การศึกษากรรมวิธีการผลิตเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

The Study of Instant Pad Thai Powder Processing

เชาวลิต อุปฐาก

Chaowalit Auppathak

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

หัวข้อ การศึกษากรรมวิธีการผลิตเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

ชื่อและนามสกุล เชาวลิต อุปฐาก

ชื่อปริญญา คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา คหกรรมศาสตร์ (บัณฑิตศึกษา)

คณะ เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ เจริญชัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ดวงสุดา เตโชติรส)

.....กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ เจริญชัย)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา คหกรรมศาสตร์ (บัณฑิตศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุษรา สร้อยระย้า)

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษากรรมวิธีการผลิตเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย
ชื่อ-สกุล เชาวลิต อุปฐาก
ชื่อปริญญานิพนธ์ คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ อาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

การศึกษากรรมวิธีการผลิตเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย โดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dry) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อนที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design (CRD) พบว่า ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสม คือ 20 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและขาออกที่เหมาะสมในการพ่นฝอย ได้แก่ 150/90 องศาเซลเซียส โดยเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมี ค่าสีก่อนคืนรูป ค่าสีสว่าง L* 88.32 ค่าสีแดง a* 0.99 ค่าสีเหลือง b* 8.26 ค่าหลังคืนรูป ค่าสีสว่าง L* 30.73 ค่าสีแดง a* 3.08 ค่าสีเหลือง b* 8.25 a_w 0.22 ปริมาณความชื้นของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เท่ากับ 1.24 จากนั้นศึกษาเปรียบเทียบคะแนนความชอบโดยใช้เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย กับน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรต้นแบบ และผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยจากท้องตลาดที่ได้รับการยอมรับโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยใช้เส้นก๋วยเตี๋ยวผัดกับเครื่องปรุงทั้ง 3 ชนิด พบว่าเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย และน้ำผัดไทยสูตรพื้นฐาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับความชอบทุกด้านอยู่ในระดับความชอบปานกลางถึงมาก (7.57) จากนั้นศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยโดยบรรจุลงถุงฟอยล์ แบบสุญญากาศ (Vacumm) 2 ชั้น และเก็บเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ คือ 30 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ และนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างจากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เนื่องจากผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุด โดยมีคะแนนความชอบทางด้าน สีกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด ดังนี้ คือ 7.33 7.30 7.90 7.57 และ 7.40 ตามลำดับ โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และราอยู่ในระดับปลอดภัยในการบริโภคเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

คำสำคัญ : เครื่องปรุงผง การทำแห้งแบบพ่นฝอย ก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

Thesis title The Study of Instant Pad Thai Powder Processing
Author Chaowalit Auppathak
Degree Master of Home Economics
Major program Home Economics (Graduate School)
Academic Year 2009

ABSTRACT

This paper aimed to study the process of making instant Pad Thai powder by Spray Drying method. The appropriate temperature of hot gas and the quantity of Maltodextrin in processing instant Pad Thai powder by Spray Drying method were studied. Factorial in Completely Randomized Design (CRD) was used. The study found that the appropriate quantity of Maltodextrin was 20% and the appropriate temperature for in and out hot gas was 150/90 ºC. The color variation of the finishing instant Pad Thai powder was as follow: Bright colors L* 88.32 Red a* 0.99 Yellow b* 8.26. The color variation after cooking the product was: Bright colors L* 30.73 Red a* 3.08 Yellow b* 8.25. aw 0.22. The moisture of the powder was 1.24. Then, the consumer satisfaction was studied by using 3 types of Pad Thai Noodles; Pad Thai Noodles with Instant pad Thai Powder, Pad Thai Noodles with regular Pad Thai sauce, and Pad Thai Noodles sold in general market. Randomized Complete Block Design, RCBD was used. The study of the consumer satisfaction revealed that there was no difference between pad Thai Noodles made with Instant Pad Thai Powder and Pad Thai Noodles made with regular Pad Thai sauce at the statistical significance ($p>0.05$). The testers rated the overall taste of Pad Thai Noodles at 7.57. Next, the researcher studied the expiration period of Instant Pad Thai Powder by packing the product in double vacuum foil and storage the product at 4 different temperatures 30, 35, 45, and 55 degree Celsius. Then the product was studied to evaluate the physical, chemical, microorganism, and sensory property. The product kept at 55 ºC was the most different of the four storage products at $p \geq 0.05$ with the highest level of consumer satisfaction at color = 7.33, smell = 7.30, taste = 7.90, texture = 7.57 and total = 7.40. The amount of microorganism , yeast, and fungus were at the safe level to comsume.

Key words : InstantPowder Spray Drying Pad Thai Noodle

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ เจริญชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้ความช่วยเหลือทั้งในด้านคำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนการตรวจและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ รองศาสตราจารย์ดวงสุดา เตโชติรส ศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ เจริญชัย ที่กรุณาสละเวลามาเป็นอาจารย์สอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

ขอกราบขอบพระคุณรองอธิการบดีฝ่ายบริหาร ผู้ช่วยศาสตราจารย์วลัย หุตะโกวิท คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุษรา สร้อยระย้า และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้โอกาสได้รับการศึกษาในระดับปริญญาโทในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทุก ๆ ด้าน และขอขอบพระคุณอาจารย์ เกศรินทร์ เพชรรัตน์ อาจารย์แก้วกาญจน์ จันทนยิ่งยง อาจารย์ นพพร สกุลยืนยงสุข และอาจารย์สาขาอาหารและโภชนาการ ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งในด้านคำปรึกษา แนะนำ และทดสอบชิมตัวอย่างต่างๆ ของงานวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้ความสะดวกในการออกเอกสารต่างในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ. สุขเกษม สิทธิพจน์ รองคณบดีฝ่ายพัฒนาทรัพยากร และคุณชวลิต วิทยานารถไพศาล หัวหน้าเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และให้คำแนะนำในการใช้งานเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณพ่อและแม่ น้าสาว ที่คอยอบรม ดูแล เอาใจใส่ และให้การสนับสนุนการศึกษา คอยให้คำปรึกษาให้ความรัก และเป็นกำลังใจให้เสมอมา ขอขอบคุณเพื่อนๆ และพี่ๆ น้องๆ ทุกคนในคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบถาม และเป็นกำลังใจที่ดีให้ในช่วงของการสัมมนา การสอบประมวลความรู้ และการสอบสัมภาษณ์ขั้นสุดท้าย

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

เชาวลิต อุปฐาก

2552

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	vii
สารบัญภาพ	ix
สารบัญแผนภูมิ	x
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตในการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 คำสำคัญ	3
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	4
2.1 ก๋วยเตี๋ยวผัดไทย	4
2.2 ส่วนผสมของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย	5
2.3 การทำแห้ง	23
2.4 ภาชนะบรรจุ	40
2.5 การเสื่อมเสียคุณภาพในระหว่างการเก็บ	45
2.6 การทดสอบอายุการเก็บ (Shelf life testing)	46
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	57
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	61
3.1 วัตถุดิบ	61
3.2 อุปกรณ์สำหรับเตรียมวัตถุดิบ	61
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือด้านการประเมิน	61
3.4 วิธีทำการทดลอง	63

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และอภิปรายผล	68
4.1 ผลการวิเคราะห์ผลข้อมูล	68
4.2 การอภิปรายผล	
บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	97
5.1 สรุปผลการวิจัย	97
5.2 ข้อเสนอแนะ	99
เอกสารอ้างอิง	100
ภาคผนวก	107
ภาคผนวก ก	108
- สูตรพื้นฐานของน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทย	109
-สูตรเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย	110
- แบบประเมินทางประสาทสัมผัส	111
ภาคผนวก ข วิเคราะห์จุลินทรีย์	112
- ตรวจสอบจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธีPour plate AOAC (2000)	113
- ตรวจสอบยีสต์ และรา โดยใช้วิธีวิเคราะห์จำนวนยีสต์ และราในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA AOAC (2000)	114
ภาคผนวก ค	116
วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด	117
ภาคผนวก ง	118
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำยาขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป	119
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	125

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงปริมาณมะขามส่วนที่รับประทานได้ ขนาด 100 กรัม	6
2.2	แสดงค่า a_w ของสารละลายเกลือ	12
2.3	แสดงสภาวะการเก็บที่แนะนำไว้สำหรับการทดสอบASLT	55
2.4	แสดงสภาวะต่าง ๆที่ใช้ในการทดสอบแป้งในสภาวะเร่ง	55
3.1	แสดงปริมาณวัตถุดิบน้ำผัดไทยสูตรพื้นฐาน	64
3.2	แสดงระยะเวลาและขั้นตอนในการทำวิจัย	66
4.1	ผลการศึกษาอุณหภูมิและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย	69
4.2	ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบคุณลักษณะด้านต่างๆ ของก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ผัดโดยใช้เครื่องปรุง 3 ชนิด	72
4.3	ผลการศึกษาปัจจัยคุณภาพทางเคมี ด้านปริมาณความชื้น(%) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	73
4.4	ผลการศึกษาปัจจัยคุณภาพทางเคมี ด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(^{o} Brix) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	74
4.5	ผลการศึกษาปัจจัยคุณภาพทางกายภาพ ด้านสีของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูปที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	75
4.6	ผลการศึกษาปัจจัยคุณภาพทางกายภาพ ด้านสีของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูปที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	78
4.7	ผลการศึกษาปัจจัยคุณภาพทางกายภาพ ด้านปริมาณน้ำอิสระ(a_w) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.8 แสดงปริมาณยีสต์และรา 82

4.9 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 83

4.10 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยเมื่อผ่านการศึกษาอายุการเก็บ เริ่มต้น 84

4.11 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยเมื่อผ่านการศึกษาอายุการเก็บ 2 สัปดาห์ 86

4.12 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยเมื่อผ่านการศึกษาอายุการเก็บ 4 สัปดาห์ 88

4.13 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยเมื่อผ่านการศึกษาอายุการเก็บ 6 สัปดาห์ 90

4.14 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยเมื่อผ่านการศึกษาอายุการเก็บ 8 สัปดาห์ 92

4.15 ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยเมื่อผ่านการศึกษาอายุการเก็บ 12 สัปดาห์ 95

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงโครงสร้างของน้ำ	20
2.2	แสดงสภาวะทางกายภาพของ Amorphous glass ไปเป็นสภาวะการเกิดผลึก จนกระทั่งเป็นสภาวะที่เกิดความเหนียว(T = อุณหภูมิ, t = เวลา)	23
2.3	แสดงเครื่องทำแห้งแบบตู้	29
2.4	แสดงเครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์แบบอากาศร้อนไหลสวนทางกับอาหาร	30
2.5	แสดงเครื่องทำแห้งแบบสายพานลักษณะผสมระหว่างแบบอากาศร้อนสวนทางกับอาหารและแบบอากาศร้อนไหลทางเดียวกับอาหาร	31
2.6	แสดงเครื่องทำแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด	32
2.7	แสดงเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย	33
2.8	แสดงเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง	34
2.9	แสดงเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศแบบชั้น	35
2.10	แสดงเครื่องทำแห้งแบบแช่เข็ง	36
2.11	แสดงขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างในโปรแกรมการหาอายุการเก็บรักษา	47

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
3.1	แสดงกรรมวิธีการเตรียมน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทย	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

อาหารไทยถือเป็นเอกลักษณ์ของชนชาติไทย และเป็นที่ยอมรับคนทั่วโลก บ่งบอกถึงภูมิปัญญาที่ถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษที่สั่งสมมาอย่างยาวนาน โดยในการปรุงอาหารจะรักษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารให้มากที่สุด และในการเตรียมอาหารจะเน้นความกลมกลืนของรสชาติและกลิ่นหอมชวนรับประทาน ความพิถีพิถันในการเลือกสรรเครื่องปรุงที่ใช้ในอาหาร มีความน่าดูมีกลิ่นและรสเป็นเลิศ โดยรัฐบาลส่งเสริมการส่งออกอาหารไทย การเปิดร้านอาหารไทยในต่างประเทศ และส่งออกวัตถุดิบของไทยเป็นสินค้าออก อาหารไทยหลายชนิดเป็นที่นิยมของคนทั่วโลก เช่น แกงเขียวหวาน ต้มยำกุ้ง แกงเผ็ดเป็ดย่างก๋วยเตี๋ยวผัดไทยเป็นต้น โดยก๋วยเตี๋ยวผัดไทยจัดเป็นอาหารจานเดียวประเภทก๋วยเตี๋ยวผัดมีรสชาติถูกปากคนไทย จนปัจจุบันถือเป็นอาหารประจำชาติที่ชาวต่างชาติรู้จักกันอย่างแพร่หลาย จากผลการสำรวจรายการอาหารไทยที่ชาวต่างชาติทั่วโลกนิยมมากที่สุดในปี พศ. 2542 ของสำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ (วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2546)

ก๋วยเตี๋ยวผัดไทย มีรสชาติที่โดดเด่นเป็นเอกลักษณ์แตกต่าง จากอาหารประเภทเส้นของชาติอื่นๆ เนื่องจากก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมีรสชาติกลมกล่อม โดยส่วนประกอบสำคัญได้แก่ เส้นก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เต้าหู้แข็ง หัวไชโป๊ หอมแดง กุ้งแห้ง ไข่ไก่ และเครื่องปรุงรสประกอบไปด้วย น้ำมะขาม น้ำปลา น้ำตาลมะพร้าว น้ำส้มสายชู เกลือ วิธีการทำก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ทำโดยนำเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย มาละลายผสมกันตามส่วนผสมเป็นน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทย จากนั้นนำน้ำมันมาผัดกับหอมแดงให้หอมแล้วใส่หัวไชโป๊ ใส่เส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กผัด เติมน้ำผัดให้อ่อนนุ่ม แล้วจึงใส่น้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยผัดให้เข้ากันเติมเต้าหู้แข็งกุ้งแห้ง ไข่ และถั่วงอก จึงจะได้ก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ซึ่งในต่างประเทศไม่สะดวกในการหาวัตถุดิบที่สดสะอาด และส่วนผสมที่เหมาะสม

ผู้ทำวิจัยมีความสนใจศึกษากรรมวิธีการผลิตเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยให้อยู่ในลักษณะผงกึ่งสำเร็จรูป สะดวกในการใช้งานของคนทั่วไปรวมทั้งร้านอาหารไทยในต่างประเทศ โดยเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยบรรจุในซองฟอยล์ที่สะดวกในการขนส่ง มีอายุเก็บรักษานานขึ้น และพร้อมสำหรับการใช้งานสำหรับ 1 หน่วยบริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและอุณหภูมิลมร้อนที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย
2. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย
3. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

1.3 ขอบเขตในการศึกษา

ปัจจัยที่ศึกษาในการทดลองนี้คือ ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน ที่เติมในน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยก่อนการทำแห้ง และอุณหภูมิลมร้อนเข้าที่ใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอย

- ศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 3 ระดับ คือ 15 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นน้ำตาลทรายสีธรรมชาติ)
- ศึกษาภาวะอุณหภูมิลมร้อนเข้า 2 ระดับ คือ อุณหภูมิลมร้อนเมื่อเริ่มต้น130 ±10 องศาเซลเซียส , อุณหภูมิลมร้อนเมื่อสิ้นสุด 80 ± 5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมร้อนเมื่อเริ่มต้น 150 ± 10 องศาเซลเซียส , อุณหภูมิลมร้อนเมื่อสิ้นสุด 90 ± 5 องศาเซลเซียส
- ศึกษาอายุการเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยภายใต้สภาวะเร่ง เพื่อติดตามความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่อคุณภาพของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

1.4 ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ใช้งานได้สะดวกและง่ายมากขึ้น
2. เป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค
3. เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก
4. ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและน้ำหนักเบาสะดวกต่อการขนส่ง
5. เพื่อปรับปรุงเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ด้านรสชาติให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น

1.5 คำสำคัญ :

เครื่องปรุงผง การทำแห้งแบบพ่นฝอย ก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

ก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เป็นอาหารจานเดียวประเภทเส้นก๋วยเตี๋ยว คาดว่าได้รับอิทธิพรมาจากประเทศจีน ต่อมาได้มีการเปลี่ยนแปลงเครื่องปรุงต่าง ๆ ให้มีรสชาติถูกปากคนไทย จนปัจจุบันถือเป็นอาหารประจำชาติที่ชาวต่างชาติรู้จักอย่างแพร่หลายจากผลการสำรวจรายการอาหารไทยที่ชาวต่างชาติทั่วโลกนิยมมากที่สุดในปี พ.ศ. 2542 ของสำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ (วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2546) เนื่องจากก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมีรสชาติกลมกล่อมโดยส่วนประกอบสำคัญได้แก่ เส้นก๋วยเตี๋ยวผัดไทย(ใช้ได้ทั้งเส้นเล็กหรือเส้นจันท์ ซึ่งเส้นจันท์จะมีความเหนียวนุ่มกว่า) เต้าหู้แข็ง หัวไชโป๊ หอมแดง กุ้งแห้ง ไข่ไก่ และเครื่องปรุงรสประกอบไปด้วย น้ำมะขาม น้ำปลา น้ำตาลมะพร้าว น้ำส้มสายชู เกลือ รสชาติของก๋วยเตี๋ยวผัดไทยจะมีครบทุกรสคือ เปรี้ยว หวาน มัน เค็ม โดยเป็นรสมันจากถั่วลิสง รสเปรี้ยวจากน้ำมะขามเปียก และหวานจากน้ำตาลมะพร้าว รับประทานร่วมกับผักสด เช่น หัวปลี ถั่วงอกดิบ ต้นกุยช่าย ใบบัวบก และปรุงรสเพิ่มได้ด้วยมะนาว น้ำตาลทราย และถั่วลิสงป่น

เครื่องปรุงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยในอดีตแทบจะไม่ใส่เนื้อสัตว์เลย ยกเว้นกุ้งแห้งตัวเล็กๆ แต่ในปัจจุบันได้มีการดัดแปลงใส่กุ้งสด ซึ่งนอกจากจะดัดแปลงโดยเพิ่มเนื้อสัตว์ลงในก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแล้ว ยังมีการใช้วุ้นเส้นแทนเส้นก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เรียกว่าวุ้นเส้นผัดไทยเป็นต้น (วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2546)

2.2 เครื่องปรุงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

เครื่องปรุงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมีส่วนผสมที่ใช้ผัดให้รสชาติหลายชนิดดังนี้

2.2.1 มะขาม (Tamarind)

2.2.1.1 ลักษณะทั่วไปมะขาม ชื่อวิทยาศาสตร์ Tamarindus indica Linn. ชื่อวงศ์ Leguminous เป็นไม้เขตร้อน มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกาแถบประเทศซูดาน ต่อมามีการนำเข้ามาในประเทศแถบเขตร้อนของเอเชีย และประเทศแถบละตินอเมริกา และ ในปัจจุบันมีมากในเม็กซิโก มะขามเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่แตกกิ่งก้านสาขามาก เปลือกต้นขรุขระและหนาสีน้ำตาลอ่อน ใบ เป็นใบประกอบ ใบเล็กออกตามกิ่งก้านใบเป็นคู่ ใบย่อยเป็นรูปขอบขนานปลายใบและโคนใบมน ดอกออกเป็นช่อเล็ก ๆ ตามปลายกิ่งหนึ่งช่อมี10-15 ดอก ดอกย่อยขนาดเล็ก กลีบดอกสีเหลือง และมีจุดประสีแดงอยู่กลางดอก ผลเป็นฝักยาวรูปร่างยาวหรือโค้ง ยาว3-20 ซม. ฝักอ่อนมีเปลือกสีเขียวอมเทา สีน้ำตาลเกรียม เนื้อในติดกับเปลือก เมื่อแก่ฝักเปลี่ยนเป็นเปลือกแข็งกรอบหักง่าย สีน้ำตาลเนื้อในกลายเป็นสีน้ำตาลหุ้มเมล็ด เนื้อมีรสเปรี้ยว และหวานการปลูกมะขามขึ้นได้กับดินทุกชนิดเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนในดินเหนียวทนแล้งได้ดีเหมาะที่จะปลูกในฤดูฝน ใช้กิ่งพันธุ์ปลูกโดยการขุดหลุมและใส่ปุ๋ยที่ก้นหลุมก่อนดูแลรักษาเหมือนกับพืชโดยทั่วไป นิยมขยายพันธุ์โดยการทาบกิ่ง ติดตาหรือต่อกิ่ง เพราะได้ผลเร็วและไม่ทำให้กลายพันธุ์

2.2.1.2 ลักษณะเฉพาะมะขามเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่แตกกิ่งก้านสาขามากไม่มีหนาม เปลือกต้นขรุขระและหนา สีน้ำตาลอ่อน ใบ เป็นใบประกอบ ใบเล็กออกตามกิ่งก้านใบเป็นคู่ ใบย่อยเป็นรูปขอบขนาน ปลายใบและโคนใบมน ประกอบด้วย ใบย่อย 10–15 คู่ แต่ละใบย่อยมีขนาดเล็ก กว้าง2–5 มิลลิเมตร ยาว 1–2 ซม. ออกรวมกันเป็นช่อยาว 2–16 ซม. ดอกออกตามปลายกิ่ง ฝักอ่อนมีเปลือกสีเขียวอมเทา สีน้ำตาลเกรียม เนื้อในติดกับเปลือก เนื้อมีรสเปรี้ยว และหรือหวาน ซึ่งฝักหนึ่ง ๆ จะมีหุ้มเมล็ด3–12 เมล็ด เมล็ดแก่จะแบนเป็นมันและมีสีน้ำตาล ใบของมะขามเป็นใบประกอบแบบขนนก(Pinnately Compound Leaves) ใบย่อยแต่ละใบแยกออกจากก้าน 2 ข้างของแกนกลางคล้ายขนนก ถ้าปลายสุดของใบจะเป็นใบย่อยเพียงใบเดียวเรียก แบบขนนกคี่ (Odd Pinnate) เช่น กุหลาบ อัญชัน ก้ามปู ถ้าสุดปลายใบมี 2 ใบ เรียกแบบขนนกคู่ (Even Pinnate) เช่น มะขาม

2.2.1.3 สรรพคุณทางยา เป็นยาระบาย แก้อาการท้องผูก ใช้มะขามเปียกรสเปรี้ยว 10–20 ฝัก (หนัก 70–150 กรัม) จิ้มเกลือรับประทาน แล้วดื่มน้ำตามมากๆหรือต้มน้ำใส่เกลือเล็กน้อย ดื่มเป็นน้ำมะขามขับพยาธิไส้เดือน นำเอาเมล็ดแก่มาคั่ว แล้วกะเทาะเปลือกออกเอาเนื้อในเมล็ดไปแช่น้ำเกลือจนนุ่ม รับประทานครั้งละ20-30 เมล็ด ขับเสมหะ ใช้เนื้อในฝักแก่หรือมะขามเปียกจิ้มเกลือรับประทานพอสมควร

2.2.1.4 คุณค่าทางโภชนาการ ยอดอ่อน และฝักอ่อนมีวิตามินเอ มาก มะขามเปียกรสเปรี้ยว ทำให้ชุ่มคอ ลดความร้อนของร่างกายได้ดี เนื้อในฝักมะขามที่แก่จัด เรียกว่า มะขามเปียก ประกอบด้วยกรดอินทรีย์หลายตัว เช่น กรดทาร์ทาร์ริค กรดซิตริค เป็นต้น ทำให้ออกฤทธิ์ระบาย และลดความร้อนของร่างกายลงได้ แพทย์ไทยเชื่อว่า รสเปรี้ยวนี้จะกัดเสมหะให้ละลายได้ด้วย (กระยาทิพย์, 2537)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของมะขามส่วนที่รับประทานได้ น้ำหนัก100 กรัม

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงาน	233 แคลอรี่
คาร์โบไฮเดรต	61.4 กรัม
โปรตีน	2.0 กรัม
ไขมัน	0.6 กรัม
เส้นใย	0.6 กรัม
เหล็ก	1.2 มิลลิกรัม
แคลเซียม	20 มิลลิกรัม
วิตามินเอ	50 มิลลิกรัม
วิตามินบี หนึ่ง	0. 10 มิลลิกรัม
วิตามินบีสอง	0.04 มิลลิกรัม
วิตามินซี	40 มิลลิกรัม
ไนอาซิน	1.0 มิลลิกรัม

ที่มา : กระยาทิพย์, 2537

2.2.2 น้ำตาล(Sugar)

น้ำตาลโดยทั่วไป หมายถึง สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน และให้พลังงานแก่ร่างกาย ในทางเคมีเราสามารถแบ่งน้ำตาลออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ น้ำตาลชั้นเดียว (Monosaccharide) น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส เป็นต้น และน้ำตาลหลายชั้น(Oligosaccharide) ที่รู้จักกันดีคือน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครส(Sucrose) ซึ่งมีสูตรเคมี $C_{12}H_{22}O_{11}$ และจัดเป็นน้ำตาล 2 ชั้น เพราะประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสกับน้ำตาลฟรุกโตส

2.2.2.1 การทำน้ำตาลมะพร้าว หรือที่เรียกว่า น้ำตาลปี๊บ จะใช้น้ำหวานจากจั่นมะพร้าวเป็นวัตถุดิบ มะพร้าวที่นิยมนำมาทำน้ำตาลมะพร้าว คือ พันธุ์หมูสีกลายซึ่งเป็นมะพร้าวที่ต้นไม่สูงมากนักสะดวกต่อการเก็บ นอกจากนี้ยังมีจั่นใหญ่ให้น้ำตาลสดปริมาณมาก และความหวานสูง น้ำตาลมะพร้าวมีการทำมากในภาคกลาง จังหวัดที่มีการทำน้ำตาลมะพร้าวมาก คือ จังหวัดสมุทรสงครามโดยเฉพาะอำเภออัมพวา และจังหวัดสมุทรสาคร โดยเฉพาะอำเภอบ้านแพ้ว

น้ำตาลมะพร้าวที่มีคุณภาพดี คือ มีสีนวลโดยไม่ใช้สารฟอกสี เนื้อละเอียด กลิ่นหอม ปริมาณความชื้นร้อยละ 7-8 ไม่เยิ้มเหลวปริมาณน้ำตาลซูโครสมีสูงกว่าร้อยละ 70 ในขณะที่น้ำตาลอินเวิร์ตมีต่ำกว่าร้อยละ 6-7

น้ำตาลอินเวิร์ต คือ กลูโคสและฟรุคโตส จะดูดความชื้นได้ดี ทำให้น้ำตาลมะพร้าวมีลักษณะเหลวเยิ้ม และขัดขวางการตกผลึกของซูโครส ซึ่งน้ำตาลอินเวิร์ตจะเกิดจากการสลายตัวของน้ำตาลซูโครสโดยความร้อนขณะเดี่ยว เนื่องจากในน้ำตาลสดมีความเป็นกรด จึงทำให้น้ำตาลซูโครสสลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน ส่วนการใช้ปูนขาวเพื่อลดการเกิดน้ำตาลอินเวิร์ตในขณะเดี่ยวจะไม่นิยมเพราะว่าจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องสีและกลิ่นรส(อบเชย และ ขนิษฐา, 2544)

2.2.2.2 คุณสมบัติของน้ำตาลทราย น้ำตาลเป็นสารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการ รสหวานของน้ำตาลทรายเป็นรสหวานธรรมชาติที่ปราศจากรสอื่นเจือปน โดยเปรียบเทียบกับความหวานของกลูโคสถือว่าเท่ากับ 100 ฟรุกโตส เป็นน้ำตาลที่หวานที่สุดและมีความหวานกว่าซูโครส น้ำตาลที่หวานรองลงมาจากซูโครส คือ กลูโคส มอลโทส และแลคโตส วัตถุประสงค์หลักของการใส่น้ำตาลในอาหารคือการให้ความหวานโดยทั่วไปนิยมซูโครสหรือน้ำตาลทราย เพราะให้ความหวานสูง และมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลอื่น ๆ

2.2.2.3 การละลายน้ำตาลทั่วไปมักจะละลายน้ำได้ดี ตามปกติจะละลายได้ร้อยละ 30-80 ปริมาณที่ละลายได้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ การละลายได้จะสูงตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ความสามารถในการละลายน้ำของน้ำตาลแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ฟรุกโตสเป็นน้ำตาลที่ละลายได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ซูโครส

2.2.2.4 การเกิดสีน้ำตาลในอาหาร

- การเกิดสารสีน้ำตาลในอาหาร การเกิดสีน้ำตาลอาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเคี่ยวไหม้ สารน้ำตาลเคี่ยวไหม้ถูกนำมาใช้ในการแต่งสีซีอิ๊วดำ ซีอิ๊วหวาน แต่งสีน้ำอัดลมประเภทโคล่า

- ปฏิกิริยาเมลลาร์ด มักจะเกิดขึ้นในอาหารแห้งหรือเข้มข้นมีปริมาณน้ำน้อย กรดอะมิโนเมื่อเข้าไปรวมกับกลุ่มคาร์บอนนิลของน้ำตาลในปฏิกิริยา เมลลาร์ดเกิดเป็นสารสีแล้วร่างกายนำมาใช้ไม่ได้

- การดูดและการเก็บรักษาความชื้นโดยน้ำตาล การดูดความชื้น ฟรุกโตสเป็นน้ำตาลที่ดูดความชื้นได้ดีมาก รองลงมา เด็กซ์โตส ซูโครส มอลโตส และแลคโตส คุณสมบัติด้านนี้ของน้ำตาลมีส่วนช่วยให้อาหารที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบนุ่มและชื้น

- การเก็บรักษาความชื้น คุณสมบัติอันนี้เป็นประโยชน์ต่อการที่จะช่วยให้ขนมอบ เช่น ขนมปัง เค้ก เก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่แห้งหรือแข็ง เสียลักษณะที่ต้องการเร็วเกินไป (อบเชย และ ขนิษฐา, 2544)

- กิริยาการต่อต้านจุลินทรีย์ เกิดจากน้ำตาลซูโคสไปลดค่าwater activity (a_w) ในระบบ การถนอมอาหารอาจทำได้โดยการแช่ในสารละลายน้ำตาล หรืออาจเติมน้ำตาลโดยตรงก็ได้ ค่า a_w ที่ลดลงขึ้นอยู่กับปริมาณที่มีอยู่(ไพบูลย์, 2532)

2.1.2.4 คุณค่าทางโภชนาการ น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงาน เนื่องจากน้ำตาลทรายขาวมีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 99.5 จึงสามารถคำนวณพลังงานของน้ำตาลทรายได้ โดยคิดว่าน้ำตาลทราย 1 กรัมให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ นอกเหนือจากพลังงานแล้วน้ำตาลทรายขาวไม่ให้สารอาหารอื่นเลย (อบเชย และ ขนิษฐา, 2544)

2.2.3 เกลือ (Salt)

เกลือเป็นเครื่องปรุงรสเค็มที่รู้จักกันมานาน เราใช้เกลือในการปรุงอาหารและถนอมอาหาร เกลือที่ใช้ปรุงอาหารมีสูตรทางเคมีคือ โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride =NaCl)เกลือที่บริสุทธิ์จะมีลักษณะสีขาวเป็นผลึกเป็นแบบลูกบาศก์ เกลือมีคุณสมบัติในการดูดความชื้น เกลือที่ใช้บริโภคในบ้านเรามาจาก2 แหล่ง คือ

- เกลือสมุทร (Solar salt) ได้จากการทำนาเกลือโดยปล่อยน้ำทะเลเข้ามาในนาแล้วกักไว้ ปล่อยให้แสงแดดเป็นตัวการระเหยน้ำออกไป จนความเข้มข้นได้ระดับเกลือก็จะตกผลึกลงมา เกลือที่ได้นี้เรียกว่า เกลือสมุทร

- เกลือสินเธาว์ (Rock salt) เป็นเกลือที่ผลิตได้จากน้ำเกลือใต้ดินจากบ่อบาดาล หรือจากเกลือหินซึ่งเป็นเกลือที่อยู่ใต้ดินเกิดเป็นชั้นแทรกอยู่ในหินดินดาน น้ำเกลือที่ได้จากบ่อบาดาลสูบขึ้นมาต้มด้วยเชื้อเพลิง หรือตากด้วยแสงแดด ทำในรูปของนาเกลือ ส่วนเกลือหินนั้นใช้น้ำฉีดลงไปละลายเกลือใต้ดิน แล้วสูบขึ้นมาตากแห้งในนาเกลือ หรืออาจใช้วิธีเจาะลงไปถึงชั้นเกลือแล้วทำอุโมงค์ตักเกลือขึ้นมา

เกลือที่ใช้จากข้างต้นยังเป็นเกลือดิบ (Crude salt) คือในผลึกของเกลือยังมีสิ่งเจือปนพวกสารอินทรีย์ อนินทรีย์ในทะเล แพลงตอน ก๊าซและจุลินทรีย์ต่าง ๆ ฉะนั้นก่อนที่จะนำเกลือมาใช้บริโภคควรทำให้บริสุทธิ์เสียก่อน โดยนำเกลือที่ได้จากกรรมวิธีข้างต้นมาละลายกับน้ำสะอาดใหม่ แล้วใช้สารเคมีเพื่อตกตะตอน หรือแยกอนุมูลของสิ่งเจือปนออกเสียก่อน หลังจากนั้นจึงตกผลึกเกลือใหม่อีกครั้ง โดยใช้ความร้อน

เกลือที่ใช้บริโภค (Edible common salt) หมายถึง ผลึกของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ที่สะอาด และไม่มีสิ่งแปลกปลอมที่เป็นอันตรายแก่ผู้บริโภค แบ่งเป็น 4 ชนิด

- เกลือปรุงอาหาร หมายถึง เกลือบริโภคที่เป็นผลึกละเอียด ซึ่งทำให้บริสุทธิ์ขึ้น

- เกลือโต๊ะ หมายถึง เกลือบริโภคที่เป็นผลึก ไม่จับกันเป็นก้อน สามารถทำให้ผลึกแยกออกจากกันได้ง่าย

- เกลืออัดเม็ด หมายถึง เกลือบริโภคที่อัดเป็นเม็ดแล้ว

- เกลืออุตสาหกรรมอาหาร หมายถึง เกลือบริโภคที่ใช้ในการประกอบอาหารและอุตสาหกรรมอาหารทั่วไป

เกลือใช้เป็นเครื่องปรุงรสทั้งในอาหารคาวและอาหารหวาน รวมถึงใช้ในการถนอมอาหาร เกลือในสภาพน้ำยาจะแตกตัวให้อิออนบวก (ซึ่งเป็นโลหะอิออน) และอิออนลบ (ซึ่งเป็นโลหะอิออนหรืออนุมูลกรด) การแตกตัวตัวนี้ เรียก อิออนไนเซชั่น(ionization)

$$NaCl \longrightarrow Na^{+} + Cl^{-}$$

ที่มา : วิจิตร, 2533

เกลือเป็นสารประกอบไอออนิก (Ionic Compound) ประกอบด้วยแคตไอออน (Cation : ไอออนที่มีประจุบวก) และแอนไอออน (Anion : ไอออนที่มีประจุลบ) ทำให้ผลผลิตที่ได้เป็นกลาง (ประจุสิทธิเป็นศูนย์)

