รายงานการวิจัย

เรื่อง

แนวทางการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากตาลโตนด

(Guidelines on the product development and value added from Palmyra Palm)

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภัทรา กล่ำสกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์บำเพ็ญ นิ่มเขียน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประกาศ ชมภู่ทอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560
ตามมติคณะรัฐมนตรี
จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาต

รายงานการวิจัย
เรื่อง

แนวทางการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากตาลโตนด
(Guidelines on the product development and value added from Palmyra Palm)

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภัทรา กล่ำสกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์บำเพ็ญ นิ่มเขียน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประกาศ ชมภู่ทอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560
ตามมติคณะรัฐมนตรี จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

บทคัดย่อ

การสำรวจแหล่งผลิตลูกตาลโตนด(ลูกตาลอ่อน)ของ อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี ผู้ตอบแบบสัมภาษณ์มีจำนวนทั้งหมด 50 คน เป็นเพศชายจำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 74 และเพศหญิงจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 26 มีอายุเฉลี่ยอยู่ในช่วงอายุ 41 – 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 78 การศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 90 อาชีพหลักคือ การเกษตร จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 88 อาชีพรอง คือ ทำตาลโตนด จำนวน 10 – 20 ต้น จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 90 ลักษณะการครอบครองที่ดินเฉพาะพื้นที่ปลูก (ต้นตาล) ทำด้วยที่ดินตนเอง จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 82 รูปแบบการปลูกต้นตาล – ขึ้นเองตามธรรมชาติร้อยละ 86 ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้เฉลี่ยต่อต้น เท่ากับ 5 กิโลกรัม/ต้น (ลูกตาลอ่อน) คิดเป็นร้อยละ 48 จำนวนผลผลิตต่อวัน 26 -50 กิโลกรัม/วัน คิดเป็นร้อยละ 52 การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์ มีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ คิดเป็นร้อยละ 76 การเก็บในเวลาช่วงตอนเช้า 05.00 – 09.00 น. คิดเป็นร้อยละ 74 รูปแบบการเก็บเกี่ยว โดยการปีนขึ้นต้นตาลโตนดด้วยตนเอง คิดเป็นร้อยละ 74 และผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้จะนำไปส่งตลาดเพื่อจำหน่าย คิดเป็นร้อยละ 62 ราคาผลผลิตที่เก็บเกี่ยวต่อกิโลกรัม 0 – 30 บาทคิดเป็นร้อยละ 30 และมีรายได้ต่อเดือน 5,001 – 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 50 ตามลำดับ

การศึกษาแนวทางการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากตาลโตนด โดยศึกษากระบวนการผลิตลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดสเตอริไลซ์บรรจุรีทอร์ตเพาช์ โดยศึกษาคุณสมบัติของลูกตาลอ่อน พบว่า มีค่าความแข็ง (Hardness) 208.83 นิวตัน มีค่าความสว่าง (L*) 33.81 ค่าสีเขียว (a*) -0.86 ค่าสีน้ำเงิน (b*) -4.96 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 7.03 $^{\circ}$Brix ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.43 ปริมาณกรดแลกติค ร้อยละ 0.11 มีความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า เท่ากับ ร้อยละ 92.64, 0.48, 0.13, 0.34 และ 6.41 ตามลำดับ ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมด 28.73 กิโลแคลอรี่/100 กรัม ปริมาณ แคลอรี่ทั้งหมดจากไขมัน 1.17 กิโลแคลอรี่/100 กรัม มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราน้อยกว่า 10 cfu/g โดยตรวจไม่พบ *E.coli* และ *Staphylococcus aureus* และศึกษาระดับความหวานของน้ำตาลโตนดที่ระดับ 14 17 และ 21 $^{\circ}$Brix พบว่าที่ระดับความหวานที่ 17 $^{\circ}$Brix และปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อนที่เติมลงที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 พบว่าที่ระดับลูกตาลอ่อนร้อยละ 20 ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale ให้คะแนนการยอมรับมากที่สุด โดยให้คะแนนความชอบรวม เท่ากับ 7.90 คะแนน และนำมาศึกษาระยะเวลาการฆ่าเชื้อในรีทอร์ตเพาช์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ระดับ F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที พบว่าระดับที่เหมาะสมเท่ากับ 6 นาที โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด โดยให้คะแนน สีเท่ากับ 7.78 คะแนน กลิ่นของน้ำตาลโตนด 6.98 คะแนน รสชาติ 7.94 คะแนน เนื้อสัมผัส 7.42 คะแนนและความชอบโดยรวม เท่ากับ

7.88 คะแนน และนำมาศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน โดย พบว่า มีค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลงทุกเดือนอยู่ในช่วง 25.02-30.26 ค่าสีเขียว (a*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกเดือน -1.02 ถึง -1.41 ค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกเดือน 3.57-9.76 ปริมาณผลผลิตมีแนวโน้มลดลง อยู่ในช่วง 99.20-99.43 ตะกอนเริ่มพบเล็กน้อยในเดือนที่ 3 คุณภาพทางเคมี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด มีแนวโน้มลดลงอยู่ในช่วง 16.32-16.24 °Brix ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 5.46-5.79 ปริมาณกรดแลกติคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง ร้อยละ 0.057-0.062 และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา จุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูง (Thermophilic anaerobe) และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว (Flat sour thermophilic) ตรวจไม่พบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่าทุกคุณลักษณะมีแนวโน้มลดลง ค่าคะแนนอยู่ในช่วง 8.62-6.22 คะแนน ซึ่งผู้ทดสอบชอบมาก-ชอบเล็กน้อย ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือนในทุกคุณลักษณะ (สี กลิ่นน้ำตาลโตนด รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม)

คำสำคัญ : น้ำตาลสด1 ลูกตาลอ่อน2 รีทอร์ทเพาซ์3 สเตอริไลซ์4

Abstract

The palmyra palm seeds (toddy palm seeds) production places in Baan-Lat City, Phetchaburi was explored. The 50 respondents were 37 male (74 percent) and 13 female (26 percent) and most of respondents were 41-60 years old (78 percent). Forty-five (90 percent) of the respondents have an education at the primary level. Main occupation of the 44 respondents (88 percent) were farming and 45 respondents (90 percent) had 10-20 palmyra trees for palmyra sugar production as second incomes. Forty-one people (82 percent) owned the land that grew palmyra palm. Spontaneously harvest was 98 percent. The average of 5 kg. young palmyra (toddy palm seeds/ tree) accounted for 48 percent of output per day and average harvesting was 26-50 kg / day for 52 percent. Seventy-six percent of respondents had quality control of raw materials. Seventy-four percent harvested the toddy palm seeds during 05.00-09.00 in the morning. The harvesting method by self-climbing was 74 percent and sixty-two of harvested seeds will be brought to the market to sell. Thirty percent of harvested seeds prices were 0-30 baht / kg. Fifty percent of respondents earned 5,000-10,000 baht / month.

The guidelines to produce value-added products from palmyra palm was studied. The process and quality of toddy palm seeds in sugar palm juice sterilization packed in retort pouches were investigated. The characteristics of young palmyra (toddy palm seeds) were analyzed. The average hardness of the seeds was 208.83 N. The value of lightness (L*), greenness (a*) and blue (b*) were 33.81, -0.86 and -4.96, respectively. The total soluble solid (^{o}Brix), pH and percent of lactic acid were 7.03, 7.43 and 0.11. For proximate analysis of fresh seeds, percent of moisture content, protein, carbohydrate and ash were 92.64, 0.48, 0.13, 0.34 and 6.41, respectively. Total calorie was 28.73 kcal / 100 g and calorie from fat was 1.17 kcal / 100 g. Total plate count and total yeast and mold were less than cfu /g. *E.coli* and *Staphylococcus aureus* were not found in seeds samples tested. The sweetness of sugar palm juice (14, 17 and 21°Brix) and percent of toddy palm seeds content (10, 20 and 30 %) were studied. The most accepted product by 50 testers with 9-point Hedonic Scale Rating (7.90 overall likeness score) was sugar palm juice at 17°Brix

with 20 percent of toddy palm seeds content. The heating process of the most accepted product packed in retort pouch was investigated at 121 °C and F_0 at 6, 8 and 10 minutes. The product processed at F_0= 6 was the most accepted products with acceptant scores in color, sugar palm juice odor, taste, texture and overall likeness as 7.78, 6.98, 7.94, 7.42 and 7.88, respectively. The shelf life of toddy palm seeds in sugar palm juice packed in retort pouch product was also studied for 4 month. During the storage test, the qualities of toddy palm seeds in sugar palm juice were checked every month. Lightness (L*) of toddy palm seeds in sugar palm juice decreased with storage time from 30.26 to 25.02. Greenness (a*) and yellowness (b*) values increased between -1.02 to -1.41 and 3.57 to 9.76, respectively. Percent yields tended to slightly decrease from 99.20 to 99.43 and small amount of sediment was found after 3 month of storage. Chemical characteristics were also analyzed. Total soluble solid slightly reduced from 16.32 to 16.24. Some increasing of pH was found in range of 5.46 to 5.79 with lactic acid contents from 0.057 to 0.062. Microbiological properties of products were also tested and the results showed that none of yeast and mold contents, total plate count, thermophilic anaerobe and flat sour thermophilic were found during 4 month of storage. The sensory acceptance of toddy palm seeds in sugar palm juice packed in retort pouches tended to decrease over storage time in range of 8.62 to 6.22. The likeness of all attributes (color, sugar palm juice odor, taste, texture and overall likeness) were “like moderately” to “like very much” for all storage time.

Keyword: Sugar plam juice1, Toddy palm seed 2, Retort pouch3, Sterilization4

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์นี้จัดทำขึ้น ภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง แนวทางการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากตาลโตนด (Guidelines on the product development and value added from Palmyra Palm) ปีที่ 2 ได้ดำเนินงานวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบุคคลที่เกี่ยวข้องและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร และสถาบันวิจัยและส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกจนงานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จไปด้วยดี และขอบคุณที่ปรึกษาโครงการวิจัย ได้แก่ คุณงามจิตร โล่วิทูล นักวิชาการเชี่ยวชาญจากสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่เป็นที่ปรึกษาและอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์การฆ่าเชื้อ เพื่อใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ(ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ)	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
กรอบแนวคิดในการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
คำนิยามศัพท์เฉพาะ	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
แนวความคิดทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	20
วัตถุดิบ	20
วัสดุอุปกรณ์และอุปกรณ์ในการวิจัย	20
เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	20
เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	20
เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์	21
เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส	21
เครื่องและอุปกรณ์ที่ใช้ในการประมาณผลข้อมูล	21
เครื่องสำหรับการฆ่าเชื้อ	21
อุปกรณ์ที่ใช้ในการบรรจุและเก็บรักษา	21
สารเคมี	22
วิธีดำเนินการวิจัย	22

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลและอภิปรายผลการวิจัย 28
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 57
บรรณานุกรม 59
ภาคผนวก 63
ภาคผนวก ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 63
ภาคผนวก ข กระบวนการผลิต 69
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 91
ภาคผนวก ง วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพเคมี และจุลินทรีย์ 97
ภาคผนวก จ การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนในอาหาร 115
ภาคผนวก ฉ แบบสัมภาษณ์แหล่งผลิตลูกตาลอ่อน 119
ภาคผนวก ช งานวิจัยที่ผ่านการเผยแพร่ 123

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงองค์ประกอบร้อยละทางเคมีของน้ำตาลโตนดสด	9
2	คุณสมบัติทางเคมีของน้ำตาลโตนดสดที่ใส่และไม่ใส่เปลือกไม้พะยอม	9
3	แสดงข้อมูลแหล่งผลิตลูกตาลโตนดของ อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี	28
4	แสดงค่าคุณภาพทางกายภาพ ด้านเนื้อสัมผัสและค่าสีของ ลูกตาลโตนดอ่อนและแก่	31
5	แสดงคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่	32
6	แสดงค่าคุณภาพทางเคมี ของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่	33
7	แสดงองค์ประกอบทางเคมี ของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่	34
8	แสดงค่าคุณภาพทางจุลชีววิทยา ของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่	35
9	แสดงค่าสีของน้ำตาลสดที่ความหวานระดับต่างๆ	36
10	แสดงค่าคุณภาพทางเคมี ของน้ำตาลสดที่ระดับความหวาน (^{o}Brix) ต่างๆ	37
11	แสดงคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำตาลสดที่ความหวาน ระดับต่างๆ	38
12	แสดงคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของการเติมเนื้อลูกตาลอ่อน ในน้ำตาลสดที่ระดับต่างๆ	39
13	แสดงระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่ F_0 ระดับต่างๆ ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสด บรรจุรีทอร์ตเพาช์	41
14	แสดงค่าสีของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่ F_0 ต่างๆ	42
15	แสดงค่าคุณภาพทางกายภาพ ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่ F_0 ต่างๆ	43
16	แสดงค่าคุณภาพทางเคมี ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่ F_0 ระดับต่างๆ	44
17	แสดงปริมาณจุลินทรีย์ ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่ F_0 ระดับต่างๆ	45
18	แสดงคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสด บรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 ต่าง	46

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
19	แสดงค่าสีของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน	48
20	แสดงค่าคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน	49
21	แสดงค่าคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0 เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน	50
22	แสดงค่าคุณภาพทางเคมีของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน	51
23	แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน	52
24	แสดงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน	54

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

น้ำตาลสดหรือน้ำตาลโตนดเป็นน้ำหวานที่ได้จากช่อดอกของต้นตาลโตนด ที่มีชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษว่า Palmyra palm ต้นตาลโตนดเป็นพืชในตระกูลปาล์มมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Borassuaflabellifer* Linn. สามารถขึ้นได้ในเขตร้อน พบโดยทั่วไปในประเทศอินเดีย ไทย พม่า ศรีลังกา และกัมพูชา สำหรับประเทศไทย ต้นตาลโตนดในแถบภาคใต้ของประเทศนับตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรีถึงจังหวัดสงขลา (กีย์ เทรบุยล์, 2527) โดยจังหวัดเพชรบุรีมีจำนวนต้นตาลราวประมาณ 1,444,954 ต้นตาลตัวผู้ 833,394 ต้นตาลตัวเมีย 611,560 ต้นและในปีพ.ศ. 2548 เพชรบุรีเหลือต้นตาลโตนดประมาณ 440,535 ต้นและประชากรส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 80 เป็นเกษตรกรที่มีอาชีพปลูกพืชผลผลิตหลักได้แก่ต้นตาลโตนดชมพู่กระท้อนมะนาวกล้วยน้ำว้ากล้วยหอมกล้วยไข่เป็นต้น (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี, 2555) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแหล่งในการผลิตน้ำตาลโตนดสดจะมีปริมาณมาก แต่พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดสดยังมีคุณภาพต่ำ ส่งผลให้มีรายได้เฉลี่ยต่อปีอยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับรายได้ต่อหัวทั่วทั้งประเทศ (บรรเทา จันทร์พุ่ม, 2548)

โดยปกติน้ำตาลโตนดสด หากเก็บอย่างระมัดระวังในภาชนะที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว สามารถเก็บไว้โดยไม่เน่าเสียในชั่วระยะเวลาหนึ่ง แต่ถ้าเก็บโดยปราศจากความระมัดระวังน้ำตาลโตนดสดจะเน่าเสียอย่างรวดเร็ว โดยมีจุลินทรีย์จากสภาพแวดล้อมเข้าไปเจริญเติบโตในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวซึ่งใช้ระยะเวลานาน ในการรองรับจากต้นที่อุณหภูมิห้องในสภาพบรรยากาศปกติ จึงทำให้เกิดการหมักขึ้นระหว่างการรองรับ ซึ่งจุลินทรีย์ที่เป็นปัญหาสำคัญในการทำให้เกิดการหมักในน้ำตาลสดนั้นมีพวกแบคทีเรีย ยีสต์และรา (Faparsui and Barsir, 1971) จึงทำให้เกิดปัญหาในด้านคุณภาพของวัตถุดิบน้ำตาลโตนดสด ซึ่งไม่เหมาะสำหรับการนำมาใช้ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดสด ปัจจุบันประชากรโลกให้ความสำคัญต่อสุขภาพ และความปลอดภัยของอาหารมากขึ้นและใช้เป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพในการผลิต และการซื้อขายผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศอาหารจะมีความปลอดภัยได้ จะต้องตระหนักถึงความปลอดภัยอย่างครบวงจรโดยตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงผู้บริโภค ดังนั้นลักษณะการจัดการสิ่งต่างๆ เพื่อให้อาหารสะอาดปลอดภัย และเหมาะสมกับผู้บริโภคจึงมีความสำคัญ นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของน้ำตาลโตนดสด ด้วยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบใหม่ๆ เพื่อที่จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญนำไปสู่แนวทางการจัดการการผลิตเชิงพาณิชย์ที่เหมาะสม เพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืนเป็นการช่วยพัฒนาเศรษฐกิจของท้องถิ่น และความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของประชากรในโอกาสต่อไป

ลูกตาลอ่อน คือ ผลตาล เป็นส่วนของผลสามารถเก็บเกี่ยวหลังจากออกจั่นแล้ว 2 ½ - 3 เดือน นำมาเฉาะเอาเมล็ดข้างในที่ยังอ่อนอยู่ออกมาเรียกว่าลอนตาล ในลูกตาล 1 ลูกจะมีลอนตาลประมาณ 3 ลอน ลอนตาลอ่อนเมื่อปลอกเปลือกหุ้มเมล็ดออก จะเป็นเนื้อสีขาว อ่อนนุ่ม มีรสหวานมัน ใช้บริโภคหรือนำไปเชื่อม ต้นตาลโตนด 1 ต้น สามารถให้ลูกตาลสด เฉลี่ย 10 – 13 ทะลาย/ ปี ใน 1 ทะลายจะมีผลเฉลี่ย5–10 ผล ขึ้นอยู่กับฤดูกาลแทงช่อดอก (http://www.raisathon.com /otop/otop_detail.php?otop_id)

คุณค่าทางโภชนาการของลูกตาลอ่อน ต่อ 100 กรัม พลังงาน 47 กิโลแคลอรี่ คาร์โบไฮเดรต 9.0 กรัม โปรตีน 0.5 กรัม เส้นใย 0.5 กรัม ไขมัน 1.0 กรัม น้ำ 88.5 กรัม วิตามินบี1 0.03 มิลลิกรัม วิตามินบี2 0.01 มิลลิกรัม วิตามินบี3 0.5 มิลลิกรัม วิตามินซี 2 มิลลิกรัม ธาตุแคลเซียม 6 มิลลิกรัม ธาตุเหล็ก 1.7 มิลลิกรัม ธาตุฟอสฟอรัส 20 มิลลิกรัม (ข้อมูลจากกองโภชนาการ กรมอนามัย) (webserv.kmitl.ac.th/notyBurin/arjarnsodpdf/P_central/PDF_01central/018.pdf)

ดังนั้นคณะผู้วิจัย จึงมีความต้องการที่จะศึกษาวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการเพิ่มมูลค่าของตาลโตนด ด้วยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบใหม่ ๆ โดยนำมาแปรรูปเป็นลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดที่มีการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวได้(รีทอร์ทเพาซ์) เพื่อที่จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญนำไปสู่แนวทางการจัดการการผลิตในเชิงพาณิชย์ที่เหมาะสม เพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน เป็นการช่วยพัฒนาเศรษฐกิจของท้องถิ่น และความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของประชาชนในโอกาสต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สำรวจแหล่งผลิตลูกตาลอ่อน
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของลูกตาลอ่อน
3. เพื่อศึกษาปริมาณความหวานของน้ำตาลสดและปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อนที่เติมลงในน้ำตาลสด อัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 ที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด
4. เพื่อศึกษาระยะเวลาการฆ่าเชื้อในรีทอร์ตเพาซ์
5. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของลุกตาลอ่อนในน้ำตาลสดสเตอริไลซ์

1.3 ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

สมมติฐานของการพัฒนาทดลองผลิตภัณฑ์ใหม่รูปแบบต่าง ๆ คือ

1. ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้รับการพัฒนาน่าจะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบ

2. เทคโนโลยีที่มีอยู่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพและมาตรฐานเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3. แนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากตาลโตนดบนพื้นฐานของภูมิปัญญาชาวบ้าน โดยการใช้เทคโนโลยีพัฒนากระบวนการผลิต มีดังต่อไปนี้

1. ศึกษากระบวนการผลิตเนื้อลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวได้ (Retort pouch)

กรอบแนวคิดการวิจัย

1. พัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์จากตาลโตนด 2. จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากตาลโตนด 3. ทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์จากตาลโตนดกับผู้บริโภค	⇨	1. ได้ต้นแบบของผลิตภัณฑ์เนื้อลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดที่มีการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวได้(รีทอร์ทเพาซ์) 2.ได้ฉลากโภชนาการจากผลิตภัณฑ์ลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสด จำนวน 1 ฉลาก 3. ทราบถึงผลทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์จากตาลโตนดที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ 4. ทราบถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาน้ำตาลโตนดสดและลูกตาลอ่อน จาก อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี ใช้ระยะเวลาในการศึกษา 4 เดือน

1.5 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

น้ำตาลโตนดสด คือ น้ำหวานที่ได้จากช่อดอกของต้นตาลโตนดนำไปกรอง และผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อ

ลูกตาลอ่อน คือ มีลักษณะเนื้อสีใส ไม่แข็งมาก โดยจะต้องเอาเปลือกด้านนอกออกก่อนจึงจะได้ลูกตาลอ่อนมา

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์ลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดแบบสเตอริไลซ์

2. เพื่อเสนอเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่และเป็นเส้นทางใหม่ของผู้บริโภคที่สนใจรับประทานลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดนอกฤดูกาล

3. เพื่อเป็นข้อมูลให้แก่เกษตรกรและผู้ที่สนใจ สามารถนำข้อมูลไปทำการผลิตเชิงพาณิชย์ได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวความคิดทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ลักษณะทางสรีรวิทยาและนิเวศวิทยาของตาลโตนด

น้ำตาลโตนดเป็นน้ำหวานที่ได้จากต้นตาลโตนดที่มีชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษว่า Palmyra Palm เป็นพืชตระกูลปาล์ม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Borassus flabellifer* Linn. มีชื่ออื่นๆ อีกหลายชื่อ เช่น ตะนอด ทะเนาว์ (เขมร) ถาล (ฉาน-แม่ฮ่องสอน)ทอถู (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) ท้าง (กะเหรี่ยง-ตาก) โหนด (ภาคใต้) ตาละ ตาลี (อินเดีย) สันนิษฐานว่าต้นกำเนิดมาจากทวีปแอฟริกา สามารถขึ้นได้ในเขตร้อน พบโดยทั่วไปในประเทศอินเดีย ไทย พม่า ศรีลังกา และกัมพูชา สำหรับประเทศไทย ต้นตาลโตนดขึ้นหนาแน่นในแถบภาคใต้ของประเทศนับตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรีถึงจังหวัดสงขลา (กีย์ เทรบุยล์, 2527) นอกจากนี้ยังพบในจังหวัดอื่นๆเช่น พิษณุโลก บุรีรัมย์ สิงห์บุรี ชัยนาถ สุพรรณบุรี นครปฐม นครศรีธรรมราช และสงขลา เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544)

(ก) ราก รากเป็นเสี้ยนกลมยาว เป็นกระจุกคล้ายมะพร้าว แต่หยั่งลึกไปในดินได้ลึกมาก ไม่แผ่ไปตามผิวดินเหมือนรากมะพร้าว จึงยึดกับดินได้ดี โอกาสที่จะโค่นล้มหรือถอนรากเป็นไปได้ยาก จึงใช้ปลูกเพื่อเป็นหลักในการแบ่งเขตของคันนาหรือเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับดินในบริเวณที่ทำการทดน้ำเข้านา

(ข) ลำต้นตาลโตนดเป็นเป็นพืชลำต้นเดี่ยว (Single stem) ที่มีลักษณะสูงชะลูด ความสูงโดยทั่วไปประมาณ 18-20 เมตร โตเต็มที่จะสูงประมาณ (บางต้นอาจสูงถึง 30 เมตร) ลำต้นตรงหรือโค้งเล็กน้อย โคนต้นอวบใหญ่วัดโดยรอบได้ประมาณ 1 เมตร เมื่อมีความยาวสูงประมาณ 4 เมตร ลำต้นจะเริ่มเรียวลง วัดโดยรอบได้ประมาณ 40 เซนติเมตร ระยะความสูง 10 เมตร นับจากพื้นดิน ลำต้นจะเริ่มขยายออกใหม่ วัดโดยรอบได้ประมาณ 50 เซนติเมตร และคงขนาดนี้ไปจนถึงยอด เปลือกลำต้นขรุขระ และมีสีขี้เถ้าเป็นวงซ้อนๆ กัน เป็นเสี้ยนแข็ง เหนียว ไม่หักง่าย ส่วนเนื้อไม้นอก แข็งแรงและค่อยๆ อ่อนเข้าไปสู่ภายในลำต้น

(ค) ใบมีลักษณะเป็นรูปพัด (Fan leaf หรือ Palmate) ใบจะมีใบย่อยเรียกว่า Segment จะแตกจากจุดๆ เดียวขอบก้านใบจะมีหนามแข็ง และคมติดอยู่เป็นแนวยาวคล้ายใบเลื่อย ยอดตาลประกอบด้วยใบตาลประมาณ 25–40 เซนติเมตร ใบมีสีเขียวเข้มล้อมรอบลำต้นเป็นรัศมีประมาณ 3-4 เมตร ใบแก่สีน้ำตาลห้อยแนบกับลำต้นใน 1 ปี จะแตกใบประมาณ 12–15 ใบหรือเฉลี่ยเดือนละ 1 ใบ

(ง) ดอกออกดอกเป็นช่อ โดยดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกออกจากกันอยู่คนละต้น ช่อดอกตัวผู้จะมีลักษณะเป็นงวงยาวประมาณ 30–40 เซนติเมตร โดยมีกระโปรงห่อหุ้มอยู่ ภายในกระโปงจะมีช่อดอกตัวผู้ประมาณ 3–5 ช่อ การออกของกระโปงจะออกเวียนรอบคอประมาณ 10–15

กระโปงต่อต้นใน 1 ช่อดอก ประกอบด้วยดอกตัวผู้มากน้อยแล้วแต่ความสมบูรณ์ของช่อดอก ส่วนดอกตัวเมียจะออกจากกระโปงเหมือนกัน จะรู้ว่าเป็นดอกตัวผู้หรือตัวเมียเมื่อออกกระโปงแล้วเท่านั้น จากการสังเกตลักษณะของกระโปงพบว่าถ้ากระโปงปลายแหลมจะเป็นตัวผู้และถ้ากระโปงมีลักษณะเป็นคลื่นๆ จะเป็นตัวเมีย ช่อดอกตัวเมียจะมีลักษณะเป็นทะลายมีผลตาลเล็กๆ ติดอยู่ถ้า 1 กระโปงมี 1 ทะลายจะได้ทะลายที่มีผลขนาดใหญ่ เต้ามีขนาดใหญ่และสวยแต่ถ้า 1 กระโปง มีมากกว่า 1 ทะลายจะได้ผลที่มีขนาดเล็ก คุณภาพของผลไม่ดีเท่าที่ทราบเกษตรกรยังไม่เคยตัดแต่งให้เหลือแค่ 1 ทะลายต่อ 1 กระโปงแต่อย่างใดดอกจะมีสีเหลืองอมขาว ออกเป็นช่อแบบช่อแยกแขนง ระหว่างกาบใบดอกแยกเพศอยู่ต่างต้นช่อละ 8–16 ดอก ดอกบานเต็มที่กว้างประมาณ 5 เซนติเมตร

(จ) ผลจะเกิดกับต้นตัวเมียเท่านั้น ระยะเวลาตั้งแต่ออกดอกจนถึงเก็บผลอ่อนใช้เวลาประมาณ 75-80 วัน โดยผลจะออกเวียนรอบต้นตามก้านใบโดยในแต่ละก้านใบจะออกหนึ่งปลี แต่ละปลีจะให้ช่อดอกประมาณ 3 ช่อ ในหนึ่งช่อดอกให้ผลหนึ่งทะลาย โดยในแต่ละทะลายมี 10–20 ผล ผลอ่อนมีสีเขียว ผลแก่จัดมีสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำเป็นมัน เนื้อภายในเป็นเส้นใยละเอียด เมื่อสุกเต็มที่จะประกอบด้วยแป้งและน้ำตาล มีสีเหลืองแก่และมีกลิ่นหอม นิยมนำไปใช้ทำขนมตาล และใช้แต่งสีขนมต่างๆ โดยทั่วไปในแต่ละผลจะประกอบด้วยเมล็ดตาล 3 เมล็ด อยู่ภายในผลเมล็ดมีลักษณะแบบๆ ยาวประมาณ 4 นิ้ว และหนาประมาณ 1.5 นิ้ว

