



เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เห้วจีนอบแห้ง
(Development of Dried Water Chestnuts Product)

กรองทอง สิ้นสวนแตง

KRONGTHONG SINSUANTAENG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ (บัณฑิตศึกษา) คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เหี่ยวจีนอบแห้ง
(Development of Dried Water Chestnuts Product)

กรองทอง สิ้นสวนแตง
KRONGTHONG SINSUANTAENG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ (บัณฑิตศึกษา) คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2553

ชื่อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เหี่ยวจิ้นอบแห้ง
ชื่อและนามสกุล	กรองทอง สิ้นสวนแดง
ชื่อปริญญา	คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	คหกรรมศาสตร์ (บัณฑิตศึกษา)
คณะ	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ วลัย หุตะโกวิท

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ เจริญชัย)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วลัย หุตะโกวิท)

.....กรรมการ
(ดร. ธงชัย พุฒทองศิริ)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้รับ
วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ (บัณฑิตศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชญาภัทร กี่อารีโย)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ชื่อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เหหัวจิ้นอบแห้ง
ชื่อ-นามสกุล	กรองทอง ลินสวนแดง
ชื่อปริญญา	คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ	คหกรรมศาสตร์ (บัณฑิตศึกษา) คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เหหัวจิ้นอบแห้ง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการเตรียมเหหัวจิ้นก่อนการอบแห้ง ระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน เปรียบเทียบผลการอบแห้งด้วยตู้อบแสงอาทิตย์กับเครื่องอบลมร้อน และศึกษาการนำเหหัวจิ้นอบแห้งไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ขนมไทย ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ผลการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 มีผลดีที่สุดต่อคุณภาพของเหหัวจิ้น มีค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) 0.63 ค่าความชื้น 3.47 ค่าสี (L^*) 62.38 (a^*) 4.82 (b^*) เป็น 35.66 และค่าความหนาแน่นจำเพาะ 0.79 และให้ผลต่อคุณภาพของเหหัวจิ้นคืนรูปดีที่สุด ใกล้เคียงกับเหหัวจิ้นไม่อบแห้ง ระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเหหัวจิ้นด้วยตู้อบแสงอาทิตย์ เมื่อแช่แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งแตกต่างกัน เมื่อใช้เวลา 9 ชั่วโมง มีค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เป็น 0.31 อุณหภูมิอบแห้งเฉลี่ย 50 - 55 องศาเซลเซียส และค่าสีเหหัวจิ้นอบแห้งมีสีสว่างอมแดง ค่า (L^*) 80.14 และค่าสีของเหหัวจิ้นคืนรูปมีสีสว่างลดลง ค่า (L^*) 58.30 ค่าความแน่นเนื้อ (นิเวตัน) เป็น 68.07 เวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเหหัวจิ้นด้วยเครื่องอบลมร้อน เมื่อแช่แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 ขณะที่เหหัวจิ้นอบแห้งใช้ระยะเวลา 3.5 ชั่วโมง มีค่าความชื้นมากที่สุด และระยะเวลา 4.5 ชั่วโมง มีค่าความชื้นน้อยที่สุด ดังนั้นความชื้นจะลดลงตามระยะเวลาอบแห้งที่ การอบแห้งด้วยตู้อบแสงอาทิตย์ได้ค่าปริมาณน้ำอิสระค่า (a_w) และค่าความชื้น ต่ำกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน และค่าสีความสว่าง (L^*) สว่างน้อย และค่า (a^*) และ ค่า (b^*) มีสีที่แดงอมเหลือง เข้มกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน และค่าความหนาแน่นจำเพาะ พบว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนมีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับการคืนรูปของเหหัวจิ้นอบแห้งค่าของสีมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

แต่สีที่ใกล้เคียงกับเห้วจินสดมากกว่าคือ การอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน โดยให้ค่าความสว่าง (L^*) ของสีเนื้อเห้วจินเพิ่มขึ้น และค่า (a^*) และ ค่า (b^*) มีสีที่แดงอมเหลืองเข้มมากกว่า ส่วนค่าความแน่นเนื้อ (นิเวตน์) ของการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนสามารถคงความแข็งหรือความแน่นเนื้อได้ ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำมีค่าที่ใกล้เคียงกัน พบว่า การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตะโก้เห้วจินอบแห้ง ค่าคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความยอมรับโดยรวม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการนำผลิตภัณฑ์เห้วจินอบแห้งวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และผลการคำนวณต้นทุนการผลิตเฉพาะวัตถุดิบเห้วจินอบแห้ง โดยการทดลองได้ใช้เห้วจินสด 1 กิโลกรัม ได้น้ำหนักอบแห้ง 108 กรัม เมื่อนำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตทุกขั้นตอนรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 48.43 บาทต่อกิโลกรัม



คำสำคัญ : เห้วจิน, อบแห้ง

Thesis title **Development of Dried Water Chestnuts Product**
Author **Krongthong Sinsuantaeng**
Degree **Master of Home Economics**
Major program **Home Economics (Graduate School)**
Academic Year **2010**

ABSTRACT

The development of dried water chestnuts is aimed to study the appropriate concentration of calcium chloride for preparation of water chestnuts before drying process; a proper duration for drying process by using hot air oven; the comparison of drying processes between solar dried-oven and hot air oven; and the use of dried water chestnuts for Thai dessert products. The research result can be summarized that the concentration of calcium chloride solution is 0.25% that yield the best quality for water chestnuts which had 0.63 water activity (a_w); 3.47 moisture content, color value of (L^*) 62.38, (a^*) 4.82, (b^*) 35.66; and 0.79 specific density. It also yields the best quality to rehydrate water chestnuts comparing to their previous condition. A proper drying duration of water chestnuts, soaking in 0.25% calcium chloride by using solar dried-oven at different duration of drying. Dried water chestnuts dried at 9 hours and average dehydration temperature 50-55 Celsius had 0.31 water activity (a_w); and color value of dried water chestnuts is of bright red with (L^*) 80.14. Also, the brightness of rehydrated water chestnuts decreased to (L^*) 58.30 and firmness (Newton) to 68.70. By using hot air oven, the study of a proper duration of soaking water chestnuts, in 0.25% calcium chloride indicated that drying for 3.5 hours of drying time, water chestnuts had highest moisture content, while drying for 4.5 hours had the least moisture content. Therefore, decreasing of moisture content depends on the drying duration with different methods. The study also found that dried water chestnuts using solar dried-oven had less water activity (a_w) and moisture content than those using hot air oven. Moreover, dried water chestnuts from solar dried-oven had brightness value (L^*) less than

those from hot air oven; but dried water chestnuts from solar dried-oven had more reddish yellow than those from hot air oven. Also, there is similarity of specific density of water chestnuts from both drying methods. For rehydration of water chestnuts, color values of these 2 methods are similar. However, color, which is similar to fresh water chestnuts, is resulted by drying water chestnuts with hot air oven; and the brightness (L^*) of water chestnuts texture increases. Also, value of (a^*) and (b^*) of water chestnuts from hot air oven are more reddish yellow. Meanwhile, firmness (Newton) from drying with hot air oven is able to maintain strength or firmness of water chestnuts. Percentages of water chestnuts absorption are similar between two drying methods. The sensory test of Thai pudding using dried water chestnuts indicated that there is no statistically significant at 95% level of average scores in the terms of color, smell, taste, dried texture and overall acceptance. The result of microbial analysis from dried water chestnuts found that there is no microorganism. In addition, the result of raw material cost calculation showed that drying 1 kilogram of fresh water chestnuts yielded 108 grams of dried water chestnuts. The total cost of production is 48.43 Baht per kilogram.

Keywords: water chestnuts, dried

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ วลัย หุตะโกวิท อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ชมภูนุช เพื่อนพิภพ อาจารย์พี่เลี้ยง ผู้ให้ความช่วยเหลือทั้งในด้านคำปรึกษา แนะนำตลอดจนและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้อง และสมบูรณ์

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. อมรรัตน์ เจริญชัย และดร. ธงชัย พุฒทองศิริ ที่กรุณาสละเวลามาเป็นอาจารย์สอนวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

ขอกราบขอบพระคุณรองอธิการบดีฝ่ายบริหาร รองศาสตราจารย์ วลัย หุตะโกวิท คณบดี คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชญาภัทร์ สุทธิมิตร และมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ออกาสได้รับการศึกษาในระดับปริญญาโทในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆ ด้าน และ อาจารย์สุพรรณนิการ์ โกสุม อาจารย์เจตนิพัทธ์ บุญสวัสดิ์ และอาจารย์สาขาอาหารและโภชนาการ ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งในด้านคำปรึกษา แนะนำ และทดสอบชิมตัวอย่างต่างๆ ของงานวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ความสะดวกในการออกเอกสารต่างๆ ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์นพพร สกลยืนยงสุข อาจารย์ดวงกมล ตั้งสถิตพร อาจารย์ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และให้คำแนะนำในการทำงานเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณพ่อและแม่ พี่ชายและพี่สาว ที่คอยอบรม ดูแล เอาใจใส่ และให้การสนับสนุนการศึกษา คอยให้คำปรึกษาให้ความรัก และเป็นกำลังใจให้เสมอมา ขอขอบคุณเพื่อนๆ และพี่ๆ น้องๆ ทุกคนในคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบถาม และเป็นกำลังใจที่ดีให้ในช่วงของการสัมภาษณ์ การสอบประมวลความรู้ และการสอบสัมภาษณ์ขั้นสุดท้าย

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

กรองทอง สีนสวนแดง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(2)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(6)
สารบัญ	(7)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(11)
สารบัญแผนภาพ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 กรอบแนวความคิด	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หัวใจ	4
2.2 การทำแห้ง	11
2.3 ตู้อบแสงอาทิตย์	25
2.4 เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน	28
2.5 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในอาหาร	30
2.6 สารควบคุมความคงรูปของผักและผลไม้	31
2.7 ภาชนะบรรจุและการเก็บรักษาอาหารแห้ง	32
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	
3.1 วัตถุประสงค์ และอุปกรณ์	43
3.2 วิธีดำเนินการ	44
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และอภิปรายผล	
4.1 ผลการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของเห้วจีนก่อนการอบแห้ง	48
4.2 ผลระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน	53
4.3 ศึกษาเปรียบเทียบผลการทำแห้งด้วยตู้อบแสงอาทิตย์และเครื่องอบลมร้อน	57
4.4 ผลการใช้ประโยชน์เห้วจีนอบแห้งในขนมไทย	59
4.5 ผลการศึกษาด้านเชื้อจุลินทรีย์ของเห้วจีนหลังการอบแห้ง	61
4.6 ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตเห้วจีนอบแห้ง	62
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	64
5.2 ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ลักษณะเครื่องอบแห้ง	75
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของเห้วจีนอบแห้ง	78
ภาคผนวก ค วิเคราะห์ทางจุลินทรีย์	82
ภาคผนวก ง ภาพการเก็บรวบรวมข้อมูลเห้วจีน อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี	86
ภาคผนวก จ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเส้นมะละกอแห้ง	91

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ฉ สูตรตะโก้เห้วจิน และแบบประเมินคุณภาพทาง ประสาทสัมผัส	98
ภาคผนวก ช ภาพเห้วจินอบแห้งและเห้วจินคั้นรูป	105
ภาคผนวก ซ รายงานผลการทดสอบ	111
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	113

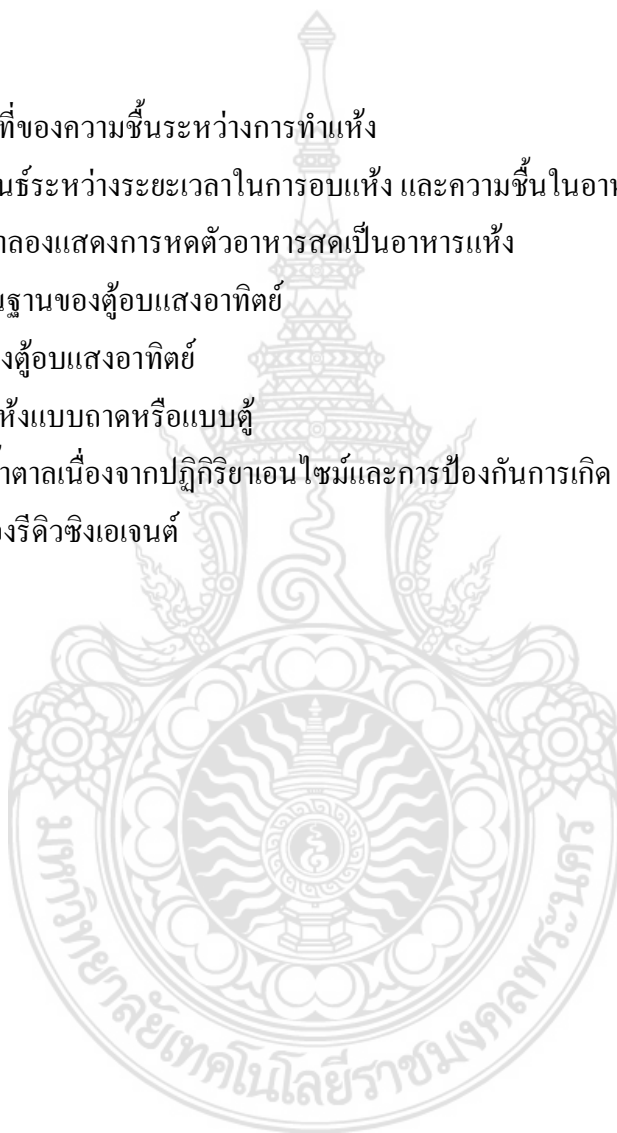


สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ต่ำสุดที่จุลินทรีย์ในอาหารสามารถเจริญได้	18
2.3 ความแตกต่างระหว่าง “การตากแห้ง” กับ “การอบแห้ง”	24
4.1 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ความชื้น และค่าสี ของเห็ดจินแซ่แคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ภายหลังจากอบแห้งแบบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4.5 ชั่วโมง	49
4.2 คุณภาพทางกายภาพของเห็ดจินแซ่แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันอบแห้งและคั้นรูป โดยลวกน้ำร้อน 10 นาที	50
4.3 ค่าคะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเห็ดจินคั้นรูปแช่แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน	53
4.9 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ความชื้น และค่าสี ของเห็ดจินแซ่แคลเซียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ภายหลังจากอบแห้งแบบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างกัน	54
4.10 คุณภาพทางกายภาพของเห็ดจินแซ่แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ภายหลังจากอบแห้งแบบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างกัน และคั้นรูปโดยลวกน้ำร้อน 10 นาที	55
4.12 เห็ดจินอบแห้งและเห็ดจินคั้นรูปโดยแช่แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น ร้อยละ 0.25 ภายหลังจากอบแห้งแบบตู้อบแสงอาทิตย์และเครื่องอบลมร้อน	57
4.13 ค่าคะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตะโก้เห็ดจิน 3 สูตร	59
4.15 ค่าคะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตะโก้เห็ดจิน ที่ปริมาณเห็ดจินร้อยละ 20 30 และ 40 ตามลำดับ	60
4.16 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราในผลิตภัณฑ์เห็ดจินอบแห้ง บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ เก็บรักษา ณ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 สัปดาห์	62
4.17 ต้นทุนการผลิตเห็ดจินอบแห้งต่อกิโลกรัมแห้ง ที่อบแห้งเป็นระยะเวลา 4.5 ชั่วโมง จำแนกตามรายการต้นทุน	63

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำแห้ง	14
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบแห้ง และความชื้นในอาหาร	15
2.3 ภาพแบบจำลองแสดงการหดตัวอาหารสดเป็นอาหารแห้ง	21
2.4 ลักษณะพื้นฐานของตู้อบแสงอาทิตย์	25
2.5 ลักษณะของตู้อบแสงอาทิตย์	26
2.6 เครื่องอบแห้งแบบถาดหรือแบบตู้	28
2.7 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเอนไซม์และการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของรีดิวซิงเอเจนต์	30



สารบัญแผนภาพ

แผนภาพ	หน้า
2.1 โครงสร้างการตลาดของแห้วจีน	8
2.2 ขั้นตอนการทำอาหารแห้งโดยการผึ่งแดด	27



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

แห้วจีน (water chestnut) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของอำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่เพาะปลูกแห้วจีนที่ดีที่สุดในประเทศไทย ผลิตผลแห้วจีนเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในรูปของผลสด ซึ่งวางจำหน่ายในตลาดสดทั่วประเทศ หรือเพื่อป้อนเข้าสู่โรงงานแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ โดยแต่ละปีมีผลผลิตแห้วจีนออกสู่ตลาดไม่น้อยกว่า 20,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 280 ล้านบาท พบพื้นที่เพาะปลูกส่วนมากในอำเภอศรีประจันต์ ได้แก่ ตำบลวังยาง ตำบลมดแดง และตำบลศรีประจันต์ ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกแห้วจีนรวมประมาณ 6,138 ไร่ (เจริญ, 2550) โดยให้ผลผลิตแห้วจีนที่มีคุณภาพและปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงถึงประมาณ 5,000-6,000 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาแห้วจีนมีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้นเป็น 12-15 บาทต่อกิโลกรัม จึงเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรหันมาประกอบอาชีพปลูกแห้วจีนเพิ่มมากขึ้น โดยในปีพุทธศักราช 2548 มีเกษตรกรผู้ปลูกแห้วจีนทั้งสิ้นจำนวนประมาณ 600 ราย ดังนั้น แห้วจีนจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญต่ออาชีพ และเศรษฐกิจของเกษตรกรที่จะนำรายได้สู่ครอบครัว แต่เมื่อมีปริมาณผลผลิตมากขึ้นอาจส่งผลกระทบต่อราคาตลาดลงได้ จึงจำเป็นต้องเตรียมหาแนวทางการเพิ่มมูลค่าของแห้วจีน ให้มีความหลากหลาย และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น

แห้วจีนเป็นพืชที่มีสรรพคุณในการบำรุงร่างกาย ในแง่ของการแก้กระหายน้ำ บรรเทาอาการไอ ช่วยในการทำงานของระบบปัสสาวะดี ช่วยแก้อาการอาหารไม่ย่อย ท้องผูก และแก้อาการเป็นพิษ เนื่องมาจากการดื่มสุรา (ผาณิต, 2549) การบริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคในรูปของแห้วจีนต้มสุกหรือน้ำแห้วจีน ที่มีรสหวานจากการเติมน้ำตาลบางส่วน และผลิตภัณฑ์จะมีกลิ่นหอมที่เป็นลักษณะเฉพาะของกลิ่นแห้วจีนซึ่งเกิดขึ้นภายหลังจากการให้ความร้อน ทำให้ผู้บริโภครู้สึกชื่นใจเมื่อบริโภค

การทำแห้ง หรือการตากแห้ง เป็นกระบวนการใช้ความร้อนต่ำเพื่อลดปริมาณความชื้น และน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (water activity) ของผลผลิตเกษตร ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่แห้ง มีน้ำหนักเบา มีความทนทานต่อการเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ และเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานาน การทำแห้งผลผลิตเกษตรในระดับอุตสาหกรรมสามารถทำได้โดยใช้เครื่องอบลมร้อน แต่ถ้าเกษตรกรต้องการตากแห้งโดยใช้แสงแดดก็สามารถทำได้ เพราะประเทศไทยตั้งอยู่บนพื้นที่บริเวณเขตร้อนที่มีการได้รับรังสีจากแสงอาทิตย์เฉลี่ยถึง 17 ล้านจูลต่อตารางเมตรต่อวัน (MJ/m^2) (จงจิตร, 2536) ซึ่งเป็นปริมาณแสงแดดที่มากพอจะนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการอบแห้งผลผลิตเกษตรต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาการแปรรูปเห็ดจิ๋วอบแห้งด้วยวิธีที่เหมาะสม เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย เกษตรกรสามารถทำการแปรรูปได้เอง และเป็นการเพิ่มมูลค่าเห็ดจิ๋วของจังหวัดสุพรรณบุรีให้สูงขึ้น โดยเลือกศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการระเหยความชื้นของเห็ดจิ๋วด้วยตู้อบแสงอาทิตย์และเครื่องอบลมร้อน ให้ได้ผลิตภัณฑ์อยู่ในรูปของเห็ดจิ๋วอบแห้ง เพื่อการถนอมรักษาผลผลิต และยืดอายุการเก็บรักษา โดยศึกษาถึงผลของภาวะการอบ และการเตรียมวัตถุดิบที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพ รวมถึงกลิ่นหอมซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของกลิ่นเห็ดจิ๋วภายหลังการทำแห้ง อีกทั้งยังนำไปใช้ประกอบอาหาร หรือขนมไทย

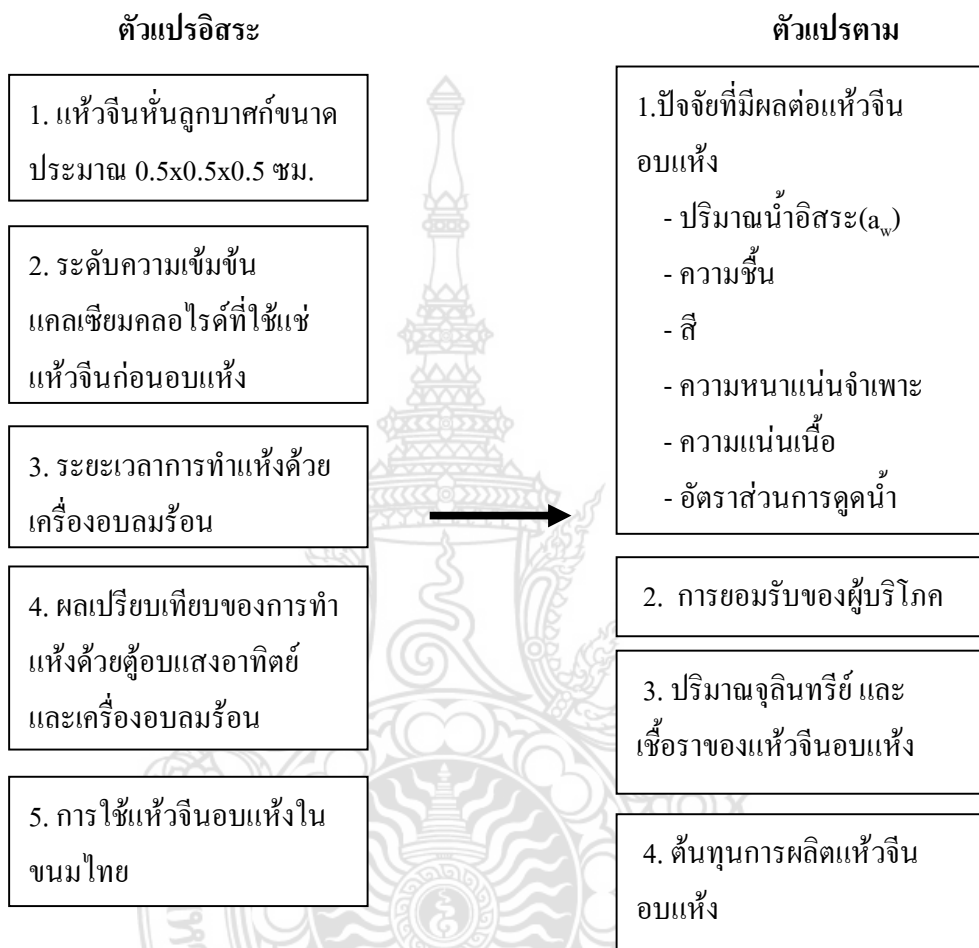
วัตถุประสงค์

1. ศึกษาความเข้มข้นของเกลือซีเมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการเตรียมเห็ดจิ๋วก่อนการอบแห้ง
2. ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน
3. เปรียบเทียบผลการอบแห้งด้วยตู้อบแสงอาทิตย์กับเครื่องอบลมร้อน
4. ศึกษาการนำเห็ดจิ๋วอบแห้งไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ขนมไทย

ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้เลือกใช้เห็ดจิ๋วเป็นวัตถุดิบเพื่อการศึกษา โดยศึกษาผลความเข้มข้นของเกลือซีเมคลอไรด์ในการอบแห้งเห็ดจิ๋ว โดยการใช้ความร้อนจากตู้อบแสงอาทิตย์ และเครื่องอบลมร้อน และศึกษาผลของระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน ต่อคุณลักษณะของคุณภาพของเห็ดจิ๋วอบแห้ง และการประเมินผลทางประสาทสัมผัส รวมทั้งการนำเห็ดจิ๋วอบแห้งไปประกอบการทำขนมไทย

กรอบแนวความคิด



ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการเตรียมหัวจิ้นก่อนการทำแห้ง
2. ทราบระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน
3. ทราบความแตกต่างของหัวจิ้นอบแห้งที่ใช้ตู้อบแสงอาทิตย์และเครื่องอบลมร้อน
4. ทราบถึงสูตรและปริมาณที่เหมาะสมในการใช้หัวจิ้นอบแห้งในผลิตภัณฑ์ขนมไทย
5. เพื่อเพิ่มมูลค่าหัวจิ้น และส่งเสริมให้เป็นสินค้าส่งออกได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเพื่อแปรรูปแห้วจีนอบแห้งจากแห้วจีนที่เพาะปลูกเป็นการค้าของอำเภอ ศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรีซึ่งข้อมูลที่ใช้เป็นแนวทางการวิจัยได้ค้นคว้าจากเอกสารตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยครอบคลุมเนื้อหาดังต่อไปนี้

2.1 แห้วจีน

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของแห้วจีน

แห้วจีนเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล *Cyperaceae* ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับพวก กก แห้วหมู แห้วไทย แห้วทรงกระเทียม เป็นต้น มีชื่อสามัญว่า Water Chestnut หรือ Chinese Water Chestnut เดิมแห้วจีนมีชื่อวิทยาศาสตร์เป็น *Eleocharis tuberosa*, *Shultes* หรือ *Scirpus tuberosus*, *Roxb.* แต่ปัจจุบันชื่อวิทยาศาสตร์ของแห้วจีนที่ใช้กันทั่วไปได้แก่ *Eleocharis dulcis*, *Burmans f.* ซึ่งคำว่า “*dulcis*” แปลว่า “หวาน” หมายถึง ส่วนหัวที่ใช้รับประทาน

แห้วจีนมีถิ่นกำเนิดในเขตร้อน สามารถขึ้นได้เองตามธรรมชาติ ปัจจุบันมีการปลูกแห้วจีนเพื่อการค้าในประเทศจีน ฮองกง ฟิลิปปินส์ สหรัฐอเมริกา อินเดีย อเมริกาใต้ และประเทศไทย (ชานีมา, 2522)

2.1.2 ประวัติความเป็นมาของแห้วจีนในประเทศไทย

แห้วจีนที่ปลูกในประเทศไทยมีการนำเข้ามาจากประเทศจีนเมื่อ 48 ปีมาแล้ว ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2493 โดยกำนันอำเภอสามชูก จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นคนแรกที่น่าพันธุ์แห้วจีนเข้ามาทดลองปลูกในแปลงนาที่เคยทำนาข้าว แต่ปรากฏว่าไม่ได้ผล เหลือพันธุ์เพียงเล็กน้อย ต่อมาในปี พ.ศ. 2494 นายจุ่ม แก้วศรีงาม อยู่ที่อำเภอศรีประจันต์ได้นำแห้วจีนไปปลูกในพื้นที่ 2 งาน ปรากฏว่า ได้ผลเป็นที่น่าพอใจได้ผลผลิตไร่ละ 4,000 กิโลกรัม ราคาในขณะนั้นกิโลกรัมละ 12-15 บาท ทำให้ได้กำไรมาก ส่งผลให้มีผู้หันมานิยมปลูกแห้วจีนกันมากขึ้น

และขยายเนื้อที่ปลูกออกไป ส่งผลให้ราคาลดลงเรื่อยจนเหลือราคา กิโลกรัมละ 2 บาท ในปี พ.ศ. 2510 การขยายเนื้อที่ปลูกจึงไม่กว้างขวางออกไปมากนัก แต่ก็ยังมีผู้นิยมปลูกแห้วจันทันอยู่มากพอสมควร ปัจจุบันมีการปลูกแห้วจันทันมากแถวสองฝั่งแม่น้ำท่าจีน (ไกลวัล, 2541 อ้างจาก สมาน, 2528)

สำหรับจังหวัดสุพรรณบุรี มีแหล่งปลูกที่สำคัญ คือ อำเภอศรีประจันต์ ซึ่งมีเนื้อที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตตำบลวังยาง ตำบลมดแดง และตำบลศรีประจันต์ ซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 400-450 ตัน/ไร่ หรือประมาณ 5,000-6,000 กิโลกรัม

ตำบลวังยาง	จำนวน 2,500 ไร่
ตำบลมดแดง	จำนวน 1,850 ไร่
ตำบลศรีประจันต์	จำนวน 340 ไร่
รวมพื้นที่ทั้งหมด	จำนวน 4,690 ไร่

ที่มา : สำนักงานเกษตรอำเภอศรีประจันต์, 2547

2.1.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

“แห้ว” หรือ “แห้วจันทัน” มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Eleocharis dulcis Trin* หรือ *E. tuberosa Schult* หรือ *Scirpus tuberosus Roxb.* อยู่ในตระกูล *Cyperaceae* เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เป็นกษนิคหนึ่งคล้ายกับหญ้าทรงกระเทียม แต่เป็นคนละชนิด (Species) กัน แห้วจันทันเป็นพืชปีเดียว ลำต้นแข็ง อวบน้ำ ลำต้นกลวง ตั้งตรง มีความสูง 90-110 เซนติเมตร ดอกเกิดที่ยอดของลำต้น ดอกตัวเมียเกิดเมื่อต้นสูง 15 เซนติเมตร เมื่อน้ำแล้วจึงเกิดดอกตัวผู้ตามมาเมล็ดมีขนาดเล็ก รากหรือหัวเป็นพวกไรโซม หรือ คอร์ม (rhizomes or corms) มี 2 ประเภท หัวประเภทแรกเกิดเมื่อต้นแห้วจันทันอายุ 6-8 สัปดาห์ ทำให้เกิดต้นแห้วขยายเพิ่มขึ้น หัวประเภทที่สองเกิดหลังจากแห้วออกดอกเล็กน้อย โดยทำมุม 45 องศากับระดับดิน หัวแห้วจันทันระยะเริ่มแรกเป็นสีขาว ต่อมาเกิดเป็นเกล็ดหุ้มสีน้ำตาลไหม้จนกระทั่งแก่ หัวมีขนาดแตกต่างกัน ขนาดที่ส่งตลาด 2-3.5 เซนติเมตร ต้นหนึ่งๆ แยกหน่อออกไปมาก และได้หัวประมาณ 7-10 หัว (นิรนาม, 2547)