- เกลือเป็นสารประกอบ สถานะปกติเป็นของแข็ง ไม่นำไฟฟ้าเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพราะเมื่อละลายน้ำบริสุทธิ์ทำให้น้ำบริสุทธิ์นั้นนำไฟฟ้าได้

เกลือที่เรารู้จักโดยทั่วไปคือเกลือแกง มีสภาพเป็นกลาง มีรสเค็ม ใช้ในการปรุงรส เกลือแกงมีคุณสมบัติในการดูดน้ำออกจากเนื้อสัตว์ ผัก ทำให้อาหารเสื่อมเสียช้าลง เป็นเกลือมีบทบาทต่อความเค็มของ มหาสมุทร และ ของเหลวภายนอกเซลล์ของสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ มีเกลือเป็นประกอบหลัก ในเกลือที่กินได้ ถูกใช้อย่างกว้างขวางในการเป็นเครื่องปรุงรส และใช้ในการถนอมอาหาร โครงสร้างผลึกของโซเดียม คลอไรด์ แต่ละอะตอมมี 6 อะตอมที่อยู่ใกล้สุด โดยการจัดเรียงแบบเรขาคณิตแบบออกต้าฮีดรัล การจัดเรียงกันแบบนี้เรียกว่า คิวบิก โคลสแพคท์ (ccp-cubic close packed) สีน้ำเงินอ่อน= Na^{+} สีเขียวเข้ม = Cl^{-} โซเดียมคลอไรด์ จะเกิดผลึก แบบคิวบิกสมมาตรในโครงสร้างเหล่านี้ ไอออน คลอไรด์ซึ่งมีขนาดใหญ่จะถูกจัดเรียงในคิวบิกโคลส-แพคกิ่ง ในขณะที่โซเดียมไอออนซึ่งมีขนาดเล็กกว่าจะถูกบรรจุในช่องว่างออกต้าฮีดรัลระหว่างพวกมัน แต่ละไอออนจะถูกแวดล้วมด้วยไอออนชนิดอื่น 6 ตัว เป็นโครงสร้างพื้นฐานเดียวกันกับที่พบในแร่อื่นหลายชนิดและรู้จักกันในชื่อ โครงสร้าง ไฮย์ไลต์

2.2.3.1 ความสำคัญทางชีววิทยา โซเดียมคลอไรด์มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกในเนื้อเยื่อชีวภาพ และของเหลวในร่างกาย จะมีเกลือในปริมาณที่แตกต่างกัน ความเข้มข้นของโซเดียม ไอออนใน เลือด เป็นความสัมพันธ์โดยตรงต่อการควบคุมระดับที่ปลอดภัยของของเหลวในร่างกาย การแพร่กระจายของการกระตุ้นประสาทโดยซิกนัล ทรานสดักชัน (signal transduction) ถูกควบคุมโดยโซเดียมไอออน (โพแทสเซียมเป็นโลหะ ที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับโซเดียมซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในระบบร่างกายเช่นกัน) 0.9% โซเดียมคลอไรด์ในน้ำถูกเรียกว่าสารละลายทางสรีรวิทยา (physiological solution) หรือ นอร์มัล ซาไลน์ (normal saline) เพราะมันเป็นความเข้มข้นเดียว (isotonic) กับพลาสมาในเลือด นอร์มัล ซาไลน์ ใช้ในทางการแพทย์เพื่อทดแทนการสูญเสียของเหลวจากร่างกายและการรักษาแบบนี้ว่า การให้ของเหลวทดแทน (fluid replacement) ซึ่งใช้แพร่หลายทางการแพทย์ เพื่อป้องกันการขาดน้ำ(dehydration) หรือ

อินทราวีนัส เทอราปี (intravenous therapy) เพื่อป้องกันการช็อคจากปริมาตรเลือดต่ำสาเหตุจากการ สูญเสียเลือดมนุษย์ไม่เหมือนสัตว์ ด้วยกันที่สามารถกำจัดเกลือจำนวนมากได้ทางเหงื่อ (sweating)

2.2.3.2 ผลของเกลือที่มีต่อจุลินทรีย์ จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการ พบว่าเกลือที่เข้มข้นต่ำจะมีผลกระตุ้นทางจุลินทรีย์ ในขณะความเข้มข้นสูง เกลือจะยับยั้งจุลินทรีย์ ช่วงความเข้มข้นดังกล่าวจะแตกต่างกันสำหรับ จุลินทรีย์แต่ละชนิด เช่น เชื้อ*Pseudomonas..sp* ไม่สามารถเจริญได้ที่น้ำเกลือเข้มข้นกว่า5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ Micrococcus จะสามารถเจริญได้ ผลของเกลือมีลักษณะเหมือนกับผลของกระบอบแห้ง คือ เกลือจะทำให้ค่า water activity (a_w) ของระบบลดลง ดังนั้นจึงทำให้สภาวะไม่เหมาะสมต่อการเจริญ แต่เนื่องจากค่าa_w ของสารละลายอิ่มตัว จะมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.75 และในขณะที่มีจุลินทรีย์จำนวนหนึ่งที่สามารถเจริญได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่านี้ ฉะนั้นจึงไม่เป็นที่แน่ใจว่าอาหารที่มีเกลืออยู่จะไม่ติดเชื้อจุลินทรีย์อีกถ้าใช้เกลือเพียงอย่างเดียว ค่า a_w ของสารละลายเกลือแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 a_w ของสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

ค่า a_w	ปริมาณเกลือในสารละลาย ของน้ำหนักเกลือต่อน้ำ 100 กรัม
0.995	0.88
0.99	1.75
0.98	3.57
0.96	7.01
0.95	8.82
0.94	10.34
0.92	13.50
0.90	16.54
0.88	19.40
0.86	22.21
0.85	32.55
0.84	24.19
0.82	27.29
0.80	30.10
0.78	32.55
0.76	35.06
0.75	36.06

ที่มา : ไพบูลย์, 2532

ประสิทธิผลเป็นสารกันบูดของเกลือ ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ทั้งภายในและภายนอก เช่น ประสิทธิผลการทำลายของเกลือจะลดลงที่อุณหภูมิต่ำ แต่เมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ปริมาณของเกลือที่ต้องการใช้เพื่อป้องกันการเจริญของแบคทีเรีย และยีสต์แต่ละชนิดจะลดลง (ไพบูลย์, 2532)

2.2.3.3 เกลือในผลิตภัณฑ์อาหาร เกลือช่วยในเรื่องรสชาติของแป้งพองฟู (puff paste) และจะเป็นผลให้กลูเต็นในโดมีลักษณะเหนียว ปริมาณเกลือที่จะใช้ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของแป้ง ถ้าแป้งเป็นชนิดแข็งแรงมากจะต้องใช้เกลือประมาณ 1 ต่อแป้ง 5 ส่วน ถ้าแป้งเป็นชนิดไม่แข็งแรงมากหรือถ้าใช้แป้งเค้กผสมลงไปด้วยจะต้องใช้เกลือประมาณ 1½ ต่อแป้ง 5 ส่วน (ศิริลักษณ์, 2548)

2.2.4 น้ำปลา (Fish sauce) ออนไลน์เข้าถึง www.Pichaifishsauce.com/oldweb/thai/fishsauce.htmi

น้ำปลาคือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวมีรสเค็ม ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรสของอาหาร เป็นผลิตผลที่ได้จากการหมักปลากับเกลือซึ่งเป็นกรรมวิธีการแปรรูป ที่เป็นที่รู้จักกันทั่วไปในเอเชีย อาคเนย์ โดยเฉพาะประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศที่ทำน้ำปลามากที่สุด น้ำปลา เป็นเครื่องปรุงรสชาติอาหารที่คนไทยชื่นชอบ และนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทุกครัวเรือน จังหวัดชลบุรีนับว่าเป็นแหล่งผลิตน้ำปลารายแรกในประเทศไทยและเป็นของท้องถิ่นที่มีชื่อเสียงตราบจนทุกวันนี้ผู้ริเริ่มคิดค้น คือ นายไล่เจี้ยง แซ่กั๋ง โดยเริ่มทดลองผลิตน้ำปลาครั้งแรกในปี พศ. 2456 โดยการนำปลาชนิดต่าง ๆ มาหมักกับเกลือในโอ่งดิน เพื่อเปรียบเทียบรสชาติ จนพบว่าน้ำปลาที่ได้จากปลากะตักมีรสชาติหอมอร่อยที่สุด จึงผลิตน้ำปลาจากปลากะตักออกจำหน่าย ซึ่งในขณะนั้นคนไทยนิยมใช้เกลือในการปรุงรสชาติอาหาร ต่อมาน้ำปลาได้เข้ามามีบทบาทในการปรุงรสอาหารของชาวบ้านทั่วไปทุกครัวเรือนโดยเผยแพร่จากจังหวัดชลบุรี และจังหวัดอื่น ๆ ในภาคตะวันออกซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศแถบชายฝั่งทะเลเหมาะแก่การหาวัตถุดิบในการทำน้ำปลาปัจจุบันการประกอบอาหารต่าง ๆ นิยมใช้น้ำปลากันอย่างแพร่หลายเพราะให้รสชาติหอมอร่อยกว่าเกลือ จากจุดเริ่มต้นที่ใช้กรรมวิธีการผลิตแบบง่าย ๆ ด้วยเครื่องไม้ เครื่องมือ เท่าที่พอจะหาได้ในสมัยนั้น ได้มีการพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆจนถึงปัจจุบัน เป็นระบบการผลิตแบบอุตสาหกรรมที่เพียบพร้อมด้วยเทคโนโลยีทันสมัยใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ มีการตรวจสอบมาตรฐานคุณภาพ และปริมาณโปรตีนอย่างละเอียด เป็นเครื่องปรุงรสชาติอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ น้ำปลาจัดเป็นซอสปรุงรสที่นิยมบริโภคกันมากที่สุดของคนไทย และนับเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศในด้านการก่อให้เกิดการสร้างงานโดยเฉพาะในภาคการผลิตทางเกษตรกรรมพื้นฐานและการส่งออกนำมาซึ่งเงินตราต่างประเทศปีละกว่าห้าร้อยล้านบาทการผลิตน้ำปลาของไทย เป็นการประกอบกิจการในครอบครัว โดยคนไทยเป็นเจ้าของ 100% มีแหล่งที่ตั้งส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดชายฝั่งทะเล จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าปัจจุบันมีประกอบการอุตสาหกรรมน้ำปลาในไทยมีทั้งสิ้น174 โรงงาน โดย

กว่าร้อยละ 95 ของการผลิตน้ำปลาในแต่ละปีเป็นการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการภายในประเทศทั้งการบริโภคในครัวเรือนและธุรกิจภัตตาคาร ร้านอาหาร

การเลือกปลาที่ใช้ในการหมักบ่มน้ำปลานั้นนิยมใช้ปลากะตัก ซึ่งเป็นปลาทะเลขนาดเล็ก มีลำตัวยาว เนื้อใสมองเห็นส่วนท้องมีสีขาวชัดเจน มักอยู่รวมตัวกันเป็นกลุ่มใหญ่ในทะเลเปิดทั่วไปปลากะตักมีความสำคัญยิ่งต่ออุตสาหกรรมการผลิตน้ำปลา เพราะปลากะตักเมื่อหมักบ่มจนได้ที่นานประมาณ 1 ปี ถึง 1 ปีครึ่ง จะให้น้ำปลารสชาติหอมอร่อยกว่าปลาพันธุ์อื่น

นอกจากนี้ ปลากะตักแต่ละชนิดยังให้น้ำปลาที่มีคุณภาพ และความอร่อยไม่เท่ากัน ซึ่งจากรายงานการวิจัยระบุว่า ปลากะตักหัวแหลม และปลากะตักหัวอ่อน ซึ่งเป็นปลาตัวเล็ก มีเนื้อน้อย มีไขมันมาก จะให้น้ำปลาที่มีคุณภาพดี มีกลิ่นหอม รสชาติอร่อย กลมกล่อมกว่าปลากะตักควาย หรือปลาไส้ตัน ซึ่งมีขนาดใหญ่ให้เนื้อมากไขมันน้อย

น้ำปลาเกิดจากการย่อยสลายเนื้อปลาด้วยความเค็มของเกลือ จนเนื้อปลายุ่ย และละลายเป็นน้ำปลา เป็นการถนอมอาหารประเภทหนึ่ง ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นานเป็นปี โดยไม่ตกตะกอน มีรสอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย คือ มีโปรตีนสูง วิตามินบี 12 เหล็ก และไอโอดีน แหล่งอุตสาหกรรมที่ผลิตน้ำปลาซึ่งมีชื่อเสียงของจังหวัดชลบุรี ได้แก่ น้ำปลาตราทิพรส น้ำปลาตราหอยนางรม และน้ำปลาตราแม่ครัวฉลากทอง

นอกจากความสำคัญทางด้านอุตสาหกรรมแล้ว น้ำปลายังมีความสำคัญทางด้านโภชนาการ อีกด้วย น้ำปลาประกอบด้วยเกลือ 27-28 กรัม สารอินทรีย์ไนโตรเจน 0.6-2 กรัม, แอมโมเนียม ไนโตรเจน 0.2-0.7กรัม ใน100 มิลลิลิตรของน้ำปลาซึ่งจะให้ไนโตรเจน แก่ร่างกาย 7.5% จากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ร่างกายได้รับเข้าไป40 กรัมต่อคนต่อวัน

การวิจัยพบว่า น้ำปลาเป็นแหล่งใหญ่ของเกลือแร่ และกรดอะมิโนที่จำเป็นไม่น้อยกว่า 13 ชนิด โดยเฉพาะ "ไลซีน" (Lysine) ซึ่งมีปริมาณสูงพอที่จะทดแทนการขาดไลซีนในคนที่รับประทานข้าวเป็นอาหารหลักได้อย่างเพียงพอ นอกจากนี้ น้ำปลายังมีสารอาหารที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ วิตามินบี 12 ซึ่งมีค่อนข้างมาก โดยปกติแล้วร่างกายของคน ต้องการวิตามินบี12 เฉลี่ยคนละ1ไมโครกรัมต่อวัน

จากการศึกษาพบว่า ถ้ารับประทานน้ำปลาแท้เพียงวันละ10-15 ลูกบาศก์เซนติเมตร ก็จะทำให้ร่างกายได้รับ วิตามินบี 12 ส่วนหนึ่ง ซึ่งเมื่อรวมกับที่ได้รับจากอาหาร อื่นๆ อีกเพียงเล็กน้อย ก็จะมีปริมาณเพียงพอต่อ ร่างกาย และทำให้ปลอดภัยจากโรคโลหิตจางชนิดเม็ดเลือดแดงโตได้ น้ำปลาในแต่ละประเทศจะมีชื่อเรียกต่างๆ กันไป เช่น ฟิลิปินส์ เรียกว่า "ปาทิส" (Patis), เวียดนาม เรียกว่า "น็อกมั่ม" (Nuocmam) เป็นต้น

2.2.4.1 ประเภทของน้ำปลา

น้ำปลาสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆตามลักษณะของกรรมวิธีการผลิต ได้ดังนี้

- น้ำปลาแท้คือ น้ำปลาที่ได้จากการหมัก หรือย่อยปลา หรือส่วนของปลา หรือกาก ของปลาที่เหลือจากการหมักตามกรรมวิธีการผลิตน้ำปลา
- น้ำปลาที่ทำมาจากสัตว์อื่น คือ น้ำปลาที่ได้จากการหมัก หรือย่อยสัตว์อื่น ที่ไม่ใช่ปลา หรือส่วนของสัตว์อื่น หรือกากของสัตว์อื่น ที่เหลือจากการหมักตามกรรม วิธีการผลิตน้ำปลา และให้หมายความรวมถึงน้ำปลาที่ทำจากสัตว์อื่น ที่มีน้ำปลาแท้ผสมอยู่
- น้ำปลาผสมคือ น้ำปลาแท้หรือน้ำปลาที่ทำจากสัตว์อื่น ที่มีสิ่งอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเจือปนหรือมีการปรุงแต่งกลิ่นรส

2.2.4.2 คุณลักษณะของน้ำปลามีหลักการสังเกตลักษณะน้ำปลาที่ดีดังนี้

- มีกลิ่นและรสของน้ำปลา ซึ่งก็แล้วแต่ชนิดของน้ำปลา
- ใส ไม่มีตะกอน เว้นแต่ตะกอนอันเกิดจากธรรมชาติ
- มีรสหวานของน้ำปลาต้องเป็นรสหวานจากธรรมชาติของปลาไม่หวานติดลิ้น อันเนื่องจากการใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาล เช่น ใส่ขัณฑสกร เป็นต้น
- ไม่มีฝ้าสีขาวของเชื้อรา ที่ด้านบนของน้ำปลา หรือมีตะกอนสีดำจับข้างขวดเป็นรูปวงแหวนซึ่งเกิดจากการที่น้ำปลาถูกความร้อนมากเกินไป หรือเก็บไว้นานเกินไป
- ต้องมีสีน้ำตาลอ่อนๆคล้ายสุราแม่โขง และถ้าเก็บไว้นานสีต้องไม่เปลี่ยน
- ใช้ไปแล้วต้องไม่มีขี้เกลือตกผลึก น้ำปลาที่ดีจะต้องมีปริมาณเกลือที่เพียงพอและตกผลึกมาแล้วเมื่อกรองมาแล้วจะต้องไม่มีการตกผลึกอีก

2.2.4.3 ขั้นตอนในการเลือกซื้อน้ำปลา

การเลือกซื้อน้ำปลาแท้มีคุณสมบัติ ดังนี้

- จะต้องได้รับการรับรองคุณภาพมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ระบุอยู่บนฉลาก
- จะต้องมีการขึ้นทะเบียน อย โดยระบุอยู่บนฉลาก
- ต้องมีตราสินค้าและบริษัทที่ผลิต
- มีการระบุวันที่ผลิต และวันที่หมดอายุ
- ใส สะอาด มีสีน้ำตาลทองและมีกลิ่นหอมของปลา

2.2.4.4 วิธีการตรวจสอบน้ำปลาว่าแท้หรือปลอม เพื่อจะได้ทราบว่าน้ำปลานั้นๆ เป็นน้ำปลาแท้หรือปลอม มีวิธีทดสอบง่ายๆ ดังนี้

- นำน้ำปลานั้นหยดลงบนถ่านไฟที่กำลังคุแดง ถ้าได้กลิ่นเหมือนปลาไหม้แสดงว่าน้ำปลานั้นเป็นน้ำปลาแท้ แต่ถ้าไม่มีกลิ่น หรือมีกลิ่นเป็นอย่างอื่นแสดงว่าเป็นน้ำปลาปลอม
- นำน้ำปลานั้นไปกรองด้วยกระดาษกรอง ถ้าปรากฏว่าน้ำปลาที่ผ่านกระดาษกรองมีสีสันเหมือนกับน้ำปลาก่อนผ่านกระดาษกรอง แสดงว่าน้ำปลานั้นเป็นน้ำปลาแท้ แต่ถ้าน้ำปลาที่ผ่านกระดาษกรองนั้นใสไม่มีสี หรือสีไม่เหมือนกันกับก่อนจะผ่านกระดาษกรอง แสดงว่าน้ำปลานั้นปลอม
- นำน้ำปลาตั้งทิ้งไว้ให้นานในที่ไม่เหมาะสม ถ้าปรากฏว่ามีมีตะกอน แสดงว่าเป็นน้ำปลาแท้ แต่ถ้ารวมตัวกันตกตะกอนนอนก้นขวด แสดงว่าน้ำปลานั้นปลอม โดยเฉพาะน้ำปลาปลอมด้วยการใช้น้ำเกลือผสมสี หรือน้ำเกลือผสมสีที่แต่งกลิ่นให้เหมือนน้ำปลาแท้ โดยใช้กลิ่นสังเคราะห์ซึ่ง หมักจะไม่ทนนาน

2.2.5 น้ำส้มสายชู (Vinegar)

กรดอินทรีย์ที่ใส่ในอาหารดองเปรี้ยวเป็นส่วนสำคัญเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์โดยส่วนใหญ่จะใช้น้ำส้มสายชูกลั่น น้ำส้มสายชูกลั่นเป็นกรดอินทรีย์ที่มีราคาถูกถ้ามีการเติมกรดน้ำส้ม(acetic acid) จะทำให้เชื้อซาโมเนลลา ที่ปนเปื้อนมามีความสามารถในการต้านทานความร้อนลดลง แต่ก็จะมีข้อเสียคือทำให้คุณสมบัติในการเป็นอีมัลซิไฟเออร์ของไข่แดงเสียไปในระหว่างการฆ่าเชื้อ (ศิวาพร, 2529) การใช้น้ำส้มสายชูควรมีการกำจัดโลหะหนักในน้ำส้มสายชูออก เพราะจะเป็นตัวเร่งการ ออกซิไดซ์ (Oxidized) ของน้ำมัน(จันทร์สุดา, 2520) น้ำสลัดบางเครื่องหมายทางการค้าใช้น้ำมะนาวเพื่อให้กลิ่นรสมะนาว หรือบางส่วนเพื่อเหตุผลในการโฆษณา น้ำส้มสายชูไซเดอร์ (Cider Vinegar) น้ำส้มสายชูมอล์ท (Malt Vinegar) และน้ำส้มสายชูไวน์ มีราคาแพงกว่าน้ำส้มสายชูกลั่นแต่ให้กลิ่นรสที่ดีขึ้น โดยทั่วไปน้ำส้มสายชูเหล่านี้จะมีสีคล้ำ เมื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ก็จะมีสีคล้ำด้วย อาจจะแก้ไขได้โดยใช้ถ่านกรองเพื่อฟอกสี แต่ก็จะทำให้กลิ่นที่ดีถูกดูดไปด้วย (Weiss T.J, 1983)

2.2.6 สารมอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin)

มอลโตเด็กซ์ตรินมีน้ำหนักโมเลกลุอยู่ประมาณ900-9000 ซึ่งมีสูตรคือ ($C_6H_{12}O_6$) H_2O ประกอบด้วยหน่วยของ D-glucose หลายๆหน่วยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะα-(1$\rightarrow$6) และมีค่าสมมูลเดกซ์โทรส (dextrose equivalent หรือ DE) ต่ำกว่า20 มอลโตเดกซ์ตรินเตรียมได้จาก

แป้งมันสำปะหลังโดยการไฮโดรไลซิส ด้วยกรดไฮโดรคลอริกและหรือโดยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (อรพิน, 2536) มอลโตเด็กซ์ตรินมีลักษณะเป็นผงหรือเม็ด (granule) สีขาว มีความหวานเล็กน้อยหรือไม่หวานเลยขึ้นอยู่กับค่า DE มีความชื้นประมาณร้อยละ 3-5 มีความหนาแน่นรวม (bulk density) อยู่ในช่วง 0.31-0.61 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถใช้มอลโตเด็กซ์ตรินได้ในปริมาณที่เหมาะสมกับชนิดของอาหาร และหน้าที่ของมอลโตเด็กซ์ตรินในอาหารนั้นๆ (Macrae et al., 1993; Grain Processing Coperation,1994) มอลโตเด็กซ์ตรินสามารถละลายได้ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง สารละลายที่ได้อาจใสหรือขุ่นขึ้นอยู่กับชนิดของมอลโตเด็กซ์ตรินที่นำมาใช้ สารละลายที่ได้มีคุณสมบัติทางด้านความเป็นเนื้อ (body) และมีความหนืดที่สม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีความสามารถในการดูดความชื้นต่ำ (low hygroscopicity) โดยเฉพาะพวกที่มีค่า DE ต่ำๆ มีจุดเยือกแข็งคงที่ และสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดสีน้ำตาลน้อยลงมาก นอกจากนั้นยังสามารถละลายได้ในอาหารที่เป็นของเหลวเช่น ซุป นม น้ำผลไม้ เป็นต้น โดยอาจเติมในลักษณะที่เป็นผงโดยตรงหรือนำมาละลายในน้ำก่อน (Furia, 1972) ส่วนความสามารถในการละลายก็จะเพิ่มตามค่าสมมูลเดกซ์โทรสเช่นกัน มอลโตเด็กซ์ตรินสามารถนำมาใช้เพิ่มปริมาณของแข็งให้กับวัตถุดิบก่อนที่จะนำเข้าเครื่องทำแห้ง และยังช่วยลดการดูดความชื้นกลับในผลิตภัณฑ์ผงซึ่งมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบชั้นสูง เช่น น้ำผลไม้ผง และยังช่วยลดการจับตัวเป็นก้อน (Caking) ของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บ (สุนทรี, 2537) เป็นต้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ สามารถไหลได้โดยสะดวก (Free flow) บริษัท Grain Processing Corporation (1994) แนะนำให้ใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE 9-12 เป็นตัวพาในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของน้ำผลไม้และน้ำเชื่อม

สารตัวพา (Carrier) คือ ตัวพาที่ใช้ในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย หมายถึงสารเคมีที่ทำหน้าที่เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร ทำหน้าที่เป็นตัวขนส่งและกระจายสารเคมีบางอย่างในอาหารซึ่งถูกทำลายได้ง่ายโดยความร้อน หรือเป็นสารพวกที่ระเหยได้ง่าย เช่น สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของกลิ่น รส สี วิตามิน หรือสารอาหารอื่นๆในอาหาร โดยสารตัวพาทำหน้าที่ดักจับและกักเก็บสารเหล่านี้ไว้แทน ทำให้ถูกทำลายด้วยความร้อนหรือระเหยได้น้อยลง และเมื่อนำอาหารผงนั้นไปละลายโดยผสมน้ำ สีหรือกลิ่นของอาหารจะถูกปลดปล่อยออกมา ทำให้สี กลิ่นรสของอาหารหลังการคืนตัว มีลักษณะคล้ายวัตถุดิบสดก่อนนำมาทำแห้ง (Douglas and Glenn, 1982) นอกจากนั้นตัวพายังทำหน้าที่เพิ่มปริมาณของแข็งให้กับอาหารก่อนเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยเพื่อประหยัดเวลาในการทำแห้ง เช่น น้ำผลไม้ซึ่งมีปริมาณของแข็งต่ำ และของเหลวนั้นส่วนใหญ่คือ น้ำตาล หากทำให้แห้งจนเป็นผงแล้วน้ำตาลเหล่านี้จะมีความเข้มข้นสูงขึ้นมากและดูดความชื้นกลับได้อย่างรวดเร็ว เหนียวติดภาชนะ หรือไม่สามารถทำให้เป็นผงได้ เนื่องจากมีการเกาะติด

บริเวณผนังห้องทำแห้งและดูดความชื้นกลับจนเหนียวเยิ้ม ดังนั้นถ้ามีตัวพาอยู่ด้วย ตัวพาจะไปทำหน้าที่เจือจางปริมาณน้ำตาลในผงให้มีความเข้มข้นลดลง นอกจากนี้สารตัวพายังช่วยลดการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ผงและช่วยลดการจับตัวกันเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บ (สุนทรี, 2537)

Kopeiman et al, 1977 ทดลองใช้มอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 25 (W/W) ที่มีค่าสมมูลเด็กโทรส 15,32 และ42 เป็นสารตัวพา ในการทำแห้งน้ำมันหอมระเหยมะนาวแบบเยือกแข็ง ผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีความคงตัวของสารให้กลิ่นค่อนข้างสูง โดยสารให้กลิ่นรสทั้งหมดที่เหลืออยู่หลังกระบวนการทำแห้งเท่ากับร้อยละ42 , 62 และ 67 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารลิโมนีนซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสที่สำคัญพบว่าสามารถรักษาสารลิโมนีน (limonene) ไว้ได้ร้อยละ 97.8 , 93.3 และ 96.3 ตามลำดับ

Boskovic et al, 1992 ได้ทำการเก็บรักษากลิ่นของน้ำหอมระเหยจากผลไม้กลุ่มซิตรัสในรูปของผงแห้ง โดยเลือกใช้เมทริกซ์คือ มอลโทสร้อยละ 50 มอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 25-50 และกัมอารบิกร้อยละ 10-35 โดยนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอย ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 2-8 และสามารถทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้นานถึง1 ปี

2.2.6.1 ประโยชน์ของมอลโตเด็กซ์ตรินในอุตสาหกรรมอาหาร

- การผลิตผงปรุงรส ผงปรุงรสเป็นอุตสาหกรรมที่มีการนำมอลโตเด็กซ์ตรินมาใช้ประโยชน์มากที่สุด มอลโตเด็กซ์ตรินจะทำหน้าที่เป็นตัวจับสารปรุงรสที่อยู่ในน้ำมันและช่วยให้การทำแห้งมีประสิทธิภาพดีขึ้น กระบวนการทำแห้งมีหลายวิธี แต่วิธีที่เป็นที่นิยมมากที่สุดคือการทำแห้งแบบพ่นฝอย และการอัดรีด

ก. การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) เป็นกระบวนการที่นิยมมากที่สุด กระบวนการผลิตมีดังนี้ น้ำมันที่มีกลิ่นรส(flavor oil) จะถูกอิมัลซิไฟด์ในสารผสมของคาร์โบไฮเดรตและมอลโตเด็กซ์ตรินก่อนที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใส่น้ำมันลงไปให้อิมัลไฟด์เป็นเวลา10 นาทีที่ 40-50 องศาเซลเซียส นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยจะได้ผงปรุงรสที่แห้งและสามารถเก็บไว้ได้นาน คาร์โบไฮเดรตที่ใช้รวมกับมอลโตเด็กซ์ตริน ได้แก่ กัมอราบิค , แป้ง ดัดแปลงด้วยสารที่หมู่ octenyl succinate หรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาเป็นทางการค้า ได้แก่ capsule และ N-Loc ของ National Starch , Ammiogum 23 ของ American Maize เป็นต้น มอลโตเด็กซ์ตรินจะไปรวมตัวกับคาร์โบไฮเดรตเหล่านี้เกิดเป็นร่างแหจับโมเลกุลของสารปรุงรสไว้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัว ไม่ดูดความชื้น และไม่เกิดกลิ่นหืน

ข. การอัดรีด (Extrusion) กระบวนการผลิตมีดังนี้ สารละลายของซูโครส และมอลโตเด็กซ์ตรินจะถูกให้ความร้อนพร้อมกับ อิมัลซิฟายเออร์จนถึงอุณหภูมิ 120-125 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้เย็นลงจนถึง 110 องศาเซลเซียส ใส่น้ำมันสารปรุงรสลงไป นำไปผ่านเครื่อง extruder สารที่ออกมาจากเครื่องจะใส่ลงในตัวละลายที่ร่างแหของซูโครส และมอลโตเด็กซ์ตรินไม่ละลาย เช่น isopropanol ผงปรุงรสจะตกตะกอนออกมา นอกจากนี้ตัวทำละลายยังช่วยแยกน้ำมันส่วนที่เหลืออยู่ที่ผิวของอนุภาคผงปรุงรสออกด้วย

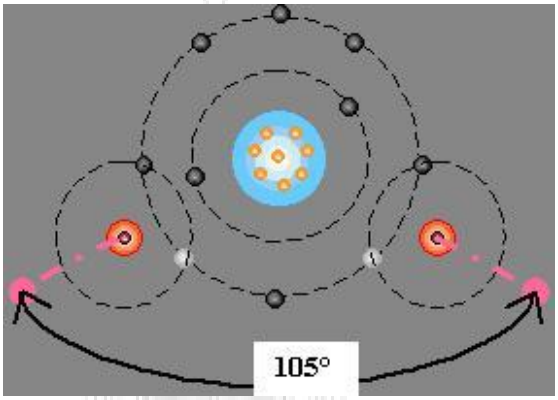
ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่ผลิตทางการค้าเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมนี้โดยเฉพาะ เช่น Micropor Buds ของ A.E. Staley มอลโตเด็กซ์ตรินชนิดนี้มีพื้นที่ผิวมากและเป็น lipophilic ที่ดี SoluDex ได้รับการพัฒนาโดย Penford Products ผลิตภัณฑ์นี้จะมีรูพรุน มีพื้นที่ผิวมากกว่าปกติ 6 เท่าเพื่อดูดซึมน้ำมันและสารที่เป็นlipophilic

- Bulking agents มอลโตเด็กซ์ตรินใช้ในการนี้มากเป็นอันดับ2 โดยจะใช้ผลิตภัณฑ์ผสมที่แห้งเนื่องจากดูดความชื้นน้อย ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้แก่beverage mixes ซองสำเร็จรูป gravy mixes cake and cookie mixes เป็นต้น หรือใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็น carrier ใน yeast malt extract เป็นต้น

- สารเคลือบอาหาร ได้มีการนำมอลโตเด็กซ์ตรินไปใช้เคลือบอาหารหลายประเภทดังนี้ มีการนำมอลโตเด็กซ์ตรินไปเคลือบอาหารที่เป็นกรด เพื่อป้องกันปฏิกิริยาระหว่างกรดกับส่วนประกอบอื่นๆในอาหาร ทำให้อายุการเก็บนานขึ้น Hurni (1988) ได้ใช้ส่วนผสมที่ประกอบด้วยมอลโตเด็กซ์ตริน กัม และแป้งร่วมกับสารให้ความหวานและเครื่องปรุงรสต่างๆ ผลิตสารเคลือบอาหารที่นำไปใช้กับอาหารที่ต้องนวด และทอด หรือใช้ในสตูว์โดยนำในสตูว์ นอกจากนี้ Poter (1987) ; Woznicki (1988) ยังกล่าวถึงการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเคลือบในของหวาน และอาหารเม็ด

- สารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน (Anti-Caking Agent) สารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน สารชนิดนี้อาจเรียกเชื่ออื่นๆ เช่น Flow Conditioner, Free Flowing Agent, Lubricant, Glidant และ Antiagglomerant เป็นต้น เป็นลักษณะของแข็งที่เป็นผงขนาดเล็ก ใช้เติมลงไปในผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นผงละเอียดหรือผลึก เพื่อปรับปรุงสมบัติช่วยเพิ่มความสามารถในการไหล (Flow Ability) และป้องกันการจับตัวเป็นก้อน มักเป็นสารที่เฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี และมีประสิทธิภาพดีเมื่อใช้ในช่วงความเข้มข้นร้อยละ1-2 โดยน้ำหนักผลิตภัณฑ์สารป้องกันการจับตัวกันเป็นก้อนส่วนใหญ่จะไม่ละลายน้ำ แต่สามารถดูดซับน้ำได้มากเนื่องจากมีพื้นผิวมาก(สุนทรี, 2537)