พันธุ์ตาลโตนดที่นิยมปลูกมี 3 พันธุ์ด้วยกันคือ

1. ตาลหม้อเป็นตาลที่มีลำต้นแข็งแรง ถ้าดูจากลำต้นภายนอกไม่สามารถแยกได้ว่าเป็นตาลพันธุ์อะไรนอกจากต้นนั้นจะให้ผลแล้วตาลหม้อเป็นตาลที่ให้ผลใหญ่ผิวด้านเป็นมันเรียบแทบจะไม่มีสีอื่นปนเวลาผลแก่มีรอยขีดตามแนวยาวของผลเปลือกหนาในผลจะมี 2-4 เมล็ดใน 1 ทะลายจะมีประมาณ 10-20 ผลส่วนใหญ่จะให้ผลเมื่ออายุ 10 ขึ้นไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

2. ตาลไข่ลำต้นแข็งแรงลูกมีขนาดเล็กสีค่อนข้างเหลืองแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกันไข่เล็กผลค่อนข้างเล็กใน 1 ทะลายจะมีผล 20-30 ผลเนื่องจากผลเล็กจึงทำให้เต้ามีขนาดเล็กตามไปด้วยจะให้ผลเมื่ออายุ 10 ปีขึ้นไปและไข่ใหญ่ผลมีขนาดใหญ่กว่าไข่เล็กสีค่อนข้างเหลืองใน 1 ทะลายจะมีผล 10-20 ผลเต้ามีขนาดใหญ่กว่าไข่เล็ก 1 ผลจะมี 2-3 เต้าจะให้ผลเมื่ออายุ 10 ปีขึ้นไป

3. ตาลพันธุ์ลูกผสม ลำต้นตรงใหญ่แข็งแรงลูกค่อนข้างใหญ่เกือบเท่าตาลพันธุ์หม้อสีดำผสมน้ำตาล (เหลืองดำ) ในผลจะมี 2-3 เต้าให้ผลประมาณ 15-20 ผลต่อทะลายเป็นตาลที่มีจำนวนมากที่สุดในจังหวัดเพชรบุรีส่วนใหญ่จะให้ผลเมื่ออายุ 15 ปีขึ้นไป (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี, 2545)

2.1.2 วิธีการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนด

วิธีการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดโดยทั่วไปมีหลักการคล้ายคลึงกัน คือการทำให้ส่วนของช่อดอกหรือยอดอ่อนช้ำ ต้นตาลโตนดจะส่งน้ำตาลโตนดมาตามท่อน้ำตาลเพื่อรักษาอาการบอบช้ำนั้น เมื่อปาดส่วนของช่อดอกหรือเจาะส่วนช่อดอกหรือเจาะที่ส่วนยอดก็จะมีน้ำหวานไหลออกมา ตาลโตนดเมื่ออายุประมาณ 12–15 ปี จะเริ่มให้น้ำตาลโตนดและสามารถเก็บเกี่ยวน้ำตาลสดได้นานถึง 80 ปี การเก็บเกี่ยวจะทำได้ตลอดทั้งปีโดยจะเก็บวันละ 2 ครั้ง ในช่วงเช้าและช่วงบ่ายโดยใช้ภาชนะรูปทรงกระบอกเช่น กระบอกไม้ไผ่ ขนาดความจุ 1–3.5 ลิตร แขวนรองรับน้ำตาลโตนดที่ไหลออกจากงวงตาลโดยใช้ไม้เคี่ยม *(CylylelobiumLanceolatum)* หรือไม้พะยอม(*Shorea floribunda*) ตัดเป็นชิ้นใส่ลงในกระบอกประมาณ 3–5 กรัม ก่อนแขวนรองรับน้ำตาลโตนดทึ่งวงตาลเพื่อชะลอการเสื่อมเสียของน้ำตาลโตนดระหว่างเก็บเกี่ยว (Ohler, 1984) คุณภาพของน้ำตาลโตนดที่เก็บในตอนเช้าจะมีคุณภาพดีกว่าน้ำตาลโตนดที่เก็บในตอนบ่าย เนื่องจากในการรองรับน้ำตาลโตนดในเวลากลางคืนมีอุณหภูมิต่ำกว่าเวลากลางวัน จึงทำให้การเสื่อมของน้ำตาลโตนดที่รองรับในเวลากลางคืนเกิดช้ากว่า (เรณุกา แจ่มฟ้า, 2545) วิธีการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดมี 2 วิธี คือ

1. การเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดจากต้นตัวผู้ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเกี่ยวน้ำตาลโตนด คือหลังจากที่ออกงวงยาวประมาณ 50 เซนติเมตร ดอกบานพอประมาณให้รวบงวงตาลเข้าด้วยกัน ใช้ไม้คาบตาล (ต้นตัวผู้)บีบงวงตาลเบาๆ วันละครั้ง ทำติดต่อกัน 3–4 วัน หักปลายงวงทิ้งประมาณ 1 นิ้ว ใส่กระบอกแช่น้ำทิ้งไว้ประมาณ 3 คืน จากนั้นเทน้ำในกระบอกทิ้ง ปาดตาลในตอนเช้า ถ้ามีน้ำไหลซึมออกมาไม่หยุด แสดงว่าสามารถเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดจากต้นตัวผู้ได้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544)

2. การเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดจากต้นตัวเมีย ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนด คือหลังจากที่ช่อดอกบานเป็นจั่นแล้ว โดยใช้ไม้คาบตาลนวดระหว่างจั่น ทำติดต่อกันประมาณ 3 วัน หักปลายจั่นทิ้งประมาณ 1 นิ้ว ทดลองปาดจั่น ถ้ามีน้ำไหลออกมาไม่หยุด แสดงว่าใช้ได้แต่ถ้าปาดแล้วไม่มีน้ำไหลออกมา ให้นำจั่นแช่น้ำในกระบอกทิ้งไว้ 1 คืน แล้วเทน้ำในกระบอกทิ้งทดลองปาดหน้าตาลใหม่ ถ้าไม่มีน้ำไหลออกมาก็เปลี่ยนตัวใหม่ โดยทั่วไปเกษตรกรไม่นิยมเก็บน้ำตาลโตนดจากต้นตัวเมีย ส่วนใหญ่จะปล่อยให้ออกจั่นติดผลเพื่อเก็บผลตาลเป็นทะลายมากกว่า (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544)

2.1.3 ผลิตของน้ำตาลโตนด

การเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดจะสามารถทำได้ตลอดทั้งปี โดยปกติจะเริ่มประมาณปลายเดือนธันวาคมของทุกปี เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเริ่มลดน้อยลงและงวงตาลหรือช่อดอกของต้นตาลโตนดจะเจริญเติบโตที่ในช่วงนี้ ส่วนระยะเวลาการเก็บเกี่ยวจะสิ้นสุดปลายฤดูแล้ง ประมาณเดือนเมษายนหรือพฤษภาคมขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละปี หลังจากนั้นจะมีช่อดอกให้ปาดเพื่อรองรับน้ำตาลสดได้น้อยลง (เรณุกา แจ่มฟ้า, 2545)

Child (1974) รายงานว่าปริมาณน้ำตาลโตนดที่รองรับได้ขึ้นอยู่กับอายุของต้นตาลโตนด ฤดูกาลและสภาพดินฟ้าอากาศ ในประเทศศรีลังกา ผลผลิตรวมของน้ำตาลสดในช่วงการรองรับน้ำตาลสด 8 เดือน จากเริ่มต้นจนสิ้นสุดเฉลี่ยประมาณ 13.16–65.80 ลิตรต่องวง หรือ 225.60 ลิตรต่อต้น แต่อย่างไรก็ตามต้นตาลโตนดที่ดีควรให้ผลผลิตประมาณ 500–600 ลิตรต่อปีหรือประมาณ 1,350–1,600 มิลลิลิตรต่อวัน

Ohler (1984) กล่าวว่าถ้ามีการรองรับน้ำตาลโตนดวันละ 1 ครั้ง จะได้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 0.6–3.0 ลิตรต่อต้นต่อวัน สำหรับผลผลิตรวมของน้ำตาลโตนดเริ่มต้นจนสิ้นสุดเฉลี่ยประมาณ 16-18 ลิตรต่องวง หรือประมาณ 270 ลิตรต่อต้น

กีย์ เทรบุยล์ (2527) พบว่าน้ำตาลโตนดหรือน้ำตาลสดมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 16 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดประมาณร้อยละ 16.8 น้ำตาลรีดิวซิ่งร้อยละ1.8 และน้ำตาลซูโครสร้อยละ 15.0 นอกจากนี้ ยังมีองค์ประกอบดังนี้ความถ่วงจำเพาะที่ 29 องศาเซลเซียส ประมาณ 1.058–1.077 ปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณ 15.0–19.7 กรัม/100 มิลลิลิตรเถ้าประมาณ 0.11–0.41 กรัม/100 มิลลิลิตรโปรตีน (N*6.25) ประมาณ 0.23–0.32 กรัม/100 มิลลิลิตร

2.1.4 องค์ประกอบของน้ำตาลโตนด

Child (1974) รายงานว่าน้ำตาลมีองค์ประกอบดังนี้คือความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียสอยู่ระหว่าง 1.058-1.077 ปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่าง 15.2-19.7 กรัมต่อ100 มิลลิลิตรปริมาณน้ำตาลซูโครสอยู่ระหว่าง 12.3-17.4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ปริมาณเถ้าอยู่ระหว่าง 0.11-0.41 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 0.23-0.32 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

กนกติรวัฒน์ (2531) ได้รายงานองค์ประกอบของน้ำตาลสดไว้ดังนี้คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 16 องศาบริกซ์พีเอช (pH) 5.5 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 16.8 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับร้อยละ 1.8 และปริมาณน้ำตาลซูโครสเท่ากับร้อยละ 15.0

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล (2532) ศึกษาองค์ประกอบของน้ำตาลโตนดสดโดยเปรียบเทียบน้ำตาลโตนดสดที่ใช้ไม้เคี่ยมเป็นสารกันบูดและน้ำตาลโตนดสดที่ใช้สารเคมีเป็นสารกันบูดไว้ดังตารางที่ 1 กวิดา เลิศกิจสมบูรณ์ (2547) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลโตนดและตารางที่ 2 เรณุกา แจ่มฟ้า (2545) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำตาลโตนดสดที่ใส่และไม่ใส่เปลือกไม้พะยอม

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบร้อยละทางเคมีของน้ำตาลโตนดสด

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
ความชื้น (ร้อยละ)	80.60
โปรตีน (ร้อยละ)	0.19
ไขมัน (ร้อยละ)	0.00
เถ้า (ร้อยละ)	0.26
ปริมาณคาร์โบไฮเดตรทั้งหมด (ร้อยละ)	12.95
ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมด (กิโลแคลอรี่/100 กรัม)	52.56
เยื่อใย (ร้อยละ)	0.00

ที่มา (กวิดา เลิศกิจสมบูรณ์, 2547, หน้า 7-8)

จากตารางที่ 1 พบว่า ความชื้นของน้ำตาลโตนดสดมีค่าเท่ากับร้อยละ 86.60 โปรตีนของน้ำตาลโตนดสดมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.19 สอดคล้องกับงานวิจัยของมุทิตา มีนุ่น (2548) ซึ่งรายงานว่าปริมาณโปรตีนในน้ำตาลโตนดสด อยู่ระหว่างร้อยละ 0.18-0.32 และจากการทดลอง พบว่า เถ้าของน้ำตาลโตนดสดมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.26 ปริมาณคาร์โบไฮเดตรทั้งหมด (Total carbohydrate) ของน้ำตาลโตนดสดมีค่าเท่ากับร้อยละ 12.95 ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมด (Total Calorie) ของน้ำตาลโตนดสดมีค่าเท่ากับร้อยละ 52.56 กิโลแคลอรี่ต่อหนึ่งร้อยกรัม และถ้าบริโภคน้ำตาลโตนดสดพบว่าผู้บริโภคจะไม่ได้รับปริมาณไขมันและเยื่อใยของน้ำตาลโตนดสดเลย เพราะมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.00

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำตาลโตนดสดที่ใส่และไม่ใส่เปลือกไม้พะยอม

องค์ประกอบทางเคมี	น้ำตาลโตนดสดที่เติมไม้พยอม	น้ำตาลโตนดสดที่ไม่เติมไม้พยอม
พีเอช	5.09	4.15
วิตามินซี (มก./มล.)	0.084	0.088
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ($^{\circ}$Brix)	13.8	14.2
น้ำตาลทั้งหมด (%)	2.34	13.11
ความชื้น (%)	84.47	84.65
ปริมาณกรด (% คิดในรูปกรดซิตริก)	0.036	0.131
โปรตีน (%)	0.37	0.32
เถ้า (%)	1.04	1.00

หมายเหตุ : น้ำตาลโตนดผ่านระยะเวลารองในกระบอกรองน้ำตาลโตนดมา 12 ชั่วโมง และนำมาเก็บภายใต้อุณหภูมิต่ำตลอดเวลาก่อนทำการวิเคราะห์
ที่มา : (เรณุกา แจ่มฟ้า, 2545)

2.1.5 การเก็บเกี่ยวผลตาลโตนด

การขึ้นตาลเพื่อตัดทะลายอ่อนและการโยงจากยอดลงมาด้านล่าง เพื่อนำมาเฉาะจำหน่ายเป็นผลตาลอ่อน หลังจากที่ขึ้นตาลเพื่อโยงทะลายอ่อนลงมาแล้ว จะนำมาทำการพรอมและเฉาะเอาผลตาลอ่อน หรือเต้าตาล หรือลอนตาลที่อยู่ด้านในออกมาตาลโตนดนอกจากจะมีประโยชน์ในด้านต่างๆ และยังสามารถนำส่วนต่างๆ มาใช้ในการประกอบอาหารได้ทั้งอาหารคาว และอาหารหวาน เช่น แกงหัวตาล ลูกตาลลอยแก้ว ขนมตาลเป็นต้น

1. ลูกตาลอ่อนในผลตาลจะมีส่วนเมล็ดอ่อน เปลือกนอกผลตาลจะเริ่มแข็งและเปลี่ยนเป็นสีดำ ภายในมีเมล็ดยังอ่อนอยู่ที่เรียกว่า“ลอนตาล”หรือ“เต้าตาล”1-4 ลอน ลักษณะอ่อนนุ่ม ใสเหมือนวุ้น มีน้ำอยู่ข้างในลอนตาล รสหวานหอม เรียกว่า “ลูกตาลอ่อน”หรือ ตาลเฉาะ ซึ่งเรียกตามลักษณะการใช้วิธีการเฉาะ เพื่อนำลูกตาลอ่อนออกจากผลตาล ลูกตาลอ่อนอาจรับประทานสดเหมือนผลไม้ทั่วไปหรือนำไปแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่างๆ เช่น ลูกตาลลอยแก้ว เค้กลูกตาล และขนมอื่นๆ

จากการสังเกตลอนตาลอ่อนที่วางจำหน่ายริมทางถนนเพชรเกษม พบว่ามีการนำลอนตาลที่เฉาะใหม่ๆ จุ่มลงในสารฟอกขาวซึ่งเป็นสารพวกโซเดียมไฮโดรซัลไฟด์ หรือสารพวกโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ สารดังกล่าวนี้ทำให้ลอนตาลมีสีขาว สวยคงสภาพหลายชั่วโมง ผู้บริโภคที่ซื้อไปถ้าไม่ล้างน้ำทำความสะอาดเสียก่อนอาจจะทำให้ท้องเสียได้ ทางที่ดีควรเลือกซื้อลอนตาลที่มีสีขาวอมแดง ซึ่งเป็นสีปกติของลอนตาลที่ทำปฏิกิริยากับอากาศซึ่งปลอดภัยกว่า

2. ผลตาลแก่และสุกเต็มที่สุกงอมจนผิวด้านนอกเป็นสีน้ำตาลไหม้เกือบดำ เมื่อลอกเปลือกออกแล้ว จะได้เนื้อผลตาลที่มีสีเหลืองทอง กลิ่นหอม สามารถยีเนื้อตาลส่วนนี้ นำไปทำขนมตาลได้ หลังจากยีเนื้อตาลออกแล้ว จะเหลือเฉพาะส่วนเมล็ด มีการนำเมล็ดไปเพาะเพื่อทำจาวตาล เมื่อเมล็ดตาลงอกแล้ว ใช้มีดผ่าส่วนเปลือกแข็งของเมล็ดตาลออกมาชุบแป้งทอด เรียกว่า โตนดทอด (อนิรุทธิ์ ศรีสุวรรณ และธีรพงษ์ แตงอ่อน, 2555)

2.1.6 จุลินทรีย์ในน้ำตาลโตนด

Faparsui และ Barsir (1971) ศึกษาการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำตาลสดที่ปล่อยให้เกิดการหมักเป็นเวลา 7 วันพบว่าภายใน 24 ชั่วโมงแรกของการหมักจุลินทรีย์ที่มีบทบาทมากคือ *Lactobacillus sp, Leucocostoc spp.* และ *Saccharomyces cerevisiae* หลังจาก 48 ชั่วโมงจะตรวจพบ *Acetobacter spp.* และหลังจาก 72 ชั่วโมงหลังการหมักจะเริ่มตรวจพบเชื้อยีสต์อีก

กลุ่มหนึ่งซึ่งประกอบด้วย *Pichia spp,Schizosaccharomyces pomb* และ*Candida mycoderma* นอกจากนี้ยังพบเชื้อราพวก *Aspergillus flavus, Mucor spp.* และ *Rhizopus spp.* และพบว่าน้ำตาลโตนด มีพีเอชอยู่ในช่วง 7.0-7.2 ซึ่งเป็นพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของ *Lactobacillus spp.* และ *Leucocostoc spp.* ดังนั้นจึงตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดได้ในน้ำตาลสดภายใน 24 ชั่วโมง เมื่อเกิดการหมัก พีเอชจะลดลงเหลือ 4.5 ซึ่งภายใต้สภาวะนี้ *Saccharomyces cerevisiae* จะเจริญได้ดีที่สุดแต่หลังจากการหมักได้ 3 วันจะมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยยีสต์จะมีมากเพียงพอ มีผลทำให้ *Acetobacter sp.* เจริญและเมื่อแบคทีเรียชนิดนี้เพิ่มจำนวนมากขึ้นน้ำตาลสดนั้นก็จะมีรสเปรี้ยวไม่เหมาะสำหรับใช้ดื่มอีกต่อไป

วรวุฒิ โกยสมบัติ (2536) ศึกษาชนิดของจุลินทรีย์ในน้ำตาลโตนดสดที่เก็บเกี่ยวโดยวิธีดั้งเดิมของเกษตรกร จากอำเภอสทิงพระและอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลาพบว่าตัวอย่างน้ำตาลโตนดสดที่ใช้ไม้เคี่ยมและไม่ใช้ไม้เคี่ยมเป็นวัตถุกันเสียมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดเท่ากับ 10^8 และ 10^9 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตัวอย่างตามลำดับ สำหรับปริมาณโคลิฟอร์มพบว่า ทั้งในตัวอย่างที่ใช้ไม้เคี่ยมและ ไม่ใช้ไม้เคี่ยมมีปริมาณสูงถึง 10^3 โคโลนีต่อมิลลิลิตรตัวอย่างและเมื่อแยกกลุ่มจุลินทรีย์ที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา สามารถแยกกลุ่มจุลินทรีย์ได้ 3 กลุ่ม คือกลุ่มแบคทีเรียมี 8 ลักษณะกลุ่ม ยีสต์มี 5 ลักษณะและกลุ่มรามี 2 ลักษณะ

2.1.7 สาเหตุการเกิดความขุ่นของน้ำผลไม้

เกิดจากอนุภาคที่แขวนลอยซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรฟิลิกคอลลอยด์ในน้ำผลไม้ เช่น แทนนิน เพกติน แป้ง เจลาติน กัม โปรตีนจากผลไม้ที่มีอยู่ในพืชหลายชนิด นิวเคลียสและองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ มีลักษณะเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่และเกิดการแขวนลอยในน้ำผลไม้ได้ (Tressler and Joslyn, 1961) สารประกอบฟีนอลิกที่พบในน้ำผลไม้ที่เป็นสาเหตุให้เกิดความขุ่นมี 4 ประเภทคือกลุ่ม cinnamic acid, อนุพันธ์กลุ่ม flavan และ flavanol, กลุ่ม glycoside dihydrochalcone และ glycoside และกลุ่ม tannin ความขุ่นของน้ำผลไม้เป็นสาเหตุทำให้น้ำผลไม้เกิดการเปลี่ยนสีกลิ่นรสได้นอกจากนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของเอนไซม์ที่ย่อยสลายเพกตินเช่นเพกตินเอสเทอเรสในสารประกอบที่แขวนลอยเหล่านั้นโดยอาจเป็นสารพวกน้ำมันไขมันสารที่ให้สีจากผิวผลไม้หรือเนื้อผลไม้ (Calderon et al, 1968)

2.1.8 รีทอร์ตเพาช์ (Retort pouch)

รีทอร์ตเพาช์ เป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว (Flexible packaging) ประกอบด้วยวัสดุ เช่น พลาสติก อลูมิเนียม และวัสดุเชื่อมประสานตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ใช้สำหรับบรรจุอาหาร ทนต่อความ

ร้อนและความดันที่ใช้ในการฆ่าเชื้อได้เช่นเดียวกับกระป๋องและขวดแก้ว สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานตั้งแต่ 6 เดือน ถึง 2 ปี

ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการวิจัยบรรจุภัณฑ์รีทอร์ตเพาช์มาตั้งแต่ปี 1950 ต่อมาในปี 1960 ได้พัฒนาบรรจุภัณฑ์นี้เพื่อใช้ในโครงการอวกาศอพอลโลและเป็นเสบียงของทหารในกองทัพสหรัฐอเมริกาจนประสบความสำเร็จแต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายทางการค้า และในปี 1974 ประเทศญี่ปุ่นได้เริ่มพัฒนาบรรจุภัณฑ์ประเภทนี้และได้รับความนิยมเป็นอย่างมากจนจัดได้ว่า เป็นผู้ผลิตอาหารบรรจุในรีทอร์ตเพาช์รายใหญ่ที่สุดของโลกในปัจจุบัน วัสดุที่ใช้ทำรีทอร์ตเพาช์โดยทั่วไปเป็นพลาสติก3ชั้น เชื่อมประสานกัน(Lamination)หรือรีดร่วมกัน (Coextrusion) โดยตัวเชื่อประสาน (Sealant) ที่ใช้มักเป็นโคโพลิเมอร์ของโพลีโพรพีนและเอทธีลีน คุณสมบัติของพลาสติกชั้นนอกจะเป็นชั้นที่เหนียวทนต่อการขีดข่วน ชั้นกลางเป็นชั้นที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจน แสงสว่าง ความชื้น และชั้นในสุดเป็นชั้นที่มีสมบัติปิดผนึกด้วยความร้อนได้และสามารถสัมผัสกับอาหารได้อย่างปลอดภัย รีทอร์ตเพาช์ที่นิยมใช้บรรจุอาหารโดยทั่วไปได้แก่ PET12/AI7/CPP70,PET12/AI7/NY15/CPP70, และ PET12/NY15/CPP70 (PET:Polyester, AI:Aluminium foil, CPP:Cast Polypropylene, ตัวเลขแสดงความหนา หน่วยเป็นไมครอน) (งามจิตร โล่วิทูร, 2547)

รีทอร์ตเพาช์แบ่งตามประเภทและรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ประเภทใส (Transparent type) ซึ่งสามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์ภายในถุงได้หรือแบบทึบแสงที่มีชั้นของอลูมิเนียม (Aluminium type) มีทั้งรูปแบบที่เป็นถุงสีเหลี่ยมปิดผนึกทั้ง 4 ด้านหรือแบบที่มีส่วนขยายก้นถุง (Gusset) เพื่อให้ถุงสามารถตั้งได้ (Standing pouch) ในประเทศญี่ปุ่นนิยมใช้ถุง PET/AI/CPP มากที่สุด นอกจากนี้ยังมีการใช้ถุง NY/CPP เป็นถุงใสบรรจุข้าวสาร ส่วน PET/NY/AI/CPP เป็นถุงที่มีโครงสร้างแข็งแรงที่สุดและแข็งแรงมากกว่า PET/AI/CPP และ PET/AI/NY/CPP จึงนิยมใช้ทำถุงแบบตั้งได้และทำถุงบรรจุขนาดใหญ่ (วราทิพย์ สมบุญญฤทธิ์, 2542)

รีทอร์ตเพาช์มีข้อดีหลายอย่าง เช่น ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้นานเช่นเดียวกับอาหารกระป๋อง แต่มีน้ำหนักเบากว่า ประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บและขนส่ง สะดวกในการใช้งาน นอกจากนี้ยังช่วยลดเวลาในการฆ่าเชื้อจึงรักษาคุณภาพอาหารและคุณค่าทางอาหารได้ดีกว่าด้วย (งามจิตร โล่วิทูร, 2547) จารายงานของ Chiaและคณะ (1983) พบว่าเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ปลา Rainbow trout ปลา Pollock และกุ้งบรรจุรีทอร์ตเพาช์สั้นกว่าผลิตภัณฑ์กระป๋อง 34 % 32 % และ 37 % ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์บรรจุรีทอร์ตเพาช์ สามารถเก็บรักษาวิตามินบี1 ไว้ได้สูงกว่า มีคุณภาพเนื้อสัมผัสและสีดีกว่า และได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋อง เนื่องจากใช้เวลาการให้ความร้อนสั้นกว่า สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Mohan และคณะ (2006) ที่พบว่าผลิตภัณฑ์แกงกะหรี่กุ้ง (Kuruma shrimp) บรรจุรีทอร์ตเพาช์ใช้เวลาฆ่าเชื้อสั้นกว่าผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋องถึง 35 % เมื่อกำหนดภาวะการฆ่าเชื้อให้ได้ F_0 เท่ากัน ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณ

Cooking loss ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋องถึง 5 % และทำให้ได้คุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส และการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีกว่าด้วย

2.1.9 การฆ่าเชื้ออาหารบรรจุในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว

ผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว หมายถึงผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปบรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิท ไม่มีอากาศผ่านเข้าออก ผ่านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อนก่อนหรือหลังการบรรจุและปิดผนึกด้วยอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม

จุดมุ่งหมายของการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน คือ เพื่อทำให้อาหารนั้นอยู่ในสภาพปลอดเชื้อเชิงการค้า (commercial sterilization) ซึ่งหมายถึงทำให้อาหารปราศจากจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคโดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* และจะต้องไม่มีจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้อาหารเน่าเสียเหลืออยู่ในอาหาร ส่วนจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่นั้นต้องไม่สามารถเจริญได้ ภาวะการเก็บรักษาปกติ ในขณะเดียวกันยังคงรักษาคุณลักษณะที่ดี และยังคงคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ จึงทำให้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารไว้ได้นานโดยไม่เน่าเสียที่อุณหภูมิการเก็บรักษาปกติ (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์, 2538)

การให้ความร้อนเพื่อทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ในผลิตภัณฑ์อาหาร ที่บรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิท พบว่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของอาหารมีผลโดยตรงต่อกระบวนการให้ความร้อนและความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยในการผลิตอาหารสำเร็จรูปบรรจุในภาชนะปิดสนิทโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเป็นกรดด่างสูงกว่า 4.6 มักคำนึงถึงจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคโดยเฉพาะ *C. botulinum* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตและสร้างพิษที่เป็นอันตรายในภาวะที่ไม่มีอากาศ ทนความร้อนสูงและใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ไม่เพียงพอ แต่สปอร์ของของเชื้อจุลินทรีย์นี้ไม่สามารถเจริญในอาหารที่มีความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 4.6 และค่า water activity (a_w) มากกว่า 0.85 มักใช้การฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ ซึ่งเป็นการทำลายจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันไอน้ำหรืออุณหภูมิน้ำร้อนภายใต้ความดันสูง

การใช้ความร้อนเพื่อทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ในผลิตภัณฑ์อาหารที่อุณหภูมิสูงในระยะเวลาที่เหมาะสม จะแตกต่างกันไปขึ้นกับความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ในอาหาร ลักษณะและสมบัติของอาหารที่มีผลต่ออัตราการแทรกผ่านความร้อนเข้าไปยังจุดร้อนช้าที่สุดของอาหาร โดยคำนึงถึงการรักษาสมบัติและลักษณะที่ดีของอาหารเพื่อให้ผู้บริโภคยอมรับ

1. การกำหนดภาวะในการฆ่าเชื้อ

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการศึกษาและกำหนดกรรมวิธีกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิทเพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์นั้นได้รับการฆ่าเชื้อเชิงการค้าอย่างเพียงพอ

ได้แก่ สมบัติการต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ อัตราการแทรกผ่านความร้อนไปยังจุดร้อนช้าที่สุด และองค์ประกอบ คุณสมบัติและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหาร

