การใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

Use Jaggery Instead of Sugar in The Recipe Some Khanomchan

ชาญชลิต คำมาก

CHANCHALIT KHAMMARK

ธนกร วงษ์กำภู

THANAKORN WONGGUMPOO

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2559

การใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

Use Jaggery Instead of Sugar in The Recipe Some Khanomchan

ชาญชลิต คำมาก

CHANCHALIT KHAMMARK

ธนกร วงษ์กำภู

THANAKORN WONGGUMPOO

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อโครงงานพิเศษ การใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น
ชื่อนักศึกษา ชาญชลิต คำมาก และธนกร วงษ์กำภู
ชื่อปริญญา คหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ อุตสาหกรรมการบริการอาหาร เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษได้ให้ความเห็นชอบโครงงานพิเศษฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณนนท์ แดงสังวาลย์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ศันสนีย์ ทิมทอง)

.....กรรมการ
(อาจารย์ อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....หัวหน้าสาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร
(อาจารย์ปรัชญา แพมงคล)

วันที่ 1 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2560

ชื่อโครงงานพิเศษ การใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น
ชื่อนามสกุล ชาญชลิต คำมาก ธนกร วงษ์กำภู
ชื่อปริญญา คหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ อุตสาหกรรมการบริการอาหาร เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่แตกต่างกัน ระดับ คือ 3อัตราส่วน 25:75 50:50 และ 75:25 และทำการศึกษาระยะเวลาในการนวดของขนมขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนที่แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 5 นาที 10 นาที 15 นาที 20 นาที และคำนวณคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน โดยวางแผนทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์)Randomized Complete Book Design, RCBD) จากนั้นทำการทดสอบชิมโดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน คน 60 ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ)9 - Point Hedonic Scale) จากนั้นทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีผลต่อการใช้นำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมอาลัว โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 100 คน ด้วยวิธีการทดสอบชิมแบบให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ) 5 - Point Hedonic Scale)

ผลการศึกษาพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับการใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมขนมชั้นที่อัตราส่วน 50:50 เป็นอัตราส่วนที่มีคะแนนการยอมรับมากที่สุดในทุกๆด้าน และผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับระยะเวลาในการนวดของขนมขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนที่ระยะเวลา 20 นาที การศึกษาคุณภาพทางเคมีทางด้านคุณค่าทางโภชนาการพบว่ามีโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น/น้ำ พลังงานในไขมัน ที่มากกว่าตำรับพื้นฐาน และตำรับที่ได้รับการยอมรับมีคาร์โบไฮเดรต พลังงาน และพลังงานจากไขมันที่ต่ำกว่าตำรับพื้นฐาน และผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลโตนดทอดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น ที่ร้อยละ 100

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์, น้ำตาลโตนด

Special project Use Jaggery Instead of Sugar in The Recipe Some Khanomchan

Author Chanchalit Khammark and Thanakorn Wonggumpoo.

Degree Bachelor of Home Economics program

Major program Faculty of Food Service Industry Home Economics Technology

Academic year 2016

Adviser Intima Hirunakarawong

Abstracts

The purpose of this research was the use of jaggery palm substitute partial sugar in Khanom Chan, the suitable ratio of jaggery and sugar (25:50, 50:50 and 75:25) were investigated and to study the suitable kneading time which varied at 5, 10,15 and 20 minutes. Analyze nutritional values and design the experimental by Randomized Complete Block Design (RCBD). Sensory evaluation (color, flavor, taste, texture and overall liking) was tasted by sixty testers with 9-point hedonic scale. After that, using 5-point hedonic scale for consumer acceptance test by one-hundred testers. Results showed that the suitable ratio is 50:50 and the suitable kneading time is 20 minutes had high score in every attributes from sensory test. Chemical properties, protein, fat, ash and moisture content were increased while carbohydrate, total energy and energy from fat were decrease that compared with basic recipe of Khanom Chan. The partial substitution of sugar with jaggery palm that still yielded an acceptable product for the consumers was 100%.