2.1.4 ชนิดของแห้วจันทัน

สำนักงานเกษตรอำเภอศรีประจันต์ (2547) มีรายงานเกี่ยวกับแห้วจันทันแล้วยังมีแห้วทรงกระเทียม ชื่อวิทยาศาสตร์ *Eleocharis dulcis* เป็นพืชพวกกก แทงไหล แยกหน่อขึ้นรวมกันเป็นหมู่ใหญ่ในพืชที่น้ำท่วมขังลำต้นกลวงและมีเยื่อคั้น เป็นระยะสูง 30-39 เซนติเมตร หนา 3-7 มิลลิเมตร ใบเป็นปลอกหุ้มส่วนโคนของลำต้น ยาว 3-20 เซนติเมตร ดอกเล็กออกรวมกันเป็นช่อที่ปลายลำมีกาบเล็กแบนบางเรียงเวียนสลับคลุม ขอบกาบเกยกัน ช่อดอก เป็นแท่งกลม ปลายหู่ถึงแหลม ยาว 1.5-4

เซนติเมตร ผลเล็กมาก รูปมนกลมถึงรูปไข่กลับ แล้วยังมีหัวซึ่งมีรูปร่างคล้ายๆ กันนี้อีก 2 ชนิด ชนิดแรกเป็นหัวป่าขึ้นในน้ำนิ่ง หัวเล็กมาก สีเข้มเกือบดำที่เรียกว่า *E.plantaginea* หรือ *E.plantaginoides* อีกชนิดหนึ่งเป็นชนิดที่ต้องปลูก หัวชนิดนี้มีหัวใหญ่ มีรสหวาน เดิมทีเคยจัดไว้ต่างชนิดออกไป คือเรียกว่า *E.tuberosa* ปัจจุบันจัดเป็นชนิดเดียวกัน

หัวจิ้นที่ปลูกขึ้นในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ (ผาณิต, 2549)

2.1.4.1 หัวหมู ลักษณะของหัวหมูมีหัวขนาดเล็ก และเมื่อแก่เต็มที่จะมีสีดำ มีรากฝอยที่หัวมาก ใบมีลักษณะเรียวยาว ตรงกลางมีสัน ขนาดของใบยาวระหว่าง 5-20 เซนติเมตร จะมีใบ 3-4 ใบ หัวมีกลิ่นแรงจัด เนื้อมีรสเผ็ด หัวหมูมักขึ้นในดินที่ร่วนปนทรายจัดเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่ง แพทย์แผนโบราณนิยมนำหัวหมูมาเป็นส่วนผสมของเครื่องยาไทยแก้โรคได้หลายโรค เช่น โรคปวดท้อง และใช้บำรุงธาตุเจริญอาหาร

2.1.4.2 หัวไทย ลักษณะของหัวไทยมีผิวสีดำ บริเวณเปลือกจะแข็งมีริ้วรอย เมื่อปอกเปลือกออก เนื้อมีสีขาวนวล ถ้าสุกเป็นสีเหลืองอ่อนใส ลักษณะใบเป็นสามเหลี่ยม ลำต้นโตขนาด 4-5 เซนติเมตร สูง 70-80 เซนติเมตร

2.1.4.3 หัวจิ้น ลักษณะของหัวจิ้น มีขนาดหัวโตกว่าหัวไทย ทรงกลมแบนๆ เนื้อไม่เหนียวเท่า หัวไทย ใบกลมคล้ายหญ้าทรงกระเทียม มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ตระกูลเดียวกับต้นกก มีลำต้นแข็งอวบ กลม กลวง ความสูงประมาณ 50-90 เซนติเมตร

2.1.5 คุณค่าโภชนาการของหัวจิ้น

หัวหัวจิ้น ประกอบด้วยส่วนที่กินได้ร้อยละ 46 ส่วนที่เป็นของแข็งประมาณร้อยละ 22 ในจำนวนนี้เป็นโปรตีน ร้อยละ 1.4 คาร์โบไฮเดรตและเส้นใยต่ำกว่าร้อยละ 1 จากการวิเคราะห์หัวหัวสด ประกอบด้วย ความชื้นร้อยละ 77.9 โปรตีนร้อยละ 1.53 ไขมันร้อยละ 0.15 ไนโตรเจนร้อยละ 18.9 น้ำตาลร้อยละ 1.94 ชูโครสร้อยละ 6.35 แป้งร้อยละ 7.34 เส้นใยร้อยละ 0.94 เถ้าร้อยละ 1.19 แคลเซียม 2-10 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 52.2-65 มิลลิกรัม เหล็ก 0.43-0.6 มิลลิกรัม ไทอามีน 0.24 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.007 มิลลิกรัม ไนอาซิน 0.007 มิลลิกรัม กรดแอสคอร์บิก 9.2 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ของส่วนที่กินได้ (นิรนาม, 2547)

“แป้ง” ที่ได้จากหัวหัวจิ้นมีลักษณะคล้ายกับแป้งจากมันเทศ หรือ มันสำปะหลัง และมีขนาดใหญ่จนถึง 27 ไมครอน

หัวหัวจิ้น ที่ซื้อขายได้ต้องมีขนาดประมาณเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตรขึ้นไป เนื้อหัวจิ้นสีขาว กรอบ รับประทานสด บรรจุกระป๋อง คั้นน้ำ หรือต้มทำขนม หรือใช้ประกอบอาหารก็ได้ ส่วนใหญ่

นิยมเป็นอาหารจีน และปัจจุบันนำมาปรุงอาหารไทยกันมากขึ้น เนื่องจากหัวจิ้นมีรสชาติหวาน กรอบ เป็นเอกลักษณ์โดดเด่น

หัวจิ้นสามารถนำไปใช้ประกอบอาหารได้หลากหลายชนิดเช่น อาหารว่างใช้ใน ใส้ขนมจีบ ใส้ซาลาเปา ใส้หอยจ๊อ หรือฮ้อยจ๊อ (ศรีสมร, 2534) อาหารคาว เช่น ผัดผัสด่างๆ ซุปยาจิ้น (ศรีสมร, 2535) อาหารหวาน เช่น ตะโก้หัว ทับทิมกรอบ หัวน้ำเชื่อม ใส้ในน้ำแข็งไส และหัวจิ้นนึ่ง (รัมย์ภา, 2552) เครื่องดื่ม เช่น น้ำดื่มหัวจิ้น (เสาวภรณ์, 2545)

นอกจากนี้ยังใช้ทำแป้งหัวจิ้นประโยชน์เพื่อให้อาหารมีความเหนียวเหมือนแป้งมันสำปะหลัง (นิรนาม, 2553) หัวเล็กๆ ใช้เลี้ยงเป็ด ไก่ หัวหัวบางชนิดใช้ทำยา ดันหัวใช้เลี้ยง ปศุสัตว์ ใช้ในการบรรจุหีบห่อผลไม้ ใช้ทำตะกร้า ทอเสื่อ เป็นต้น

หัวจิ้นมีวิตามินซีเล็กน้อย มีธาตุฟอสฟอรัส และแคลเซียม มีแป้ง โปรตีน และอื่นๆ ใช้เป็นยา ไบ ตำพอกเหงือก แก้ปวดเหงือก ปวดฟัน หัว เป็นยาแก้ร้อนใน กระจายน้ำ บำรุงธาตุ ขับน้ำนม สมานแผลในทางเดินอาหาร และกระตุ้นการทำงานของร่างกาย (โสภณ และจินดา, 2523)

2.1.6 ตลาดหัวจิ้น

หัวจิ้น จะออกสู่ตลาดในช่วงระยะเวลาที่ใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ คือ ประมาณเดือน สิงหาคม-เมษายน ของปีถัดไป หรือจนกว่าผลผลิตรุ่นใหม่จะออกสู่ตลาด ทำให้การจัดจำหน่ายผลผลิตของเกษตรกรมีโอกาสเลือกตัดสินใจได้พอสมควรว่าจะจำหน่ายผลผลิตในช่วงระยะเวลาใดและราคาเท่าใด

การจัดจำหน่ายผลผลิต เกษตรกรจะใช้วิธีการตกลงราคากับผู้ซื้อก่อน จึงมหัวส่งมอบให้ผู้ซื้อ ประมาณร้อยละ 80 จะจำหน่ายทั้งเปลือก โดยไม่มีการคัดขนาด แต่จะคัดเฉพาะหัวจิ้นที่เส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่า 2 เซนติเมตร ออกเท่านั้น เพราะมีขนาดเล็กเสียเวลาในการปอกเปลือก เกษตรกรจำหน่ายผลผลิตให้กับโรงงานแปรรูปอัดกระป๋องโดยตรง ในลักษณะที่ปอกเปลือกแล้ว ประมาณร้อยละ 20

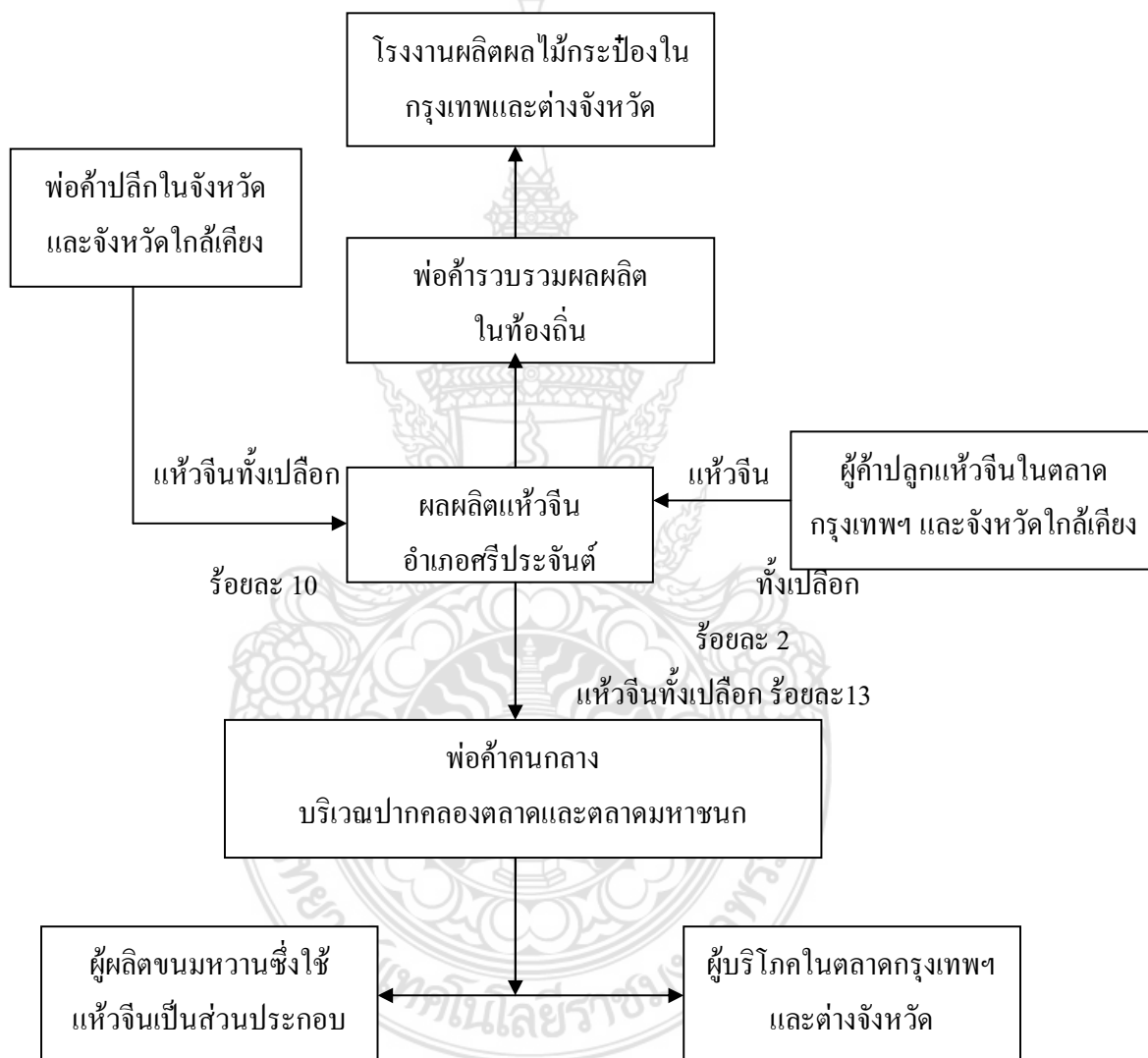
วิธีการจำหน่ายหัวจิ้นทั้งเปลือก (จำหน่ายปลีก) จะมีวิธีการตวงปริมาตรเป็นถัง (ประมาณ 20 ลิตร) โดยการเทหัวจิ้นลงในถังตวงจนพูน ไม่สามารถใส่ลงไปได้อีก ถือว่าเป็นปริมาตร 1 ถังตวง หากเทียบน้ำหนักแล้วประมาณ 13.5-14 กิโลกรัม (นิรนาม, 2547)

2.1.7 ราคาผลผลิตหัวจิ้น

หัวจิ้นทั้งเปลือกที่เกษตรกรขายได้ เมื่อต้นฤดู (เดือนตุลาคม) ราคา 60 บาท/ถัง ส่วนปลายฤดู ราคาอาจจะสูงขึ้น 80-150 บาท/ถัง หัวจิ้นปอกเปลือกแล้วหัวใหญ่กิโลกรัมละ 24 บาท หัวเล็กกิโลกรัม

ละ 13 บาท ส่วนหัวเงินกระป๋องราคาขายส่งกระป๋องละ 18-20 บาท ขายปลีกกระป๋องละ 25 บาท เช่น หัวเงินในน้ำเชื่อมตรา ทานตะวัน ขายกระป๋องละ 35 บาท น้ำหนักสุทธิ 580 กรัม น้ำหนักเนื้อ 320 กรัม (นิรนาม, 2553)

2.1.8 โครงสร้างการตลาดของหัวเงิน



แผนภาพที่ 2.1 โครงสร้างการตลาดของหัวเงิน

หมายเหตุ : ค่าปอกเปลือกกิโลกรัมละ 4-5 บาท

ที่มา : สำนักงานเกษตรอำเภอศรีประจันต์, 2547

2.1.9 โรงงานที่รับซื้อผลผลิต

โรงงานผลิตผลไม้กระป๋องที่รับเหมาเงินในจังหวัดสุพรรณบุรีไปเป็นวัตถุดิบเป็นโรงงานขนาดเล็ก มี 3 แห่ง คือ

- | | | |
|-----------------------------|------------------|-------------------|
| 1. โรงงานสโนว์เฮาส์ | อำเภอศรีประจันต์ | จังหวัดสุพรรณบุรี |
| 2. โรงงานอโถเวอร์สุพรรณบุรี | อำเภอศรีประจันต์ | จังหวัดสุพรรณบุรี |
| 3. โรงงานน้ำหวานทานตะวัน | อำเภอศรีประจันต์ | จังหวัดสุพรรณบุรี |

ส่วนโรงงานผลิตผลไม้กระป๋องที่รับผลผลิตเหมาเงินจังหวัดต่างๆ มีดังนี้ คือ

- | | | |
|---|-----|-------------------|
| 1. บริษัท โรงงานมาลีสามพราน จำกัด | จาก | จังหวัดนครปฐม |
| 2. บริษัท อาหารสากล | จาก | จังหวัดลำปาง |
| 3. โรงงานผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง | จาก | จังหวัดเชียงใหม่ |
| 4. บริษัท ริเวอร์แควร์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด | จาก | จังหวัดกาญจนบุรี |
| 5. โรงงานแกรนด์เอเชีย | จาก | จังหวัดราชบุรี |
| 6. โรงงานเอราวัณฟู้ดส์ | จาก | จังหวัดสมุทรสาคร |
| 7. โรงงานฟู้ดส์แอนด์คิง | จาก | จังหวัดราชบุรี |
| 8. โรงงานสหปราจีน | จาก | จังหวัดปราจีนบุรี |
| 9. โรงงานสยามสบายเซ็น | จาก | จังหวัดปราจีนบุรี |
| 10. โรงงานสยามน้ำอง | จาก | จังหวัดปราจีนบุรี |
| 11. โรงงานประจันตคามฟู้ดส์ | จาก | จังหวัดปราจีนบุรี |
| 12. โรงงานยูนิเวอร์บิสเอเชีย | จาก | จังหวัดปราจีนบุรี |
| 13. โรงงานซอสมะเขือเทศ | จาก | จังหวัดร้อยเอ็ด |

2.1.10 นิยามแห้วจีนของประเทศจีน

แห้วจีน หรือรู้จักกันในนามของแห้วจีนเป็นเครื่องปรุงในอาหารเอเชียซึ่งเป็นที่แพร่หลาย ที่ปลูกกันในพื้นที่นาของประเทศจีน มีรากเป็นลักษณะปุ่มกลมๆ เป็นพืชร้ำน้ำ หัวของแห้วจีนที่อยู่ใต้ดิน ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูงมากอุดมไปด้วย คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน บี 2 วิตามิน บี 6 โพแทสเซียม ทองแดง และแมงกานีส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดมากที่สุดถึง 4 เซนติเมตร เนื้อมีลักษณะกรอบสามารถรับประทานได้ดิบ ๆ หรือ หั่นบาง ๆ นำไปต้ม หรือย่าง หรือดองและบรรจุกระป๋องก็ได้ เพราะว่าผักชนิดนี้ สามารถนำไปใช้ได้หลายๆวิธีดังที่กล่าวมา จึงเป็นเหตุผลที่แห้วจีนได้ถูกนำไปเป็นส่วนประกอบของเครื่องปรุงในอาหาร หลากหลายชนิด และเนื่องจากความที่มีรสหวาน ความฉ่ำ ที่ได้รับจากแห้วจึงถูกนำไป กินอย่างสดก็ได้ กินอย่างดิบก็ได้หรือเพื่อนำไปให้สุกโดยวิธีผัดหรือ ทำสลัด (นิรนาม, 2551)

การเก็บเกี่ยวแห้วจีนต้องใช้แรงงานที่ละเอียดถี่ถ้วน จึงไม่ต้องสงสัยเลยว่า พบได้น้อยในถิ่นที่มีค่าครองชีพสูง เช่นประเทศ ญี่ปุ่น และออสเตรเลีย ทั้งๆ ที่ในพื้นที่เหล่านี้สามารถปลูกข้าวได้ เช่นกัน แห้วมีลักษณะที่แข็งไม่นิ่ม และเสียวซึ่งเปลือกจะมีโคลนอยู่ ก่อนนำไปปรุงควรนำไปล้างก่อน ซึ่งเนื้อของแห้วจะมีความหวานเล็กน้อย แม้วานาปรุงแล้วก็ยังคงมีความฉ่ำ และสดกรอบ ในการล้างต้องฉีดด้วยน้ำ และล้างให้ทั่วและนำไปแช่ในน้ำเย็นเพื่อไม่ให้เนื้อมันดำ หรือคล้ำ ถ้าจะเก็บไว้ในตู้เย็นต้องเปลี่ยนน้ำที่แช่ทุกวัน เพื่อที่จะสามารถเก็บไว้ได้ 1 ถึง 2 สัปดาห์ นอกจากนี้ยังสามารถกินเล่นเป็นขนมขบเคี้ยว หรือรับประทานดิบๆ ได้ด้วย ถ้าหากไม่เอาไปกินเล่นหรือทำอาหาร อาจจะไปต้มเติมน้ำตาลตามชอบ

แห้วจีนสามารถนำมาทำให้แห้งแล้วบดเป็นผงแห้ว หรือมาทำเป็นแป้ง แป้งชนิดนี้มีคุณสมบัติเหมือนแป้งข้าวโพดที่ช่วยทำให้ข้นเหนียว ในอาหารจีนนิยมใช้ หรือบางครั้งก็ทำเป็น พุดดิ้งหรือเค้ก (นิรนาม, 2552) แห้วจีนเป็นพืชที่ไม่มีรสชาติ และมีความฉ่ำกรอบจึงสามารถปรุงแทนผักเคลาสีของต่างประเทศได้ (นิรนาม, 2552)

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แปรรูปแห้วจีน มีดังต่อไปนี้

- 2.1.11.1 Frozen Water Chestnut
- 2.1.11.2 Canned Water Chestnut
- 2.1.11.3 Sliced Peeled Water Chestnuts
- 2.1.11.4 Water chestnut flour

(นิรนาม, 2553)

2.2 การทำแห้ง

อาหารแห้ง หมายถึง การนำอาหารมาระเหยเอาน้ำออก อาจโดยการตากแดด หรือ โดยการอบด้วยความร้อนในตู้อบ จนมีความชื้นเหลืออยู่ในปริมาณต่ำกว่าที่เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ อาหารแห้งต้องนำมาทำให้คืนรูปด้วยการต้ม หรือแช่น้ำก่อนนำมาบริโภค (รัตน และพิไลรัก, 2541)

2.2.1 หลักการถนอมอาหารโดยการทำแห้ง

2.2.1.1 หลักการทำแห้ง คือ จะต้องไล่น้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารออกไป แต่จะยังมีความชื้นเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มากน้อยแล้วแต่ชนิดของอาหาร

2.2.1.2 การถนอมอาหาร โดยการทำให้แห้งหมายถึง การกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหาร ออกจากอาหาร ซึ่งจะมีผลให้กระบวนการเมตาบอลิซึม และการเจริญของจุลินทรีย์เกิดได้ช้าลง ทั้งยังเป็นการลดอัตราเร็วของปฏิกิริยาการหืนของไขมันเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

การทำแห้งทำได้โดย

2.2.1.2.1 การตากแห้ง เป็นการทำให้แห้งโดยอาศัยธรรมชาติ เป็นการอาศัยแหล่งความร้อนจากแสงอาทิตย์ หรือผิงลม วิธีนี้นิยมใช้ในประเทศแถบร้อนเขตร้อนเขตร้อน เพราะต้นทุนต่ำ ทำได้ง่าย แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากการไม่สามารถ ควบคุมอัตราเร็วในการทำแห้งได้ (โครงการพัฒนาการศึกษาที่มีเป้าหมายสัมพันธ์กับการแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจของประเทศ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550) เวลาที่ใช้ในการตากแห้งทั้งหมดขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของชิ้นผักผลไม้ ระหว่างการตากแห้งควรมีการพลิกกลับชิ้นผักผลไม้ เพื่อช่วยให้ได้รับความร้อนจากแสงแดดได้ทั่วถึงส่งผลให้ผักผลไม้แห้งเร็วยิ่งขึ้น (รัตน และพิไลรัก, 2541)

2.2.1.2.2 การอบแห้ง เป็นการทำให้แห้งภายในตู้อบที่สามารถควบคุมอัตราความเร็วของลม อุณหภูมิ และความชื้น เพื่อส่งผ่านความร้อนเข้าไปในชิ้นผักผลไม้ ทำให้น้ำที่มีอยู่กลายเป็นไอระเหยออกไป โดยระยะแรกอุณหภูมิของผักผลไม้จะต่ำกว่าอุณหภูมิของตู้อบมาก แต่จะค่อยๆ สูงขึ้นเมื่อความชื้นของผักผลไม้ลดต่ำลง จนในที่สุดอุณหภูมิของผักผลไม้จะเท่ากับอุณหภูมิของตู้อบ ระยะนี้การหดตัวของชิ้นผักผลไม้จะเกิดขึ้น ช่องว่างเซลล์จะเหลือน้อยลง การใช้อุณหภูมิสูงเกินไปทำให้การหดตัวของผิวของชิ้นผักผลไม้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และเกิดเป็นชั้นแข็งขึ้น เป็นเหตุให้น้ำที่อยู่ภายในซึมออกมาได้ยาก ทำให้ความชื้นของชิ้นผักผลไม้ไม่ลดลงถึงจุดที่ต้องการ หรือต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นในการทำแห้ง ด้วยเหตุนี้การควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญ (รัตน และพิไลรัก, 2541)

2.2.2 วิธีการทำแห้งโดยใช้เครื่องมือ มีหลายวิธีคือ

2.2.2.1 ใช้กระแสลมร้อนสัมผัสกับอาหาร เช่น ตู้อบแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer)

2.2.2.2 พ่นอาหารที่เป็นของเหลวไปในลมร้อน เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)

2.2.2.3 ให้อาหารชั้นสัมผัสผิวหน้าของลูกกลิ้งร้อน เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer หรือ Roll dryer)

2.2.2.4 กำจัดความชื้นในอาหารในสภาพที่ทำน้ำให้เป็นน้ำแข็งแล้วกลายเป็นไอในห้องสุญญากาศ ซึ่งเป็นการทำให้อาหารแห้งแบบเยือกแข็ง โดยเครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dryer)

2.2.2.5 ลดความชื้นในอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ (Microwave) หลักในการทำอาหารให้แห้ง คือ จะต้องไล่น้ำ หรือความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์การเกษตรออกไป แต่จะยังมีความชื้นเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มากน้อยแล้วแต่ชนิดของอาหาร

2.2.3 การเลือกกรรมวิธีการทำให้แห้ง

กรรมวิธีการทำให้ผักผลไม้แห้งนั้นมีหลายวิธี การเลือกใช้วิธีใดนั้น ควรพิจารณาปัจจัยต่างๆ ประกอบ ดังนี้

2.2.3.1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ต้องการ

การเลือกกรรมวิธีการทำให้ผักผลไม้แห้ง ต้องทราบลักษณะความต้องการของผักผลไม้อบแห้งว่า ต้องการลักษณะใด เป็นชิ้น เป็นแว่น เป็นแผ่น เป็นสี่เหลี่ยม ลูกเต๋า หรือเป็นเกล็ด หรือเป็นผงในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความสามารถในการกินรูป และความแห้ง(ความชื้น) ของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

2.2.3.2 ค่าใช้จ่ายในการทำแห้ง

ค่าใช้จ่ายในการทำแห้ง เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ผู้ประกอบการต้องคำนึงถึง และศึกษาหาข้อมูลรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการทำแห้ง ตั้งแต่ราคาของเครื่องอบ ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงในการอบแห้ง ประสิทธิภาพในการอบแห้ง ระบบการควบคุม และการทำงานของเครื่อง เนื่องจากเครื่องอบแห้งแต่ละชนิดมีค่าใช้จ่ายในการทำแห้งแตกต่างกัน ค่าใช้จ่ายในการทำแห้งสูงส่งผลต่อราคาต้นทุนของผลิตภัณฑ์ เพราะถ้าราคาต้นทุนสูง ทำให้ราคาจำหน่ายสูงตามไปด้วยเป็นผลให้โอกาสของการแข่งขันในตลาดลดน้อยลง (รัตนา และพิไลรัก, 2541)

2.2.4 การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนจะเกิดตรงจุดที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิของเครื่องมือที่ใช้ในการอบ และเครื่องมือที่ต้องการทำให้แห้ง การถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบ (นิธิยา, 2543) ได้แก่

2.2.4.1 การนำความร้อน(Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งกับ โมเลกุลข้างเคียง สภาพนำความร้อนเป็นคุณสมบัติของสารที่ประกอบกันขึ้นเป็นวัตถุซึ่งจะมีค่าแตกต่างกัน สภาพนำความร้อนขึ้นกับอุณหภูมิ และความร้อน ค่าสภาพนำความร้อนของน้ำจะมีค่ามากกว่าค่าของวัตถุแห้งที่เป็นอาหาร เช่น ในผักและผลไม้สดซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบจำนวนมาก ค่าสภาพนำความร้อนของผัก และผลไม้สดดังกล่าวจะไม่ต่างจากค่าของน้ำบริสุทธิ์มาก อย่างไรก็ตามก็ดิขณะที่การอบแห้งเกิดขึ้นกับวัตถุ ค่าสภาพนำความร้อนจะลดลง จากการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่ผิวหน้าของวัตถุที่ขึ้นจะแตกต่างเพียงเล็กน้อยจากอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet-bulb temperature) ลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อการระเหยเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของวัตถุที่ขึ้นจริงๆ อย่างมีประสิทธิภาพ

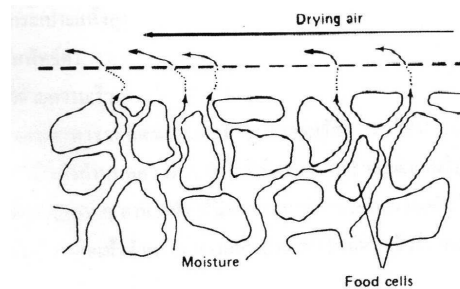
2.2.4.2 การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยกลุ่มของโมเลกุลที่เคลื่อนที่ได้ เช่น อาหารที่เป็นของเหลว โดยกระแสความร้อนถูกพาผ่านช่องว่างที่เป็นอากาศ หรือแก๊สของเหลวอีกชนิดหนึ่งไปยังอีกชนิดหนึ่ง

2.2.4.3 การแผ่รังสี (Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนไปยังอาหาร โดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) การถ่ายเทพลังงานโดยการแผ่รังสีนั้นเกิดเพียงส่วนน้อยในกระบวนการการอบแห้งอาหาร แต่ในกรณีของการอบแห้งอาหารสุญญากาศ และการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะมีการถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสีเป็นหลัก นอกจากนี้การถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสียังใช้กระบวนการอบแห้งอาหารอื่นๆ เช่นการอบแห้งแบบพ่นฝอย การอบแห้งแบบถาด การแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่รังสีจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น

2.2.5 กลไกการทำแห้ง

อากาศร้อนหรือลมร้อนผ่านผิวหน้าอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวหน้าของอาหาร ทำให้อุณหภูมิของอาหารเพิ่มขึ้น และความร้อนแฝงของการเกิดไอน้ำจะทำให้น้ำในอาหารเกิดการระเหยออกมา ไอน้ำก็จะแพร่ผ่านฟิล์มของอากาศ และถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่สภาวะดังกล่าวจะทำให้ความดันที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอน้ำภายในของอาหาร เป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำขึ้น อาหารชั้นด้านในจะมีความดันไอน้ำสูง และค่อยๆ ลดต่ำลงเมื่อชั้นอาหารเข้า

ไกล้อากาศแห้ง ความแตกต่างของความดันนี้ทำให้เกิดแรงขับทำให้น้ำถูกแยกออกจากอาหาร น้ำที่อยู่ในอาหารจะเคลื่อนที่ไปยังผิวหน้าอาหารด้วยกลไกดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำให้แห้ง

ที่มา : วิไล, 2552

กลไกการเคลื่อนที่ของความชื้นสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.2.5.1 การเคลื่อนที่ของของเหลวด้วยแรงแคปิลารี (capillary force)