2.2.6.2 น้ำ หมายถึง น้ำบริสุทธิ์ ไม่มีสี ไม่กลิ่น และไม่มีรส น้ำ 1 โมเลกุล (H_2O) ประกอบด้วยไฮโดรเจน 2 อะตอม และออกซิเจน 1 อะตอม เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนท์ (Covalent bonds) ซึ่งใช้อิเล็กรอนร่วมกัน โดยที่อะตอมทั้งสามตัวเรียงกันทำมุม105 องศา โดยมีออกซิเจนเป็นขั้วลบและไฮโดรเจนเป็นขั้วบวก



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของน้ำ

ที่มา : ธีระ, 2535

น้ำ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของอาหารเกือบทุกชนิด คือ ปริมาณร้อยละ 65 - 95 ของน้ำหนักรวมของอาหาร อาหารที่มีปริมาณน้ำมากจะเสื่อมเสียได้รวดเร็วโดยการเปลี่ยนทางด้านชีวภาพและเคมี น้ำในอาหารจะเป็นตัวทำละลายองค์ประกอบต่างๆของอาหาร ลักษณะของน้ำ และการกระจายตัวของน้ำในอาหาร เป็นสิ่งสำคัญเพราะว่าถ้ามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหรือการกระจายน้ำ จะมีผลต่อคุณสมบัติหรือการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ (ไพบูลย์,2532)

- น้ำในอาหารมีอยู่ในรูปที่แตกต่างกัน Monolayer water เป็นน้ำที่มีความคงตัวมาก สามารถถูกยึดเกาะได้อย่างเหนียวแน่น มีระเบียบและมีรูป (rigid) น้ำนี้ไม่สามารถใช้เป็นตัวทำละลายได้ และเป็นน้ำที่ไม่แข็งตัว (unfreezeable water) เมื่อนำอาหารไปแช่แข็งที่อุณหภูมิใดๆ ดังนั้นน้ำในอาหารชนิดนี้ จึงหมายถึงน้ำที่เหลืออยู่ในสภาพของเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส หรือต่ำลงถึง-20 องศาเซลเซียส สำหรับอาหารแช่เยือกแข็ง

Capillary water เป็นน้ำที่อยู่ในโครงสร้างของเนื้อเยื่อ และเมื่อโครงสร้างของเนื้อเยื่อถูกทำลาย เช่น การแช่เยือกแข็ง จะทำให้เกิด drip loss ขึ้นเนื้อเยื่อนั้นได้ นอกจากนี้ Capillary water ยังมีบทบาทต่อการเกิด ฮีสเทอรีซีส (hyeteresis) ในอาหารอีกด้วย Free water (loosely bound water) เป็นน้ำที่อยู่ในรูปอิสระ และเป็นน้ำที่นำมาใช้เป็นตัวทำละลายได้ (นิธิยา และ วิบูลย์, 2543) รูปแบบการจับตัวของน้ำกับอาหารเนื่องจากน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำกับอาหาร น้ำจึงต้องถูกตรึงไว้ไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง น้ำถูกจับตัวโดยกลุ่มโพลาร์ของโมเลกุลในลักษณะเป็นชั้นโมโน(Mono) หรือชั้นมัลติ ดังนั้นจึงสามารถสรุปรูปแบบของน้ำในอาหารได้ดังนี้

- น้ำในอาหารจะอยู่รูปของน้ำบริสุทธิ์ หรือเรียกว่าน้ำผิวหน้า (Surface water) น้ำในรูปแบบนี้จะไม่เป็นส่วนหนึ่งของอาหาร แต่จะเป็นลักษณะที่มาจากภายนอกเช่น การกลั่นตัวของไอน้ำ น้ำในรูปแบบนี้อาจจัดเป็นน้ำอิสระได้ตราบที่น้ำยังไม่ได้รวม หรือทำปฏิกิริยากับอาหารที่ผิวหน้า

- น้ำจะจับตัวกับเกลือบางชนิด น้ำในรูปแบบนี้จะไม่สามารถไล่ออกไปได้ด้วยวิธีการรูปแบบธรรมดา

- น้ำอาจถูกดูดซับเป็นชั้นบางๆหรือโมเลกุลเดี่ยวๆ หรือหลายๆชั้น อยู่ที่ผิวหน้าชั้นนอก หรือผิวชั้นในของอาหาร การดูดซับนี้เกิดจากแรงโมเลกุลหรือการกลั่นตัวในช่องเปิดเล็กๆ

- น้ำอาจถูกดูดซับด้วยสารคอลลอยด์ และอยู่สภาพของเจลที่สามารถพองตัวอันเกิดจากคุณสมบัติการมีขั้วของน้ำ น้ำชนิดนี้เรียกว่าน้ำของไฮเดรชั่น

- น้ำที่จัดว่าเป็นส่วนสำคัญของอาหารได้แก่ น้ำที่อยู่ในสองแบบสุดท้าย อาหารโดยทั่วไปมีลักษณะที่ไม่เป็นระเบียบสม่ำเสมอของรูปร่าง ดังนั้นการกระจายของน้ำจึงมีลักษณะที่ไม่แน่นอนภายในโครงสร้าง และพบว่าการกระจายตัวของน้ำและการจับตัวน้ำไม่มากก็น้อย โดยน้ำจะทำหน้าที่

- น้ำเป็นสื่อกลางสำหรับการกระจายของโมเลกุลของสสารที่สามารถละลายได้ เช่นเกลือ หรือน้ำตาลเป็นตัวที่ทำให้เกิดสารละลายคอลลอยด์ โดยทำให้เกิดโมเลกุลขนาดใหญ่ของไฮโดรฟิลิก เช่น โมเลกุลโปรตีน ละลายในน้ำหรือสารละลายเกลือ จากระบบดังกล่าวพบว่ามีสารละลาย คอลลอยด์เกิดขึ้น 2 แบบคือ แบบซอลล์และแบบเจลทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในระบบ ลักษณะทั้งสองแบบนี้สามารถเปลี่ยนแปลงกลับไปมาได้ การละลายของคอลลอยด์หรือความสามารถในการจับตัวขึ้นอยู่กับ ความเป็นกรดด่าง และความสามารถในการจับตัวมีค่าน้อยที่สุดที่จุดไอโซอิเล็กทริก น้ำจะไปทำให้เกิดรูปของอิมัลชั่นกับสารที่มีการละลายต่ำ

ดังนั้นจึงให้ลักษณะการละเหยหยาบกรจับตัวของโมเลกุลน้ำกับอาหาร จะมีผลกับการลดลงของความดันไอน้ำ และค่าwater activity (a_w)

- น้ำในอาหารมีส่วนสำคัญต่อคุณสมบัติของอาหาร เช่น โครงสร้าง หรือความเต่งตึง คุณค่าทางโภชนาการ และรสชาติ (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก , 2532)

- Glass Transition และ การเกิดผลึก (Crystallization) ในสภาวะการเพิ่มขึ้นของความชื้นสัมพัทธ์ เช่น น้ำตาลไร้รูปร่าง(Amorphous Sugars) เก็บรักษาที่ความชื้นสัมพันธ์สูง การดูดซับน้ำเป็นสาเหตุของการเกิดผลึก ในเวลาที่เกิดผลึก น้ำที่ถูกดูดซับอาจจะถูกปลดปล่อยทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก (Seleki-Gerhardt and Zografi , 1994; Buckton and Darcy, 1995; Roos et al., 1996) การเกิดพลาสติกของน้ำ และการลดลงของ T_g (glasstransition) ตลอดจนอุณหภูมิรอบๆ ต่ำ ตอบสนองต่อการเกิดผลึกของ น้ำตาลไร้รูปร่างในอาหารเป็นสาเหตุของการเพิ่มปริมาตรอิสระ และการเคลื่อนไหวระดับโมเลกุล ความหนืดลดลง และส่งเสริมการแพร่ (Ross and Karel, 1990; Roos, 1995b) การเกิดผลึกของน้ำตาลเป็นตัวอย่างที่สำคัญในผลิตภัณฑ์อาหาร และขอบเขตของการเกิดผลึก เป็นระดับวิกฤตต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์สุดท้าย(Kedward et al., 1998) บทบาทของการเกิดผลึกมีผลต่อการผลิตลูกกวาด ซึ่งจำเป็นต้องมีการควบคุมการเจริญของผลึกน้ำตาล และขนาดของผลึก และผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพ

อย่างไรก็ตามการเกิดผลึกอาจจะเป็นอันตรายต่อการเพิ่มขึ้นของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช่เอนไซม์และการสูญเสียไลซีน (Salmarch et al., 1981)ในพวกอาหารผง (Dairypowders) และเป็นปัญหาในอุตสาหกรรมการผลิตยา และการเก็บรักษาอาหารผง (Schmitt et al., 1999) การเกิดผลึกของน้ำตาลไร้รูปร่าง จะส่งการเสื่อมเสียทางด้านกายภาพและเคมีของอาหาร (Saltmarch et al., 1981;Shimada et al., 1991; Hartel and Shatry , 1991)

กลไกการเกิดผลึกสามารถอธิบายได้ 3 ระดับคือ

- การเกิดนิวเคลียสของผลึก
- การแพร่และการเจริญของผลึกจากนิวคลีโอ โดยองค์ประกอบภาพในโมเลกุล
- การเจริญของผลึกอย่างสมบรูณ์

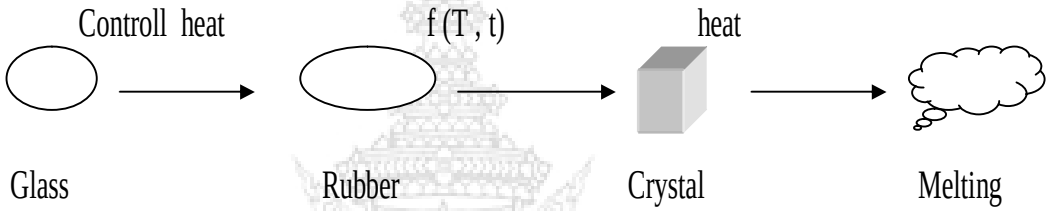
Roos , 1995 (b) กล่าวว่า การเกิดผลึกอาจเกิดจากที่อุณหภูมิสูงเหนือ T_g แต่ต่ำกว่าจุดหลอมเหลวสมดุลย์ ต่อมา Laler , Shneidman and Uhlmann (1988) กล่าวว่า อัตราการเกิดนิวเคลียสสูงสุดตอบสนองต่อ T_g

ขอบเขตของการเกิดผลึก ขึ้นกับปัจจัยต่างๆเช่น เวลา , อุณหภูมิ ,โครงสร้างขององค์ประกอบของสารเกิดผลึก และ ผลจากสารประกอบต่างๆใน Food Matrix

การเพิ่มโพลิเมอร์ตัวที่ 2 เช่น มอลโตเด็กซ์ตริน (Roos and Karel, 1991) หรือ ไซรัปของข้าวโพด (Tjuradi and Hartel, 1995 ; Gabarra and Hartel, 1998) ต่อ amorphous matrix จะช่วยชะลอการเกิดผลึกของน้ำตาลซูโครสให้ช้าลง โดยการลดอัตราการเจริญของผลึก

ผลกระทบจากการเกิดผลึกองค์ประกอบซึ่งไร้รูปร่าง อาจกลายเป็นผลึกได้ จากสาเหตุดังนี้คือ ความชื้นที่เพิ่มขึ้น การใช้ความร้อนสูง และระยะเวลาในการเก็บ

สารที่เกิดจากการตกผลึก จะครอบคลุมความชื้นน้อย ซึ่งในการเกิดผลึก น้ำเหล่านี้จะถูกปลดปล่อยออกมา น้ำเหล่านี้ถูกดัดรูปใหม่ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้กิจกรรมของน้ำเพิ่มขึ้นทำให้สถานะ Glass transition ลดลง และทำให้สภาวะทางกายภาพและเคมีของอาหารเสื่อมลง



ภาพที่ 2.2 แสดงสภาวะทางกายภาพของ Amorphous glass ไปเป็น สภาวะการเกิดผลึก จนกระทั่งเป็นสภาวะที่เกิดความเหนียว (T = อุณหภูมิ, t = เวลา)

ที่มา : Roos and Karel, 1991

2.3 **การทำแห้ง** (Drying)

การทำแห้งหมายถึง การลดความชื้น หรือค่าวอเตอร์แอกทิวิตี(water activity,a_w) ของอาหารจนถึงระดับที่ดีสามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหาร และยังชะลอการเสื่อมเสียของอาหารจากปฏิกิริยาเคมี และเอนไซม์ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำกว่า 0.70 จะทำให้เก็บอาหารไว้ได้นาน และยังสะดวกต่อการขนส่ง และยังช่วยลดค่าใช้จ่ายเนื่องจากปริมาตร และน้ำหนักของอาหารลดลง อาหารแต่ละชนิดมีความชื้นในระดับความปลอดภัยที่ไม่เท่ากัน เช่น ผลไม้แช่อิ่มเก็บได้ที่ความชื้น 15-20% แต่ถ้าเป็นเมล็ดธัญพืชเก็บที่ความชื้นนี้จะเกิดราได้(สุคนธ์ชื่น , 2549) อย่างไรก็ตามการทำแห้งทำให้เกิดการสูญเสียทั้งคุณภาพการบริโภคและคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร (วิไล, 2543 และ สมชาติ, 2540) กล่าวว่า การอบแห้งคือ กระบวนการลดความชื้น ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุชื้นเพื่อไล่

ความชื้นออกโดยการระเหย โดยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย ผลิตผลทางการเกษตรส่วนใหญ่จะมีความชื้นค่อนข้างสูงขณะทำการเก็บเกี่ยว ทำให้เก็บรักษาได้ไม่นาน การอบแห้งจะช่วยให้สามารถเก็บรักษาผลิตผลได้เป็นระยะเวลายาวนานขึ้น ผลิตผลทางเกษตรที่สำคัญและต้องทำการอบแห้งได้แก่ ธัญพืชชนิดต่างๆ เช่น ข้าว ข้าวโพด

2.3.1 การถ่ายเทความร้อนและมวลสาร (Heat & Mass transfer)

ในการทำแห้งจะต้องมีการให้พลังงานแก่อาหาร ทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วเคลื่อนย้ายออกจากอาหาร แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนจากธรรมชาติ และกระแสลมที่พัดผ่านอาหารทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำ เนื่องจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิได้ไม่สูงนัก และกระแสลมธรรมชาติไม่สูงพอ ทำให้การตากแห้งต้องใช้เวลานาน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเครื่องอบที่มีการให้พลังงานความร้อนในปริมาณที่ควบคุมได้ และมีอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากผิวอาหาร การถ่ายเทความร้อนและมวลสารเกิดได้เร็วอาหารจึงแห้งได้เร็วขึ้น การถ่ายเทความร้อน และมวลสารระหว่างการอบแห้งทำได้หลายวิธีคือ

2.3.1.1 การให้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่ผ่านอาหาร โดยกระแสลมร้อนทำหน้าที่ให้ความร้อน และเคลื่อนย้ายไอน้ำ การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เรียกว่า การพาความร้อน(Convection)

2.3.1.2 การแผ่อาหารเป็นชั้นบางๆบนพื้นผิวที่ให้ความร้อน อาหาร ได้รับความร้อนแบบการนำความร้อน (Conduction) ทำให้ไอน้ำกระจายตัวออกไปสู่บรรยากาศเหนืออาหาร อาหารที่ร้อนจัดทำให้ไอน้ำกระจายตัวได้ดี อาหารจึงแห้งในเวลาสั้นๆ

2.3.1.3 การให้ความร้อนแก่อาหารในเครื่องอบด้วยการนำความร้อนหรือแผ่รังสีร่วมกับการดูดอากาศที่มีไอน้ำออกไปควบแน่นข้างนอก

2.3.1.4 การปรับสภาพความดัน และอุณหภูมิให้น้ำในอาหารเป็นของแข็งที่ระดับต่ำกว่าจุดร่วมสามสถานะ (Triple Point) แล้วให้พลังงานความร้อนหรือลดความดันลงอีกทำให้เกิดการระเหิด น้ำเปลี่ยนสถานะของของแข็งกลายเป็นไอ โดยตรง เรียกวิธีการทำแห้งนี้ว่า การทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง(Factors affecting for drying)

การทำแห้งคือ การเคลื่อนย้ายของน้ำออกจากอาหารโดยส่งความร้อนเพื่อทำให้น้ำในอาหารเคลื่อนย้ายออกจากผิวอาหาร ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายนี้มีผลต่ออัตราความเร็วการทำแห้ง ได้แก่

2.3.2.1 ธรรมชาติของอาหาร อาหารที่เนื้อโปร่ง(อาหารมีโครงสร้างที่มีรูพรุน)มีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโปร่งจึงแห้งเร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น เช่นอาหารที่มีน้ำตาลและไขมันสูงจะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงมีผลทำให้อัตราการทำแห้งช้าลง

- เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง ในกรณีที่วางวัสดุเปียกชื้นใดๆ ภายใต้เงื่อนไขของการอบแห้งคงที่ เช่น ในกรณีที่วางวัสดุเปียกชื้น ภายในกระแสลมที่อุณหภูมิความชื้น (humidity) และความเร็วลมคงที่ การอบแห้งจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วงใหญ่ๆ ที่ผิวของวัสดุที่เปียกชื้นความชื้นที่ผิวจะอยู่ในรูปของน้ำ ดังนั้น ถ้าเอาวัสดุนี้มาอบแห้งภายใต้เงื่อนไขที่คงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก(wet bulbtemperature) ของกระแสลมร้อน ช่วงเวลาที่วัสดุใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงค่านี้ คือช่วงที่ 1(ช่วงการใช้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ) ในช่วงที่ 11 (ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วคงที่) ที่ถัดไปอุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่ประมาณอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลมร้อน ตราบใดที่ยังมีความชื้นเหลืออยู่ในรูปของน้ำที่ผิววัสดุ ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับ ในช่วงนี้จะถูกใช้ในการระเหยความชื้นเท่านั้น อัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยของวัสดุ จะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในช่วง11 นี้ ดังนั้น ความเร็วของการระเหยจะมีค่าคงที่ (Constant drying rate) และในช่วงที่11 (ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลง) ความชื้นในรูปของน้ำที่ผิวของวัสดุจะระเหยหมดไป เพราะการถ่ายเทความชื้นในรูปของน้ำจากส่วนในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของน้ำจากผิวของวัสดุ ดังนั้น ผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาพที่แห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น สรุปแล้วความเร็วของการอบแห้งจะค่อยๆ ลดลง เพราะปริมาณความร้อนที่วัสดุได้รับนอกจากจะลดลงแล้วความร้อนนี้ยังต้องใช้ในการระเหยความชื้นและเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุด้วย

2.3.2.2 ความเร็วของการอบแห้ง สำหรับการอบแห้งของวัสดุที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนการอบแห้งจะได้แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงการอบแห้งคงที่ และช่วงการอบแห้งลดลง

- อัตราการอบแห้งคงที่ ช่วงนี้ปริมาณความชื้นของวัสดุมีค่าสูงกว่าปริมาณความชื้นวิกฤต ที่ผิวของวัสดุจะมีน้ำเกาะอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อผ่านอากาศร้อนไปยังผิววัสดุ ความร้อนสัมผัสจากอากาศจะถ่ายเทไปยังวัสดุ เพื่อระเหยน้ำที่ผิวของวัสดุไปยังอากาศ

- อัตราการอบแห้งลดลง ช่วงนี้ปริมาณความชื้นของวัสดุมีค่าต่ำกว่าปริมาณความชื้นวิกฤตของการถ่ายเทความร้อนและมวล มิได้เกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุเท่านั้น การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในวัสดุมายังผิวช้ากว่าการพาความชื้นจากผิววัสดุมายังอากาศ ทำให้อัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งจะถูกควบคุมโดยความต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำวัสดุ ทำให้เกิดการลดระดับ(Gradient) ความชื้น และอุณหภูมิภายในวัสดุจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ

2.3.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง

- ความเร็วของอากาศร้อน การอบแห้งที่ต้องการความรวดเร็วจะต้องผ่านอากาศที่มีอุณหภูมิ สูงพอสมควรเข้าไปชั้นของวัสดุ อากาศร้อนจำนวนนี้จะทำหน้าที่อย่างน้อย 2 อย่างในเวลาเดียวกัน ได้แก่ ความร้อนที่มีอยู่ในอากาศจะถ่ายเทให้กับวัสดุ เพื่อทำให้วัสดุความชื้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น หรือไปเพิ่มพลังงานให้กับน้ำที่อยู่ภายในวัสดุ อย่างที่ 2 คือ อากาศร้อนจะช่วยเอาความชื้นหรือไอซึมผ่านมาที่ผิวของวัสดุหลุดไปพร้อมๆกับอากาศ

- เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้วัสดุอบแห้งนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุอบแห้งประเภทต่างๆ อย่างในกรณีของการอบแห้งแผ่นยางดิบหรือการรมควันยางรมควันจะต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 3-4 วัน

2.3.2.4 ขนาดและรูปร่าง และการเตรียม

ขนาดและรูปร่างมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักเช่น อาหารที่มีรูปร่างและขนาดสม่ำเสมอและรูปร่างเล็กย่อมจะมีพื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักสูงกว่าอาหารที่มีขนาดใหญ่กว่า ทำให้อัตราการทำแห้งเร็วกว่าเพราะพื้นที่ผิวของการรับความร้อนสูง ทำให้อัตราการระเหยของน้ำสูง แต่ทั้งนี้ก็ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศจะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ การเตรียมอาหารก่อนทำแห้ง เช่นการลวกน้ำร้อนนอกจากจะมีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แล้ว ยังช่วยทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้นเนื่องจากความร้อนทำลายเซลล์ของอาหาร เมื่อทำแห้งน้ำจึงเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น การนวดคลึงก็เป็นอีกวิธีที่ทำลายเซลล์อาหาร จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของอัตราการทำแห้ง

2.3.2.5 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อน

อากาศร้อนที่อุณหภูมิสูงมีผลให้อัตราการทำแห้งสูง แต่มีความจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิในขณะทำแห้งให้เหมาะสมเพื่ออาหารจะได้ไม่มีลักษณะแห้งแข็งภายนอก แต่ภายในยังมี

ความชื้นสูง อากาศร้อนที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงจะมีผลทำให้อัตราการทำแห้งช้าลง เพราะอากาศร้อนที่ระเหยของไอน้ำออกจากชิ้นของอาหารสู่อากาศโดยรอบเป็นไปได้ยากขึ้น

2.3.2.4 ความเร็วของลมร้อน

ลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากชิ้นอาหารมาที่ผิว เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนย้ายได้ดีขึ้น และยังทำให้หยดน้ำที่ผิวอาหารระเหยกลายเป็นไอได้ดีขึ้น อาหารจึงแห้งเร็วขึ้น แต่ความเร็วของลมควรมีระดับที่เหมาะสมทั้งนี้เพื่อไม่ให้ผิวของอาหารแห้งเกินไป การเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเต็มที่ที่ความเร็วลม244 เมตรต่อวินาที

2.3.3 ชนิดของเครื่องอบแห้ง (Type of Dryer)

เครื่องอบแห้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการให้ความร้อน Adiabatic Dryer เป็นเตาอบแห้งที่ให้ความร้อนโดยใช้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่สัมผัสกับอาหาร โดยอาหารอาจอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ด้วย ได้แก่ Tray dryer, cabinet dryer, tunnel dryer, kiln dryer, spray dryer, flow current dryer และ air – lift dryer เป็นต้นSolid Surface Transfer Dryer เป็นเตาแห้งที่ให้อาหารสัมผัสกับแผ่นโลหะร้อน น้ำที่ระเหยกระจายออกไปที่บรรยากาศตามธรรมชาติหรือใช้ลมหมุนเวียนหรือใช้ระบบสูญญากาศ ได้แก่ drum dryer, vacuum shelf dryer, continuous vacuum dryer เป็นต้น การเลือกใช้เครื่องอบแห้ง ขึ้นอยู่กับลักษณะของอาหาร เช่นเตาอบแบบdrum dryer เป็นเตาอบที่ประกอบด้วยลูกกลิ้งหนึ่งหรือสองลูกให้ความร้อนจากด้านใน มีระบบทำให้อาหารเคลือบผิวลูกกลิ้งเมื่อลูกกลิ้งหมุนเคลื่อนไปครบรอบ อาหารจะแห้งพอดี แล้วถูกร่อนออกด้วยใบมีด อาหารที่ได้จะมีลักษณะเป็นแผ่นที่แตกละเอียดได้ง่าย อาหารที่เหมาะกับเตาอบแบบนี้ ต้องเป็นของเหลวข้นพอที่จะเคลือบติดผิวลูกกลิ้งได้ การทำแห้งโดยวิธีเชิงกล เป็นการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์มาออกแบบเครื่องมือทำอาหารแห้ง โดยอาศัยแหล่งพลังงานความร้อนจากพลังงานไฟฟ้า ไอน้ำ เชื้อเพลิง โดยทั่วไปจะอาศัยหลักการส่งความร้อนเข้าไปในอาหาร เพื่อทำให้น้ำในอาหารกลายเป็นไอ แล้วระเหยออกจากผิวหน้าอาหาร ความร้อนที่ส่งผ่านเข้าไปอาจจะเป็นลักษณะการนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) หรือการแผ่รังสี (Radiation) อย่างไรก็ตาม การสร้างเครื่องทำแห้งมักอาศัยหลักการของการพาและนำความร้อนเป็นสำคัญ โดยเครื่องทำแห้งประเภทอาศัยการพาความร้อนเป็นหลักนั้นจะอาศัยความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนโดยตรงจากพลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิง โดยลมร้อนจะพัดผ่านอาหาร แล้วส่งผ่านความร้อนเข้าไปในอาหารและความร้อนจะพาไอน้ำที่ระเหยจากอาหารออกไป เครื่องทำแห้งประเภทนี้ ได้แก่ เครื่องทำแห้งแบบตู้ เครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์ และเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย

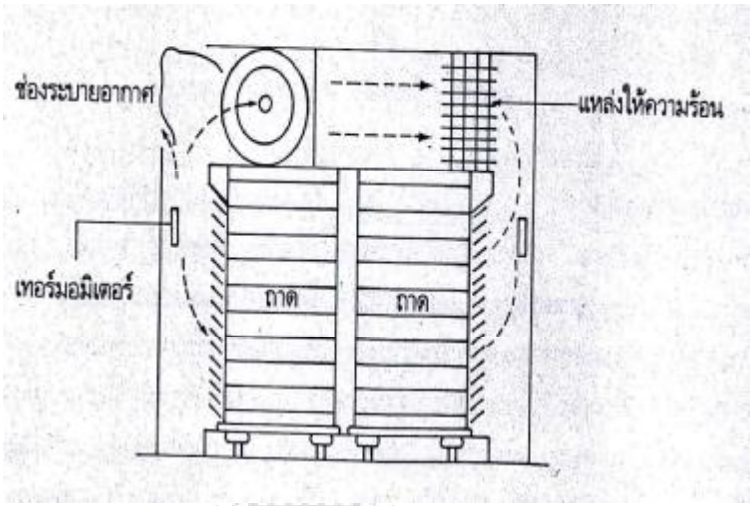
เป็นต้น ส่วนเครื่องทำแห้งประเภทอาศัยการนำความร้อนเป็นหลักอาหารจะได้รับความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนจากวัสดุที่มาสัมผัสอาหาร โดยวัสดุดังกล่าวจะไดรับความร้อนมาจากแหล่งกำเนิดความร้อนเครื่องอบแห้งประเภทนี้ เช่น เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งนอกจากนี้ยังมีเครื่องทำแห้งประเภทต่าง ๆ อีกหลายชนิด

การทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งนั้น จะสามารถควบคุมสภาวะทั่วไปขณะทำแห้งได้ เช่นอุณหภูมิ ความชื้น การหมุนเวียนของอากาศ เป็นต้นทำให้สามารถควบคุมอัตราการทำแห้งได้ ในขณะที่การการทำแห้งโดยการตากแดดจะขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ นอกจากนี้พื้นที่ในการทำแห้ง โดยเครื่องทำแห้ง จะน้อยกว่าการตากแดด และผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้มักจะมีคุณภาพและสะอาดดีกว่าการทำแห้งโดยการตากแดด เนื่องจากการตากแดดมักมีการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรก แมลงและสัตว์อื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งนั้นมักจะเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าการตากแดด และผู้ที่จะควบคุมเครื่องทำแห้งต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องมือทำแห้งด้วย

2.3.3.1 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบตู้ เป็นการทำแห้งโดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนประเภทการพาความร้อนเป็นหลัก ซึ่งเครื่องทำแห้งแบบนี้บางทีเรียกว่า เครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray หรือ Pan drier) โดนส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องทำแห้งแบบตู้นี้ ได้แก่ ตู้หรือ ห้องอบ (Drying chamber) แหล่งพลังงานความร้อน (Heater) พัดลม (Fan) ตัวกรองอากาศ (Screen หรือ Filter) และช่องระบายอากาศ (Damper) ดังแสดงในภาพที่ 2.3 โดยชิ้นอาหารที่ต้องการแห้งที่ผ่านการเตรียมมาเรียบร้อยแล้วจะจัดวางเรียงเป็นชั้นในตู้ ถาดทำด้วยเหล็กปลอดสนิมและมีรูเปิดที่ถาดไว้ด้วย เพื่อทำให้ลมร้อนสามารถไหลเวียนผ่านได้

ในระดับอุตสาหกรรม ถาดอาจวางซ้อนกันบนโครงเหล็กที่มีล้อเลื่อน โดยเมื่อวางอาหารที่ต้องการทำแห้งเรียบร้อยแล้ว จะเคลื่อนถาดทั้งหมดเข้าไปในตู้อบพร้อม ๆ กันทำให้สะดวกในการปฏิบัติขณะเครื่องทำแห้งทำงาน พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกเข้าไปในเครื่อง ซึ่งส่วนมากมักจะผ่านแผ่นกรองอากาศที่จะกรองพวกฝุ่นละอองและสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ ที่ปะปนมาในอากาศ อากาศที่กรองแล้วจะผ่านขดลวดให้ความร้อนทำให้เกิดกระแสลมร้อน ซึ่งจะพัดผ่านอาหารในถาดที่วางอยู่ในตู้ความร้อนจากลมร้อนจะถ่ายเทให้น้ำในอาหาร เพื่อให้น้ำกลายเป็นไอและระเหยออกจากผิวอาหาร ลมร้อนที่มีไอน้ำอยู่จะถูกปล่อยออกไปทางช่องระบายอากาศ ในขณะเดียวกันจะปล่อยให้ลมร้อนบางส่วนหมุนเวียนอยู่ในตู้ เพื่อช่วยในการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่ยังอยู่ในอาหาร ร่วมกับความร้อนที่ลมร้อนที่เข้ามาใหม่ การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบตู้ จะใช้กับการทำแห้งระดับครัวเรือนและกึ่งอุตสาหกรรม การทำแห้งแบบนี้จัดว่าเสียค่าใช้จ่ายไม่แพงนัก

บำรุงรักษาและควบคุมได้ง่ายและมักเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch process) ส่วนมากมักใช้ในการทำแห้ง ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ เป็นต้น

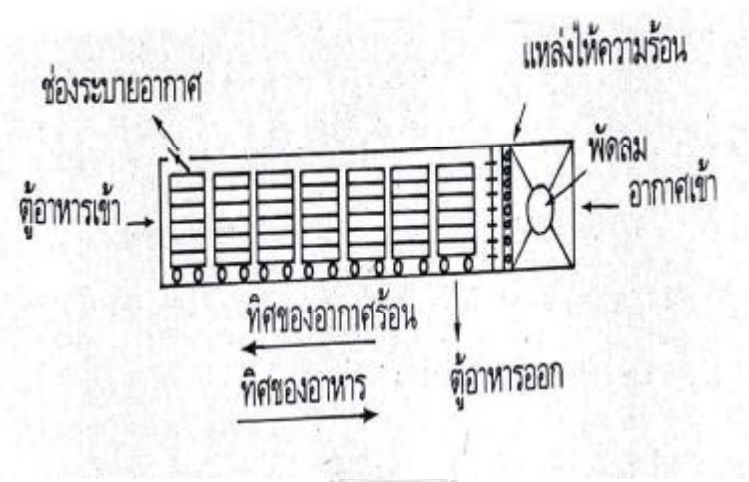


ภาพที่ 2.3 เครื่องทำแห้งแบบตู้

ที่มา : วันเพ็ญ, 2539

2.3.3.2 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์ การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์นี้พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ทำอาหารแห้งในปริมาณมาก ในระดับอุตสาหกรรมเป็นส่วนมากและการทำงานเป็นระบบแบบต่อเนื่อง (Continuous process) ทำให้มีความสะดวกและรวดเร็วขึ้นอีกด้วย ลักษณะโครงสร้างของเครื่องทำแห้งแบบนี้ ประกอบด้วยตู้ทึบยาว (Tunnel) ซึ่งภายในเป็นตู้มีล้อเลื่อน และมีถาดวางเรียงเป็นชั้นในตู้ดังกล่าว และตู้ล้อเลื่อนที่ไปบนรางในขณะทำแห้ง นอกจากนี้ส่วนประกอบที่สำคัญ คือแหล่งให้พลังงานความร้อน พัดลมและท่อระบายอากาศ ซึ่งเครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์นี้ จะมีหลายแบบ ได้แก่ เครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์ชนิดอากาศร้อนไหลทางเดียวกับอาหาร (Co-current tunnel drier) เป็นต้น ตัวอย่างภาพที่ 2.4 แสดงโครงสร้างเครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์แบบอากาศร้อนไหลสวนทางกับอาหาร (Counter current tunnel drier) เป็นต้น แสดงโครงสร้างของเครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์แบบอากาศร้อนไหลสวนทางกับอาหาร ขณะเครื่องทำแห้งนี้ทำงาน อากาศจากภายนอกจะถูกดูดด้วยพัดลมซึ่งอากาศมักผ่านแผ่นกรองอากาศเข้ามายังแหล่งให้ความร้อนซึ่งจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศ ทำให้ได้กระแสลมร้อนไหลเข้าผ่านไปบนถาดอาหารในถาดซึ่งอยู่บนตู้ล้อเลื่อน ซึ่งเคลื่อนเข้ามาในทิศทางสวนทางกับการไหลของกระแสลมร้อนทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากลมร้อนให้น้ำในอาหารเพื่อระเหยน้ำออกไป บางส่วนของ

