัวแปรที่ศึกษาในการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยว

การทดลองที่	รหัสตัวแปร*		ค่าตัวแปรในการทดลอง	
	M	X	ปริมาณแป้งดัดแปร (% โดยน้ำหนักแป้งผสม)	ความเข้มข้นของน้ำแป้ง (% โดยน้ำหนัก)
1	-1	-1	0	30
2	0	-1	15	30
3	+1	-1	30	30
4	-1	0	0	35
5	0	0	15	35
6	0	0	15	35
7	0	0	15	35
8	+1	0	30	35
9	-1	+1	0	40
10	0	+1	15	40
11	+1	+1	30	40

* หมายถึง รหัสตัวแปร M คือ ปริมาณแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (% โดยน้ำหนักแป้งผสม)
X คือ ความเข้มข้นของน้ำแป้ง (% โดยน้ำหนัก)

3.3.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของแป้งผสมแต่ละสูตรในด้านสมบัติทางด้านความหนืด สมบัติทางด้านความร้อน และความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งตามข้อ 3.2 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วย Duncan's New Multiple Range Test

3.3.2 วัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำแป้งในแต่ละสูตรโดยใช้เครื่อง pH meter (EUTECH รุ่น CyberScan pH 1000 Bench, Singapore) ตามวิธีของ AOAC 943.02 (1995) รายละเอียดในภาคผนวก ก.8 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และนำน้ำแป้งมาผลิตก๋วยเตี๋ยวตามขั้นตอนในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตก๋วยเตี๋ยว
ที่มา: ดัดแปลงจาก พิมพ์เพ็ญ ถิรพร (2533)

3.3.3 ตัดแผ่นก๋วยเตี๋ยวให้มีขนาด 20 x 28 เซนติเมตร นำมาห่อไส้หมูกุ้ง น้ำหนัก 170 กรัมต่อแผ่น (โดยวางไส้ไว้ตามแนวยาวของแผ่นก๋วยเตี๋ยวและห่อเป็นก๋วยเตี๋ยวหลอด) และตัดเป็นชิ้นขนาด 2 x 3 เซนติเมตร นำไปนึ่งในรังถึงที่อุณหภูมิน้ำเดือดนาน 3-4 นาที (อุณหภูมิกึ่งกลางไส้ 70-80 องศาเซลเซียส) ประเมินผลทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมด้วยแบบทดสอบแบบ 9-point scale (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2536) โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 25 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Design-Expert 6.0.10 และคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิตก๋วยเตี๋ยวโดยใช้ Response Surface Methodology (RSM) (Montgomery, 1997)

3.3.4 ตัดแผ่นก๋วยเตี๋ยวขนาด 2 x 5 เซนติเมตร นำไปนึ่งในรังถึงเช่นเดียวกับข้อ 3.3.3 และวัดสมบัติทางกายภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวในด้าน tensile strength และ extensibility สูตรละ 5 เส้น ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-XT2 รุ่น Stable Micro System,

Surrey, UK) โดยใช้หัวดึง A/TG tensile grips ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Gujral, Haros และ Rosell (2004) รายละเอียดในภาคผนวก ก.9 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองด้วย Response Surface Methodology โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Design-Expert 6.0.10 เช่นเดียวกับข้อ 3.3.3 จากนั้นนำกราฟค่า tensile strength และ extensibility ที่ได้มาซ้อนทับกับกราฟการยอมรับจากข้อ 3.3.3 ด้วยเทคนิคการซ้อนกราฟโดยให้สเกลของแกน X และ Y ของทั้ง 2 กราฟซ้อนทับกันสนิท เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการยอมรับกับค่า tensile strength และ extensibility (Henika, 1982; Mason, Gunst, and Hess, 1989) และหาค่า tensile strength และ extensibility ของก๋วยเตี๋ยวที่ให้คะแนนการยอมรับสูงสุดโดยการคำนวณจากสมการ

3.4 ศึกษาภาวะที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กุ้งโดยใช้เครื่องแช่เยือกแข็งแบบลมพ่น (Air-Blast Freezer, สั่งผลิตโดยบริษัท สุรพลฟูดส์ จำกัด (มหาชน))