1.1 สมบัติการต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ การต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์และสปอร์ในอาหารขึ้นกับความเป็นกรดด่างของอาหาร จุลินทรีย์มักมีความต้านทานความร้อนสูงสุดในภาวะเป็นกลางและถูกทำลายด้วยความร้อนได้ง่ายในภาวะที่เป็นกรด (pH<4.6) การต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์แสดงด้วยกราฟข้อมูลเวลาของการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อนเรียกว่า Thermal Death Time (TDT curve) หรือ Decimal Reduction Time (D-value) ซึ่งหมายถึงระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ไป 90 % ของจำนวนเริ่มต้นที่อุณหภูมิหนึ่งๆ จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีค่า D แตกต่างกัน ค่า D ยิ่งสูงบ่งบอกถึงความต้านทานต่อความร้อนมากขึ้น (วิวัธน์ ปฐมโยธิน, 2542) ดังนั้นในการกำหนดความร้อนในการฆ่าเชื้อจึงจำเป็นต้องเลือกเอาจากจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูงที่สุดที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์อาหารนั้นและจากสภาพแวดล้อมของกระบวนการผลิต (ทิพาพร อยู่วิทยา, 2535)

ค่า Z คือ จำนวนองศาเซลเซียส ($^{\circ}$C) หรือองศาฟาเรนไฮท์ ($^{\circ}$F) ที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนแปลงไป 1 log cycle หรืออุณหภูมิที่ทำให้อัตราการตายเปลี่ยนไป 10 เท่า

ค่า F(sterilizing value)เป็นค่าเวลาในการทำลายจุลินทรีย์จำนวนหนึ่งที่อุณหภูมิที่กำหนด ค่า F นี้จะใช้เปรียบเทียบการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ โดยมีการกำหนดค่า Z สำหรับจุลินทรีย์เฉพาะและอุณหภูมิที่ต้องอ้างอิงไว้ เช่น F^{16}_{250} แสดงเวลาเป็นนาทีที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่มีค่า Z=16°F จำนวนหนึ่งที่อุณหภูมิ 250 $^{\circ}$F แต่ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำลายจุลินทรีย์ต้องเปรียบเทียบที่สภาวะเดียวกัน จึงมีการกำหนดค่า F_0เป็นค่าแสดงเวลาเป็นนาทีที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่มีค่า Z=18 $^{\circ}$F หรือ 10 $^{\circ}$C จำนวนหนึ่งที่อุณหภูมิ 250 $^{\circ}$F หรือ 121.1 $^{\circ}$C

การกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH>4.6) เพราะเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของผู้บริโภคในการฆ่าเชื้อเชิงการค้าแก่อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ต้องให้ความร้อนเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายและสร้างพิษร้ายแรง ได้แก่ *Clostridium botulinum* โดยกำหนดให้มีค่า process lethality (F_0) ไม่น้อยกว่า 3 นาที ปกติค่า F_0 ที่แนะนำมักสูงกว่าที่จำเป็นในการทำลายจุลินทรีย์จำนวนที่กำหนดเพื่อป้องกันความแปรปรวนของกระบวนการฆ่าเชื้อ (ทิพาพร อยู่วิทยา, 2535)

1.2 อัตราการแทรกผ่านความร้อนไปยังจุดร้อนช้าที่สุดในการกำหนดหารฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ในภาชนะปิดสนิทต้องศึกษาข้อมูลอัตราการแทรกผ่านความร้อนสู่จุดร้อนช้าที่สุดของผลิตภัณฑ์ ขณะที่อาหารได้รับการถ่ายเทความร้อนในระหว่างการฆ่าเชื้อจะมีลักษณะการถ่ายเทความร้อน 3 แบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพของอาหาร คือ การนำ (Conductive heating) การพา (Convective heating) และถ่ายเทความร้อนแบบผสม (Complex heating) จุดที่รับความร้อนช้าที่สุดของอาหาร

ในภาชนะบรรจุเรียกว่า Cold point นั้นจะเกิดกับลักษณะการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นว่าเป็นการนำหรือการพา (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2535)

2.1.10 การใช้ความร้อนในการแปรรูปน้ำผลไม้

การใช้ความร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมในการแปรรูปอาหารทั้งนี้เพื่อให้อาหารมีคุณภาพการบริโภคตามต้องการ การใช้ความร้อนเป็นวิธีในการถนอมรักษาอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อยับยั้งการเน่าเสียของอาหารและการสร้างสารพิษจากเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหาร (วิไล รังสาดทอง, 2545) ซึ่งระดับความร้อนสามารถจำแนกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ การให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์และระดับสเตอริไลส์

1. การพาสเจอร์ไรซ์(Pasteurization) คือการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงมากโดยมุ่งทำลายแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์และก่อให้เกิดโรคกับมนุษย์ (Pathogenic bacteria) และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์แต่ทั้งนี้อาหารที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ต้องอาศัยความเย็นช่วยในการเก็บรักษาเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยการให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ คือ

ระบบช้าอุณหภูมิต่ำ (Low Temperature Long Time : LTLT) เป็นระบบที่ใช้อุณหภูมิไม่สูงแต่ระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนนานซึ่งระบบนี้อาจจะมีผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารได้เช่นอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 30 นาทีแล้วทำให้เย็นทันทีเป็นวิธีที่ง่ายและทำได้ในครัวเรือน

ระบบเร็วอุณหภูมิสูง (High Temperature Short Time : HTST) เป็นระบบที่ให้ความร้อนในระดับสูงขึ้นแต่ใช้เวลาสั้นลงคือที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียสนาน 15 วินาทีแล้วทำให้เย็นลงโดยเร็วมักทำเป็นระบบต่อเนื่องเช่นน้ำผลไม้ไหลผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนในช่วงระยะเวลาที่กำหนดตามชนิดของผลิตภัณฑ์ (ทะนง ภัครัชพันธุ์, 2540)

กระบวนการพาสเจอไรซ์ได้เข้ามามีบทบาทในการแปรรูปน้ำผลไม้ ซึ่งการใช้ความร้อนต่ำระดับพาสเจอไรซ์ ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์และทนร้อนได้สูง แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากจุลินทรีย์เหล่านี้ไม่สามารถเจริญได้ในน้ำผลไม้ ที่มีความเป็นกรดสูง (pH<4.0) ส่วนพวกยีสต์ถูกทำลายได้ง่ายที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียสนาน 2-3 นาทีแบคทีเรียแลกติกจะถูกทำลายที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียสนาน 2 นาทีและสปอร์ของเชื้อราที่ทนร้อน จะถูกทาลายที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสนาน 20 นาทีโดยทั่วไปน้ำผลไม้จะถูกพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิประมาณ 70-80 องศาเซลเซียส ถ้าเป็นน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง อาจใช้วิธีการพาสเจอไรซ์ก่อนการบรรจุโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85-95 องศาเซลเซียสเป็นเวลาไม่กี่วินาทีแล้วลดอุณหภูมิให้เหลือ 80 องศาเซลเซียสบรรจุในภาชนะบรรจุและปิดผนึกคว่ำภาชนะบรรจุลง เพื่อฆ่าเชื้อที่ฝานาน 1-2 นาที เสร็จแล้วทำให้

เย็นลงอย่างรวดเร็ว หรืออาจทำการพาสเจอไรซ์ทั้งภาชนะบรรจุปิดผนึก โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียสนาน 20 นาทีแล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์นั้น ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ในการผลิตและชนิดของอาหาร อาจจะใช้อุณหภูมิสูงระยะเวลาสั้นหรืออุณหภูมิต่ำระยะเวลานานก็ได้ เช่น การพาสเจอร์ไรซ์น้ำผลไม้นั้น จะใช้ความร้อนระดับใดขึ้นอยู่กับความเป็นกรดของน้ำผลไม้ และปริมาณการบรรจุถ้าน้ำผลไม้ถูกพาสเจอร์ไรซ์หลังการบรรจุขวดใช้อุณหภูมิ 76.7 องศาเซลเซียสนาน 30 นาทีแต่ถ้าทำการพาสเจอร์ไรซ์ก่อนการบรรจุขวดจะใช้อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส (สุมาลี เหลืองสกุล, 2539)

2. กระบวนการสเตอริไลซ์ (Sterrilization) คือ เป็นกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิสูงและเวลานานเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์เป็นผลทำให้อาหารที่ผ่านการสเตอริไลซ์ มีอายุการเก็บรักษานานอย่างน้อย 6 เดือน การให้ความร้อนระหว่างการสเตอริไลซ์อาหาร ภาชนาบรรจุก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพทางโภชนาการและประสาทสัมผัสของอาหาร

การสเตอริไลซ์เซชั่น (Sterilization) คือการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าพาสเจอไรส์ ซึ่งอาจเป็นอุณหภูมิภายใต้น้ำเดือด หรืออุณหภูมิสูงกว่าพาสเจอไรซ์ ภายใต้ความดัน (ทะนง ภัครัชพันธุ์, 2540) จุดมุ่งหมายหลักของการสเตอริไลซ์ คือ การทำให้อาหารปราศจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสปอร์หรือที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเน่าเสีย ซึ่งสามารถที่เจริญเติบโตในอาหารได้ ที่อุณหภูมิในการเก็บรักษาตามปกตินั่น คืออาหารที่ผ่านการสเตอริไลซ์แล้วจะต้องเก็บไว้ได้นานโดยที่ไม่เน่าเสียที่อุณหภูมิห้อง และไม่ต้องแช่เย็นทั้งนี้อาจมีจุลินทรีย์ที่ไม่อันตรายต่อผู้บริโภคเหลืออยู่บ้างในอาหาร แต่สภาพแวดล้อมไม่สามารถเจริญเติบโตขึ้นมาได้ อย่างไรก็ตามต้องไม่มีจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเหลือรอดอยู่ จึงเรียกกระบวนการให้ความร้อนตามหลักการนี้ว่าการฆ่าเชื้อเชิงการค้า (Commercial Sterilization) ความร้อนที่ใช้ในการสเตอริไลซ์ส่วนใหญ่มักใช้ความร้อนชื้น(Moisture heat) เช่นการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที (รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ, 2539)

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการแปรรูป โดยการใช้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์คือ ค่าพีเอชของอาหาร โดยสามารถแบ่งอาหารตามค่าพีเอชได้เป็น 3 กลุ่มคือกลุ่มอาหารที่มีกรดสูง มีพีเอชน้อยกว่า 3.7 กลุ่มอาหารที่มีกรดมีพีเอช ระหว่าง 3.7-4.5 และกลุ่มอาหารที่มีกรดต่ำ มีพีเอชมากกว่า 4.5 (น้ำตาลโตนด มีพีเอชอยู่ ระหว่าง 5.58-5.54 จึงจัดเป็นอาหารที่มีกรดต่ำ สำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ที่ต้องแปรรูปโดยใช้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์จะต้องสามารถทำลาย *Clostridium botulinum* ได้ทั้งหมด (Rammaswamy et al , 2002) โดยใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อเท่ากับ 12D ของ *Clostridium botulinum* ซึ่งหมายถึงความร้อนที่สามารถลดจำนวนสปอร์จำนวน 10^{12} สปอร์ของ *C. Botulinum* ลงเป็น 1 สปอร์ต่อมิลลิลิตรหรือต่อกรัม ในความจริง

สปอร์ของแบคทีเรียไม่สูงถึง 10^{12} สปอร์ต่อมิลลิลิตร หรือต่อกรัมก็ตาม แต่การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ 12D จะเชื่อมั่นได้ว่าสามารถทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ได้หมดค่า D ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสของ *Clostridium botulinum* เท่ากับ 0.21 นาที ดังนั้น 12D เท่ากับ 5.52 นาที ซึ่งเป็นค่า F_0 ต่ำสุดที่จะทำให้มีความปลอดภัย ทางสาธารณะสุขสำหรับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ (วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล, 2537)

ประเภทของการสเตอริไลซ์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. การให้ความร้อนทางอ้อม (Indirect type) เป็นการให้ความร้อนผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนเหมือนกับการพาสเจอไรส์แต่อุณหภูมิสูงกว่า

2. การให้ความร้อนทางตรง (Direct type) เป็นการใช้ไอน้ำร้อนเป็นตัวให้ความร้อนโดยตรงโดยฉีดลงไปสัมผัสกับอาหารโดยตรง ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฉีด ไอน้ำจะถูกฉีดเป็นละอองไปยังอาหารเหลว เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ร้อนขึ้นถึง 100 องศาเซลเซียส ในทันทีหลังจากการควบคุมอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ตามเวลาที่เหมาะสมแล้ว จะทำให้อาหารเย็นตัวลงในภาชนะสุญญากาศและมีการกำจัดไอน้ำ และสารละเหยที่ควบแน่นในผลิตภัณฑ์ออกไป (วิไล รังสาดทอง, 2545) ความร้อนที่ใช้ในการสเตอริไลซ์ส่วนใหญ่มักใช้ความร้อนชื้น (moisture heat) เช่นการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที (รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ, 2539)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มุทิตา มีนุ่น (2555) ศึกษากระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดเข้มข้นและคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้นที่ผลิตเชิงการค้ารวมทั้งศึกษาคุณภาพของน้ำตาลโตนดสดที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมและวิธีควบคุมปัจจัยทั้งทางด้านเคมีกายภาพจุลชีววิทยาและด้านประสาทสัมผัสซึ่งจากการสัมภาษณ์และใช้แบบสอบถามเกษตรกรผู้ผลิตจานวน 30 รายในเขตจังหวัดสงขลาพบว่าเกษตรผู้ผลิตประมาณร้อยละ 57 มีการเติมเศษไม้เคี่ยมเพื่อป้องกันการเน่าเสียของน้ำตาลโตลด

เมธาวี สันติคุณากร (2551) การศึกษาพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ว่านหางจระเข้และเมล็ดแมงลักในน้ำมะตูมโดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design กำหนดปัจจัยที่ศึกษาทั้งหมด 4 ปัจจัยคือน้ำมะตูมเมล็ดแมงลักว่านหางจระเข้และเอซีซัลเฟม-เคและการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในรีทอร์ตแบบพ่นน้ำ (water spray retort) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสความดันในหมอฆ่าเชื้อเท่ากับ 2 บาร์

สุภารัตน์ เตี่ยไพบูลย์ (2546) การศึกษาผลของการใช้ความดันสูงและความร้อนต่อคุณภาพของน้ำตาลโตนดโดยการใช้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ที่ความดันสูงโดยกำหนดปัจจัย 4 ปัจจัยคืออุณหภูมิเวลาในการฆ่าเชื้อความดันเวลาในการใช้ความดันสูงพบว่าการใช้ความร้อนระดับพาสเจอร์

ไรส์มีผลให้น้ำตาลโตนดมีสีน้ำตาลปนเหลืองและขุ่นขึ้นปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณจุลินทรีย์มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับน้ำตาลโตนดสด

กนก ติระวัฒน์ (2531) รายงานว่าน้ำตาลโตนดสดมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 11.6 องศาบริกซ์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดประมาณร้อยละ 16.8 น้ำตาลรีดิวซิ่งร้อยละ 1.8 และน้ำตาลซูโครสร้อยละ 15.0 นอกจากน้ำตาลโตนดสดยังมีองค์ประกอบดังนี้ความถ่วงจำเพาะที่ 29 องศาเซลเซียสประมาณ 1.058–1.077 ปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมดประมาณ 15–19.7 กรัม/100 มิลลิลิตรเถ้าประมาณ 0.11–0.41 กรัม/100 มิลลิลิตรโปรตีนประมาณ0.23–0.32 กรัม/100 มิลลิลิตร

กวิดา เลิศกิจสมบูรณ์ (2547) ศึกษาผลของการใช้เมมเบรนต่อคุณภาพของน้ำตาลโตนด การกรองน้ำตาลโตนดโดยใช้เมมเบรนทั้งกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน (ขนาดรูพรุนเท่ากับ 0.1 และ 0.2 ไมครอน) และกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน (ขนาดรูพรุนเท่ากับ 50 และ 300 กิโลดาลตัน) พบว่าน้ำตาลโตนดส่วนเพอมิเอทที่ผ่านกระบวนการไมโครฟิลเตรชันและกระบวนการอัลตราฟิลเตรชันจะมีความใสและความสว่างเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) สมบัติทางเคมีของน้ำตาลโตนดเช่นค่าพีเอชค่ากรดทั้งหมดน้ำตาลทั้งหมดที่ผ่านทั้ง 2 กระบวนการมีค่าไม่แตกต่างกับน้ำตาลโตนดสด ($P>0.05$)

รพีพร เอี่ยมสะอาด (2557) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลโตนดมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและความสามารถต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลโตนดสดซึ่งใช้และไม่ใช้ไม้พะยอมเป็นวัตถุกันเสีย (ชุดควบคุม) โดยองค์ประกอบทางเคมีกายภาพของน้ำตาลโตนดสดและชุดควบคุมมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.50 และ 6.04 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 14.32 และ 15.68 น้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับร้อยละ 1.85 และ 2.63 ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 12.08 และ13.94 บริกซ์และโปรตีนร้อยละ 0.33 และ0.38 สำหรับปริมาณไขมันมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.01 เมื่อวิเคราะห์ค่า Hue พบว่าน้ำตาลโตนดมีค่าสีเหลืองน้ำตาลเท่ากับ 86.54 และ 86.74 แต่มีค่าความหนืดแตกต่างกันเล็กน้อยกิจกรรมความสามารถต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดโดยวิธี DPPH พบว่าน้ำตาลโตนดสดมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากสารประกอบฟีนอลิคที่พบในไม้พะยอม

สุภัทรา กล่ำสกุล และคณะ (2559) ศึกษากระบวนการผลิตน้ำตาลสดสเตอริไลซ์ที่บรรจุรีทอร์ตเพาซ์ โดยศึกษาคุณสมบัติของน้ำตาลสดตามธรรมชาติ พบว่า มีค่าความสว่าง (L*) 26.73 ค่าสีแดง(a*)-1.07 ค่าสีเหลือง (b*) 1.93 มีค่าความถ่วงจาเพาะ 1.0589 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 11.25 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 5.73 ปริมาณกรดแลกติกร้อยละ 0.098 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลซูโครสเท่ากับ 8.56 3.59 และ 4.97 กรัม/100 กรัม มีความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดเถ้า เท่ากับร้อยละ 86.60 0.19 12.95 และ 0.26 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา เท่ากับ $7.5x10^7$, $1.8x10^4$และ $2.7x10^2$ โคโลนีต่อมิลลิลิตร และศึกษาอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 110 115 และ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งในช่วงเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

(F_0) ที่ 12 ใช้เวลาฆ่าเชื้อนาน >80 40 และ15 นาที ซึ่งจากการศึกษาได้เลือกสูตร จากคะแนนการทดสอบความชอบของผู้บริโภคเลือกสูตรที่ยอมรับมากที่สุด แล้วทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน โดยเลือกสูตรน้ำตาลสดที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ซึ่งตรวจคุณภาพทางกายภาพ น้ำตาลสดพบว่ามีค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกเดือนอยู่ในช่วง 15.09–16.44 มีค่าสีแดง (a*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง -1.68 ถึง -1.80 ค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 2.16–2.39 และค่าความถ่วงจำเพาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 1.0700–1.0702 มีปริมาณร้อยละของผลผลิตมีแนวโน้มลดลง อยู่ในช่วงร้อยละ 99.13–99.68 คุณภาพทางเคมี ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงอยู่ช่วง 17.46–17.41 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรดด่าง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 5.40–5.67 ค่าปริมาณกรดแลกติก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 0.058–0.070 ปริมาณ น้ำตาลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงอยู่ในช่วง 13.93–16.35 กรัม/100 กรัม ค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ มีแนวโน้มลดลงอยู่ในช่วง 2.09–2.29 กรัม/100 กรัมปริมาณน้ำตาลซูโครสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 11.81–14.12 กรัม/100 กรัมและศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำตาลสด พบว่าปริมาณจุลินทรีย์รวม ยีสต์และราจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูง (Thermophilic anaerobe) และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิด รสเปรี้ยว (Flat sour thermophilic) ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1วัตถุดิบ

3.1.1 น้ำตาลสด (Palm Sugar) จากอำเภอ บ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี และอุปกรณ์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากตาลโตนด

3.1.2 ลูกตาลอ่อนจากอำเภอ บ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี และอุปกรณ์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากตาลโตนด

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย

3.2.1 อุปกรณ์งานครัว

3.2.2 เครื่องวัดพีเอช (pH–meter) ค่าความเป็นกรด–ด่าง (Uni pH Flex)

3.2.3 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Hand Refractometer) รุ่น N1 (บริษัท ATAGO, ประเทศญี่ปุ่น)

3.2.4 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

3.2.5 เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียดทศนิยม4 ตำแหน่งรุ่น BS 224S (บริษัท Sartorius AG,ประเทศเยอรมนี)

3.2.6 ตู้เย็น

3.2.7 รีทอร์ตเพาช์ (PET12/NY15/AL9/CPP80) แบบซองตั้งทึบแสงขนาด120x170x35 มิลลิเมตร

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.3.1 เครื่องวัดสี (Colorimeter Hunter color lab)ระบบ CIE วัดค่าในรูป L*, a*, b* รุ่น Color Flex, ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3.2 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TA.XT Plus (บริษัท Stable Micro Systems, ประเทศอังกฤษ)วัดค่า Firmness (ความแน่นเนื้อ) ของลูกตาล ใช้หัว (P/2N) หัวรูปทรงกระบอกปลายแหลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร

3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.4.1 เครื่องวัดพีเอช (pH–meter) ค่าความเป็นกรด–ด่าง (Uni pH Flex)

3.4.2 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Refractometer)รุ่น RX-5000α (บริษัท Atago, ประเทศญี่ปุ่น)

3.4.3 ชุดไทเทรต (Titratable acidity)

3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.5.1 หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) รุ่นSS-325 (บริษัท KAOHSIUNG, ไต้หวัน)

3.5.2 ตู้บ่ม (IncubatorSelecta) รุ่น 2000237 (ประเทศสเปน)

3.5.3 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) รุ่น UM 500 (บริษัท Memmert, ประเทศเยอรมนี)

3.5.4 อุปกรณ์ในการตรวจสอบจุลินทรีย์ (A.O.A.C., 2000)

3.5.5 อุปกรณ์เครื่องแก้วทางจุลินทรีย์

3.6 เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.6.1 อุปกรณ์สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่น ปากกา แก้วน้ำ ถ้วยชิม ถาดสำหรับการนำเสนอตัวอย่าง กระดาษเช็ดปาก เป็นต้น

3.6.2 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.6.3 ห้องประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.7. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล

3.7.1 โปรแกรมสำเร็จรูป สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows รุ่น 17.0

3.7.2 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ระบบปฏิบัติการ Windows รุ่น10

3.8 เครื่องมือสำหรับการฆ่าเชื้อ

3.8.1 เครื่องฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ (Hot Water Spray Retort) รุ่น RCS–60SPXTG (บริษัท ฮิซากะ, ประเทศญี่ปุ่น) และวิเคราะห์ F_0 ด้วยโปรแกรม ElabValsuite Pro

3.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการบรรจุและเก็บรักษา

3.9.1 ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต ชั้นในที่สัมผัสกับอาหารใช้ฟิล์ม Polypropylene: PP ชั้นที่สองใช้ฟิล์มอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminum Foil) และชั้นนอกสุดใช้ฟิล์ม Polyester

3.9.2 ถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีน (Polypropylene ; PP)

3.9.3 เครื่องปิดผนึก

3.10 สารเคมี

3.10.1 แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride) (บริษัท ยูนิเวอร์แซล, ประเทศไทย)

3.11 เครื่องมือในการสำรวจแหล่งผลิตลูกตาลอ่อน

3.11.1 แบบสอบถามการสำรวจแหล่งผลิตลูกตาลอ่อน อ.บ้านลาด จ.เพชรบุรี จำนวน 50 ชุด

วิธีการดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 การสำรวจแหล่งผลิตลุกตาลอ่อนใน อ.บ้านลาด จ.เพชรบุรี ดังนี้

1) สำรวจจำนวนเกษตรกรผู้ผลิตลูกตาลอ่อนและปริมาณการผลิตที่ได้โดยการใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ จำนวน 50 ราย ใน อ.บ้านลาด จ.เพชรบุรี และนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ตอนที่ 2 ศึกษาคุณสมบัติตามธรรมชาติของลูกตาลอ่อน

นำลูกตาลอ่อนที่เก็บจากต้นตาลโตนดใหม่ๆ ในระยะช่วงการเจริญเติบโตของผล โดยเลือกที่มีเปลือกนอกมีสีเขียวเข้ม แต่ครึ่งบนยังมีสีเขียวอ่อน และเลือกผลที่มีสีเข้มค่อนข้างทึบ ทำการปอกเปลือกด้านนอกออก เฉาะเอาผลตาลข้างในออกมานำมาสุ่มวัดจำนวน 10 ผล วัดค่าของผลลูกตาลอ่อนและแก่ โดยใช้เครื่อง Firmness Testerดังนี้

ระยะที่1 ผลตาลอ่อนเนื้อมีลักษณะสีขาวใส เนื้อแน่นและนิ่ม มีปริมาณน้ำในเนื้อมาก ค่าความแข็งในช่วงระดับที่ 0.1-0.4กรัม

ระยะที่2 ผลตาลแก่เนื้อมีลักษณะสีขาวขุ่นเนื้อแน่นและแข็ง มีปริมาณน้ำค่อนข้างน้อยหรือไม่มีน้ำ ค่าความแข็งในช่วงระดับที่ 0.5–0.7กรัม ขึ้นไป และนำมาทำการวิเคราะห์คุณภาพ โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย ได้แก่

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

2.1.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัสเบื้องต้นโดยใช้ประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน เสิร์ฟตัวอย่างอาหารที่ผ่านการแปรรูปแบบพาสเจอร์ไรซ์ โดยทำการตรวจคุณลักษณะสี และเนื้อสัมผัส

2.1.2 คุณภาพด้านสี โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter Hunter color lab) ระบบ CIE วัดค่าในรูป L*, a*, b* รุ่น Color Flex, (ประเทศสหรัฐอเมริกา)

2.1.3 คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)รุ่น TA.XT Plus (บริษัท Stable Micro Systems,ประเทศอังกฤษ) วัดความแข็ง (Hardness) ใช้หัว (P/2N) หัวรูปทรงกระบอกปลายแหลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร

2.2 คุณภาพทางเคมี

2.2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Refractometer) รุ่น RX-5000α (บริษัท ATAGO, ประเทศญี่ปุ่น)

2.2.2 วัดพีเอช (pH–meter)

2.2.3 ปริมาณกรด (Titratable acidity)

2.2.4 ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2000)

2.2.5 ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 2000)

2.2.6 ปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 2000)

2.2.7 ปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 2000)

2.2.8 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (A.O.A.C., 2000)

2.2.9 ปริมาณเส้นใย (A.O.A.C., 2000)

2.2.10 ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมด (A.O.A.C., 2000)

2.2.11 ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมดจากไขมัน (A.O.A.C., 2000)

2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

2.3.1 ปริมาณจุลินทรีย์รวมทั้งหมด (FDA, 2001)

2.3.2 ปริมาณยีสต์และรา (FDA, 2001)

2.3.3 ปริมาณ *Escherichia coli* (FDA, 2001)

2.3.4 ปริมาณ *Staphylococcus aureus* (cfu/g) (FDA, 2001)

ตอนที่ 3 ศึกษาปริมาณความหวานของน้ำตาลสดและปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อนที่เติมลงในน้ำตาลสดอัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30ที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

3.1 ศึกษาปริมาณความหวานของน้ำตาลโตนดที่ผู้บริโภคยอมรับ

นำน้ำตาลสดจากต้นตาลโตนดซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส โดยการแช่น้ำแข็งมาทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เพื่อนำเข้าผลิต โดยทำการกรองหาสิ่งแปลกปลอมภายในน้ำตาลสด วัดค่าน้ำตาลสดมีค่าความหวานเท่ากับ14 $^{\circ}$Brix จากการทดลองได้นำน้ำตาลสดมาปรับความหวาน โดยปรับ เท่ากับ 17 และ 20 $^{\circ}$Brix เมื่อได้ระดับความหวานของน้ำตาลสดที่ต้องการ คือ 14, 17 และ 20 $^{\circ}$Brix นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสและนำมาวิเคราะห์คุณภาพ โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย ได้แก่

3.1.1 คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1.1 คุณภาพด้านสี โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter Hunter color lab) ระบบ CIE วัดค่าในรูป L*, a*, b* รุ่น Color Flex (ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.1.2 คุณภาพทางเคมี

3.1.2.1 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่อง pH meter

3.1.2.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Refractometer) รุ่น RX-5000α (บริบัท ATAGO, ประเทศญี่ปุ่น)

3.1.2.3 ปริมาณกรด (Titratable acidity)

3.1.3 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีทดสอบความชอบแบบ 9-Point Hedonic scale ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9=ชอบมากที่สุด, 1=ไม่ชอบมากที่สุด) โดยนำตัวอย่างอาหารที่ได้ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม ใช้ผู้บริโภคทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 50 คน โดยเลือกสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดมา 1 สูตร วางแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan’s New Mulitple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3.2 ศึกษาปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดที่ผู้บริโภคยอมรับ โดยศึกษาที่ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 10, 20 และ 30