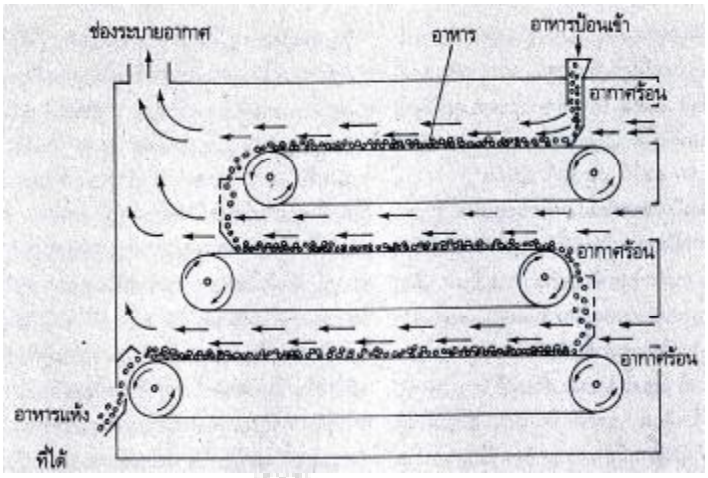
ลมร้อนที่มีไอน้ำอยู่จะถูกปล่อยทางช่องระบายอากาศเครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์นี้นิยมใช้ในการทำแห้ง อาหาร เช่น ผัก ผลไม้ เป็นต้น



ภาพที่ 2.4 เครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์ชนิดอากาศร้อนไหลสวนทางกับอาหาร

ที่มา : วันเพ็ญ, 2539

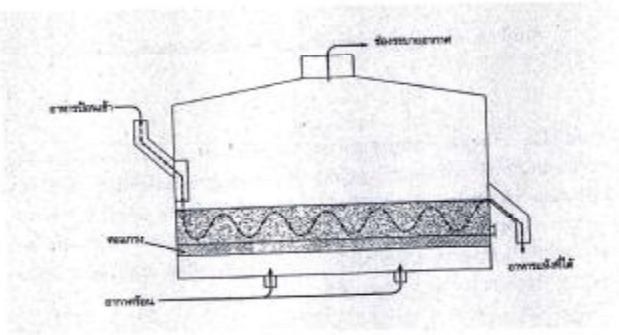
2.3.3.3 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสายพาน เป็นการทำแห้งอาหารโดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนประเภทการพาความร้อนเป็นหลักเช่นกัน ลักษณะการทำงานของเครื่องทำแห้งแบบสายพานนี้จะคล้ายกับเครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์ แต่อาหารที่นำมาทำแห้งแทนที่จะวางไว้ในถาดบนตู้มีล้อเลื่อน จะนำอาหารวางบนสายพาน ที่มีลักษณะเป็นตะแกรงโลหะเคลื่อนที่ไปในขณะทำแห้ง ตัวอย่างของการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบนี้แสดงในภาพที่ 2.5 ซึ่งเป็นการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสายพานลักษณะผสม ระหว่างแบบอากาศร้อนไหลสวนทางกับอาหารและแบบอากาศร้อนไหลทางเดี่ยวกับอาหาร



ภาพที่ 2.5 เครื่องทำแห้งชนิดสายพานลักษณะผสมระหว่างชนิดอากาศร้อนสวนทางกับอาหาร และชนิดอากาศร้อนไหลทางเดียวกับอาหาร

ที่มา : วันเพ็ญ, 2539

2.3.3.4 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด นิยมใช้ในการทำแห้งพวกเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ เนื่องจากหลักการในการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบนี้ จะอาศัยลมร้อนที่พ่นผ่านขึ้นไปยังชิ้นของวัตถุดิบหรืออาหารที่จะทำแห้งโดยในขณะทำแห้ง อาหารจะลอยตัวอยู่ในลมร้อนดังกล่าวซึ่งเครื่องทำแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดนี้ สามารถทำได้ทั้งแบบไม่ต่อเนื่องและแบบต่อเนื่อง ลักษณะของเครื่องทำแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดแบบหนึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 2.6 ซึ่งในขณะทำงานนั้นลมร้อนจะผ่านเข้ามาด้านล่างเป่าผ่านตะแกรงขึ้นไปด้วยความเร็วลมที่เหมาะสมทำให้ชิ้นอาหาร เช่น เมล็ดธัญพืชเกิดการลอยตัวและเคลื่อนที่อยู่ในลมร้อนดังกล่าว ความชื้นจากลมร้อน จะถ่ายเทให้น้ำในเมล็ดธัญพืชเพื่อระเหยออกไปในรูปของไอน้ำ ลมร้อนชื้นที่มีไอน้ำอยู่จะถูกปล่อยออกทางช่องระบายอากาศทางด้านบนส่วนเมล็ดธัญพืชที่แห้งแล้วจะเคลื่อนออกไปอีกทางหนึ่งเครื่องทำแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบดนี้ นอกจากนิยมใช้ในการทำแห้งพวกเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ แล้วยังใช้ในการทำแห้งพวกถั่วต่าง ๆ ด้วย

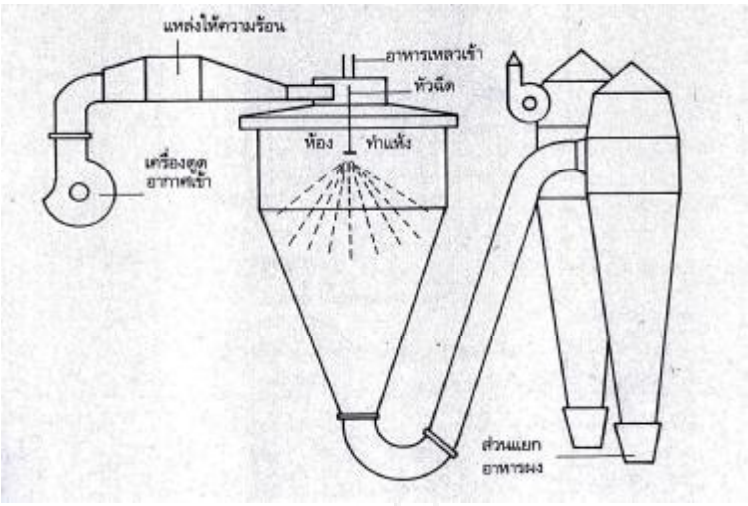


ภาพที่ 2.6 เครื่องทำแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด

ที่มา : วันเพ็ญ, 2539

2.3.3.5 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย มีความสำคัญมากในการผลิตอาหารแห้งประเภท อาหารผงและเครื่องดื่มผงชนิดต่าง ๆ เช่น น้ำผลไม้ผง นมผง กาแฟผง ไข่ผง เป็นต้น โดยวัตถุดิบหรืออาหารที่นำมาทำแห้งด้วยวิธีนี้ ต้องอยู่ในสภาพเป็นของเหลว เช่น น้ำนมดิบหรือเตรียมให้อยู่ในสภาพของเหลว เช่น การเตรียมน้ำผลไม้จากผลไม้ การเตรียมสารสกัดจากกาแฟ ก่อนที่จะนำมาทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งประเภทนี้ เนื่องจากหลักการทำงานของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยนี้ จะมีการพ่นอาหารเหลวให้แตกกระจายเป็นละออง หรือ หยดเล็ก ๆ ภายในห้องอบที่มีลมร้อนไหลผ่าน ซึ่งการที่พ่นของเหลวให้เป็นละอองนี้ จะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของอาหารเหลว ดังกล่าวทำให้ความร้อนจากลมร้อนสามารถถ่ายเทมาให้อาหารเหลวได้ดี ทำให้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำแห้ง

ลักษณะของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยนี้ ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญได้แก่ห้องทำแห้ง (Drying chamber) หัวฉีด (Atomizer) แหล่งให้ความร้อน (Heater) และส่วนแยกอาหารผง (Cyclone separator) ดังแสดงในภาพที่ 2.7 โดยอาศัยในขณะทำแห้งนั้น อาหารเหลวจะถูกพ่นให้แตกเป็นละอองด้วยหัวฉีด ละอองอาหารเหลวนี้จะสัมผัสกับความร้อนจากลมร้อนที่ผ่านเข้ามาในห้องทำแห้ง น้ำในละอองอาหารเหลวจะระเหยออกไปในรูปไอน้ำ ส่วนละอองอาหารจะแห้ง ได้เป็นลักษณะอาหารผงซึ่งจะเยกออกทางส่วนแยกอาหารผง



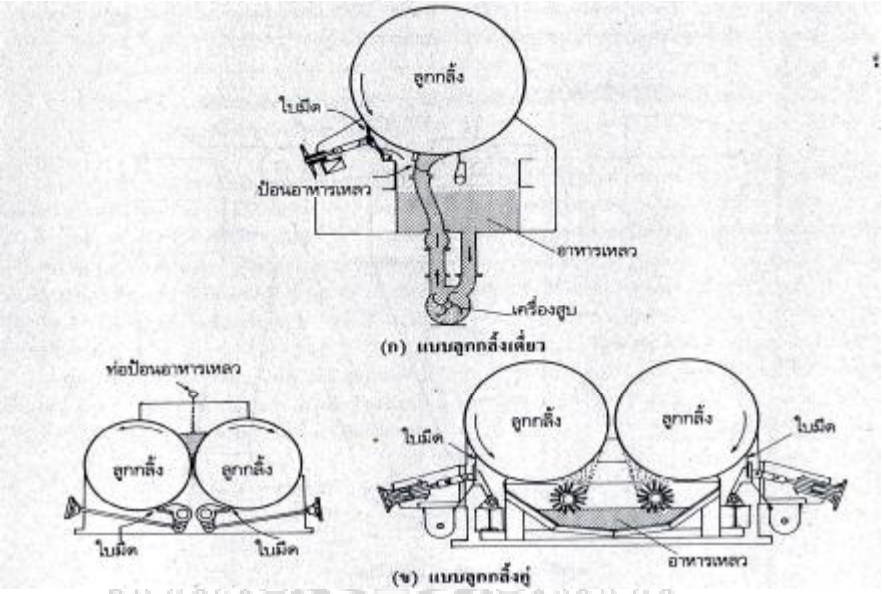
ภาพที่ 2.7 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย

ที่มา : วันเพ็ญ, 2539

2.3.3.6 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการทำอาหารหลายชนิด แต่อาหารที่จะนำมาทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบนี้ต้องอยู่ในสภาพของเหลวข้นที่มีความหนืดพอเหมาะ สามารถจับเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ โดยรอบลูกกลิ้งทรงกระบอกในขณะทำแห้ง ได้อาหารที่นิยมใช้ในการทำแห้งแบบนี้ เช่น การผลิตกล้วยผง มะเขือเทศผง แป้งผง เป็นต้น โดยอาศัยวัตถุดิบดังกล่าวต้องมีการนำมาเตรียมให้อยู่ในสภาพของเหลวข้นหนืดอย่างพอเหมาะก่อนที่จะนำมาทำแห้ง ตัวอย่างเช่น มะเขือเทศต้องนำมาเตรียมเป็นลักษณะน้ำมะเขือเทศเข้มข้น ก่อนที่จะนำมาทำแห้งด้วยวิธีนี้ได้

เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ประกอบด้วย ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ลูกกลิ้งทรงกระบอก (Drum) ซึ่งอาจเป็นลูกกลิ้งหนึ่งหรือสองตัวก็ได้แล้วแต่ชนิดของเครื่องทำแห้งดังกล่าว แหล่งให้พลังงานความร้อน และใบมีดที่ขูดอาหารแห้งที่ได้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งสามารถแบ่งได้เป็นเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว (Single-drum drier) และแบบลูกกลิ้งคู่ (Double-drum drier หรือ Twin- drier) ดังแสดงภาพที่ 2.8 โดยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยวนั้น อาหารจะป้อนจากด้านล่าง โดยอาจใช้เครื่องสูบช่วยส่งขึ้นไป อาหารข้นเหลวจะจับเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ โดยรอบลูกกลิ้งทรงกระบอกร้อน ซึ่งมักทำด้วยวัสดุที่นำความร้อนได้ดี และลูกกลิ้งนี้มักได้รับพลังงานความร้อนมาจากไอน้ำ ความร้อนจากลูกกลิ้งจะถ่ายเทให้กับน้ำในอาหารข้นเหลวที่จับเป็นแผ่นดังกล่าว น้ำจะระเหยออกไป อาหารที่แห้งแล้วจะถูกใบมีดขูดออกเป็นแผ่น ส่วนเครื่อง

ทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่นั้น อาหารข้นเหลวจะถูกป้อนมาทางด้านบนระหว่างผิวของลูกกลิ้งทรงกระบอกสองตัวที่หมุนเข้าหากัน จากนั้นอาหารข้นเหลวจะเคลือบที่ผิวลูกกลิ้งทั้งสอง ความร้อนจากลูกกลิ้งจะถ่านเทไปให้อาหารข้นเหลวที่เคลือบอยู่ที่บนผิวลูกกลิ้ง อาศัยหลักการนำความร้อนเป็นหลัก อาหารแห้งที่ได้จะอยู่ในลักษณะแผ่น ซึ่งสามารถทำเป็นอาหารผงได้โดยการนำไปบดต่อด้วยเครื่องบด



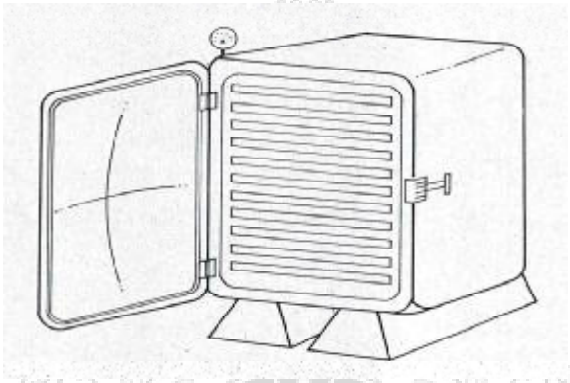
ภาพที่ 2.8 เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

ที่มา : วันเพ็ญ, 2539

2.3.3.7 การทำแห้งอาหารด้วยเครื่องทำแห้งแบบสูญญากาศ สามารถระเหยน้ำออกจากอาหารได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำในสภาพบรรยากาศปกติ การทำแห้งวิธีนี้จึงช่วยลดการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร เนื่องจากผลของการใช้ความร้อนสูงในการทำแห้ง แต่การลงทุนและการทำงานของเครื่องทำแห้งดังกล่าว ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงมักใช้ทำแห้งกับผลิตภัณฑ์อาหารค่อนข้างไวต่อการเสื่อมเสียด้วยความร้อน ออกซิเจน และต้องการลดความชื้นของอาหารดังกล่าวให้ต่ำมาก ตัวอย่างเช่น ใช้ทำแห้งผลิตภัณฑ์จากผลไม้ เช่น น้ำผลไม้ ผลไม้ชิ้น เป็นต้น

เครื่องทำแห้งแบบสูญญากาศนี้ โดยทั่วไปมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ต้องทำแห้งสูญญากาศ แหล่งให้พลังงานความร้อน เครื่องดูดอากาศออกเพื่อให้เกิดระบบสูญญากาศ และ

ส่วนเก็บแยกไอน้ำที่ระเหยออกจากอาหาร โดยส่วนของห้องทำแห้งสูญญากาศนั้น ต้องคงทนต่อความดันที่แตกต่างกันระหว่างภายนอกกับภายใน เครื่องทำแห้งแบบสูญญากาศนี้ มีหลายแบบ เช่น เครื่องทำแห้งสูญญากาศแบบชั้น เครื่องทำแห้งสูญญากาศแบบสายพานเครื่องทำแห้งสูญญากาศแบบลูกกลิ้ง เป็นต้น โดยเครื่องทำแห้งสูญญากาศแบบง่ายที่สุด คือเครื่องทำแห้งสูญญากาศแบบชั้น ดังแสดงในภาพที่ 2.9 โดยเครื่องทำแห้งแบบนี้จะประกอบด้วยห้องทำแห้งสูญญากาศที่มีชั้นจัดเรียงอยู่โดยชั้นดังกล่าวจะได้รับความร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อน เช่น พลังงานไฟฟ้า ซึ่งความร้อนจากชั้นนี้ จะถ่ายเทให้กับน้ำอาหาร โดยอาศัยการนำความร้อน และการแผ่รังสีเป็นส่วนใหญ่ น้ำในอาหารจะระเหยกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดปกติ และไอน้ำที่ระเหยออกมาจะแยกออกไปโดยผ่านเครื่องควบแน่นไอน้ำ



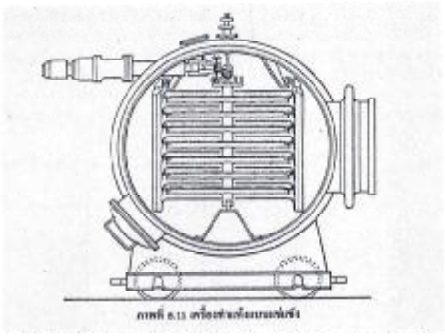
ภาพที่ 2.9 เครื่องทำแห้งแบบสูญญากาศแบบชั้น

ที่มา : วันเพ็ญ, 2539

2.3.3.8 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง นิยมใช้ในการทำแห้งอาหารที่ไวต่อการเสื่อมเสียคุณภาพและคุณค่าทางอาหารด้วยความร้อน เช่น การสูญเสียกลิ่น เนื้อสัมผัส วิตามิน เป็นต้น เนื่องจากการทำแห้งแบบนี้จะไม่ใช้ความร้อนในการระเหยน้ำออกจากอาหาร แต่จะทำให้อาหารอยู่ในสภาพแช่แข็ง (Frozen state) จากนั้นจึงทำให้น้ำในรูปน้ำแข็งในอาหารเกิดการระเหิด (Sublimation) ออกไปภายใต้ความดัน และอุณหภูมิต่ำ โดยทั่วไป น้ำแข็งจะระเหิดที่ความดันเท่ากับหรือต่ำกว่า 4.7 มิลลิเมตรปรอทและที่อุณหภูมิเท่ากับหรือต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส

เครื่องทำแห้งแบบแช่แข็งดังแสดงในภาพที่ 2.10 ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญคือห้องทำแห้ง (Drying chamber) และระบบการสูบ (pumping system) ที่ทำให้เกิดระบบ

สูญญากาศ หรือทำให้ความดันภายในห้องทำแห้งลดลงโดยมีอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น เช่น ถาดใส่อาหารแช่แข็ง เครื่องควบแน่น เครื่องวัดความดัน แหล่งกำเนิดความเย็น แหล่งความร้อน และอุปกรณ์ควบคุมระบบสูญญากาศโดยในขั้นตอนของการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแข็งก่อนวิธีที่นิยมคือ การแช่แข็งแบบเร็วเพื่อทำให้น้ำในอาหารเป็นน้ำแข็ง จากนั้นจึงนำอาหารที่แช่แข็งเข้าเครื่องทำแห้ง โดยลดความดันในห้องทำแห้งให้เป็นสูญญากาศและมีอุณหภูมิต่ำ ทำให้น้ำแข็งระเหิดกลายเป็นไอจนอาหารแห้งมีความชื้นต่ำตามต้องการ จึงทำลายสูญญากาศ (vacuum breaking) ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้จากการทำแห้งโดยวิธีนี้ มักมีคุณภาพสูง เนื่องจากไม่มีการเสื่อมเสียคุณภาพจากผลของความร้อน เช่น การสูญเสียกลิ่นรส เนื้อสัมผัสและคุณค่าทางอาหาร เป็นต้น ดังนั้นอาหารแห้งที่ได้จากการทำแห้งโดยวิธีนี้จึงมีลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรสที่ดีและมีคุณสมบัติในการคืนสภาพที่ดีด้วย แต่อย่างไรก็ตาม การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่แข็งต้องเสียค่าใช่จ่ายสูง จึงนิยมใช่กับอาหารที่มีมูลค่าสูง เช่น กาแฟ กุ้ง เป็นต้น



ภาพที่ 2.10 เครื่องทำแห้งแบบแช่เข็ง

ที่มา : วันเพ็ญ, 2539

กาแฟที่ผลิตโดยการทำแห้งแบบแช่แข็งนี้จะเป็นกาแฟผงที่มีกลิ่นรส และคุณสมบัติในการคืนสภาพดีกว่ากาแฟผง ที่ผลิตด้วยการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ส่วนในการผลิตกุ้งโดยการทำแห้งแบบแช่แข็งนั้นมักใช้กุ้งสดที่ปอกเปลือก และเด็ดหัวเรียบร้อยแล้วก่อนนำมาทำแห้ง กุ้งที่ผลิตได้จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีรูพรุนเมื่อนำมาทำให้คืนสภาพในน้ำ จะมีลักษณะคล้ายกุ้งสดมากซึ่งสามารถนำไปประกอบอาหารในลักษณะของกุ้งสดได้

2.3.4 การเลือกวิธีการทำแห้งอาหาร (Choosing Food Drying Method)

การทำแห้งอาหารนั้น สามารถกระทำได้หลายวิธีด้วยเครื่องทำแห้งที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึงถึงในการเลือกวิธีและเครื่องทำแห้งอาหารนั้นได้แก่

2.3.4.1 สภาพและคุณสมบัติของอาหารที่นำมาทำแห้ง ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงว่าอาหารที่จะนำมาทำแห้งอยู่ในสภาพใด เป็นของแข็ง ของหนืด หรือของเหลว มีขนาดและรูปร่างเป็นอย่างไร องค์ประกอบของอาหารนั้นสามารถเสื่อมเสียคุณภาพเนื่องจากผลของของความร้อน การเกิดออกซิเดชั่นได้เร็วมากน้อยเพียงใด

2.3.4.2 คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ต้องการ กล่าวคือ ควรทราบว่าผลิตภัณฑ์อาหารแห้งสุดท้ายนั้นต้องการให้มีคุณสมบัติ และสภาพใด เช่น เป็นชิ้น เป็นผง ผลิตภัณฑ์อาหารดังกล่าว เวลานำมาบริโภคสามารถบริโภคได้เลย หรือต้องมีการทำให้คืนสภาพก่อน

2.3.4.3 ปัจจัยทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ค่าใช้จ่าย ความสามารถ และการใช้งานของวิธีการทำแห้ง ว่าเหมาะสมหรือไม่กับการทำแห้งอาหารดังกล่าวคือ ผลิตภัณฑ์ที่นำมาจำหน่ายในราคาถูก เช่น กล้วยตาก ถ้าใช้เครื่องทำแห้งที่ต้องเสียค่าใช่จ่ายสูง จะไม่คุ้มทุนในการผลิต เป็นต้น

ดังนั้น วิธีการ และเครื่องมือทำแห้งอาหารที่ดีที่สุดสำหรับอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งนั้น ควรเป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่ในขณะเดียวกัน ต้องสามารถผลิตผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่มีคุณภาพ และคุณลักษณะเป็นไปตามที่ต้องการ

2.3.5 การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง (Food Changing to due Drying)

การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับธรรมชาติของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการอบแห้ง ดังนี้คือ

2.3.5.1 การหดตัว

การเสียน้ำทำให้เซลล์อาหารเกิดการหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งคงสภาพได้ ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำมากจะหดบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้าๆ

2.3.5.2 การเปลี่ยนสี

อาหารที่ผ่านการทำแห้งมักจะมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมี การเกิดสีน้ำตาล อุณหภูมิและช่วงเวลาที่อาหารมีความชื้น10-20%มีผลต่อความเข้มของสี จึงควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นนี้

2.3.5.3 การเกิดเปลือกแข็ง

เป็นลักษณะที่ผิวอาหารแข็ง (Case Hardening) เป็นเปลือกหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้ง เกิดจากในช่วงแรกให้น้ำระเหยเร็วเกินไป น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรือสารละลายของน้ำตาล โปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยไม่ใช้อุณหภูมิสูงและใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งแข็ง

2.3.5.4 การเสียความสามารถในการคืนสภาพ (Rehydration)

การดูดคืนน้ำไม่ใช้ปฏิกิริยาย้อนกลับของการทำแห้ง อาหารแห้งบางชนิดต้องนำมาคืนสภาพ แต่การคืนสภาพโดยการเติมน้ำจะไม่ได้เหมือนเดิม เพราะเซลล์อาหารเสียความยืดหยุ่นของผนังเซลล์แป้ง และโปรตีนเสียความสามารถในการดูดน้ำ อัตราเร็วและระดับของการดูดน้ำคืนสภาพอาจใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพอาหารได้ อาหารที่ทำแห้งภายใต้สภาวะที่เหมาะสมมากกว่าจะเกิดความเสียหายน้อยกว่า และดูดคืนน้ำได้เร็วกว่าอาหารที่ทำแห้งที่สภาวะที่เหมาะสมน้อยกว่า จะเห็นได้ว่าอาหารที่ทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง จะมีความสามารถจะมีความสามารถในการคืนสภาพดีที่สุด เพราะไม่ได้ใช้ความร้อนที่จะไปทำลายผนังเซลล์ หรือเปลี่ยนโครงสร้างของแป้งและโปรตีน เกิดการเสื่อมสลายของวิตามินซี และแคโรทีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ไรโบฟลาวินจากแสงไทอะมินจากความร้อน ยิ่งใช้เวลาทำแห้งมาก และนานเท่าไรการสูญเสียก็ยิ่งมาก โปรตีนมีการสูญเสียบางส่วนด้วยความร้อนเช่นกัน การสูญเสียสารระเหย เนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดน้อยลง หรือแตกต่างไปจากเดิม สารระเหยที่มีความสามารถในการระเหย และแทนที่สูงจะเกิดการสูญเสียที่ช่วงแรกของการอบแห้ง

2.3.6 สาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารแห้ง (Cause of Dried Food Deterioration)

2.3.6.1 การออกซิไดส์ (Autooxidation) เนื่องจากอากาศ มักเกิดกับไขมันทำให้เหม็นหืน เกิดกับวิตามินเอ ซี ทำให้เสื่อมคุณค่าอาหาร เกิดกับคลอโรฟีลล์ แอนโทไซยานิน ทำให้สีซีด เกิดกับน้ำมันหอมระเหย และสารให้กลิ่นทำให้เกิดกลิ่นที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงปัจจัย

เสริมปฏิกิริยาคือ แสง และอุณหภูมิสูงเนื่องจากเอนไซม์ ที่อยู่ในอาหารแต่แรก หรือมาจากแหล่งอื่นภายหลังจึงต้องมีการทำลายเอนไซม์

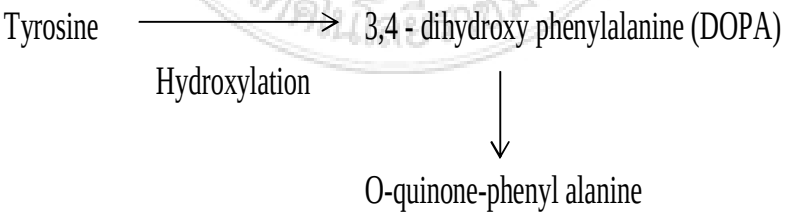
2.3.6.2 การเปลี่ยนสีเนื่องจากอุณหภูมิ หลีกเลี่ยงโดยไม่เก็บในที่ร้อน หรือเก็บในที่อากาศถ่ายเทการเกาะกันจับตัวเป็นก้อน เนื่องจากดูดความชื้นจากอากาศ หลีกเลี่ยงโดยเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทเมื่อเก็บอาหารที่มีความชื้นต่ำกว่าความชื้นสมดุลกับบรรยากาศเฉลี่ยอาหารดูดความชื้นจากอากาศ จึงต้องเก็บในภาชนะปิดสนิท

2.3.7 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning Reaction)

การเกิดสีน้ำตาลในอาหารพบว่าเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี4 แบบ คือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ปฏิกิริยาการเกิดคาลาเมลไลเซชัน ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดแอสคอร์บิก และ ปฏิกิริยาจากเอนไซม์ฟีนอลเลส

2.3.7.1 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ เป็นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยเอนไซม์ในเนื้อเยื่อส่วนที่สัมผัสกับอากาศ และมีสารประเภท o – dihydroxyphenol ซึ่งได้แก่ catechol, protocatechuic acid, caffic acid และ hydroxyl-gallic acid ส่วนเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดสีน้ำตาลได้แก่ phenolase, polyphenolase และ polyphenol oxidase โดยมีอนุมูลของโลหะทองแดงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Saper, 1993) ตัวอย่างของเอนไซม์

- Tyrosinase เป็นเอนไซม์ชนิด monophenol oxidase สามารถเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโน คือ tyrosine ให้เป็น o – quinine – phenylalanine โดยขั้นต้นนั้น tyrosine จะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยปฏิกิริยา hydroxylation ไปเป็นสาร 3,4 – dihyroxy phenylalanine (DOPA) แล้วเกิดออกซิเดชั่นต่อไป O-quinone-phenyl alanine(Whitaker, 1994)



- Catecholase เป็นเอนไซม์ชนิด polyphenol oxidase เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ catechol หรือสารประกอบอื่นที่มีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกัน เป็นO-quinone

Catechol ⟶ O-quinone

ที่มา : Whitaker, 1994

2.3.7.2 การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ที่มีสารตั้งต้นคือ กรดอะมิโนเพปไทด์ หรือโปรตีน ทำปฏิกิริยากับหมู่ไกลโคซิดิก ไฮดรอกซิลของน้ำตาล โดยมีปัจจัยที่ช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด คือ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส ปริมาณความชื้นอนุมูลของโลหะ การเกิดสีน้ำตาลในน้ำผลไม้ตระกูลส้มมักมีสาเหตุมาจากความร้อน ทำให้น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในน้ำผลไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นกรดฮิวมิก(humic acid),5-hydroxymethylfurfural และ melannoildin (Cheng และคณะ 1983) ซึ่ง melanoildin นี้เป็นสารหลักที่ให้สีน้ำตาลในน้ำผลไม้ โดย melanoildin มักเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดมากกว่าการเปลี่ยนแปลงของกรดฮิวมิกซึ่ง melanoildin ที่เกิดในน้ำส้ม และน้ำมะนาวจะสังเกตได้จากการพบสารสีน้ำตาลที่ผิวหน้าของน้ำผลไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง melanoildin ซึ่งเกิดจากการออกซิเดชั่นของไทโรซีนนั้น พบว่าที่ระดับความเข้มข้นเพียง 10 ส่วนในล้านส่วน ก็สามารถทำให้เกิดสีน้ำตาลในน้ำมะนาว และเกิดฟรุ๊ต ซึ่งกลไกการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด

2.4 **บรรจุภัณฑ์** (Package)

ภาชนะบรรจุ มีความสำคัญมากต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ผงโดยภาชนะบรรจุต้องมีลักษณะที่สำคัญคือ สามารถป้องกันผลิตภัณฑ์จากความชื้น แสง อากาศ ฝุ่นละออง การปนเปื้อนของจุลินทรีย์หรือกลิ่นแปลกปลอมได้ โดยการบรรจุควรกระทำทันทีหลังจากนำผลิตภัณฑ์ออกจากเครื่องทำแห้ง เพื่อป้องกันการดูดความชื้น ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์จับตัวเป็นก้อนทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้อยลง(Woodroof and Luh,1975) (ปราณี ,2525) ทดลองเก็บน้ำมะนาวผงที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยใน laminated aluminium foil และถุงโพลีเอธิลีน (polyethylene,PE) ทั้งในสภาวะสูญญากาศและภายใต้บรรยากาศที่อุณหภูมิห้องพอว่า laminated aluminium foil จะรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าถุงโพลีเอธิลีน กล่าวคือสามารถรักษาปริมาณความชื้น และอัตราการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในระดับต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าผลของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มะนาวผงที่บรรจุในสภาพสูญญากาศและในบรรยากาศธรรมดา จะช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์จะไม่แตกต่างกัน การควบคุมความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในระดับต่ำมีความสำคัญมากต่อการเก็บของผลิตภัณฑ์

เนื่องจากจะช่วยป้องกันการจับตัวเป็นก้อน การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Kopelman et al., 1977) การสลายตัวของวิตามินซี (ปราณี ,2525) และการสูญเสียสารให้กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ (Kopelman et al., 1977) โดยทั่วไปน้ำผลไม้ผงส่วนใหญ่ที่มีสารผสมของตัวพาที่ประมาณร้อยละ 20 จะสามารถเก็บได้นาน 4-6 เดือน และอัตราส่วนของตัวพาร้อยละ 30 สามารถเก็บได้ถึง 9 เดือนที่ 37 องศาเซลเซียส หรือ 1-2 ปีที่ 21 องศาเซลเซียส โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำในระดับนี้ สามารถทำได้โดยใช้ Infra-Pacsiccation (IPD) (Notter et al., 1955)

2.4.1 พลาสติก (plastic)

พลาสติก เป็นวัสดุที่ประยุกต์มาจากวัตถุดิบบางชนิดที่มีความสามารถในการทำต้นแบบหรือขึ้นรูปแบบต่างๆ ได้ตามต้องการ พลาสติกเป็นวัตถุดิบที่ประกอบด้วยแมคโครโมเลกุล (macromolecule) ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ (เช่น ยางธรรมชาติ เซลลูโลส โปรตีน) หรือได้จากการสังเคราะห์สารประกอบโมเลกุลต่ำ (synthetic organic materials) เช่น เอทิลีน เบนซอลฟอร์มาดีไฮด์ (ธนรัตน์,2546)

2.4.2 พลาสติกที่นิยมใช้บรรจุอาหาร (Plastics Wring for Food Packaging)

2.4.2.1 โพลิเอทิลีน (polyethylene หรือ PE)

เป็นพลาสติกที่นิยมใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมการบรรจุ เนื่องจากความหลากหลายของ PE ที่มีคุณสมบัติหลากหลายแตกต่างกันไป และส่วนใหญ่ราคาค่อนข้างต่ำ

2.4.2.2 โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE)

นิยมใช้ในรูปแบบของฟิล์มถุง หรือใช้เคลือบกระดาษ แผ่นเปลวอลูมิเนียม หรือพลาสติกใช้ผลิตขวดพลาสติก เช่น ขวดบรรจุน้ำดื่มชนิดขาวขุ่น และฝาชนิดต่างๆ LDPE ไม่สามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือดได้

2.4.2.3 โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเป็นเส้นตรง (LLDPE)

มีคุณสมบัติทั่วไปคล้าย LDPE แต่จะแข็งแรงกว่าและนิยมใช้สำหรับเป็นชั้นฟิล์ม สำหรับปิดผนึกด้วยความร้อน และใช้เป็นฟิล์มยืด สำหรับห่ออาหาร

2.4.2.4 โพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE)

สามารถทนความร้อนได้ดีกว่า LDPE ซึ่งใช้บรรจุอาหารร้อนได้ นิยมใช้ทำถุงบรรจุอาหารร้อน (ถุงร้อนที่มีลักษณะขาวขุ่น) ขวดนมพลาสเจอร์ไรส์ และนมเปรี้ยว เป็นต้น

2.4.2.5 โพลิโพรพิลีน (polypropylene หรือ PP)