ผลิตก๋วยเตี๋ยวตามสูตรที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อ 3.3.3 ตามขั้นตอนในรูปที่ 3.1 จากนั้นนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดคือ แผ่นก๋วยเตี๋ยวและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กุ้ง และนำไปแช่เยือกแข็ง ดังนี้

3.4.1 ตัดก๋วยเตี๋ยวเป็นแผ่นขนาด 7 x 7 เซนติเมตร นำมาเรียงซ้อนกันเป็นบล็อกจำนวน 12 แผ่นต่อ 1 บล็อก ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์แต่ละบล็อกและวางในถาดขนาด 16 x 18 นิ้ว จำนวน 20 บล็อก/ถาด และใส่ในถุงพลาสติก ควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้นของก๋วยเตี๋ยวประมาณ 20 องศาเซลเซียส โดยเสียบเทอร์โมคัปเปิลชนิด Copper-constantan (Type-T) ที่กึ่งกลางผลิตภัณฑ์ แล้วจึงนำไปแช่เยือกแข็งโดยใช้ air-blast freezer ที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส ติดตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิและเวลา (Yokogawa, รุ่น MV 100, Japan) โดยบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์กับเวลาที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งตั้งแต่ 20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งอุณหภูมิกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เท่ากับ -18 องศาเซลเซียส นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาเวลาและอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง (ด้วยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Pan and Yeh (1993) รายละเอียดในภาคผนวก ก.10) และนำผลิตภัณฑ์ที่แช่เยือกแข็งแล้วมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง (%Freezing loss) (ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC 39.1.02 B (1995) รายละเอียดในภาคผนวก ก.11)

3.4.2 ตัดก๋วยเตี๋ยวเป็นแผ่นขนาด 14 x 16 เซนติเมตร และนำมาห่อไส้กุ้งโดยใช้กุ้งโอคักขนาด 51-60 ตัว/ปอนด์ ที่ผ่านการปรุงรสแล้วจากบริษัท สุรพลฟูดส์ จำกัด (มหาชน)

จำนวน 3 ตัวต่อก๋วยเตี๋ยว 1 แผ่น ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น วางในถาดขนาด 16 x 18 นิ้ว จำนวน 24 ชิ้น/ถาด และใส่ในถุงพลาสติก ควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้นของก๋วยเตี๋ยวประมาณ 20 องศาเซลเซียสเช่นกัน โดยเสียบเทอร์โมคัปเปิลชนิด Copper-constantan (Type-T) เข้าไปยังบริเวณจุดกึ่งกลางของปล้องที่ 2 ของกุ้งโอคักตัวที่ 2 ของชิ้นผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำไปแช่เยือกแข็งและติดตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตั้งแต่ 20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งอุณหภูมิกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เท่ากับ -18 องศาเซลเซียส นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาเวลาและอัตราเร็วที่ใช้ในการแช่เยือกแข็ง และวิเคราะห์หาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแช่เยือกแข็งเช่นเดียวกับข้อ 3.4.1

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างแป้งมันสำปะหลังดัดแปรแต่ละชนิดในแต่ละผลิตภัณฑ์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test

3.5 ศึกษาผลของการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งซ้ำต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กุ้งแช่เยือกแข็ง

ผลิตก๋วยเตี๋ยวและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กุ้ง และนำไปแช่เยือกแข็งตามสภาวะที่ได้ในข้อ 3.4 นำผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดบรรจุในถุงพลาสติก PE โดยบรรจุถุงละ 1 บล็อกสำหรับผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็ง และถุงละ 5 ชิ้นสำหรับผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กุ้งแช่เยือกแข็ง ปิดผนึกด้วยสุญญากาศด้วยความร้อน และนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสในห้องเก็บผลิตภัณฑ์ของบริษัทสุรพลฟูดส์ (มหาชน) จำกัด จากนั้นนำมาประเมินผลด้านต่างๆ ดังนี้