นำลูกตาลอ่อนที่ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับมากที่สุด ในตอนที่ 1 นำมาทำการปอกเปลือกล้างน้ำทำความสะอาด แล้วนำมาหั่นเต๋า ขนาด 0.3×0.3 มิลลิเมตร แล้วจึงไปแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% นาน 5 นาที ล้างน้ำสะอาดอีกครั้ง และนำไปผึ่งให้สะเด็ดน้ำ เมื่อได้เนื้อลูกตาลอ่อน นำเนื้อลูกตาลอ่อนใส่ถ้วยที่มีน้ำตาลสด โดยทำการทดลองและหาค่าเฉลี่ย ได้แก่

3.2.1 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีทดสอบความชอบแบบ 9-Point Hedonic scale ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9=ชอบมากที่สุด, 1=ไม่ชอบมากที่สุด) โดยนำตัวอย่างอาหารที่ได้ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม ใช้ผู้บริโภคทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 50 คน โดยเลือกสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดมา 1 สูตร วางแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ตอนที่ 4 ศึกษาระยะเวลาการฆ่าเชื้อในรีทอร์ตเพาซ์

4.1 ศึกษาระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่ F_0 ทั้ง 3 ระดับ (F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที)

เลือกสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดจากตอนที่ 2 มาทำการแปรรูปโดยทำลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาซ์ โดยการเตรียมวัตถุดิบใช้อัตราส่วน 2:1 คือลูกตาลอ่อน 60 % และน้ำตาลสด 40 % ต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที บรรจุใส่ถุงรีทอร์ตเพาซ์ชนิดทึบแสง (PET 12/NY15/AI9/CPP80) ขณะร้อน ขนาด 120x170x35 มิลลิเมตร บรรจุ 200 มิลลิลิตร ปิดผนึกถุงด้วยความร้อน ตรวจสอบรอยรั่วของถุง จากนั้นทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 0.18 เมกกะปาสคาส ที่ F_0 เท่ากับ 6,8 และ10 นาที โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย ได้แก่

4.1.1 คุณภาพทางกายภาพ

4.1.1.1 คุณภาพด้านสี โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter Hunter color lab) ระบบ CIE วัดค่าในรูป L*, a*, b* รุ่น Color Flex (ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.1.1.2 วิเคราะห์ค่า F_0 ในทุกอุณหภูมิโดยเครื่องฆ่าเชื้อแบบไอน้ำ (Hot Water Spray Retort) รุ่น RCS–60SPXTG (บริษัทฮิซากะ, ประเทศญี่ปุ่น)ที่ F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

4.1.1.3 วิเคราะห์ความสมบูรณ์ของรอยปิดผนึกของถุง

4.1.1.4 ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)

4.1.1.5 ปริมาณสิ่งแปลกปลอม โดยใช้การกรอง

4.1.2 คุณภาพทางเคมี

4.1.2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Refractometer) รุ่น RX-5000α (บริบัท ATAGO, ประเทศญี่ปุ่น)

4.1.2.2 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้พีเอช มิเตอร์ (pH–meter)

4.1.2.3 ปริมาณกรด (Titratable acidity)

4.1.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

4.1.3.1 ปริมาณจุลินทรีย์รวมทั้งหมด (FDA, 2001)

4.1.3.2 ปริมาณยีสต์และรา (FDA, 2001)

4.1.3.3 ปริมาณ Thermophilic anaerobe (BAM Online 2001, Chapter 21A)

4.1.3.4 ปริมาณ Flat sour Thermophilic (BAM Online 2001, Chapter 21A)

การทดสอบทางกายภาพและเคมีโดยการวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Desing (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

4.1.4 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีทดสอบความชอบแบบ 9-Point Hedonic scale ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9=ชอบมากที่สุด, 1=ไม่ชอบมากที่สุด)โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นของน้ำตาลสด รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม ใช้ผู้บริโภคทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 50 คน โดยเลือกสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดมา 1 สูตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ตอนที่ 5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากตอนที่ 3 มาทำการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบและทดลองเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 90 วัน และทำการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ทุก 30 วันโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย ได้แก่

5.1 คุณภาพทางกายภาพ

5.1.1 คุณภาพด้านสี โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Colorimeter Hunter color lab) ระบบ CIE วัดค่าในรูป L*, a*, b* รุ่น Color Flex (ประเทศสหรัฐอเมริกา)

5.1.2 วิเคราะห์ความสมบูรณ์ของรอยปิดผนึกของถุง

5.1.3 ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)

5.1.4 ปริมาณสิ่งแปลกปลอม โดยใช้การกรอง

5.2 คุณภาพทางเคมี

5.2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Refractometer) รุ่น RX-5000α (บริบัท ATAGO, ประเทศญี่ปุ่น)

5.2.2 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้พีเอช มิเตอร์ (pH–meter)

5.2.3 ปริมาณกรด (Titratable acidity)

(รายการที่ 4.2.1-4.2.3 ทำการวิเคราะห์ทุก 30 วัน)

5.2.4 ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2000)

5.2.5 ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 2000)

5.2.6 ปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 2000)

5.2.7 ปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 2000)

5.2.8 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (A.O.A.C., 2000)

5.2.9 ปริมาณเส้นใย (A.O.A.C., 2000)

5.2.10 ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมด (A.O.A.C., 2000)

5.2.11 ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมดจากไขมัน (A.O.A.C., 2000)

(รายการที่ 5.2.4-5.2.11 ทำการวิเคราะห์วันที่ 0)

5.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

5.3.1 ปริมาณจุลินทรีย์รวมทั้งหมด (FDA, 2001)

5.3.2 ปริมาณยีสต์และรา (FDA, 2001)

5.3.3 ปริมาณ Thermophilic anaerobe (BAM Online 2001, Chapter 21A)

5.3.4 ปริมาณ Flat sour Thermophilic (BAM Online 2001, Chapter 21A)

5.4 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ใช้วิธีทดสอบความชอบแบบ 9-Point Hedonic scale ให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9=ชอบมากที่สุด, 1=ไม่ชอบมากที่สุด) โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม ใช้ผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 50 คน โดยเปรียบเทียบน้ำตาลสดสูตรควบคุม (ลูกตาลอ่อนใน น้ำตาลสดแบบพาสเจอไรซ์) กับลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดสเตอลิไลซ์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

บทที่ 4
ผลและอภิปรายผลการทดลอง

ตอนที่ 1 การสำรวจแหล่งผลิตลูกตาลโตนดของ อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี

การสำรวจแหล่งผลิตลูกตาลโตนดของ อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี (ตารางที่ 2) ผู้ตอบแบบสัมภาษณ์มีจำนวนทั้งหมด 50 คน เป็นเพศชายจำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 74 และเพศหญิงจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 26 มีอายุเฉลี่ยอยู่ในช่วงอายุ 41 – 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 78 การศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 90 อาชีพ หลักคือ การเกษตร จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 88 อาชีพรอง คือ ทำตาลโตนด จำนวน 10 – 20 ต้น จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 90 ลักษณะการครอบครองที่ดินเฉพาะพื้นที่ปลูก (ต้นตาล) ทำด้วยที่ดินตนเอง จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 82 รูปแบบการปลูกต้นตาล – ขึ้นเองตามธรรมชาติร้อยละ 86 ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้เฉลี่ยต่อต้น เท่ากับ 5 กิโลกรัม/ต้น (ลูกตาลโตนดสด) คิดเป็นร้อยละ 48 จำนวนผลผลิตต่อวัน 26 -50 กิโลกรัม/วัน คิดเป็นร้อยละ 52 การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์ มีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ คิดเป็นร้อยละ 76 การเก็บในเวลาช่วงตอนเช้า 05.00 – 09.00 น. คิดเป็นร้อยละ 74 รูปแบบการเก็บเกี่ยว โดยการปีนขึ้นต้นตาลโตนดด้วยตนเอง คิดเป็นร้อยละ 74 และผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้จะนำไปส่งตลาดเพื่อจำหน่าย คิดเป็นร้อยละ 62 ราคาผลผลิตที่เก็บเกี่ยวต่อกิโลกรัม 0 – 30 บาทคิดเป็นร้อยละ 30 และมีรายได้ต่อเดือน 5,001 – 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 50 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลแหล่งผลิตลูกตาลโตนดของ อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี (จำนวน 50 คน)

ประเด็นคำถาม	ค่าเฉลี่ย (Mean)	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.)	ร้อยละ(%) (Percentage)
ข้อมูลทั่วไป			
1) เพศ			
- ชาย	3.08	4.16	74
- หญิง	1.08	1.16	26
2) อายุ			
- 0 – 20 ปี	0	0	0

- 21 – 40 ปี	0	0	12
- 41 – 60 ปี	3.25	3.95	78
- 61 ปีขึ้นไป	5	0.79	10
3) การศึกษา			
- ไม่ได้รับการศึกษา	0	0	0
- จบการศึกษาระดับประถมศึกษา	3.75	4.53	90
- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา	0.41	0.66	10
- จบการศึกษาระดับอนุปริญญา ,ปวส.	0	0	0
- จบการศึกษาระดับปริญญาตรี	0	0	0
4) อาชีพหลัก (ใช้เวลามากที่สุดในรอบปี)	3.66	4.73	88
- การเกษตร	0.41	0.90	10
- ทำตาลโตนด	0.08	0.28	2
- อื่นๆ			
5) อาชีพรอง (ทำตาลโตนด)			
- 10 – 20 ต้น	3.75	4.47	90
- 21 – 30 ต้น	0.25	0.62	6
- 31 – 40 ต้น	0.08	0.28	2
- 40 ต้นขึ้น	0.08	0.28	2
6) ลักษณะการครอบครองที่ดินเฉพาะพื้นที่ปลูก (ต้นตาล)			
- ที่ดินของตนเอง	3.41	4.50	82
- เช่าผู้อื่น	0.72	0.86	18
7) รูปแบบการปลูก			
- ปลูกเอง	3.58	4.73	86
- ขึ้นตามธรรมชาติ	0.58	1.24	14
8) ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้เฉลี่ยต่อต้น			
- 1 กิโลกรัม/ต้น	0	0	0
- 2 กิโลกรัม/ต้น	0.5	1	12

- 3 กิโลกรัม/ต้น	0.5	0.67	12
- 4 กิโลกรัม/ต้น	0.58	0.90	14
- 5 กิโลกรัม/ต้น	2	4.26	48
- มากกว่า 5 กิโลกรัม/ต้น	0.58	0.66	14
9) จำนวนผลผลิตต่อวัน			
- 1 – 25กิโลกรัม	0.75	1.21	18
- 26 – 50 กิโลกรัม	2.16	2.12	52
- 51 – 75 กิโลกรัม	0.58	0.99	14
- 76 – 100 กิโลกรัม	0.41	0.90	10
- 100 กิโลกรัมขึ้นไป	0.25	0.86	6
10) การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์			
- มี (ควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ เช่น แช่น้ำ แช่สารฟอกขาว)	3.16	3.99	76
- ไม่มี	1	1.59	24
11) การเก็บเกี่ยว			
- ตอนเช้า 05.00 – 09.00 น.	3.08	3.98	74
- ตอนเย็น 15.00 – 19.00 น.	1	1.59	24
- อื่นๆ	0.08	0.28	2
12) รูปแบบการเก็บเกี่ยว			
- ขึ้นต้นเอง	3.08	4.16	74
- จ้าง	1.08	1.67	26
- อื่นๆ	0	0	0
13) ผลผลิตที่เก็บเกี่ยว			
- แปรรูปเอง	0.25	0.62	6
- พ่อค้ามารับซื้อ	1.33	2.10	32
- นำไปส่งกลุ่มที่ทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์	2.58	3.05	62
14) ราคาผลผลิตที่เก็บเกี่ยวต่อกิโลกรัม (บาท)			
- 0 – 30 บาท	1.23	3.44	30

- 31 – 40 บาท	1.08	1.24	26
- 41 – 50 บาท	0.83	0.93	20
- 50 บาท ขึ้นไป	1	0.95	24
15) รายได้ต่อเดือน (บาท)			
- 0 – 5,000 บาท	1	1.70	24
- 5,001 – 10,000 บาท	2.08	2.46	50
- 10,001 – 20,000 บาท	1.08	2.23	26
- 20,001 – 30,000 บาท	0	0	0
- 30,001 บาทขึ้นไป	0	0	0

ตอนที่ 2 ศึกษาคุณสมบัติตามธรรมชาติของลูกตาลอ่อน

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพของลูกตาลโตนด โดยการเก็บตัวอย่างลูกตาลโตนดอ่อนและแก่ ในระยะช่วงการเจริญเติบโตของผล จากอำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี โดยใช้การแช่น้ำแข็งเพื่อควบคุมคุณภาพลูกตาลโตนด นำมาทำการศึกษาที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร โดยแบ่งระดับความอ่อน-แก่ของลูกตาลโตนดได้เป็น 2 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 ผลตาลอ่อนคือ เนื้อมีลักษณะอ่อน นุ่ม สีใสเหมือนวุ้น มีน้ำอยู่ภายในผลตาลอ่อน รสหวานหอม และเปลือกมีสีขาวนวล

ระดับที่ 2 ผลตาลแก่ คือ เนื้อมีลักษณะแน่น แข็ง สีขาวขุ่น มีน้ำค่อนข้างน้อยหรือไม่มีอยู่ภายในผลตาลแก่ และเปลือกมีสีขาวขุ่นอมเหลือง

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

ตารางที่ 4 แสดงค่าคุณภาพทางกายภาพ ด้านเนื้อสัมผัสและค่าสีของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่

ตัวอย่าง	Hardness (N)	ค่าสี		
		L*	a*	b*
ลูกตาลอ่อน	208.83±103.40^{b}	33.81±0.30^{a}	-0.86±1.09^{b}	-4.96±1.43^{b}
ลูกตาลแก่	960.24±105.93^{a}	25.53±3.74^{b}	-1.88±0.51^{a}	-5.10±1.18^{a}

หมายเหตุ : $^{a, b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 การวัดเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) หน่วยเป็น นิวตัน (N) ของลูกตาลโตนด พบว่าค่าความแข็งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ลูกตาลแก่มีค่าเนื้อสัมผัสในด้านความแข็งเท่ากับ 960.24 นิวตัน ซึ่งมีค่าสูงกว่าลูกตาลอ่อน เท่ากับ 208.83 นิวตัน เพราะ ลูกตาลแก่จะมีเส้นใยละเอียด เนื้อมีลักษณะแน่น แข็ง สีขาวขุ่น มีน้ำค่อนข้างน้อยหรือไม่มีอยู่ภายในผลสูงกว่าลูกตาลอ่อนและผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ น้ำผึ้ง ใจบุญและปวีณา เปลี่ยนศรี (2553) รายงานว่า เนื้อลูกตาลอ่อน มีลักษณะอ่อน นุ่ม สีใสเหมือนวุ้น มีน้ำอยู่ภายในผลตาลอ่อน

การวัดค่าสี ซึ่งวัดโดยใช้ Hunter lab ระบบ CIE (L*, a*, b*) พบว่าค่าสีของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่ ค่าความสว่างมีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ซึ่งพบว่า ลูกตาลอ่อนและแก่ มีค่า L*เท่ากับ 33.81 และ 25.53 ตามลำดับ ค่า a* เท่ากับ -0.86 และ -1.88 ตามลำดับ และค่า b* เท่ากับ -4.96 และ-5.10 โดยลูกตาลอ่อนมีค่าความสว่างเท่ากับ 33.81 มากกว่าลูกตาลตาลแก่ สัมพันธ์กับค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว a* มีแนวโน้มลดลง ซึ่งอยู่ในช่วงลบ เป็นค่าความเป็นสีเขียว มีค่าเท่ากับ -0.86 และค่าความเป็นสีเหลือง และสีน้ำเงิน b* มีแนวโน้มลดลงซึ่งอยู่ในช่วงลบ ส่วนใหญ่เป็นค่าความเป็นสีน้ำเงินมีค่าเท่ากับ -4.96 แสดงว่าลูกตาลอ่อนมีสีค่อนข้างใส อาจเป็นผลเนื่องมาจากเนื้อมีลักษณะอ่อน นุ่ม สีใสเหมือนวุ้น และมีน้ำอยู่ภายในผลตาลอ่อน

ตารางที่ 5 แสดงคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง	
	ลูกตาลอ่อน	ลูกตาลแก่
เนื้อสัมผัส	7.88±0.96[a]	6.36±1.62[b]
ความชอบโดยรวม	7.96±1.06[b]	6.38±1.62[b]

หมายเหตุ : [a, b] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (P≤0.05)

จากตารางที่ 5 ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกตาลโตนด พบว่าลูกตาลอ่อนและแก่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) โดยทดสอบคุณลักษณะต่างๆกับผู้บริโภค ได้แก่ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบลูกตาลอ่อนด้านเนื้อสัมผัส เท่ากับ 7.88 คะแนน และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.96 คะแนนและผู้บริโภคให้คะแนนความชอบลูกตาลแก่ ด้านเนื้อสัมผัส เท่ากับ 6.36 คะแนน และความชอบโดยรวม เท่ากับ

6.38 คะแนน เพราะการที่ผู้บริโภคชอบลูกตาลอ่อน มากกว่าลูกตาลแก่ เป็นเพราะ เนื้อที่มีลักษณะนิ่ม ใสเหมือนวุ้นมากกว่าเนื้อที่มีลักษณะแน่น แข็ง ของลูกตาลแก่

2.2 คุณภาพทางเคมี

ตารางที่ 6 แสดงค่าคุณภาพทางเคมี ของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่

คุณภาพองค์ประกอบทางเคมี	ตัวอย่าง	
	ลูกตาลอ่อน	ลูกตาลแก่
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(^{o}Brix)	7.03±0.39^{a}	6.44±0.09^{b}
ความเป็นกรด-ด่าง(pH)^{ns}	7.43±0.27	7.44±0.29
ปริมาณกรดแลกติค (ร้อยละ)	0.106±0.01^{a}	0.096±0.01^{b}

หมายเหตุ : $^{a,\ b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 6 การวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยลูกตาลอ่อนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีแนวโน้มสูงกว่าลูกตาลแก่ มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 7.03 ^{o}Brix และ 6.44 ^{o}Brix อาจเป็นเพราะลูกตาลอ่อนเนื้อมีลักษณะอ่อน นุ่ม มีน้ำอยู่ภายในผลตาลอ่อน และมีรสชาติหวาน แต่ส่วนลูกตาลแก่จะมีเส้นใยละเอียด เนื้อมีลักษณะแน่น แข็ง สีขาวขุ่น และมีน้ำค่อนข้างน้อยหรือไม่มีอยู่ภายในผล (น้ำผึ้ง ใจบุญและปวีณา เปลี่ยนศรี, 2553)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลูกตาลโตนดอ่อนและแก่ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งลูกตาลโตนดอ่อนและแก่มีค่าความเป็นกรดเล็กน้อย

ปริมาณกรดแลกติค (ร้อยละ) ของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) พบว่าลูกตาลอ่อนมีแนวโน้มสูงกว่าลูกตาลแก่ โดยลูกตาลอ่อนมีค่าปริมาณกรดแลกติคเท่ากับ ร้อยละ 0.106 และลูกตาลแก่ มีค่าปริมาณกรดแลกติคเท่ากับ ร้อยละ 0.096 อาจเป็นเพราะลูกตาลอ่อนที่เนื้อมีลักษณะอ่อน นิ่ม มีน้ำอยู่ภายในผลตาล และให้รสหวานออกเปรี้ยวเล็กน้อยมาก จึงทำให้มีปริมาณกรดแลกติคมากกว่าลูกตาลแก่ ซึ่งลูกตาลแก่ที่เนื้อมีลักษณะแน่น แข็ง ไม่มีน้ำอยู่ภายผล และให้รสชาติที่จืด

ตารางที่ 7 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่

องค์ประกอบทางเคมี	ตัวอย่าง	
	ลูกตาลอ่อน	ลูกตาลแก่
ความชื้น (ร้อยละ)	92.64±0.01[a]	92.06±0.01[b]
โปรตีน (ร้อยละ)	0.48±0.01[b]	0.64±0.01[a]
ไขมัน(ร้อยละ)	0.13±0.01[b]	0.21±0.01[a]
เถ้า (ร้อยละ)	0.34±0.01[b]	0.39±0.01[a]
ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ร้อยละ)	6.41±0.01[b]	6.70±0.01[a]
เยื่อใย (ร้อยละ)	0.00	0.00
ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมด (กิโลแคลอรี่/100 กรัม)	28.73±0.01[b]	31.25±0.01[a]
ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมดจากไขมัน(กิโลแคลอรี่/100 กรัม)	1.17±0.01[b]	1.89±0.01[a]

หมายเหตุ : [a, b] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 7 การแสดงองค์ประกอบร้อยละทางเคมีของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ความชื้นของลูกตาลอ่อนและแก่ เท่ากับ ร้อยละ 92.64 และร้อยละ 92.06 โปรตีนของลูกตาลอ่อนและแก่ เท่ากับ ร้อยละ 0.48 และ 0.64 ไขมันของลูกตาลอ่อนและแก่ เท่ากับ ร้อยละ 0.13 และ 0.21 เถ้าของลูกตาลอ่อนและแก่ เท่ากับ ร้อยละ 0.34 และ 0.39 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดของลูกตาลอ่อนและแก่ เท่ากับ ร้อยละ 6.41 และ 6.70 เยื่อใยของลูกตาลอ่อนและแก่ เท่ากับ ร้อยละ 0.00 ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมดของลูกตาลอ่อนและแก่ เท่ากับ 28.73 และ 31.25 กิโลแคลอรี่/100 กรัม และปริมาณแคลอรี่ทั้งหมดจากไขมันของลูกตาลอ่อนและแก่ เท่ากับ 1.17 และ 1.89 กิโลแคลอรี่/100 กรัม

2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ตารางที่ 8 แสดงค่าคุณภาพทางจุลชีววิทยา ของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่

ชนิดของจุลินทรีย์	ปริมาณจุลินทรีย์ของตัวอย่าง	
	ลูกตาลอ่อน	ลูกตาลแก่
Aerobic Plate Count (cfu/g)	ไม่พบ	ไม่พบ
Yeast and Mold (cfu/g)	ไม่พบ	ไม่พบ
E.coli (MPN/g)	ไม่พบ	ไม่พบ
Staphylococcus aureus (cfu/g)	ไม่พบ	ไม่พบ

จากตารางที่ 8 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Aerobic Plate Count) ยีสต์และรา (Yeast and Mold) เอสเชอริเชีย โคไล *(E.coli)* และสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส *(Staphylococcus aureus)* ของตัวอย่างลูกตาลโตนดอ่อนและแก่ พบว่าลูกตาลโตนดอ่อนและแก่ พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 cfu/g โดยตรวจไม่พบปริมาณเอสเชอริเชีย โคไล และ สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส จากผลทางจุลินทรีย์พบว่าลูกตาลโตนดอ่อนและแก่ ไม่พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา เอสเชอริเชีย โคไล และสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส แสดงถึงความปลอดภัยต่อการบริโภค เพราะช่วงการเก็บลูกตาลโตนดอ่อนและแก่ ได้นำตัวอย่างแช่ในน้ำแข็งเพื่อรักษาอุณหภูมิให้มีความสม่ำเสมอ จึงอาจส่งผลให้เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา จึงตรวจไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ

ตอนที่ 3 ศึกษาปริมาณความหวานของน้ำตาลสดและปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อนที่เติมลงในน้ำตาลสด อัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

3.1 ศึกษาปริมาณความหวานของน้ำตาลสดที่ผู้บริโภคยอมรับ

ตารางที่ 9 แสดงค่าสีของน้ำตาลสดที่ความหวานระดับต่างๆ

ปริมาณความหวาน	ค่าสี		
	L*	a*	b*
น้ำตาลสด 14 °Brix	23.01±0.34[a]	-1.10±0.14[a]	5.69±1.27[c]
น้ำตาลสด 17 °Brix	22.73±0.29[b]	-1.41±0.09[b]	6.12±0.12[b]
น้ำตาลสด 20 °Brix	20.79±0.46[c]	-1.44±0.11[c]	7.74±0.10[a]

หมายเหตุ : [a, b, c] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์การวัดค่าสีของน้ำตาลสดที่ระดับความหวานแตกต่างกัน จำนวน 3 ระดับ พบว่าค่าสีของน้ำตาลสดที่ระดับความหวานต่างกัน จำนวน 3 ระดับ คือ น้ำตาลสด 14, 17 และ 20 °Brix มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) พบว่า โดยมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 20.79-23.01 ค่า a* อยู่ในช่วง -1.10 ถึง -1.44 และค่า b* อยู่ในช่วง 5.69-7.74 เนื่องจากความหวานสูงขึ้น ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมากขึ้น ทำให้น้ำตาลสดมีค่าความสว่างลดลง เนื่องจากความหวานที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องซึ่ง ได้แก่ปฏิกิริยาเมลลาร์ด และปฏิกิริยาคามาเมลไรเซชั่น (นิธิยา รัตนาปานนท์, 2544) ส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์มีสีเข้ม

ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว (a*) จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความหวานสูงขึ้น สัมพันธ์กับค่าความสว่าง (L*) ของสีที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อความหวานสูงขึ้น ซึ่งจะมีค่า a*อยู่ในช่วงลบ (-1.10) ถึง (-1.44) แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีออกไปทางสีเขียว ซึ่งเป็นสีเริ่มต้นของน้ำตาลสด

ค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (b*) จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความหวานสูงขึ้น สัมพันธ์กับค่าความสว่าง (L*) ของสีที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อความหวานสูงขึ้น ซึ่งจะมีค่า b* อยู่ในช่วงบวก 5.69-7.74 แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีออกไปทางสีเหลืองมาก

3.1.1 คุณภาพทางเคมี

ตารางที่ 10 แสดงค่าคุณภาพทางเคมี ของน้ำตาลสดที่ระดับความหวาน (°Brix) ต่างๆ

คุณภาพองค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(°Brix)		
	14	17	20
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด(°Brix)	14.00±0.01[c]	17.00±0.12[b]	20.00±0.06[a]
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)[ns]	5.64±0.02	5.60±0.09	5.62±0.10
ปริมาณกรดแลกติค (ร้อยละ)[ns]	0.028±0.00	0.026±0.00	0.025±0.00

หมายเหตุ : [a, b, c] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 10 การวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ของน้ำตาลสดที่ความหวานระดับต่างๆ คือ 14, 17 และ 20 °Brix ตามลำดับ เท่ากับ 14.00, 17.00 และ 20.00 °Brix ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มนสุวีร์ ไพชำนาญ (2552) ได้รายงานว่าค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดบ่งบอกถึงปริมาณความหวานของน้ำตาลโตนด ถ้ามีมากจะส่งผลให้น้ำตาลโตนดมีความหวานมาก แต่ถ้ามีน้อยจะส่งผลให้น้ำตาลโตนดมีความหวานน้อย

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำตาลสดที่ความหวานระดับต่างๆ กัน คือ14, 17 และ 20 °Brix ตามลำดับ เท่ากับ 5.64, 5.60 และ 5.62 ซึ่งสอดคล้องกับกับงานวิจัยของสุภารัตน์ เตี่ยไพบูลย์ (2546) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำตาลสด มีค่า เท่ากับ 5.76 และงานวิจัยของ มนสุวีร์ ไพชำนาญ (2552) ได้ศึกษาผลของเวลาในการรองรับน้ำตาลโตนดบนต้นที่มีผลต่อค่าพีเอช ในรายงานกล่าวว่า ถ้าใช้เวลาในการรองรับน้ำตาลโตนดนานจะส่งผลทำให้ค่าพีเอชลดลง เพราะจุลินทรีย์จำพวกแลกติคแบคทีเรียที่เป็นปัญหาสำคัญทำให้เกิดการหมักในน้ำตาลโตนด ทำให้เกิดการผลิตกรดแลกติคเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำตาลโตนดสดลดต่ำลง

ปริมาณกรดแลกติค (ร้อยละ) ของน้ำตาลสดที่ความหวานระดับต่างๆ คือ14, 17 และ 20 °Brix ตามลำดับ เท่ากับ ร้อยละ 0.028, 0.026 และ 0.025 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของมุทิตา มีนุ่น (2555) ที่ศึกษาปริมาณกรดแลกติค เท่ากับร้อยละ 0.098 และ งานวิจัยของ สุภัทรา กล่ำสกุล และคณะ (2559) ได้ศึกษาคุณสมบัติของน้ำตาลสดตามธรรมชาติ พบว่า ปริมาณกรดแลกติค เท่ากับร้อยละ 0.098 เนื่องจากเวลาในการรองรับน้ำตาลสดบนต้นมีผลต่อค่าปริมาณกรดแลกติค เพราะถ้า