2.2.5.2 การแพร่ของของเหลวซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความเข้มข้นของตัวละลายในบริเวณต่างๆของอาหาร

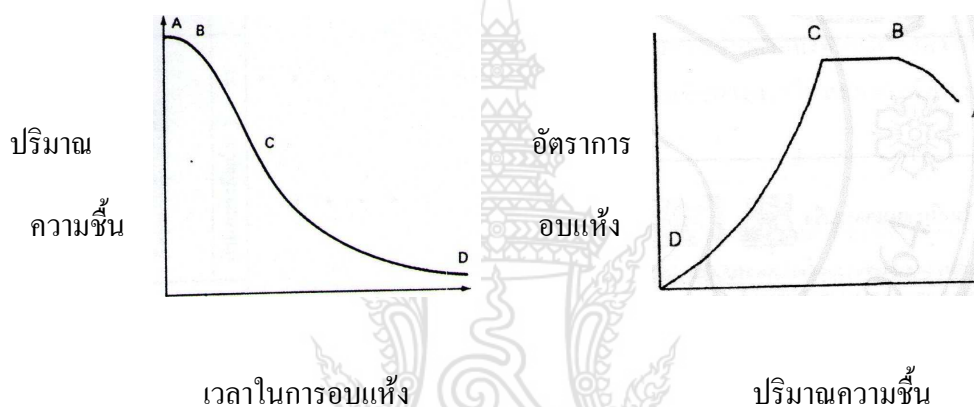
2.2.5.3 การแพร่ของของเหลวซึ่งถูกดูดซับอยู่ที่บริเวณผิวหน้าของของแข็งที่เป็นองค์ประกอบของอาหาร

2.2.5.4 ความแตกต่างของความดันไอทำให้เกิดการแพร่ของไอน้ำในช่องว่างระหว่างองค์ประกอบที่เป็นของแข็งในอาหาร

เมื่อนำอาหารมาไว้ในเครื่องอบแห้ง ช่วงเวลาสั้นๆ ตอนเริ่มอบแห้งจะเป็นเวลาที่ใช้ในการทำผิวหน้าของอาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงอุณหภูมิกระเปาะเปียก ซึ่งเป็นช่วง AB ภาพที่ 2.2 หลังจากนั้นจะเป็นช่วงจะเป็นช่วงการอบแห้ง โดยน้ำจะเคลื่อนที่จากด้านในอาหารออกมาด้วยความเร็วเท่ากับน้ำที่ระเหยออกไป ผิวหน้าจึงยังเปียกอยู่ เรียกว่า ช่วงอัตราคงที่ (constant rate period, BC) และช่วงต่อเนื่องไปจนถึงความชื้นวิกฤต (critical moisture content) แต่ในทางปฏิบัติผิวหน้าของอาหารจะค่อยๆแห้งด้วยอัตราเร็วที่แตกต่าง และอัตราการอบแห้งโดยรวมจะค่อยๆ ลดลงในช่วงอัตราคงที่ จุดความชื้นวิกฤตของอาหารแต่ละชนิดจึงไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของอาหารในเครื่องอบแห้ง และอัตราการทำให้แห้ง สมบัติของอากาศขณะที่มีอัตราการระเหยออกของน้ำคงที่ คือ ต้องมีอุณหภูมิกระเปาะ

แห้งสูง มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และอากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เมื่อความชื้นของอากาศลดลงต่ำกว่าความชื้นวิกฤต อัตราการทำให้แห้งก็ลดลงจนเข้าใกล้ศูนย์ที่ความชื้นสมดุล (ความชื้นในอาหารกับความชื้นในอากาศแห้ง) หรือที่เรียกว่าเป็นช่วงอัตราการลดลง (falling rate period, CD) (วิไล, 2552)

เส้นกราฟการทำแห้งอาหาร อุณหภูมิ และความชื้นของอาหารแห้งจะคงที่และความร้อนทั้งหมดจะถูกถ่ายเทไปยังผิวอาหารด้วยการพาความร้อน



ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบแห้ง และความชื้นในอาหาร
ที่มา : วิไล, 2552

2.2.6 น้ำในอาหาร

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหาร ทำหน้าที่เป็นตัวละลายสารต่างๆ น้ำเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ และน้ำยังทำหน้าที่เป็นตัวละลายพาสารอาหาร และสารที่ต้องถูกขับทิ้ง ซึ่งอยู่ในของเหลวทั้งภายใน และภายนอกเซลล์ของพืช และสัตว์ (นิธิยา, 2545)

อาหารมีน้ำอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นน้ำที่อาหารดูดซับไว้เป็นองค์ประกอบของโมเลกุลทางเคมีของอาหาร เรียกว่า bound water จุลินทรีย์จะนำน้ำส่วนนี้ไปใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างยาก และน้ำที่เหลือไม่ได้เป็นองค์ประกอบของโมเลกุลทางเคมีอาหาร เป็นน้ำที่มีอยู่รอบๆ อาหาร และยังเป็นอิสระ (free water) เรียกว่า available water หรือ water activity ; a_w ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ที่จุลินทรีย์สามารถนำน้ำส่วนนี้ไปใช้ในการเจริญเติบโต ถ้ามีมากจะทำให้อาหารเก็บไว้ไม่ได้นาน หรือมีอายุการเก็บรักษาสั้น (ไพโรจน์, 2539)

2.2.6.1 การวัดปริมาณน้ำในอาหาร สามารถวัดได้ 2 รูปแบบ คือ วัดปริมาณความชื้น (moisture content) และวัดค่าแอกติวิตี้ (water activity ; a_w)

2.2.6.1.1 วัดปริมาณความชื้น (moisture content)

ความชื้น หมายถึง ปริมาณน้ำทั้งหมดที่อยู่ในอาหาร เป็นการรวมปริมาณน้ำทั้ง 2 ส่วน ได้แก่ bound water และ free water ซึ่งสามารถวัดได้ 2 แบบ คือ

2.2.6.1.1.1 ความชื้นฐานเปียก (wet basis) คือ ปริมาณความชื้นแบบคิด
เทียบกับน้ำหนักเปียก

$$\text{ร้อยละ } MC_{wb} = [(w-d)/w] \times 100$$

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้ทางการค้า โดยทั่วไปจะอ้างอิงในรูปร้อยละ

2.2.6.1.1.2 ความชื้นฐานแห้ง (dry basis) คือ ปริมาณความชื้นแบบคิด
เทียบกับน้ำหนักแห้ง

$$\text{ร้อยละ } MC_{db} = [(w-d)/d] \times 100$$

ความชื้นแบบนี้นิยมใช้ทางวิเคราะห์ในทฤษฎีของกระบวนการอบแห้ง

โดยที่ MC_{wb} คือ ความชื้นฐานเปียก (wet basis)

MC_{db} คือ ความชื้นฐานแห้ง (dry basis)

w คือ น้ำหนักน้ำรวมกับน้ำหนักแห้งของวัสดุ, kg

d คือ น้ำหนักวัสดุแห้ง (น้ำหนักวัสดุหลังจากอบจนน้ำระเหยหมด), kg

2.2.6.1.2 ค่าแอกติวิตี้ (water activity ; a_w)

หมายถึง อัตราส่วนของความดันไอของน้ำในอาหาร (p) ต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่จุดอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน ซึ่งเป็นปริมาณน้ำในส่วน of free water เท่านั้น

$$a_w = p/p_0$$

โดยที่ a_w คือ ค่าแอกติวิตี้ (water activity)

p คือ ความดันไอของน้ำในอาหาร

p_0 คือ ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่จุดอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน

วิธีการที่ใช้ในการถนอมอาหาร ไม่ว่าจะเป็นวิธีการทำให้ชื้น การอบแห้ง การเชื่อมโดยเติมน้ำตาล การหมักดอง วิธีการทั้งหมดอาศัยหลักการลดลงของค่าแอกติวิตี้ ซึ่งการทำให้ชื้นหรือการอบแห้งเป็นการระเหยน้ำส่วนนี้ออกไป ส่วนการเติมน้ำตาล หรือเกลือ หรือส่วนผสมอื่นๆ ลงไปในโมเลกุลของน้ำเหล่านั้น (วิล, 2552)

2.2.6.2 การจำแนกประเภทของอาหาร โดยใช้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) เป็นเครื่องวัดสามารถแบ่งอาหารได้ 3 ประเภท (ไพโรจน์, 2539) คือ

2.2.6.2.1 อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีสูง หรือ High Moisture Food (HMF) เป็นอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วง 0.85-1.00 เช่น อาหารสด เนื้อไก่ เนื้อปลา ผัก และผลไม้สด เป็นต้น

2.2.6.2.2 อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีปานกลาง หรือ Intermediate Moisture Food (IMF)

เป็นอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วง 0.65-0.85 เช่น แยม นมข้นหวาน ลูกกวาด ผลไม้แห้ง เป็นต้น

2.2.6.2.3 อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำ หรือ Low Moisture Food (IMF) เป็นอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วง 0.01-0.65 เช่น ขนมปังกรอบ นมผง ไข่ผง เป็นต้น

ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) มีบทบาทสำคัญต่อการแปรรูปอาหารเป็นอย่างมาก การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ออบแห้ง ปฏิกริยาทางเคมีต่างๆ ที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหาร และการเจริญเติบโต หรือ ความคงตัวของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร (ศิริทรัพย์, 2544) อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีมากกว่า 0.90 โดยทั่วไปจะเกิดการเสื่อมเสีย เนื่องจากแบคทีเรีย และสำหรับอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำกว่า ความทนทานของจุลินทรีย์โดยทั่วไปคือ เชื้อรามักจะทนได้ดีกว่ายีสต์ และยีสต์มักจะทนดีกว่าแบคทีเรีย ซึ่งทั้งเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย จะเจริญได้ในอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่างกัน (ไพโรจน์, 2539) ถ้าอาหารมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำกว่า 0.60 การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์จะไม่เกิดขึ้น และผลิตภัณฑ์มีความคงตัวทางจุลชีววิทยา (ใจทิพย์, 2545) แม้ว่าจุลินทรีย์ต่างๆ จะไม่สามารถเจริญได้ แต่ก็เกิดปฏิกริยาเคมีขึ้นได้ทั้งมีเอนไซม์ และไม่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง เช่น ปฏิกริยาออกซิเดชัน และปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ เป็นต้น ซึ่งเกิดขึ้นจะทำให้สี กลิ่น รสชาติ และความคงตัวของอาหารเปลี่ยนแปลงไปด้วยระหว่างการแปรรูป และการเก็บรักษา (กิตติคุณ, 2550 อ้างถึงใน พิษญา, 2547)

ตารางที่ 2.1 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ต่ำสุดที่จุลินทรีย์ในอาหารสามารถเจริญได้

ชนิดจุลินทรีย์	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ต่ำสุด
แบคทีเรียที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย	0.90
ยีสต์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย	0.88
ราที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย	0.80
แบคทีเรียพวกที่ชอบความเค็ม (halophilic bacteria)	0.75
ราที่เจริญได้ในสภาวะแห้ง (xerophilic mold)	0.61
ยีสต์ที่ทนแรงดันออสโมติกสูง (osmophilic yeast)	0.61

ที่มา : สุมณฑา, 2545

2.2.7 การเคลื่อนย้ายของน้ำในอาหาร

เมื่ออาหารได้รับความร้อนระหว่างการอบแห้ง ในขณะที่เดียวกันน้ำที่อยู่ในอาหารก็จะเคลื่อนตัวออกจากอาหาร ลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารอาจเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่ของของเหลวหรือของไอ กล่าวคือ น้ำหรือไอน้ำภายในอาหารจะเคลื่อนที่มาจากผิวหน้าของวัตถุนั้นน้ำที่ผิวหน้าจะกลายเป็นไอระเหยออกไปสู่รอบบรรยากาศของตู้อบแห้ง จากการศึกษาพบว่ากลไกภายในของการไหลของของเหลว และผลของสภาพภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนตัวของน้ำในระหว่างการอบแห้ง กลไกภายในของการไหลของของเหลวนั้นได้พบว่ามีอยู่หลายแบบ ทั้งนี้ขึ้นกับโครงสร้างของอาหาร (ใจทิพย์, 2547)

เมื่ออาหารได้รับความร้อนจากกระบวนการอบแห้ง ทำให้น้ำในอาหารเกิดการระเหย การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในอาหารออกมาที่บริเวณผิว มี 2 วิธี (สิริลักษณ์, 2544)

2.2.7.1 การเคลื่อนที่ด้วยแรงผ่านช่องแคบ (Capillary flow) เป็นการเคลื่อนที่อาหารที่มีรูพรุน มีช่องว่างระหว่างเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นช่องทางแคบๆ เกิดแรงดันของน้ำขึ้นมาตามท่อ การเคลื่อนที่ของน้ำสะดวกและรวดเร็ว แต่จะหยุดเมื่อทางแคบนั้นขาดตอนลง

2.2.7.2 การเคลื่อนที่ด้วยแรงผ่านเซลล์ (Diffusion) เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเนื้อแน่น ไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นทาง โดยน้ำจะต้องแพร่ผ่านในแต่ละเซลล์จึงเคลื่อนที่ได้ช้า

2.2.8 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการอบแห้ง

การอบแห้งมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเวลาในการอบแห้ง ที่ต้องทราบเพื่อจะได้สามารถควบคุมให้การอบแห้งเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ คือ

2.2.8.1 ลักษณะทางธรรมชาติของวัสดุ วัสดุมีลักษณะเป็นรูพรุนจะมีอัตราการอบแห้งเร็ว

2.2.8.2 ขนาดและรูปร่างของวัสดุ ส่วนใหญ่จะคำนึงถึงเฉพาะความหนา เนื่องจากถ้าวัสดุมีความหนามาก การอบแห้งจะเกิดได้ช้า

2.2.8.3 พื้นที่ผิวของวัสดุ ถ้ามีพื้นที่ผิวมากการอบแห้งจะเกิดเร็ว

2.2.8.4 ปริมาณ และตำแหน่งของวัสดุ การใส่วัสดุที่มีปริมาณมากไปทำให้การอบแห้งไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณกลางๆ และส่วนล่าง ถ้าการจัดเรียงไม่ดีแล้วจะทำให้การอบแห้งเกิดขึ้นได้ช้ามาก

2.2.8.5 ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากแล้วจะรับไอน้ำได้น้อยและจะมีผลต่ออัตราการอบแห้งในช่วงอัตราอบแห้งคงที่และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายน้ำดีขึ้น มีผลต่ออัตราการอบแห้งในช่วงอัตราอบแห้งลดลง

2.2.8.6 อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ความสามารถในการรับไอน้ำเพิ่มขึ้น มีผลต่ออัตราการอบแห้งในช่วงอัตราอบแห้งคงที่ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายน้ำดีขึ้น

2.2.8.7 ความร้อนของอากาศ ถ้าความเร็วของอากาศร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการเคลื่อนที่ถ่ายน้ำออกจากวัสดุเร็วขึ้น และความร้อนของอากาศทำให้เกิดความปั่นป่วนของอากาศในห้องอบอากาศจึงสัมผัสกับวัสดุได้ดีขึ้น

2.2.8.8 ความชื้นสัมพัทธ์ คือ ความชื้นของวัสดุที่มีค่าเท่ากับความดันไอน้ำของอากาศที่มีอยู่บริเวณรอบๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

2.2.8.9 ความจุความร้อนจำเพาะ คือ อัตราส่วนความร้อนที่ใส่เข้าไปในระบบต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป

2.2.8.10 ความร้อนจำเพาะ คือ อัตราส่วนระหว่างความร้อนต่อหน่วยมวล

2.2.8.11 ความหนาแน่นของวัสดุ คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของวัสดุต่อปริมาตรของวัสดุนั้น ขึ้นอยู่กับชนิด และความชื้นของวัสดุ

2.2.8.12 สัมประสิทธิ์การแพร่ เป็นคุณสมบัติเฉพาะวัสดุ ขึ้นกับความชื้นของวัสดุ ที่มีผลต่อการอบแห้ง สามารถหาค่าได้จากการทดลอง

ในการอบแห้งถ้ามีได้ควบคุมสิ่งต่างๆ ให้ถูกต้องอาจทำให้อาหารเกิดลักษณะแข็งตามผิวหน้า (casehardening) เนื่องจากการใช้อุณหภูมิมีความชื้นในอากาศต่ำ ทำให้ความชื้นจากผิวหน้าอาหารระเหยไปเร็วกว่าการซึมผ่านของความชื้นภายในอาหารสู่ผิวหน้าทำให้ความชื้นจากภายในอาหารระเหยได้ยากเพราะผิวหน้าของอาหารแห้งก่อน (กุลยา, 2540)

2.2.9 การคืนรูปอาหารแห้ง

การคืนรูปอาหารแห้ง (Rehydration หรือ Reconstitution of Dehydrated food) หมายถึง การดูดน้ำกลับของอาหารแห้ง ทำให้อาหารแห้งกลับไปมีสภาพคล้ายอาหารสดก่อนการทำแห้ง การคืนรูปอาหารแห้งไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงย้อนกลับของการทำแห้งที่สมบูรณ์ เพราะเหตุผลหลายประการ คือ องค์ประกอบของอาหารหลายชนิดได้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบผันกลับไม่ได้ในระหว่างการทำแห้ง ผิวด้านนอกของอาหารแห้งที่ดูดน้ำเข้าไปก่อนเกิดการพองตัวแล้วไปกีดกั้นส่วนที่หดตัวอยู่ด้านใน ส่วนนี้จึงคืนรูปไม่ได้

การคืนรูปอาหารแห้งที่มีลักษณะเป็นชิ้น แผ่น สี่เหลี่ยมลูกบาศก์ จะขึ้นอยู่กับความเปลี่ยนแปลงในระหว่างการทำแห้งของโครงสร้าง และองค์ประกอบที่สามารถยึดเกาะน้ำของชิ้นอาหารแห้งนั้น เช่น โปรตีน แป้ง ผักแห้งที่ได้จากกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนจะมีการคืนรูปขึ้นอยู่กับอัตราการทำแห้งในช่วงแรก อาหารแห้งที่ได้จากกระบวนการทำแห้งในสถานะเยือกแข็งจะคืนรูปได้เร็ว เพราะมีรูพรุน มีโครงสร้างที่โปร่ง

การคืนรูปอาหารแห้งมักใช้วิธีต้มน้ำ น้ำเชื่อม น้ำเกลือ ที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลาต่างๆ ตามความเหมาะสมกับชนิดของอาหารแห้ง เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์อาจต้มน้ำเดือดเป็นเวลา 5-20 นาที เพื่อให้อาหารแห้งกลับไปมีสภาพเหมือนก่อนทำแห้งมากที่สุด ซึ่งจะพิจารณาจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นรวมทั้งกลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารที่คืนรูปด้วย อัตราส่วนของน้ำหนักอาหารที่คืนรูปต่อน้ำหนักอาหารแห้งเรียกว่า อัตราการคืนรูป (Rehydration ratio) ของอาหารแห้ง (อานนท์, ม.ป.ป.) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{Rehydration ratio} = \frac{\text{weight of rehydrated product}}{\text{weight of dehydrated product}}$$

2.2.10 การเปลี่ยนแปลงของผักระหว่างการอบแห้ง

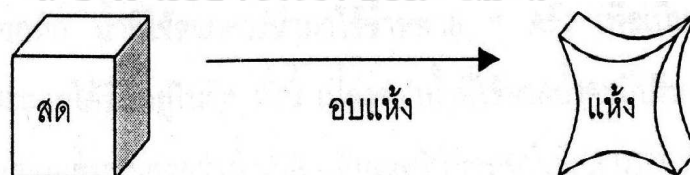
ระหว่างการอบแห้ง ผักเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง สี กลิ่น คุณค่าทางโภชนาการ ดังต่อไปนี้

2.2.10.1 การเกิดเปลือกแข็ง (Case Hardening) ที่ผิวหน้าอาหาร

ลักษณะผิวอาหารแข็งเป็นเปลือกหุ้มส่วนที่ยังไม่แห้งไว้เพราะในช่วงแรกของการอบแห้งให้ความชื้นระเหยเร็ว และใช้ความเร็วอากาศร้อนสูง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำมากและอาหารมีชั้นบาง ความชื้นจากภายในอาหารเคลื่อนที่มาไม่เท่ากับความชื้นที่ระเหยออกจากผิวหน้าอาหาร การอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูงทำให้สารประกอบแป้ง โปรตีน Pectin ในผักจับตัวเป็นเปลือกแข็งที่ผิวหน้าอาหาร ความชื้นในผักซึมผ่านออกมาได้ยากจึงมีความชื้นเหลืออยู่ในผักสูง คุณภาพของผักอบแห้งไม่ดี ไม่เป็นที่ยอมรับ อายุการเก็บรักษาสั้น และมีโอกาสที่ราเจริญได้ สามารถหลีกเลี่ยงโดยใช้อุณหภูมิต่ำหรือใช้อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง เพื่อไม่ให้อาหารแห้งก่อนเวลา และอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้งควรมีความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 60-80 ร้อยละ จึงไม่เสี่ยงต่อการเกิดเปลือกแข็ง หากอุณหภูมิเริ่มต้นอบแห้งต่ำเกินไปจุลินทรีย์อาจเจริญได้ก่อนที่อาหารแห้งถึงระดับที่ต้องการและใช้เวลาอบแห้งนานทำให้อัตราการผลิตต่ำ

2.2.10.2 การหดตัว (Shrinkage)

ระหว่างการอบแห้งความชื้นในเซลล์ผักระเหยออกไปทำให้เกิดช่องว่างและเซลล์เกิดการหดตัวจากผิวนอก การหดตัวของผนังเซลล์ไม่สามารถหดตัวเข้าไปโดยเท่ากันทุกส่วนได้ ส่วนที่ไม่สามารถหดตัวเข้าไปได้เกิดการยืดตัวออก การยืดตัวของผนังเซลล์สามารถทนต่อแรงได้ขนาดหนึ่ง ถ้าเกินขนาดทำให้ผนังเซลล์ตรงบริเวณนั้นขาด การหดตัวทำให้พื้นที่ระเหยความชื้นออกจากผักลดลง อาหารแห้งช้า และผักสูญเสียความสามารถในการคืนรูป ผักที่มีน้ำมากหดตัว และบิดเบี้ยวมาก ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ภาพแบบจำลองแสดงการหดตัวอาหารสดเป็นอาหารแห้ง

ที่มา : รัตนา และพิไลรัก, 2541

2.2.10.3 การเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction)

ระหว่างการอบแห้ง ความชื้นภายในเนื้อผักเคลื่อนออกมาสู่ผิวหน้า และพาเอาของแข็งที่ละลายได้ ตัวอย่างเช่น น้ำตาล กรดอะมิโน ออกมาสู่ผิวหน้า เมื่อการอบแห้งดำเนินไปความเข้มข้นของสารดังกล่าวที่ผิวหน้าผักเพิ่มขึ้นก่อให้เกิดปฏิกิริยา Non-enzymatic Browning ให้สารสีน้ำตาล ปฏิกิริยานี้เกิดเร็วที่อุณหภูมิสูง ผักอบแห้งที่อุณหภูมิสูงเกิดสีน้ำตาล หรือสีเหลืองเข้ม ช่วงอัตราการอบแห้งลดลงให้ลดระดับอุณหภูมิเพื่อป้องกันปฏิกิริยานี้

2.2.10.4 การสูญเสียกลิ่น

การระเหยน้ำทำให้กลิ่นรสที่ระเหยได้ (Volatile flavor) สูญเสียไปด้วย ปริมาณของกลิ่นรสที่สูญเสียขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง และความดันไอของสารแต่ละชนิดที่อุณหภูมินั้น การลดการสูญเสียกลิ่นทำได้หลายวิธี เช่น ดักเอาไอของสารให้กลิ่นรส มาทำให้ควบแน่นเป็นของเหลวแล้วเติมเข้าไปในอาหารแห้งนั้น หรืออาจเติมส่วนผสมของสารให้กลิ่นรส (flavor preparation) ที่ได้จากแหล่งอื่น หรือเติมกัม (gum) หรือสารอื่นๆ ลงในอาหารเหลวก่อนที่จะทำแห้งเพื่อให้จับสารให้กลิ่นรสเอาไว้ระหว่างการอบแห้งถ้าใช้อุณหภูมิสูงสารให้กลิ่นที่มีจุดเดือดต่ำในผักระเหยออกไปทำให้ผักแห้งมีกลิ่นแตกต่างจากผักสด

2.2.10.5 การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ

ในการทำแห้ง การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการจะเกิดจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (ล้าง ปอก-หั่น ลวก) มากกว่าขั้นตอนการกำจัดน้ำจากอาหาร การกำจัดน้ำด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ร้อยละ 5 วิตามินซีมักสูญเสียเนื่องจากความร้อน และปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไทอะมินก็สูญเสียเนื่องจากความร้อน จึงควรใช้อุณหภูมิ และเวลาในการทำแห้งที่เหมาะสม ส่วนวิตามินที่ละลายในน้ำชนิดอื่นๆ จะทนความร้อน และปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่า มีการสูญเสียเพียงร้อยละ 5-10 เท่านั้น วิตามินที่ละลายในน้ำมันมักไม่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากการทำแห้ง แต่การลดความชื้นอาจทำให้ไขมันเกิดออกซิเดชันได้มากขึ้น เกิดสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์มากขึ้น ซึ่งสารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับวิตามินที่ละลายในน้ำมันต่อไป ทำให้เกิดการสูญเสียของวิตามินพวกนี้ได้ แป้ง และคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการทำแห้งน้อยมาก สรุปการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งมีน้อย และมักจะมีในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ และการเก็บรักษามากกว่าจะเกิดในระหว่างการกำจัดน้ำ

2.2.10.6 ความหนาแน่นรวม

การที่อาหารถูกอบแห้งเร็วเกินไปจะทำให้อาหารมีค่าความหนาแน่นรวมน้อยกว่าอาหารที่ถูกอบแห้งด้วยอัตราช้า ซึ่งค่าความหนาแน่นรวมนี้มีผลต่อปริมาณของวัสดุที่ใช้ในการบรรจุหีบห่อของอาหาร (รัตน และพิไลรัก, 2541)

2.2.11 การลวกด้วยน้ำร้อน

การลวกด้วยน้ำร้อนมีวิธีการทำได้หลายแบบ ง่ายที่สุด คือ การจุ่มวัตถุดิบลงในน้ำเดือดตามระยะเวลาที่เหมาะสมแล้วยกขึ้น ทำให้เย็นลงเหมือนการลวกผักในครีวร้อน หรือนึ่งด้วยไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร มักจะมีเครื่องมือเฉพาะสำหรับวัตถุดิบแต่ละชิ้น โดยทั่วไปมักจะเป็นแบบที่ให้อัตุเคลื่อนที่ผ่านถึงน้ำร้อน หรืออุโมงค์ไอน้ำที่สามารถควบคุมทั้งอุณหภูมิ และเวลาได้อย่างเหมาะสมวัตถุประสงค์ของการลวกด้วยน้ำร้อน มีดังนี้

2.2.11.1 เพื่อทำลายเอนไซม์ในวัตถุดิบ ซึ่งมีผลจะทำให้สี และกลิ่น เปลี่ยนแปลง

2.2.11.2 เพื่อกำจัดอากาศออกจากผิวของวัตถุดิบ

2.2.11.3 ช่วยให้วัตถุดิบหดตัว และนุ่ม สะดวกในการบรรจุ

2.2.11.4 ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ มักจะเกิดกับชิ้นของแอปเปิล มันฝรั่ง และมะเขือ เป็นต้น ภายหลังการปอกเปลือก หรือหั่นชิ้น สามารถป้องกันได้โดยจุ่มลงในสารละลายน้ำเกลือ ร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ก่อนนำไปลวก หากภาวะที่ใช้ในการลวกถูกต้อง ผัก และผลไม้จะมีกลิ่น และรสชาติ เปลี่ยนไปเล็กน้อย หากภาวะที่ใช้ไม่เหมาะสม เช่น ลวกไม่เพียงพอ จะทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารแห้งได้ (นิธิยา, 2543)

2.2.12 ประโยชน์ของการอบแห้ง

2.2.12.1 ลดปริมาณน้ำในอาหาร ช่วยให้อาหารเก็บได้นานเพราะความแห้งป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้ ปริมาณความชื้นในอาหารที่จะป้องกันการเสียของอาหารเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์โดยทั่วไปควรเหลือต่ำกว่าร้อยละ 10 ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร หรือในกรณีผัก และผลไม้ จะมีค่าร้อยละ 10-20 (สิริลักษณ์, 2544)

2.2.12.2 ลดน้ำหนักอาหารเพื่อสะดวกต่อการขนส่งและการบรรจุ เนื่องจากการขนส่งผลิตภัณฑ์ ในสภาพของสดจะกินเนื้อที่ และการดูแลรักษาลำบาก อาหารแห้งน้ำหนักเบาสะดวกในการเก็บรักษา และในบริเวณที่อยู่ห่างไกลความแห้งไม่ต้องแช่เย็นเป็นการประหยัด

ตารางที่ 2.2 ความแตกต่างระหว่าง “การตากแห้ง” กับ “การอบแห้ง”

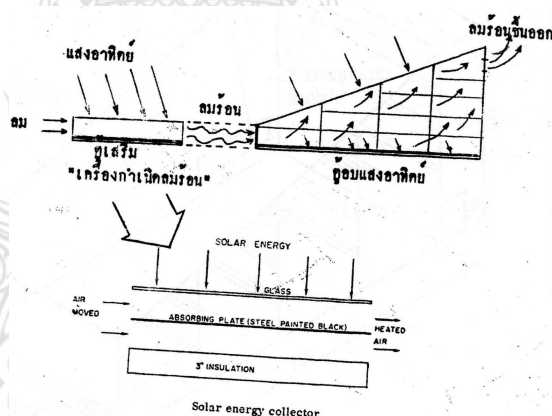
การตากแห้ง	การอบแห้ง
1. อาศัยธรรมชาติ ฉะนั้นความสำเร็จจึงขึ้นอยู่กับลักษณะอากาศของแต่ละท้องถิ่น	1. อาศัยการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในห้องอบ ฉะนั้นจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีเสมอไป
2. ต้องการเนื้อที่ในการตากแห้งมาก คือ ถึงราวร้อยละ 5 ของเนื้อที่เพาะปลูกพืชนั้น	2. ไม่เปลืองเนื้อที่มาก
3. ลำบากในการควบคุมความสะอาด และปลอดภัย	3. ไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องความสกปรก หรือเชื้อโรคต่างๆ
4. ปริมาณผลิตภัณฑ์ได้น้อยกว่าแบบอบแห้ง	4. ผลิตภัณฑ์ได้มากกว่าการตากแห้ง
5. อาจมีการเสื่อมคุณภาพของผลผลิตระหว่างการตากแห้ง เช่น น้ำตาลเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์	5. ไม่มีการเสื่อมคุณภาพระหว่างการอบแห้ง
6. วิตามินหลายอย่างเสื่อมไปมาก	6. รักษาวิตามินไว้ได้นานกว่าการตากแห้ง
7. สีอาหารมักจะซีด	7. สีอาหารดี โดยการใช้นวัตกรรมและเครื่องมือเพิ่มเติมในการอบแห้งช่วย
8. ไม่ต้องการเครื่องมือมาก	8. ต้องการเครื่องมือพิเศษ
9. เสียค่าใช้จ่ายน้อย	9. สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก

ที่มา : กุลยา, 2540

2.3 ตู้อบแสงอาทิตย์

2.4.1 หลักการอบแห้งโดยตู้อบแสงอาทิตย์

การทำอาหารแห้งโดยการผึ่งแดดนับเป็นวิธีการที่อาศัยธรรมชาติ นอกจากความร้อนจากแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานหลักในการอบแห้งแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของอาหารแห้ง เช่น ลม ความชื้นของอากาศ และลักษณะเฉพาะของอาหารที่จะทำแห้ง ในการทำอาหารแห้งโดยวิธีผึ่ง หรือตากแดดมักจะใช้อาหารในลักษณะตามธรรมชาติมาทำแห้ง เช่น ผัก ผลไม้ หรือปลา ในลักษณะเป็นลูก หรือปลาเป็นตัว ทำให้อัตราการอบแห้งจะเกิดได้ไม่ค่อยดี ในทางการอบแห้งโดยพลังงานแสงแดดนับเป็นวิธีที่ใช้เวลาในการทำแห้งนานกว่าวิธีอื่นๆ และอัตราการอบแห้งตลอดจนประสิทธิภาพในการอบแห้งต่ำ แต่เมื่อเทียบกับความง่ายต่อการปฏิบัติ และการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยแล้ว นับว่ายังเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในประเทศไทย (สมบัติ, 2529)

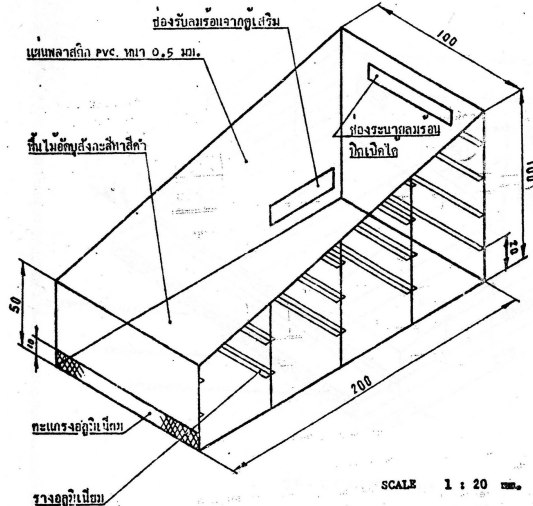


A solar energy collector is characterized by the following:

- (1) The efficiency or heat gain is increased for lower temperature rises.
- (2) The heat gain or efficiency increases as the air flow rate increases.