เป็นพลาสติกที่นิยมใช้มากอีกชนิดหนึ่ง มีความแข็งแรงกว่า PE และมีความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ ไขมันดีกว่าPE ทนความร้อนได้สูง PP มีความใสดีมาก จึงนิยมใช้ผลิตฟิล์มสำหรับห่ออาหาร ถุงบรรจุอาหาร ถุงร้อน(ชนิดใส) ขวด ถาด

2.4.2.6 โพลิสทีรีน (polystyrene หรือ PS)

เป็นพลาสติกที่นิยมใช้ในรูปของภาชนะคงรูป และกึ่งคงรูปมาก เนื่องจากสามารถขึ้นรูปได้ง่าย และสามารถออกแบบให้มีลวดลายสวยงามได้ รูปแบบภาชนะที่พบมากได้แก่ ถ้วยชาม แก้วน้ำ ถาดอาหารขนาดเล็ก เป็นต้นPS จะกรอบ เปราะ ใส ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไขมันได้ต่ำ ทนความร้อนได้ต่ำ ไม่ควรใช้บรรจุอาหารที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส

2.4.2.7 โพลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl choride หรือ PVC)

นิยมใช้บรรจุอาหารในรูปแบบภาชนะคงรูป และภาชนะอ่อนตัว คุณสมบัติเด่นของ PVC คือ ความใสและสามารถป้องกันการซึมผ่านของไขมัน และก๊าซได้ดีมาก

2.4.2.8 โพลิเอทิลีนเทเรพทาเลต (polyethylene terephthalate หรือ PET)

เป็นพลาสติกที่มีการใช้มากในอุตสาหกรรมอาหารที่ต้องการความแข็งแรงของภาชนะความทนทานต่อความร้อนสูง และเหมาะสมกับอาหารที่ต้องการเก็บรักษาเป็นเวลานาน PET ที่ใช้มากในอุตสาหกรรม อาจมีทั้งรูปของฟิล์ม ขวด และถาดอาหาร ฟิล์มของPET จะต้องผ่านกระบวนการจัดเรียงโมเลกุลให้เป็นระเบียบ เพื่อเพิ่มความแข็งแรง และความใส ฟิล์มPET นี้นิยมใช้ผลิตถุงหรือซองบรรจุอาหาร อาหารที่ไวต่อความชื้นและก๊าซออกซิเจน อาหารที่บรรจุภายใต้สูญญากาศ

2.4.2.9 ไนลอน (nylon หรือ polyamide)

เป็นพลาสติกอีกชนิดหนึ่ง ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากคุณสมบัติด้านความแข็งแรง ทนทานต่อความร้อนสูงป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ กลิ่น และไขมันได้ดี แม้ว่าไนลอนจะดูดซับความชื้นได้ง่าย และทำให้คุณสมบัติด้านการบรรจุลดลง แต่เมื่อนำไปทำให้แห้งก็จะกลับมามีคุณสมบัติเหมือนเดิม นอกจากนี้ยังนิยมใช้ไนลอนผลิตถาดบรรจุอาหาร ลักษณะใช้งานคล้ายถาด PET

2.4.3 การบรรจุอาหาร (Food Packaging)

การบรรจุอาหาร (Food Packaging) เป็นการป้องกันอาหารโดยใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารจากอิทธิพลต่าง ๆ จากภายนอก

โดยทั่วไปการเลือกใช้ภาชนะบรรจุ จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติเฉพาะของภาชนะบรรจุ และวิธีการบรรจุ หลักการง่าย ๆ ของการเลือกใช้ภาชนะบรรจุอาหาร คือ จะต้องทราบคุณสมบัติของอาหารที่จะบรรจุเสียก่อน

2.4.4 ลักษณะของภาชนะบรรจุอาหาร (Characteristics of Food Package)

- สะอาด ถูกสุขอนามัย
- ไม่มีพิษ
- เข้ากันได้กับอาหารที่บรรจุอยู่โดยไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างภาชนะบรรจุกับอาหาร หรือมีการเปลี่ยนแปลงของสารจากภาชนะบรรจุไปปนเปื้อนแก่อาหารที่บรรจุไปปนเปื้อนแก่อาหารที่บรรจุอยู่ภายใน
- ให้ความคุ้มครองป้องกันอาหารได้ดีตลอดการเก็บรักษา
- ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้ จะต้องมีลักษณะเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2522) และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 68 (พ.ศ. 2525)

2.4.5 อลูมิเนียมฟอยล์ สำหรับบรรจุอาหาร (Aluminum Foil for food Package)

อลูมิเนียมเป็นธาตุที่รู้จักกันดี เช่นเดียวกับออกซิเจน และซิลิกอน อลูมิเนียมส่วนใหญ่จะพบที่บริเวณผิวหน้าของโลกในรูปของออกไซด์ และซิลิเกท (silicates) ในการผลิตอลูมิเนียมผสม และอลูมิเนียมบริสุทธิ์ จะใช้กระแสไฟฟ้าผ่านไปยังแร่บอกไซด์ (bauxite) ซึ่งมีลักษณะเหมือนดินเหนียว (clay) แร่ชนิดนี้จะพบในแถบร้อน (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2511)

2.4.5.1 คุณสมบัติของอลูมิเนียมฟอยล์

- อลูมิเนียมฟอยล์เป็นโลหะที่สะอาด ถูกสุขลักษณะเป็นประกายเมื่อมีแสงมากระทบ
- อลูมิเนียมมีความหนาไม่มาก สามารถใช้งานได้ทั้งด้านที่มีผิวมัน และด้านที่มีผิวด้าน
- อลูมิเนียมสามารถนำไปใช้งานได้กับงานขึ้นรูปต่างๆ ให้เป็นลายนูนได้
- อลูมิเนียมฟอยล์สามารถใช้หมึกใส และหมึกพิมพ์ได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อการนำไปใช้กับวัสดุอื่นๆ
- ฟิล์มเซลลูโลสที่ผนึกติดกับผิวหน้าของอลูมิเนียมฟอยล์ จะทำให้ฟอยล์ดูสดใส และสวยงามยิ่งขึ้น

2.4.5.2 คุณสมบัติของอลูมิเนียมฟอยล์ในการนำไปใช้ในบรรจุภัณฑ์

- อลูมิเนียมฟอยล์เป็นวัสดุที่สะอาดหลังจากการให้ความร้อนแล้ว และเชื้อโรคไม่สามารถที่จะเจริญเติบโตได้
- อลูมิเนียมฟอยล์ไม่มีสารพิษซึ่งปลอดภัยเมื่อนำไปใช้ในบรรจุภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอาง
- อลูมิเนียมฟอยล์ไม่มีรส และกลิ่น
- อลูมิเนียมฟอยล์มีความหนาตั้งแต่ 0.001 นิ้วขึ้นไป มีคุณสมบัติในการป้องกันการไหลผ่านของตัวกลางต่างๆ (permeability)
- อลูมิเนียมฟอยล์ที่มีความหนาน้อยๆเมื่อนำไปผนึกหรือเคลือบกับวัสดุอื่นๆจะมีคุณสมบัติในการอุดรูเข็ม(pinholes) ที่เกิดขึ้นในแผ่นอลูมิเนียมได้ดี
- อลูมิเนียมฟอยล์ ไม่มีการระเหยเป็นไอ และไม่มีการหดตัว มีคุณสมบัติในการรักษาขนาดให้คงที่จากอุณหภูมิ -100 องศาฟาเรนไฮน์ ถึง +700 องศาฟาเรนไฮต์
- อลูมิเนียมฟอยล์สามารถป้องกันการซึมผ่านของขี้ผึ้ง และน้ำมันได้ ทั้งในอุณหภูมิสูง และอุณหภูมิต่ำ และมีคุณสมบัติในการป้องกันการไหลผ่านของแสง ซึ่งอาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในภาชนะบรรจุ เสียรส เน่าเสีย เหม็นหืนหรือเปลี่ยนสีได้
- อลูมิเนียมฟอยล์สามารถสะท้อนการแผ่ความร้อนได้ถึงร้อยละ 99 ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำหน้าที่เป็นฉนวนที่ดี ในการนำไปห่อภาชนะบรรจุภัณฑ์ภายนอก และภายในได้ อลูมิเนียมฟอยล์ มีคุณสมบัติในการนำความร้อนได้ดี ซึ่งสามารถที่จะทำให้ร้อนหรือปล่อยให้เย็นลงได้อย่างรวดเร็ว

2.4.6 บรรจุภัณฑ์จากการผนึกอลูมิเนียมฟอยล์กับวัสดุอื่น(Laminated Foil Package)

เนื่องจากอลูมิเนียมฟอยล์มีการฉีกขาดได้ง่าย จึงจำเป็นจะต้องแก้ปัญหานี้ โดยการนำไปผนึกกับวัสดุอื่นๆ เช่น กระดาษ กระดาษแข็ง แผ่นฟิล์มพลาสติก หรือการเคลือบด้วยวัสดุอื่นๆ อลูมิเนียมฟอยล์ สามารถป้องกันกรดได้หลายชนิด แต่ไม่สามารถทนต่อด่างได้ การผนึกอลูมิเนียมนั้นควรจะหลีกเลี่ยงการสัมผัส ระหว่างอลูมิเนียมฟอยล์กับโลหะที่ขนาดใหญ่ และน้ำหนักมาก เพราะจะทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างเกลือ ซึ่งเกิดจากโลหะกับอลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งจะเป็นอันตรายต่ออลูมิเนียมฟอยล์ได้

2.5 **การเสื่อมเสียคุณภาพในระหว่างการเก็บ**

อาหารส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากระหว่างการเก็บ และการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในหลายกรณีทำให้อาหารมีความน่าสนใจหรือความอร่อยลดน้อยลง และสุดท้ายไม่เหมาะสำหรับการบริโภค รุ่งนภา (2540) กล่าวถึงรูปแบบของการเสื่อมเสียคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาดังนี้

การแยกตัวของน้ำและ การตั้งค่า“Setting up” สามารถเกิดขึ้นได้ในอาหารข้นที่อยู่ในกระป๋องหรือขวดแก้ว ในขณะที่อนุภาคที่แขวนลอยมีแนวโน้มที่จะตกตะกอนในผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นน้อยกว่าน้ำมันสามารถแยกจากผลิตภัณฑ์อิมัลชั่น เช่น ครีมสลัดซึ่งให้ลักษณะปรากฏที่ไม่น่าดู องค์ประกอบของอาหารหลายชนิดมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีออกซิเจน เช่น น้ำมันในผลิตภัณฑ์ที่เป็นอิมัลชั่นก็ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนได้ เมื่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์มากขึ้น หรือเม็ดสีธรรมชาติ เช่น สารไลโคฟีน (lycopene) อาจมีการเปลี่ยนแปลง โดยในมะเขือเทศจะมีการเปลี่ยนจากสีแดงเป็นน้ำตาล การบรรจุผลิตภัณฑ์มะเขือเทศในกระป๋องแผ่นดีบุก(tinplate) ที่ไม่ได้เคลือบแลคเกอร์จะทำให้ปัญหาในเรื่องสีน้อยลง เนื่องจากดีบุกจะดูดซับออกซิเจนที่อยู่ในช่องว่างเหนืออาหารในกระป๋อง (headspace) ระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อ และการเก็บซึ่งเป็นการป้องกันการเปลี่ยนแปลงสี และกลิ่นรส แต่ดีบุกจะละลายออกมาในระหว่างกระบวนการ ทำให้เกิดรสชาติที่เป็นโลหะ และถ้าระดับของดีบุกเกิน 200 มก/กก. ภายในช่วงเวลาที่ระบุไว้ของระยะเวลาอายุการเก็บ จะเป็นการละเมิดกฎหมายอาหาร (ของประเทศอังกฤษ) การละลายของดีบุกในอาหารบางชนิดไม่สม่ำเสมอซึ่งบางตำแหน่งสัมผัสกับSteel base plate ซึ่งทำปฏิกิริยากับโลหะทำให้เกิดไฮโดรเจนก่อให้เกิดความดันภายใน และเกิดการบวม ซึ่งปกติเป็นสัญญาณบอกให้ทราบว่ามีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การละลายของดีบุก เพิ่มขึ้นเมื่อมีออกซิเจนในช่องว่างเหนือกระป๋อง หรือมีไนเตรท(nitrate) จากน้ำ

หรือองค์ประกอบของวัตถุดิบต่าง ๆ หรือมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง การละลายของดีบุกสามารถหลีกเลี่ยงได้ถ้าภายในกระป๋องมีการเคลือบแลคเกอร์อย่างสมบูรณ์ แต่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากออกซิเจนก็มีโอกาสเกิดมากขึ้น

ในระหว่างการเก็บอาหารแช่แข็ง อาจมีการที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์หรือชิ้นเนื้อเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ"freeze burn" เกิดขึ้นโดยมีลักษณะที่พื้นที่ผิวมีสีขาวซึ่งเกิดจากการระเหิดของไอน้ำ (water vapour) ทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีความเหนียว (toughened) เนื่องจากการสูญเสียน้ำจากการทำให้แห้งขึ้น องค์ประกอบบางตัว เช่น ผักสามารถเปลี่ยนสีระหว่างการเก็บในสภาวะแช่แข็ง การเติบโตของผลึกน้ำแข็งและการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพอื่น ๆ ในซอสและอาหารแช่แข็งที่เป็นของหวานทำให้อาหารมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่รู้สึกเป็นทราย (ice and granular mouthfeel) มากกว่าลักษณะเนื้อสัมผัสที่เนียนตามต้องการ ไอศกรีมอาจสูญเสียปริมาตรระหว่างการเก็บแบบแช่แข็ง เนื่องจากการสูญเสียอากาศที่ใส่เข้าไปในไอศกรีมระหว่างกระบวนการผลิต เนื่องจากการจำหน่ายไอศกรีมอยู่ในลักษณะที่เป็นปริมาตร การสูญเสียในลักษณะนี้อาจก่อให้เกิดการละเมิดกฎหมายทางด้านน้ำหนักและมาตรวัด

ในอาหารแห้งองค์ประกอบที่ไวต่อออกซิเจนอาจมีโอกาสทำปฏิกิริยากับอากาศได้มากกว่าอาหารที่สดซึ่งทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนในน้ำมันที่อยู่ในอาหาร เช่น การเกิดกลิ่นอับ (musty) ในสมุนไพร (herb) ที่แห้งนอกจากนี้ในอาหารแห้งจะมีการสูญเสียความกรอบเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วถ้าอาหารมีความไวต่อความชื้น (hygroscopic)

การเสื่อมเสียของอาหารสดส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แต่การเหี่ยวของผักเกิดขึ้น เนื่องจากการสูญเสียน้ำในขณะที่ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่เกิดการร่วน (staling) ขึ้นซึ่งส่วนหนึ่งมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างขององค์ประกอบแป้ง

2.6 **การทดสอบอายุการเก็บ** (Shelf life testing)

2.6.1 วิธีดำเนินการหาอายุการเก็บโดยตรงและการติดตามอายุการเก็บ (Determination of direct shelf life and shelf life surveillance)

การหาอายุการเก็บโดยตรงทำได้โดยการสุ่มตัวอย่างจำนวนหนึ่ง ณ ขั้นสำคัญต่างๆ ระหว่างการพัฒนา หรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเหล่านี้จะถูกนำมาตรวจสอบระหว่างการเก็บภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ควบคุมจนกว่าคุณภาพจะไม่เป็นที่ยอมรับ เวลาที่คุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับเกิดขึ้นนี้เป็นอายุการเก็บสูงสุดของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการหาอายุการเก็บอย่างน้อยก็ต้องใช้เวลาจนถึงช่วงเวลาดังกล่าวนี้ อย่างไรก็ตาม ในหัวข้อต่างๆ ไปในบทนี้ ก็มีการกล่าวถึงวิธีที่ใช้เวลาสั้นลงใน

การหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บยาวนาน เพื่อหลีกเลี่ยงความล่าช้าในการออกผลิตภัณฑ์ใหม่ เนื่องจากการทดสอบอายุการเก็บ

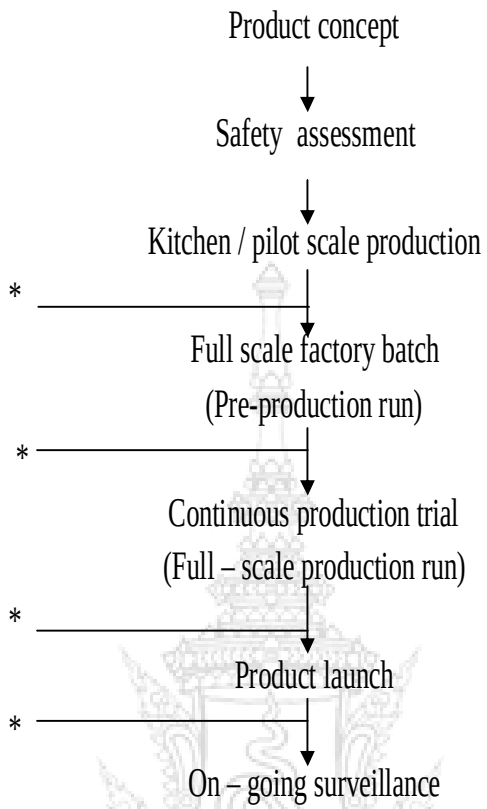
ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างที่สำคัญภายในโปรแกรมการหาอายุการเก็บแสดงดังภาพที่11 ซึ่งประกอบด้วยขั้นต่าง ๆ ดังนี้

- ขั้นของการผลิตระดับครัวเรือน(kitchen) และการทำแบบจำลอง(pilot plant) ที่ได้จากการทดลอง ในขณะที่เพิ่มระดับการผลิตเป็นแบบผลิตภัณฑ์โรงงาน (production) จะมีความแตกต่างบางอย่างก็ตาม ขั้นนี้มักใช้เวลานาน เนื่องจากกิจกรรมต่งๆ เช่น การวิจัยตลาด หรือการสร้างโรงงาน ทำให้ได้ประสบการณ์ในเรื่องการเก็บมากขึ้น ณ ขั้นนี้จึงเป็นไปได้ที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงสูตรอาหาร กระบวนการหรือภาชนะบรรจุ เพื่อปรับปรุงอายุการเก็บให้ดีขึ้นโดยไม่มีค่าใช้จ่ายเรื่องเวลาของโครงการ และปริมาณของวัตถุดิบ

- ขั้นของการผลิตในระดับอุตสาหกรรม (Full factory batch) ซึ่งยังไม่เป็นแบบต่อเนื่อง ขั้นนี้เป็นขั้นการสุ่มที่สำคัญมาก เนื่องจากอาหารจะมีลักษณะเหมือนกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิตในภายหลัง และการตรวจสอบตัวอย่างของผลิตภัณฑ์จะให้ข้อมูลการตั้งค่าอายุการเก็บและข้อกำหนดมาตรฐาน

- ขั้นการทดลองผลิตอย่างต่อเนื่องครั้งแรก(The first continuous production trial) การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ควรจะอ้างอิงกับข้อมูลที่ได้จากการสุ่มในตอนแรก ๆ

- การผลิตที่เป็นมาตรฐานในการเดินเครื่องขั้นต่อไปซึ่งไม่ได้อยู่ภายใต้การควบคุมโดยนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ แต่ช่วงนี้เป็นการเปลี่ยนขั้นระหว่างการพัฒนา และการผลิต การตรวจสอบตัวอย่างจากการเดินเครื่องนี้ทำให้มีการทบทวนการพัฒนาที่ผ่านมา และเปิดโอกาสเป็นครั้งแรกให้มีการปรับค่าอายุการเก็บถ้าจำเป็น



ภาพที่ 11 ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างในโปรแกรมการหาอายุการเก็บรักษา
หมายเหตุ :* จุดสุ่มตัวอย่าง
ที่มา : รุ่งนภา , 2540

เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของระบบ on – going surveillance จึงควรมีการสุ่มตัวอย่างที่ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการทดสอบอายุการเก็บ ช่วงเวลาที่ทำการสุ่มตัวอย่างควรจะประมาณ 20% ของอายุการเก็บซึ่งจะให้ตัวอย่างที่มีอายุการเก็บแตกต่างกัน6 อายุจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตใหม่จนถึงเวลาที่ระบุว่าหมดอายุ ในการตรวจสอบที่เวลาใด ๆ ในผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บที่ยาวนาน ช่วงเวลาการสุ่มที่ถี่ขึ้นอาจมีประโยชน์ในการตรวจสอบหาการเปลี่ยนแปลงในการเก็บ (เช่น ทุก ๆ 2 เดือน สำหรับอาหารที่มีอายุการเก็บประมาณ 2 ปี) ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บสั้นอาจไม่จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างถี่กว่าการเก็บทุกเดือน

ตัวอย่างที่ใช้หาอายุการเก็บควรอยู่ในสภาวะที่เหมือนกับสภาวะเก็บ และสภาวะการจัดจำหน่ายที่เกิดขึ้นกับอาหาร ตัวอย่างเช่น ถ้าเป็นอาหารที่มีความคงตัวที่อุณหภูมิห้องก็หมายถึงการศึกษาที่อุณหภูมิ และความชื้นภายในห้องทั่วไป แต่เนื่องจากอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการอาจสูง

กว่าอุณหภูมิของโกดัง ดังนั้นจึงควรทดสอบที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโกดัง ในกรณีของอาหารที่บรรจุในภาชนะที่ไม่ยอมให้มีการซึมผ่าน ความชื้นสัมพัทธ์ที่เก็บก็ไม่มีผลต่ออายุการเก็บ อย่างไรก็ตาม ถ้าอายุการเก็บขึ้นกับการสูญเสีย หรือการรับความชื้น(เช่น เค้กหรือบิสกิต) หรือถ้าอาหารบรรจุอยู่ในพลาสติกที่ต้านทานการซึมผ่านของออกซิเจนแต่ไวต่อความชื้น เช่น EVOH (ethylene vinyl alc. copolymer) การควบคุมความชื้นสัมพันธ์จะกลายเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาในการศึกษาหาอายุการเก็บ

ถ้าการหาอายุการเก็บจำเป็นต้องทดสอบในเขตร้อนหรือเขตอบอุ่น ก็ใช้สภาวะการเก็บดังกล่าว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหลายชนิดจะเกิดด้วยอัตราสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในทำนองเดียวกัน ถ้าผลิตภัณฑ์ต้องพบกับอุณหภูมิที่ใกล้หรือต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ก็จำเป็นต้องใช้สภาวะการเก็บที่อุณหภูมิดังกล่าว เนื่องจากสภาวะดังกล่าวอาจทำให้สารทำให้ข้นบางตัวไม่คงตัว เช่น พวกแป้งดัดแปร (modified starches)

อาหารแช่แข็งมักเก็บที่อุณหภูมิ -25 และ -30 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานโดยผู้ผลิต และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ในระหว่างจัดจำหน่าย, การแสดงบนชั้นสินค้าปลีก, และในช่องแช่แข็งของตู้เย็นตามบ้านการทดสอบอายุการเก็บก็ควรใช้อุณหภูมิต่างๆ ดังกล่าวในการทดสอบด้วย และเนื่องจากอาหารแช่แข็งส่วนใหญ่หลังการซื้อ ผู้บริโภคนำไปกลับบ้านโดยไม่มีระบบทำให้เย็นหรืออย่างมากก็ใส่ภาชนะ ที่เป็นฉนวนความร้อนเท่านั้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพทางอาหาร ดังนั้นในการหาอายุการเก็บจึงต้องพิจารณาช่วงเวลาที่เหมาะสม ณ อุณหภูมิที่เหมาะสมด้วย

หลักการหาอายุการเก็บมักเกี่ยวข้องกับการประเมินคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นรส การประเมินดังกล่าวบ่อยครั้งจึงไม่ค่อยแน่นอน เนื่องจากอาจไม่มีตัวอย่างควบคุมที่เหมาะสมที่จะเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เก็บ โดยเฉพาะในกรณีของผลิตภัณฑ์ใหม่การแช่แข็งมักใช้เป็นวิธีการเก็บตัวอย่างมาตรฐานหรืออ้างอิง เนื่องจากไม่มีวิธีอื่น การเปรียบเทียบคุณภาพของตัวอย่างที่เก็บและตัวอย่างมาตรฐานจึงเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น

ส่วนการประเมินคุณภาพทางด้านปริมาณ เช่น สี ลักษณะเนื้อสัมผัส ความหนืด ปริมาณของน้ำหรือน้ำมันที่เกิดการแยกตัวควรมีการทดสอบด้วย ถ้ามีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (subjective) หรือสามารถใช้เป็นดัชนีที่เชื่อถือได้ที่แสดงการเสื่อมเสียคุณภาพ

2.6.2 วิธีการทดสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร (Evaluation of Food Product Shelf life)

การทดสอบอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารแบ่งออกเป็นสามกลุ่มโดยทั่วไป ดังนี้

2.6.2.1 การทดสอบที่ออกแบบมาเพื่อหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่

2.6.2.2 การทดสอบที่ออกแบบมาเพื่อศึกษาผลของปัจจัยเฉพาะ และผลของปัจจัยต่างๆ ร่วมกัน เช่น ผลของอุณหภูมิการเก็บ วัสดุหีบห่อ หรือการใช้สารเจือปน (Food addtives) ต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

2.6.2.3 การทดสอบที่ออกแบบมาเพื่อหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างหรือผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

2.6.3 วิธีการพื้นฐานต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ จะเป็นได้ดังนี้

2.6.3.1 การศึกษาจากสิ่งตีพิมพ์ (Literature) อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกันได้จากสิ่งตีพิมพ์ ที่มีการตีพิมพ์หรือข้อมูลภายในบริษัท

2.6.3.2 เวลาหมุนเวียนของการผลิต (Turnover time) ช่วงเวลาเฉลี่ยที่ผลิตภัณฑ์อยู่บนชั้นขายปลีก โดยการติดตามการขายจำหน่ายปลีกออกไปจากทำให้ประมาณอายุการเก็บที่ต้องการได้ ค่าที่ได้ไม่ได้ให้ค่าอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่แท้จริงของผลิตภัณฑ์ แต่เป็นการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการโดยสมมติว่า ผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับในช่วงเวลาหนึ่งหลังจากช่วงเวลาเฉลี่ยบนชั้นขายปลีก

2.6.3.3 ศึกษาจุดยุติ (End point study) เป็นการศึกษาโดยสุ่มซื้อตัวอย่างของผลิตภัณฑ์จากร้านค้าปลีก และทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาคุณภาพ จากข้อมูลนี้ จะสามารถประมาณอายุการเก็บที่เหมาะสมได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะแวดล้อมจริง ๆ ระหว่างที่อยู่ในโกดังและในร้านค้าปลีก

2.6.3.4 การทดสอบอายุการเก็บรักษาแบบสภาวะเร่ง (Accelerated shelf life testing) ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยเร่งปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมหนึ่งที่ทราบค่า เพื่อที่จะให้ผลิตภัณฑ์มีการเสื่อมเสียด้วยอัตราที่เร็วกว่าอัตราปกติ วิธีนี้เพื่อประมาณผลของสภาวะแวดล้อมต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ไม่ว่าจะเลือกวิธีใด หรือเหตุผลสำหรับการเลือกใดก็ตามการหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์มักใช้การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับเครื่องมือหรือการวิเคราะห์ทางเคมีอื่น ๆ โดยให้การยอมรับของผู้บริโภคมีความสัมพันธ์กับการวัดทางกายภาพซึ่งสามารถใช้ในการศึกษาทางจลน์พลศาสตร์ได้ง่ายกว่า นอกจากนี้การที่นักวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหารพยายามที่ใช้การวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือหรือทางเคมีแทนการตัดสินใจของมนุษย์ เนื่องจากไม่มีผลทางด้านอารมณ์ ซึ่งจะมีผลต่อการประเมินของคน อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจการยอมรับของอาหารโดยใช้คนในขั้นสุดท้ายยังเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้น ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือหรือทางเคมีจำเป็นต้องมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการตัดสินด้วยประสาทสัมผัส

การเลือกวิธีการประเมินผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบหาอายุการเก็บ ด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส ขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการทดสอบ เช่น การประเมินการยอมรับของผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนมักใช้สำหรับโปรแกรมเพื่อหาopen dating ขณะการทดสอบแบบแยก (discrimination) โดยผู้ชิมที่ผ่านการฝึกฝนอาจใช้เพื่อหาผลของภาชนะบรรจุชนิดใหม่ต่อความคงตัวของอาหาร สำหรับการหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ใหม่ และในกรณีที่มาตรฐานความสดไม่สามารถรักษาไว้ได้ในช่วงเวลาของการเก็บจะใช้การวิเคราะห์แบบdescriptive profile แทน

ในการทดสอบอายุการเก็บมักใช้เกณฑ์ในการพิจารณาหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งเกณฑ์ ซึ่งอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ เกณฑ์อันหนึ่งที่ใช้อาจเป็นปริมาณเฉพาะค่าหนึ่งที่เพิ่มหรือลดด้วยคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการชิม อีกเกณฑ์หนึ่งเป็นการเสื่อมเสีย เนื่องจากจุลินทรีย์ของตัวอย่างจนมีระดับที่ทำให้อาหารเกิดความไม่เหมาะสมหรือไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค สุดท้ายอาจเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพใด ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงในด้านกลิ่น สี ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรส ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับทั้งต่อผู้ชิมหรือผู้บริโภค เหล่านี้ล้วนเป็นเกณฑ์ที่ใช้แสดงว่าผลิตภัณฑ์หมดอายุแล้ว ดังนั้น การหมดอายุของตัวอย่างอาหารอาจระบุว่าเป็นสภาวะของผลิตภัณฑ์ที่แสดงลักษณะเฉพาะทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลินทรีย์ หรือทางด้านประสาทสัมผัสซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเวลาที่ต้องการจนผลิตภัณฑ์แสดงสภาวะดังกล่าวคือ อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

ดังกล่าวมาแล้วในตอนต้น เนื่องจากเป็นกฎทั่วไป ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในระหว่างการหาอายุการเก็บควรมีการประเมินประมาณ 6 ครั้ง ระหว่างอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ให้ดังนั้นในอาหารที่มีอายุการเก็บสั้น เช่น พวกอาหารที่ต้องแช่เย็น ต้องทำการตรวจสอบทุกวัน จนกว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บที่ยาวนาน เช่น อาหารกระป๋องอาจทำการทดสอบทุก6 เดือนก็ได้

ความรู้พื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ คือ ความรู้ทางด้านการกระจายตัวทางสถิติ (statistical distribution) ของตัวอย่างต่าง ๆ เพื่อที่ว่า จะสามารถประมาณเวลาเฉลี่ยที่ผลิตภัณฑ์แสดงความล้มเหลว (ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้อย่างถูกต้อง ช่วงเวลาของอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ได้จากค่าเฉลี่ยของเวลาที่ไม่ยอมรับ โดยสมมติฐานว่าค่าการกระจายตัวของเวลาที่ผลิตภัณฑ์แสดงความล้มเหลวเป็นการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบปกติมาตรฐาน (normal distribution) ดังนั้น การปรับปรุงวิธีการประมาณอายุการเก็บ จำเป็นต้องมีความรู้ในเรื่องการกระจายตัวทางสถิติ (statistical distribution) ร่วมกับการใช้โมเดลที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งโมเดลทางสถิติ 5 โมเดลที่ใช้กับข้อมูล ได้แก่ ปกติ (normal) , เครื่องคิดเลข (lognormal) , แบบสมการ (exponential) , We bull และextreme-value distribution โดย We bull distribution เป็นโมเดลสำหรับการหาอายุการเก็บที่เหมาะสมที่สุด และมีตัวอย่างสำหรับการใช้ในการทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยLabuza และ Schmidl (1988) ปัญหาหนึ่งสำหรับการทดลองทางด้านอายุการเก็บคือการพัฒนาการออกแบบการทดลอง (experimental design) โดยลดจำนวนตัวอย่างที่ต้องการให้น้อยที่สุดดังนั้นจะเสียค่าใช้จ่ายสำหรับการทดสอบต่ำสุดและยังให้คำตอบที่เชื่อถือได้

2.6.4 การทดสอบอายุการเก็บในสภาวะเร่ง (accelerated shelf life testing ASLT)

การพัฒนาอาหารที่มีอายุการเก็บที่นานมักต้องการผลการทดสอบอายุการเก็บในเวลาที่สั้นขึ้นเพื่อให้ตรงกับกำหนดเวลาที่จะออกผลิตภัณฑ์ เทคนิคที่รวดเร็วขึ้นก็มีแต่มักต้องอาศัยข้อมูลเสริมจากการทดสอบในสภาวะปกติ (direct determination) เพื่อเป็นการยืนยันด้วย

เทคนิคที่ใช้ในสภาวะเร่งต่าง ๆ มีการนำมาใช้หลายวิธีแต่เมื่อใช้เทคนิคเหล่านี้ การเสื่อมเสียจะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดเร็วขึ้นเมื่อเทียบจากสภาวะการเก็บปกติ ทำให้ความน่าเชื่อถือของค่าการประมาณอายุการเก็บน้อยลง ปัญหา และความคลาดเคลื่อนสามารถเกิดขึ้นในการใช้เทคนิคสภาวะเร่ง เช่น ไม่มีข้อได้เปรียบในการทำให้ผลิตภัณฑ์หนึ่งเกิดความไม่คงตัวขึ้น เมื่อผลิตภัณฑ์นั้นมีความคงตัวอย่างมากระหว่างการเก็บในสภาวะปกติ ผลที่ได้จากการใช้เทคนิคในสภาวะเร่งต้องตีความด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากเทคนิคเหล่านี้ไม่สามารถใช้ได้กับทุกผลิตภัณฑ์ เราสามารถประมาณอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ใหม่หรือที่ปรับปรุงจากการใช้ประสบการณ์ในเรื่องของอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่คล้ายกันก่อนที่จะทำการทดสอบอายุการเก็บใดๆ

การเพิ่มอุณหภูมิที่เก็บจะเร่งกระบวนการเสื่อม (ageing) หลาย ๆ อย่างซึ่งเป็นพื้นฐานของวิธีการเร่งหลายอย่าง การเก็บที่ 30องศาเซลเซียส ไปเป็น 33องศาเซลเซียส จะทำให้การเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นรสเพิ่มขึ้น2-3 เท่า ส่วนการเก็บที่ 35องศาเซลเซียส ไปเป็น 40 องศาเซลเซียส สามารถทำให้การแยกของน้ำหรือน้ำมันเกิดเร็วขึ้น4เท่าและทำให้ดีบุกละลายออกมาจาก

กระป๋องที่ไม่เคลือบแลคเกอร์ได้ง่ายขึ้น การเก็บที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-6 สัปดาห์ทำให้ผักดองและซอสไม่คงตัวเกิดขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ยังคงตัวภายหลังการเก็บนี้ อาจจะคงตัวเป็นเวลานานที่อุณหภูมิปกติ อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิที่สูงก็แสดงผลการไฮโดรไลซิสด้วยกรด (acid hydrolysis) ของแป้งในอาหารที่คงตัวทั่ว ๆ ไป