ระยะเวลาในการรองรับนานจะส่งผลทำให้เกิดกรดแลกติคเพิ่มขึ้น มาจากจุลินทรีย์ชนิดสร้างกรด ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำตาลสดลดต่ำลง

3.1.2 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 11 แสดงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำตาลสดที่ความหวานระดับต่างๆ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)		
	14	17	20
สี	6.70±1.51[b]	7.24±1.23[a]	7.22±1.23[a]
กลิ่น(น้ำตาลโตนด)	6.68±1.30[b]	7.32±1.41[a]	7.38±1.36[a]
รสชาติ	6.10±1.41[c]	8.20±1.26[a]	7.58±1.56[b]
ความชอบโดยรวม	6.86±1.61[c]	7.93±1.41[a]	7.58±1.38[b]

หมายเหตุ : [a, b, c] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 11 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ระดับความหวานระดับต่างๆ ของน้ำตาลสด คือ 14, 17 และ 20 °Brix ตามลำดับ คุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น(น้ำตาลโตนด) ความหวานและความชอบโดยรวม พบว่าความหวาน 14 °Brix ผู้บริโภคให้คะแนน สี เท่ากับ 6.70 คะแนน กลิ่น (น้ำตาลโตนด) เท่ากับ 6.68 คะแนน ความหวาน เท่ากับ 6.10 คะแนน และความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.86 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยที่ความหวาน 17 °Brix ผู้บริโภคให้คะแนน สี เท่ากับ 7.24 คะแนน กลิ่น (น้ำตาลโตนด) เท่ากับ 7.32 คะแนน ความหวาน เท่ากับ 8.20 คะแนน และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.93 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก และความหวาน 20 °Brix ผู้บริโภคให้คะแนน สี เท่ากับ 7.22 คะแนน กลิ่น (น้ำตาลโตนด) เท่ากับ 7.38 คะแนน ความหวาน เท่ากับ 7.58 คะแนน และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.58 คะแนนซึ่งอยู่ในช่วงชอบปานกลาง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับมากที่สุดคือ น้ำตาลโตนดสดที่มีความหวาน 17 °Brix อาจเป็นเพราะความหวานที่อยู่ในระดับพอดีและถูกใจผู้บริโภค ซึ่งในยุคปัจจุบันคนไม่ค่อยนิยมทานอาหารที่มีรสหวานมาก (เชฟร็อค, 2558)

3.2 ศึกษาปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดที่ผู้บริโภคยอมรับ โดยศึกษาที่ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 10, 20 และ 30

ตารางที่ 12 แสดงคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อนที่เติมลงไปในน้ำตาลสดที่ระดับต่างๆ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรควบคุม (0)	ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน (ร้อยละ)		
		10	20	30
สี ^{ns}	6.44±1.18	6.42±1.14	6.30±1.12	6.42±1.19
กลิ่น (น้ำตาลโตนด) ^{ns}	6.21±1.28	6.26±1.21	6.28±1.18	6.25±1.27
รสชาติ ^{ns}	7.64±1.16	7.62±1.01	7.60±1.17	7.65±1.18
ปริมาณเนื้อที่ชอบ	2.88±1.88 ^{d}	6.08±1.47 ^{c}	8.84±0.99 ^{a}	6.30±1.50 ^{b}
ความชอบโดยรวม	6.48±1.16 ^{c}	6.24±0.98 ^{d}	7.90±1.19 ^{a}	6.96±0.15 ^{b}

หมายเหตุ : $^{a, b, c,d}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P \leq 0.05$)

^{ns}หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 12 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ในอัตราส่วนปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อนที่เติมลงในน้ำตาลสด คือ ร้อยละ10, 20 และ 30 ตามลำดับ และตัวอย่างที่ไม่มีการเติมเนื้อลูกตาลอ่อน (ตัวอย่างควบคุม ร้อยละ 0) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น (น้ำตาลโตนด) รสชาติ ปริมาณเนื้อที่ชอบ และความชอบโดยรวม พบว่า

สี ผู้บริโภคให้คะแนนสูตรควบคุม เท่ากับ 6.44 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ที่ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 10 เท่ากับ 6.42 คะแนน อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 20 เท่ากับ 6.30 คะแนน อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย และปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 30 เท่ากับ 6.42 คะแนน อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ซึ่งผู้บริโภคให้คะแนนคุณลักษณะด้านสีของปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน อัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 และสูตรควบคุม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

กลิ่น (น้ำตาลโตนด) ผู้บริโภคให้คะแนนสูตรควบคุม เท่ากับ 6.21 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ที่ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 10 เท่ากับ 6.26 คะแนน อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ปริมาณ

เนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 20 เท่ากับ 6.28 คะแนน อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย และปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 30 เท่ากับ 6.25 คะแนน อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ซึ่งผู้บริโภคให้คะแนนคุณลักษณะด้านกลิ่น(น้ำตาลโตนด)ของปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน อัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 และสูตรควบคุม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

รสชาติ ผู้บริโภคให้คะแนนสูตรควบคุม เท่ากับ 7.65 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงชอบปานกลาง ที่ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 10 เท่ากับ 7.63 คะแนน อยู่ในช่วงชอบปานกลาง ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 20 เท่ากับ 7.60 คะแนน อยู่ในช่วงชอบปานกลาง และปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 30 เท่ากับ 7.65 คะแนน อยู่ในช่วงชอบปานกลาง ซึ่งผู้บริโภคให้คะแนนคุณลักษณะด้านรสชาติของปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน อัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 และสูตรควบคุม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณเนื้อที่ชอบผู้บริโภคให้คะแนนสูตรควบคุม เท่ากับ 2.88 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงไม่ชอบปานมาก ที่ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 10 เท่ากับ 6.08 คะแนน อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 20 เท่ากับ 8.84 คะแนน อยู่ในช่วงชอบมาก และปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 30 เท่ากับ 6.30 คะแนน อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ซึ่งผู้บริโภคให้คะแนนคุณลักษณะด้านปริมาณเนื้อที่ชอบ ของปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน อัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 และสูตรควบคุม พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)โดยผู้บริโภคให้คะแนนที่ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 20 มากที่สุดเท่ากับ 8.84 คะแนน

ความชอบโดยรวมผู้บริโภคให้คะแนนสูตรควบคุม เท่ากับ 6.48 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ที่ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 10 เท่ากับ 6.24 คะแนน อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 20 เท่ากับ 7.90 คะแนน อยู่ในช่วงชอบปานกลาง และปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 30 เท่ากับ 6.96 คะแนน อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ซึ่งผู้บริโภคให้คะแนนคุณลักษณะด้านความชอบโดยรวม ของปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน อัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 และสูตรควบคุม พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) โดยผู้บริโภคให้คะแนนที่ปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อน ร้อยละ 20 มากที่สุดเท่ากับ 7.90 คะแนน

ตอนที่ 4 ศึกษาระยะเวลาการฆ่าเชื้อในรีทอร์ตเพาซ์

4.1 ศึกษาระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่ F_0 3 ระดับ (F_0เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที) อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

เลือกสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดในตอนที่ 2 มาทำการฆ่าเชื้อ โดยการชั่งวัตถุดิบ คือเนื้อลูกตาลอ่อน 40 กรัม และน้ำตาลสด 160 กรัม ต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

บรรจุใส่ถุงบรรจุรีทอร์ตเพาช์ชนิดทึบแสง (PET12/NY15/Al9/CPP80) ขณะร้อน ขนาด 120x170x35 มิลลิเมตร ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร ปิดผนึกถุงด้วยความร้อน ได้เป็นผลิตภัณฑ์ลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุถุงรีทอร์ตเพาช์ ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 0.2 เมกกะปาสคาส ที่เวลา 6, 8 และ 10 นาทีโดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย ได้แก่

ตารางที่ 13 แสดงระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่ F_0 ระดับต่างๆ ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิเริ่มต้นของอาหาร (^{o}C)	อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อ (^{o}C)	F_0 ที่ศึกษาในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ (min)	F_0 ของการผลิตจริง (min)
70	121	6	6.6
70	121	8	8.5
70	121	10	10.9

หมายเหตุ : CUT (min) เท่ากับ 14 นาที
ความดัน (Press.) (MPa) เท่ากับ 0.2 MPa
Cooling (min) เท่ากับ 20 นาที

จากตารางที่ 13 ผลการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนในลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่เวลาค่า F_0 ต่างกัน คือ 6, 8 และ 10 นาที เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อพบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสใช้เวลา 6.6, 8.5 และ 10.9 นาทีตามลำดับ เวลาฆ่าเชื้อค่า F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที สามารถทำลายสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ *C. Botulinum* และจุลินทรีย์กลุ่มทนความร้อนสูง *(Thermophile)* โดยมีค่า F_0 อย่างน้อย 3 นาที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของมุทิตา มีนุ่น (2548) ที่ศึกษาระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแปรรูปน้ำตาลโตนดสเตอริไลซ์บรรจุกระป๋อง โดยกำหนดค่า F_0 เท่ากับ 3.5 นาที สุมณฑา วัฒนสินธุ์ (2545) กำหนดว่ากลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH>4.6) จะต้องกำหนดค่าเวลาที่ใช้ในฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และสปอร์ (F_0) อย่างน้อยเท่ากับ 3 และในการศึกษาของ มุทิตา มีนุ่น (2548) พบว่าเมื่อกำหนดค่า F_0 เท่ากับ 3.5 ที่อุณหภูมิ 114 องศาเซลเซียสจะต้องใช้เวลาในการฆ่าเชื้อ 25 นาที ซึ่งเมื่อนำน้ำตาลโตนดสเตอริไลซ์มาตรวจไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ และจากงานทดลองการฆ่าเชื้อลุกตาลอ่อนในน้ำตาลสด เลือกที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส F_0 เท่ากับ 6 นาที เวลาในการฆ่าเชื้อ 6.6 นาที

ตารางที่ 14 แสดงค่าสีของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 ต่างๆ

ค่าสี	เวลาในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ (นาที)		
	F_0=6	F_0=8	F_0=10
L*	23.01±0.29[a]	22.79±0.33[b]	20.11±0.53[c]
a*	-1.44±0.09[c]	-1.39±0.10[b]	-1.21±0.11[a]
b*	7.74±0.07[a]	6.12±0.22[b]	5.54±0.11[c]

หมายเหตุ : [a, b, c] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (P≤0.05)

จากตารางที่ 14 ค่าสีของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสค่า F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที โดยมีค่าความสว่างเท่ากับ 23.01, 22.79 และ 20.79 ตามลำดับค่า a* เท่ากับ -1.44, -1.39 และ-1.21 ตามลำดับและค่า b* เท่ากับ 7.74, 6.12 และ 5.59 ตามลำดับ พบว่าค่า L*, a* และ b* ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ค่า F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (P≤0.05) พบว่าที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสค่า F_0 เท่ากับ 6 นาที ให้ค่าความสว่าง(L*)เท่ากับ 23.01 ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลง ค่า a* เท่ากับ -1.44, -1.39 และ-1.21 ตามลำดับ โดยค่า a* เท่ากับ -1.44 มีแนวโน้มสูงขึ้น อยู่ในช่วงค่าลบ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีออกสีเขียว และ ค่า b* เท่ากับ 7.74 มีแนวโน้มสูงขึ้น อยู่ในช่วงค่าบวก แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีออกเหลือง โดยที่เมื่ออุณหภูมิในการฆ่าเชื้อสูงขึ้นทำให้ค่าของสีเหลืองมีแนวโน้มลดลด จากการศึกษาพบว่าสีของน้ำตาลสดมีสีเข้มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการฆ่าเชื้อสูงขึ้นอาจเป็นเพราะ การให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ (กวิดา เลิศกิจสมบูรณ์, 2547) และผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของมุทิตา มีนุ่น (2548) ได้ศึกษาค่าสีของน้ำตาลโตนดสเตอริไลซ์ โดยพบว่าน้ำตาลโตนดที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ มีสีเหลืองปนน้ำตาล

ตารางที่ 15 แสดงค่าคุณภาพทางกายภาพ ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 ต่างๆ

คุณภาพองค์ประกอบทางกายภาพ	เวลาในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ (นาที)		
	F_0=6	F_0=8	F_0=10
ความสมบูรณ์ของรอยปิดผนึกของถุง	ปกติ	ปกติ	ปกติ
ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)^{ns}	99.51±0.46	99.48±0.48	99.42±0.48

หมายเหตุ : ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (P>0.05)

จากตารางที่ 15 พบว่า การศึกษาความสมบูรณ์ของรอยปิดผนึกถุงรีทอร์ตเพาช์อยู่ในสภาพปกติ ไม่พบรอยรั่วของถุงรีทอร์ตเพาช์ หลังจากการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที ตามลำดับ แสดงถึงการปิดผนึกถุงที่สมบูรณ์ เพราะถุงรีทอร์ตเพาช์ชนิดทึบแสง (PET12/NY15/Al9/CPP80) แบบซองตั้งขนาด 120x170x35 มิลลิลิตร มีคุณสมบัติที่ทนความร้อนสูงและป้องการซึมผ่านของแก๊สได้ดี ณัฐวุฒิ อินทรักษ์ (2550) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของถุงรีทอร์ตเพาช์ สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้และสามารถป้องกันการซึมผ่านของอากาศและแก๊สได้ดี

ปริมาณผลผลิต(ร้อยละ) จากการทดลอง พบว่าลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที ตามลำดับ โดยการบรรจุลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดจำนวน 200 มิลลิลิตร(ก่อนฆ่าเชื้อ) แล้วจึงนำปริมาณลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสด (หลังฆ่าเชื้อ) มาคำนวณปริมาณผลผลิต จากตารางที่ 15 พบว่า ลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที ตามลำดับ มีปริมาณผลผลิตร้อยละของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งปริมาณผลผลิตร้อยละเท่ากับ 99.42 - 99.51 อาจเป็นเพราะรีทอร์ตเพาช์ เป็นระบบการฆ่าเชื้อที่มีการสเปย์น้ำตลอดเวลา จึงส่งผลต่อการสูญเสียปริมาณการระเหยน้ำในผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่ต่ำที่ไม่แตกต่างกัน

4.2 คุณภาพทางเคมี

ตารางที่ 16 แสดงค่าคุณภาพทางเคมี ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 ระดับต่างๆ

คุณภาพองค์ประกอบทางเคมี	เวลาในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ (นาที)		
	F_0=6	F_0=8	F_0=10
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)^{ns}	17.66±0.05	17.44±0.01	17.47±0.00
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)^{ns}	5.63±0.05	5.62±0.01	5.63±0.01
ปริมาณกรดแลกติค (ร้อยละ)^{ns}	0.056±0.01	0.055±0.00	0.052±0.00

หมายเหตุ : ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (P>0.05)

จากตารางที่ 16 การวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดที่ฆ่าเชื้อและบรรจุถุงรีทอร์ตเพาช์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที ตามลำดับ ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 14, 17 และ 20 °Brix พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) จากการทดลองพบว่าลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดที่ฆ่าเชื้อและบรรจุถุงรีทอร์ตเพาช์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 17.66, 17.44 และ 17.47 °Brix ค่ามีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มุทิตา มีนุ่น (2548) ได้รายงานว่าค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำตาลโตนดสเตอริไลซ์ มีค่าเท่ากับ 12.0 °Brix ซึ่งค่าความหวานจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลโตนดสด เพราะระยะเวลาในกระบวนการฆ่าเชื้อและอุณหภูมิที่สูง เวลาที่ต่างกันจะทำให้น้ำตาลโตนดสดมีค่าความเข้มข้นสูงขึ้น และมีการระเหยน้ำซึ่งส่งผลทำให้ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดที่ฆ่าเชื้อและบรรจุถุงรีทอร์ตเพาช์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดที่ฆ่าเชื้อบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที ตามลำดับ ค่าพีเอชเท่ากับ 5.63, 5.62 และ 5.63 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย มุทิตา มีนุ่น (2548) ที่ศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตาลโตนดสเตอริไลซ์ มีค่าเท่ากับ 5.7

ปริมาณกรดแลกติค (ร้อยละ) ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดที่ฆ่าเชื้อและบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งมีค่าปริมาณกรดแลกติค อยู่ในช่วง ร้อยละ 0.052-0.056 จากการทดลองพบว่าปริมาณกรดแลกติคจะลดลง เมื่ออุณหภูมิและเวลาที่ฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะมีผลต่อปริมาณกรดแลกติคที่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของมนสุวีร์ ไพชำนาญ (2552) ที่ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อปริมาณกรดทั้งหมด (แลกติค) ได้รายงานว่าเมื่ออุณหภูมิในการฆ่าเชื้อสูงขึ้นปริมาณกรดทั้งหมด (แลกติค) จะลดลงเล็กน้อย

4.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ตารางที่ 17 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่ F_0 ระดับต่างๆ

ชนิดของจุลินทรีย์	เวลาในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ (นาที)		
	F_0=6	F_0=8	F_0=10
Aerobic plate count (cfu/ml)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Yeast and mold (cfu/ml)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Thermophile anaerobe (cfu/2ml)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Flat sour thermophilic (cfu/2ml)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

จากตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูง *(Thermophile anaerobe)* และ ปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว *(Flat sour thermophilic)* ในลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ฆ่าเชื้ออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที พบว่า ไม่พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด อาจเป็นเพราะ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส และ F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทิพาพร อยู่วิทยา (2535) ได้รายงานว่า การใช้อุณหภูมิสูง 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0เท่ากับ 4.3 นาที สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ *B. stearothermophilus* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูงที่สุด ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียแบบ Flat sour ในอาหารบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ และ ณัฐวุฒิ อินทรักษ์ (2550) ศึกษากระบวนการผลิตข้าวกล้องหุงสุกในถุงรีทอร์ตเพาช์ โดยทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที ซึ่งสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในข้าวหุงสุกได้ทั้งหมดและซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภัทรา กล่ำสกุล และคณะ (2559) รายงานว่า การใช้ความร้อนอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 7.8 นาที

สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา จุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูง *(Thermophile anaerobe)* และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว *(Flat sour thermophilic)* ในน้ำตาลสดสเตอริไรซ์ได้ทั้งหมด

4.4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 18 แสดงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 ต่างๆ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	เวลาในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ (นาที)		
	F_0=6	F_0=8	F_0=10
สี	7.78±1.05[a]	6.86±1.55[b]	6.82±1.47[b]
กลิ่น (น้ำตาลโตนด)	6.98±1.44[b]	6.92±1.53[b]	7.26±1.69[a]
รสชาติ	7.94±1.01[a]	7.20±1.24[b]	6.96±1.16[c]
เนื้อสัมผัส	7.42±1.14[a]	7.16±1.51[b]	6.74±1.34[c]
ความชอบโดยรวม	7.88±0.45[a]	7.28±1.34[b]	6.80±1.23[c]

หมายเหตุ : [a, b, c] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 18 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ และผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที ตามลำดับ ในคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น (น้ำตาลโตนด) รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม พบว่าค่าสี ผู้บริโภคให้คะแนนที่เวลา F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที เท่ากับ 7.78, 6.86 และ 6.82 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยผู้บริโภคให้คะแนนสีของผลิตภัณฑ์ ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที มากที่สุดและอยู่ในช่วงชอบปานกลาง อาจเป็นเพราะอุณหภูมิและเวลาที่ใช้มีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยพบว่าการใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อยิ่งมากจะส่งผลต่อค่าสีของน้ำตาลสดสเตอริไลซ์ที่เข้มขึ้น (กวิดา เลิศกิจสมบูรณ์, 2547) ซึ่งส่งผลต่อคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์

กลิ่น (น้ำตาลโตนด) ผู้บริโภคให้คะแนนที่เวลา F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที เท่ากับ 6.98, 6.92 และ 7.26 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านกลิ่น (น้ำตาลโตนด) ที่เวลา F_0 เท่ากับ 10 นาที เท่ากับ 7.26 คะแนน ซึ่ง

มากที่สุด อาจเป็นเพราะความร้อนและเวลา มีผลต่อกลิ่นซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี และสอดคล้องกับของ มุทิตา มีนุ่น (2548) พบว่า การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงทำให้กลิ่นของน้ำตาลโตนดหอมกลิ่นคาราเมล เพราะ น้ำในน้ำตาลโตนดจะระเหยทำให้กลิ่นของน้ำตาลเข้มข้นขึ้น ส่งผลให้กลิ่นของน้ำตาลโตนดที่ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 10 นาที มีกลิ่นหอมกว่า ที่ระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่ F_0 อื่นๆ

รสชาติ ผู้บริโภคให้คะแนนที่ F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที เท่ากับ 7.94, 7.20 และ 6.96 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงชอบปานกลาง พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านรสชาติ ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที เท่ากับ 7.94 คะแนน ซึ่งมากที่สุด อาจเป็นเพราะการให้ความร้อนที่สูงและเวลา F_0 เท่ากับ 8 และ 10 นาที ที่มากเกินไป ส่งผลให้น้ำตาลโตนดเข้มข้นขึ้นส่งผลต่อความหวานที่เพิ่มขึ้นซึ่งมีผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสเรื่อง รสชาติที่ลดลงที่ F_0 ที่สูงขึ้น

เนื้อสัมผัส ผู้บริโภคให้คะแนนที่ F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที เท่ากับ 7.42, 7.16 และ 6.74 คะแนน ตามลำดับซึ่งอยู่ในช่วงชอบปานกลาง พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที เท่ากับ 7.42 คะแนน ซึ่งให้คะแนนมากที่สุด อาจเป็นเพราะการให้ความร้อนที่สูงและ F_0 เท่ากับ 8 และ 10 นาที มีผลให้เนื้อสัมผัสของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสด นิ่มจนเกินไป และการใช้เวลาที่นานขึ้นน้ำในลุกตาลจะระเหยออกมามากกว่าซึ่งผู้ทดสอบชอบสูตรของผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อ F_0 เท่ากับ 6 นาที มากกว่าซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกตาลอ่อนเนื้อสัมผัสกำลังพอดี เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเป็นส่วนใหญ่

ความชอบโดยรวม ผู้บริโภคให้คะแนนที่ F_0 เท่ากับ 6, 8 และ 10 นาที เท่ากับ 7.88, 7.28 และ 6.80 คะแนน ตามลำดับซึ่งอยู่ในช่วงชอบปานกลาง พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะความชอบโดยรวม ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที เท่ากับ 7.88 คะแนน ซึ่งให้คะแนนมากที่สุด ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเป็นส่วนใหญ่

ดังนั้นจากการทดลองผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับที่เวลา F_0 เท่ากับ 6 นาที มากที่สุด โดยพิจารณาจากคะแนน คุณลักษณะด้านสี เท่ากับ 7.78 คะแนน รสชาติ เท่ากับ 7.94 คะแนน เนื้อสัมผัส เท่ากับ 7.42 คะแนน และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.88 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนมากที่สุดและอยู่ในข่วงชอบปานกลาง

ตอนที่ 5 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

5.1 คุณภาพทางกายภาพ

ตารางที่ 19 แสดงค่าสีของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน

ค่าสี	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	4
L*	30.26±0.01[a]	29.31±0.01[b]	26.37±0.02[c]	25.39±0.00[d]	25.02±0.00[d]
a*	-1.02±0.09[a]	-1.14±0.13[b]	-1.22±0.01[c]	-1.36±0.00[d]	-1.41±0.01[e]
b*	3.57±0.10[e]	5.05±0.04[d]	6.25±0.04[c]	8.03±0.01[b]	9.76±0.01[a]

หมายเหตุ : [a, b, c, d, e] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์การวัดค่าสีของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้ออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ทำการเก็บรักษาระยะเวลา 4 เดือน พบว่าค่าสี มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) พบว่า โดยมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 30.26, 29.31, 26.37, 25.39 และ 25.02 ตามลำดับ ซึ่งค่า L* ตั้งแต่เดือนที่ 0 ถึง เดือนที่ 4 มีแนวโน้มลดลงค่า a*อยู่ในช่วงลบ แสดงถึง ความเป็นสีเขียว เท่ากับ -1.02, -1.14, -1.22, -1.36 และ-1.41 ตามลำดับ ซึ่งค่าสีเขียว ตั้งแต่เดือนที่ 0 ถึง เดือนที่ 4 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และ ค่า b* อยู่ในช่วงบวก แสดงถึงสีเหลือง เท่ากับ 3.57, 5.05, 6.25, 8.03 และ 9.76 ตามลำดับ และพบว่าค่า b* ตั้งแต่เดือนที่ 0 ถึง เดือนที่ 4 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กัลยา เลาหสงคราม (2551) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรรวมสเตอริไลซ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 เดือน ระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรรวมสเตอริไลซ์ มีค่าสีความสว่าง L* ลดลง a* และ b*เพิ่มขึ้นและสอดคล้องกับงานวิจัยของ มุทิตา มีนุ่น (2548) ที่ศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาน้ำตาลโตนดสเตอริไลซ์นาน 6 เดือน ต่อค่าสีของน้ำตาลโตนด ได้รายงานว่า ค่าสีความสว่าง (L*)ของน้ำตาลโตนดมีแนวโน้มลดลง ค่า a* และ b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น

ตารางที่ 20 แสดงค่าคุณภาพทางกายภาพของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา	ความสมบูรณ์ของรอยปิดผนึกของถุง	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ) ^{ns}	ปริมาณตะกอนโดยใช้การกรอง
0	ปกติ	99.43±0.01	ไม่พบ
1	ปกติ	99.40±0.01	ไม่พบ
2	ปกติ	99.28±0.00	ไม่พบ
3	ปกติ	99.20±0.01	เริ่มพบตะกอนเล็กน้อย
4	ปกติ	99.20±0.00	เริ่มพบตะกอนเล็กน้อย

หมายเหตุ : ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (P>0.05)

จากตารางที่ 20 พบว่าลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์หลังจากการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือนความสมบูรณ์ของรอยปิดผนึกของถุงรีทอร์ตเพาช์อยู่ในสภาพปกติ ไม่พบรอยรั่วของถุงรีทอร์ตเพาช์แสดงถึงการปิดผนึกถุงมีความสมบูรณ์

ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ) ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์หลังฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือนในระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 4 เดือนมีปริมาณผลผลิตร้อยละ 99.43 99.40 99.28, 99.20 และ 99.20 ตามลำดับ ปริมาณผลผลิตร้อยละของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์หลังฆ่าเชื้อ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ (P>0.05) เพราะอาจมีการระเหยของน้ำตาลในปริมาณเล็กน้อยในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่สูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภัทรา กล่ำสกุล และคณะ (2559) ได้รายงานว่า ปริมาณผลผลิตร้อยละของน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์หลังการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาที่เก็บรักษา 4 เดือน มีค่าผลผลิตร้อยละ 99.68, 99.59, 99.21, 99.13 และ 99.11 ตามลำดับ พบว่า ค่าผลผลิตร้อยละของน้ำตาลสดไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ (P>0.05)

ปริมาณตะกอนโดยใช้การกรองลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ หลังฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที แล้วนำมาเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่าไม่พบตะกอนในเดือนที่ 0, 1และเดือนที่ 2 แต่เริ่มพบตะกอนในเดือนที่ 3 และ4 อาจเป็นเพราะเกิด

จากการตกตะกอนของโปรตีนในน้ำผลไม้ (Tressler and Joslyn, 1961) จึงส่งผลต่อตะกอนที่พบและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภัทรา กล่ำสกุล และคณะ(2559) พบว่าการศึกษาน้ำตาลสดสเตอริไลซ์ ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน พบปริมาณตะกอนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกเดือน เพราะตะกอนเกิดจากการตกตะกอนของโปรตีนในน้ำผลไม้

5.2 คุณภาพทางเคมี

ตารางที่ 21 แสดงค่าคุณภาพทางเคมีของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
ความชื้น (ร้อยละ)	83.4
โปรตีน (ร้อยละ)	6.25
ไขมัน (ร้อยละ)	0.19
เถ้า (ร้อยละ)	ไม่พบ
ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ร้อยละ)	16.12
เยื่อใย (ร้อยละ)	0.92
ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมด (กิโลแคลอรี่/100กรัม)	65.24
ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมดจากไขมัน (กิโลแคลอรี่/100กรัม)	ไม่พบ

จากตารางที่ 21 การแสดงองค์ประกอบร้อยละทางเคมีของลูกตาลอ่อน นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ความชื้นของลูกตาลอ่อน เท่ากับ ร้อยละ 83.4 โปรตีนของลูกตาลอ่อนเท่ากับร้อยละ 6.25 ไขมันของลูกตาลอ่อน เท่ากับ ร้อยละ 0.19 ไม่พบปริมาณเถ้าของลูกตาลอ่อน ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดของลูกตาลอ่อน เท่ากับร้อยละ 16.12 เยื่อใยของลูกตาลอ่อน เท่ากับร้อยละ 0.92 ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมดของลูกตาลอ่อน เท่ากับ 65.24 กิโลแคลอรี่/100 กรัม และไม่พบปริมาณแคลอรี่ทั้งหมดจากไขมันของลูกตาลอ่อนและแก่