ภาพที่ 2.4 ลักษณะพื้นฐานของตู้อบแสงอาทิตย์

ที่มา: สมบัติ, 2529



ภาพที่ 2.5 ลักษณะของตู้อบแสงอาทิตย์

ที่มา: สมบัติ, 2529

2.3.2 จุดประสงค์ตู้อบแสงอาทิตย์

2.3.2.1 เพื่อต้องการควบคุมอัตราการอบแห้ง โดยการสร้างตู้ หรือห้องที่สามารถเก็บสะสมความร้อน โดยมีแผงเก็บความร้อน หรือวัสดุที่จะเพิ่มสะสมความร้อน ได้ เพื่อให้อุณหภูมิภายในตู้อบสูงทำให้อัตราการอบแห้งเกิดได้เร็วขึ้น และสามารถควบคุมอัตราการอบแห้งได้

2.3.2.2 เพื่อควบคุมความสะอาดและสุขอนามัยของอาหารแห้ง เนื่องจากอาหารที่จะทำแห้งใส่ไว้ในตู้อบมีวัสดุปิดกั้นจึงไม่มีปัญหาพวกแมลงวัน สัตว์ปีกหรือสัตว์อื่นๆ ที่จะมาทำความสกปรกให้อาหาร จึงได้อาหารแห้งที่มีความสะอาด และคุณภาพดี

2.3.3 ข้อดีจากการใช้ตู้อบแสงอาทิตย์

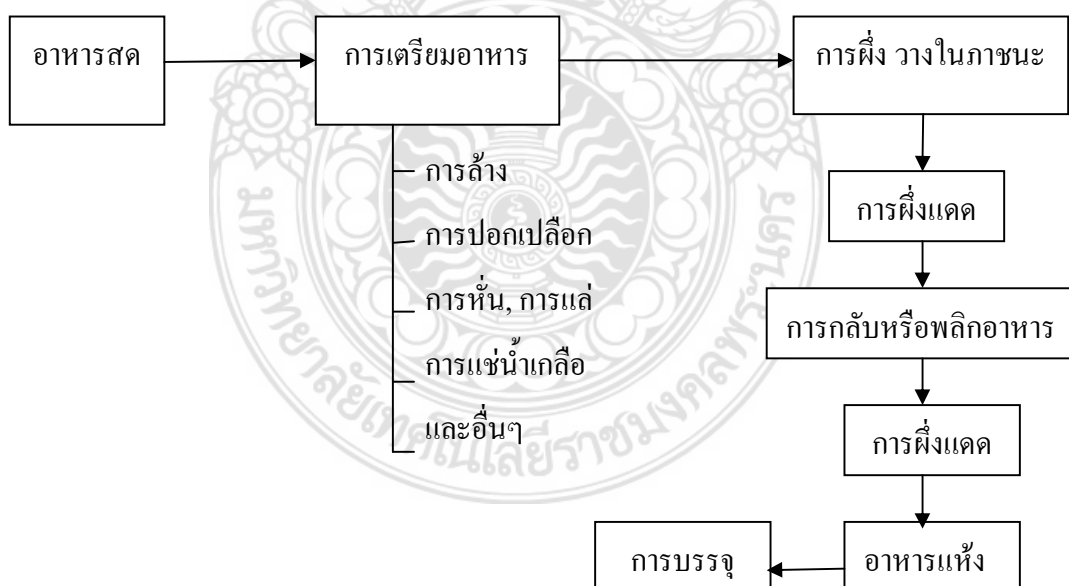
2.3.3.1 ใช้ง่าย และสะดวก

2.3.3.2 ใช้เวลาน้อยกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ทำให้ประหยัดเวลา ในการตากแห้งได้ประมาณ 1 ใน 3

- 2.3.3.3 ทำให้จุลินทรีย์ต่างๆ ไม่เจริญ ป้องกันอาหารต่างๆ ที่ตกไม่ให้อบูคเน่าเสียหาย
- 2.3.3.4 ป้องกันสิ่งสกปรก และฝุ่นละอองได้ดี
- 2.3.3.5 ประหยัดแรงงานไม่ต้องคอยเก็บบ่อย ๆ
- 2.3.3.6 ป้องกันสัตว์ต่างๆ ที่มาขโมยกินอาหารที่กำลังตาก
- 2.3.3.7 ช่วยให้สามารถเก็บรักษาถนอมอาหารไว้ได้นานๆ มีอาหารรับประทานนอกฤดูกาลได้ และทำให้รับประทานอาหารในรูปลักษณะรสชาติที่ต่างออกไป
- 2.3.3.8 ประหยัดรายจ่ายเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัว
- 2.3.3.9 เป็นการใช้พลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติให้เกิดประโยชน์ และประหยัดเชื้อเพลิงได้
- 2.3.3.10 ได้ผลิตภัณฑ์ที่สวยงาม และสม่ำเสมอ

2.3.4 ขั้นตอนในการทำอาหารแห้งโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์

การทำอาหารแห้งไม่ว่าวิธีใด ๆ ขั้นตอนแรกจะต้องมีการเตรียมอาหารหรือเตรียมวัตถุดิบเพื่อการทำแห้งก่อน ส่วนขั้นตอนในการทำแห้งอาจจะทำตามแผนภาพที่ 2.2



แผนภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการทำอาหารแห้งโดยการผึ่งแดด

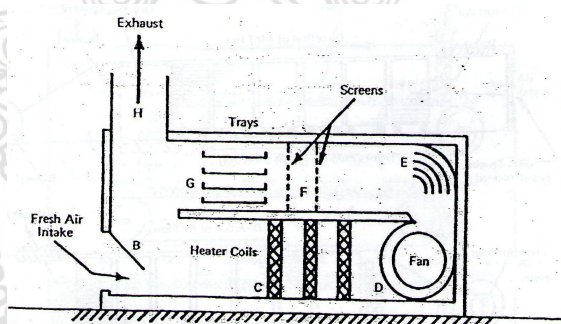
ที่มา : บุญกร, 2545

2.4 เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (Hot air dryers)

2.4.1 หลักการอบแห้งโดยเครื่องอบแบบลมร้อน

ลักษณะเป็นห้อง หรือกล่องปิด มีอากาศร้อนเคลื่อนผ่านอาหารซึ่งมีอยู่ในภาชนะรองรับอย่างใดอย่างหนึ่ง ความร้อนจากอากาศจะทำให้ให้น้ำในอาหารระเหยเป็นไอออกมา และถูกอากาศร้อนนี้พัดพาไป การเคลื่อนที่ของอากาศจะถูกควบคุมโดยพัดลม เครื่องเป่า หรือลิ้นบังคับ ทั้งปริมาณ และความเร็ว ลมมีผลต่ออัตราการทำให้แห้ง การทำให้อากาศร้อนมีทั้งวิธีโดยตรง และ โดยอ้อม การทำให้อากาศร้อนโดยตรงก็คือให้อากาศเคลื่อนผ่านเปลวไฟหรือก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ อากาศร้อนที่ได้จะปนเปื้อนด้วยสารที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ด้วย และสารเหล่านี้อาจไปตกค้างในอาหารแห้งที่ได้ ส่วนในการทำให้อากาศร้อนโดยอ้อมนั้น อากาศจะเคลื่อนผ่านพื้นผิวที่ร้อนด้วยไอน้ำหรือเปลวไฟหรือไฟฟ้า อากาศร้อนนี้จะไม่ปนเปื้อนด้วยสารใดๆ แต่มีข้อเสียที่ค่าใช้จ่ายแพงกว่าวิธีทำให้อากาศร้อนโดยตรง (อานนท์, ม.ป.ป.)

เครื่องอบแห้งลมร้อนมีการออกแบบที่แตกต่างกัน ทั้งที่ทำงานเป็นรอบเป็นกะ (Batch process) และที่ทำงานต่อเนื่อง (Continuous process) ตัวอย่างเครื่องอบแห้งที่จัดอยู่ในประเภทนี้คือ เครื่องอบแห้งแบบเตาเผา เครื่องอบแห้งแบบถาด เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ เครื่องอบแห้งแบบสายพานต่อเนื่อง เครื่องอบแห้งฟลูอิด ไคซ์เบด และเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย เป็นต้น



ภาพที่ 2.6 เครื่องอบแห้งแบบถาดหรือแบบตู้
ที่มา: วิไล, 2552

หมายเหตุ

B คือ ช่องอากาศเข้า

D คือ พัดลม

C คือ ขดลวดความร้อน

E คือ ลมร้อนที่ผ่านมาจากขดลวด

F คือ ตัวกรองลมร้อน

G คือ ชั้นวางถาดวัตถุดิบ

H คือ ช่องออกของไอน้ำ

2.4.2 การเลือกใช้เครื่องอบแห้ง

หลักการพิจารณาเลือกใช้เครื่องอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการเลือกการผลิตผักและผลไม้อบแห้งมีดังต่อไปนี้ (รัตนา และพิไลรัก, 2541)

2.4.2.1 ความเหมาะสมกับประเภทของวัตถุดิบที่ต้องการอบแห้ง

เครื่องอบแห้งที่เลือกใช้ต้องสามารถใช้ได้กับวัตถุดิบที่ต้องการอบแห้งและให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี เนื่องจากผักผลไม้มีคุณสมบัติการอบแห้งที่แตกต่าง เช่น ความชื้นเริ่มต้น โครงสร้าง ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (soluble solids) และคุณสมบัติของโมเลกุลน้ำ เป็นต้น จึงทำให้คุณสมบัติเหล่านี้เป็นปัจจัยควบคุมการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ นอกจากนี้ยังมีขนาด รูปทรง และคุณสมบัติทางกายภาพอย่างอื่นของวัตถุดิบซึ่งมีผลต่อการอบแห้ง

2.4.2.2 ประโยชน์ในการใช้งานระยะยาว

การเลือกใช้เครื่องอบแห้งควรคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยในระยะยาว ไม่ควรยึดติดถูกกาล เป็นข้อกำหนดในการเลือกซื้อเครื่องอบแห้ง เพราะจะเป็นการลงทุนที่เอาถ้าไรก็ได้ซ้ำเนื่องจากไม่ได้ใช้เครื่องอบเมื่อฤดูกาลผลิตของผักผลไม้สิ้นสุดลง จึงควรเลือกเครื่องอบแห้งที่จะสามารถทำให้บรรลุ จุดมุ่งหมายมากที่สุด หากเป็นไปได้ เครื่องอบแห้งที่เลือกควรสามารถใช้งานหมุนเวียนได้ตลอดปี จะทำให้ระยะเวลาการคืนทุนของเครื่องสั้นลงและเวลาในการทำผลกำไรนานขึ้น

2.4.2.3 การประหยัดพลังงาน

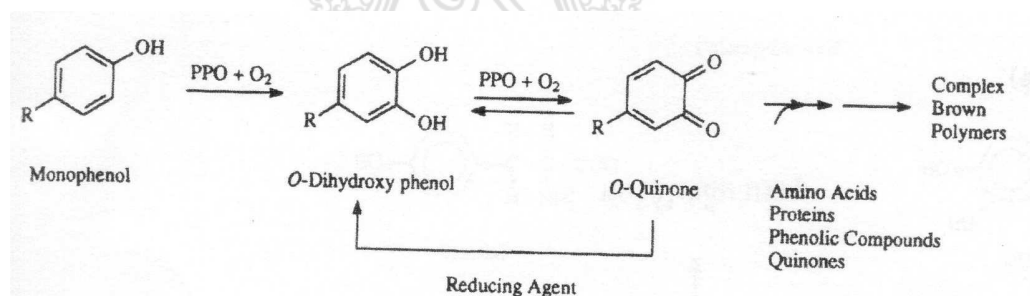
ข้อพิจารณาเสริมคือการประหยัดพลังงานในการผลิต เครื่องอบแห้งที่เลือกควรมีแนวทาง ในการประหยัดพลังงาน เช่น มีทางเลือกของการใช้เชื้อเพลิง หรือแหล่งความร้อนสำหรับการอบแห้งซึ่ง จะช่วยในการลดต้นทุนการผลิต

2.5 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในอาหาร

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในอาหารแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเอนไซม์ (enzymatic browning) และการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีปฏิกิริยาเอนไซม์เกี่ยวข้อง (non-enzymatic browning) (ศิวาพร, 2546)

2.5.1 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเอนไซม์ (Enzymatic browning)

การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล มักจะพบในผัก และผลไม้ที่ชำ แดก ถูกปอกเปลือก หรือตัดแต่ง หรือถูกหั่นให้เป็นชิ้นทำให้เซลล์แตก สารประกอบฟีนอลิกในเซลล์ซึ่งเป็นสับสเตรต (substrate) จะทำปฏิกิริยากับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase,PPO) ซึ่งปฏิกิริยาจะเริ่มต้น โดยการเกิดไฮดรอกซิเลชันของสารประกอบ โมโนฟีนอลิกไปเป็น โอ-ไดฟีนอล ซึ่งจะถูกรีดออกซิไดซ์ต่อไปเป็น โอ-ควิโนน และจะทำปฏิกิริยาแบบไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องกับสารประกอบต่างๆ รวมทั้งสารประกอบฟีนอลิกและกรดอะมิโน ทำให้เกิดรงควัตถุต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเอนไซม์และการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของรีดิวซิงเอเจนต์

ที่มา : ศิวาพร, 2546

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในผักและผลไม้ คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์ และสารประกอบฟีนอลที่เป็นสับสเตรต ความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจน และ

อุณหภูมิ เป็นต้น ประสิทธิภาพของ PPO สามารถถูกยับยั้งได้โดยความร้อน กรดเฮไลด์ (halides) กรดฟีนอลิก สารประกอบซัลไฟต์ สารจับโลหะ ริควิงเอเจนต์

2.5.2 การเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Non-enzymatic browning)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์ (non-enzymatic browning) หรือไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง เป็นปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลโดยไม่มีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.5.2.1 ปฏิกิริยา Carbonyl amino acid คือ การเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่อัลดีไฮด์ และ คีโตนของน้ำตาลรีดิวซ์กับหมู่กรดอะมิโน เปปไทด์ และ โปรตีน ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นเมลานอยดินส์ (Melanoidins) ซึ่งมีสีน้ำตาล ปฏิกิริยานี้มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตโกโก้ กาแฟ เนื้ออบ และ เบเกอรี่ แต่ไม่เป็นที่ต้องการในอุตสาหกรรมการผลิตผักและผลไม้แห้ง ไข่ผง และนมผง

2.5.2.2 ปฏิกิริยา Caramelization เป็นจากการให้ความร้อนแก่น้ำตาลที่อุณหภูมิสูงโดยมีสภาพกรด หรือด่างเป็นตัวกระตุ้น ปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบที่ระเหยได้ (Volatile molecule) ลักษณะของการเกิดปฏิกิริยาเป็นแบบ Dehydration fragmentation และ Condensation) ปฏิกิริยานี้มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มพวก โคล่า เบียร์ บรั่นดี ลูกกวาด และ เค้ก

2.5.2.3 ปฏิกิริยา Oxidation reaction (Ascorbic oxidation) เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกได้ผลิตภัณฑ์เป็น Furfural ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล ปฏิกิริยานี้มีความสำคัญในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ที่มีกรดแอสคอร์บิกสูง เช่น น้ำส้ม น้ำมะเขือเทศ เพราะทำให้เกิดการสูญเสียวิตามินซี

2.6 สารควบคุมความคงรูปของผักและผลไม้

อาหารประเภทผักและผลไม้ หลังจากผ่านการแปรรูป มักมีการเปลี่ยนแปลงในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส เซลล์อาจจะแตก หรือเนื้อเยื่อถูกทำลายทำให้คุณสมบัติของโครงสร้างของเซลล์เปลี่ยนแปลงไปทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เสียไปด้วย การใช้สารทำให้คงรูปจะทำปฏิกิริยากับเพคติน ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรงขึ้น ช่วยรักษาระดับความดันของน้ำภายในเนื้อเยื่อของพืชผัก เป็นการป้องกัน

การสูญเสียน้ำออกจากเนื้อเยื่อ ทำให้พืชผัก มีความสดแข็ง กรอบตามสภาพเดิม สำหรับสารที่ช่วยให้คงรูปที่มีการทำตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 ได้แก่ แคลเซียมกลูโคเนต (calcium gluconate) แคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) แคลเซียมไบซัลไฟต์ (calcium bisulfite) และ แคลเซียมฟอสเฟต โมโนเบสิก (calcium phosphate monobasic)

(กองสุขาภิบาลอาหาร กรมอนามัย, 2543)

2.6.1 แคลเซียมคลอไรด์

เป็นสารที่ใช้ในการให้ความคงตัวในกระบวนการผลิตผัก และผลไม้แปรรูปเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสคงตัวและคงรูปดีขึ้น ผลจากการใช้แคลเซียมคลอไรด์ในผัก และผลไม้ช่วยลดการเน่าเสียหลังการเก็บเกี่ยว ช่วยควบคุมการคงรูปของเซลล์ที่ถูกทำลาย และช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมเพื่อปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการ (อาพร, 2547)

จุดประสงค์หลักของการใช้แคลเซียมคลอไรด์ในกระบวนการ pretreatment ของการทำแห้ง คือ การที่แคลเซียมช่วยรักษาเนื้อสัมผัสของผลไม้ให้คงรูป โดยในโครงสร้างของเซลล์ผลไม้มีสารประกอบพวกเพคติน ซึ่งโครงสร้างประกอบด้วย กรดกาแลกทูโรนิก (galacturonic acid) ต่อกันเป็นสายยาว ส่งผลให้เนื้อผลไม้มีความแข็งแรง เมื่อผลไม้ยังดิบ เพคตินอยู่ในรูปที่ซับซ้อนและไม่ละลายน้ำ ที่เรียกว่า โปรโตเพคติน (protopectin) เมื่อผลไม้เริ่มสุก โปรโตเพคตินจะสลายให้เป็นเพคตินสายสั้นลง ซึ่งละลายน้ำได้ โดยการทำงานของเอนไซม์เพคตินเมทิลเอสเทอเรส กล่าวคือ เอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสจะดึงหมู่เมทิลออกจากโมเลกุลของเพคติน ได้เป็นกรดเพคตินในช่วงนี้ถ้าผลไม้แช่อยู่และสารละลายเกลือแคลเซียมจะเกิดการแทรกซึมของแคลเซียมไอออนเข้าไปในเนื้อผลไม้ และแคลเซียมไอออนจะไปจับกับโมเลกุลของเพคตินที่ดึงหมู่เมทิลออกแล้วได้เป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตตทำให้รูปร่างผลไม้คงรูปอยู่ได้

2.7 ภาวะบรรจุและการเก็บรักษาอาหารแห้ง

2.7.1 การเก็บรักษาอาหารแห้ง

เมื่ออาหารแห้งและเย็นลงแล้วต้องบรรจุทันทีในภาชนะที่ป้องกันแมลง และความชื้น เช่น กระป๋องดินบุก ขวดแก้ว กล่องเคลือบซีฟี่อย่างหนา หรือถุงผ้าที่เคลือบซีฟี่ อาหารแห้งดูความชื้นจาก

อากาศได้ง่าย ถ้าทิ้งไว้นานก่อนบรรจุควรนำไปอบแห้งใหม่เป็นเวลา 15 นาที ที่ 57 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้นออกจิงบรรจุลงในภาชนะเพื่อเก็บรักษา การบรรจุภาชนะที่มีขนาดพอดีที่จะใช้ครั้งหนึ่งๆ ย่อมดีกว่าขนาดใหญ่เพราะเมื่อเปิดแล้วอาหารแห้งอาจเสื่อมคุณภาพได้ ในการเก็บอาหารแห้งสิ่งที่จะต้องระวังมีดังนี้ อากาศ ความชื้น และอุณหภูมิ ขณะเก็บรักษาอาหาร ถ้าสภาพของการเก็บรักษามีความชื้นสูง และมีอุณหภูมิก่อนข้างสูง จะทำให้อาหารเสียได้ง่าย

อาหารแห้งนิยมใช้ในอุตสาหกรรมที่ให้บริการด้านอาหารมาก เนื่องจากสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เสื่อมเสียทางด้านคุณค่าอาหารและการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ และเอนไซม์ไม่เปลี่ยนแปลงเนื้อที่ในการเก็บรักษา ไม่จำเป็นต้องมีที่เก็บพิเศษ เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยเพราะน้ำหนักเบา นำมาเตรียมปรุงเป็นอาหารเพื่อบริการได้ทันทีโดยไม่ต้องเสียเวลาเหมือนอาหารแช่แข็ง และคุณลักษณะต่างๆ ไปของอาหารแห้งเหมือนเดิม เช่น ลักษณะทางด้านกายภาพ ซึ่งการเก็บรักษาจะเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ และอากาศถ่ายเทได้ และเก็บในที่ค่อนข้างมืด (รัตน และพิไลรัก, 2541)

2.7.1.1 การเลือกชนิดของภาชนะบรรจุสำหรับผักผลไม้อบแห้ง

ผักผลไม้อบแห้งมีคุณสมบัติดูดความชื้นได้ดี หลังการอบแห้งและปล่อยให้เย็นแล้วจึงควรนำมาบรรจุในภาชนะทันที ภาชนะบรรจุที่ใช้ควรมีคุณสมบัติดังนี้

2.7.1.1.1 สามารถกันความชื้นไม่ให้ผ่านเข้าไปได้ เพราะความชื้นจะทำให้ขึ้นรา

2.7.1.1.2 สามารถป้องกันการซึมผ่านของแสงแดด เพราะแสงสามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และทำให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอาหารสลายตัวไปอย่างรวดเร็ว เป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น

2.7.1.1.3 ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร ไม่เป็นพิษ ราคาไม่แพง และสะดวกในการใช้

2.7.1.2 ชนิดของภาชนะบรรจุ

2.7.1.2.1 ภาชนะคงรูป (rigid container) ได้แก่ กระป๋อง ขวดแก้ว กล่องพลาสติกแบบแข็ง กล่องไม้ ปิ๊บ

2.7.1.2.2 ภาชนะยืดหยุ่น (flexible pouches) ได้แก่ ถุงพลาสติกชนิดต่างๆ ถุงที่ทำจากอะลูมิเนียม เคลือบฟิล์มพลาสติก

2.7.1.2.3 กล่องกระดาษ (carton) มักจะมีการปูรองด้วยกระดาษไข หรือแผ่นพลาสติกที่ป้องกันความชื้นได้ แล้วเคลือบภายนอกด้วยกระดาษไข หรือฟิล์มพลาสติกอีกชั้นหนึ่ง

2.7.1.3 การบรรจุ

2.7.1.3.1 การบรรจุภายใต้สุญญากาศ (vacuum packaging)

เป็นการบรรจุผักผลไม้อบแห้งในภาชนะ แล้วทำการดูดอากาศภายในภาชนะออกจนหมด ค่าความเป็นสุญญากาศที่ใช้ตั้งแต่ 27 นิ้วปรอทขึ้นไป

2.7.1.3.2 การบรรจุภายใต้ก๊าซเฉื่อย (gas packaging)

เป็นการบรรจุผักผลไม้อบแห้งในภาชนะดูดอากาศออกแล้วทดแทนด้วยก๊าซเฉื่อย ที่นิยมใช้คือ ก๊าซไนโตรเจน โดยให้มีปริมาณออกซิเจนเหลือภายในภาชนะร้อยละ 2

2.7.1.3.3 การใช้สารดูดความชื้นในภาชนะบรรจุ (In-package desiccatio)

ผักผลไม้บางชนิดอาจจัดน้ำส่วนใหญ่ออกไป แล้วใช้สารเคมีเป็นตัวดูดความชื้นส่วนเกินออกไปในระหว่างการเก็บรักษา ด้วยการบรรจุสารเคมีดังกล่าวในถุงที่มีคุณสมบัติให้ความชื้นผ่านเข้าออกได้ แล้วนำมาบรรจุรวมเข้ากับภาชนะที่ใช้บรรจุผักผลไม้แห้ง เพื่อสารเคมีดังกล่าวจะได้ไม่สัมผัสหรือปะปนกับอาหาร สารเคมีที่นิยมใช้มากที่สุด คือ ซิลิกาเจล สามารถดูดน้ำได้ร้อยละ 40 เป็นสารที่มีคุณสมบัติดูดความชื้นได้สูง

2.7.1.3.4 การบรรจุในบรรยากาศปกติ (atmospheric packaging)

เป็นการบรรจุผักผลไม้อบแห้งในภาชนะบรรจุ และปิดสนิท ปล่อยให้ อากาศ ความชื้น และแมลงเข้าไปทำลายได้ เป็นวิธีการบรรจุที่นิยมใช้กันมาก เพราะง่าย และลงทุนต่ำ การบรรจุวิธีนี้ ชนิดและคุณสมบัติของภาชนะบรรจุเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงมากจึงจะรักษาคุณภาพของผักและผลไม้อบแห้งให้คงสภาพไว้ได้ (รัตนา และพิไลรัก, 2541)

2.7.2 อลูมิเนียมฟอยล์

อลูมิเนียมส่วนใหญ่จะพบที่บริเวณผิวหน้าของโลกในรูปของออกไซด์ และซิลิเกต (silicates) ในการผลิตอลูมิเนียมผสม และอลูมิเนียมบริสุทธิ์ จะใช้กระแสไฟฟ้าผ่านไปยังแร่บอกไซต์ (bauxite) ซึ่งมีลักษณะเหมือนดินเหนียว แร่ชนิดนี้พบในแถบร้อน (เซวาลิต, 2552 อ้างถึงใน กระทรวงอุตสาหกรรม, 2511)

2.7.2.1 คุณสมบัติของอลูมิเนียมพอยล์

2.7.2.1.1 อลูมิเนียมพอยล์เป็น โลหะที่สะอาด ถูกสุขลักษณะเป็นประกายเมื่อมีแสงมากระทบ

2.7.2.1.2 อลูมิเนียมมีความหนาไม่มาก สามารถใช้งานได้ทั้งด้านที่มีผิวมัน และด้านที่มีผิวด้าน

2.7.2.1.3 อลูมิเนียมสามารถนำไปใช้งานได้กับงานขึ้นรูปต่างๆ ให้เป็นลายฉลุได้

2.7.2.1.4 อลูมิเนียมสามารถใช้หมึกสี และหมึกพิมพ์ได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อ การนำไปใช้กับวัสดุอื่นๆ

2.7.2.1.5 फिल्मเซลลูโลสที่ผนึกติดกับผิวหน้าของอลูมิเนียมพอยล์ จะทำให้พอยล์ ดูสดใส และสวยงาม

2.7.2.2 คุณสมบัติของอลูมิเนียมพอยล์ในการนำไปใช้ในบรรจุภัณฑ์

2.7.2.2.1 อลูมิเนียมพอยล์เป็นวัสดุที่สะอาดหลังจากการให้ความร้อน และเชื้อโรคเครื่องสำอาง

2.7.2.2.2 อลูมิเนียมพอยล์ไม่มีสารพิษซึ่งปลอดภัยเมื่อนำไปใช้ในบรรจุภัณฑ์ อาหารและเครื่องสำอาง

2.7.2.2.3 อลูมิเนียมพอยล์ไม่มีรส และกลิ่น

2.7.2.2.4 อลูมิเนียมพอยล์มีความหนาตั้งแต่ 0.001 นิ้ว ขึ้นไป มีคุณสมบัติในการ ป้องกันการไหลผ่านของตัวกลางต่างๆ