ถ้าให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 0 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องสลับกันไปเรื่อย ๆ จะเร่งการแยกตัวของน้ำในอาหารที่ทำให้ข้นด้วยแป้ง ถ้าผลิตภัณฑ์ผ่านวงจรดังกล่าว 30 ครั้ง มากกว่า 2 เดือน จะเป็นการแนะว่า ผลิตภัณฑ์นี้จะมีความคงตัวมากกว่า 2 ปีที่อุณหภูมิห้อง

เมื่อออกซิเจนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเรื่องกลิ่นรส หรือสีของอาหารในภาชนะบรรจุที่ยอมให้ซึมผ่าน (พลาสติก) บรรยากาศที่มีออกซิเจนสูงจะเร่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในขณะที่ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงถ้าใช้พอลิเมอร์พวก EVOH จะเป็นชั้นที่ป้องกันออกซิเจนการเก็บผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในบรรยากาศที่มีไนโตรเจนควรจะพิจารณาร่วมกับสภาวะที่ออกซิเจนเพิ่มขึ้น เพื่อที่ผลของออกซิเจนสามารถถูกแยกออกจากผล เนื่องจากการเปลี่ยนแปลง อื่น ๆ การสั่นที่ควบคุมไว้ที่ 250-300 strokes/นาที เพื่อให้เกิดการกวนผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลางหลายชั่วโมงทำให้เกิดการแยกของผลิตภัณฑ์อิมัลชั่นที่ไม่เสถียรขึ้น อัตราการสั่นและลักษณะของภาชนะบรรจุต้องมีการควบคุม (หรือตัวอย่างมาตรฐานควรถูกเขย่าใกล้กับตัวอย่างที่ทำการทดลอง)

Storage defects ในอาหารแช่แข็งสามารถเร่งให้เกิดได้โดยการเก็บที่อุณหภูมิสูงกว่าปกติดังนั้น การเปลี่ยนแปลงที่เร็วมากจะเกิดขึ้นที่ -18 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่เก็บเป็นเวลานานที่อุณหภูมิต่ำกว่า -25 องศาเซลเซียส และการเปลี่ยนแปลงจะเกิดเร็วขึ้นอีกที่ -10 องศาเซลเซียส ลักษณะการเสื่อมเสีย เช่น การเติบโตของผลึกน้ำแข็งและการเกิด freeze burn จะถูกเร่ง ถ้าอุณหภูมิการเก็บขึ้น ๆ ลง ๆ ขณะที่อาหารยังคงอยู่ในสภาพแช่แข็ง

2.6.4.1 หลักการพื้นฐาน

สมมติฐานสำหรับการทดสอบอายุการเก็บในสภาวะเร่ง (ASLT) เป็นหลักการทางจลน์พลศาสตร์ทางเคมีซึ่งใช้ในการประมาณผลของปัจจัยภายอก (extrinsic factors) เช่น อุณหภูมิความชื้น บรรยากาศของแก๊ส และแสงที่มีต่ออัตราของปฏิกิริยาการเสื่อมเสีย โดยการให้อาหารอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ควบคุมให้ปัจจัยภายนอกหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งปัจจัยอยู่ในระดับที่สูงกว่าระดับปกติ ทำให้อัตราการเสื่อมเสียถูกเร่งให้เร็วขึ้น มีผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับในช่วงเวลาสั้นขึ้น ขนาดของการเร่งสามารถคำนวณได้และสามารถคำนวณอายุการเก็บที่“แท้จริง” ของผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะปกติ เนื่องจากสามารถประมาณผลของปัจจัยภายนอกที่มีต่อปฏิกิริยาการเสื่อมเสีย

ผลิตภัณฑ์อาหารมักต้องการทดสอบแบบ ASLT เนื่องจากอาหารหลายชนิดมีอายุการเก็บอย่างน้อย 1 ปี การประเมินผลของอายุการเก็บจากการเปลี่ยนแปลงในผลิตภัณฑ์ (เช่น การใช้สาร antioxidant หรือสารทำให้ข้นตัวใหม่) การเปลี่ยนแปลงกระบวนการ (เช่น กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยค่าความร้อนที่เวลาหรืออุณหภูมิใหม่) หรือการเปลี่ยนแปลงภาชนะบรรจุใหม่ (เช่น ใช้พอลิเมอร์ฟิลม์ใหม่) อาจต้องการทดสอบอายุการเก็บที่ต้องใช้เวลาอย่างน้อยที่สุดนานเท่ากับอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ บริษัทต่าง ๆ ไม่สามารถที่จะรอช่วงเวลาที่ยาวนานดังกล่าวเพื่อที่จะรอคำตอบว่า ผลิตภัณฑ์ใหม่ กระบวนการใหม่ หรือภาชนะบรรจุใหม่จะให้อายุการเก็บที่เพียงพอ เนื่องจากการตัดสินใจอื่น (เช่น การสร้างโรงงานใหม่ การสั่งเครื่องจักรใหม่หรือการทำสัญญาใหม่สำหรับการจัดหาวัสดุการบรรจุใหม่) จำเป็นต้องใช้เวลาเป็นเดือนหรือเป็นปี วิธีที่เร่งเวลาที่ต้องการหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ให้เร็วขึ้นเป็นสิ่งสำคัญ จึงได้มีการพัฒนาวิธี ASLT ขึ้นมา

เมื่อให้ระดับการเสื่อมเสียค่าหนึ่ง และให้อันดับของปฏิกิริยา ค่าคงที่อัตราจะเป็นสัดส่วนกลับกับเวลาที่จะถึงระดับการสูญเสียคุณภาพ ดังนั้นเมื่อให้อัตราส่วนของอายุการเก็บระหว่างอุณหภูมิใด ๆ สองอุณหภูมิที่อยู่ห่างกัน 10 องศาเซลเซียส ค่า Q_{10} ของปฏิกิริยาสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q_{10} = K_{(T+10)}/K_T = \theta_{S(T)}/\theta_{(ST+10)}$$

วิธีการนี้ใช้ในอุตสาหกรรมทางด้านยามานานแล้ว เนื่องจากอายุการเก็บและประสิทธิภาพของยามีความสัมพันธ์กันมาก อย่างไรก็ตาม การใช้ ASLT ในอุตสาหกรรมอาหารไม่ได้มีการใช้อย่างแพร่หลายอย่างที่ควร เนื่องจากการขาดข้อมูลพื้นฐานของผลของปัจจัยภายนอกต่ออัตราปฏิกิริยาการเสื่อมเสีย

2.6.4.2 วิธีการทดสอบแบบ ASLT

วิธีการต่อไปนี้ ควรจะมีการใช้เพื่อออกแบบการทดสอบอายุการเก็บสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารดังนี้

- หาความปลอดภัยทางด้านจุลินทรีย์ และหาพารามิเตอร์ทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์

- เลือกปฏิกิริยาการเสื่อมเสียสำคัญ ๆ (อาจมากกว่า 1) ซึ่งจะก่อให้เกิดการสูญเสียคุณภาพ และทำให้เกิดการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค และตัดสินว่า ผลิตภัณฑ์ควรจะดำเนินการทดสอบอะไร (การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส หรือการทดสอบด้วยการใช้เครื่องมือ) ระหว่างการทดลอง

- เลือกภาชนะบรรจุที่จะใช้ บ่อยครั้งจะทำการทดสอบภาชนะบรรจุจำนวนหนึ่ง เพื่อสามารถเลือกวัสดุที่เป็นcost-effective มากที่สุด

- เลือกปัจจัยภายนอกที่จะใช้ในการเร่ง สภาวะการเก็บต่างๆ สำหรับการทดลองด้วยวิธีASLT และจำเป็นต้องเลือกอย่างน้อย2 ปัจจัยดังแสดงในตารางที่2.4

ตารางที่ 2.4 สภาวะการเก็บอาหารแต่ละประเภทที่แนะนำไว้สำหรับการทดสอบASLT

Frozen Foods	Dry and IMF Foods	Canned Foods
-40องศาเซลเซียส	0องศาเซลเซียส (control)	5°C (control)
-15 องศาเซลเซียส	23องศาเซลเซียส (room temp.)	23องศาเซลเซียส (room temp.)
-10องศาเซลเซียส	30องศาเซลเซียส	30องศาเซลเซียส
5 องศาเซลเซียส	35องศาเซลเซียส	35องศาเซลเซียส
40 องศาเซลเซียส	40 องศาเซลเซียส	45 องศาเซลเซียส

ที่มา : รุ่งนภา ,2540

ตารางที่ 2.5 สภาวะต่าง ๆที่ใช้ในการทดสอบแป้งในสภาวะเร่ง

Temperature cycling	Elevated temperatures
4องศาเซลเซียส - 25°C with 48 hours per cycle	30°C for 4-6 months for flavor evaluation
Review at 15 cycles	37องศาเซลเซียส for 3-6 months for stability
Test complete at 30 cycles	55องศาเซลเซียส 1 -2 months for early warning

ที่มา : รุ่งนภา ,2540

ตัวอย่างการใช้ภาวะเร่งเพื่อการทดสอบอายุการเก็บรักษาแป้งแสดงดังตารางที่ 2.5

- การหาว่าผลิตภัณฑ์จะต้องอยู่ในแต่ละอุณหภูมินานเท่าใด ถ้าไม่มีค่า Q_{10} จำเป็นต้องทำการทดสอบด้วยวิธี open – ended ASLT

- การหาความถี่ในการทดสอบโดยช่วงเวลาระหว่างการทดสอบต่างๆ ที่อุณหภูมิใด ๆ ที่ต่ำกว่าอุณหภูมิสูงสุดไม่ควรนานกว่าค่า

$$f_2 = {}_1Q_{10}^{\Delta/10}$$

เมื่อ f_1 = เวลาระหว่างการทดสอบ (เช่น วัน สัปดาห์) ที่อุณหภูมิทดสอบที่สูงสุด T_1

f_2 = เวลาระหว่างการทดสอบที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า T_2

Δ = ความแตกต่างระหว่าง T_1 และ T_2 (องศาเซลเซียส)

ดังนั้น ถ้าผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 40 องศาเซลเซียส และทำการทดสอบเดือนละ 1 ครั้ง ดังนั้นที่ 30°C ที่มีค่า $Q_{10} = 3$ ผลิตภัณฑ์ควรมีการทดสอบอย่างน้อยทุก ๆสัปดาห์

$$f_2 = f_1 Q_{10}^{\Delta/10} = 1 \times 3^{(10/10)} = 3 \text{ เดือน}$$

การทดสอบที่ความถี่มากขึ้นอาจเป็นที่ต้องการโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าค่า Q_{10} เป็นทราบอย่างแน่ชัด และเนื่องจากต้องการจุดข้อมูลอย่างน้อย 6 จุด เพื่อให้ ความคลาดเคลื่อนทางสถิติน้อยที่สุด มิฉะนั้นควรน่าเชื่อถือของการประเมิน อายุการเก็บจะน้อยลง

- คำนวณจำนวนตัวอย่างที่ต้องเก็บในแต่ละสภาวะการทดสอบรวมทั้งตัวอย่างที่ต้องเก็บไว้เพื่อเป็นตัวควบคุม

- เริ่มการทดสอบ ASLTs เขียนกราฟข้อมูลเมื่อได้ข้อมูลแล้ว ทั้งนี้ เพื่อสามารถเพิ่มหรือลดความถี่ในการเก็บข้อมูลให้เหมาะสม

- จากแต่ละสภาวะการเก็บ เขียนกราฟอายุการเก็บ (shelf life plot) จากข้อมูลที่ได้เพื่อประมาณอายุการเก็บที่เป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะการเก็บปกติ

2.4.6.3 ปัญหาในการใช้ วิธีการทดสอบแบบ ASLT

ปัญหาที่พบและความคลาดเคลื่อนที่สามารถเกิดขึ้นได้ในการทดสอบด้วยสภาวะ ASLT ดังต่อไปนี้

- ความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์หรือการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยทั่วไปการวิเคราะห์ใด ๆ ควรมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า ±10% เพื่อให้ความคลาดเคลื่อนจากการประมาณอายุการเก็บน้อยที่สุด

- เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงภาวะอาจเกิดขึ้นได้ (เช่น ไขมันเปลี่ยนไปเป็นของเหลว) ซึ่งสามารถเร่งปฏิกิริยาบางตัวได้ ทำให้อายุการเก็บจริง ๆ อาจสั้นกว่าที่ทำนายไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า

- คาร์โบไฮเดรตในสภาวะอสัณฐานอาจจะเกิดการตกผลึกออกมาที่อุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้อายุการเก็บที่ทำนายไว้สั้นกว่าอายุการเก็บที่สภาวะอุณหภูมิห้อง

- ตัวอย่างควบคุมที่แช่แข็งทำให้สารตั้งต้นเข้มข้นในส่วนของเหลวที่ยังไม่แข็งตัวอาจทำให้เกิดอัตราการเสื่อมเสียที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ สูงกว่าที่คาดไว้ภายใต้สภาวะปกติ

- ถ้าปฏิกิริยาที่ทำให้คุณภาพของอาหารสูญเสียไป2 ปฏิกิริยามีค่า Q_{10} แตกต่างกันปฏิกิริยาที่มีค่าQ_{10} สูงกว่าอาจมีผลต่อคุณภาพของอาหารที่อุณหภูมิสูงกว่า ในขณะที่อุณหภูมิการเก็บทั่วไปปฏิกิริยาที่มีQ_{10} ต่ำกว่าอาจมีผลมากกว่า ทำให้การทำนายอายุการเก็บอาจผิดพลาดได้

- ค่า a_w ของอาหารแห้งสามารถเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้อัตราปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่มีค่าa_w ต่ำในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ทำให้ทำนายอายุการเก็บมากเกินความเป็นจริงที่อุณหภูมิต่ำกว่า

- ความสามารถในการละลายได้ของแก๊ส (โดยเฉพาะการละลายของออกซิเจนในไขมันหรือน้ำ) ลดลงเกือบ 25 % ที่ทุก 10 องศาเซลเซียส ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น ปฏิกิริยาการออกซิเดนชั่นเช่น การสูญเสียวิตามินซี หรือ กรด linoleic จะมีอัตราลดลง ถ้าปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่เป็นปัจจัยที่จำกัด ดังนั้นที่อุณหภูมิสูงกว่า อัตราจะน้อยกว่าที่คาดไว้เป็นผลทำให้การทำนายอายุการเก็บต่ำกว่าที่ควรเป็นจริงที่อุณหภูมิการเก็บปกติ

- ถ้าผลิตภัณฑ์ไม่ได้วางไว้ในถุงที่ไม่สามารถซึมผ่านได้อย่างสมบูรณ์การเก็บในห้องที่มีอุณหภูมิสูงความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะทำให้เกิดการสูญเสียความชื้น และจะไปลดอัตราการสูญเสียคุณภาพเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความชื้น ทำให้การทำนายอายุการเก็บได้สั้นกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า

- ถ้าใช้อุณหภูมิที่สูงมากพอ โปรตีนอาจเกิดการสูญเสียสภาพทางธรรมชาติมีผลทำให้ให้ปฏิกิริยาของโซ่อะมิโนเพิ่มขึ้นหรือลดลง และมีผลทำให้การทำนายอายุการเก็บต่ำกว่าหรือสูงกว่าอายุการเก็บที่แท้จริง

จะเห็นว่าจากปัญหาต่าง ๆ และความคลาดเคลื่อนที่กล่าวมาแล้ว การใช้ ASLT ในการทำนายอายุการเก็บที่แท้จริงจะจำกัดมาก ยกเว้นในกรณีที่เป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่ง่ายมาก ดังนั้น นักเทคโนโลยีการบรรจุอาหารควรจะมีการยืนยันผลการทดสอบ ASLT ของผลิตภัณฑ์อาหารหนึ่ง ๆ โดยทำการทดสอบอายุการเก็บภายใต้สภาวะแวดล้อมจริง ๆ เมื่อทราบ

ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บที่แท้จริงที่ได้จากASLT เราสามารถใช้ ASLT สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดนั้น เมื่อต้องการประเมินตัวแปรทางด้านกระบวนการหรือภาชนะบรรจุ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยเป็นจำนวนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย บางส่วนของงานวิจัยนี้ได้อ้างถึง และรวบรวมไว้ดังนี้

ปราณี (2525) ได้ทดลองทำแห้งน้ำมะนาว และน้ำมะนาวเข้มข้นแบบพ่นฝอย โดยใช้สารช่วยทำให้แห้ง(drying aid) 3 ชนิด คือ กลูโคส ซูโครส และมอลโตเด็กซ์ตริน (DE 9.2) โดยใช้อุณหภูมิอากาศร้อนเข้า 180 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศร้อนออก 100 องศาเซลเซียส ความดันของ atomizer 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลการศึกษาพบว่า สารช่วยการทำแห้งที่ให้ผลดีที่สุดคือ มอลโตเด็กซ์ตริน โดยใช้ในปริมาณ 30 เปอร์เซ็นต์

ณัฐรีพร (2549) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตน้ำบ๊วยผง โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย และศึกษาคุณภาพของเครื่องดื่มบ๊วยผงที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของเครื่องดื่มบ๊วยผงเมื่อเก็บรักษาไว้ เป็นเวลา 2 เดือน ผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มบ๊วยผงโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย คือ ใช้มอลโตเด็กซ์ตรินปริมาณร้อยละ 10 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ของส่วนผสมทั้งหมด และใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 108 องศาเซลเซียส จะได้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มบ๊วยผงที่มีคุณภาพทางเคมี กายภาพและทางประสาทสัมผัสที่ดี

วรรณี (2545) ศึกษากระบวนการทำแห้งน้ำมะนาวโดยใช้วิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยเริ่มจากการลดความขมของมะนาวด้วยการนำผลมะนาวไปลวกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ก่อนคั้นน้ำมะนาว พบว่าช่วยลดความขมจากสารให้รสขมที่เปลือกมะนาวลงได้ จากนั้นศึกษาสารตัวพาที่เหมาะสมต่อการทำแห้งแบบพ่นฝอย 3 ชนิด คือ มอลโตเด็กตริน กัมอารบิค และน้ำเชื่อมกลูโคส พบว่าการทำแห้งมะนาวผงโดยใช้สารพาตัวคือน้ำเชื่อมกลูโคสในสัดส่วนของน้ำมะนาวต่อน้ำเชื่อมกลูโคส DE 26 ที่อัตราส่วน 100:30 จะให้ผลิตภัณฑ์มะนาวผงที่มีคุณภาพดี

พรรณจิรา และคณะ (2545) ศึกษากระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผง โดยการหาสภาวะในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยและเครื่องอบแห้งไมโครเวฟระบบสูญญากาศ และการเพิ่มความสามารถในการละลายของน้ำผักผลไม้รวมผง ซึ่งใช้น้ำผักผลไม้รวมที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรระหว่างน้ำส้ม น้ำแครอท และน้ำมะนาวเท่ากับ 49:34:17 และมีระดับปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 16 องศาบริกซ์ เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นผลการศึกษาพบว่า เมื่อนำน้ำผักผลไม้รวมมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ระดับ 100 , 110 , และ 120 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ระดับร้อยละ 13 , 16 และ 19 โดยน้ำหนัก พบว่าการใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 110 องศาเซลเซียสและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 16 โดยน้ำหนัก จะให้ผลิตภัณฑ์ผงที่มีคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสดีที่สุด

Borges และคณะ (2002) ศึกษาการใช้มอลโตเด็กซ์ตริน เป็นสารช่วยการทำแห้ง (drying aid) ในน้ำสับปะรดและน้ำเสาวรสพ่นฝอย โดยใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ระดับ 20-30 เปอร์เซ็นต์ และใช้อุณหภูมิอากาศร้อนออกในช่วง 85 – 95 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและอุณหภูมิอากาศร้อนออก ไม่มีผลต่อความสามารถในการละลาย และความเป็นรูพรุนของอนุภาพผลิตภัณฑ์ผงที่ได้แต่ การเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลให้ เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตที่ได้ (yield) ของการทำแห้ง และ bulk density ของผลิตภัณฑ์ผงเพิ่มขึ้น

Yusof และคณะ (1995) ศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ได้จากการไฮโดรไลซ์แป้ง 3 ชนิด คือ Mor-rex (แป้งข้าวโพด) Fieldose (แป้งสาลี) และ Pasilli (แป้งมันฝรั่ง) เป็น encapsulating agents สำหรับ sour sop flavor โดยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า Mor-rex ให้ผลดีที่สุด กล่าวคือ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้สูงที่สุด ผลิตภัณฑ์มีการจับตัวเป็นก้อนน้อยที่สุด และละลายได้ดีที่สุด

นอกจากนี้ Yusof และคณะ (1995) ยังได้ทดลองใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารช่วยการทำแห้ง (drying aid) ในการทำแห้งน้ำผักผสมซึ่งประกอบด้วยผัก 8 ชนิด คือ มะเขือเทศ แตงกวา แครอท ผักกาดหอม หัวบีท ผัดขม คื่นฉ่าย และ ผักชี ด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิอากาศร้อนเข้า 145±5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศออก 108 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้เมื่อนำมาละลายน้ำจะมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำผักเริ่มต้นอย่างมาก

Juan และคณะ (1987) ศึกษาการใช้มอลโตเด็กซ์ตริน (DE 14) ปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารช่วยการทำแห้ง (drying aid) ในการผลิตชงผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที พบว่ามอลโตเด็กซ์ตรินที่ใช้มีผลต่อสมบัติด้านการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นวิกฤตซึ่งเป็นความชื้นที่ผลิตภัณฑ์จะจับตัวเป็นก้อนเพิ่มขึ้นจาก 7.5 เปอร์เซ็นต์ เป็น 9.0 เปอร์เซ็นต์ และค่า critical water activity เพิ่มขึ้นจาก 0.42 เป็น 0.52 ดังนั้นจึงมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีสมบัติการกระจายตัว (free flowing property) ที่ water activity ต่ำกว่า 0.50

Bhandari และคณะ (1993) ทดลองใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE ต่าง ๆ กันคือ 6, 12 และ 19 ในการทำแห้งน้ำผลไม้เข้มข้นแบบพ่นฝอย ผลการทดลองพบว่า มอลโตเด็กซ์ตรินที่มีค่า DE เท่ากับ 6 ให้ผลดีที่สุด โดยสัดส่วนของน้ำผลไม้ : มอลโตเด็กซ์ตริน ที่เหมาะสมจะแตกต่างกันไปตามชนิดของน้ำผลไม้ คือ 65 : 35 สำหรับ blackcurrant , 60 : 40 สำหรับ apricot, และ 55 : 45 สำหรับ raspberry และควรใช้อุณหภูมิอากาศร้อนเข้าที่ค่อนข้างต่ำคือ 60 – 90 องศาเซลเซียส ในการทำแห้ง

Partanen และคณะ (2002) ศึกษาการทำแคปซูล (encapsulation) น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจาก caraway fruit ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเด็กซ์ตริน เป็นสารช่วยการทำแห้ง (drying aid) พบว่า มอลโตเด็กซ์ตรินที่ผลช่วยลดการสูญเสียของสารให้กลิ่นรสที่สำคัญ 2 ชนิด ของ caraway fruit oil คือ limonene และ carvone ในระหว่าการทำแห้ง โดยสามารถป้องกันการสูญเสียของสารให้กลิ่นทั้งสองได้ที่อุณหภูมิถึง 160 และ 120 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

Kuo และคณะ (2000) ศึกษาการใช้มอลโตเด็กซ์ตริน (DE 11 - 14) เป็น drying aid ในการทำแห้งสารให้กลิ่นรสที่ประกอบด้วย d-limonene , benzaldehyde และ pentanol ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นกระจาย โดยได้ทดลองแปรปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ระดับต่าง ๆ เพื่อให้ตัวอย่างมีความเข้มข้นเริ่มต้นในช่วง 20 - 40% w/w ผลการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ใช้จะมีผลให้ความคงตัวของสารให้กลิ่นรสในระหว่างการทำแห้งสูงขึ้น และวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะสามารถรักษาสารให้กลิ่นไว้ได้ดีกว่าการทำแห้งแบบพ่นฝอย

บทที่3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 น้ำมะขามเปียก	สวนวัง
3.1.2 น้ำตาลทรายดิบธรรมชาติ	วังขนาย
3.1.3 น้ำปลา	ทิพย์รส
3.1.4 น้ำส้มสายชู	อสร.
3.1.5 เกลือป่น	ปรุงทิพย์
3.1.6 มอลโตเด็กซ์ตริน	(DE 11.78)

3.2 อุปกรณ์สำหรับเตรียมวัตถุดิบ

อุปกรณ์และเครื่องมือการผลิต ประกอบด้วย

3.2.1 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer) Niro IEA
3.2.2 เครื่องชั่งทศนิยม4ตำแหน่ง Sartorius
3.2.3 เครื่องปิดผนึกถุงระบบสูญญากาศ Ultra VAC
3.2.4 อุปกรณ์ครัวต่างๆ เช่น เตาแก๊ส หม้อเหล็กไม่เป็นสนิม

3.3 อุปกรณ์ และเครื่องมือด้านการประเมินคุณภาพ ประกอบด้วย

3.3.1 อุปกรณ์ทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.3.3.1 อุปกรณ์ทดสอบได้แก่ แบบทดสอบชิม และอุปกรณ์ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

3.3.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.3.2.1 เครื่องวัดค่าสี(Chroma meter) Hunter lab รุ่น DP-9000TM
3.3.2.2 เครื่องวัดค่า a_w (Rotronicay) Aqua lab รุ่น CX3TE

3.3.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.3.3.1 เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟาเรด
3.3.3.2 เครื่องวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(Milwaukee MR32ATC)

3.3.4 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.3.4.1 อุปกรณ์เครื่องแก้วในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์
3.3.4.2 ตู้อบลมร้อนสำหรับฆ่าเชื้อ (Hot-air oven) Binder
3.3.4.3 หม้ออัดความดัน (Labo Autoclave) Sanyo
3.3.4.4 ตู้ปลอดเชื้อ (Bosstech) Haul Force
3.3.4.5 ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Incubator) Memmert
3.3.4.6 เครื่องเขย่าสารในหลอดทดลอง Mixer uzusio VTX – 3000L
3.3.4.7 สารเคมีใช้ในการวิเคราะห์จุลินทรีย์

3.3.5 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ทางสถิติ

3.3.5.1 แบบทดสอบชิม
3.3.5.2 คอมพิวเตอร์
3.3.5.3 โปรแกรมสำเร็จรูป

3.4 วิธีทำการทดลอง

3.4.1 การเตรียมน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรพื้นฐาน

น้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรพื้นฐานใช้สูตรส่วนประกอบของวัตถุดิบตามสัดส่วนแสดงดังตารางที่ 3.1 ซึ่งเป็นสูตรน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสมคิด (2551) ได้นำไปทดสอบการยอมรับจากคนต่างชาติในประเทศเยอรมนีและอังกฤษมาแล้ว และให้การยอมรับเป็นอย่างดีว่ามีรสชาติที่เหมาะสมและอร่อย โดยมีกรรมวิธีการเตรียมตามขั้นตอนในภาพที่ 3.1 สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ได้ดัดแปลงการใช้น้ำตาลทรายและน้ำตาลมะพร้าวจากสูตรเป็นน้ำตาลทรายสีธรรมชาติแทนและแยกออกมาจากส่วนประกอบของสูตรน้ำเครื่องปรุงเพื่อนำมาผสมกลับลงในเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ภายหลังการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย

3.4.2 ศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

การศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมเพื่อช่วยในการทำแห้งและการเกิดผลึกในผลิตภัณฑ์ ใช้ปัจจัยที่1 เป็น ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน ที่ 3 ระดับ คือร้อยละ 15 , 20 และ 25 เติมลงในส่วนผสมของน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยตามสูตรพื้นฐาน(ยกเว้นน้ำตารทรายสีธรรมชาติ) และดำเนินการตาม 3.4.1 จนได้น้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทย จึงนำไปศึกษาปัจจัยที่ 2 ร่วมโดยศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่ใช้ภาวะอุณหภูมิ 2 ระดับ คือ อุณหภูมิลมร้อนเมื่อเริ่มต้น 130 ±10 องศาเซลเซียส , อุณหภูมิลมร้อนเมื่อสิ้นสุด 80 ± 5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมร้อนเมื่อเริ่มต้น 150 ± 10 องศาเซลเซียส , อุณหภูมิลมร้อนเมื่อสิ้นสุด 90 ± 5 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยมาผสมน้ำตาลทรายสีธรรมชาติและนำมาคืนรูปโดยละลายกับน้ำต้มสุกในอัตราส่วนที่คำนวณมาจากสูตรพื้นฐานต่อไป จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพได้แก่ ค่าสี , ค่า a_w และคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ Yield และวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีได้แก่ ปริมาณความชื้น(%) และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (^{o} Brix)

ตารางที่ 3.1 ปริมาณส่วนประกอบของวัตถุดิบน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรพื้นฐาน

วัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบ (กรัม)
น้ำมะขามเปียก	500
น้ำตาลมะพร้าว	500
น้ำตาลทราย	50
น้ำส้มสายชู	63.5
น้ำปลา	125
เกลือ	15

ที่มา : สมคิด , 2551

ภาพที่ 3.1 แผนภูมิกรรมวิธีการเตรียมน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

ที่มา : สมคิด , 2551

3.4.3 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค ต่อเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

นำเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตได้จากภาวะที่เหมาะสมซึ่งคัดเลือกได้จากการทดลองข้อ 3.4.2 มาศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบ โดยเปรียบเทียบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด คือ เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่พัฒนาได้ (KT1) น้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรต้นแบบ (สมคิด, 2551) (KT2) และผลิตภัณฑ์เครื่องผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยจากท้องตลาด (KT3) โดยการคืนรูปเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย (KT1) และ(KT3) ใช้เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย 50 กรัม มาละลายน้ำ 50 กรัม จากนั้นนำน้ำเครื่องปรุงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยทั้ง 3 ชนิดมาผัดกับเส้นก๋วยเตี๋ยว โดย ผัดกับเส้นก๋วยเตี๋ยวผัดไทย80 กรัม เติมน้ำเปล่า 80 กรัม ผัดผสมให้เข้ากันจนแห้งได้ที่เป็นเวลา 5 นาที ใช้ไฟปานกลาง จากนั้นนำเครื่องปรุงผัดไทย 100 กรัม ลงไปผัดเป็นเวลา 4 นาที ใช้ไฟปานกลาง จากนั้นนำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยทั้ง3 สูตรที่ได้ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบ Hedonic Scale ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านอาหาร ของสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ และ สาขาวิชาอุตสาหกรรมบริการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และนำผลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance , ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3.4.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

นำเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ได้(KT1)มาศึกษาอายุการเก็บรักษา โดยนำมาบรรจุถุง Polypropylene แบบสูญญากาศ (Vacumm) แล้วบรรจุลงถุงฟอยล์อีกหนึ่งชั้น แล้วทำการศึกษาอายุการเก็บ โดยเก็บเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ คือ 30 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คือ วัดค่าสี และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของค่า a_w วิเคราะห์ทางเคมี คือ ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(^{o} Brix) วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา และนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยนำเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูปมาผัดกับเส้นก๋วยเตี๋ยวผัดไทย โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านอาหารประเมินคุณภาพ ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ (9 ระดับ – Points Hedonic Scale) และนำผลมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance , ANOVA)

และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (Duncan's New Multiple Range Test) โดยทำการทดสอบทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์

3.5 **สถานที่ทำการวิจัย**

3.5.1 ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา(521)

3.5.2 ห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหาร(622)

3.5.3 ห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหาร2 (524)
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.5.4 ห้องปฏิบัติการแปรรูป คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ

3.6 ระยะเวลาและขั้นตอนในการทำวิจัย

ตารางที่ 3.2 แสดงระยะเวลาและขั้นตอนในการทำวิจัย

กิจกรรม	2551							2552			
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย
1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลพื้นฐาน	←	—	→								
2. ดำเนินการทดลอง			←	—	→						
3. ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์				←	—	—	→				
4. ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัล				←	—	—	→				
5. ศึกษาอายุการเก็บรักษา							←	—	→		
6. สรุปผลการทดลอง								←	—	—	→
7. จัดทำรูปเล่มงานวิจัย										←	→

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

จากการศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ระดับต่างกัน คือ ร้อยละ 15 20 และ25 เติมลงในสูตรน้ำเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย แล้วนำไปอบแห้งให้เป็นผงในเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยกำหนดอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและขาออกของการทำแห้งแบบพ่นฝอย 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เท่ากับ 130/80 องศาเซลเซียส และแบบที่ 2 เท่ากับ 150/90 องศาเซลเซียส เป็นผลให้ได้เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่มีสมบัติต่าง ๆ ทางกายภาพ และเคมี ก่อนและหลังคืนรูปแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

ปัจจัยคุณภาพ	ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและอุณหภูมิ					
	15%		20%		25%	
	130/80	150/90	130/80	150/90	130/80	150/90
<u>ด้านกายภาพ</u>						
- a_w	0.26±0.01	0.24±0.00	0.23±0.01	0.20±0.00	0.25±0.00	0.22±0.00
ค่าสีก่อนคืนรูป						
L*	89.10±0.02	87.09±0.02	82.67±0.02	88.03±0.03	87.91±0.02	88.32±0.03
a*	0.90±0.01	1.02±0.02	2.25±0.01	1.09±0.01	1.24±0.01	0.99±0.01
b*	7.94±0.01	8.64±0.01	12.59±0.01	8.89±0.02	9.04±0.02	8.26±0.01
ค่าสีหลังคืนรูป						
L*	26.88±0.01	25.69±0.01	25.59±0.01	30.25±0.01	30.89±0.01	30.73±0.01
a*	2.82±0.01	2.79±0.01	2.68±0.01	3.11±0.01	3.73±0.01	3.08±0.01
b*	4.28±0.01	6.10±0.01	5.88±0.01	8.24±0.01	10.07±0.01	8.25±0.01
<u>ด้านเคมี</u>						
% ความชื้น	1.71±0.01	1.11±0.01	1.50±0.01	1.40±0.01	1.35±0.01	1.24±0.01
^{o} Brix ก่อนพ่นฝอย	26.2±0.21	26.2±0.21	29.3±0.26	29.3±0.26	32.2±0.25	322±0.25
^{o} Brix พ่นฝอยหลังคืนรูป	50.2±0.25	47.3±0.25	41.2±0.28	50.2±0.28	50.2±0.25	47.3±0.25
<u>ด้านอื่นๆ</u>						
น้ำหนักก่อนพ่นฝอย (กรัม)	740 ±0.00	740±0.00	775±0.00	775±0.00	810±0.00	810±0.00
น้ำหนักหลังพ่นฝอย (กรัม)	156±0.00	156±0.00	191±0.00	191±0.00	216±0.00	216±0.00
ระยะเวลาในการพ่นฝอย ช.ม	1.20±0.00	1.05±0.00	1.01±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00
% yield	21.08±0.00	21.08±0.00	24.65±0.00	26.67±0.00	24.65±0.00	26.67±0.00
เครื่องปรุงผง: น้ำตาล:น้ำ (กรัม)	1:2.6:3.6	1:2.6:3.6	1:2.1:3.1	1:2.1:3.1	1:1.9:2.9	1:1.9:2.9
น้ำหนักผงต่อ100 กรัม ได้ปริมาณ (กรัม)	240	240	256	256	235	235