ตารางที่ 22 แสดงค่าคุณภาพทางเคมีของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน

คุณภาองค์ประกอบทางเคมี	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	4
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix) ^{ns}	16.32±0.21	16.31±0.08	16.27±0.12	16.26±0.04	16.24±0.01
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.46±0.39^{c}	5.64±0.03^{b}	5.74±0.51^{a}	5.76±0.01^{a}	5.79±0.01^{a}
ปริมาณกรดแลกติค (ร้อยละ) ^{ns}	0.057±0.00	0.058±0.00	0.059±0.01	0.060±0.01	0.062±0.01

หมายเหตุ : $^{a, b, c}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P>0.05$)

จากตารางที่ 22 การวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษาช่วงเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 16.32, 16.31, 16.27, 16.26 และ 16.24 (^{o}Brix) ตามลำดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากการทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่การเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลา F_0 เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษาช่วงเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5.46, 5.64, 5.74, 5.76 และ 5.79 ตามลำดับ พบว่า เดือนที่ 0, 1 และ เดือนที่ 2, 3 และเดือนที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเดือนที่ 2, 3, และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ ($P>0.05$) และจากการทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่ออายุเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของมุทิตา มีนุ่น (2548) ได้ศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตาลสดสเตอริไลซ์ มีค่าความเป็นกรด-

ด่าง เท่ากับ 5.7 และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุภัทรา กล่ำสกุล และคณะ (2559)รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ หลังการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 4 เดือน คือ มีค่าเท่ากับ 5.40, 5.46, 5.54, 5.67 และ 5.69 มีแนวโน้มของค่ากรด-ด่าง เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ปริมาณกรดแลกติค (ร้อยละ) ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษาช่วงเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และเดือนที่ 4 มีปริมาณกรดแลกติค เท่ากับร้อยละ 0.057, 0.058, 0.059, 0.060 และ 0.062 ตามลำดับ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากการทดลองพบว่า ปริมาณกรดแลกติค มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุภัทรา กล่ำสกุล และคณะ (2559) ได้รายงานว่า ปริมาณกรดแลกติค(ร้อยละ) ของน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ หลังการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาเก็บรักษาในช่วงเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และเดือนที่ 4 มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 0.058, 0.061, 0.066, 0.070 และ 0.072 ซึ่งมีแนวโน้มของค่ากรดแลกติค เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

3.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ตารางที่ 23 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน

ชนิดของจุลินทรีย์	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (เดือน)				
	0	1	2	3	4
Aerobic plate count (cfu/ml)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Yeast and mold (cfu/ml)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Thermophile anaerobe (cfu/2ml)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Flat sour thermophilic (cfu/2ml)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

จากตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูง *(Thermophile anaerobe)* และ ปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว

(Flat sour thermophilic) ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ฆ่าเชื้ออุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ในระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ อาจเป็นเพราะ อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อเพียงพอต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐวุฒิ อินทรักษ์ (2550) ที่ศึกษากระบวนการการผลิตข้าวกล้องหุงสุกในถุงรีทอร์ตเพาช์ โดยทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์รวมในข้าวหุงสุกได้ทั้งหมด ในอายุการเก็บรักษา 4 เดือน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนิตร์นันทร์ สุวรรณประเสริฐ และพริพร อินทร์สำเภา (2548) ศึกษากระบวนการที่เหมาะสมสำหรับ สำหรับการผลิตข้าวมันปูบรรจุรีทอร์ตเพาช์ พบว่า การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตข้าวมันปู และสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของอาหารเสื่อมเสีย และจุลินทรีย์ที่เป็นพิษได้ทั้งหมด และวิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล (2537) พบว่า การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ในการฆ่าเชื้อมั่นได้ว่าทำลายเชื้อและสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภัทรา กล่ำสกุล และคณะ(2559) ศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำตาลสดสเตอริไลซ์ ทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส F_0 เท่ากับ 15 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน ตรวจไม่พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา จุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูง *(Thermophilic anaerobe)* และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว *(Flat sour thermophilic)* เพราะการใช้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ที่เวลา F_0 เท่ากับ 15 นาที สามารถฆ่าเชื้อได้ทั้งหมด

5.4 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 24 แสดงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาซ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน)	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น (น้ำตาลโตนด)	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
ตัวอย่างควบคุม	5.88±1.00^{d}	6.08±1.32^{e}	5.98±0.71^{d}	5.24±0.85^{b}	6.28±0.75^{e}
0 เดือน	8.30±0.54^{a}	8.26±0.66^{a}	8.43±0.55^{a}	7.68±0.47^{a}	8.62±0.49^{a}
ตัวอย่างควบคุม	6.46±1.51^{d}	6.46±1.28^{d}	5.60±1.73^{e}	5.20±1.74^{b}	6.02±1.25^{e}
1 เดือน	7.74±1.35^{a}	7.46±1.43^{b}	8.24±1.53^{b}	7.69±1.30^{a}	8.04±0.69^{b}
ตัวอย่างควบคุม	7.44±0.81^{b}	6.76±0.74^{c}	6.80±1.12^{d}	5.22±0.90^{b}	6.98±0.79^{d}
2 เดือน	7.28±1.27^{c}	7.46±0.83^{b}	7.54±0.95^{c}	7.68±1.09^{a}	7.94±0.82^{c}
ตัวอย่างควบคุม	7.52±0.93^{a}	8.54±0.81^{a}	7.12±1.15^{c}	5.28±0.09^{b}	6.64±1.06^{d}
3 เดือน	7.16±1.18^{c}	6.54±0.97^{c}	7.42±1.25^{c}	7.68±0.16^{a}	7.74±0.69^{c}
ตัวอย่างควบคุม	7.59±0.03^{a}	8.74±0.11^{a}	7.32±0.05^{c}	5.08±0.19^{b}	6.11±0.05^{e}
4 เดือน	7.12±1.00^{c}	6.22±0.97^{d}	7.02±0.02^{c}	7.99±1.16^{a}	7.51±1.07^{c}

หมายเหตุ : $^{a, b, c, d, e}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 24 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาซ์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสที่เวลา F_0 เท่ากับ 6 นาที นำมาเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่คะแนนความชอบในคุณลักษณะต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม คือใช้น้ำตาลสดมาต้มระดับพาสเจอร์ไรซ์ 73 องศาเซลเซียสนาน 30

นาที โดยนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น (น้ำตาลโตนด) รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีผลดังนี้

สี ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน ผู้บริโภคให้คะแนนตัวอย่างควบคุมคุณลักษณะด้านสี ในเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และเดือนที่ 4 เท่ากับ 5.88, 6.46, 7.44, 7.52 และ7.59 ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง และผู้บริโภคให้คะแนนลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ในคุณลักษณะด้านสี ในเดือนที่ 0, 1, 2,3 และเดือนที่ 4 เท่ากับ 8.30, 7.74, 7.28, 7.16 และ 7.12 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งเดือนที่ 0 อยู่ในช่วงชอบมาก เดือนที่ 1, 2, 3 และ 4 อยู่ในช่วงชอบปานกลาง ซึ่งคะแนนด้านสี มีแนวโน้มลดลงอาจเป็นเพราะ ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความชอบของผู้บริโภค

กลิ่น (น้ำตาลโตนด) ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน ผู้บริโภคให้คะแนนตัวอย่างควบคุมคุณลักษณะด้านกลิ่น (น้ำตาลโตนด) ในเดือนที่ 0, 1 และ 2 เท่ากับ 6.08, 6.46, 6.76 อยู่ในช่วงชอบปานกลาง และเดือนที่ 3และ 4 เท่ากับ 8.54และ 8.74 คะแนน อยู่ในช่วงชอบมากและผู้บริโภคให้คะแนนลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ในคุณลักษณะด้านกลิ่น (น้ำตาลโตนด) ในเดือนที่ 0 เท่ากับ 8.26 คะแนน อยู่ในช่วงชอบมาก เดือนที่ 1 และ 2 เท่ากับ 7.46 และ 7.46 คะแนน อยู่ในช่วงชอบปานกลาง และเดือนที่ 3 และ 4 เท่ากับ 6.54 และ 6.22 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ซึ่งคะแนนด้านกลิ่น (น้ำตาลโตนด) มีแนวโน้มลดลง อาจเป็นเพราะ ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความชอบในเรื่องกลิ่นของผู้บริโภค

รสชาติ ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน ผู้บริโภคให้คะแนนตัวอย่างควบคุม คุณลักษณะด้านรสชาติ ในเดือนที่ 0, 1, 2 เท่ากับ 5.98, 5.60 และ 6.80 คะแนน อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย และเดือนที่ 3 และ 4 เท่ากับ 7.12 และ 7.32 คะแนน อยู่ในช่วงชอบปานกลาง และผู้บริโภคให้คะแนนลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ในคุณลักษณะด้านรสชาติ ในเดือนที่ 0 และ 1 เท่ากับ 8.43 และ 8.24 คะแนน อยู่ในช่วงชอบมากเดือนที่ 2, 3 และ 4 เท่ากับ 7.54, 7.42 และ 7.02 คะแนน อยู่ในช่วงชอบปานกลาง ซึ่งคะแนนด้านรสชาติทั้ง 4 เดือนมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะการเก็บรักษา อาจเป็นเพราะ ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความชอบในเรื่องรสชาติของผู้บริโภค

เนื้อสัมผัส ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน ผู้บริโภคให้คะแนนตัวอย่างควบคุม คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส ในเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และเดือนที่ 4 เท่ากับ 5.24, 5.20, 5.22, 5.28 และ 5.08 คะแนน คะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย และผู้บริโภคให้คะแนนลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ในคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสในเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และเดือนที่ 4 เท่ากับ 7.68, 7.69, 7.68, 7.68 และ 7.99 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงชอบปานกลาง อาจเป็นเพราะ ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นมีผลต่อความชอบของผู้บริโภคในเรื่องลักษณะของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ความชอบโดยรวม ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน ผู้บริโภคให้คะแนนตัวอย่างควบคุม คุณลักษณะด้านความชอบโดยรวม ในเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และเดือนที่ 4 เท่ากับ 6.28, 6.02, 6.98, 6.64 และ 6.11 คะแนน คะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย และผู้บริโภคให้คะแนนลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ในคุณลักษณะด้านความชอบโดยรวม ในเดือนที่ 0 และ 1 เท่ากับ 8.62 และ 8.04 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงชอบมาก เดือนที่ 2, 3 และ 4 เท่ากับ 7.94, 7.74 และ 7.51 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงชอบปานกลาง ซึ่งคะแนนด้านความชอบโดยรวมตั้งแต่เดือนที่ 0, 1, 2, 3 และเดือนที่ 4 มีแนวโน้มลดลง อาจเป็นเพราะ ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อความชอบของผู้บริโภคโดยรวมทั้งหมด

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. การสำรวจแหล่งผลิตลูกตาลโตนดของ อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี ผู้ตอบแบบสัมภาษณ์มีจำนวนทั้งหมด 50 คน เป็นเพศชายจำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 74 และเพศหญิงจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 26 มีอายุเฉลี่ยอยู่ในช่วงอายุ 41 – 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 78 การศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 90 อาชีพ หลักคือ การเกษตร จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 88 อาชีพรอง คือ ทำตาลโตนด จำนวน 10 – 20 ต้น จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 90 ลักษณะการครอบครองที่ดินเฉพาะพื้นที่ปลูก (ต้นตาล) ทำด้วยที่ดินตนเอง จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 82 รูปแบบการปลูกต้นตาล – ขึ้นเองตามธรรมชาติร้อยละ 86 ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้เฉลี่ยต่อต้น เท่ากับ 5 กิโลกรัม/ต้น (ลูกตาลโตนดสด) คิดเป็นร้อยละ 48 จำนวนผลผลิตต่อวัน 26 -50 กิโลกรัม/วัน คิดเป็นร้อยละ 52 การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์ มีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ คิดเป็นร้อยละ 76 การเก็บในเวลาช่วงตอนเช้า 05.00 – 09.00 น. คิดเป็นร้อยละ 74 รูปแบบการเก็บเกี่ยว โดยการปีนขึ้นต้นตาลโตนดด้วยตนเอง คิดเป็นร้อยละ 74 และผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้จะนำไปส่งตลาดเพื่อจำหน่าย คิดเป็นร้อยละ 62 ราคาผลผลิตที่เก็บเกี่ยวต่อกิโลกรัม 0 – 30 บาทคิดเป็นร้อยละ 30 และมีรายได้ต่อเดือน 5,001 – 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 50 ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านสีของลูกตาลอ่อนและแก่ โดยลูกตาลอ่อนมีเนื้อลักษณะสีขาวใส นิ่ม มีปริมาณน้ำในผลลูกตาลอ่อนมาก ลูกตาลแก่เนื้อมีเนื้อลักษณะสีขาวขุ่น แน่นและแข็ง มีปริมาณน้ำค่อนข้างน้อยหรือไม่มีน้ำ ความแข็งของลูกตาลอ่อน มีค่าเท่ากับ 208.83 นิวตัน และลูกตาลตาลแก่ เท่ากับ 960.24 นิวตัน ลูกตาลอ่อนมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 33.81 ค่าสีแดง (a*) เท่ากับ -0.86 ค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ -4.96 ลูกตาลแก่มีค่า (L*) เท่ากับ 25.53 ค่า(a*) เท่ากับ -1.88 ค่า (b*) เท่ากับ -5.10 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกตาลอ่อน เท่ากับ 7.88 คะแนน และลูกตาลแก่ เท่ากับ 6.36 คะแนน ลูกตาลอ่อนและแก่มีคุณภาพทางเคมีดังนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของลูกตาลอ่อน เท่ากับ 7.03 $^{\circ}$Brix และลูกตาลแก่ เท่ากับ 6.44 $^{\circ}$Brix ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ของลูกตาลอ่อน เท่ากับ 7.43 และลูกตาลแก่เท่ากับ 7.44 ปริมาณกรดแลกติคของลูกตาลอ่อน เท่ากับร้อยละ 0.11 และลูกตาลแก่ เท่ากับร้อยละ 0.096 ความชื้นของลูกตาลอ่อน เท่ากับร้อยละ 92.64 และลูกตาลแก่ เท่ากับร้อยละ 92.06 โปรตีนของลูกตาลอ่อน เท่ากับร้อยละ 0.48 และลูกตาลแก่ เท่ากับร้อยละ 0.64 ไขมันของลูกตาลอ่อน เท่ากับร้อยละ 0.13 และลูกตาลแก่ เท่ากับร้อยละ 0.21 เถ้าของลูกตาลอ่อน เท่ากับ ร้อยละ 0.34 และลูกตาลแก่ เท่ากับร้อยละ 0.39 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดของลูกตาลอ่อน เท่ากับร้อยละ 6.41 และของลูกตาลแก่ เท่ากับร้อยละ 6.70 แต่ไม่พบเยื่อใยของลูกตาลอ่อนและแก่ ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมดของลูกตาลอ่อน

เท่ากับ 28.73 กิโลแคลอรี่/100 กรัม และของลูกตาลแก่ เท่ากับ 31.25 กิโลแคลอรี่/100 กรัม ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมดจากไขมันของลูกตาลอ่อน เท่ากับ 1.17 กิโลแคลอรี่/100 กรัมและของลูกตาลแก่ เท่ากับ 1.89 กิโลแคลอรี่/100กรัม ลูกตาลอ่อนและแก่ตรวจไม่พบ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา *E.coli* และ *Staphylococcus aureus*

3. การศึกษาปริมาณความหวานของน้ำตาลสดที่ระดับความหวาน 17 $^{\circ}$Brix และเนื้อลูกตาลอ่อนที่เติมลงไปในน้ำตาลสด อัตราส่วนร้อยละ 20 ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

4. การศึกษาระยะเวลาการฆ่าเชื้อลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสได้ค่า F_0 เท่ากับ 6 นาที

5. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน มีคุณภาพทางกายภาพดังนี้ ค่า (L*) อยู่ในระดับ 30.26, 29.31, 26.37, 25.39 และ 25.02 ตามลำดับ ค่า (a*) อยู่ในระดับ -1.02, -1.14, -1.12, -1.36 และ -1.41 ตามลำดับ ค่า (b*) อยู่ในระดับ 3.57, 5.05, 6.25, 8.03 และ 9.76 ตามลำดับ ตรวจพบปริมาณตะกอนในเดือนที่ 3 และ 4 ในปริมาณเล็กน้อย ไม่พบความผิดปกติของรอยปิดผนึกของถุงรีทอร์ตเพาช์ ปริมาณร้อยละของผลผลิต ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดมีแนวโน้มลดลง ความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 83.4 โปรตีนเท่ากับ ร้อยละ 6.25 ไขมันเท่ากับ ร้อยละ 0.19 เถ้าเท่ากับ ร้อยละ 0.00 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดเท่ากับ ร้อยละ 16.12 เยื่อใยเท่ากับ ร้อยละ 0.92 ปริมาณแคลอรี่ทั้งหมด เท่ากับ 65.24 กิโลแคลอรี่/100 กรัม ไม่พบปริมาณแคลอรี่ทั้งหมดจากไขมัน ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ทั้งหมด เท่ากับ 16.32, 16.31, 16.27, 16.26 และ 16.24 $^{\circ}$Brix ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด–ด่าง เท่ากับ 5.46, 5.64, 5.74, 5.76 และ 5.79 ตามลำดับ ปริมาณกรดแลคติก เท่ากับ ร้อยละ 0.057, 0.058, 0.059, 0.060 และ 0.062 ตามลำดับ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา จุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูง (Thermophilic anaerobe) และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยว (Flat sour thermophilic) ไม่พบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกคุณลักษณะ มีค่าคะแนนการยอมรับลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน และคะแนนอยู่ในช่วงชอบมาก-ชอบเล็กน้อย (คะแนนอยู่ในช่วง 8.43-7.02 คะแนน)

บรรณานุกรม

กนก ติระวัฒน์. (2531). **การปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำตาลโตนด**. รายงานโครงการพัฒนาชุมชน. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2544). **ตาลโตนดผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปและรูปแบบโรงผลิต**. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กวิดา เลิศกิจสมบูรณ์. (2547). **ผลของการใช้เมมเบรนและความร้อนต่อคุณภาพของน้ำตาลโตนด**. วิทยานิพนธ์. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

กัลยา เลาหสงคราม. (2551). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรรวมสเตอริไลส์**. วิทยานิพนธ์. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

กีย์ เทรบุยล์. (2527). **ประเภทและกลไกการทำงานของระบบการผลิตทางการเกษตรของสทิงพระในปัจจุบัน.** โครงการวิจัยระบบการผลิตทางการเกษตร, คณะทรัพยากรณ์ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

งามจิตร โล่วิทูร. (2547). **อาหารพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ตเพาช์**. อาหาร 34(4): 284-286

ชนิตร์นันทร์ สุวรรณประเสริฐและพริพร อินทร์สำเภา. (2548). **กระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวมันปูบรรจุซองรีทอร์ตเพาช์**, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาวิชาวิศวกรรมกระบวนการอาหาร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เชฟร็อค. **เลือกทานอาหารเพื่อสุขภาพ**. (2558). (ออนไลน์). เข้าถึง :https://www.khaosod.co.th/view_newsonline.php. วันที่สืบค้น 20 กรกฎาคม 2560

ณัฐวุฒิ อินทรักษ์. (2550). **การศึกษากระบวนการผลิตข้าวกล้องหุงสุกในถุงฆ่าเชื้อ**. วิทยานิพนธ์. ภาควิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปราจีนบุรี.

ทะนง ภัครัชพันธุ์. (2540). **การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**,หน้า 115-116. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทิพาพร อยู่วิทยา. (2535). **การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน**. อาหาร 22(4): 39-50

น้ำผึ้ง ใจบุญและปวีณา เปลี่ยนศรี. (2553). **การพัฒนาวุ้นกรอบจากน้ำตาลสดเสริมลูกตาลอ่อน**. รายงานวิจัย. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

นิธิยา รัตนาปานนท์. (2544). **หลักการแปรรูปอาหาร**.กรุงเทพมหานคร. โอเดียนสโตร์. ในเอกสารประกอบการอบรมเรื่อง retort pouch for low acid canned food. หน้า 1-12. 29-30 กรกฎาคม 2542 ณ โรงแรมมารวยการ์เดนและภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

บรรเทา จันทร์พุ่ม. (2548). **ตาลโตนดกับวิถีชีวิตชาวคูขุด.** น.ส.พ.กสิกร. 78(5) : 97-101.

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์. (2538). **จุลชีววิทยาของอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำในอาหาร วารสารอาหาร.** 25 (2) : 127-133.

ผักพื้นบ้าน. 2557. ตาล. [ออนไลน์] [เข้าถึงได้จาก] webserv.kmitl.ac.th/notyBurin/arjarnsodpdf/P_central/PDF_01central/018.pdf

มนสุวีร์ ไพชำนาญ. (2552). **ผลของการปฏิบัติระหว่างการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยวน้ำตาลโตนดสดต่อคุณภาพน้ำตาลโตนดเข้มข้น**. วิทยานิพนธ์. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

มุทิตา มีนุ่น. (2548). **ความคงตัวของสารให้กลิ่นรสในน้ำตาลโตนดระหว่างกระบวนการให้ความดันความร้อนและการเก็บรักษา**. รายงานวิจัย. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

มุทิตา มีนุ่น. (2555). **การปฏิบัติระหว่างการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยวและผลการแปรรูปน้ำตาลโตนดสดที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดเข้มข้นในจังหวัดสงขลา**. รายงานวิจัย. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, วิทยาเขตหาดใหญ่, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

เมธาวี สันติคุณากร. (2551). **การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ว่านหางจระเข้และเมล็ดแมงลักในนำมะตูมบรรจุในรีทอร์ตเพาช์**. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

รายละเอียดสินค้า OTOP. 2557. **ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตาลโตนด.** [ออนไลน์] [เข้าถึงได้จาก] http://www.raisathon.com/otop/otop_detail.php?otop_id/วันที่เข้าถึง 12 ก.ย. 2560

รพีพร เอี่ยมสะอาด. (2557). **คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลโตนด**. รายงานวิจัย. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

รัตนา ไชยมูล. (2551). **การแปรรูปลำไยในน้ำเชื่อมด้วยกระบวนการความดันสูงยิ่งและการพาสเจอไรซ์.** วิทยานิพนธ์. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. (2535). **วิศวกรรมอาหาร.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. พิมพ์ครั้งที่ 4.

รุ่งนภา วิสิฐอุตรการ. (2539). **การถนอมและแปรรูปอาหารด้วยการเอกซ์ทรูชันไมโครเวฟรังสีอินฟาเรดการใช้ความร้อนแบบโอห์มิกและความดันสูง**. ในเอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมและแปรรูปอาหารหน่วยที่ 1-12 ,1-7, หน้า 300-304. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.

เรณุกา แจ่มฟ้า. (2545). **การผลิตไซรับจากน้ำตาลสด**. วิทยานิพนธ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

วรวุฒิ โกยสมบัติ. (2536). **การศึกษาจุลินทรีย์ในน้ำตาลโตนดสด**. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, ,มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

วราทิพย์ สมบุญญฤทธิ์. (2542). **บรรจุภัณฑ์อ่อนตัวสำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ**. วารสารสถาบันอาหาร,24(42) หน้า 1-12. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิลาวัณย์เ จริญจิระตระกูล. (2537). **การเน่าเสียของอาหารและการป้องกัน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

วิไล รังสาดทอง. (2545). **กรรมวิธีแปรรูปโดยใช้ความร้อนในเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. หน้า 129-198, บริษัทเท็กซ์แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่นจำกัด, กรุงเทพฯ.

วิวัธน์ ปฐมโยธิน. (2542). **หลักการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องในบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว.** ในเอกสารประกอบการอบรมเรื่อง retort pouch for low acid canned food, หน้า 61-75. 29-30 กรกฎาคม 2542 ณ โรงแรมมารวยการ์เดนและภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี. (2555). **ตาลเมืองเพชร.** สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี. เพชรบุรี.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2557). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลสด. มผช.38/2557**. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

สุภัทรา กล่ำสกุล, ประกาศ ชมภู่ทอง และบำเพ็ญ นิ่มเขียน. (2559). **รายงานวิจัย เรื่องแนวทางการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากตาลโตนด**. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, เพชรบุรี.

สุภารัตน์ เตี่ยไพบูลย์. (2546). **ผลของการใช้ความดันสูงและความร้อนต่อคุณภาพของน้ำตาลโตนด**. วิทยานิพนธ์. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. (2545). **จุลินทรีย์กับการหมักในจุลชีววิทยาทางอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1 หน้า 277-283, มหาวิทยาลับธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุมาลี เหลืองสกุล. (2539). **จุลชีววิทยาทางอาหาร.**ภาควิชาชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, กรุงเทพฯ.

เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล. (2532). **ผลของวัตถุกันบูดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากน้ำตาลโตนด**. ผลงานอาจารย์. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

อนิรุทธิ์ ศรีสุวรรณและธีรพงษ์ แตงอ่อน. (2555). **ภูมิปัญญาการปลูกตาลโตนดของนายถนอม ภู่เงิน.** รายงานวิชาการวิจัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

A.O.A.C. 2000. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis 17th Ed.** Gaithersburg, Maryland, USA.

BAM Online. (2012). **Bacteriological Analytical Manual**. http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods

Calderon, P, Van Buren, J.P. and Robinson, W.B. (1968). **Factors influencing the formation at precipitates and hazes and condensed and hydrolysable tannin**. J. Agr. Food Chem. 16 : 476-482.

Chia, S.S., Baker, R.C., andHotchkiss, J.H. (1983). **Quality comparison of thermo processed fishery products in cans and retortable pouches**. Journal of Food Science 48(5): 1521-1525, 1531.

Child, R. (1947). Coconus. 2nd ed. **Longman Group Ltd. London**. p. 17-19.

Faparusi, S. I. and Bassir, O. (1971). **Microflora of fermenting palm sap**. J. Food Sci. Technol. 8 : 206.

Mohan, C. O., Ravishankar, C. N., Bindu, J., Geethalakshmi, V., and SrinivasaGopal, T. K. (2006). **Effect of thermal process time on quality of “shrimp kuruma” in retortable pouches and aluminum cans**. Journal of Food Science 71(6): S496-S500.

Ramaswamy, H. S. and Chen,C. R. (2002). **Maximising the Quality of Thermally Processed Fruits and Vegetables. In Fruit and Vegetable Processing**. 1th ed. 188-362. CRC New York.

Tressler, D.K. and Joslyn, N.A. (1961). **Fruit and Vegetable Juice Processing Technology**. The AVI Publishing Ltd. Westport, Connecticut.

ภาคผนวก ก

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

(มผช. ๓๘/๒๕๕๗)

ภาคผนวก ก
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำตาลสด
(มผช.๓๘/๒๕๕๗)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะน้ำตาลสดพร้อมดื่มที่เป็นน้ำตาลสดแท้ที่ไม่มีการเจือน้ำและไม่มีการแต่งรสด้วยน้ำตาลบรรจุในภาชนะบรรจุผ่านการฆ่าเชื้อโดยวิธีพาสเจอร์ไรซ์เก็บรักษาขนส่งและวางจำหน่ายโดยการแช่เย็นเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้มีดังต่อไปนี้

2.1 น้ำตาลสดหมายถึงน้ำหวานที่ได้จากช่อดอกของต้นตาลที่มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ BorassusflabelliferLinn.หรือช่อดอกของต้นมะพร้าวที่มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ Cocosnucifera Linn. หรือก้านของช่อดอกของต้นจากที่มีชื่อทางพฤกษศาสตร์NypafruticansWurmb. นำไปกรองและฆ่าเชื้อโดยวิธีพาสเจอร์ไรซ์ก่อนหรือหลังบรรจุและต้องเก็บรักษาโดยการแช่เย็น

2.2 วิธีพาสเจอร์ไรซ์หมายถึงกรรมวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคโดยทั่วไปใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียสและใช้ระยะเวลาที่เหมาะสมแล้วทำให้เย็นลงทันที

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นของเหลวขุ่นอาจตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.2 สี

ต้องมีสีดีตามธรรมชาติของน้ำตาลสด

3.3 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของน้ำตาลสดไม่มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์เช่นกลิ่นแอลกอฮอล์กลิ่นรสเปรี้ยวบูดเมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้วต้องไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนนจากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.4 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้เช่นเส้นผมดินทรายกรวดชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.5 สารที่ละลายน้ำ

ต้องไม่น้อยกว่า 11 องศาบริกซ์ การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

3.6 วัตถุเจือจนอาหาร

ห้ามใช้สีสังเคราะห์และวัตถุกันเสียทุกชนิดการทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

3.7 จุลินทรีย์

3.7.1 จุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

3.7.2 แซลโมเนลลาต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 มิลลิลิตร

3.7.3 สแตฟิโลค็อกคัสออเรียสต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

3.7.4 บาซิลลัสซีเรียสต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

3.7.5 คลอสทริเดียมเพอร์ฟริงเจนส์ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

3.7.6 โคลิฟอร์มโดยวิธีเอ็มพีเอ็นต้องน้อยกว่า 2.2 ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

3.7.7 เอสเชอริเชียโคไลต้องไม่พบในตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

3.7.8 ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือ BAM (U.S.FDA) หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำน้ำตาลสดให้เป็นไปตามภาคผนวกก. และสถานประกอบการต้องได้รับอนุญาตจากกระทรวงสาธารณสุข

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุน้ำตาลสดในภาชนะบรรจุที่สะอาดปิดได้สนิทและสามารถป้องกันสิ่งปนเปื้อนจากภายนอกได้การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

5.2 ปริมาตรสุทธิของน้ำตาลสดในแต่ละภาชนะบรรจุต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลากการทดสอบให้ใช้เครื่องวัดปริมาตรที่เหมาะสม

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุน้ำตาลสดทุกหน่วยอย่างน้อยต้องมีเลขอักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ (ตามมผช.)