2.7.2.2.5 อลูมิเนียมพอยล์ที่มีความหนาน้อยๆ เมื่อนำไปผนึกหรือเคลือบกับวัสดุ อื่นๆ จะมีคุณสมบัติในการอุดรูเข็ม (pinholes) ที่เกิดขึ้นในแผ่นอลูมิเนียมได้ดี

2.7.2.2.6 อลูมิเนียมพอยล์ ไม่มีการระเหยเป็นไอ และไม่มีการหดตัว มี คุณสมบัติในการรักษาขนาดให้คงที่จากอุณหภูมิ -100 องศาฟาเรนไฮน์ ถึง +700 องศาฟาเรนไฮน์

2.7.2.2.7 อลูมิเนียมฟอยล์สามารถป้องกันการซึมผ่านของจี๊ซิ่ง และน้ำมันได้ ทั้งในอุณหภูมิสูง และอุณหภูมิต่ำ และมีคุณสมบัติในการป้องกันการไหลผ่านของแสง ซึ่งอาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสถานะบรรจุ เสียรส เน่าเสีย เหม็นหืนหรือเปลี่ยนสีได้

2.7.2.2.8 อลูมิเนียมฟอยล์สามารถสะท้อนการแผ่ความร้อนได้ถึงร้อยละ 99 ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำน้ำที่เป็นฉนวนที่ดี ในการนำไปห่อภาชนะบรรจุภัณฑ์ภายนอก และภายในได้ อลูมิเนียมฟอยล์ มีคุณสมบัติในการนำความร้อนได้ดี ซึ่งสามารถที่จะทำให้ร้อนหรือปล่อยให้เย็นลงได้อย่างรวดเร็ว

2.7.2.2.9 บรรจุภัณฑ์จากการฉีกอลูมิเนียมฟอยล์กับวัสดุอื่น (Laminated Foil Package)

เนื่องจากอลูมิเนียมฟอยล์มีการฉีกขาดได้ง่าย จึงจำเป็นจะต้องแก้ปัญหาี้ โดยการนำไปฉีกกับวัสดุอื่นๆ เช่น กระดาษ กระดาษแข็ง แผ่นฟิล์มพลาสติก หรือการเคลือบด้วยวัสดุอื่นๆ อลูมิเนียมฟอยล์ สามารถป้องกันกรดได้หลายชนิด แต่ไม่สามารถทนต่อต่างได้ การฉีกอลูมิเนียมฟอยล์นั้นควรจะหลีกเลี่ยงการสัมผัส ระหว่างอลูมิเนียมฟอยล์กับโลหะที่ขนาดใหญ่ และน้ำหนักมากเพราะจะทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างเกลือ ซึ่งเกิดจากโลหะกับอลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งจะเป็นอันตรายต่ออลูมิเนียมฟอยล์ได้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กุลวดี และคณะ (2539) การศึกษาผลกระทบต่อคุณภาพเหี่ยวบรรจุกระป๋องจากการใช้สารฟอกสี/บ่มวัตถุดิบเหี่ยว พบว่า จากเกษตรข้อมูลที่พบว่าใช้สารประกอบซัลไฟด์เพื่อฟอกสีเหี่ยวไม่ให้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและป้องกันไม่ให้เหี่ยวเสียก่อนถึงมือผู้ซื้อ พบว่าตัวอย่างเหี่ยวจันกระป๋องจากโรงงานส่วนใหญ่ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน ในขณะที่บางตัวอย่างจากโรงงานส่วนน้อยมี จุลินทรีย์พวก Flat sour-mesophile ซึ่งอาจจะเนื่องจากโรงงานไม่ใช้ซัลไฟด์ในการแช่วัตถุดิบแต่ใช้น้ำแข็งแทน หรือมีสุขลักษณะของโรงงานที่ไม่ดี การแช่เหี่ยวสดปกเปิดอกในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ความเข้มข้น 200 มก./กก. ผสมกับกรดมะนาวร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก ให้ผลดีในการยับยั้งปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและการเสียของเหี่ยวจันได้นานถึง 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง การปกเปิดอกด้วย

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2.5 แล้วปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ด้วยกรดมะนาว อาจใช้ทดแทนการปอกเปลือกที่อาศัยแรงงานคนได้

ผาณิต (2549) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทาง เคมีกายภาพของแป้งฟลาวัวร์ และสตาร์ชจากแห้วจีน (*Eleocharis dulcis Trin.*) พบว่า แป้งฟลาวัวร์และสตาร์ช จากแห้วจีน มีปริมาณอะมิโลสค่อนข้างสูง โดยเฉพาะสตาร์ช (ร้อยละ 41.00) และแป้งฟลาวัวร์ขนาด 100 เมช (ร้อยละ 32.75) ส่วนกากสตาร์ชมีปริมาณใยอาหารสูง (ร้อยละ 40.11) เม็ดแป้งมีลักษณะกลมคล้ายไข่ที่มีรอยตัด โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 – 17 ไมครอน มีค่า pH 5.61 – 6.47 แป้งจากแห้วจีนมีสีเหลืองอ่อนๆ โดยแป้ง ฟลาวัวร์ที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ มีค่าความสว่าง (L^*) ต่ำกว่าอนุภาคขนาดเล็ก แต่อุ้มน้ำได้ดีกว่า โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การละลายน้ำและการพองตัวของแป้งก็จะมากขึ้น และพบว่าแป้งฟลาวัวร์ และสตาร์ชที่มีองค์ประกอบของสตาร์ช (starch) มาก ก็จะใช้พลังงานในการเกิดเจลลิตีในเซชันมาก โดยสตาร์ชมีอุณหภูมิจนในการเกิดเจลลิตีในเซชันต่ำกว่าแป้งฟลาวัวร์ แต่มีความคงตัวของเจลเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นสูงกว่า โดยพบว่าการผลิตแป้งจากแห้วจีน ปริมาณผลผลิตยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ ในขณะที่ต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง (203.42 – 327.13 บาท / แป้ง 1 กิโลกรัม)

กอบพัชรกุล (2550) ศึกษาการอบแห้งลำไยแผ่น โดยใช้เทคนิคผสมระหว่างเตอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตอบลมร้อนและเตอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งลำไยแผ่น โดยใช้เตอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตอบลมร้อน คือทำการอบแห้งลำไยแผ่นด้วยเตอบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 1 วัน ตั้งแต่ 9.00 น. ถึง 17.00 น. แล้วนำไปอบต่อด้วยเตอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 73 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ได้ลำไยแผ่นที่มีปริมาณความชื้น ค่า A_w ค่าสี L^* a^* b^* แรงฉีกและแรงกด เท่ากับ ร้อยละ 13.96 db (ร้อยละ 12.25 wb), 0.441, 53.78, 12.29, 21.22, 2.952 นิวตัน และ 1.573 นิวตัน ตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เตอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศคือ ทำการอบแห้งลำไยแผ่นด้วยเตอบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 1 วัน ตั้งแต่ 9.00 น. ถึง 17.00 น. แล้วนำไปอบต่อด้วยเตอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศที่กำลังไมโครเวฟ ร้อยละ 20 (960วัตต์) อุณหภูมิสุดท้ายในการอบแห้ง 34 องศาเซลเซียส คงความดันของระบบไว้ที่ 28 กิโลพาสคาลได้ลำไยแผ่นที่มีปริมาณความชื้น ค่า A_w

ค่าสี $L^* a^* b^*$ แรงฉีกและแรงกด เท่ากับ ร้อยละ 13.98 db (ร้อยละ 12.27 wb), 0.453, 53.59, 9.62, 19.03, 2.831 นิวตัน และ 1.490 นิวตัน ตามลำดับ

สภาวะการอบแห้งเหี่ยวที่เหมาะสมทั้ง 2 เทคนิค ในด้านคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ต่อผลทางประสาทสัมผัส ระยะเวลา และค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง พบว่าเทคนิคการอบแห้งลำไยแผ่นที่ดีที่สุดคือ เทคนิคผสมระหว่างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับ เตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศ โดยลำไยแผ่นที่ได้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ และมีค่าใช้จ่ายในการอบแห้งต่ำสุด อย่างไรก็ตามเวลาที่ใช้ในการอบแห้งใช้ได้ดีเฉพาะวันที่มีแสงแดดจัด

อัศวิน (2546) ศึกษาการพัฒนากรรมวิธีการอบแห้งแครอทและเนื้อไก่ โดยอบแห้งแบบลมร้อนกับการใช้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ ผลการศึกษาการอบแห้งแครอทแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 19 17 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งให้แครอทที่มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำที่สุด คือ 0.32 และค่าความแน่นเนื้อของแครอทคืนรูปที่ 20 นาที สูงที่สุด คือ 26.90 นิวตัน แต่การอบแห้งแบบลมร้อนมีปัญหาในเรื่องเวลาในการอบแห้งช่วงสุดท้ายนาน และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีการหดตัวสูง ดังนั้นจึงทำการศึกษาลดเวลาในการอบโดยเปรียบเทียบการลวกแครอทด้วย ไมโครเวฟและไอน้ำก่อนการอบแห้งด้วยลมร้อน และการใช้ไมโครเวฟหลังการอบด้วยลมร้อน พบว่าการลวกแครอทด้วยไอน้ำก่อนการอบแห้ง เป็นเวลา 5 นาที เป็นสภาวะที่ดีที่สุด เนื่องจากให้ค่าความแน่นเนื้อของแครอทลวกสูงที่สุด คือ 130.72 นิวตัน และให้ค่าสีแครอทแห้งที่ดีกว่า มีค่า $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 49.08 36.56 และ 40.13 ตามลำดับ คือให้สีน้ำตาลน้อยกว่าการลวกด้วยคลื่นไมโครเวฟ หลังจากนั้นอบแห้งแครอทด้วยลมร้อนเป็นเวลา 2 2.5 และ 3 ชั่วโมง แล้วต่อด้วยการใช้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ 80 240 และ 400 วัตต์ พบว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และให้ความร้อนต่อด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ 80 วัตต์ เป็นเวลา 15 นาที ได้แครอทที่มีลักษณะแห้งไม่พองร้อยละ 83.14 และไหม้ร้อยละ 16.85 และการใช้ไมโครเวฟหลังจากการอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถลดเวลาในการอบแห้งลงจากเดิม 10 ชั่วโมง เหลือเพียง 3 ชั่วโมง 15 นาที และเมื่อนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า เซลล์ส่วนตรงกลางชั้นเยื่อหุ้มไม่มีรูพรุน แต่ส่วนขอบชั้นมีลักษณะเป็นรูพรุนมากกว่าและให้ขอบน้อยกว่าตัวอย่างที่อบแห้งแบบลมร้อนอย่างเดียว

การอบแห้งเนื้ออกไก่แบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 7 5.5 และ 3.5 ชั่วโมง ตามลำดับ อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งให้เนื้ออกไก่ที่มีค่าแอมพลิจูดแอคทีวิตีไม่แตกต่างกัน และค่าความแน่นเนื้อของเนื้ออกไก่กินรูปที่ 10 และ 20 นาที ต่ำที่สุด คือ 157.77 และ 144.83 นิวตัน การลวกด้วยไมโครเวฟที่ 4 วัตต์/กรัม เป็นเวลา 4 นาที ก่อนการอบแห้งเป็นสภาวะที่ดีที่สุด เนื่องจากให้ค่าอัตราส่วนการคูดน้ำคือน้ำของเนื้ออกไก่แห้งที่ 2 6 10 15 และ 20 นาที สูงที่สุด คือ 1.54 1.70 1.79 1.80 และ 1.81 ตามลำดับ และค่าความแน่นเนื้อของเนื้ออกไก่กินรูปที่ 2 6 10 15 และ 20 นาที ต่ำที่สุด คือ 214.58 172.12 151.77 141.29 และ 128.06 นิวตัน ตามลำดับ หลังจากนั้นอบแห้งเนื้ออกไก่ด้วยลมร้อนเป็นเวลา 1 1.5 และ 2 ชั่วโมง แล้วต่อด้วยการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ 80 240 และ 400 วัตต์ พบว่าการอบแห้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และให้ความร้อนต่อด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ 400 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที ให้เนื้ออกไก่แห้งสีน้ำตาลเข้มร้อยละ 96.28 และสีน้ำตาลอ่อนร้อยละ 3.72 โดยเนื้ออกไก่สีน้ำตาลเข้มมีค่าแอมพลิจูดแอคทีวิตี คือ 0.40 ค่าอัตราส่วนการกินรูปที่ 2 นาที สูงที่สุด 1.68 และค่าความแน่นเนื้อกินรูปที่ 2 นาที ต่ำที่สุด 150.41 นิวตัน และการใช้ไมโครเวฟหลังจากการอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถลดเวลาในการอบแห้งลงจาก เดิม 3.5 ชั่วโมง เหลือเพียง 1 ชั่วโมง 3 นาที และเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า เนื้ออกไก่แห้งเกิดช่องว่างระหว่างไมโอไฟบริล (myofibril) มากกว่าตัวอย่างที่อบแห้งแบบลมร้อนอย่างเดียว

อาพร (2547) ศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์และน้ำตาลอินเวิร์ตต่อคุณภาพของมะละกอ *Carica papaya L.* ที่ทำแห้งโดยการออสโมซิส พบว่า ระดับแคลเซียมและระยะเวลาการแช่มีผลต่อค่าความแข็งและปริมาณแคลเซียมในเนื้อมะละกออย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) พบว่าทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลร่วมต่อค่าเนื้อสัมผัส ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ทั้งสองปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมต่อการซึมเข้าของปริมาณแคลเซียม ($p \leq 0.05$) ผลของภาวะการแช่ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.5 แช่เป็นเวลา 5 วัน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งสูงที่สุดและมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับมากที่สุด และมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับมากที่สุด จึงเลือกภาวะนี้ในการศึกษาผลของน้ำตาลอินเวิร์ตต่อการถ่ายเทมวลสารของผลิตภัณฑ์ในช่วงการออสโมซิสและการอบแห้ง โดยแปรน้ำตาลอินเวิร์ตในสารชูโครสเป็น 4 ระดับ คือร้อยละ 0 5 10 และ 15 ตามลำดับ พบว่าปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตที่สูงขึ้นส่งผลให้

ให้ค่า water loss และ solid gain มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การศึกษาผลของค่า a_w และปริมาณความชื้น ในช่วงการอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ความชื้นที่สูญเสียจากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ พบว่า ปริมาณน้ำตาลอินเวิร์ตที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อ่อนนุ่มกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติมน้ำตาลอินเวิร์ต เมื่อเวลาการเก็บนานขึ้นผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมน้ำตาลอินเวิร์ตมีค่าการยอมรับน้อยที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตมากกว่ายังคงมีค่าการยอมรับมากกว่าหลังผ่านการเก็บไปแล้ว 21 สัปดาห์ ด้านความชื้น พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาการเก็บรักษา ค่าสีในระบบ CIE พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมน้ำตาลอินเวิร์ตมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดอื่น ๆ ในขณะที่ค่า ΔE^* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นที่สูญเสียการทดลอง ผลการเกิดสีน้ำตาลมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ค่าน้ำตาลอินเวิร์ตมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตลอดอายุการเก็บ 21 สัปดาห์

เพียรใจ (2549) ศึกษาผลของอุณหภูมิและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของมะละกอดิบแปรรูปพร้อมบริโภค พบว่า ในส่วนกลางผลใกล้เคียงสามารถคงคุณภาพด้านความแน่นเนื้อ ด้านสี ได้ดีกว่าส่วนอื่นของผล และมีอัตราการหายใจต่ำ การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 แช่มะละกอดิบแปรรูปพร้อมบริโภคเป็นเวลา 1 3 และ 5 นาที พบว่า การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 แช่นาน 5 นาที สามารถคงความแน่นเนื้อ ชะลอการเปลี่ยนแปลงสี ลดการสูญเสีย น้ำหนัก และมีอัตราการหายใจต่ำ แต่มีกิจกรรมเอนไซม์ Polygalacturonase และ Pectin methylesterase คงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา และมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณเพคตินที่ละลายน้ำได้ในปริมาณน้อย ส่วนการแช่มะละกอดิบแปรรูปพร้อมบริโภคในอุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 ที่ 25 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่า น้ำและอุณหภูมิของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถคงคุณภาพของมะละกอดิบแปรรูปพร้อมบริโภคพร้อมบริโภคได้ โดยให้ค่าความสว่างของสีเนื้อเพิ่มขึ้น นอกจากนี้สามารถชะลอกิจกรรมเอนไซม์ Polygalacturonase

และ Pectin methylesterase ปริมาณเพคตินที่ละลายน้ำได้เป็นผลให้มะละกอดิบแปรรูปพร้อมบริโภคสามารถคงความแน่นเนื้อ ดังนั้นมะละกอดิบแปรรูปพร้อมบริโภคในส่วนกลางผลใกล้เปลือกสามารถคงความแน่นเนื้อ ดังนั้นมะละกอดิบแปรรูปพร้อมบริโภคในส่วนกลางผลใกล้เปลือกสามารถคงคุณภาพได้ดีที่สุดและการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที สามารถคงความแน่นเนื้อได้และมีประสิทธิภาพในการชะลอกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของผนังเซลล์ การแช่มะละกอดิบแปรรูปพร้อมบริโภคด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ผลทางด้านการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านความกรอบ สี และคุณภาพโดยรวมของผู้บริโภคที่ดีที่สุด

Ramos *et al* (1992) พบว่าในการลวกแครอทลูกบาศก์ขนาด 9.5 มม.³ ที่อุณหภูมิในการลวก 4 ระดับ คือ 50 55 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างกันคือ 30 45 60 และ 90 นาที แล้วนำมาลวกอีกครั้งที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที โดยตัวอย่างควบคุมคือลวกที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที จากนั้นนำมาอบแห้งด้วยลมร้อนจนเหลือความชื้นร้อยละ 6-7 พบว่าทั้งเวลาและอุณหภูมิในการลวกไม่มีผลต่อความสามารถในการคืนรูปของแครอทอบแห้ง แต่ว่ามีผลกับความหนาแน่นเนื้อของแครอทที่คืนรูป (วัดด้วยเครื่อง Lloyd universal testing machine) คือ การลวกที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 9 นาที ต่อด้วยการลวก 100 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที ให้ค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุดคือ 3,307 นิวตัน มากกว่าตัวอย่างควบคุมที่มีค่าความแน่นเนื้อ 1,902 นิวตัน ทั้งนี้เพราะการลวกที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานาน ทำให้สารประกอบเพคตินในแครอทเปลี่ยนแปลงไป โดยอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมทำให้เอนไซม์เพคตินเอสเทอร์เลส (pectinesterase) ที่มีอยู่ในแครอททำงานไปลดหมู่เมทอกซีในโมเลกุลของเพคติน (demethoxylates) ทำให้เกิดหมู่คาร์บอกซิลอิสระ (free carboxyl groups) ในโมเลกุลเพคติน ซึ่งเมื่อโมเลกุลเพคตินพบกับไอออนของโลหะ Ca^{2+} หรือ Mg^{2+} ทำให้เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตทหรือแมกนีเซียมเพคเตท ทำให้ค่าความหนาแน่นเนื้อของแครอทเพิ่มขึ้น (Platt *et al*, 1991)

Krokida และคณะ (2000) ได้ทำการลวกแครอทขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร สูง 10 มิลลิเมตร ลวกด้วยน้ำร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ใช้น้ำ เป็นเวลา 2 นาที และ

สารประกอบซัลไฟด์ โดยจุ่มในสารละลายโซเดียมโบรไมด์ร้อยละ 2 เป็นเวลา 5 นาที และไมโครเวฟที่กำลังไฟ 810 วัตต์ เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำตัวอย่างลวกมาอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส พบว่าการลวกด้วยไมโครเวฟให้ค่า L^* ต่ำกว่า ค่า a^* สูงกว่า ทำให้สีแคโรทีนอบแห้งสีเข้มคล้ำกว่าการลวกด้วยน้ำร้อน ไออน้ำ และซัลไฟด์ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการลวกด้วยไมโครเวฟอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เอนไซม์คือปฏิกิริยามอลาร์ด ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้น ทำให้แคโรทีนอบแห้งมีสีเข้มคล้ำกว่าตัวอย่างอื่น



บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัสดุดิบ และอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุดิบ

1. หัวจีนสด พันธุ์หัวจีน จากอำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี
2. แคลเซียมคลอไรด์ บริษัท ทารีโก้ จำกัด

3.1.2 อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

ก. อุปกรณ์สำหรับการลวก

1. นาฬิกาจับเวลา
2. แก๊สหุงต้ม ถึงขนาด 15 กิโลกรัม
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก แบบชั่งหยาบ รุ่น KD-200 เครื่องหมายการค้า TANITA
4. อุปกรณ์เครื่องครัวต่าง ๆ เช่น มีดหั่น กระจchon หม้อแสดนเลส เขียงพลาสติก

เป็นต้น

ข. อุปกรณ์สำหรับการทำแห้ง

1. ตู้อบแสงอาทิตย์
2. เครื่องอบลมร้อน (hot air oven) รุ่น Artikel-Nr.9010-0218 FED 720 เครื่องหมายการค้า

BINDER

ค. อุปกรณ์สำหรับการเก็บรักษา

1. ถุง Polypropylene
2. ถุงอลูมิเนียมฟอยล์

3.1.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. เครื่องวัดสี (Spectrophotometer) รุ่น CM-3500D เครื่องหมายการค้า Komicamino - Itasensing,INC ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น
2. เครื่องวัดค่าความแน่นเนื้อ (Texture Analyzer) รุ่น TA-XT2
3. เครื่องวัด Water Activity รุ่น CX 3 TE เครื่องหมายการค้า AQUA LAB
4. เครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด (Moisture Determination Balance, FD-620)
5. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล 4 ตำแหน่ง รุ่น CP 224 S เครื่องหมายการค้า Sartorius ผลิตจากประเทศแคนาดา

3.1.4 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. แบบประเมินผลโดยวิธีประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 7 ระดับ(7-Points Hedonic Scale)
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.2 วิธีดำเนินการ

3.2.1 ศึกษาผลของการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของเห้วจิ้นก่อนการอบแห้ง

การเตรียมเห้วจิ้นก่อนการอบแห้ง โดยนำเห้วจิ้นสดมาล้าง และปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นลูกบาศก์ขนาด กว้าง 0.5 ซม. ยาว 0.5 ซม. หนา 0.5 ซม. ให้ได้น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม โดยแปรระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เป็น 4 ระดับ คือ 0 0.25 0.5 และ 1.0 ร้อยละ (w/v) อัตราส่วนเห้วจิ้น : สารละลาย (2:3) และแช่เห้วจิ้นในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นล้างบนกระชอนประมาณ 2 นาที นำมาลวกในน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำ ตักขึ้นแล้วผึ่งให้แห้งประมาณ 2 นาที ก่อนนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4.5 ชั่วโมง ศึกษาโดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ศึกษาผลของการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของเห้วจิ้นอบแห้งที่ได้ โดยวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัส ดังนี้

3.2.1.1 เห้วจิ้นอบแห้ง

3.2.1.1.1 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity, a_w) ด้วยเครื่อง รุ่น CX 3 TE เครื่องหมายการค้า AQUA LAB

3.2.1.1.2 ค่าความชื้นแบบอินฟราเรด (Moisture Determination Balance, FD-620)

\ 3.2.1.1.3 ค่าสี ด้วยเครื่อง Minolta รุ่น CM-3500D

3.2.1.1.4 ค่าความหนาแน่นจำเพาะ (bulk density) (ตัดแปลงจากธงชัย, 2535)

3.2.1.2 หัวจิ้นอบแห้งคีนรูป

โดยการนำหัวจิ้นอบแห้ง 5 กรัม ใส่ในน้ำที่ต้มเดือดตลอดเวลา ปริมาตร 150 มิลลิลิตร เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นมาใส่กระชอนเพื่อสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที แล้ววิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ดังนี้

3.2.4.2.1 ค่าสี ด้วยเครื่อง Minolta รุ่น CM-3500D

3.2.4.2.2 ค่าความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA-XT2

3.2.4.2.3 ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำ (ตัดแปลงจาก Schadle et al, 1983)

3.2.1.3 ศึกษาการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของหัวจิ้นคีนรูปในน้ำ และผสมน้ำเชื่อม ร้อยละ 15 ทดสอบกับอาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 30 คน ที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 7 (7-Points Hedonic Scale) ให้คะแนนความชอบจาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 7 (ชอบมากที่สุด) ทำการประเมินความชอบต่อปัจจัยคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์หัวจิ้นอบแห้ง ดังแสดงในภาคผนวก จ ทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) และนำผลมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3.2.2 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน

การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งหัวจิ้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยทำการเตรียมหัวจิ้นก่อนการอบแห้งที่ดีที่สุดจากการทดลองข้อที่ 3.2.1 ให้ได้น้ำหนักประมาณ 5 กิโลกรัม แล้วอบแห้งหัวจิ้นโดยตั้งอุณหภูมิการอบที่ 70 องศาเซลเซียส แบ่งเวลาอบแห้ง 4 ระดับ คือ 3.5 4 4.5 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ เก็บตัวอย่าง และวิเคราะห์คุณภาพทำเช่นเดียวกันกับข้อ 3.2.1.1 - 3.2.1.2

3.2.3 ศึกษาเปรียบเทียบผลการทำแห้งด้วยตู้อบแสงอาทิตย์กับเครื่องอบลมร้อน

นำผลของการอบแห้งด้วยตู้อบแสงอาทิตย์ตั้งแต่เวลา 8.00 น. – 17.00 น. เป็นเวลา 9 ชั่วโมง และผลการศึกษาอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนมาเปรียบเทียบคุณภาพด้านต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับข้อ 3.2.1.1 - 3.2.1.2

3.2.4 ศึกษาการใช้ประโยชน์ของหัวจิ้นอบแห้งในขนมไทย

3.2.4.1 เตรียมหัวจิ้นอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนไว้ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องระยะเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยการส่งตรวจที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2.4.2 ศึกษาการใช้ประโยชน์หัวจิ้นอบแห้งในผลิตภัณฑ์ขนมไทย โดยนำไปใช้ประกอบการทำขนมตะโก้หัวจิ้นภายหลังจากการคืนรูปโดยการแช่น้ำเป็นระยะเวลา 10 นาที ทดสอบกับอาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 30 คน ที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 7 (7-Points Hedonic Scale) ให้คะแนนความชอบจาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 7 (ชอบมากที่สุด) ทำการประเมินความชอบต่อปัจจัยคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์หัวจิ้นอบแห้ง แบบทดสอบดังแสดงในภาคผนวก ข ทดลอง 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) และนำผลมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

3.2.5 ศึกษาต้นทุนการผลิตหัวจิ้นอบแห้ง

นำผลิตภัณฑ์หัวจิ้นอบแห้งที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส มาคำนวณต้นทุนการผลิต

3.2.6 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหาร ห้อง 621 และห้อง 622

สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.2.7 ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองเริ่มต้นตั้งแต่เดือนเมษายน 2553 และสิ้นสุดในเดือนมีนาคม 2554

แผนการดำเนินงาน

การวิจัยในครั้งนี้ใช้เวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือน เมษายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือน มีนาคม พ.ศ. 2554 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนงาน	พ.ศ. 2553									พ.ศ. 2554		
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ตั้งปัญหา งานวิจัย	←→											
ตรวจเอกสาร	←→											
วางแผนการ ทดลอง			←→									
ดำเนินการ ทดลอง				←→								
สร้างแบบบันทึก การทดลอง				←→								
เก็บรวบรวม ข้อมูล				←→								
วิเคราะห์ข้อมูล									←→			
เขียนรายงาน										←→		

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และอภิปรายผล

4.1 ผลการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของแห้วจีนก่อนการอบแห้ง

จากการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับต่างกัน คือ ร้อยละ 0 0.25 0.5 และ 1 แห้วจีนเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำมาลวกในน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำ ตักขึ้นแล้วผึ่งให้แห้งประมาณ 2 นาที ก่อนนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4.5 ชั่วโมง เป็นผลให้ได้แห้วจีนอบแห้งที่มีสมบัติต่าง ๆ ทางกายภาพ แสดงดังตารางที่ 4.1

เมื่อนำแห้วจีนอบแห้งมาตรวจวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าความชื้น ค่าสี และค่าความหนาแน่น จำเพาะ ได้ผลแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้ในการแช่ ก่อนการอบแห้งแห้วจีนมีผลต่อค่าปริมาณน้ำอิสระ และค่าความชื้นของแห้วจีนอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยที่ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ร้อยละ 0 จะมีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.56 และความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 มี ปริมาณน้ำอิสระสูงกว่า 0.76 เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าปริมาณน้ำอิสระที่ ได้มีค่าสูงตามไปด้วย เนื่องมาจากสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ช่วยควบคุมการคงรูปของเซลล์ที่ถูก ทำลาย ให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสคงตัวและคงรูปดีขึ้น ดังนั้นส่งผลให้ในผลิตภัณฑ์มีค่าของน้ำหนัก และ ค่าของปริมาณน้ำอิสระที่อยู่ภายในของชิ้นเนื้อยังคงอยู่ตามลักษณะของเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น ตามปริมาณ ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (อาพร, 2547) และค่าความชื้นจะสัมพันธ์กับค่าปริมาณ น้ำอิสระส่งผลให้ค่าความชื้นจะเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย ซึ่งไม่เกินตามที่ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเส้นมะละกอแห้งกำหนดไว้ (ภาคผนวก จ) ผลิตภัณฑ์แห้วจีนอบแห้ง มีค่า ปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.43 - 0.52 โอกาสที่เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตเป็นไปได้

ยากขึ้น ซึ่งไฟโรจน์ (2539) กล่าวว่า การที่ค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำนั้นสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ยกเว้นจุลินทรีย์ที่ทนแล้งสามารถที่จะเจริญได้

ค่าสี แห้วจिनอบแห้งทุกตัวอย่างมีค่า L^* ประมาณ 64.03 - 62.53 ส่วนค่า a^* ประมาณ 4.60-5.28 และค่า b^* ประมาณ 35.01 - 36.39 ทำให้สีของแห้วจिनที่มองเห็นจะเป็นสีเหลืองอ่อน (สีแดงอ่อนผสมสีเหลือง) ส่วนในแห้วจिनอบแห้งที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ในแต่ละความเข้มข้นมีค่า L^* น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแห้วจिनที่ไม่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ จึงทำให้มีสีเหลืองอ่อนกว่า และค่า a^* กับ b^* มีค่าใกล้เคียงกันจึงทำให้มีสีที่ได้ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ความชื้น และค่าสี ของแห้วจिनแช่แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ภายหลังการอบแห้งแบบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4.5 ชั่วโมง