จากตารางที่ 4.1 พบว่า เมื่อปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้นจาก 15 20 และ 25% ตามลำดับ และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและขาออก เพิ่มขึ้น 130/80 เป็น 150/90 องศาเซลเซียส และ ส่งผลให้ a_w และปริมาณความชื้น (%) มีค่าลดลง โดยที่ค่า a_w ลดลงจาก 0.265 เป็น 0.240, 0.230 เป็น 0.202 และ 0.249 เป็น 0.223 ตามลำดับ ในขณะเดียวกันปริมาณความชื้น(%) มีค่าลดลงจาก 1.71 เป็น 1.11, 1.50 เป็น 1.40 และ 1.35 เป็น 1.24 ตามลำดับ แต่พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ yield สูงขึ้นเมื่อปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิของลมร้อนขาเข้าและขาออกที่ 150/90 องศาเซลเซียส จึงน่าเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม เพราะอุณหภูมิยิ่งสูงมีผลทำให้ค่าa_w ต่ำลงด้วย

พบว่า เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการพ่นฝอยเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้นจะใช้ระยะเวลาในการพ่นฝอยลดลงเป็น 1.20, 1.05, 10.1, 1.00, 1.00 และ 1.00 ชั่วโมง ตามลำดับ และการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินนั้นยังส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ yield เพิ่มขึ้นเป็น 21.08, 21.08, 24.65, 26.67, 24.65, และ 26.67 ตามลำดับ และมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{0} Brix) เพิ่มขึ้น เป็น 26, 26, 29, 29, 32, และ 32 ^{0} Brix ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.1 ผลของปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน : น้ำผัดไทยสูตรพื้นฐานมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เริ่มต้น47 ^{0} Brix ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเติมมอลโตเด็กซ์ตรินลงในน้ำผัดไทยก่อนการทำแห้งแบบพ่นฝอยเพื่อให้เกิดการจับตัวเป็นผลึกและสามารถพ่นฝอยออกมาเป็นผงได้ โดยเมื่อเติมปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินปริมาณ 15, 20 และ 25% จะทำให้น้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ผ่านการพ่นฝอยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น26, 29 และ 32 ^{0} Brix แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เติมในน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยจาก15 20 และ 25% ตามลำดับ มีผลให้เปอร์เซ็นต์ yield ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลการทดลองของ Borges และคณะ (2002) และวรางคณา (2542) ซึ่งศึกษาการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็น drying aid ในการทำแห้งน้ำสับปะรด และน้ำเสาวรสพ่นกระจาย โดยแปรปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ใช้ในช่วง 20-30 % และแปรอุณหภูมิอากาศร้อนออกในช่วง 85 – 95 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและอุณหภูมิอากาศร้อนออก ไม่มีผลต่อความสามารถในการละลาย และความเป็นรูพรุนของอนุภาพผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลให้เปอร์เซ็นต์ yield ของการทำแห้ง และ bulk density ของผลิตภัณฑ์ผงเพิ่มขึ้นค่า a_wของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่มีค่าเพิ่มขึ้น ตามปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ใช้ ซึ่งมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.265-0.240, 0.230-0.202, และ 0.249-0.223 ตามลำดับ และมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 1.71 – 1.11, 1.50 – 1.40, และ 1.60 – 1.24 % ตามลำดับ ซึ่งมีความชื้นต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 10% จัดว่าเป็นช่วงที่ปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ

ไม่สามารถเกิดได้ เช่น ออกซิเดชั่น และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล(Mail lard reaction) เป็นช่วงที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Fennema 1996) ทำการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินทำให้การละลายของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มการละลายน้ำเพื่อคืนรูปได้ดีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากการศึกษาอุณหภูมิและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ 20 % และอุณหภูมิของลมร้อนขาเข้าและขาออกที่ 150 / 90 องศาเซลเซียส มีค่า a_w และปริมาณความชื้นที่ต่ำ และเหมาะสมในการผลิตเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย อีกทั้งในการสัเกตการพ่นฝอย พบว่าการใช้อุณหภูมิของลมร้อนขาเข้าและขาออกที่ 150 / 90 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง อัตราการพ่นฝอยเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมีการพ่นฝอยออกมาอย่างสม่ำเสมอและไม่ติดอยู่ในถังเครื่องพ่นฝอยมากนักทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณของผลิตภัณฑ์น้อย จึงเลือกใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ 20 % และ อุณหภูมิของลมร้อนขาเข้า และขาออกที่ 150 / 90 องศาเซลเซียส ในการพ่นฝอยซึ่งทำให้เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมีคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมี รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ yield เหมาะสมที่สุด

4.2 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยการชิมเปรียบเทียบเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย 3 ชนิด คือ เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่พัฒนาได้ น้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรพื้นฐาน และผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยจากท้องตลาดที่ได้รับการยอมรับ โดยให้ผู้ทดสอบชิมประเมินคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกันระหว่างผลิตภัณฑ์ทั้ง3 ชนิด แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบคุณลักษณะด้านต่างๆ ของก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ผัดโดยใช้เครื่องปรุง 3 ชนิด

คุณลักษณะ	ก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ผัดโดยใช้เครื่องปรุง3 ชนิด		
	สูตรที่พัฒนาได้	สูตรพื้นฐาน	สูตรจากท้องตลาด
ความชอบโดยรวม	7.63 ^{a}±1.08	7.63 ^{a}±1.03	7.27 ^{a}±1.16
สี	6.87 ^{b}±1.07	6.60 ^{b}±0.94	7.50 ^{a}±1.04
กลิ่น	7.53 ^{a}±0.95	7.70 ^{a}±0.86	7.0 0^{b}±0.84
รสชาติ	7.63 ^{a}±1.05	7.57 ^{a}±0.93	6.70 ^{b}±1.16
เนื้อสัมผัส(ความข้นหนืด)	7.57 ^{a}±0.83	7.67 ^{a}±0.82	7.17 ^{b}±1.09

หมายเหตุ : $^{a-b}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรที่พัฒนาได้กับน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรพื้นฐานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ผัดโดยใช้เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรที่พัฒนาได้ไม่ต่างจากน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรพื้นฐาน โดยค่าเฉลี่ย คะแนนความชอบในด้านสี พบว่า ก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ผัดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยจากท้องตลาดที่ได้รับการยอมรับมีคะแนนความชอบสูงที่สุดและแตกต่างจากสูตรอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีสีแดงอมส้มมากกว่าเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่พัฒนาได้ ส่วนด้านกลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ผัดจากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่พัฒนาได้และน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรพื้นฐาน พบว่า มีค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบสูงกว่าก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ผัดจากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยจากท้องตลาด เนื่องจากมีกลิ่นและรสชาติของเครื่องปรุงมากกว่า เช่น กลิ่นและรสชาติของมะขาม และน้ำปลา เป็นต้นเนื่องจากผู้บริโภคให้การยอมรับก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ผัดโดยใช้เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรที่พัฒนาได้ไม่แตกต่างจากสูตรมาตรฐาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรที่พัฒนาได้มาทำการศึกษาอายุการเก็บต่อไป

4.3 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ด้านปริมาณความชื้น (%) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยโดยเก็บรักษาไว้ 4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลาระยะทั้งหมด 12 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลปริมาณความชื้น (%) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ความชื้น (%)			
	30 ºC	35 ºC	45 ºC	55 ºC
0	0.40±0.00	0.40±0.00	0.40±0.00	0.40±0.00
2	0.71±0.01	0.64±0.03	0.54±0.03	0.54±0.02
4	0.77±0.02	0.69±0.01	0.60±0.01	0.58±0.01
6	0.80±0.02	0.75±0.04	0.67±0.02	0.62±0.03
8	0.87±0.03	0.81±0.01	0.69±0.01	0.68±0.01
10	0.89±0.01	0.87±0.02	0.71±0.01	0.70±0.01
12	0.92±0.02	0.90±0.01	0.77±0.02	0.83±0.01

จากตารางที่ 4.3 พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านปริมาณความชื้น(%) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน ทั้ง4 อุณหภูมิ เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นจนครบ 12 สัปดาห์ โดยเมื่อเก็บเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยนานขึ้นปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ โดยผู้วิจัยทำการตรวจปริมาณความชื้นทุก ๆ2 สัปดาห์ โดยเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 0.40 เมื่อครบ 12 สัปดาห์ เพิ่มขึ้นเป็น0.92 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ความชื้นเริ่มต้น 0.40 เมื่อครบ 12 สัปดาห์ เพิ่มขึ้นเป็น0.90 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นเริ่มต้น 0.40 เมื่อครบ 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นเป็น 0.77 และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความชื้นเริ่มต้น 0.40 เมื่อครบ 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นเป็น 0.83 และถือว่าเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมีปริมาณความชื้น (%) อยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่

(มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำยาขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป ภาคผนวก ง) กำหนดไม่เกิน ร้อยละ 13 ของน้ำหนัก

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผงปรุงรสสำเร็จรูปเกิดจากการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำผ่านภาชนะบรรจุ และเกิดจากการ ปรับตัวของผงปรุงรสสำเร็จรูปให้เข้าสู่ภาวะสมดุลภายในภาชนะ ทำให้มีการได้รับหรือสูญเสียปริมาณความชื้นของผงปรุงรสสำเร็จรูป (Labuza, 1982)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o} Brix) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยหลังคืนรูป โดยเก็บรักษาไว้ 4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลาระยะทั้งหมด 12 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(^{o} Brix) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยหลังคืนรูปที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(^{o} Brix)			
	30 ^{o}C	35 ^{o}C	45 ^{o}C	55 ^{o}C
0	47.2±0.25	47.2±0.25	47.2±0.25	47.2±0.25
2	48.2±0.25	48.3±0.25	48.2±0.26	48.3±0.26
4	48.3±0.29	48.3±0.15	48.5±0.32	48.1±0.10
6	49.3±0.15	49.10±0.10	49.50±0.20	49.27±0.21
8	49.1±0.17	49.2±0.15	50.3±0.20	51.6±0.12
10	49.7±0.15	50.3±0.20	51.7±0.15	51.9±0.10
12	50.5±0.15	50.9±0.15	51.9±0.10	52.3±0.21

จากตารางที่ 4.4 พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(^{o} Brix) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาทั้ง 4 อุณหภูมิ โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้น(ที่สัปดาห์ที่ 0) เท่ากับ 47.2 ^{o} Brix โดยทำการตรวจสอบคุณภาพทุก ๆ 2 สัปดาห์ โดยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้น คือ 47.2 เพิ่มขึ้นเป็น 50.5 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้น คือ 47.2 เพิ่มขึ้น

เป็น 50.9 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้น คือ 47.2 เพิ่มขึ้นเป็น 51.9 และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเริ่มต้น คือ 47.2 เพิ่มขึ้นเป็น 50.5 ตามลำดับ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ด้านสีของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูป โดยเก็บรักษา 4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ด้านสีของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยก่อนคืนรูป ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูป											
	30 °C			35 °C			45 °C			55 °C		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	88.10±0.10	1.15±0.06	8.90±0.38	88.10±0.10	1.15±0.06	8.90±0.38	88.10±0.10	1.15±0.06	8.90±0.38	88.10±0.10	1.15±0.06	8.90±0.38
2	87.35±0.06	1.19±0.01	8.96±0.02	86.83±0.04	1.30±0.01	8.98±0.01	86.35±0.06	1.17±0.01	9.76±0.02	85.83±0.05	1.07±0.02	10.64±0.11
4	86.19±0.03	1.22±0.03	8.99±0.01	85.51±0.10	1.37±0.02	9.06±0.05	85.15±0.05	1.19±0.03	11.30±0.03	84.52±0.05	1.69±0.02	14.18±0.03
6	86.03±0.06	1.33±0.03	9.14±0.04	85.18±0.08	1.30±0.01	9.30±0.10	84.65±0.07	1.30±0.02	12.25±0.04	82.42±0.02	2.68±0.02	17.56±0.11
8	85.47±0.25	1.39±0.02	9.59±0.09	84.91±0.03	1.40±0.02	9.96±0.06	83.89±0.20	1.42±0.04	13.05±0.19	79.14±0.02	3.42±0.07	19.04±0.09
10	84.98±0.01	1.40±0.04	9.75±0.05	84.30±0.20	1.48±0.01	10.14±0.12	83.66±0.01	1.67±0.07	11.23±0.02	78.23±0.02	3.87±0.02	20.00±0.03
12	83.89±0.10	1.50±0.05	9.97±0.02	83.16±0.06	1.65±0.05	10.60±0.10	82.24±0.02	1.20±0.08	12.13±0.04	77.35±0.04	4.48±0.03	20.25±0.04

จากตารางที่ 4.5 พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพด้านสีของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูปที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน ทั้ง 4 อุณหภูมิ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยการทำการตรวจ ทุก ๆ 2 สัปดาห์ ดังนี้

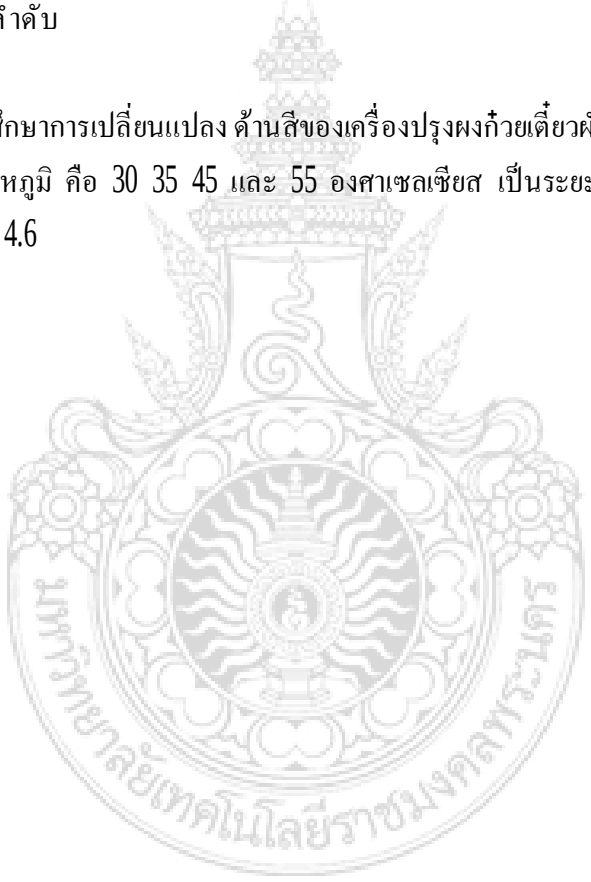
ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีมากที่สุดโดยเฉพาะค่าความสว่าง (L*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่าง (L*) จะลดลง คือ ลดจาก 88.10 เป็น 83.89 ตามลำดับ ค่าสีแดง (a*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูป มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าสีแดง จะเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ คือ เพิ่มขึ้นจาก1.15 เป็น 1.50 ตามลำดับ ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกันในทุกสัปดาห์ คือเพิ่มขึ้นจาก8.90 เป็น 9.97 ตามลำดับ

ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีมากที่สุดโดยเฉพาะค่าความสว่าง (L*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่าง (L*) จะลดลง คือ ลดจาก 88.10 เป็น 83.16 ตามลำดับ ค่าสีแดง(a*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูป มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าสีแดงจะเพิ่มในสัปดาห์ที่ เริ่มต้น 2 4 8 10 และ 12 ตามลำดับ คือ เพิ่มขึ้นจาก 1.15 1.30 1.37 1.40 1.48 และ 1.65 ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 6 มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) ลดลงจากสัปดาห์ที่ 4 คือ 1.30 เป็น 1.37 ตามลำดับ ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกันในทุกสัปดาห์ คือเพิ่มขึ้นจาก 8.90 เป็น 10.60 ตามลำดับ

ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีมากที่สุดโดยเฉพาะค่าความสว่าง (L*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่าง (L*) จะลดลง คือ ลดจาก 88.10 เป็น 82.24 ตามลำดับ ค่าสีแดง(a*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูป มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าสีแดงจะเพิ่มในสัปดาห์ที่ เริ่มต้น 2 4 6 8 และ 10 ตามลำดับ คือ เพิ่มขึ้นจาก 1.15 1.17 1.19 1.30 1.42 และ 1.67 ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 12 มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) สัปดาห์ที่ 6 8 และ 10 คือ มีค่าสีแดง (a*) 1.20 ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใน สัปดาห์เริ่มต้น 2 4 6 และ 8 ตามลำดับ คือเพิ่มขึ้นจาก8.90 9.76 11.30 12.25 และ 13.03 ตามลำดับ ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ในสัปดาห์ที่ 10 และ 12 ตามลำดับ มีแนวโน้มลดลง คือ 11.13 และ 12.13 ตามลำดับ

และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีมากที่สุดโดยเฉพาะค่าความสว่าง (L*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่าง (L*) จะลดลง คือ ลดจาก 88.10 เป็น 77.35 ตามลำดับ ค่าสีแดง(a*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูป มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าสีแดงจะเพิ่มในสัปดาห์ที่เริ่มต้น 4 6 8 10 และ 12 ตามลำดับ คือ เพิ่มขึ้น1.15 1.69 2.68 3.42 3.87 และ 4.48 ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 2 ค่าสีแดง (a*) ลดลงต่ำกว่าทุกสัปดาห์ คือ ลดลง 1.07 ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบก่อนคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกันในทุกสัปดาห์ คือเพิ่มขึ้นจาก 8.90 เป็น 20.25 ตามลำดับ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลง ด้านสีของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูป โดยเก็บรักษา 4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.6



ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ด้านสีของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยหลังคืนรูป ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยหลังคืนรูป											
	30 °C			35 °C			45 °C			55 °C		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	30.28	3.20	8.28	30.28	3.20	8.28	30.28	3.20	8.28	30.28	3.20	8.28
	±0.26	±0.09	±0.04	±0.26	±0.09	±0.04	±0.26	±0.09	±0.04	±0.26	±0.09	±0.04
2	34.24	4.13	10.23	35.14	4.13	11.10	45.22	7.90	39.70	56.64	7.79	46.38
	±0.03	±0.02	±0.02	±0.03	±0.04	±0.02	±0.26	±0.09	±0.21	±0.33	±0.17	±1.00
4	35.35	5.16	11.28	36.51	5.50	12.71	40.19	6.07	25.75	37.01	16.08	57.28
	±0.03	±0.06	±0.08	±0.09	±0.05	±0.23	±0.53	±0.17	±0.28	±0.13	±0.11	±0.10
6	35.60	6.25	12.23	36.75	7.11	13.47	42.11	19.93	50.40	27.61	24.30	47.22
	±0.10	±0.05	±0.21	±0.05	±0.11	±0.12	±0.39	±0.06	±0.45	±0.52	±0.06	±0.85
8	34.20	6.07	11.93	35.23	6.92	13.10	40.77	10.55	49.95	27.54	18.36	31.34
	±0.20	±0.05	±0.06	±0.15	±0.06	±0.10	±0.53	±0.32	±0.68	±1.14	±0.08	±0.09
10	35.17	6.28	12.03	35.53	7.06	13.40	46.88	10.96	50.87	29.60	18.70	31.85
	±0.15	±0.19	±0.06	±0.12	±0.12	±0.10	±0.01	±0.02	±0.02	±0.02	±0.02	±0.02
12	35.89	6.79	12.40	36.17	7.90	13.73	47.70	11.61	51.92	30.00	18.98	31.98
	±0.21	±0.09	±0.05	±0.06	±0.10	±0.06	±0.03	±0.25	±0.06	±0.03	±0.04	±0.07

จากตารางที่ 4.6 พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพด้านสีของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูปที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่างกัน ทั้ง 4 อุณหภูมิ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยการทำการตรวจ ทุก ๆ 2 สัปดาห์ดังนี้

ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่าง (L*) จะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ เริ่มต้น 2 4 6 และ 12 ตามลำดับ โดยมีค่าความสว่าง (L*) 30.28 34.25 35.35 35.60 และ 35.89 ตามลำดับ ส่วนค่าความสว่าง (L*)ในสัปดาห์ที่ 8 และ10 ลดลง คือ 34.20 และ 35.17 ตามลำดับ ค่าสีแดง (a*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูป มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าสีแดง จะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์เริ่มต้น2 4 6 10 และ 12 ตามลำดับ โดยมีค่าสีแดง (a*) 3.20 4.13 5.16 6.25 6.28 และ 6.79 ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 8 ลดลงจากสัปดาห์ที่ 6 คือ 6.07 ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องปรุงผง

ก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน ในสัปดาห์ เริ่มต้น 2 4 6 และ 12 ตามลำดับ โดยมีค่าสีเหลือง (b*) 8.20 10.23 11.28 12.23 และ 12.40 ตามลำดับ ส่วนค่าความสว่าง (L*)ในสัปดาห์ที่ 8 และ10 ลดลง คือ 11.93 และ 12.03 ตามลำดับ

ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่าง (L*) จะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ เริ่มต้น 2 4 และ 6 ตามลำดับ โดยมีค่าความสว่าง (L*) 30.28 35.14 36.51 และ36.75 ตามลำดับ ส่วนค่าความสว่าง (L*)ในสัปดาห์ที่ 8 10 และ 12 ตามลำดับ ลดลง คือ 35.23 35.53 และ 36.17 ตามลำดับ ค่าสีแดง(a*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูป มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าสีแดงจะเพิ่มในสัปดาห์ที่ เริ่มต้น 2 4 6 และ 12 ตามลำดับ คือ เพิ่มขึ้นจาก3.20 4.13 5.50 7.11 และ 7.90 ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 8 และ 10 มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) ลดลง คือ 6.92 และ7.06 ตามลำดับ ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ เริ่มต้น2 4 6 และ 12 ตามลำดับ เพิ่มขึ้นจาก 80.28 11.10 12.71 13.47 และ 13.73 ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 8 และ10 ลดลง คือ 13.10 และ 13.40 ตามลำดับ

ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่าง (L*) จะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ เริ่มต้น 2 10 และ 12 ตามลำดับ โดยมีค่าความสว่าง (L*) 30.28 45.22 46.88 และ 47.70 ตามลำดับ ส่วนค่าความสว่าง (L*)ในสัปดาห์ที่ 4 6 และ 8 ตามลำดับ ลดลง คือ 40.19 42.11 และ 40.77 ตามลำดับ ค่าสีแดง (a*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูป มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าสีแดงจะเพิ่มในสัปดาห์ที่ เริ่มต้น 2 และ 6 ตามลำดับ คือ เพิ่มขึ้นจาก3.20 7.90 และ 19.93 ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 4 8 10 และ 12 ตามลำดับ มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) ลดลง คือ 6.07 10.55 10.96 และ11.61 ตามลำดับ ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใน สัปดาห์เริ่มต้น 2 4 6 10และ 12 ตามลำดับ คือเพิ่มขึ้นจาก8.28 39.70 50.40 50.87 และ 51.92 ตามลำดับ ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ในสัปดาห์ที่ 4 และ 8 ตามลำดับ มีแนวโน้มลดลง คือ 25.75 และ 49.95 ตามลำดับ

และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่าง (L*) จะลดลงในสัปดาห์ 2 4 6 และ 8 ตามลำดับ โดยมีค่าความสว่าง (L*) 56.64 37.01 27.61 และ 27.54 ตามลำดับ ส่วนค่าความสว่าง (L*)ในสัปดาห์ที่ 10 และ 12 ตามลำดับ เพิ่มขึ้นจากค่าความสว่าง (L*) ในสัปดาห์ที่ 8 คือ จาก 27.54 เพิ่มเป็น 29.60 และ 30.00 ตามลำดับ ค่าสีแดง (a*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูป มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่าสีแดงจะเพิ่มในสัปดาห์ที่เริ่มต้น 2 4 และ 6 ตามลำดับ คือ เพิ่มขึ้น 3.20 7.79 16.08 และ 24.30 ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 8 10 และ 12 ตามลำดับ มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีแดง (a*) ลดลงจากสัปดาห์ที่ 6 คือ 24.30 ลดลงเป็น 18.36 18.70 18.98 ตามลำดับ ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยแบบหลังคืนรูปมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใน สัปดาห์ เริ่มต้น 2 และ 4 ตามลำดับ คือเพิ่มขึ้นจาก 8.28 46.38 และ 57.28 ตามลำดับ ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ในสัปดาห์ที่ 6 8 10 และ 12 ตามลำดับ มีแนวโน้มลดลงจากสัปดาห์ที่ 4 คือ 57.28 ลดลงเป็น 47.22 31.34 31.85 และ 31.98 ตามลำดับ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลง ด้านปริมาณน้ำอิสระ(a_w)ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย โดยเก็บรักษาไว้ 4 อุณหภูมิ คือ คือ 30 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ด้านปริมาณน้ำอิสระ(a_w) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ปริมาณน้ำอิสระ(a_w)			
	30 °C	35 °C	45 °C	55 °C
0	0.19±0.00	0.19±0.00	0.19±0.00	0.19±0.00
2	0.27±0.02	0.26±0.01	0.21±0.01	0.22±0.01
4	0.29±0.01	0.28±0.01	0.26±0.02	0.26±0.02
6	0.30±0.01	0.31±0.01	0.28±0.01	0.29±0.01
8	0.32±0.02	0.32±0.01	0.29±0.01	0.30±0.10
10	0.32±0.01	0.34±0.01	0.31±0.01	0.32±0.02
12	0.32±0.01	0.34±0.01	0.33±0.01	0.34±0.02

จากตารางที่ 4.7 พบว่า เมื่อเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยไว้ที่อุณหภูมิต่างกันทั้ง 4 อุณหภูมิ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยทำการตรวจปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ดังนี้ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำอิสระ(a_w) เริ่มต้น คือ 0.19 เพิ่มขึ้นเป็น 0.32 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำอิสระ(a_w) เริ่มต้น คือ 0.19 เพิ่มขึ้นเป็น 0.34 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำอิสระ(a_w) เริ่มต้น คือ 0.19 เพิ่มขึ้นเป็น 0.33 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำอิสระ(a_w) เริ่มต้น คือ 0.19 เพิ่มขึ้นเป็น 0.34 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณน้ำอิสระ(a_w) มีผลสอดคล้องกับผลของปริมาณความชื้นและถือว่าเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมีปริมาณน้ำอิสระ(a_w) อยู่ต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดไม่เกิน 0.6 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำยาขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป ภาคผนวก ง)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย โดยเก็บรักษาไว้ 4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์แสดงดังตารางที่4.8

ตารางที่ 4.8 จำนวนจุลินทรีย์ (ยีสต์และรา) ที่มีอยู่ในเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ในระหว่างการเก็บรักษา

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	จำนวนยีสต์และรา (CFU/g)			
	30 ºC	35 ºC	45 ºC	55 ºC
0	< 10	< 10	< 10	< 10
2	< 10	< 10	< 10	< 10
4	< 10	< 10	< 10	< 10
6	< 10	< 10	< 10	< 10
8	< 10	< 10	< 10	< 10
10	< 10	< 10	< 10	< 10
12	< 10	< 10	< 10	< 10

จากตารางที่ 4.8 พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณยีสต์และราก็มีจำนวนเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่จนครบอายุการเก็บรักษาที่ 12 สัปดาห์ ปริมาณที่ตรวจนับได้มีจำนวนน้อยกว่า 10 CFU/g ซึ่งไม่เกินตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำพริกแกงแห้งกำหนดไว้ ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม จึงสามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้นาน 12 สัปดาห์ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคในด้านจุลินทรีย์ เพราะมีการเจริญอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำยาขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป ภาคผนวก ง)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย โดยเก็บรักษาไว้ 4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาทั้งหมด 12 สัปดาห์แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ที่มีอยู่ในเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยในระหว่างการเก็บรักษา

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)			
	30 ºC	35 ºC	45 ºC	55 ºC
0	2.0x10	2.0 x10	2.0 x10	2.0 x10
2	2.3 x10	3.0 x10	3.7 x10	3.0 x10
4	3.3 x10	3.7 x10	3.7 x10	4.0 x10
6	4.7 x10	4.7 x10	4.3 x10	5.0 x10
8	4.7 x10	5.0 x10	5.3 x10	5.7 x10
10	5.0 x10	6.0 x10	6.3 x10	5.0 x10
12	6.0 x10	5.0 x10	3.7 x10	6.0 x10

จากตารางที่ 4.8 พบว่า การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ทั้งหมดของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกสัปดาห์ โดยการทำการตรวจปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด ทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลาทั้งหมด12 สัปดาห์ โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นจาก 2.0x10 CFU/g เพิ่มเป็น 6.0x10 CFU/g ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ เริ่มต้น2 4 6 8 และ 10 ตามลำดับ โดยจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นที่ 2.0x10 3.0x10 3.7x10 4.7x10 5.0x10 และ 6.0x10 CFU/g ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 12 มีจำนวนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงจากสัปดาห์ที่ 10 คือ จาก 6.0x10 ลดลงเป็น 5.0x10 CFU/g ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ เริ่มต้น2 6 8 และ 10 ตามลำดับ โดยจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นที่2.0x10 3.7x10 4.3x10 5.3x10 และ 6.3x10 CFU/g ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 4 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากันกับสัปดาห์ที่ 2 คือ 3.7 CFU/g ส่วนในสัปดาห์ที่ 12 มีจำนวนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงจากสัปดาห์ที่10 คือ จาก 6.3x10 ลดลงเป็น 3.7x10 CFU/g ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มพิ่มมากขึ้นทุกสัปดาห์ โดยการทำการตรวจนับปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด ทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยมีจำนวนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นจาก

2.0x10 CFU/g เพิ่มเป็น 6.0x10 CFU/g ตามลำดับ และไม่เกินที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของน้ำพริกแกงแห้งกำหนดไว้ $1x10^3$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม จึงสามารถสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้นาน 12 สัปดาห์ มีความปลอดภัยไม่มีอันตรายต่อผู้บริโภค อยู่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำยาขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป ภาคผนวก ง

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เริ่มต้นทั้ง4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ55 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบชิม แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เมื่อผ่านการศึกษาอายุการเก็บ ช่วงต้นของการศึกษา

	เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย				
คุณลักษณะ	ชุดควบคุม	30 °C	35 °C	45 °C	55 °C
ความชอบโดยรวม	7.63^{a}±0.61	6.53^{cd}±0.63	6.40^{d}±0.67	6.83^{bc}±0.59	7.13^{b}±0.51
สี	7.67^{a} ±0.48	6.23^{c}±0.68	6.40^{c}±0.72	7.00^{b}±0.64	7.50^{a}±0.52
กลิ่น	7.27^{a} ±0.64	6.47^{b}±0.68	6.17^{b}±0.91	6.30^{b}±0.84	6.57^{b}±0.57
รสชาติ	7.33^{a}±0.61	6.33^{b}±0.76	6.30^{b}±0.95	6.47^{b}±0.63	6.97^{a}±0.85
เนื้อสัมผัส	7.03^{a}±0.85	6.43^{b}±0.90	6.47^{b}±0.78	6.33^{b}±0.88	6.50^{b}±0.63

หมายเหตุ : $^{a-d}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คุณภาพทางด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.53 6.40 และ 8.83 ตามลำดับ และอุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.83 และ 7.13 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.63

คุณภาพทางด้านสี พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.23 และ 6.40 ตามลำดับ ชุดควบคุม(เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.67 และ 7.50 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) จากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บไว้ทั้ง 3 อุณหภูมิ และชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.00

คุณภาพทางด้านกลิ่น พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 45 และ 55 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.74 6.17 6.30 และ 6.57 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม(เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)จากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ทั้ง 4 อุณหภูมิ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.27

คุณภาพทางด้านรสชาติ พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.33 6.30 และ 6.47 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม(เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.33 และ 6.97 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 45 และ 55 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.43 6.47 6.33 และ 6.50 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม(เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) จากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ทั้ง 4 อุณหภูมิ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.03

ดังนั้น การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยในสัปดาห์เริ่มต้น ทั้ง4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ55 องศาเซลเซียส โดยทดสอบคุณภาพทาง

ประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิม ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างในทุกๆ กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) และเป็นอุณหภูมิห้องที่เหมาะในการเก็บรักษา แต่ถ้ามีอุณหภูมิสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยก็จะมีลักษณะที่ดีขึ้นด้วย ด้านผู้ทดสอบให้การยอมรับเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ชุดควบคุม และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส มากที่สุด แต่ที่อุณหภูมิที่ 45 และ55 องศาเซลเซียส นั้นอยู่ในสภาวะการเร่งที่อุณหภูมิสูงไม่ควรเลือกเพราะเวลาวางจำหน่ายจริงไม่สามารถวางได้เนื่องจากต้องมีตู้ควบคุมอุณหภูมิ แต่ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส

ประเมินทางประสาทสัมผัสเมื่อเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ครบ 4 สัปดาห์ ทั้ง4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ55 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบชิม แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เมื่อผ่านการศึกษาอายุการเก็บ 2 สัปดาห์

	เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย				
คุณลักษณะ	ชุดควบคุม	30 °C	35 °C	45 °C	55 °C
ความชอบโดยรวม	8.30 ± 0.60^{a}	6.54 ± 0.40^{c}	6.70 ± 0.31^{c}	6.68 ± 0.52^{c}	7.43 ± 0.52^{b}
สี	7.11 ± 0.72^{a}	6.00 ± 0.81^{b}	5.67 ± 0.79^{b}	6.16 ± 0.68^{b}	7.41 ± 0.54^{a}
กลิ่น	7.77 ± 0.51^{a}	6.57 ± 0.33^{b}	6.23 ± 0.58^{b}	6.43 ± 0.31^{b}	7.37 ± 0.23^{a}
รสชาติ	7.87 ± 0.21^{a}	6.11 ± 0.68^{c}	6.20 ± 0.75^{c}	6.37 ± 0.43^{b}	7.53 ± 0.51^{a}
เนื้อสัมผัส	7.67 ± 0.34^{a}	5.30 ± 0.71^{c}	6.23 ± 0.46^{c}	6.26 ± 0.23^{c}	6.86 ± 0.21^{b}