(2) ส่วนประกอบที่สำคัญ

(3) ปริมาตรสุทธิเป็นมิลลิลิตรหรือลิตร

(4) วันเดือนปีที่ทำและวันเดือนปีที่หมดอายุหรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วันเดือนปี)”

(5) ข้อแนะนาในการเก็บรักษาเช่นต้องเก็บไว้ในตู้เย็น

(6) เลขสาระบบอาหาร

(7) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำพร้อมสถานที่ตั้งหรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่นในที่นี้หมายถึงน้ำตาลสดที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกันในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไปสีกลิ่นรสสิ่งแปลกปลอมการบรรจุและเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.4 ข้อ 5. และข้อ 6. ทุกรายการจึงจะถือว่าน้ำตาลสดรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบสารที่ละลายน้ำและวัตถุเจือปนอาหารให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวมโดยมีปริมาตรรวมไม่น้อยกว่า 300 มิลลิลิตรกรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาตรรวมตามที่กำหนดเมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.5 และ 3.6 จึงจะถือว่าน้ำตาลสดรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวมโดยมีปริมาตรรวมไม่น้อยกว่า 300 มิลลิลิตรกรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาตรรวมตามที่กำหนดเมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.7 จึงจะถือว่าน้ำตาลสดรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสินตัวอย่างน้ำตาลสดต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 และข้อ 7.2.3 ทุกข้อจึงจะถือว่าน้ำตาลสดรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบสีและกลิ่นรส

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบน้ำตาลสดอย่างน้อย 5 คนแต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 เทตัวอย่างน้ำตาลสดลงในแก้วใสโดยมีกระดาษสีขาวเป็นฉากหลังตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์การให้คะแนนในการทดสอบสีและกลิ่นรส (ข้อ 8.1.3)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	ระดับการตัดสิน	คะแนนที่ได้รับ
สี	สีดีตามธรรมชาติของน้ำตาลสด	3
	สีพอใช้ใกล้เคียงกับสีตามธรรมชาติของน้ำตาลสด	2
	สีผิดปกติหรือมีการเปลี่ยนสี	1
กลิ่นรส	กลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของน้ำตาลสด	3
	กลิ่นรสพอใช้ใกล้เคียงกับกลิ่นรสตามธรรมชาติของน้ำตาลสด	2
	กลิ่นรสผิดปกติหรือมีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นแอลกอฮอล์ กลิ่นรสเปรี้ยวบูด	1

ภาคผนวกก.

สุขลักษณะ (ข้อ 4.1)

ก.1 สถานที่ตั้งและอาคารที่ทำ

ก.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียงอยู่ในที่ที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ทำเกิดการปนเปื้อนได้ง่ายโดย

ก.1.1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบสะอาดไม่มีน้ำขังแฉะและสกปรก

ก.1.1.2 อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่นเขม่าควัน

ก.1.1.3 ไม่อยู่ใกล้เคียงกับสถานที่น่ารังเกียจเช่นบริเวณเพาะเลี้ยงสัตว์แหล่งเก็บหรือกำจัดขยะ

ก.1.2 อาคารที่ทำมีขนาดเหมาะสมมีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การบำรุงรักษาการทำความสะอาดและสะดวกในการปฏิบัติงานโดย

ก.1.2.1 พื้นฝาผนังและเพดานของอาคารที่ทำก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทนเรียบทำความสะอาดและซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดีตลอดเวลา

ก.1.2.2 แยกบริเวณที่ทำออกเป็นสัดส่วนสำหรับวัตถุดิบวัสดุบรรจุผลิตภัณฑ์รอการบรรจุและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปไม่อยู่ใกล้ห้องสุขาซึ่งเปิดสู่บริเวณทำโดยตรงไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการทำอยู่ในบริเวณที่ทำ

ก.1.2.3 พื้นที่ปฏิบัติงานไม่แออัดมีแสงสว่างเพียงพอและมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

ก.1.2.4 ห้องสุขาอ่างล้างมือมีจำนวนเหมาะสมมีอุปกรณ์เครื่องใช้สำหรับทำความสะอาดหรือฆ่าเชื้อโรค

ก.2 เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการทำ

ก.2.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการทำที่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ทำจากวัสดุมีผิวเรียบไม่เป็นสนิม ล้างทำความสะอาดได้ง่าย

ก.2.2 เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้สะอาดก่อนและหลังการใช้งานต้องทำความสะอาดเหมาะสมกับการใช้งานไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนติดตั้งได้ง่ายมีปริมาณเพียงพอรวมทั้งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึงและเก็บไว้ในที่เหมาะสม

ก.3 การควบคุมกระบวนการทำ

ก.3.1 วัตถุดิบและส่วนผสมในการทำต้องสะอาดมีคุณภาพดีได้จากแหล่งที่เชื่อถือได้ปลอดภัย จัดเก็บในภาชนะสะอาดป้องกันการปนเปื้อนได้แยกเก็บเป็นสัดส่วน

ก.3.2 การทำการเก็บรักษาการขนย้ายและการขนส่งให้มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ก.3.3 เครื่องชั่งที่ใช้ต้องตรวจสอบได้เที่ยงตรง

ก.4 การสุขาภิบาลการบำรุงรักษาและการทำความสะอาด

ก.4.1 น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือเครื่องจักรอุปกรณ์และมือของผู้ทำเป็นน้ำสะอาดและมีปริมาณเพียงพอ

ก.4.2 มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์นำเชื้อแมลงและฝุ่นผงในบริเวณที่ทำตามความเหมาะสม

ก.4.3 มีวิธีการป้องกันไม่ให้สัตว์เลี้ยงเช่นสุนัขแมวเข้าไปในบริเวณที่ทำ

ก.4.4 มีการกำจัดขยะสิ่งสกปรกและน้ำทิ้งอย่างเหมาะสมเพื่อไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับลงสู่ผลิตภัณฑ์

ก.4.5 สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาดและใช้กำจัดสัตว์นำเชื้อและแมลงใช้ในปริมาณที่เหมาะสมและเก็บแยกจากบริเวณที่ทำเพื่อไม่ให้ปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ได้

ก.5 บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ทำ

ก.5.1 ผู้ทำทุกคนต้องมีสุขภาพดีทั้งร่างกายและจิตใจรักษาความสะอาดส่วนบุคคลให้ดีเช่นสวมเสื้อผ้าที่สะอาดมีผ้าคลุมผมเพื่อป้องกันไม่ให้เส้นผมหล่นลงในผลิตภัณฑ์ไม่ไว้เล็บยาวล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนปฏิบัติงานหลังการใช้ห้องสุขาและเมื่อมือสกปรก

ก.5.2 ผู้ทำทุกคนต้องไม่กระทำการใดๆที่ไม่ถูกสุขลักษณะในสถานที่ทำเช่นรับประทานอาหารสูบบุหรี่

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ค 1

แบบทดสอบทางด้านทางประสาทสัมผัสของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่

ชื่อ-นามสกุล ผู้ทดสอบ..... วันที่..... ชุดที่.....

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา พร้อมทั้งให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของลูกตาลโตนดอ่อนและแก่ โดยให้คะแนนดังต่อไปนี้ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด
2 คะแนน หมายถึงไม่ชอบมาก
3 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
4 คะแนน หมายถึงไม่ชอบเล็กน้อย
5 คะแนน หมายถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
6 คะแนน หมายถึงชอบเล็กน้อย
7 คะแนน หมายถึงชอบปานกลาง
8 คะแนน หมายถึงชอบมาก
9 คะแนน หมายถึงชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	**.....**	**.....**
เนื้อสัมผัส	**.....**	**.....**
ความชอบโดยรวม	**.....**	**.....**

ขอขอบคุณทุกท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถาม

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

ภาคผนวก ค 2

แบบทดสอบทางด้านทางประสาทสัมผัสของน้ำตาลสด

ชื่อ-นามสกุล ผู้ทดสอบ..... วันที่..... ชุดที่.....

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา พร้อมทั้งให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของน้ำตาลสด โดยให้คะแนนดังต่อไปนี้ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด
2 คะแนน หมายถึงไม่ชอบมาก
3 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
4 คะแนน หมายถึงไม่ชอบเล็กน้อย
5 คะแนน หมายถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
6 คะแนน หมายถึงชอบเล็กน้อย
7 คะแนน หมายถึงชอบปานกลาง
8 คะแนน หมายถึงชอบมาก
9 คะแนน หมายถึงชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....
กลิ่น (น้ำตาลโตนด)	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถาม

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

ภาคผนวก ค 3

แบบทดสอบทางด้านทางประสาทสัมผัสของปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสด

ชื่อ-นามสกุล ผู้ทดสอบ..... วันที่..... ชุดที่.....

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา พร้อมทั้งให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของปริมาณเนื้อลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสด โดยให้คะแนนดังต่อไปนี้ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด
2 คะแนน หมายถึงไม่ชอบมาก
3 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
4 คะแนน หมายถึงไม่ชอบเล็กน้อย
5 คะแนน หมายถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
6 คะแนน หมายถึงชอบเล็กน้อย
7 คะแนน หมายถึงชอบปานกลาง
8 คะแนน หมายถึงชอบมาก
9 คะแนน หมายถึงชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....	.....
กลิ่น (น้ำตาลโตนด)	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
ปริมาณเนื้อที่ชอบ	.....	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....	.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถาม

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

ภาคผนวก ค 4

แบบทดสอบทางด้านทางประสาทสัมผัสที่ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 121 °C ที่ F_0 ต่างๆ

ชื่อ-นามสกุล ผู้ทดสอบ..... วันที่..... ชุดที่.....

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา พร้อมทั้งให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C ที่ F_0 ต่างๆ โดยให้คะแนนดังต่อไปนี้ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด
2 คะแนน หมายถึงไม่ชอบมาก
3 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
4 คะแนน หมายถึงไม่ชอบเล็กน้อย
5 คะแนน หมายถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
6 คะแนน หมายถึงชอบเล็กน้อย
7 คะแนน หมายถึงชอบปานกลาง
8 คะแนน หมายถึงชอบมาก
9 คะแนน หมายถึงชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....
กลิ่น (น้ำตาลโตนด)	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....	.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถาม

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

ภาคผนวก ค 5

แบบทดสอบทางด้านทางประสาทสัมผัสที่ของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุรีทอร์ตเพาช์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C ที่ F_0 เท่ากับ 6 นาที ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 4 เดือน

ชื่อ-นามสกุล ผู้ทดสอบ..... วันที่..... ชุดที่.....

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา พร้อมทั้งให้คะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสด บรรจุรีทอร์ตเพาช์ ที่ผ่านการกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C ที่เวลา 6 นาที ระยะเวลาเก็บรักษา 4 เดือน โดยให้คะแนนดังต่อไปนี้
กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด
2 คะแนน หมายถึงไม่ชอบมาก
3 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
4 คะแนน หมายถึงไม่ชอบเล็กน้อย
5 คะแนน หมายถึงบอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
6 คะแนน หมายถึงชอบเล็กน้อย
7 คะแนน หมายถึงชอบปานกลาง
8 คะแนน หมายถึงชอบมาก
9 คะแนน หมายถึงชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	**.....**	**.....**
สี	.....	.....
กลิ่น (น้ำตาลโตนด)	.....	.....
รสชาติ	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....
ความชอบโดยรวม	.....	.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถาม

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

การวัดค่าสี

วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี รุ่น Color Flex, ประเทศสหรัฐอเมริกา

การวัดสี(Hunter Lab) โดยสัดค่าสี L* เป็น ค่าความสว่าง (lightness) a* เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (redness/greenness) และ b* เป็นค่าสีเหลืองและน้ำเงิน (yellowness/blueness)

เมื่อ L* คือ ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100

a* คือค่าสีแดงและสีเขียว เมื่อ a*มีค่าเป็นบวก (+)สีแดง

เมื่อ a* มีค่าเป็นลบ (-) สีเขียว

เมื่อ a* มีค่าเป็นศูนย์เป็นสีเทา

b*คือ ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงินเมื่อ b* มีค่าเป็นบวก เป็นสีเหลือง

เมื่อ b*มีค่าเป็นลบ เป็นสีน้ำเงิน

เมื่อ b*มีค่าเป็นศูนย์ เป็นสีเทา

วิธีการวิเคราะห์

1.เลือกโปรแกรม Hunter lab ระบบ CIE วัดค่าในรูป (L*, a*, b*)
2. ทำการปรับมาตรฐานสีโดยใช้แผ่นเทียบสีดำและสีขาวมาทำการ Caribrat
3. นำตัวอย่างใส่ใน ควอร์ทซ (Quratz)เพื่อทำก่อนวัด
4. เทตัวอย่างใส่ในควอร์ทซ (Quratz)ประมาณ $^{1}/_{3}$
5. นำควอร์ทซ (Quratz) ไปวางบนฐานที่วัดสี โดยตรวจวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ
6. ค่าที่วัดได้เป็นค่า L*, a*, b*
7. จดบันทึกค่าที่ได้

การวัดเนื้อสัมผัส

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable Micro Systems Texture Analyzer รุ่น TA.XT Plus ประเทศอังกฤษ

2. ฐาน

3. ลูกตุ้มและผ้าจับ

4. หัววัด P/2

วิธีการวิเคราะห์

1. คลิกโปรแกรม Texture Exponant 32

2. จะปรากฏหน้าจอดังนี้ให้ใส่ Password ให้ใส่Charpa หรือ Copy ด้านบนแล้วนำมาวาง แล้วกด OK

3. จะปรากฏหน้าจอนี้ให้กดย่อหน้าลงมา เครื่องจะปรากฏหน้าจอกราฟที่พร้อมใช้งานดังรูป

4. จากนั้นให้คลิกมุมซ้ายด้านล่างจะมีคำว่า“Sample Projects”เพื่อเลือกประเภทตัวอย่างที่เราจะวัดเลือกคำว่า Fruit&Vegetables

5. ดับเบิ้ลคลิ๊กคำว่า“Grape penetration”เพื่อเลือกหัววัดเนื้อสัมผัสให้คล้ายกับตัวอย่างของเรา ขึ้นกล่องตอบโต้ให้คลิก Yes

6. คลิกช่องสี่เหลี่ยมเล็กซ้ายมือเล็กๆเพื่อเลือกไฟล์งาน เราควรตั้งไฟล์งานที่เราจะเก็บไว้ก่อนเลือกไฟล์งาน จากนั้นกด ตกลง

7. กด Yes

8. เลือกเมนู TA กดเลือก Calibrate แล้วเลือกCalibrateFore กด Next

9. ตรวจดูน้ำหนักของลูกตุ้มมาตรฐานที่จะใช้ Calibrate เครื่อง Texture Analyzer ในช่อง Calibration Weight จากนั้นวางตุ้มน้ำหนักบน CalibrationPlatform จากนั้นกด Next

10. เลือกT.A แล้วเลือกคำว่า Calibrate แล้วคลิก CalibrateHeight

11. ประกอบฐานและหัววัดเข้ากับเครื่อง

12. Return Distance คือ ระยะที่หัววัดเคลื่อนที่กลับหลังจากที่สัมผัสฐาน Return Speed คือ อัตราเร็วที่หัววัดคงที่กลับหลังแตะถูกฐาน Contact Force คือ แรงที่กำหนดให้ทราบว่าพบฐานแล้ว ดึงหัววัดกลับ 5-10 กรัม จากนั้นกด OK

13. เลือก T.A จากนั้นเลือกคำว่า T.A Setting

14. เปลี่ยน off เป็น ON เปลี่ยนค่า Pre - Test speed :3.00 mm/sec

Test speed : 1.00 mm/sec

Post-Test Speed :10.00 mm/sec

Target Mode: Strain

Distance : 70%

TiggerType : Auto (Force)

TiggerForce :5.0 g

Stop Plot At : start Position

TareMode : Auto

AavancedOptions : On

กด OK

15. คลิกไปที่ T.A. แล้วเลือก Run a Test

16. ตั้งชื่อตัวอย่างแถบสีน้ำเงิน

17. คลิก Start Testจากนั้นเครื่องจะทำงานหัววัดก็จะค่อยๆลงมาที่ตัวอย่าง ระหว่างนั้นให้คอยดูเส้นกราฟว่ามีการเคลื่อนที่หรือไม่ ถ้าไม่มีให้กดปุ่มหยุด (ถ้าเราต้องการวัดซ้ำในตัวอย่างเดียวกันให้กด Ctrl Q บนแป้นพิมพ์ เครื่องก็จะทำการวัดซ้ำอีกรอบ)

18. พอเราวัดตัวอย่างเสร็จ 1ครั้งให้เรากดตามที่ลูกศร เพื่อให้เครื่องอ่านข้อมูล จากนั้นถ้าเราวัดซ้ำที่ 2 ให้เปลี่ยนตำแหน่งแล้ว กด Ctrl Q เครื่องก็จะวัดค่าแต่ละครั้งตามสี

วิธี Save บันทึกกราฟทั้งหมดที่วัดให้อยู่รวมกัน

1. พอวัดเสร็จทำการบันทึกกราฟ ให้กดไปที่ File แล้วเลือก Export

2. จากนั้นเลือกคำว่า Imageแล้วเลือกไฟล์งานที่เราจะเก็บ แล้วตั้งชื่องาน เสร็จแล้วกด Saveตอบ OK เสร็จขั้นตอนการบันทึก

3. ถ้าเราต้องการเริ่มทำใหม่หรือผิดพลาดอะไรให้กด ลูกศรสีน้ำเงิน Restart Project

ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)

ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ) นำลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดบรรจุถุงรีทอร์ตเพาช์ ชั่งน้ำหนัก และนำไปคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)} = \frac{\text{ผลผลิตที่ได้}}{\text{น้ำหนักวัตถุดิบเริ่มต้น}} \times 100$$

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง(A.O.A.C.,2000)

วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าพีเอช (pH)

วิธีการวิเคราะห์

1. เสียบปลั๊ก เปิดเครื่อง pH meter
2. ทำการปรับเทียบมาตรฐาน (Calibrate) เครื่อง pH meter
3. นำตัวอย่างที่ต้องต้องการตรวจวัดค่าพีเอชใส่ลงในบีกเกอร์ ประมาณ 50 มิลลิลิตร
4. เขย่า หรือคนตัวอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกัน ก่อนการตรวจวัด
5. ตรวจวัดค่าพีเอช โดยนำหัววัดของเครื่อง pH meter จุ่มลงในบีกเกอร์ที่บรรจุตัวอย่าง โดยทำการตรวจวัด ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ
6. รอให้บนจอแสดงผลของเครื่อง pH meter ปรากฏคำว่า Ready จึงอ่านค่าพีเอช

ปริมาณกรดทั้งหมด (A.O.A.C., 2000)

วัสดุอุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร
3. บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล:ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 4.0 กรัมละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตรโดยใช้น้ำกลั่น
2. สารละลายฟีนอฟธาลีน:ชั่งฟีนอฟธาลีนจำนวน 1.0กรัมละลายในแอลกอฮอล์ปริมาตร 70 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรโดยใช้น้ำกลั่น

วิธีการวิเคราะห์

การหาความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

1. นำโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลตใส่ในกระจกนาฬิกาไปอบในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ110 องศาเซลเซียสนาน 1-2 ชั่วโมงแล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น

2. ชั่งน้ำหนักให้ได้แน่นอน 0.8 กรัม (สำหรับหาความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล) ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

3. เติมน้ำกลั่นที่ปราศจากคาร์บอเนตปริมาตร 25 มิลลิลิตร

4. นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ข้างต้นโดยใช้ฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

5. คำนวณหาความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

วิธีการคำนวณ

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล) = $\frac{W}{V \times 0.2042}$

เมื่อ W = น้ำหนักของโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต (กรัม)

V = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรท (มิลลิลิตร)

สมมูลของโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลต = 204.216

การหาปริมาณกรดทั้งหมด

1. นำตัวอย่างมาประมาณ 10–20 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร (สำหรับตัวอย่างที่มีความเข้มข้น ควรมีการเจือจางเพื่อให้สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลง ณ จุดยุติของการไทเทรตได้ดียิ่งขึ้น)

2. หยดฟีนอฟธาลีนร้อยละ 1 ลงไป 5 หยด

3. ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งกลายเป็นสีชมพูอ่อนถาวร (ณ จุดยุติ)

4. คำนวณปริมาตรกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลกติก

วิธีการคำนวณ

ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) = $\frac{N \times V_1\,(NaOH) \times 90 \times 100}{1000 \times V_2\,(sample)}$

เมื่อN (%)= ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(นอร์มอล)

V_1 (NaOH) = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)

V_2 (Sample)= ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

น้ำหนักกรัมสมมูลของกรดแลกติก = 90

การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (A.O.A.C.,2000)

วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ยี่ห้อATAGO รุ่นRX-5000α(เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ช่วง 0–32°Brix ใช้สำหรับตรวจวัดในตัวอย่างอาหาร)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างมาเขย่า หรือคนให้เป็นเนื้อเดียวกัน
2. หยดตัวอย่างลงบน Refractometer ประมาณ 1 หยด โดยตรวจวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ
3. อ่านค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด จากสเกลตัวเลข

การวิเคราะห์ความชื้น (A.O.A.C., 2000)

วัสดุและอุปกรณ์

1. เตาอบแบบใช้อากาศร้อน (Hot air oven) ที่ควบคุมอุณหภูมิ
2. ถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด
3. ถ้วยครูซิเบิลพร้อมฝาปิด
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง
5. โถดูดความชื้น (Desiccator) ที่มีซิลิกาเจลหรือสารดูดความชื้นบรรจุอยู่

วิธีการวิเคราะห์

1. ทำเครื่องหมายหรือปิดฉลากบนถ้วยอะลูมิเนียมหรือถ้วยครูซิเบิลที่ใช้หาความชื้นเพื่อระบุหมายเลขตัวอย่าง

2. อบถ้วยหาความชื้นพร้อมฝาปิดในสภาพเปิดฝาในตู้อบไฟฟ้าแบบพาอากาศร้อน ที่อุณหภูมิ 100–105 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักถ้วยและฝาปิดให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ทศนิยม 4 ตำแหน่ง และบันทึกผลการชั่งน้ำหนัก

3. เตรียมตัวอย่างโดยการผสม สับ ตัด หรือบดให้มีชิ้นเล็กๆ และเป็นเนื้อเดียวกัน ระวังอย่าให้ความชื้นจากมือหรือสิ่งแวดล้อมปนเปื้อนกับตัวอย่าง และควรเตรียมตัวอย่างก่อนทำการวิเคราะห์เพียงเล็กน้อย เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นออกจากตัวอย่าง ในกรณีตัวอย่างเป็นของเหลวให้ทำการกำจัดน้ำส่วนใหญ่ของตัวอย่างออกโดยนำตัวอย่างในถ้วยหาความร้อนไประเหยน้ำบนอ่างน้ำไอน้ำ (Steam bath)

4. ชั่งตัวอย่างในถ้วยหาความชื้นที่ได้จากข้อ 2 ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2–5 กรัม ต่อ 1 ถ้วย พยายามให้ตัวอย่างกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในถ้วย บันทึกผล

5. นำถ้วยหาความชื้นที่มีตัวอย่างในข้อ 4 ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100–105 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง ปิดฝาแล้วนำถ้วยออกจากตู้อบ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ทำการอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที และชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้งติดต่อกัน ต่างกันไม่เกิน ± 0.002 กรัม บันทึกผลคำนวณปริมาณร้อยละของความชื้นของตัวอย่าง

6. คำนวณหาปริมาณร้อยละของความชื้นของตัวอย่างจากสูตร

วิธีการคำนวณ

ปริมาณความชื้น (%) $= \text{น้ำหนักก่อนอบ} - \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}}$

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 2000)

วัสดุและอุปกรณ์

1. เตาเผา (Muffle furnace) ที่ควบคุมอุณหภูมิ
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบพร้อมฝาปิด (Porcelain crucible)
3. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง
4. โถดูดความชื้น (Desiccator) ที่มีซิลิกาเจลหรือสารดูดความชื้นบรรจุอยู่

วิธีการวิเคราะห์

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบพร้อมฝาโดยเปิดฝา (Porcelain crucible) ในเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 550 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมงปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ประมาณ 30 นาทีแล้วชั่งน้ำหนักของถ้วยเปล่า (W) ระวัง thermal shock เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทันทีจากเตาไปยังโถดูดความชื้น ต้องอุณหภูมิลดเตาเผาจนต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียสจึงย้ายถ้วยกระเบื้องไปยัง โถดูดความชื้น ถ้าต้องการปิดสวิทซ์เตาเผาเมื่ออุณหภูมิของเตาเผาต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส

2. ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 2-5 กรัม (W_1) (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ลงในถ้วยที่เผาและทราบน้ำหนัก (Predried)

3. นำตัวอย่างไปให้ความร้อนบน Hot plate ให้ดูดควัน (Fume hood) จนควันสีขาวหมดไป

4. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสประมาณ 4 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว หรือสีเทาอ่อน ถือว่าการเผาไหม้สมบูรณ์

5. ลดอุณหภูมิของเตาเผาแล้วย้ายถ้วยไปไว้ในโถดูดความชื้น จะต้องปิดฝาถ้วยก่อนที่จะย้ายจากเตาเผาไปไว้ในโถดูดความชื้นด้วย แล้วปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วจึงชั่งน้ำหนัก (W_2) อาจทำการเผาตัวอย่างซ้ำทุก 30 นาที จนได้น้ำหนักคงที่ ทุกครั้งที่เผาและนำถ้วยออกจากเตาเผา ให้ระวังเมื่อการเผาสมบูรณ์ปิดเตาเผาให้อุณหภูมิลดลงจนต่ำกว่า 250 องศาเซลเซียสแล้วจึงปิดเตาเผาอย่างระมัดระวัง thermal shock ซึ่งอาจทำให้ถ้วยแตกได้

วิธีการคำนวณ

ปริมาณเถ้า (%) ของตัวอย่าง $=100\times\frac{(W_2-W_1)}{(W_1-W)}$

W =น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ (กรัม)

W_1 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังเผาจนได้น้ำหนักคงที่ (กรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันหยาบ(A.O.A.C., 2000)

วัสดุและอุปกรณ์

1. ชุดอุปกรณ์สกัดไขมันด้วยวิธี Soxhlet
2. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง
3. กระดาษกรองเบอร์ 4
4. ตู้อบไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้

สารเคมี

1. ปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีการวิเคราะห์

1. บดและอบแห้งตัวอย่างให้ละเอียด และอบฟลาสค์ก้นกลมที่มีลูกแก้วเล็กๆ 3–4 ลูก หลอดบรรจุตัวอย่าง (Thimble) และกระดาษกรองที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 1–2 ชั่วโมง และจดบันทึกน้ำหนักของฟลาสค์ก้นกลมทุกขั้นตอน

2. ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งและบดละเอียดแล้วประมาณ 3–5 กรัม บนกระดาษกรองที่ทำเครื่องหมายและอบแห้ง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างที่ใช้ แล้วห่อให้มิดชิด ใส่ลงในหลอดบรรจุตัวอย่าง จากนั้นปิดด้วยสำลี หรือ Glass wool ที่ปราศจากไขมันเพื่อให้ตัวทำละลายกระจายสม่ำเสมอ แล้วใส่ลงในหลอดสกัด (Extraction tube) ของชุดอุปกรณ์ soxhlet

3. ใส่ปิโตรเลียมอีเทอร์ จำนวน 150 ml หรือประมาณ 2 ใน 3 ลงฟลาสค์ก้นกลมและใส่ปิโตรเลียมอีเทอร์อีกประมาณ 50 ml ในหลอดสกัดของชุดอุปกรณ์ soxhlet

4. ต่อฟลาสค์ก้นกลมซึ่งนำไปวางบนเตาหลุมไฟฟ้า (Mantle heater) หลอดสกัด หลอดควบแน่น สายยางที่ต่อเพื่อนำน้ำเข้าและออกจากหลอดควบแน่น ใช้สำลีอุดปลายบนของหลอดควบแน่น เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวทำละลายซึ่งไม่ควบแน่นระเหยไป