คุณสมบัติของแห้วจिन	สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ)			
	0	0.25	0.5	1
ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.56 ^c ±0.01	0.63 ^b ±0.02	0.74 ^a ±0.02	0.76 ^a ±0.02
ค่าความชื้น (ร้อยละ)	3.73 ^b ±0.73	3.47 ^b ±0.25	5.73 ^a ±0.46	5.77 ^a ±0.65
ค่าสี				
L^*	64.03 ^a ±0.17	62.38 ^b ±0.11	62.38 ^b ±0.10	62.53 ^b ±0.25
a^*	4.60 ^b ±0.20	4.82 ^b ±0.13	5.26 ^a ±0.22	5.28 ^a ±0.23
b^{*ns}	36.39±0.34	35.66±0.65	35.65±0.70	35.01±0.47
ค่าความหนาแน่นจำเพาะ (กรัม/มิลลิลิตร)	0.99 ^a ±0.01	0.79 ^b ±0.01	0.79 ^b ±0.01	0.67 ^c ±0.01

หมายเหตุ : a-c อักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าสว่าง L^* ถ้ามีค่ามากขึ้น แสดงว่า มีค่าความสว่างมากขึ้น

ค่า a* เป็นค่าบวก หมายถึง ออกสีแดง ค่า a* เป็นค่าลบ หมายถึง ออกสีเขียว

ค่า b* เป็นค่าบวก หมายถึง ออกสีเหลือง ค่า b* เป็นค่าลบ หมายถึง ออกสีน้ำเงิน

ส่วนค่าความหนาแน่นจำเพาะนั้น พบว่าความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไม่มีผลต่อค่าความหนาแน่นของหัวจิ้นอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส ที่ใช้ในการอบแห้งนั้นทำให้โครงสร้างของหัวจิ้นสูญเสียน้ำไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการหดตัวเล็กน้อยในทุก ๆ ชั่วโมงในการอบแห้ง ลักษณะหัวจิ้นอบแห้งที่ได้จึงมีลักษณะขนาดและปริมาตรของการหดตัวใกล้เคียงกัน ทำให้ค่าความหนาแน่นที่ได้ไม่แตกต่างกัน (รัตน และพิไลรัก, 2541)

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางกายภาพของหัวจิ้นแช่แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันอบแห้งและคืนรูป โดยลวกน้ำร้อน 10 นาที

คุณสมบัติของหัวจิ้นคืนรูป	สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ)			
	0	0.25	0.5	1
ค่าสี				
L* ^{ns}	52.18±17.63	64.54±0.35	62.44±0.80	64.07±0.78
a*	0.38 ^b ±0.35	0.74 ^{ab} ±0.27	0.98 ^{ab} ±0.40	1.32 ^a ±0.30
b*	25.87 ^{ab} ±1.00	25.52 ^b ±1.32	27.75 ^a ±0.57	25.61 ^b ±1.03
ค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	115.55 ^c ±2.78	140.26 ^b ±11.16	146.13 ^b ±0.78	161.32 ^a ±6.01
ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำ	2.94 ^a ±2.78	2.75 ^b ±0.04	2.53 ^c ±0.00	2.33 ^d ±1.52

หมายเหตุ : a-d อักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าสว่าง L* ถ้ามีค่ามากขึ้น แสดงว่า มีค่าความสว่างมากขึ้น

ค่า a* เป็นค่าบวก หมายถึง ออกสีแดง ค่า a* เป็นค่าลบ หมายถึง ออกสีเขียว

ค่า b* เป็นค่าบวก หมายถึง ออกสีเหลือง ค่า b* เป็นค่าลบ หมายถึง ออกสีน้ำเงิน

หลังจากนั้นนำหัวจिनอบแห้งมาคั้นรูปเพื่อหาค่า L^* ค่าความแน่นเนื้อ และค่าอัตราส่วนการดูดน้ำ จากค่า L^* a^* b^* ในตารางที่ 4.2 พบว่า L^* และ b^* ไม่มีความแตกต่างกันเนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับต่างๆ กัน ไม่ทำให้สีของหัวจिनอบแห้งที่ไม่แช่ และแช่ แคลเซียมคลอไรด์คั้นรูปเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ค่า L^* ได้ไม่แตกต่างกัน ส่วนค่า a^* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เมื่อทำการคั้นรูปที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่า a^* เพิ่มมากขึ้น โดยหัวจिनที่คั้นรูปที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ให้ค่า a^* สูงที่สุด คือ 1.32 0.98 0.74 และ 0.38 ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 0.25 และ 0 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.2 หัวจिनอบแห้งคั้นรูปทุกตัวอย่างมีค่า L^* ประมาณ 52.18 - 64.54 ส่วนค่า a^* อยู่ในช่วง 0.38 - 1.32 และค่า b^* 25.52 - 27.75 ทำให้สีของหัวจिनคั้นรูปที่มองเห็นจะเป็นสีเหลืองอ่อน

ค่าความแน่นเนื้อมีความแตกต่างกันเนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในการแช่ก่อนการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเพิ่มความเข้มข้นจะทำให้เนื้อแข็งมากขึ้น โดยค่าความแน่นเนื้อที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ให้ค่าสูงที่สุดคือ 161.32 และที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 0.25 และ 0.5 ให้ค่าต่ำที่สุด คือ 115.55 140.26 และ 146.13 ตามลำดับ แสดงว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นจะช่วยควบคุมการคงรูปของเซลล์ที่ถูกทำลายจากความร้อน เช่น การต้ม ลวก และอบ ซึ่งจะไปทำลายโครงสร้างเซลล์ของหัวจिनทำให้เซลล์ของหัวจिनฉีกขาด และเสียหายไปซึ่งส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อลดลงไปด้วย (อาพร, 2547) ดังนั้นควรใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในปริมาณที่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่จะต้องการให้เนื้อสัมผัสกรอบและแข็ง

ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำคั้น พบว่าความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในการแช่ก่อนการอบแห้งทุกระดับความเข้มข้น ในการคั้นรูปมีผลต่ออัตราส่วนการดูดน้ำคั้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 4.2 การคั้นรูปที่ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นมีผลทำให้หัวจिनดูดน้ำคั้นได้น้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่าอัตราส่วนดูดน้ำคั้นที่แช่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ให้ค่าต่ำที่สุดคือ 2.33 และที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 ให้ค่าสูงที่สุด คือ 2.94 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความร้อนมีผลต่อโครงสร้างเซลล์ของหัวจिनจากการถูกต้ม ลวก และอบที่อุณหภูมิสูง น้ำจึงเข้าไปในชั้นหัวจिनได้เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำคั้นเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อได้ทดลองแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการอบแห้ง ส่งผลให้

อัตราส่วนการคืนรูปลดลง เนื้อสัมผัสของแห้วจินแข็งขึ้น น้ำจึงซึมเข้าไปในซินเซลล์ได้น้อยลง (อานนท์, ม.ป.ป.)

จากที่กล่าวมาข้างต้นความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์แช่แห้วจินก่อนการอบแห้ง นำมาคืนรูปไม่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของแห้วจินด้านค่าสี แต่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อ และอัตราส่วนการคืนรูป เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะได้ค่าความแน่นเนื้อหลังการคืนรูปมีค่าสูงขึ้น และค่าอัตราส่วนการคืนรูปหลังการคืนรูปมีค่าต่ำลง เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในระดับต่าง ๆ กัน ก็ควรคำนึงถึงรสชาติ เนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคให้การยอมรับควบคู่กันด้วย ดังนั้นจึงต้องศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อแห้วจินอบแห้งคืนรูปในน้ำ ผสมน้ำเชื่อมขั้นตอนต่อไป เพื่อเลือกความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ที่ต้องการใช้แช่แห้วจินก่อนการอบแห้งเพื่อรักษาค่าสี และเนื้อสัมผัสที่ดีของแห้วจินเอาไว้

4.1.1 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อแห้วจินอบแห้งคืนรูปในน้ำเชื่อม

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อแห้วจินอบแห้งคืนรูปในน้ำ และผสมน้ำเชื่อมที่ระดับน้ำตาลร้อยละ 15 โดยเปรียบเทียบแห้วจินอบแห้งคืนรูปที่แช่แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 0.25 0.5 และ 1.0 ตามลำดับ โดยให้ผู้ทดลองชิมประเมินคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกันระหว่างผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4.3

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการแช่แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ ไม่มีผลทำให้คุณภาพด้านประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของแห้วจินอบแห้งที่ได้ในมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยการยอมรับด้านสีเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย (5.43 - 5.67) ความกรอบของแห้วจินอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย (5.27 - 5.60) กลิ่นแห้วจินตามธรรมชาติเฉลี่ยอยู่ในช่วงบอกไม่ได้หรือชอบไม่ชอบถึงชอบเล็กน้อย (4.90 - 5.40) ด้านรสชาติหรือความผิดปกติเฉลี่ยอยู่ในช่วงบอกไม่ได้หรือชอบไม่ชอบ (4.43 - 4.97) รสขมร้อยละ 30 รสฝาดเผื่อนร้อยละ 70 และการยอมรับโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย (5.40 - 5.77) ดังนั้นแห้วจินอบแห้งคืนรูปทั้ง 4 ระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ มีความเหมาะสมในการใช้แช่แห้วจินก่อนการอบแห้ง แต่ระดับความเข้มข้นที่ผู้บริโภคให้การยอมรับค่าเฉลี่ยด้านการยอมรับ โดยรวมมากที่สุดคือ ร้อยละ 0.25 เฉลี่ยเป็น 5.77 และความเข้มข้นของสารละลายที่ได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือร้อยละ 1.0 เฉลี่ยเป็น 5.40

ตารางที่ 4.3 ค่าคะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเหหัวจิ้นคีนรูปแช่แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	เหหัวจิ้นแช่แคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ)			
	0	0.25	0.5	1
สี ^{ns}	5.43±1.14	5.67±1.15	5.57±1.25	5.63±1.40
ความกรอบของเหหัวจิ้น ^{ns}	5.30±1.32	5.40±1.43	5.60±1.04	5.27±1.34
กลิ่นเหหัวตามธรรมชาติ ^{ns}	5.10±1.47	5.40±1.25	5.23±1.38	4.90±1.56
รสชาติ ^{ns}	4.60±1.52	4.97±1.47	4.50±1.43	4.43±1.68
การยอมรับโดยรวม ^{ns}	5.57±1.33	5.77±1.17	5.67±1.12	5.40±1.25

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2. ผลระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน

จากการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเหหัวจิ้นด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยนำผลการศึกษารยอมรับของผู้บริโภคต่อเหหัวจิ้นอบแห้งคีนรูปในน้ำ และผสมน้ำเชื่อมที่แช่แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 จากนั้นศึกษาระยะเวลาอบแห้งเหหัวจิ้น 4 ระดับ คือ 3.5 4 4.5 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยตั้งอุณหภูมิการอบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นผลให้ได้เหหัวจิ้นอบแห้งที่มีสมบัติต่าง ๆ ทางกายภาพ แสดงดังตารางที่ 4.4

จากตารางที่ 4.4 พบว่า เหหัวจิ้นอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนระยะเวลาต่างกัน 4 ระดับ มีผลต่อคุณภาพของเหหัวจิ้นอบแห้งด้านปริมาณน้ำอิสระ ความชื้น และค่าสี เมื่อใช้ระยะเวลาในการอบเหหัวจิ้น 3.5 ชั่วโมง เหหัวจิ้นที่ได้มีปริมาณน้ำอิสระเฉลี่ย 0.87 และจะมีค่าเฉลี่ยลดลงเมื่อระยะเวลาในการอบนานขึ้น และค่าความชื้นจะลดลงตามระยะเวลาการอบด้วย เนื่องมาจากช่วงแรก 3.5 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นที่ผิวของเหหัวจิ้นมีมาก และการสัมผัสกับอากาศร้อนโดยตรงจะทำให้ปริมาณความชื้นสามารถระเหยกลายเป็นไอน้ำได้ง่าย และเมื่ออบแห้งจนถึงชั่วโมงที่ 5 การลดลงของปริมาณความชื้นจะช้าลง หรือมีอัตราการอบแห้งลดลง เนื่องจากปริมาณความชื้นที่ผิวเหลือน้อย และเกิดลักษณะแห้งและแข็งที่ผิวของเหหัว

เงิน น้ำที่อยู่ภายในแห้วจึงเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวหน้าของแห้วจึงทำให้อัตราการระเหยของน้ำลดลง (วิไล, 2552)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ความชื้น และค่าสี ของแห้วจีนแช่แคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ภายหลังจากอบแห้งแบบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างกัน

คุณสมบัติของแห้วจีนอบแห้ง	ระยะเวลาอบ (ชั่วโมง)			
	3.5	4	4.5	5
ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.87 ^a ±0.00	0.72 ^b ±0.01	0.63 ^c ±0.02	0.52 ^d ±0.01
ค่าความชื้น (ร้อยละ)	6.80 ^a ±0.46	5.42 ^b ±0.11	3.60 ^c ±0.08	3.10 ^d ±0.17
ค่าสี				
L*	82.55 ^b ±0.38	84.05 ^a ±1.00	83.73 ^a ±0.20	84.55 ^a ±0.12
a*	0.48 ^b ±0.07	0.35 ^c ±0.08	0.51 ^{ab} ±0.05	0.61 ^a ±0.03
b*	17.55 ^a ±0.50	16.50 ^a ±0.93	16.58 ^a ±0.34	14.34 ^b ±0.04
ค่าความหนาแน่นจำเพาะ (กรัม/มิลลิลิตร)	0.93 ^a ±0.12	0.87 ^{ab} ±0.12	0.87 ^{ab} ±0.12	0.71 ^b ±0.08

หมายเหตุ : a-d อักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าสว่าง L* ถ้ามีค่ามากขึ้น แสดงว่า มีค่าความสว่างมากขึ้น

ค่า a* เป็นค่าบวก หมายถึง ออกสีแดง ค่า a* เป็นค่าลบ หมายถึง ออกสีเขียว

ค่า b* เป็นค่าบวก หมายถึง ออกสีเหลือง ค่า b* เป็นค่าลบ หมายถึง ออกสีน้ำเงิน

จากตารางที่ 4.4 ที่แสดงผลค่าสี L* a* b* ของแห้วจีนอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ด้วยระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า เมื่ออบนาน 5 ชั่วโมง ให้ค่า L* สูงที่สุด คือ 84.55 ให้ค่า a* สูงที่สุด คือ 0.61 และให้ค่า b* ต่ำที่สุดคือ 14.34 ดังนั้น การอบด้วยความร้อน 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ทำให้แห้วจีนอบแห้งมีค่า L* สูงที่สุด a* สูงที่สุด และ b* ต่ำที่สุด ทำให้สีของแห้วจีนอบแห้งเป็นสีเหลืองสว่างกว่าตัวอย่างอื่น และการอบที่ระยะเวลา 4.5 ชั่วโมง ให้ค่า L* รองลงมา คือ 83.73 ให้ค่า a*

คือ 0.51 และให้ค่า b^* คือ 16.58 ทำให้สีของแห้วจินอบแห้งเป็นสีเหลืองสว่างน้อยกว่าการอบที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง แต่เมื่อพิจารณาการเลือกระยะเวลาในการอบแห้งควรคำนึงถึงค่าปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นด้วยการคืนรูปควรที่จะใช้ระยะเวลาที่สั้น อัตราการดูดคืนน้ำได้เร็ว ถ้าใช้ระยะเวลาในการอบที่นานการคืนรูปก็จะนานตามไปด้วย (อานนท์, ม.ป.ป.) ดังนั้นการทดลองขั้นตอนนี้จึงเลือกระยะเวลาที่ 4.5 ชั่วโมง

และค่าความหนาแน่นจำเพาะ นั้นพบว่าระยะเวลาในการอบแห้งนั้นไม่มีผลต่อความหนาแน่นของแห้วจินแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากความร้อนจากการอบแห้งนั้นทำให้โครงสร้างของแห้วจินสูญเสียน้ำไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการหดตัวเล็กน้อยในทุกๆ ชั่วโมงในการอบแห้วจิน ลักษณะแห้วจินอบแห้งที่ได้จึงมีลักษณะขนาดและปริมาตรของการหดตัวใกล้เคียงกัน ทำให้ค่าความหนาแน่นที่ได้ไม่แตกต่างกัน (รัตนา และพิไลรัก, 2541)

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางกายภาพของแห้วจินแช่เคลือบเคลือบเคลือบไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ภายหลังจากการอบแห้งแบบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างกัน และคืนรูปโดยลวกน้ำร้อน 10 นาที

คุณสมบัติของแห้วจินคืนรูป	ระยะเวลาอบ (ชั่วโมง)			
	3.5	4	4.5	5
ค่าสี				
L*	62.23 ^b ±0.94	62.21 ^b ±0.30	62.76 ^b ±0.36	64.75 ^a ±1.20
a*	1.20 ^a ±0.18	0.39 ^b ±0.34	1.38 ^a ±0.28	0.95 ^a ±0.34
b*	24.85 ^b ±1.21	23.32 ^c ±0.82	26.73 ^a ±0.31	26.49 ^a ±0.27
ค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	89.46 ^b ±3.43	96.69 ^b ±1.63	109.20 ^a ±3.63	110.19 ^a ±7.68
ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำ	2.30 ^b ±0.06	2.41 ^b ±0.18	2.72 ^a ±0.02	2.93 ^d ±0.00

หมายเหตุ : a-c อักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าสว่าง L* ถ้ามีค่ามากขึ้น แสดงว่า มีค่าความสว่างมากขึ้น

ค่า a* เป็นค่าบอก หมายถึง ออกสีแดง ค่า a* เป็นค่าลบ หมายถึง ออกสีเขียว

ค่า b* เป็นค่าบอก หมายถึง ออกสีเหลือง ค่า b* เป็นค่าลบ หมายถึง ออกสีน้ำเงิน

จากตารางที่ 4.5 ที่แสดงผลค่า L^* a^* b^* ของหัวจิ้นอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ด้วยระยะเวลาต่าง ๆ กัน คี้นรูปโดยลวกน้ำร้อน 10 นาที พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่ออบระยะเวลาที่ 5 ชั่วโมง ให้ค่า L^* สูงที่สุด คือ 64.75 ให้ค่า a^* คือ 0.95 และให้ค่า b^* คือ 26.49 จากค่า L^* a^* b^* ดังกล่าวทำให้หัวจิ้นอบแห้งแบบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส คี้นรูปมีสีเหลืองเข้มมากกว่าตัวอย่างที่อบแห้งเวลา 3.5 4 และ 4.5 ชั่วโมง ทั้งนี้เพราะระยะเวลาในการอบแห้งนานขึ้น หัวจิ้นจะถูกสัมผัสกับปริมาณความร้อนสูงกว่า ทำให้เกิดสีน้ำตาล จากความร้อนมากกว่าการใช้ระยะเวลาสั้นในการอบแห้ง ซึ่งถูกสัมผัสกับปริมาณความร้อนสั้นกว่า

ค่าความแน่นเนื้อมีความแตกต่างกันเนื่องจากระยะเวลาในการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการอบจะทำให้เนื้อแข็งมากขึ้น โดยค่าความแน่นเนื้อที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ให้ค่าสูงที่สุดคือ 110.19 และที่ระยะเวลา 3.5 4 และ 4.5 ชั่วโมง ให้ค่าต่ำที่สุด คือ 89.46 96.69 และ 109.20 ตามลำดับ

ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำคีน พบว่า ระยะเวลาในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ในหัวจิ้นคีนรูป มีผลต่ออัตราส่วนการดูดน้ำคีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 4.5 การคีนรูปที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้หัวจิ้นดูดน้ำคีนได้เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยค่าอัตราส่วนการดูดน้ำคีนที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ให้ค่าสูงที่สุดคือ 2.93 และที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ให้ค่าต่ำที่สุด คือ 2.30 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความร้อนที่ได้ทำลายโครงสร้างเซลล์ของหัวจิ้นจากการถูกต้ม ลวก และอบที่อุณหภูมิสูง น้ำจึงเข้าไปในชั้นหัวจิ้นได้เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำคีนเพิ่มสูงขึ้น

3. ศึกษาเปรียบเทียบผลการทำแห้งด้วยตู้อบแสงอาทิตย์กับเครื่องอบลมร้อน

ตารางที่ 4.6 แห้วจिनอบแห้งและแห้วจินคั้นรูป โดยแช่เคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น

ร้อยละ 0.25 ภายหลังจากการอบแห้งแบบตู้อบแสงอาทิตย์ และเครื่องอบลมร้อน

คุณสมบัติของแห้วจิน	ประเภทของการอบแห้ง	
	ตู้อบแสงอาทิตย์ 50-55 องศาเซลเซียส/ 9 ชั่วโมง	เครื่องอบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส/ 4.5 ชั่วโมง
แห้วจिनอบแห้ง		
ค่าปริมาตรน้ำอิสระ (a_w)	0.31 ^b ±0.00	0.63 ^a ±0.02
ค่าความชื้น (ร้อยละ)	2.00 ^b ±0.15	3.60 ^a ±0.08
ค่าสี		
L*	80.14 ^b ±0.60	83.73 ^a ±0.20
a*	1.85 ^a ±0.27	0.51 ^b ±0.05
b* ^{ns}	17.44±0.57	16.58±0.34
ค่าความหนาแน่นจำเพาะ ^{ns} (กรัม/มิลลิลิตร)	0.71±0.08	0.87±0.12
แห้วจินคั้นรูป		
ค่าสี		
L*	58.30 ^b ±0.63	62.76 ^a ±0.36
a* ^{ns}	1.77±0.14	1.38±0.28
b*	16.16 ^b ±9.00	26.73 ^a ±0.31
ค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	68.07 ^b ±1.37	109.20 ^a ±3.63
ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำ ^{ns}	2.62±0.11	2.72±0.02

หมายเหตุ: ค่าสว่าง L* ถ้ามีค่ามากขึ้น แสดงว่า มีค่าความสว่างมากขึ้น

ค่า a* เป็นค่าบอก หมายถึง ออกสีแดง ค่า a* เป็นค่าลบ หมายถึง ออกสีเขียว

ค่า b* เป็นค่าบอก หมายถึง ออกสีเหลือง ค่า b* เป็นค่าลบ หมายถึง ออกสีน้ำเงิน

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.6 พบว่า การอบแห้งด้วยตู้อบแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ 50 – 55 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 9 ชั่วโมง ได้ค่าปริมาณน้ำอิสระค่า (a_w) และค่าความชื้น ต่ำกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน ส่งผลให้ความสามารถในการคืนรูปจะใช้ระยะเวลาที่นานกว่า แต่ไม่ทำให้เกิดเชื้อราได้ในอุณหภูมิห้อง และค่าสีความสว่าง (L^*) สว่างน้อย และค่า (a^*) และ ค่า (b^*) มีสีที่แดงอมเหลืองเข้มกว่า การอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน และค่าความหนาแน่นจำเพาะ นั้นพบว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนมีค่าใกล้เคียงกับการอบด้วยตู้อบแสงอาทิตย์ คือ 0.87 และ 0.71 ตามลำดับ เนื่องจากความร้อนจากการอบแห้งนั้นทำให้โครงสร้างของเห็ดจินสุญเสียน้ำไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการหดตัวเล็กลงในทุกๆ ชั่วโมงในการอบเห็ดจิน ลักษณะเห็ดจินอบแห้งที่ได้จึงมีลักษณะขนาดและปริมาตรของการหดตัวใกล้เคียงกัน ทำให้ค่าความหนาแน่นที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก (รัตนาและพิไลรัก, 2541)

สำหรับการคืนรูปของเห็ดจินอบแห้งผลการทดลองค่าของสีมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่สีที่ใกล้เคียงกับเห็ดจินสดมากกว่าคือ การอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน โดยให้ค่าความสว่าง (L^*) ของสีเนื้อเห็ดจินเพิ่มขึ้น และค่า (a^*) และ ค่า (b^*) มีสีที่แดงอมเหลืองเข้มมากกว่า ส่วนค่าความหนาแน่นเนื้อของการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนสามารถคงความแข็งหรือความแน่นเนื้อได้ และมีประสิทธิภาพในการชะลอกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของผนังเซลล์ได้สูงกว่าการอบด้วยตู้อบแสงอาทิตย์ คือ 109.20 ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำมีค่าที่ใกล้เคียงกันระหว่างวิธีอบด้วยตู้อบแสงอาทิตย์กับเครื่องอบลมร้อน คือ 2.62 และ 2.72 ตามลำดับ ดังนั้น ไม่ว่าจะอบแห้งด้วยวิธีแบบใดก็ตามได้ผลการทดลองค่าที่ใกล้เคียงกัน ถ้าอบด้วยตู้อบแสงอาทิตย์จะต้องเสียเวลามากกว่า แต่เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า และการอบด้วยเครื่องอบลมร้อนรวดเร็ว ได้จำนวนการอบที่ปริมาณมากกว่า แต่เสียค่าใช้จ่ายสูงกว่า ก็ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ทำการผลิตเห็ดจินอบแห้ง

4. ผลการใช้ประโยชน์หัวเงินอบแห้งในขนมไทย

4.1 ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อสูตรตะโก้หัวเงิน

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อสูตรตะโก้หัวเงินพื้นฐาน ที่มีส่วนผสมที่แตกต่างกัน จำนวน 3 สูตร (แสดงดังภาคผนวก ฉ) เพื่อหาสูตรที่ดีที่สุด โดยให้ผู้ทดลองชิมประเมินคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกันระหว่างผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าคะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตะโก้หัวเงินพื้นฐาน 3 สูตร

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรตะโก้หัวเงิน		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	4.97 ±1.67	5.33 ±1.35	4.73 ±1.41
ด้านสี	5.23 ^a ±1.33	5.47 ^a ±1.14	4.70 ^b ±1.37
กลิ่น ^{ns}	5.27 ±1.41	5.47 ±1.14	4.97 ±1.38
รสชาติ	4.83 ^a ±1.76	4.70 ^a ±1.78	3.37 ^b ±2.03
เนื้อสัมผัส	4.50 ^a ±1.81	4.50 ^a ±1.61	2.97 ^b ±1.71
การยอมรับโดยรวม	4.83 ^a ±1.64	5.07 ^a ±1.41	3.53 ^b ±1.89

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

จากตารางที่ 4.7 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของสูตรตะโก้หัวเงินพื้นฐาน 3 สูตร ตามลำดับ พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ และกลิ่น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่คะแนนเฉลี่ยด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความชอบด้านสีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยชอบสีของสูตรพื้นฐานที่ 2 มากกว่าสูตรพื้นฐานที่ 1 และ 3 ที่ระดับชอบเล็กน้อย (5.47) เพราะเป็นสีพื้นฐานของตะโก้หัวเงิน ส่วนความชอบด้านรสชาติ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยปริมาณของส่วนผสมที่แตกต่างกัน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยความชอบรสชาติของสูตรพื้นฐาน

ที่ 1 มากกว่าสูตรพื้นฐานที่ 2 และ 3 ที่ระดับบอกไม่ได้หรือชอบไม่ชอบ (4.83) ส่วนความชอบด้านเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยของความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูตรพื้นฐานที่ 1 และ 2 สูงกว่าสูตรพื้นฐานที่ 3 ที่ระดับบอกไม่ได้หรือชอบไม่ชอบ (4.50) และส่วนการยอมรับโดยรวมผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยสูตรพื้นฐานที่ 2 มากกว่าสูตรพื้นฐานที่ 1 และ 3 ที่ระดับชอบเล็กน้อย (5.07)

จากการทดลองพบว่า สูตรพื้นฐานที่ 2 ได้รับคะแนนเฉลี่ยการยอมรับโดยรวมสูงสุด เมื่อพิจารณาแล้วจึงคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่ 2 มาดัดแปลงส่วนผสมเพื่อปรับปรุงให้รสชาติดีขึ้น ทั้งนี้เพราะในสูตรพื้นฐานที่ 2 มีลักษณะเนื้อสัมผัสเนียน นุ่ม ของตัวเนื้อตะโก้ และมีความกรอบของแห้วจินเล็กน้อย ดังนั้นจึงใช้แห้วจินอบแห้งคืนรูปในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.8 เพื่อศึกษาปริมาณแห้วจินในสูตรพื้นฐานตะโก้แห้วจินต่อการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

4.2 ผลการศึกษาปริมาณแห้วจินในสูตรพื้นฐานตะโก้แห้วจินต่อการยอมรับของผู้บริโภค

จากการศึกษาปริมาณแห้วจินในสูตรพื้นฐานตะโก้แห้วจิน คือ ปริมาณแห้วจินร้อยละ 20 30 และ 40 ตามลำดับ โดยให้ผู้ทดลองชิมประเมินคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกันระหว่างผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าคะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตะโก้แห้วจินที่ปริมาณแห้วจินร้อยละ 20 30 และ 40 ตามลำดับ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณแห้วจิน (ร้อยละ)		
	20	30	40
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	5.33±1.18	5.63±0.99	5.73±1.14
สี ^{ns}	4.93±1.26	5.17±1.42	5.33±1.06
กลิ่น ^{ns}	5.33±1.56	5.47±1.48	5.37±1.25
รสชาติ ^{ns}	5.70±1.37	5.87±1.46	6.00±1.18
เนื้อสัมผัส ^{ns}	5.43±1.48	5.53±1.17	5.60±1.13
การยอมรับโดยรวม ^{ns}	5.43±1.38	5.80±0.89	5.80±1.00

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.8 พบว่า การผสมปริมาณหัวจिनอบแห้งเพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยชอบด้านลักษณะปรากฏของปริมาณหัวจिनอบแห้งร้อยละ 20 และ 30 ที่ระดับชอบเล็กน้อย (5.73) ความชอบด้านสีผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยปริมาณหัวจिनอบแห้งร้อยละ 40 มากกว่าร้อยละ 20 และ 30 ที่ระดับชอบเล็กน้อย (5.33) ส่วนด้านกลิ่น ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยปริมาณหัวจिनอบแห้งร้อยละ 30 มากกว่าร้อยละ 20 และ 40 ที่ระดับชอบเล็กน้อย (5.47) ส่วนความชอบด้านรสชาติปริมาณหัวจिनอบแห้งร้อยละ 40 ได้คะแนนเฉลี่ยมากกว่าปริมาณหัวจिनอบแห้งร้อยละ 20 และ 30 ที่ระดับชอบปานกลาง (6.00) ส่วนความชอบด้านเนื้อสัมผัสค่าเฉลี่ยแตกต่างกันไม่มาก ผู้ทดสอบชิมยอมรับในการที่มีเนื้อหัวจिनมากกว่าการใส่เนื้อหัวจिनน้อย เนื่องจากเนื้อหัวจिनให้เนื้อสัมผัสที่กรอบ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ใส่ปริมาณหัวจिनอบแห้งร้อยละ 40 มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าปริมาณหัวจिनอบแห้งร้อยละ 20 และ 30 ที่ระดับชอบเล็กน้อย (5.60) ส่วนด้านความชอบโดยรวมนั้นปริมาณหัวจिनอบแห้งร้อยละ 30 และ 40 นั้น ได้คะแนนเฉลี่ยโดยรวมสูงสุด ที่ระดับชอบเล็กน้อย (5.80)