หมายเหตุ : $^{a-c}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$)

คุณภาพทางด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.54 6.70 และ 6.68 ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p\leq 0.05$) ทั้ง 3 อุณหภูมิ และชุดควบคุม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.43 และชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำ

ก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บไว้ที่ อุณหภูมิ30 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส โดยมีคะแนนเฉลี่ย 8.30

คุณภาพทางด้านสี พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.00 5.67 และ 6.16 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 55องศาเซลเซียส และชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.41 และ 7.11 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านกลิ่น พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 45 และ 55 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.74 6.17 6.30 และ 6.57 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม(เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)จากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ทั้ง 4 อุณหภูมิ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.27

คุณภาพทางด้านรสชาติ พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 และ35 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.57 และ6.23 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แตกต่างจากอุณหภูมิ 30 35 55 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.37 ส่วนชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) และที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.87 และ 7.53 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ45 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 5.30 6.23 และ 6.26 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม(เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ทั้ง 4 อุณหภูมิ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.67 ส่วนที่อุณหภูมิ 55 องซาเซลเซียส เซลเซียส แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้ง 3 อุณหภูมิ และ ชุดควบคุม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.86

ดังนั้น การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยในสัปดาห์เริ่มต้น ทั้ง4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ55 องศาเซลเซียส โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิม ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างในทุกๆ กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) และเป็นอุณหภูมิห้องที่เหมาะในการเก็บรักษา แต่ถ้ามีอุณหภูมิสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยก็จะมีลักษณะที่ดีขึ้นด้วย ด้านผู้ทดสอบให้การยอมรับเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ชุดควบคุม และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส มากที่สุด แต่ที่อุณหภูมิที่ 45 และ55 องศาเซลเซียส นั้นอยู่ในสภาวะการเร่งที่อุณหภูมิสูงไม่ควรเลือกเพราะเวลาวางจำหน่ายจริงไม่สามารถวางได้เนื่องจากต้องมีตู้ควบคุมอุณหภูมิ แต่ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.12 ค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เมื่อผ่านการศึกษาอายุการเก็บ 4 สัปดาห์

	เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย				
คุณลักษณะ	ชุดควบคุม	30 ºC	35 ºC	45 ºC	55 ºC
ความชอบโดยรวม	$8.10^{a}\pm0.66$	$6.73^{c}\pm0.45$	$6.80^{c}\pm0.41$	$6.87^{c}\pm0.51$	$7.53^{b}\pm0.57$
สี	$7.47^{a}\pm0.78$	$6.03^{b}\pm0.89$	$5.97^{b}\pm0.89$	$6.00^{b}\pm0.98$	$7.17^{a}\pm0.65$
กลิ่น	$7.67^{a}\pm0.61$	$6.47^{b}\pm0.63$	$6.53^{b}\pm0.78$	$6.63^{b}\pm0.61$	$7.57^{a}\pm0.63$
รสชาติ	$7.47^{a}\pm0.51$	$6.23^{c}\pm0.68$	$6.40^{c}\pm0.72$	$6.77^{b}\pm0.43$	$7.43^{a}\pm0.50$
เนื้อสัมผัส	$7.47^{a}\pm0.63$	$5.90^{c}\pm0.71$	$6.03^{c}\pm0.56$	$6.13^{c}\pm0.63$	$6.97^{b}\pm0.32$

หมายเหตุ : $^{a-c}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

คุณภาพทางด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.73 6.80 และ 6.87 ตามลำดับ และอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ทั้ง 3 อุณหภูมิ และชุดควบคุม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.53 ส่วนชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ทั้ง 4 อุณหภูมิโดยมีคะแนนเฉลี่ย 8.10

คุณภาพทางด้านสี พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.03 5.97 และ 6.00 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม(เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.47 และ 7.17 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านกลิ่น พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.47 6.53 และ 6.63 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.67 และ 7.57 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านรสชาติ พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.23 และ 6.40 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) จากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ทั้ง 3 อุณหภูมิ และ ชุดควบคุม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.77 ส่วนชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.47 และ 7.43 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 5.90 6.03 และ 6.13 ตามลำดับ และอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ทั้ง 3 อุณหภูมิ และชุดควบคุม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.97 ส่วนชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ทั้ง 4 อุณหภูมิ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.47

ดังนั้น การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยในสัปดาห์เริ่มต้น ทั้ง4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ55 องศาเซลเซียส โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิม ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างในทุกๆ กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) และเป็นอุณหภูมิห้องที่เหมาะในการเก็บรักษา แต่ถ้ามีอุณหภูมิสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยก็จะมีลักษณะที่ดีขึ้นด้วยด้านผู้ทดสอบให้การยอมรับเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ชุดควบคุม และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส มากที่สุด แต่ที่อุณหภูมิที่ 45 และ55 องศาเซลเซียส นั้นอยู่ในสภาวะการเร่งที่อุณหภูมิสูงไม่ควรเลือกเพราะเวลาวางจำหน่ายจริงไม่สามารถวางได้เนื่องจากต้องมีตู้ควบคุมอุณหภูมิ แต่ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส

ประเมินทางประสาทสัมผัสเมื่อเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ครบ 8 สัปดาห์ ทั้ง4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ55 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบชิม แสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.13 ค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เมื่อผ่านการศึกษาอายุการเก็บ 6 สัปดาห์

คุณลักษณะ	เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย				
	ชุดควบคุม	30 ºC	35 ºC	45 ºC	55 ºC
ความชอบโดยรวม	7.10±0.46^{a}	6.13±0.25^{c}	6.20±0.51^{c}	6.47±0.31^{c}	7.03±0.17^{b}
สี	7.67±0.28^{a}	6.01±0.39^{b}	5.37±0.29^{b}	6.20±0.56^{b}	7.37±0.39^{a}
กลิ่น	7.37±0.41^{a}	6.33±0.43^{b}	6.23±0.21^{b}	6.34±0.68^{b}	7.35±0.83^{a}
รสชาติ	7.67±0.31^{a}	6.10±0.30^{c}	6.37±0.72^{c}	6.78±0.73^{b}	7.50±0.20^{a}
เนื้อสัมผัส	7.81±0.43^{a}	5.87±0.71^{c}	6.23±0.34^{c}	6.33±0.43^{c}	6.84±0.34^{b}

หมายเหตุ : $^{a-c}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

คุณภาพทางด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.13 6.20 และ 6.47 ตามลำดับ และอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ทั้ง 3 อุณหภูมิ และ ชุดควบคุม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.03 ส่วนชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บไว้ที่ อุณหภูมิ 30 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.10

คุณภาพทางด้านสี พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.01 6.37 และ 6.20 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม(เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.37 และ 7.68 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านกลิ่น พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.33 6.23 และ 6.34 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม(เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.35 และ 7.37 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านรสชาติ พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.10 และ 6.37 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) จากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ทั้ง 3 อุณหภูมิ และ ชุดควบคุม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.78 ส่วนชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.50 และ 7.81 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 5.87 6.23 และ 6.33 ตามลำดับ และอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ทั้ง 3 อุณหภูมิ และชุดควบคุม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.84 ส่วนชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) จาก เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บไว้ที่ทั้ง 4 อุณหภูมิ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.81

ดังนั้น การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยในสัปดาห์เริ่มต้น ทั้ง4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ55 องศาเซลเซียส โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิม ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างในทุกๆ กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) และเป็นอุณหภูมิห้องที่เหมาะในการเก็บรักษา แต่ถ้ามีอุณหภูมิสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยก็จะมีลักษณะที่ดีขึ้นด้วย ด้านผู้ทดสอบให้การยอมรับเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ชุดควบคุม และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส มากที่สุด แต่ที่อุณหภูมิที่ 45 และ55 องศาเซลเซียส นั้นอยู่ในสภาวะการเร่งที่อุณหภูมิสูงไม่ควรเลือกเพราะเวลาวางจำหน่ายจริงไม่สามารถวางได้เนื่องจากต้องมีตู้ควบคุมอุณหภูมิ แต่ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.14 ค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เมื่อผ่านการศึกษาอายุการเก็บ 8 สัปดาห์

คุณลักษณะ	เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย				
	ชุดควบคุม	30 °C	35 °C	45 °C	55 °C
ความชอบโดยรวม	7.40^{a}0.56	6.40^{c}0.86	6.33^{c}0.71	6.90^{b}0.71	7.27^{ab}0.83
สี	7.20^{b}±0.96	6.33^{cd}±0.88	6.07^{d}±0.78	6.73^{c}±0.83	7.70^{a}±1.14
กลิ่น	7.13^{a}±1.17	6.73^{ab}±0.58	6.33^{b}±0.76	6.50^{b}±0.94	7.00^{a}±0.98
รสชาติ	7.80^{a}±0.92	6.47^{c}±0.68	6.43^{c}±0.68	6.63^{c}±0.67	7.17^{b}±0.70
เนื้อสัมผัส	7.47^{a}±0.82	6.27^{c}±0.74	6.20^{c}±0.61	6.87^{b}±0.78	7.03^{b}±0.49

หมายเหตุ : $^{a-d}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

คุณภาพทางด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.40 และ 6.33 ตามลำดับ และอุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.90 และ 7.27 ตาลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.27 และ 7.40 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านสี พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.33 และ 6.07 ตามลำดับ และอุณหภูมิ30 และ 45 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.33 และ 6.73 ตาลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) จากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ทั้ง 3 อุณหภูมิ และ ชุดควบคุม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.70 และชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด)แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) จากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ทั้ง 4 อุณหภูมิ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.20

คุณภาพทางด้านกลิ่น พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.73 6.33 และ 6.50 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 30 55 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด)ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.73 7.00 และ 7.13 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านรสชาติ พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.47 6.43 และ 6.63 ตามลำดับ และอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ที่ทั้ง 3 อุณหภูมิ และชุดควบคุม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.17 ส่วนชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยว

ผัดไทยสด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.80

คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.27 และ 6.20 ตามลำดับ และอุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.87 และ 7.03 ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จาก เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บไว้ทั้ง 3 อุณหภูมิ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.47

ดังนั้น การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยในสัปดาห์เริ่มต้น ทั้ง4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ55 องศาเซลเซียส โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิม ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างในทุกๆ กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) และเป็นอุณหภูมิห้องที่เหมาะในการเก็บรักษา แต่ถ้ามีอุณหภูมิสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยก็จะมีลักษณะที่ดีขึ้นด้วย ด้านผู้ทดสอบให้การยอมรับเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ชุดควบคุม และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส มากที่สุด แต่ที่อุณหภูมิที่ 45 และ55 องศาเซลเซียส นั้นอยู่ในสภาวะการเร่งที่อุณหภูมิสูงไม่ควรเลือกเพราะเวลาวางจำหน่ายจริงไม่สามารถวางได้เนื่องจากต้องมีตู้ควบคุมอุณหภูมิ แต่ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส

เมื่อเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ครบ 12 สัปดาห์ ทั้ง4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ55 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบชิม แสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.15 ค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เมื่อผ่านการศึกษาอายุการเก็บ 12 สัปดาห์

คุณลักษณะ	เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย				
	ชุดควบคุม	30 ºC	35 ºC	45 ºC	55 ºC
ความชอบโดยรวม	6.87^{bc}±1.17	6.73^{c}±0.58	6.63^{c}±0.56	7.23^{ab}±0.73	7.40^{a}±0.56
สี	6.93^{ab}±1.11	6.47^{c}±0.51	6.53^{c}±0.57	7.23^{a}±0.86	7.33^{a}±0.71
กลิ่น	6.83^{b}±0.99	6.67^{b}±0.66	6.67^{b}±0.48	6.93^{ab}±1.05	7.30^{a}±0.84
รสชาติ	7.07^{b}±1.01	6.83^{b}±0.53	6.73^{b}±0.45	7.57^{a}±0.73	7.90^{a}±0.61
เนื้อสัมผัส	7.00^{bc}±1.08	6.57^{d}±0.68	6.80^{cd}±0.55	7.37^{ab}±0.72	7.57^{a}±0.50

หมายเหตุ : $^{a-d}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คุณภาพทางด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.73 6.63 และ 6.87 ตามลำดับ และอุณหภูมิ45 และ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.23 และ 7.40 ตาลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม (เครื่องปรุงน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่ไม่ผ่านการทำแห้งหรือน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสด) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.23 และ 6.87 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านสี พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.47 และ 6.53 ตามลำดับ และอุณหภูมิ45 และ 55 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.23 7.33 และ 6.93 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านกลิ่น พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 และ 45 องศาเซลเซียส และ ชุดควบคุม ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.67 6.67 6.93 และ 6.83 ตามลำดับ

ส่วนที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.93 และ 7.30 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านรสชาติ พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 35 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.83 6.73 และ 7.07 ตามลำดับ และอุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.57 และ 7.90 ตามลำดับ

คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบชิมเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 4 อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.57 และ 6.80 ตามลำดับ และอุณหภูมิ 35 และ ชุดควบคุม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.80 และ 7.00 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส และ ชุดควบคุมควบคุม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.37 และ 7.00 ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิที่ 45 และ55 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.37 และ 7.57 ตามลำดับ และอุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) จากเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 35 องศาเซลเซียส และชุดควบคุม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.57 6.80 และ 7.00 ตามลำดับ

ดังนั้น การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยในสัปดาห์เริ่มต้น ทั้ง4 อุณหภูมิ คือ 30 35 45 และ55 องศาเซลเซียส โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบชิม ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างในทุกๆ กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) และเป็นอุณหภูมิห้องที่เหมาะในการเก็บรักษา แต่ถ้ามีอุณหภูมิสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยก็จะมีลักษณะที่ดีขึ้นด้วย ด้านผู้ทดสอบให้การยอมรับเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย ชุดควบคุม และที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส มากที่สุด แต่ที่อุณหภูมิที่ 45 และ55 องศาเซลเซียส นั้นอยู่ในสภาวะการเร่งที่อุณหภูมิสูงไม่ควรเลือกเพราะเวลาวางจำหน่ายจริงไม่สามารถวางได้เนื่องจากต้องมีตู้ควบคุมอุณหภูมิ แต่ที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 ผลการปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน และศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย พบว่าปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ 20 % และอุณหภูมิของลมร้อนขาเข้าและขาออกที่ 150 / 90 องศาเซลเซียส มีค่า a_w และปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่ามีทมาตรฐานกำหนด และเหมาะสมในการผลิตเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย อีกทั้งในการสังเกตการพ่นฝอย พบว่าการใช้อุณหภูมิของลมร้อนขาเข้าและขาออกที่ 150 / 90 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง อัตราการพ่นฝอยเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมีการพ่นฝอยออกมาอย่างสม่ำเสมอและไม่ติดอยู่ในถังเครื่องพ่นฝอยทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยน้อยที่สุด จึงเลือกใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ 20 % และ อุณหภูมิของลมร้อนขาเข้าและขาออกที่ 150 / 90 องศาเซลเซียส ในการพ่นฝอยซึ่งทำให้เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยมีคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมี โดยมีค่าสีก่อนคืนรูป ค่าสีสว่าง L* 88.32 ค่าสีแดง a* 0.99 ค่าสีเหลือง b* 8.26 ค่าหลังคืนรูป ค่าสีสว่าง L* 30.73 ค่าสีแดง a* 3.08 ค่าสีเหลือง b* 8.25 a_w 0.22 ปริมาณความชื้นของเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย เท่ากับ 1.24 เหมาะสมที่สุดในการศึกษากรรมวิธีการผลิตเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

5.2 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์3 ชนิด คือ เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยที่พัฒนาได้ น้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรพื้นฐานและผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยจากท้องตลาดที่ได้รับการยอมรับ โดยการให้อาจารย์ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านอาหารทดสอบเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์3 ชนิด พบว่า เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย และน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรพื้นฐานใช้สูตรเดียวกัน แต่วัตถุดิบต่างกันตรงของสดกับของแห้ง และเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทยเพิ่มสารมอลโตเด็กซ์ตรินลงไปด้วยเพื่อให้เกิดผลึกในการพ่นฝอยด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมอาชีวศึกษา. 2524. **คู่มือการสอนวิชาขนมไทย** โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ.

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2511. **ภาชนะพลาสติกสำหรับบรรจุอาหาร.** ม.ป.ท., กรุงเทพฯ

กระยาทิพย์ เรือนใจ. 2537. **ผลไม้คุณค่านานาเพื่อสุขภาพ.** ต้นธรรม, กรุงเทพฯ.

กัลยาณี โสมนัส. 2540. **การผลิตกล้วยหอมผลด้วยการทำแห้งแบบโฟมและแบบพ่นฝอย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ .

จันทร์สุดา รงควิศิษฏ์. 2520. **การศึกษา** Thickening agent **ในการทำน้ำสลัด.** ปัญหาพิเศษ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โชคชัย ธีรกุลเกียรติ และ คณะ. 2549. **เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมอาหารและการแปรรูปอาหาร.** มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ธนรัตน์ แต้วัฒนาสนา และ มณฑล แสงประไพทิพย์ 2546. **กรรมวิธีการผลิต.** ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

ธีระ เล็กชลยุทร. 2535. **นิเวศวิทยาแหล่งน้ำ** (Aquatic ecology) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และ วิบูลย์ รัตนาปนนท์ 2543. **สารพิษในอาหาร.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์,กรุงเทพฯ.

ปราณี ประกิจเตชะกุล. 2525. **การศึกษากระบวนการทำน้ำมะนาวให้แห้ง** . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พรพล รมย์นุกูล. 2545. **การถนอมอาหาร.** โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. 2532. **กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มณฑิรา ธัชยพงษ์. 2534. **การศึกษาการผลิตซุปหน่อไม้ฝรั่งผงและการเก็บรักษา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ .

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2540. **การประเมินอายุการเก็บของอาหาร.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณี มาวิมล. 2545. **การพัฒนากรรมวิธีการผลิตมะนาวผงและการประเมินอายุการเก็บรักษา** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรสาสตร์.

วิไล รังสาดทอง. 2543. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย 2522. **ทฤษฎีอาหาร เล่ม** 3 **หลักการทดลองอาหาร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย 2533. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการ.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ศิริลักษณ์ สินธาวลัย 2548. **วิทยาศาสตร์และ** Technology **การผลิตขนมอบ** เล่ม2. เกษมศรี ซีพี, มปท.

ศรีสมร คงพันธ์. 2546. 10**อันดับเมนูอาหารไทย ยอดนิยมในต่างประเทศ** Thai Skills Show 2003 In Berlin. กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน, กรุงเทพฯ.

ศิวาพร ศิวเวช. 2529. **วัตถุเจือปนอาหาร เล่ม** 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. **วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ .

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2549. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่5 ,สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

สุนทรี วราอุบล. 2537. **การทำแห้งน้ำมะนาวแบบเยือกแข็ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ .

สมคิด ชมสุข. 2551. **สืบสานอาหารไทย.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตโชติเวช, กรุงเทพฯ.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540. **การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

เสถียร วิชัยลักษณ์ และสืบวงศ์ วิชัยลักษณ์ 2534. **"มาตรฐานอาหารกึ่งสำเร็จรูป"** พระราชบัญญัติอาหาร2522.โรงพิมพ์นิติเวช, กรุงเทพฯ.

อบเชย วงศ์ทอง และ ขนิษฐา พูนผลกุล. 2544 . **หลักการประกอบอาหาร** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ .

อบเชย วงศ์ทอง. 2543. **เอกสารประกอบการสอนวิชาขนมไทย.** ภาควิชาคหกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2546. **คุณค่าอาหารไทยเพื่อสุขภาพ.** สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ .

น้ำปลาออนไลน์เข้าถึง www.Pichaifishsauce.com/oldweb/thai/ fishsauce.htmi

ราชชื่อมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ประกาศใช้แล้ว www.tisi.go.th/otop/standard/standaeds.

Bhandari B.R. Senoussi A, Dumoulin ED, and Lebert A. 1993. Spray Drying of Sugarrich Foods. Drying Technol 11 (5) : 1081-1092.

Borges S.V. Reiss ALSH, Jorge E.C. Pinto P.R. Oliveiera V.M. 2002. Spray Drying of Tropical Fruit Juices. Alimentaria 334 :125-130.

Boskovic. M.a. Vidal.; S.M Salub F.Z. 1992. Spray Dried Fixed Flavoring in a Carbohydrate Substrate And process United State patent US5 124 162, US Draft Food Northfield, TL, USA.

Buckkton, G. and Darcy, P. 1995. The Use of Gravimetric Studies to Assess the Degree of Crystallinity of Predominantly Crystalline Powders. Int. J. Pharm. 123 : 265-271.

Buffo R, Reineccius G. 2000. Optimization of Gum Acacia/Modified Starch/Maltodextrin Blends for the Spray Drying of Flavors. Perfumer & Flavorist. 25 (3) : 37-40 ,42-44 , 46-47, 49-51.

Cal – Vidal, J. and M. Falcone. 1985. Process Condition Affecting the Hygroscopic Behavior of Freeze Dry passion Fruit. J. of Food Sci. 50:1238 – 1241.

Furia , T.E. 1972. Sequestrants in Food, pp. 271-294. In E.F. Thomas (ed.) Hand Book of Additives. 2 nd ed. CRC Press. Ohio. 784 p.

Hallenbach , A.M, Peleg M .and Rufner R.1982. Effect of Four Anticaking Agents of the Bulk Characteristic of Ground Sugar. J. of Food Sci. 30: 49-112.

Hartel R.W. and Shastry, A.V. 1991. Sugar Crystallization in Food Products. Crit . Rev. Food Sci. 24 :110-120.

Juan LM, Huang CM, Chang WH. 1987. Studies on the Water Adsorption and Anticaking of Instant Tea. J of the Chinese Agricultural Chemical Sci. 24 :110-120.

Kedward, C.J., Macnauthtan, W and Mitchel, J.R 1998. Crystallization Kinetics of Lactose and Sucrose Based on Isothermal Differential Scanning Calorimetry. J. Food Sci. 63: 192-197.

Kopelman. I.J., S. Meydev, and S. Winberg. 1977. Storage Studies of Freeze-Dried Lemon Crystal J. Food Tech. 12 : 403-410.

Kuo ST, Brannan JG, Lewis MJ. 2000. Retention of Volatiles in Spray Drying and Freeze – Drying. Food Australia. 52 (10) : 463-467.

Macrae, R., R.K.Robinson and M.J. Sadie. 1993. Encyclopedia of Food Science : Food Technology & Nutrition. Vol2. 1442p

Partanen R, Ahro M, Hakala M, Kallio H, Forssell P. 2002. Microencapsulating of Caraway Extract in Beta-Cyclodextrin and Modified Starches. European Food Research and Technology.

Porter, S.C. and E.J. Woznicki. 1987. US Patent 4,013,775. Colorcon, Inc.

Roos, Y.H. 1995b. Glass Transition- Related Physicochemical Changes in Foods. Food Technol. 49: (10) 97-102.

Roos, Y.H. and Karel, M. 1990. Differential Scanning Calorimerty Study of Phase Transition Affecting the Quality of Dehydrated Materials. Biotechnol. Prog.

Roos, Y.H. and Karel, M. 1991. Phase Transitions. of mixtures of Amorphous Polysaccharides and Sugars. Biotechnol. Prog. 49: (10) 97-102.

Roos, Y.H. and Karel, M. and Kokini, J.L. 1996. Glass Transition in Low – Moisture and Frozen Foods. Effects of shelf life and Quality. Food Technol . 50: 95-108.

Saleki-Gerhardt, A. and Zografi, F. 1994. Non isothermal and Isothermal Crystallization of Sucrose from the Amorphous State Pharm. Res.

Salmarch, M., Vagnini-Ferrari, M. and Labuza, T.P. 1981. Theoretical Basis and Application of Kinetics to Browning in Apray-Dried Whey Food Systems. Prog. Food Nutr. Sci.

Saper, G.M. 1993. Browning of Foods : Control by Sulfites, Antioxidants and Other Means (Scientific Status Summary Edited by Mermelstein, N.H.) Food Tech.

Schmitt, E.A., Law, D., Geoff, G. and Zhang, Z. 1999. Nucleation and Crystallization Kinetics of Hydrated Amorphous Lactose Above the Glass Transition Temperature, J.Pharm. Sci. 88:291-296.

Shimada, Y., Roos, Y. and Karel, M. 1991. Oxidation of Methyl Linoleate Encapsulated in Amorphous Lactose-Based Food Model. J. Agric. Food Chem. 39: 637-641.

Tjuradi, P. and Harte, R.W. 1995. Corn Syrup Oligosacc Arides Effects of Sucrose Crystallization. J. Food. Sci. 60: 1353-1356.

Valenzuela GM, Quijano RG, Camarene GG, Martinez AR, Fernandez RV. 1995. Spray – Dried Vegetable Juices. Technologia de Alimentos.

Weiss, T.J. 1983. Food Oil and Their Uses. The AVI Publishing Company, INC., Westport , Connecticut.

Whitaker, J.R. 1994. Principles of Enzymology for the Food Science 2nd ed. Marcel Dekker, Imc. New York.

Woodroof, J.G. and Luh, B.S. 1975. Commercial Fruit Processing. The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, USA.

Xiang DL, Atarashi T, Furata T, Yoshii H, Aishima S, Ohkawara M, Linko P.2001. Microencapsulation of Emulsified Hydrophobic Flavors by Spray Drying. Dtying Technol . 19(7) : 1361-1374.

Yusof S, Ali A, and Kormin S. 1995. Physico- Chemical Characteristics of Soursop Flavors Encapsulated with Different Types of Maltodextrins (abstract). In : IFT Annual Meeting Book of Abstract ; 1995. Abstract no.

Zhang PY, Zheng CJ, Yan XX, Sun J, Wang ZH, Liu F, and Shi CB. 1998. Microencapsulation of Seasoning Essence Oils by Spray Drying. Food Science China. 19 (12) : 27-29.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สูตรพื้นฐานของน้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทย
สูตรเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

น้ำก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม

น้ำมะขาม	2	ถ้วย
น้ำตาลมะพร้าว	2	ถ้วย
น้ำตาลทราย	¼	ถ้วย
น้ำส้มสายชู	¼	ถ้วย
น้ำปลา	½	ถ้วย

วิธีทำ

1. ชั่งส่วนผสม น้ำตาลทราย น้ำมะขาม น้ำปลา น้ำส้มสายชู และเกลือผสมส่วนผสมทั้งหมด
2. นำไปตั้งไฟอ่อนคนเรื่อย ๆ จนส่วนผสมละลายยกลงพักไว้ให้เย็น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สูตรมาตรฐานเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

ส่วนผสม

น้ำมะขาม	500	กรัม
น้ำปลา	125	กรัม
น้ำส้มสายชู	65	กรัม
เกลือ	15	กรัม
มองโตเด็กซ์ตริน	145	กรัม
น้ำตาลทรายสีธรรมชาติ	550	กรัม

วิธีทำ

1. นำส่วนผสมทั้งหมดผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน
2. จากนั้นไปพ่นฝอยด้วยเครื่องSpray Drying โดยกำหนดอุณหภูมิของลมร้อนขาเข้าและขาออกที่ 150 / 90 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการพ่นฝอย 1 ชั่วโมง
3. จากนั้นนำมาบรรจุลงถุงฟอยล์เพื่อให้เก็บไว้ได้นานขึ้น

แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ : เครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

คำแนะนำ ทดสอบตัวอย่างให้คะแนนความชอบของตัวอย่าง ตามคำอธิบายคะแนนความชอบ ดังสเกลที่กำหนด และกรุณาบ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่าง

9 = ชอบมากที่สุด
8 = ชอบมาก
7 = ชอบปานกลาง
6 = ชอบเล็กน้อย
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
3 = ไม่ชอบปานกลาง
2 = ไม่ชอบมาก
1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	รหัส	รหัส	รหัส
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบทดสอบ

เชาวลิต อุปฐาก

ภาคผนวก ข

วิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

1. **ตรวจสอบจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี** Pour plate AOAC (2000)

วิธีนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวอย่างอาหารที่ต้องการวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรีย
2. ปิเปตขนาด 1 ,5 และ 10 มิลลิลิตรที่ปราศจากเชื้อ
3. ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ปราศจากเชื้อ9 หรือ 99 มิลลิลิตร ในขวดแก้วที่มีฝาปิดสนิท
4. จานเพาะเชื้อที่ปราศจากเชื้อ
5. ขวดแก้วมีฝาปิดขนาดบรรจุอย่างต่ำ15 มิลลิลิตร ที่ปราศจากเชื้อ หรือถุงร้อนใหม่ที่ปราศจากเชื้อ
6. ตะเกียงแอลกอฮอล์

วิธีปฏิบัติ

1. นำตัวอย่างอาหารมาเจือจางให้มีความเจือจางเป็น 1:10 ,1:100 ,1:1,000 และ 1:10,000 ตามลำดับ
2. ดูดตัวอย่างอาหารแต่ละอัตราส่วนความเจือจาง ๆ ละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อแต่ละจาน ทำ 2 ซ้ำ และทำจานควบคุมที่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง 1 จาน
3. เทอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 45 – 50 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างอาหารอยู่จานละประมาณ 15 มิลลิลิตร หมุนจานไปมาเล็กน้อยโดยหมุนซ้ายและขวาเพื่อให้อาหารและตัวอย่างอาหารเข้ากันดี ต้องระวังไม่ให้อาหารกระฉอกไปที่ฝาของจานเพาะเชื้อ
4. รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง กลับจานเพาะเชื้อก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิที่กำหนด นาน 48 ชั่วโมง
5. นับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ
6. รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหารตัวอย่าง 1 กรัม หรือ 1 มิลลิลิตร โดยนำเอาค่าความเจือจางมาคูณกับค่าเฉลี่ยของจานที่นับได้

2. **ตรวจสอบยีสต์ และรา โดยใช้วิธีวิเคราะห์จำนวนยีสต์ และราในอาหารเลี้ยงเชื้อ** PDA AOAC (2000)

การตรวจสอบราและยีสต์ในอาหาร

วัสดุและอุปกรณ์

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ที่เตรียมและผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
2. น้ำกลั่นหรือฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่เตรียมและผ่านการฆ่าเชื้อแล้วสำหรับเจือจางตัวอย่างอาหาร
3. จานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
4. ปิเปตขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตรที่ปราศจากเชื้อ
5. ตัวอย่างอาหาร
6. กรดทาร์ทาริกเข้มข้น 10%
7.

วิธีปฏิบัติ

1. เจือจางตัวอย่าง 10 กรัม ในน้ำกลั่นหรือฟอสเฟสบัฟเฟอร์99 มิลลิลิตร ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำ1 มิลลิลิตร ไปเจือจางต่อในน้ำกลั่นหรือฟอสเฟสบัฟเฟอร์9 มิลลิลิตร ทำต่อไปจนความเจือจาง 10^{-4}

2. ดูดอาหารแต่ละความเจือจาง ๆ ละ 1 มิลลิลิตรใส่ในจานเพาะเชื้อ ทุกความเจือจางทำ2 ซ้ำ

3. เติมกรดทาร์ทาริก 1.1 มิลลิลิตรใน PDA 100 มิลลิลิตร ที่หลอมเหลวและปล่อยให้อุณหภูมิลดลงจนถึง 45 องศาเซลเซียสแล้ว เพื่อให้อาหารเป็นกรดที่แบคทีเรียไม่เจริญได้

4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ ลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างอาหารอยู่จานละประมาณ15 มิลลิลิตร หมุนจานไปมาเล็กน้อยโดยหมุนซ้ายและขวาเพื่อให้อาหารและตัวอย่างอาหารเข้ากันดี ต้องระวังไม่ให้อาหารกระฉอกไปที่ฝาของจานเพาะเชื้อ

5. รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง กลับจานเพาะเชื้อก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิที่กำหนด นาน 48 ชั่วโมง

6. นับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ

7. รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหารตัวอย่าง 1 กรัม หรือ 1 มิลลิลิตร โดยนำเอาค่าความเจือจางมาคูณกับค่าเฉลี่ยของจานที่นับได้

หลักการเทเพลท คือ การทำให้ตัวอย่างเชื้อกระจายในอาหารวุ้นที่หลอมเหลวแล้ว และเทลงในจานเพาะเชื้อ อาหารวุ้นถูกหลอมเหลว ทิ้งไว้ให้อุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส

ซึ่งจะผสมตัวอย่างเชื้อลงไปทำให้เชื้อกระจายอย่างสม่ำเสมอโดยการแกว่งจานเพาะเชื้อไปมาเบา ๆ เพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อและเชื้อที่ผสมอยู่กระจายทั่วจานเพาะเชื้อ ระวังอย่าแกว่งแรงเกินไป จะทำให้วุ้นกระฉอกออกนอกจานเพาะเชื้อ

การ Pour plate **มีขั้นตอนดังนี้**

เตรียมตัวอย่างอาหารเช่นเดียวกับการ Spread Plate

↓

ปิเปตตัวอย่างอาหาร 1 ml ลงในจานเพาะเชื้อ

↓

เทอาหารลี้ยงเชื้อ อุณหภูมิของอาหารเลี้ยงเชื้อประมาณ 44-46 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อ ประมาณ 12 / 15 ml / plate

↓

เขย่าเบา ๆ ให้เข้ากัน

↓

บ่มในตู้ชื้อ (incubator) ที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ที่มา: (AOAC, 2000)

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด วิเคราะห์ตาม AOAC (1990)

วิธีการ

1. อบกระดาษกรองที่หุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง นำมาใส่โถอบแห้ง ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเย็นนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างหรือปิเปตน้ำนมลงบนกระดาษกรองในปริมาณที่แน่นอน
3. นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำมาใส่โถอบแห้ง ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่
4. คำนวณปริมาณของแข็งทั้งหมดตามสูตร

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด(ร้อยละ)} = \frac{W_2 - W}{W_1 - W} \times 100$$

โดย W คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียม(กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียมและตัวอย่างก่อนอบ(กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของจานอลูมิเนียมและตัวอย่างหลังอบ(กรัม)

ภาคผนวก ง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำยาขนมจีนกึ่งสำเร็จรูป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายเชาวลิต อุปฐาก

วัน เดือน ปีที่เกิด 01 มกราคม 2527

สถานที่เกิด **นครศรีธรรมราช**

ประวัติการศึกษา

วุฒิ	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
คศ.บ.	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2549

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

อาจารย์สาขาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 168 ถนนมศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

ผลงานดีเด่นและรางวัลวิชาการ (ถ้ามี)

-

ทุนการศึกษา (ถ้ามี)

-