5. เริ่มให้ความร้อน โดยควบคุมระดับความร้อนให้มีการควบแน่นตัวทำละลายที่อัตรา 2–3 หยดต่อวินาทีในฟลาสค์ก้นกลมที่ตัวทำละลายกำลังเดือด เป็นเวลา 6–8 ชั่วโมง ถ้าเป็นตัวอย่างที่มีน้ำมันสูงและมีลักษณะเป็นชิ้นหยาบ เช่น เมล็ดพืช มะพร้าวฝอยแห้ง หลังจากการสกัดได้ 6 ชั่วโมง ให้ปิดเครื่องนำทิมเบิลออกจากเครื่องสกัด อบเพื่อระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส จนแห้ง บดตัวอย่างให้ละเอียดแล้วเทใส่ทิมเบิล ล้างภาชนะที่ใช้บดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์จำนวนเล็กน้อย และเทลงในทิมเบิลนั้นด้วย สกัดตัวอย่างต่อไปโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์เติมจนครบเวลาที่ต้องการ

6. ระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออกจากฟลาสค์ก้นกลมให้เกือบหมด เก็บใส่ในขวดรองรับ

7. ระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ที่เหลือในเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100–102 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก อบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ ผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกัน ต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม บันทึกน้ำหนักต่ำสุด

วิธีการคำนวณ

$$\textbf{ร้อยละน้ำมันหรือไขมันของตัวอย่าง} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่างที่อบแห้ง (กรัม)

W_1 = น้ำหนักฟลาสค์และน้ำมันที่สกัดได้หลังจากระเหยตัวทำละลาย (กรัม)

W_2 = น้ำหนักฟลาสค์ที่อบแห้งแล้ว (กรัม)

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 2000)

วัสดุและอุปกรณ์

1. ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ยี่ห้อ Buchi
2. Kjeeldahl flask
3. บิวเรตต์ขนาด 50 ml
4. กระดาษกรอง Whatmanเบอร์ 1

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc.H_2SO_4)

2. คอปเปอร์ซัลเฟต($CuSO_4.5H_2O$)

3. K_2SO_4 (or anhydrous Na_2SO_4)

4. สารละลายNaOHเข้มข้นร้อยละ 80

5. สารละลายกรดมาตรฐานกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้น 0.1 N

6. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสมของ 0.02 g Methyl red และ 0.1 กรัม Bromocresol green ในเอทานอล100 ml

วิธีการวิเคราะห์

1. พับกระดาษกรองเป็นซองรูปซองจดหมาย ชั่งตัวอย่างลงในกระดาษกรองให้ได้น้ำหนักแน่นอน 0.5 ถึง 2 กรัม ไม่รวมน้ำหนักกระดาษ

2. ใส่ตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 1 ลงในหลอดย่อยโดยไม่ให้เปื้อนข้างหลอด และเติมตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งประกอบด้วยของผสมของ K_2SO_4 จำนวน 10 กรัม และ $CuSO_4.5H_2O$ จำนวน 0.5 กรัม และต้องทำไร้สิ่งตัวอย่าง (Blank)ควบคู่กับตัวอย่างทุกครั้ง

3. เติมกรด H_2SO_4 20 ml จะต้องทำในตู้ดูดควัน ปิดฝาหลอดย่อยแล้วยกใส่ในเครื่องย่อยซึ่งอยู่ในตู้ดูดควัน และต่อสายชุดจับไอกรด (Scrubber) กับฝาหลอดย่อย

4. เปิดสวิทซ์เครื่องย่อยและชุดจับไอกรด ระยะแรกใช้ไฟอ่อนๆจนหมดฟอง แล้วจึงปรับไฟแรงขึ้น ย่อยต่อไปจนได้สารละลายใส มีสีฟ้าอมเขียวหรือไม่มีสี ประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที ระหว่างย่อยเขย่าเป็นครั้งคราว

5. ปิดสวิทซ์เครื่องย่อย ห้ามปิดสวิทซ์เครื่องจับไอกรดจนกว่าไอกรดจะหมด

6. ตั้งสารละลายในช่องว่างด้านหน้าเครื่องย่อยจนเย็น

7. ใส่ลูกแก้ว 2–3 เม็ด ลงในหลอดย่อยแล้วนำไปกลั่นในชุดกลั่น

8. เปิดสวิทซ์ชุดกลั่นและเปิดน้ำเข้าเครื่องควบแน่น ทำการอุ่นเครื่องกลั่น (Preheat) โดยต่อหลอดที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณครึ่งหลอด กลั่นเป็นเวลา 2 นาที โดยใช้ฟลาสค์เปล่ารองรับ

9. ตรวจสอบปริมาณน้ำกลั่นและ NaOH ที่ตั้งไว้ซึ่งควรเป็น 60–75 มิลลิลิตร หรือเติมเป็น 3 เท่าของกรด ก่อนเริ่มการกลั่นและเวลาที่ใช้ในการกลั่นประมาณ 3 นาที

10. ทำการกลั่นตัวอย่างโดยนำหลอดย่อยที่เตรียมจากข้อ 7 ต่อกับเครื่องกลั่นและนำฟลาสค์ที่บรรจุ 2% Boric acid ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ซึ่งหยดอินดิเคเตอ ร์5–10 หยด สำหรับรองรับสิ่งที่กลั่นได้

11. กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มการกลั่น โดยเครื่องกลั่นจะเติมน้ำกลั่นตามปริมาตรที่ตั้งไว้แล้วตามด้วยสารละลาย NaOHหลังเติมด่างสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือดำ

12. กดปุ่ม Start เครื่องจะทำการกลั่นเมื่อครบเวลาหรือปริมาตรของสารละลายในฟลาสค์เพิ่มขึ้นเป็น 100 มิลลิลิตร ให้นำไปไทเทรตกับ 0.1 N H_2SO_4 จนสารละลายสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเทา บันทึกปริมาตร

13. ตั้งโหมด Aspiration เพื่อทำการกำจัดสารละลายด่างในหลอดย่อย

14. ก่อนกลั่นตัวอย่างต่อไปต้องล้างระบบก่อนทุกครั้ง โดยใส่หลอดที่มีน้ำกลั่นครึ่งหลอดและรองรับสิ่งที่กลั่นด้วยฟลาสค์ที่มีน้ำกลั่น ทำการกลั่น 1–2 ครั้ง

15. เมื่อกลั่นครบทุกตัวอย่างแล้ว ทำการล้างระบบก่อนปิดสวิทซ์และก๊อกน้ำ เช็ดทำความสะอาดเครื่องทั้งหมด

16. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและโปรตีนสามารถคำนวณได้จากสูตร

วิธีการคำนวณ

$$N(\%) = \frac{[V_1 - V_2] \times N \times 14 \times 10}{S}$$

เมื่อ N (%) = ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด(ร้อยละโดยน้ำหนักของไนโตรเจนต่อน้ำหนักตัวอย่าง)

V_1 = ปริมาตรกรดซัลฟิวริกที่ใช้ไทเทรตตัวอย่างอาหาร (ลิตร)

V_2 = ปริมาตรกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรตสิ่งไร้ตัวอย่าง (ลิตร)

S =ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการย่อย (กรัม)

$$\text{Protein}(\%) = \%N \times \text{conversion factor}$$

เมื่อ Protein (%) = ปริมาณโปรตีนหยาบ (ร้อยละโดยน้ำหนักของโปรตีนต่อน้ำหนักตัวอย่าง)

Conversion factor = เป็นค่าที่ใช้ในการเปลี่ยนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในอาหารเป็นปริมาณโปรตีนหยาบและขึ้นกับชนิดของอาหาร สำหรับตัวอย่างอาหารทั่วไปที่มีของผสมของโปรตีนหลายชนิดใช้ค่า 6.25

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (A.O.A.C., 2000)

วัสดุและอุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ปิเปต ขนาด 10และ 50 มิลลิลิตร
3. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร

4. กระดาษกรองเบอร์ 1และ เบอร์ 4

สารเคมี

1. สารละลายเฟลิงA :ชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต69.28กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นลงไปจนปริมาตรครบ 1000มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษเบอร์ 4

2. สารละลายเฟลิง B : ชั่งโพแทสเซียมโซเดียมทาเทรตเตตราไฮเดรต346 กรัม และโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 100 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร

3. สารละลายเดกซ์โทรส : ชั่งเดกซ์โทรสบริสุทธิ์ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 3.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มิลลิลิตร

4. เมทิลีนบลู เข้มข้นร้อยละ 1 :ชั่งเมทิลีนบลู 1.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

5. สารละลายนิวทรัลเลดอะซิเตต เข้มข้นร้อยละ 10:ชั่งนิวทรัลเลดอะซิเตต50 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มิลลิลิต

6. สารละลายโปแตสเซียมออกซาเลต เข้มข้นร้อยละ 10:ชั่งโปแตสเซียมออกซาเลต 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

7. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 10:ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

8. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น

วิธีการวิเคราะห์

การหาค่ามาตรฐานของสารละลายเฟลิง

ก. การไทเทรตหาค่ามาตรฐานเบื้องต้น (Preliminary determination)

1. ปิเปตสารละลายเฟลิงเอ และ บี อย่างละ 5มิลลิลิตร ใส่รวมกันในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายเดกซ์โทรสจากบิวเรตลงไปประมาณ 15 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากัน

3. ต้มให้เดือดโดยเร็ว เมื่อเดือดได้ประมาณ 15 นาที เติมสารละลายเมทิลีนบลูลงไป 2–3 หยด ซึ่งควรจะเกิดสีน้ำเงินชัดเจน (ถ้าไม่เกิดสีน้ำแสดงว่าใช้เดกซ์โทรสหรือตัวอย่างมากเกินไปให้ทำให้โดยลดปริมาณของเดกซ์โทรสหรือตัวอย่างลง)

4. ไทเทรตจนสีน้ำเงินของเมทิลีนบลูเปลี่ยนไปเป็นสีแดงอิฐ (ณ จุดยุติ) ในระหว่างการไทเทรต ต้องให้สารละลายในขวดรูปชมพู่เดือด และควรเขย่าให้เข้ากันตลอดเวลา

5. บันทึกปริมาตรของสารละลายเดกซ์โทรสที่ใช้ในการไทเทรตตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงจุดยุติ

ข. การไทเทรตหาค่ามาตรฐานที่แน่นอน (Accurate determination)

1. ทำเช่นเดียวกับวิธีการไทเทรตเบื้องต้น แต่เติมสารละลายเดกซ์โทรสลงไปในขวดรูปชมพู่จนเกือบจะถึงจุดยุติ (ให้น้อยกว่าจุดยุติของการหาค่ามาตรฐานเบื้องต้น ประมาณ 1 มิลลิลิตร)

2. ตั้งไฟต้มให้เดือดโดยเร็ว ปล่อยให้เดือดสม่ำเสมอ 2 นาที

3. เติมสารละลายเมทิลีนบลูลงไป 2–5 หยด

4. ไทเทรตโดยเติมสารละลายเดกซ์โทรสครั้งละ 2–3 หยด จนกระทั่งถึงจุดยุติ การไทเทรตนี้ต้องให้เสร็จภายใน 1 นาที หลังจากเติมเมทิลีนบลูและต้องให้สารละลายในขวดรูปชมพู่เดือด และเขย่าให้เข้ากันตลอดเวลา

5. บันทึกปริมาตรของสารละลายเดกซ์โทรสที่ใช้ในการไทเทรต และคำนวณค่าแฟคเตอร์ของสารละลายเฟลิงได้จากสูตรคำนวณ ดังต่อไปนี้

วิธีการคำนวณ

แฟคเตอร์(F) = ปริมาตรของไตเตอร์(มิลลิลิตร) x น้ำหนักเดกซ์โทรส (กรัม) ใน 10 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางจุลินทรีย์

วิธีการทดสอบ Total plate count โดยใช้วิธีของ (FDA, 2001)

เครื่องมือและอุปกรณ์

Plastic Petri Dish ขนาด 90 มิลลิเมตร

Pipet + Pipet aids 1,5,10 มิลลิลิตร

Dilution Bottle ขนาด 250 มิลลิลิตร

Water Bath 45+1 องศาเซลเซียส

Incubator 35+1 องศาเซลเซียส

Colony counter

Dilution Tube ขนาด 20 x150 มิลลิลิตร

อาหารเลี้ยงเชื้อและน้ำยาสารเคมี

Peptone Diluent 90 + 1 มิลลิลิตร

Peptone Diluent 9 + 1 มิลลิลิตร

Plate Count Agar

วิธีการวิเคราะห์

1. ทาการปิเปตตัวอย่างแต่ละความเจือจางที่ต้องการหาเชื้อมา 1 มิลลิลิตรใส่ใน plate โดยแต่ละความเจือจางทำ 2 plate

2. Pour Plate โดยเทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA อุณหภูมิ 45+ 1 องศาเซลเซียสประมาณ 12-15 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันโดยการหมุน plate ขึ้น-ลง 5 ครั้งวนขวา-ซ้าย 5 ครั้งวนตามเข็ม-ทวนเข็มนาฬิกา 5 ครั้งเพื่อให้ตัวอย่างอาหารผสมเข้ากันกับอาหารเลี้ยงเชื้อ

3. ทิ้งให้เย็นจนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งคว่ำ plate นำไปบ่มในตู้บ่ม (Incubator) ที่อุณหภูมิ 35+ 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48+ 2 ชั่วโมง

4. ทำการบันทึกผลหลังจากบ่มไว้ 48 + 2 ชั่วโมงแล้วนับโคโลนีของเชื้อที่อยู่ในช่วง 25-250 โคโลนีในแต่ละความเจือจางและบันทึกผลจำนวนโคโลนีที่นับได้ 63

วิธีทดสอบหาปริมาณยีสต์และราโดยใช้วิธีของ (FDA, 2001)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) 25±1 องศาเซลเซียส
2. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Waterbath) 45±1 องศาเซลเซียส
3. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตาแหน่ง
4. เครื่องตีตัวอย่าง (Stomacher)
5. ถุงใส่ตัวอย่าง (Stomatcher Bag)
6. เครื่องปั่นตัวอย่าง (Blender)
7. โถปั่นตัวอย่าง (Blender Jar)
8. ตะเกียงแก๊ส (Bunsen burner)
9. เครื่องนับเชื้อจุลินทรีย์
10. กล้องจุลทรรศน์
11. ปิเปตปลอดเชื้อขนาด 1, 5, 10 มิลลิลิตร
12. ขวดปลอดเชื้อขนาด 250, 500 มิลลิลิตร
13. หลอดทดลองปลอดเชื้อขนาด 20x150 มิลลิลิตร
14. จานอาหาร (Petridish) ปลอดเชื้อ
15. ช้อน
16. กรรไกร
17. มีด
18. แท่งแก้วงอ

อาหารเลี้ยงเชื้อและน้ำยาสารเคมี

Peptone diluent, 0.1%

Dichloran rose bengal Chloramphenicol (DRBC) agar

Dichloran 18% glycerol (DG 18) agar

วิธีการวิเคราะห์

1. เทอาหาร DRBC / DG18 ลงใน plate ประมาณ 15-20 มิลลิลิตรทิ้งให้แข็งตัว

2. สำหรับตัวอย่างอาหารทั่วไปต้องการหาปริมาณเชื้อยีสต์และราทำการปิเปตตัวอย่างแต่ละความเจือจางจากข้อ 6.2 ลงไปใน DRBC agar plate ละ 0.1 มิลลิลิตร duplicate plate แล้ว spread plate โดยใช้แท่งแก้วงอที่จุ่มแอลกอฮอล์และลนไฟก่อนใช้งานการ spread plate ต้อง spread ให้ตัวอย่างกระจายทั่ว plate จากนั้นนาไปบ่มในตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 25+1 องศา

เซลเซียสโดยวาง plate หงายและตั้งซ้อนกัน 3-5 plate เป็นเวลา 5 วัน ถ้าไม่มีเชื้อขึ้นให้บ่มต่ออีก 2 วัน

3. การบันทึกผลหลังจากบ่มครบ 5 หรือ 7 วันแล้วทำการนับโคโลนีของเชื้อที่อยู่ในช่วง 10-150 โคโลนี ในแต่ละความเจือจาง จำนวนโคโลนีที่นับได้โดยแยกนับระหว่างโคโลนีของเชื้อยีสต์และรา

ภาคผนวก จ

การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนในอาหาร

ภาคผนวก จ
การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนในอาหาร

วิธีการ

เตรียมตัวอย่างลูกตาลในน้ำตาลสด นำไปบรรจุในถุงรีทอร์ตเพาช์ชนิดทึบแสง (PET12/NY15/Al9/CPP80) แบบซองตั้งขนาด 120 x 170 x 35 มิลลิลิตร บรรจุน้ำหนักเนื้อลูกตาลอ่อน40กรัม และน้ำตาลสด 160 กรัมปิดผนึก และฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อระบบน้ำร้อนสเปรย์ (HotWater Spray Retort) รุ่น RCS-60SPXTG (บริษัท HISAKA, ประเทศญี่ปุ่น) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ตัวอย่างมีอุณหภูมิเริ่มต้น (Initial Temperature; IT) 36-37องศาเซลเซียส ทดสอบการแทรกผ่านความร้อนในระหว่างการฆ่าเชื้อวัดอุณหภูมิบริเวณกึ่งกลางของถุงทดสอบจำนวน3 ตำแหน่งคำนวณค่า F_0 โดยใช้โปรแกรม ElabVal Suite Pro กำหนดค่า F_0ในช่วง6, 8 และ 10 นาที ตามลำดับ เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์

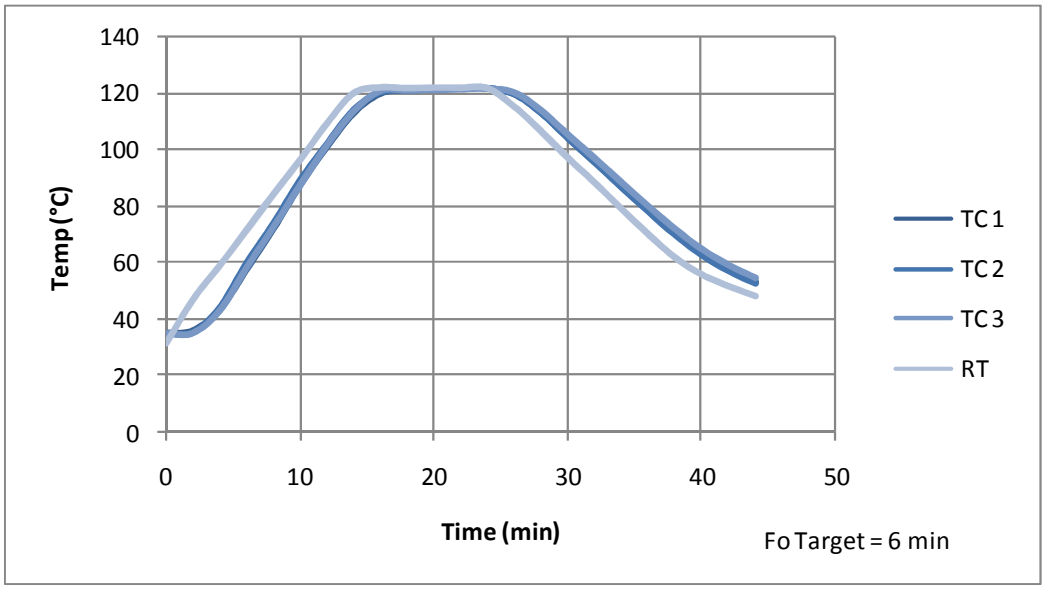
ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสดในระหว่างการฆ่าเชื้อที่ช่วงเวลาต่างกัน

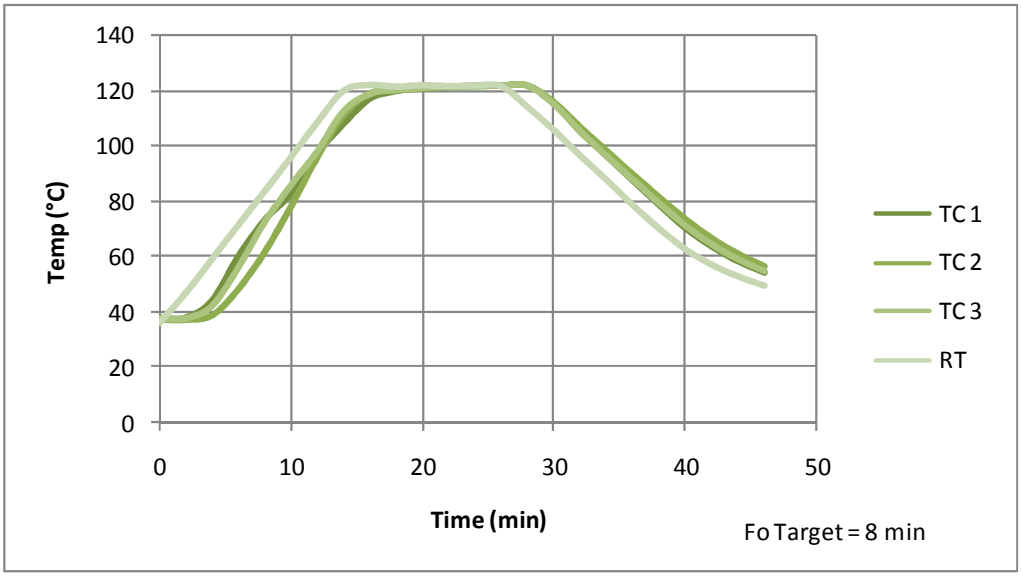
$F_{0Target}$ (min)	Condition					$F_{0Calculated}$ (min)
	CUT (min)	Sterilized			Cooling (min)	
		Temp. (°C)	Press. (MPa)	Time (min)		
6	14	121	0.2	10.0	20	6.6
8	14	121	0.2	12.0	20	8.5
10	14	121	0.2	14.0	20	10.9

จากการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนในตัวอย่างลูกตาลอ่อนในน้ำตาลสด ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ระยะเวลาต่างๆ กัน เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อพบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที และ 8 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 6.6 และ 8.5 นาที ตามลำดับซึ่งเพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ *Cl. Botulinum* ที่สามารถสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพโดยมีค่า F_0อย่างน้อย 3 นาทีและจุลินทรีย์กลุ่มที่ทนความร้อนสูง (Thermophile) ซึ่งมีค่า D-value ($D_{250°F}$=4.0-5.0 min) มากกว่า *Cl. botulinum*

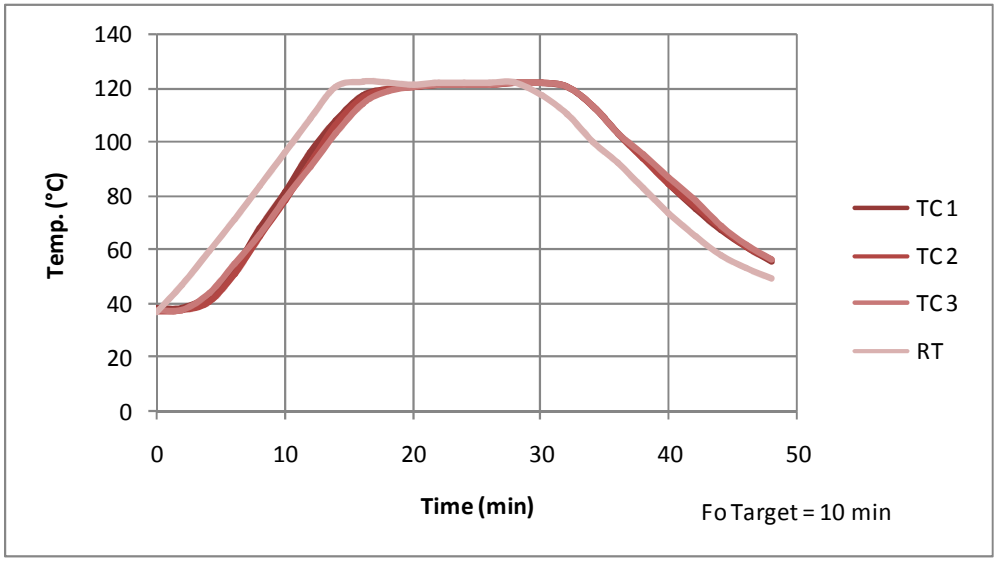
การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการฆ่าเชื้อ



ภาพที่ 1 การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที



ภาพที่ 2 การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที



ภาพที่ 3 การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

ภาคผนวก ฉ

แบบสัมภาษณ์แหล่งผลิตลูกตาลอ่อน

ภาคผนวก ฉ
แบบสัมภาษณ์แหล่งผลิตลูกตาลอ่อน

แบบสัมภาษณ์
เรื่อง
การสำรวจแหล่งผลิตลูกตาลอ่อนของ อ.บ้านลาด จ.เพชรบุรี

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์.....
บ้านเลขที่.....หมู่ที่.....ตำบล.....อำเภอ
.....
วันที่สัมภาษณ์.....เดือน..... พ.ศ.
.....

คำแนะนำ โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ( ) ให้ตรงกับคำตอบหรือกรอกข้อความในช่องว่างที่กำหนด

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร

1. เพศ (.....) ชาย (.....) หญิง
2. อายุ .....ปี
3. การศึกษา
   (.....) ไม่ได้ศึกษา (.....) จบการศึกษาระดับประถมศึกษา
   (.....) จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา (.....) จบการศึกษาระดับอนุปริญญา, ปวส.
   (.....) อื่นๆ.....

ตอนที่ 2 สภาพการผลิต

4. อาชีพหลัก (ใช้เวลามากที่สุดในรอบปี)
   (.....) การเกษตร (ระบุ).....ไร่
   (.....) ทำตาลโตนด.....(ไร่) (ต้น)
   (.....) อื่นๆ.....
5. อาชีพรอง
   (.....) ทำตาลโตนด.....(ไร่) หรือ.....ต้น (ประเภทเช่น น้ำตาลสด น้ำตาลปึก หรือลูกตาลอ่อน)
6. ลักษณะการครอบครองที่ดินเฉพาะพื้นที่ปลูก (ตาล)
   (.....) ที่ดินของตนเอง (ระบุ).....ไร่
   (.....) เช่าผู้อื่น (ระบุ)..... ไร่
7. รูปแบบการปลูก

รูปแบบการปลูก.....เช่น ขึ้นเองตามธรรมชาติเช่นตามคันนาหรือ ปลูกเป็นสวนตาล

8. การดูแลต้นตาลโตนด

(.....) มี (ระบุ).....

(.....) ไม่มี

9. ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว

ระยะเวลา..... วัน(หลังจากที่เก็บเกี่ยวได้เมื่อมันออกดอกหรืออื่นๆ) จนเป็นลูกตาลอ่อน

10. ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้เฉลี่ยต่อต้น

(.....) ลูกตาลอ่อน.....กก. ราคาผลผลิตต่อกก. .....บาท

(.....) อื่นๆ(ระบุ).....

11. จำนวนผลผลิตต่อวัน

(.....) ลูกตาลอ่อน.....กก. รายได้ต่อเดือน.....บาท

(.....) อื่นๆ(ระบุ).....

12. การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์

(.....) มี โดย.....

(.....) ไม่มี

(.....) อื่นๆ(ระบุ).....

13. การเก็บผลผลิต

(.....) (ตอนเช้า).....โมง ถึง.....โมง

(.....) (ตอนเย็น).....โมง ถึง.....โมง

(....) อื่นๆ(ระบุ).....

14. รูปแบบการเก็บเกี่ยว.

(....) ขึ้นเอง

(....) จ้าง

(....) อื่นๆ(ระบุ).....

15. เมื่อมีการเฉาะลูกตาลอ่อนแล้วมีการดำเนินการควบคุมคุณภาพหรือไม่

(.....) มี โดย การแช่.....

(.....) ไม่มี

(.....) อื่นๆ(ระบุ).....

16. ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวขายให้กับ

(....) แปรรูปเอง สถานที่จำหน่าย.....รูปแบบการบรรจุ .....

(....) พ่อค้ามารับซื้อที่แปลง (รูปแบบการบรรจุ.....)

(....) นำไปส่งที่ตลาด (รูปแบบการบรรจุ.....)

(....) นำไปขายให้กับแม่ค้าข้างทาง (รูปแบบการบรรจุ.....)

(....) อื่น ๆ ระบุ..... (รูปแบบการบรรจุ.....)

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณค่ะ

ภาคผนวก ช
งานวิจัยที่ผ่านการเผยแพร่

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
National Research Council of Thailand (NRCT)

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ แก่

ผศ.สุภัทรา กล่ำสกุล

เพื่อแสดงความขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการนำผลงานวิจัย เรื่อง

แนวทางการพัฒนาและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากตาลโตนด

ร่วมนำเสนอในงาน "มหกรรมงานวิจัยแห่งชาติ ๒๕๖๐ (Thailand Research Expo 2017)"

ให้ไว้ ณ วันที่ ๒๗ สิงหาคม ๒๕๖๐

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์สิริฤกษ์ ทรงศิริไล)

เลขาธิการคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