จากการทดลองดังกล่าว พบว่า การเพิ่มปริมาณหัวจिनอบแห้งมากขึ้นมีผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิมในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ซึ่งการใช้ปริมาณหัวจिनอบแห้งร้อยละ 40 มีความเหมาะสมมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากความกรอบ ความหวาน และกลิ่นจากหัวจिनอบแห้ง เมื่อใส่ปริมาณมากทำให้เนื้อสัมผัส และรสชาติดีขึ้น ซึ่งปริมาณหัวจिनอบแห้งร้อยละ 40 เป็นปริมาณที่ไม่มากเกินไป และผลิตภัณฑ์นั้นไม่ร้อนสามารถเกาะตัวกันเป็นก้อนได้ และมีความเนียน นุ่ม ได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณหัวจिनอบแห้งร้อยละ 20 และ 30 ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์ตะโก้หัวจिनอบแห้งปริมาณร้อยละ 40 ซึ่งเป็นปริมาณที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับดีที่สุด

5. ผลการศึกษาด้านเชื้อจุลินทรีย์ของหัวจिनหลังการอบแห้ง

เมื่อเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์หัวจिनอบแห้ง ด้วยวิธีเครื่องอบลมร้อน น้ำหนัก 100 กรัม โดยเก็บไว้ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์ วิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 โคลิโดต่อกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเส้นมะละกอแห้ง (มพช. 1059/2548) คือ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1×10^3 โคลิโดต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 1×10^2 โคลิโดต่อกรัม แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราในผลิตภัณฑ์เห็ดจินอบแห้ง บรรจุในถุง อะลูมิเนียมฟอยล์ เก็บรักษา ณ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 สัปดาห์

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ
ยีสต์ (Yeast), cfu / g	40
รา (Mold), cfu / g	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)
อีโคไล (MPN <i>E. coli</i>), / g	2
สแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส (<i>Staphylococcus aureus</i>), cfu / g	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)
ซัลโมเนลล่า (<i>Salmonella</i> spp.) , / 25g	ไม่พบ

6. ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตเห็ดจินอบแห้ง

นำผลิตภัณฑ์เห็ดจินอบแห้งที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดมาคำนวณต้นทุนการผลิตเห็ดจินอบแห้ง แสดงดังตารางที่ 4.10

จากตารางที่ 4.10 ผลการคำนวณต้นทุนการผลิตเห็ดจินอบแห้ง โดยการทดลองได้ใช้เห็ดจินสด 1 กิโลกรัม ได้น้ำหนักเห็ดจินอบแห้ง 108 กรัม เมื่อนำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตทุกขั้นตอนรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 48.43 บาทต่อกิโลกรัม ก็นำรูปแล้วได้น้ำหนักเห็ดจิน 252 กรัม ต่อ เห็ดจินอบแห้ง 108 กรัม การทดลองได้ทำในปริมาณจำนวนน้อยเมื่อซื้อวัตถุดิบมาทดลองจึงเป็นราคาที่สูง และการหั่นเห็ดจินก็ต้องใช้ระยะเวลาานเพราะใช้แรงงานคนทำให้เสียเวลา และค่าใช้จ่าย ถ้าได้ผลิตเป็นระบบโรงงานอุตสาหกรรมก็จะมีค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบที่ต่ำกว่า และค่าพลังงานจะลดลงก็มีความเป็นไปได้ที่จะทำเป็นระบบโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อส่งเสริมการปลูกเห็ดจินในเขตพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีให้มากขึ้น ส่งผลให้ประชาชนมีรายได้เพิ่มขึ้น และทำเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดจินอบแห้งส่งออก

ตารางที่ 4.10 ต้นทุนการผลิตแห้วจีนอบแห้งต่อกิโลกรัมแห้ง ที่อบแห้งเป็นระยะเวลา 4.5 ชั่วโมง
จำแนกตามรายการต้นทุน

รายการต้นทุน	จำนวนเงิน (บาท/กิโลกรัมแห้วจีนสด)
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	
ค่าวัตถุดิบ	
- แห้วจีนสด	40
- สารเคลือบเชื่อมคลอไรด์	0.43
ค่าน้ำ (สำหรับล้าง และเตรียมสารละลาย)	1
ค่าพลังงาน (แก๊สหุงต้ม และ ไฟฟ้า)	7
รวมต้นทุนในการผลิต	48.43

หมายเหตุ : แห้วจีนสด 1 กิโลกรัม ได้เปลือก 200 กรัม หั่นเป็นลูกบาศก์ขนาดประมาณ 0.5x0.5x0.5 ซม.
ได้ 600 กรัม เศษแห้วจีนสด (เปลือก/เน่าเสีย) 200 กรัม อบแห้งแล้วได้น้ำหนัก 108 กรัม

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 การศึกษาผลการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของหัวจิ้งก่อนการอบแห้ง

5.1.1.1 ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการแช่หัวจิ้งก่อนอบแห้ง คือ ร้อยละ 0.25

5.1.1.2 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้แช่หัวจิ้งไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อนำมาคั้นรูป

5.1.2 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน

5.1.2.1 เวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งหัวจิ้งด้วยเครื่องอบลมร้อน เมื่อแช่แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 ขณะที่หัวจิ้งอบแห้งใช้ระยะเวลา 3.5 ชั่วโมง มีค่าความชื้นมากที่สุด และระยะเวลา 5 ชั่วโมง มีค่าความชื้นน้อยที่สุด

5.1.2.2 การอบที่ระยะเวลา 4.5 ชั่วโมง ทำให้สีของหัวจิ้งอบแห้งเป็นสีเหลืองสว่างน้อยกว่าการอบที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ค่าความหนาแน่นจำเพาะ พบว่าระยะเวลาในการอบแห้งนั้นไม่มีผลต่อความหนาแน่นของหัวจิ้งแห้ง หัวจิ้งอบแห้งคั้นรูปอบระยะเวลาที่ 4.5 ชั่วโมง ทำให้หัวจิ้งอบแห้งมีสีเหลืองเข้มตามระยะเวลาการอบ ค่าความแน่นเนื้อปานกลาง ค่าอัตราส่วนการคุดน้ำคั้นที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้หัวจิ้งคุดน้ำคั้นได้เพิ่มขึ้น โดยค่าอัตราส่วนคุดน้ำคั้นที่ระยะเวลา 4.5 ชั่วโมง ให้ค่า คือ 2.72

5.1.3 ศึกษาเปรียบเทียบผลการทำแห้งด้วยตู้อบแสงอาทิตย์กับเครื่องอบลมร้อน

5.1.3.1 การอบแห้งด้วยตู้อบแสงอาทิตย์ได้ค่าปริมาณน้ำอิสระค่า (a_w) และค่าความชื้น ต่ำกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน และค่าสีความสว่าง (L^*) สว่างน้อย และค่า (a^*) และ ค่า (b^*) มีสีที่แดงอมเหลืองเข้มกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน

5.1.3.2 ค่าความหนาแน่นจำเพาะ พบว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนมีค่าใกล้เคียงกัน

5.1.3.3 การคืนรูปของเห้วจีนอบแห้งค่าของสีมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่สีที่ใกล้เคียงกับเห้วจีนสดมากกว่าคือ การอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน

5.1.3.4 ค่าความแน่นเนื้อ (นิวตัน) ของการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนสามารถคงความแข็งหรือความแน่นเนื้อได้สูงกว่า

5.1.3.5 ค่าอัตราส่วนการดูดน้ำมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

5.1.4 ศึกษาการนำเห้วจีนอบแห้งไปใช้ในขนมไทย

5.1.4.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตะโก้เห้วจีนอบแห้ง พบว่าสูตรพื้นฐานสูตรที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดในทุกด้าน

5.1.4.2 ปริมาณเห้วจีนอบแห้งร้อยละ 40 เป็นปริมาณที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุด

5.1.4.3 น้ำต้มเห้วจีนคืนรูปสามารถนำไปเป็นส่วนประกอบในตัวขนมตะโก้ได้ เพราะในน้ำต้มเห้วจีนคืนรูปมีกลิ่นหอมของเห้วจีนอยู่

5.1.5 ผลการศึกษาด้านเชื้อจุลินทรีย์ของเห้วจีนหลังการอบแห้ง

ผลการนำผลิตภัณฑ์เห้วจีนอบแห้งน้ำหนัก 100 กรัม เก็บไว้ในถุงอะลูมิเนียมพอยล์ปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 1 สัปดาห์ วิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 โคลิโดนีต่อกรัม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเส้นมะละกอแห้ง (มผช. 1059/2548) ซึ่งกำหนดให้ตรวจพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 1×10^3 โคลิโดนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 1×10^2 โคลิโดนีต่อกรัม ดังนั้น ผลิตภัณฑ์เห้วจีนอบแห้งยังมีความปลอดภัยต่อการบริโภค

5.1.6 ศึกษาต้นทุนการผลิตเห้วจีนอบแห้ง

ผลการคำนวณต้นทุนการผลิตเฉพาะวัตถุดิบเห้วจีนอบแห้ง โดยการทดลองได้ใช้เห้วจีนสด 1 กิโลกรัม ได้น้ำหนักเห้วจีนอบแห้ง 108 กรัม เมื่อนำมาผ่านกรรมวิธีการผลิตทุกขั้นตอนรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 48.43 บาทต่อกิโลกรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

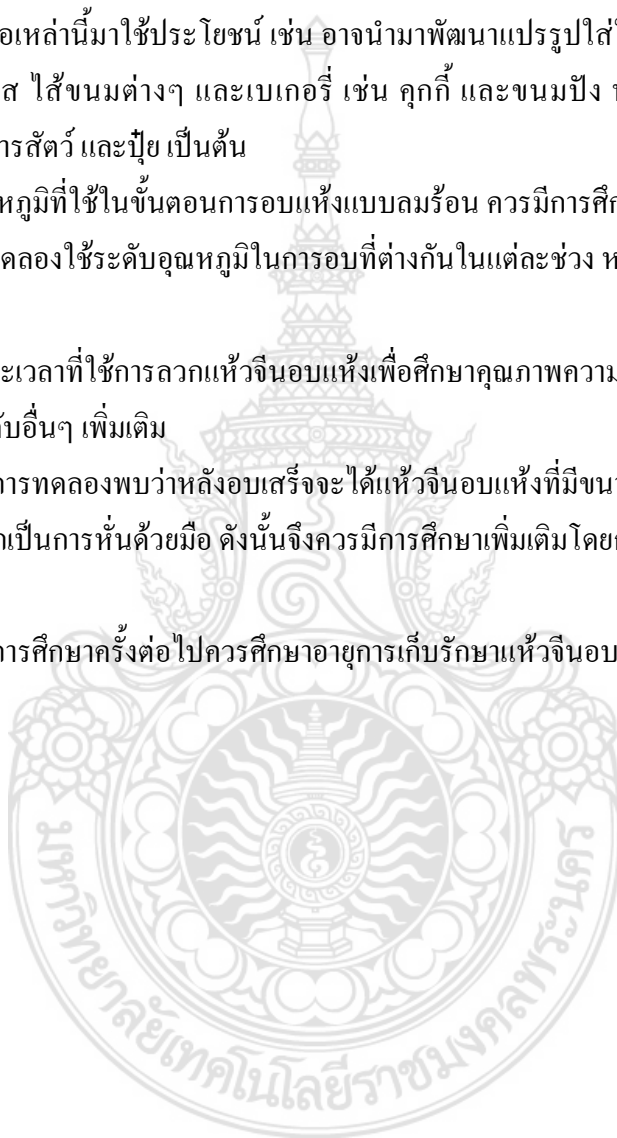
5.2.1 หัวใจที่เน่า และถูกคัดออก รวมถึงเศษหัวใจจากการตัดแต่งและเปลือกหัวใจ ถือเป็นของเหลือจากกระบวนการผลิต ซึ่งจะมีจำนวนมากในการผลิต คิดเป็นร้อยละ 20 loss จึงควรวหาวิธีการนำของเหลือเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ เช่น อาจนำมาพัฒนาแปรรูปใส่ในส่วนผสมของอาหารพวกขนมขบเคี้ยว ซอส ไข่ขนมต่างๆ และเบเกอรี่ เช่น คุกกี้ และขนมปัง หรืออาจนำมาพัฒนาใส่ในส่วนผสมของอาหารสัตว์ และปุ๋ย เป็นต้น

5.2.2 อุณหภูมิที่ใช้ในขั้นตอนการอบแห้งแบบลมร้อน ควรมีการศึกษาอุณหภูมิระดับอื่นๆ เพิ่มเติม โดยอาจทดลองใช้ระดับอุณหภูมิในการอบที่ต่างกันในแต่ละช่วง หรืออาจเพิ่มอุณหภูมิในการอบให้สูงขึ้นได้

5.2.3 ระยะเวลาที่ใช้การลวกหัวใจอบแห้งเพื่อศึกษาคุณภาพความแน่นเนื้อหัวใจ ควรมีการศึกษาเวลาระดับอื่นๆ เพิ่มเติม

5.2.4 ในการทดลองพบว่าหลังอบเสร็จจะได้หัวใจอบแห้งที่มีขนาดไม่มาตรฐานขาดความสม่ำเสมอเนื่องจากเป็นการหั่นด้วยมือ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการอบแห้งหัวใจที่หั่นด้วยเครื่องหั่น

5.2.5 ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีศึกษาอายุการเก็บรักษาหัวใจอบแห้ง



ที่ ศธ 0513.12201/540943



สถาบันกัญชาและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 งามวงศ์วาน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2942 8629-35 โทรสาร 0 2942 7601

รายงานผลการทดสอบ

คำขอบริการเลขที่ : 540943 วันที่ 13 มกราคม 2554
ผู้ขอรับบริการ : นางสาวกรองทอง ตินสวนแดง
เลขที่ 37 ถนนจมีนไวย ตำบลท่าพี่เลี้ยง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี 72000
โทรศัพท์ 08 1736 4969
ชื่อตัวอย่าง : แห้วจีนอบแห้ง
ชนิดตัวอย่าง : อาหารทั่วไป
ภาชนะบรรจุ : ถุงอะลูมิเนียมพอลิเอทิลีน
ขนาดบรรจุต่อหน่วย : 100 กรัม
ลักษณะตัวอย่าง : ชิ้นของแข็งขนาดเล็กหั่นเป็นลูกเต๋าสี่เหลี่ยม
วันที่รับตัวอย่าง : 21 ธันวาคม 2553
วันที่ทำการทดสอบ : 21 ธันวาคม 2553 - 14 มกราคม 2554

รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	วิธีทดสอบ	หมายเหตุ
Yeast , cfu/g	40	USFDA/CFSAN/BAM online (Chapter 18)	-
Mold , cfu/g	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	USFDA/CFSAN/BAM online (Chapter 18)	-
MPN <i>E. coli</i> / g	2	USFDA/CFSAN/BAM online (Chapter 4)	-
<i>Staphylococcus aureus</i> , cfu/g	น้อยกว่า 10 (ไม่พบ)	USFDA/CFSAN/BAM online (Chapter 12)	-
<i>Salmonella</i> spp. / 25 g	ไม่พบ	ISO 6579, 2002	-

ผู้ทดสอบ

ลงชื่อ.....
(นางสาวศุภชิตา พิมพิสนท์)
นักวิทยาศาสตร์

ผู้รับรอง

ลงชื่อ.....
(นางมาลัย เมืองน้อย)
หัวหน้าศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร

ลงชื่อ.....
(นางพัชรี ตั้งตระกูล)
ผู้อำนวยการ

รายงานผลการวิเคราะห์นี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้รับเท่านั้น และห้ามนำไปใช้ประโยชน์ในการโฆษณา
เอกสารทุกฉบับต้องมีตราประทับของสถาบันฯ และลงนามกำกับโดยผู้มีอำนาจ
ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร โทร. 02 942 8629-35 ต่อ 800, 811 โทรสาร 02 9427601-2

เอกสารอ้างอิง

- กิตติคุณ ตอพล. 2550. “ผลของสภาวะการอบแห้ง ส่วนผสม และสายพันธุ์
ต่อคุณภาพของละมุดแผ่น”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
การอาหาร คณะวิชาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กฤษยา จันทร์อรุณ. 2540. “กรรมวิธีการผลิตผักและผลไม้อบแห้ง”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
สาขาวิชาเคมี คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูล
สงคราม.
- กฤษวดี ครอบพาณิชย์ กาญจนิจ วาจนะวินิจ อารีย์ สมานมิตร พรศักดิ์ นมัสศิริเพ็ญ และอุไร
เผ่าสังข์ทอง. 2539. “การศึกษาผลกระทบต่อคุณภาพเห็บบรรจุกระป๋องจากการใช้สาร
ฟอกสี/บ่มวัตถุดิบเห็บ”. กองบริการอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- ไกววัล กล้าแข็ง. 2541. “สภาวะการปลูกเห็บเงินของเกษตรกร จังหวัดสุพรรณบุรี”. กองส่งเสริมพืชไร
นา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- กอบพัชรกุล เป็นบุญ. 2550. “การอบแห้งลำไยแผ่นโดยใช้เทคนิคผสมระหว่างเตาอบพลังงาน
แสงอาทิตย์กับเตาอบลมร้อนและเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์กับเตาอบไมโครเวฟแบบ
สุญญากาศ”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย,
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เจริญ ลินสวนแดง. 2550. “ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูก
เห็บในอำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชา
บริหารธุรกิจ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จารุวรรณ กุลวิศว. 2550. “ผลของวิธีการอบแห้งที่มีผลต่อสารระเหยง่ายและคุณภาพทางกายภาพ
ของกล้วยแผ่น”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- จิราวรรณ เข้มประยูร และอมรรัตน์ สุขโข. 2549 “ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพกุ้งแห้ง”.
ราชการบริหารส่วนกลาง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ
- ใจทิพย์ วานิชขัง. 2545. “ศึกษาลักษณะการลดความชื้นของผักผลไม้”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
คณะเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลบางพระ.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- จงจิตร หิรัญลาภ. 2536. “การอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรจากพลังงานแสงอาทิตย์.”
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชานีมา สังข์ขำ. 2522. “การศึกษาทางสัณฐานวิทยาและเซลวิทยาในเห็ดจีน”. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เชาวลิต อุปฐาก. 2553. “การศึกษากกรรมวิธีการผลิตเครื่องปรุงผงก๋วยเตี๋ยวผัดไทย”. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
พระนคร.
- ชาญ อิ่มแก้วปวงคำ. 2550. “ผลกระทบของการใช้ประโยชน์พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนที่มี
ต่อต้นทุนการอบแห้งในการผลิตสาหร่ายเกลียวทอง”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมเกษตร คณะบริหารธุรกิจ บัณฑิตวิทยาลัย,
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธนนท์ อ้วนอ่อน. 2546. “การปรับปรุงคุณภาพและกรรมวิธีการผลิตก๋วยเตี๋ยวตาก”. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท. สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธงชัย สุวรรณสิขณณ์. 2535. “การพัฒนาอาหารขบเคี้ยวจากแป้งถั่วลิสงไปขมันต่ำผสมแป้ง
มันสำปะหลังชนิดพรีเจลาตินซ์”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชา พัฒนา
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นักสิทธิ์ ปัญญาใหญ่. 2546. “การลดเวลาอบแห้งหอมหัวใหญ่โดยการลดน้ำด้วยวิธีออสโมติก”.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- นิธิยา รัตนานนท์. 2543. “ผลของกระบวนการแปรรูปต่ออาหารและสารอาหาร”. ภาควิชา
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
เชียงใหม่.
- นिरนาม. 2547. “การผลิตและการตลาดเห้วจีน อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี”. กรมส่งเสริม
การเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสุพรรณบุรี, สุพรรณบุรี.
- นिरนาม. 2550. “การถนอมอาหาร”. โครงการพัฒนาการศึกษาที่มีเป้าหมายสัมพันธ์กับการแก้ไขปัญหา
เศรษฐกิจของประเทศมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ณรงค์ศักดิ์ แก้วนิล. 2546. “การศึกษาหาแนวทางในการอบแห้งกระเทียมที่เหมาะสม”. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท. สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานบัณฑิตวิทยาลัย,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- บวรศักดิ์ ลีนานนท์. 2548. “จุลชีววิทยาของอาหาร เล่ม 1”. โรงพิมพ์ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- บุปผา ใจชอบชื่น. 2548. “ตะโก้”. สำนักพิมพ์แม่บ้าน, กรุงเทพฯ.
- บุษกร อุดรภิชชาติ. 2545. “จุลชีววิทยาทางอาหาร”. ภารกิจการผลิตเอกสารและตำรา กลุ่มงานส่งเสริม
และประกันคุณภาพทางการศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.
- ปรีดา เหวระกูล. 2552. “ขนมไทยรวมเล่ม 3”. บริษัท สำนักพิมพ์แม่บ้าน จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ผาณิต รุจิรพิสิฐ. 2549. “องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทาง เคมีกายภาพของแป้งฟลาวัวร์ และ
สตาร์ชจากเห้วจีน”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะ
วิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- พนิดา บุษปฤกษ์ ปิยนารถ โปธารมย์ และสุนิสา สุภรัตนวงศ์. 2534. “เครื่องปอกเปลือกเห้ว”.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- เพียรใจ กาแก้ว. 2549. “ผลของอุณหภูมิและสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของมะละกอดิบแปรรูปพร้อมบริโภค”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2539. “อาหารกึ่งแห้ง”. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- มูลนิธิวิกิมีเดียอิงค์. 2553. “อบแห้ง (อาหาร)”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก:
[http://en.wikipedia.org/wiki/Drying_\(food\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Drying_(food)), 8 เมษายน 2553
- รัตนา อัดตปัญญา และพิไลรัก บุญใหญ่. 2541. “การเลือกใช้เทคโนโลยีและเครื่องจักรในการผลิตผักและผลไม้อบแห้งระดับครัวเรือน”. ม.ป.ท., กรุงเทพฯ.
- รัมภา ศิริวงศ์. 2552. “ขนมไทย เล่ม 1.” สำนักพิมพ์ดวงกมลพับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.
- รัมภา ศิริวงศ์. 2552. “ขนมไทย เล่ม 2.” สำนักพิมพ์ดวงกมลพับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.
- รุ่งนภา วิสิษฐุทธถาวร. 2540. “การประเมินอายุการเก็บรักษาของอาหาร.” ภาควิชาพัฒนาลิขสิทธิ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ราราวุฒิ ครุสง. 2538. “จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร”. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- วัฒนา วิริยดิกร. 2541. “ความเป็นไปได้ของการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์”. อาหาร. 28, 3 (กรกฎาคม-กันยายน) : 220-223.
- วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล. 2548. “เทคโนโลยีอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหาร”. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.
- วิไล รังสาดทอง. 2552. “เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร”. พิมพ์ครั้งที่ 5. บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัลพับลิเคชัน จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ศิวาพร ศิวเวช. 2546. “วัตถุเจือปนในอาหาร”. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ศิริทรัพย์ เถาปฐม. 2544. “อิทธิพลของอุณหภูมิและชั้นความหนาต่อการอบแห้งหอมหัวใหญ่หั่นในเครื่องอบแห้งแบบสลับทิศทางลมร้อน”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศรีสมร คงพันธุ์. 2534. “อาหารว่างและเครื่องดื่ม”. สำนักพิมพ์แสงแดด, กรุงเทพฯ.
- ศรีสมร คงพันธุ์. 2535. “อาหารจีนอย่างง่าย”. สำนักพิมพ์แสงแดด, กรุงเทพฯ.
- ศรีสมร คงพันธุ์. 2548. “อาหารเป็นอาชีพ ขนมหวาน”. พิมพ์ครั้งที่ 7. สำนักพิมพ์แม่บ้าน, กรุงเทพฯ.
- ศรราม ดิรอด. 2549. “ขนมไทยโบราณ”. บริษัท วาดศิลป์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. “กรรมวิธีการอบแห้ง”. โรงพิมพ์ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สายตา บุญโถม. 2534. “การวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ปลูกแห้วเงินในจังหวัดสุพรรณบุรี ปีการผลิต 2532/33”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิงหนาท พวงจันทน์แดง. 2543. “การแปรรูปลิ้นจี่อบแห้ง ระดับหมู่บ้านเกษตรกร”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะธุรกิจการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สิริลักษณ์ พรหมประสิทธิ์. 2544. “แบบจำลองคณิตศาสตร์ของเครื่องอบแห้งผลไม้แบบลาดหมุน”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุริยา อติวิทยาศาสตร์. 2551. “การพัฒนาถั่วตากโดยการอบแห้งแบบลมร้อนร่วมกับการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟระบบสุญญากาศ”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชา พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุมนทนา วัฒนสินธุ์. 2545. “จุลชีววิทยาทางอาหาร”. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สุทธิศักดิ์ แก้วนก . 2546. “อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปทรงที่มีผลต่อการอบแห้งและคุณภาพของกระเทียม”. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เสาวภรณ์ วัจวรรณนะ. 2545. “น้ำผลไม้และผัก เครื่องดื่มสมุนไพร เพื่อสุขภาพ”. ม.ป.ท., กรุงเทพฯ.
- โสภณ สีนรุประมา และจินดา จันทร์อ่อน. 2523. “แห้วจีน”. กสิกร. 23, 1 (มกราคม) : 236-244.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม. 2549. “รายชื่อมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ประกาศใช้แล้ว”. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://app.tisi.go.th/otop/standard/standards.html>, 16 สิงหาคม 2553.
- อนุสิทธิ์ คุ้มคำมี,บรรณธิการ. 2537. “ขนมไทย ของหวาน-ของว่าง 108 ชนิด ทำกินได้ ทำขายได้”. สำนักพิมพ์ส่งเสริมอาชีพ OTOP, กรุงเทพฯ.
- อัศวิน ชินธรรมมิตร. 2546. “การพัฒนากรรมวิธีการอบแห้งแครอทและเนื้อไก่ โดยอบแห้งแบบลมร้อนกับการใช้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟ”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อาพร ลอออกอ. 2547. “ผลของแคลเซียมคลอไรด์และน้ำตาลอินเวิร์ตต่อคุณภาพของมะละกอ *Carica papaya L.* ที่ทำแห้งโดยการออสโมซิส”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.
- Anon. “Water Chestnut”. [Online] Available : <http://www.foodherald.com/water-chestnut>, 7 October 2008.
- Anon. “Water Chestnut – Exotic Chinese Food 102”. [Online] Available: <http://besteats.wordpress.com/2009/07/04/water-chestnut-exotic-chinese-food/#comments>, 4 July 2009.
- Anon. “Ingredient: Water Chestnut”. [Online] Available: <http://www.tastehongkong.com/ingredients/water-chestnut/>, 2 September 2009.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Anon. **“Water Chestnut Starch”**. [Online] Available :
<http://www.gourmetsleuth.com/Dictionary/W/Water-chestnut-starch-6590.aspx> , 13 June 2010.
- AOAC , 1990. **“Official Method of Analysis”**. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Krokida, M.K., Kiranoudis C.T., Maroulis Z.B., Marinos-Kouris D., 2000. **“Effect of Pretreatment on Color of Dehydrated Products”**. Drying Tech.
- Ramos, A.Q., Bourne M.C. and Morales. 1992. **“Texture and Rehydration of Dehydrated Carrots as Affected by Low Temperature Blanching”**. J.Food Sci.
- Schadle, E.R., Burns E.E. and Talley L.J.. 1983, **“Forced Air Drying of Partially Freeze-Dried Compressed Carrot Bars”**. J.Food Sci.
- Woodroof,J.G.and Luh, B.S. 1975. **“Commercial Fruit Processing”**. The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut,USA.
- Torsresakul, L. and Sirwongwilaichat. 1997. **“The Effect of Citric Acid and Sodium Metabisulfite on Inhibition of Non-enzymic Browning Reaction in Osmotic Dehydrated Guava”**. Queen Sirikit Nat. Convention Center, Bangkok.
- Views 4 Comments. **“Water Chestnuts”**. [Online] Available:
<http://www.thechinesesouplady.com/water-chestnuts/>, 30 May 2009.
- Vegetable of the Month: Tubers. **“Water Chestnut”**. [Online] Available:
<http://www.fruitsandveggiesmatter.gov/month/tubers.html>, 13 June 2010.
- Yueming Jiang, Litao Pen and Jianrong Li. 2004. **“Use of Citric Acid for Shelf Life and Quality Maintenance of Fresh-cut Chinese Water Chestnut”**. Journal of Food Engineering Volume 63, 3(August) : 325 – 328.