3.5.1 นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้งสองที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแล้วมาตัวอย่างละ 2 ถุง นำมาชั่งน้ำหนัก และละลายน้ำแข็งโดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ให้น้ำแข็งละลายจนกระทั่งอุณหภูมิกึ่งกลางผลิตภัณฑ์เท่ากับ 0 องศาเซลเซียส นำมาผึ่งบนตะแกรงขนาด 11.5 x 16 นิ้ว นาน 2 นาที และชั่งน้ำหนักหาค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็ง (% thawing loss) ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC 39.1.02 B (1995) รายละเอียดในภาคผนวก ก.12 (freeze-thaw cycle ที่ 0) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดที่ชั่งน้ำหนักแล้วบรรจุในถุงพลาสติก ปิดผนึก และนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ในห้องเก็บผลิตภัณฑ์ของบริษัทสุรพลฟูดส์ (มหาชน) จำกัด เป็นเวลา 3 วัน นำมาละลายน้ำแข็ง และหาค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายน้ำแข็งเช่นเดิม (freeze-thaw cycle ที่ 1) จากนั้นนำไปบรรจุในถุงพลาสติกและเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ทำซ้ำเช่นนี้อีก 3 รอบสำหรับ freeze-thaw

cycle ที่ 2-4 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างแป้งมันสำปะหลังดัดแปรแต่ละชนิดในแต่ละผลิตภัณฑ์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test

3.5.2 นำตัวอย่างที่เหลือทั้งหมดมาละลายน้ำแข็งเช่นเดียวกับข้อ 3.5.1 แบ่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดออกเป็น 5 ส่วนเท่าๆกัน นำส่วนที่ 1 มาวิเคราะห์และประเมินผล (freeze-thaw cycle ที่ 0) ดังนี้

(ก) ประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยนำผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งและก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กุ้งแช่เยือกแข็งไปอุ่นในไมโครเวฟ (Sharp รุ่น R254, Thailand กำลังไฟ 800 วัตต์) ที่ระดับความร้อนสูงสุด จนอุณหภูมิกึ่งกลางประมาณ 70 องศาเซลเซียส และประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทั้งสองตามข้อ 3.3.3 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนจำนวน 9 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างแป้งมันสำปะหลังดัดแปรแต่ละชนิดในแต่ละผลิตภัณฑ์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test

(ข) ตัดผลิตภัณฑ์แผ่นก๋วยเตี๋ยวแช่เยือกแข็งและส่วนที่เป็นก๋วยเตี๋ยวของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวหลอดไส้กุ้งแช่เยือกแข็งเป็นเส้นขนาด 2 x 5 เซนติเมตร นำผลิตภัณฑ์ทั้งสองไปอุ่นในไมโครเวฟที่ระดับความร้อนสูงสุด จนอุณหภูมิกึ่งกลางประมาณ 70 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับข้อ (ก) วัดสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งสองในด้าน tensile strength และ extensibility สูตรละ 5 เส้นด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA-XT2 โดยใช้หัวดึง A/TG tensile grips ตามข้อ 3.3.4 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างแป้งมันสำปะหลังดัดแปรแต่ละชนิดในแต่ละผลิตภัณฑ์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test

นำตัวอย่างที่เหลือทั้ง 4 ส่วนเก็บในห้องเก็บผลิตภัณฑ์ที่ควบคุมอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ของบริษัทสุรพลฟูดส์ จำกัด (มหาชน) เป็นเวลานาน 3 วัน จากนั้นนำตัวอย่างมาละลายน้ำแข็ง (freeze-thaw cycle ที่ 1) นำตัวอย่างส่วนที่ 2 มาประเมินคุณภาพเช่นเดียวกับข้างต้น ส่วนตัวอย่างที่เหลือ 3 ส่วนที่ผ่านภาวะการแช่เยือกแข็ง-การละลายน้ำแข็งแล้วจะถูกเก็บในห้องเก็บผลิตภัณฑ์ที่ควบคุมอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ของบริษัทสุรพลฟูดส์ จำกัด (มหาชน) ต่อ เป็นเวลานาน 3 วัน จากนั้นนำมาละลายน้ำแข็งและประเมินผลทำการทดลองซ้ำเช่นเดิมกับตัวอย่างที่เหลือทั้ง 3 ส่วน สำหรับ freeze-thaw cycle ที่ 2 – 4