1. เครื่องอบลมร้อน



ภาพที่ ก.1 เครื่องอบลมร้อน คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



2. ตู้อบแสงอาทิตย์



ภาพที่ ก.2 ตู้อบแสงอาทิตย์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990)

1.1 วิธีการวิเคราะห์

อบถั่วอัลมอนด์เนียมในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง นำมาใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ซึ่งตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ใส่ในภาชนะหาคความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2-5 กรัม แล้วนำเข้าอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 16-18 ชั่วโมง นำมาใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น นำมาชั่งน้ำหนัก แล้วนำตัวอย่างไปอบซ้ำอีกครั้งเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักที่คงที่

1.2 วิธีการคำนวณ

$$\text{ร้อยละปริมาณความชื้น} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_2 - W_1)} \times 100$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักของถั่วอัลมอนด์เนียม หน่วยเป็นกรัม

W_2 คือ น้ำหนักของถั่วอัลมอนด์เนียมและตัวอย่างก่อนอบ หน่วยเป็นกรัม

W_3 คือ น้ำหนักของถั่วอัลมอนด์เนียมและตัวอย่างหลังอบ หน่วยเป็นกรัม

2. การวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

หาค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้เครื่อง รุ่น cx 3 TE เครื่องหมายการค้า AQUA LAB โดยนำตัวอย่างแห้งเงินที่อบแห้งแล้ว มาบรรจุในถ้วยพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร สูง 20 มิลลิเมตร ประมาณ 2 ใน 3 ของความจุของถ้วยพลาสติก นำไปวัดระดับปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยวางถ้วยพลาสติกลงใน chamber ของเครื่องวัดและปิดฝา ทิ้งไว้จนสภาพภายใน chamber สมดุลโดยค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ต่างกันไม่เกิน 0.01 เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จึงอ่านค่าระดับปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ที่แสดงบนเครื่องมือวัด

3. การวัดสี

นำหัวเงินแห้ง และคืนรูปแล้วที่เวลา 10 นาที มาใส่ในภาชนะถ้วยใส (petridish) ให้เต็มพื้นที่ผิววัด แล้วนำมาวัดค่าด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น CM-3500D โดยใช้แหล่งแสง daylight 6500 Kelvin observers ที่ 10 องศาเซลเซียส ในระบบ CIE Lab ($L^*a^*b^*$)

L* หมายถึง ค่าความสว่าง (lightness)

L* = 0 (แสดงสีดำสมบูรณ์)

L* = 1000 (แสดงสีขาวสมบูรณ์)

a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว

a* เป็น + แสดงค่าสีแดง

a* เป็น - แสดงค่าสีเขียว

b* หมายถึง สีแดงหรือสีเหลือง

b* เป็น + แสดงค่าสีเหลือง

b* เป็น - แสดงค่าสีน้ำเงิน

4. การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นจำเพาะ (bulk density) (ดัดแปลงจากธงชัย, 2535)

ชั่งน้ำหนักหัวจันทน์อบแห้งประมาณ 5 กรัม มาบรรจุในกระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร เทเมล็ดงาใส่ลงไปจนได้ปริมาตรที่ 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปแยกเอาเมล็ดงาออกจากหัวจันทน์แห้ง แล้วนำส่วนเมล็ดงามาใส่กระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร อ่านปริมาตรของเมล็ดงา แล้วนำค่าที่ได้หักลบจากเมล็ดงาที่ใส่กระบอกตวงเต็ม 50 มิลลิลิตร จะทราบปริมาตรงาที่ถูกแทนที่ด้วยหัวจันทน์แห้ง

$$\begin{aligned} \text{ค่าความหนาแน่น} &= \frac{\text{น้ำหนักหัวจันทน์แห้ง}}{\text{ปริมาตรงาที่ถูกแทนที่ด้วยหัวจันทน์แห้ง}} \times 50 \\ &= \text{กรัม/50 มิลลิลิตร} \end{aligned}$$

5. การวัดอัตราส่วนดูดน้ำ (ดัดแปลงจาก Schadle *et al*, 1983)

นำหัวจันทน์แห้งที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 5 กรัม มาใส่ในน้ำที่ต้มเดือดตลอดเวลา ปริมาตร 150 มิลลิลิตร เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นมาใส่ตะแกรงเพื่อสะเด็ดน้ำเป็นเวลา 2 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนไว้

$$\text{อัตราส่วนการดูดน้ำคืน} = \frac{\text{น้ำหนักหัวจันทน์คืนรูป}}{\text{น้ำหนักหัวจันทน์แห้ง}}$$

6. การวัดความแน่นเนื้อ

หาค่าความแน่นด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XT2 นำแก้วจลินที่คืนรูปแล้วที่เวลา 10 นาที มาวัดค่าความแน่นเนื้อ โดยใช้หัววัด P100 เป็นหัววัดแบบใช้แรงกด (compression force) มีลักษณะเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร วางตัวอย่างจำนวน 5 ชิ้น ต่อการวัด 1 ครั้ง ลักษณะการวางตรงมุมทั้ง 4 และตรงกลางของวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร โดยมีการกำหนดค่าการวัดดังนี้

Test Mode and Option	: Measure Force in Compression
	: Return to Start
Pre Test Speed	: 1.5 มิลลิเมตร/วินาที
Test Speed	: 3.0 มิลลิเมตร/วินาที
Post Test Speed	: 10.0 มิลลิเมตร/วินาที
Distance	: 3.0 มิลลิเมตร
Unit	: นิวตัน
Load Cell	: 25 กิโลกรัม

ค่าความหนาแน่นเนื้อได้จากค่าแรงนิวตันสูงสุดในเส้นกราฟ



1. ตรวจสอบจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี Pour plate AOAC (2000)

วิธีนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวอย่างอาหารที่ต้องการวิเคราะห์จำนวนแบคทีเรีย
2. ปิเปตขนาด 1.5 และ 10 มิลลิลิตรที่ปราศจากเชื้อ
3. ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ปราศจากเชื้อ 9 หรือ 99 มิลลิลิตร ในขวดแก้วที่มีฝาปิดสนิท
4. จานเพาะเชื้อที่ปราศจากเชื้อ
5. ขวดแก้วมีฝาปิดขนาดบรรจุอย่างต่ำ 15 มิลลิลิตร ที่ปราศจากเชื้อ หรือถุงร้อนใหม่ที่ปราศจากเชื้อ
6. ตะเกียงแอลกอฮอล์

วิธีปฏิบัติ

1. นำตัวอย่างอาหารมาเจือจางให้มีความเจือจางเป็น 1:10 1:100 1:1,000 และ 1:10,000 ตามลำดับ
2. ดูตัวอย่างอาหารแต่ละอัตราส่วนความเจือจางๆ ละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อแต่ละจาน ทำ 2 ซ้ำ และทำจานควบคุมที่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง 1 จาน
3. เทอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างอาหารอยู่ จานละประมาณ 15 มิลลิลิตร หมุนจานไปมาเล็กน้อยโดยหมุนซ้ายและขวาเพื่อให้อาหารและตัวอย่างอาหารเข้ากันดี ต้องระวังไม่ให้อาหารกระโดดไปที่ฝาของจานเพาะเชื้อ
4. รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง กลับจานเพาะเชื้อก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิที่กำหนด นาน 48 ชั่วโมง
5. นับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ
6. รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหารตัวอย่าง 1 กรัม หรือ 1 มิลลิลิตร โดยนำเอาค่าเจือจางมาคูณกับค่าเฉลี่ยของจานที่นับได้

2. ตรวจสอบยีสต์ และรา โดยใช้วิธีวิเคราะห์จำนวนยีสต์ และราในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) AOAC (2000)

การตรวจสอบยีสต์และราในอาหาร

วัสดุและอุปกรณ์

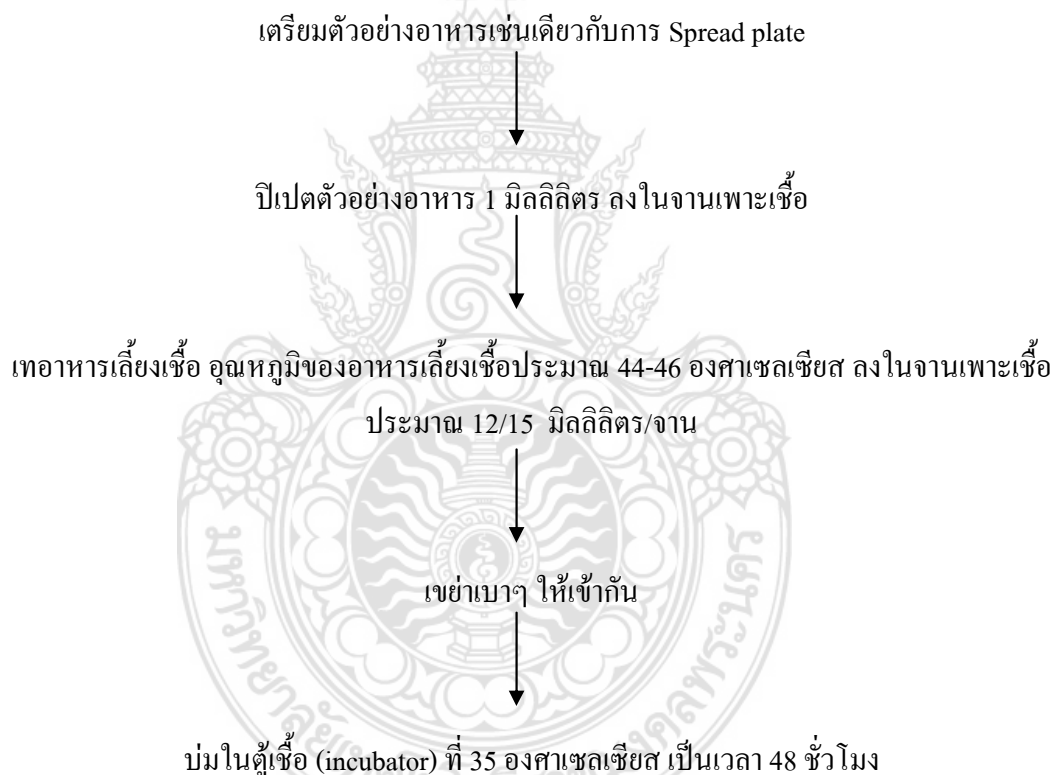
1. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) ที่เตรียมและผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
2. น้ำกลั่นหรือฟอสเฟสบัฟเฟอร์ที่เตรียมและผ่านการฆ่าเชื้อแล้วสำหรับเจือจางตัวอย่างอาหาร
3. จานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
4. ปิเปตขนาด 1.5 และ 10 มิลลิลิตรที่ปราศจากเชื้อ
5. ตัวอย่างอาหาร
6. กรดทาร์ตริกเข้มข้นร้อยละ 10

วิธีปฏิบัติ

1. เจือจางตัวอย่าง 10 กรัม ในน้ำกลั่นหรือฟอสเฟสบัฟเฟอร์ 99 มิลลิลิตร ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำ 1 มิลลิลิตร ไปเจือจางต่อในน้ำกลั่นหรือฟอสเฟสบัฟเฟอร์ 9 มิลลิลิตร ทำต่อไปจนความเจือจาง 10^{-4}
2. คูดอาหารแต่ละความเจือจางๆ ละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อ ทุกความเจือจางทำ 2 ซ้ำ
3. กรดทาร์ตริก 1.1 มิลลิลิตรใน PDA 100 มิลลิลิตร ที่หลอดเหลวและปล่อยให้อุณหภูมิตกลงจนถึง 45 องศาเซลเซียสแล้ว เพื่อให้อาหารเป็นกรดที่แบคทีเรียไม่เจริญได้
4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างอาหารอยู่จานละประมาณ 15 มิลลิลิตร หมุนจานไปมาเล็กน้อยโดยหมุนซ้ายและขวาเพื่อให้อาหารและตัวอย่างอาหารเข้ากันดีต้องระวังไม่ให้อาหารกระโดดไปที่ฝาของจานเพาะเชื้อ
5. รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง กลับจานเพาะเชื้อก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิที่กำหนด นาน 48 ชั่วโมง
6. นับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ
7. รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหารตัวอย่าง 1 กรัม หรือ 1 มิลลิลิตร โดยนำเอาค่าเจือจางมาคูณกับค่าเฉลี่ยของจานที่นับได้

หลักการเทเพลท คือ การทำให้ตัวอย่างเชื้อกระจายในอาหารวุ้นที่หลอมเหลวแล้ว และเทลงในจานเพาะเชื้อ อาหารวุ้นถูกหลอมเหลว ทิ้งไว้ให้อุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งจะผสมตัวอย่างเชื้อลงไป ทำให้เชื้อกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยการแกว่งจานเพาะเชื้อไปมาเบาๆ เพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อและเชื้อที่ผสมอยู่กระจายทั่วจานเพาะเชื้อ ระวังอย่างแกว่งแรงเกินไป จะทำให้วุ้นกระลอกออกนอกจานเพาะเชื้อ

การ Pour plate มีขั้นตอนดังนี้



ที่มา : A.O.A.C, 2000





ภาพที่ ง.1 สถานที่เก็บข้อมูลสำนักงานเกษตรอำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี



ภาพที่ ง.2 ต้นกล้าหัวจิ้นในแปลงนาหัวจิ้น



ภาพที่ ง.3 ระยะห่างการปลูกของต้นกล้าแก้วเงินกับต้นข้าว





ภาพที่ ๓.๕ หัวเห้วจิ้นที่ยังไม่ได้เอาดินออก และมีดินโคลนติดอยู่



ภาพที่ ๓.๖ หัวเห้วจิ้นที่งแล้วจะแช่ไว้รังก่อนเพื่อไม่ให้เห้วจิ้นแห้ง



ภาพที่ ง.7 การปอกเปลือกหัวเงิน โดยชาวบ้านตำบลวังยาง



ภาพที่ ง.8 ขั้นตอนการปอกเปลือกหัวเงิน

หมายเลข 1 คือ ขั้นตอนแรกปอกเปลือกด้านหัวและท้าย

หมายเลข 2 คือ ขั้นตอนสองปอกเปลือกด้านข้าง

มพช.๑๐๕๙/๒๕๕๘

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เส้นมะละกอแห้ง

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเส้นมะละกอที่ทำให้แห้ง บรรจุในภาชนะบรรจุ

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ เส้นมะละกอแห้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลมะละกอดิบที่สดและอยู่ในสภาพดี มาปอกเปลือกล้างให้สะอาด ชูตให้เป็นเส้น อาจแช่ในสารละลาย เช่น น้ำเกลือ ก่อนนำไปทำให้แห้ง โดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น ก่อนนำไปใช้ต้องคืนรูปโดยแช่น้ำหรือน้ำร้อน

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นเส้น แห้ง อาจเกาะติดกันได้บ้างเล็กน้อย

๓.๒ สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของเส้นมะละกอแห้ง ไม่คล้ำ

๓.๓ กลิ่น

ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของเส้นมะละกอแห้ง ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่น

อับ กลิ่นหมัก

๓.๔ การคืนรูป

ต้องคืนรูปได้ใกล้เคียงกับเส้นมะละกอสด

๓.๕ ลักษณะเนื้อสัมผัส

ต้องไม่ยุ่ยและเมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๘.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนนจากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

มพช.๑๐๕๙/๒๕๔๘

๓.๖ สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่ง
ปฏิกูลจากสัตว์

๓.๗ ความชื้น

ต้องไม่เกินร้อยละ ๑๔ โดยน้ำหนัก

๓.๘ วัตถุเจือปนอาหาร

หากมีการใช้สารฟอกสี ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

๓.๙ จุลินทรีย์

๓.๙.๑ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๙.๒ เอสเชอริเชีย โคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า ๓ ต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๓.๙.๓ รา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๔. สุขลักษณะ

๔.๑ สุขลักษณะในการทำเส้นมะละกอแห้ง ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

๕. การบรรจุ

๕.๑ ให้บรรจุเส้นมะละกอแห้งในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

๕.๒ น้ำหนักสุทธิของเส้นมะละกอแห้งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุเส้นมะละกอแห้งทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียด ต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น เส้นมะละกอแห้ง เส้นมะละกอกิ่งสำเร็จรูป

(๒) ส่วนประกอบที่สำคัญ

(๓) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)

(๔) น้ำหนักสุทธิ

(๕) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”

(๖) ข้อแนะนำในการบริโภคและการเก็บรักษา

(๗) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง เส้นมะละกอแห้งที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๖ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าเส้นมะละกอแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่น การคินรูป และลักษณะเนื้อสัมผัส ให้ชักตัวอย่างผ่านการทดสอบตามข้อ ๗.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ถึงข้อ ๓.๕ จึงจะถือว่าเส้นมะละกอแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความชื้นและวัตถุเจือปนอาหาร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๒๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๗ และข้อ ๓.๘ จึงจะถือว่าเส้นมะละกอแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๔ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๒๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนดเมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๙ จึงจะถือว่าเส้นมะละกอแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างเส้นมะละกอแห้งต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ ข้อ ๗.๒.๓ และข้อ ๗.๒.๔ ทุกข้อ จึงจะถือว่าเส้นมะละกอแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

มพช.๑๐๕๙/๒๕๕๘

๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่น การคืนรูป และลักษณะเนื้อสัมผัส

๘.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบเส้นมะละกอแห้งอย่างน้อย ๕ คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

๘.๑.๒ เทตัวอย่างเส้นมะละกอแห้งลงในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบลักษณะทั่วไป สี และกลิ่นโดยการตรวจพินิจและดม

๘.๑.๓ เทตัวอย่างเส้นมะละกอแห้งในน้ำที่อุณหภูมิและเวลาตามที่ระบุไว้ในที่ฉลาก ตรวจสอบการคืนรูป และลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการตรวจพินิจและชิม

๘.๑.๔ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนน

(ข้อ ๘.๑.๔)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องเป็นเส้น แห้ง อากาศติดกัน ได้บ้าง เล็กน้อย	๔	๓	๒	๑
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของเส้น มะละกอแห้ง ไม่คล้ำ	๔	๓	๒	๑
กลิ่น	ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของ เส้นมะละกอแห้ง ปราศจากกลิ่น อื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหมัก	๔	๓	๒	๑
การคืนรูป	ต้องคืนรูปได้ใกล้เคียงกับเส้น มะละกอสด	๔	๓	๒	๑
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ต้องไม่ขุ่ยและ	๔	๓	๒	๑

มพช.๑๐๕๙/๒๕๔๘

- ๘.๒ การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก
ให้ตรวจพินิจ
- ๘.๓ การทดสอบความชื้นและวัตถุเจือปนอาหาร
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ
- ๘.๔ การทดสอบจุลินทรีย์
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ
- ๘.๕ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

ภาคผนวก ก.

สัญลักษณ์

(ข้อ ๔.๑)

- ก.๑ สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ
- ก.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง อยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อน
ได้ง่าย โดย
- ก.๑.๑.๑ สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ สะอาด ไม่มีน้ำขังและและสกปรก
- ก.๑.๑.๒ อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่น เขม่า ควัน มากผิดปกติ
- ก.๑.๑.๓ ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจ เช่น บริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์ แหล่งเก็บหรือ
กำจัดขยะ
- ก.๑.๒ อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การ
บำรุงรักษา การทำความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงาน โดย
- ก.๑.๒.๑ พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารที่ทำ ก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทน เรียบ ทำ
ความสะอาด และซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา
- ก.๑.๒.๒ แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วน ไม่อยู่ใกล้ห้องสุขา ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้ว
หรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ
- ก.๑.๒.๓ พื้นที่ใช้ปฏิบัติงานไม่แออัด มีแสงสว่างเพียงพอ และมีการระบายอากาศที่
เหมาะสม

มผช.๑๐๕๙/๒๕๔๘

ก.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการทำ

ก.๒.๑ ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ทำจากวัสดุมีผิวเรียบ ไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.๒.๒ เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ สะอาด เหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน ติดตั้งได้ง่าย มีปริมาณเพียงพอ รวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง

ก.๓ การควบคุมกระบวนการทำ

ก.๓.๑ วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำ สะอาด มีคุณภาพดี มีการล้างหรือทำความสะอาดก่อนนำไปใช้

ก.๓.๒ การทำ การเก็บรักษา การขนย้าย และการขนส่ง ให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.๔ การสุขาภิบาล การบำรุงรักษา และทำความสะอาด

ก.๔.๑ น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และมือของผู้ทำ เป็นน้ำสะอาด และมีปริมาณเพียงพอ

ก.๔.๒ มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อ แมลงและฝุ่นผง ไม่ให้เข้าไปในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.๔.๓ มีการกำจัดขยะ สิ่งสกปรก และน้ำทิ้ง อย่างเหมาะสม เพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.๔.๔ สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด และใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลง ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม และเก็บแยกจากบริเวณที่ทำ เพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.๕ บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ผู้ทำทุกคน ต้องรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดี เช่น สวมเสื้อผ้าที่สะอาด มีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ ไม่ไว้เล็บยาว ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน หลังการใช้ห้องสุขา และเมื่อมือสกปรก

ตะโก้แห้วจิน (สูตรที่ 1)

ส่วนผสมตัวขนม

แป้งข้าวเจ้า	1 ถ้วยตวง	114 กรัม
แป้งมันสำปะหลัง	1 ช้อนโต๊ะ	6 กรัม
น้ำตาลทราย	2 1/2 ถ้วยตวง	520 กรัม
น้ำใบเตย	6 ถ้วยตวง	1,212 กรัม
แห้วจินหั่นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า	1 ถ้วยตวง	144 กรัม

วิธีทำ

- ผสมแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง น้ำใบเตยและน้ำตาลทราย
- กวนพอข้น ใส่แห้วจินตั้งไฟกวนต่อ
- ตักใส่กระทงเพียงครึ่งกระทง

ส่วนผสมหน้าขนม

แป้งข้าวเจ้า	1 ถ้วยตวง	114 กรัม
น้ำกะทิ	7 ถ้วยตวง	1,680 กรัม
เกลือป่น	1 ช้อนโต๊ะ	18 กรัม
น้ำตาลทราย	3 ช้อนโต๊ะ	38 กรัม

วิธีทำ

- ผสมแป้งข้าวเจ้า น้ำกะทิ เกลือป่นและน้ำตาลทราย
- ตั้งไฟกวนจนข้น ลดไฟอ่อน
- ตักหยอดบนตัวขนมจนเต็ม

ตะโก้แห้วจีน (สูตรที่ 2)

ส่วนผสมตัวขนม

แป้งข้าวเจ้า	1/2 ถ้วยตวง	64 กรัม
แป้งมันสำปะหลัง	1/2 ถ้วยตวง	52 กรัม
น้ำตาลทราย	4 ถ้วยตวง	832 กรัม
น้ำใบเตย	5 1/2 ถ้วยตวง	1,658 กรัม
แห้วจีนหั่นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า	4 ถ้วยตวง	576 กรัม

วิธีทำ

1. ผสมส่วนผสมทุกอย่างเข้าด้วยกัน ยกเว้นแห้วจีนคนให้ละลายเข้ากัน กรองด้วยผ้าขาวบาง
2. เทใส่หม้อ ตั้งไฟความร้อนปานกลาง ควบคุมด้วยไม้พายไปทางเดียวกันโดยไม่หยุดมือ เพื่อให้ไม่เป็นเม็ดหรือติดกันหม้อ ประมาณ 10 – 15 นาที หรือจนแป้งใส
3. พอสุกใส่แห้วจีนที่เตรียมไว้ กวนต่ออีก 5 นาที ยกลง
4. ตักใส่กระทงใบเตย ที่เตรียมไว้ทันทีขณะกำลังร้อน

ส่วนผสมหน้าขนม

แป้งข้าวเจ้า	1 ถ้วยตวง	114 กรัม
แป้งข้าวโพด	1/4 ถ้วยตวง	25 กรัม
น้ำกะทิ	4 ถ้วยตวง	960 กรัม
เกลือป่น	1 ช้อนโต๊ะ	18 กรัม

วิธีทำ

1. ผสมส่วนผสมทุกอย่างเข้าด้วยกัน คนให้ละลายแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง
2. เทใส่หม้อ ผสมเกลือ ยกขึ้นตั้งไฟปานกลางให้กวนตลอดเวลา มิฉะนั้นจะติดกันหม้อเป็นเม็ด
3. ตักหน้าตะโก้ราดทันที ทิ้งไว้จนเย็น
4. แต่งหน้าด้วยกลีบกุหลาบ

ตะโก้แห้วจิน (สูตรที่ 3)

ส่วนผสมตัวขนม

แป้งข้าวเจ้า	1 ถ้วยตวง	128 กรัม
น้ำตาลทราย	2 ถ้วยตวง	416 กรัม
น้ำใบเตย	5 ถ้วยตวง	1,010 กรัม
แห้วจินหั่นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า	1 ถ้วยตวง	144 กรัม

วิธีทำ

1. เตรียมส่วนผสมแป้ง น้ำตาล น้ำ
2. นำส่วนผสมมาผสมรวมกัน
3. เทใส่กระทง ตั้งไฟกลางกวนจนแป้งมีลักษณะข้นใส
4. ตักใส่กระทง 1/2 ของกระทง

ส่วนผสมหน้าขนม

แป้งข้าวเจ้า	3/4 ถ้วยตวง	86 กรัม
น้ำตาลทราย	1/4 ถ้วยตวง	52 กรัม
น้ำกะทิ	4 1/2 ถ้วยตวง	1,080 กรัม
เกลือป่น	2 ช้อนชา	12 กรัม
วุ้นผง	1 ช้อนชา	5 กรัม

วิธีทำ

1. เตรียมส่วนผสม กะทิ น้ำตาล เกลือ วุ้นผง และแป้งข้าวเจ้า
2. นำแป้ง น้ำตาล วุ้น เกลือ และกะทิผสมรวมกัน เทใส่กระทงที่ทอมน้ำไปกวนจนหน้าขนมมีลักษณะข้นขาว ตักหยอดบนตัวตะโก้



ภาพที่จ.1 ตะโก้เหั่วจิ้น

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ หัวใจเงิน

วันที่ทดสอบ.....เดือน.....พ.ศ.

คำแนะนำ ทดสอบตัวอย่าง โดยชิมตัวอย่างที่เสนอทีละตัวอย่าง ให้คะแนนความชอบของตัวอย่างในแต่ละปัจจัยที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด ตามคำอธิบายคะแนนความชอบดังสเกลที่กำหนด

หมายเหตุที่ 1 :

- | | |
|----------------------------|------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 5 = ชอบเล็กน้อย |
| 2 = ไม่ชอบปานกลาง | 6 = ชอบปานกลาง |
| 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย | 7 = ชอบมากที่สุด |
| 4 = บอกไม่ได้หรือชอบไม่ชอบ | |

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์			
	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
สี				
ความกรอบของหัวใจเงิน				
กลิ่นหัวใจตามธรรมชาติ				
การยอมรับโดยรวม				
* ความผิดปกติ				

ข้อเสนอแนะ

.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

กรองทอง สิ้นสวนแดง

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ ตะโก้แห้วจีน

วันที่ทดสอบ.....เดือน.....พ.ศ.....

คำแนะนำ ทดสอบตัวอย่าง โดยชิมตัวอย่างที่เสนอทีละตัวอย่าง ให้คะแนนความชอบของตัวอย่างในแต่ละปัจจัยที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด ตามคำอธิบายคะแนนความชอบดังสเกลที่กำหนด

หมายเหตุ

- | | |
|----------------------------|------------------|
| 1 = ไม่ชอบมากที่สุด | 5 = ชอบเล็กน้อย |
| 2 = ไม่ชอบปานกลาง | 6 = ชอบปานกลาง |
| 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย | 7 = ชอบมากที่สุด |
| 4 = บอกไม่ได้หรือชอบไม่ชอบ | |

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์		
	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
ลักษณะปรากฏ			
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			
การยอมรับโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

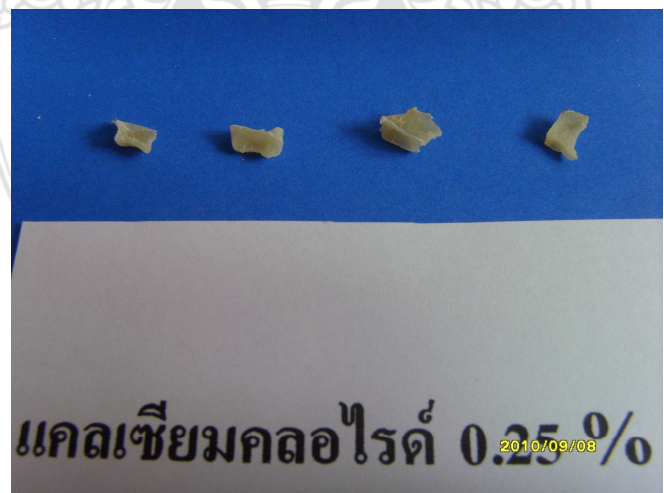
.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

กรองทอง สิ้นสวนแดง



ภาพที่ซ.1 แห้วจิ้นแซ่แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 อบแห้งแบบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 4.5 ชั่วโมง



ภาพที่ซ.2 แห้วจิ้นแซ่แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 อบแห้งแบบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 4.5 ชั่วโมง



ภาพที่ 3 แห้วจินแซ่แคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 0.5 อบแห้งแบบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4.5 ชั่วโมง



ภาพที่ 4 แห้วจินแซ่แคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 1.0 อบแห้งแบบลมร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4.5 ชั่วโมง



ภาพที่ 5.5 แห้วจินแซ่แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0 อบแห้ง และคั้นรูป โดยลวกน้ำร้อน 10 นาที



ภาพที่ 5.6 แห้วจินแซ่แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 อบแห้ง และคั้นรูป โดยลวกน้ำร้อน 10 นาที



ภาพที่ช.7 หัวจิ้นแซ่แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 อบแห้ง และคั้นรูป โดยลวกน้ำร้อน 10 นาที



ภาพที่ช.8 หัวจิ้นแซ่แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 อบแห้ง และคั้นรูป โดยลวกน้ำร้อน 10 นาที



ภาพที่ช.9 แห้วจินแซ่แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 อบแห้งแบบแสงอาทิตย์ 49 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 9 ชั่วโมง



ภาพที่ช.10 แห้วจินแซ่แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.25 อบแห้งแบบแสงอาทิตย์ 49 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 9 ชั่วโมงและคั้นรูป โดยลวกน้ำร้อน 10 นาที

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล นางสาวกรองทอง สิ้นสวนแดง
 วัน เดือน ปีเกิด 7 ตุลาคม 2528
 ภูมิลำเนา 37 ถ. จมื่นไวย ต.ท่าพี่เลี้ยง อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี 72000

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ประถมศึกษา	สุวรรณภูมิ	พ.ศ. 2535-2540
มัธยมศึกษา	สวนหญิง	พ.ศ. 2541-2546
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต	พ.ศ. 2547-2550
ปริญญาโท	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	พ.ศ. 2552-2553

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ทำธุรกิจส่วนตัวจำหน่ายสารกำจัดศัตรูพืช และอุปกรณ์การเกษตร อ.เมือง
 จ. สุพรรณบุรี

ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ

- ได้เกียรติบัตรรางวัลเกียรติคุณอันดับที่ 1 ปริญญาตรี จากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
- ได้รับรางวัลชนะเลิศการแข่งขัน “หมูปิ้งเลิศรส” เนื่องในงาน 30 ปี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
- ได้รับรางวัลรองชนะเลิศ อันดับ 2 การแข่งขันค้นคว้าสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เส้นไหม ในโครงการ Science Festival 2007 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
- ได้รับโล่เกียรตินิยมของสภาสังคมสงเคราะห์แห่งประเทศไทย “ลูกที่มีความกตัญญูกตเวทียิ่งสูงต่อแม่ ในโอกาส วันแม่แห่งชาติ ปี 2551” พระเจ้าวรวงศ์เธอ พระองค์เจ้าโสมสวลี พระวรราชทินนิตถาตามตุ เสด็จมามอบรางวัลในงาน