Key word: Palm sugar, Khanom Chan

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่อง “การใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งตามหลักสูตรปริญญาคหกรรมศาสตรบัณฑิต ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลที่สนับสนุนงบประมาณรายจ่ายประจำปี พ.ศ. 2560 ภายใต้โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ในการทำแผนงานพิเศษในครั้งนี้ ขอบคุณบริษัท ขจีชีวิตพอเพียง จำกัด ที่ให้ข้อมูลและวัตถุดิบในการทดลองผลิตภัณฑ์ขนมชั้นและให้คำปรึกษาทางด้านการทำผลิตภัณฑ์ขนมชั้นจนออกมาได้ผลิตภัณฑ์ที่ดี

ขอขอบคุณอาจารย์อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่สละเวลาอันมีค่าและการให้คำปรึกษา แนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ ขอบคุณอาจารย์ศันสนีย์ ทิมทอง อาจารย์ผู้สอนวิชาโครงงานพิเศษที่มอบความรู้ทางด้านวิชาการและการวิเคราะห์ผลทางสถิติในการทำโครงงานพิเศษ ขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ณนนท์ แดงสังวาลย์ ประธานกรรมการในการสอบที่ให้คำปรึกษาในการทำโครงงานพิเศษนี้และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์จอมขวัญ สุวรรณรักษ์ ที่ให้ข้อเสนอแนะในการทำผลิตภัณฑ์ ตลอดจนร่วมทางคณะจัดทำไปเผยแพร่ผลงานในจังหวัดเพชรบุรี

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และบุคคลในครอบครัวทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนทั้งกำลังใจ และกำลังทรัพย์ ตลอดจนความห่วงใยอย่างไม่เคยขาดหาย สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำ ขอระลึกถึงพระคุณครูบาร์อาจารย์ทุกท่าน ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และหากโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นประโยชน์แก่ผู้ใดก็ตาม ขอมอบความดีทั้งหมดแด่ทุกท่านที่กล่าวมา ส่วนความผิดพลาดอันพึงปรากฏคณะผู้จัดทำขอน้อมรับเพียงผู้เดียว

ชาญชลิต คำมาก
ธนกร วงษ์กำภู

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(6)
สารบัญภาพ	(7)
สารบัญแผนภูมิ	(8)
บทที่ 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 นิยามศัพท์	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ตาลโตนด	4
2.2 ขนมชั้น	11
2.3 การเกิดเจล	27
2.4 การนึ่ง	30
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	32
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์	32
3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง	33
3.3 สถานที่ทำการทดลอง	36
3.4 ระยะเวลาในการทดลอง	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	37
4.1 ผลการศึกษาสูตรพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้น	37
4.2 ผลการศึกษาทางเคมีในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน	44
4.3 ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด	45
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	52
5.1 สรุปผลการทดลอง	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	53
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก สูตรพื้นฐานและสูตรพัฒนา	56
ภาคผนวก ข รูปอุปกรณ์ วัตถุดิบและการทำแบบทดสอบของผู้ชิม	61
ภาคผนวก ค ภาพกิจกรรมการนำผลในโครงงานพิเศษไปใช้ประโยชน์	68
ภาคผนวก ง แบบประเมินประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ	72
ภาคผนวก ฉ ตารางการวิเคราะห์ผลโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Spss	81
ภาคผนวก ณ ประวัติผู้ศึกษา	94

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 เปรียบเทียบคุณทางโภชนาการของน้ำตาลโตนดและน้ำตาลทรายต่อปริมาณ 100 กรัม 10

2.2 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของแป้งมันสำปะหลังในส่วนที่กินได้ 100 กรัม 23

2.3 ความดันไอน้ำที่อุณหภูมิต่างกัน 27

3.1 ตารางแสดงปริมาณอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น จำนวน 4 สูตร 33

4.1 สูตรพื้นฐานและสูตรพัฒนาจำนวน 4 สูตร 37

4.2 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสูตรพัฒนา 3 สูตร 38

4.3 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสูตรพัฒนาจำนวน 3 สูตร 39

4.4 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบการนวดแป้งผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสูตรพัฒนา 4 ระดับ 43

4.5 องค์ประกอบเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสูตรพื้นฐานและผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน 44

4.6 เปรียบเทียบคุณทางโภชนาการของน้ำตาลโตนดและน้ำตาลทรายต่อปริมาณ 100 กรัม 45

4.7 จำนวนและค่าร้อยละสถานภาพส่วนบุคคลของผู้บริโภคถามในด้านเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้บริโภค 46

4.8 แสดงจำนวนคนและค่าร้อยละพฤติกรรมของผู้บริโภค 47

4.9 แสดงจำนวนคนและค่าร้อยละพฤติกรรมของผู้บริโภค 48

4.10 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลบางส่วน 49

4.11 ผลการทดสอบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด 50

4.12 การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน 51

4.13 ปริมาณส่วนประกอบของการใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลบางส่วนในการทำผลิตภัณฑ์ขนมชั้น 51

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ต้นตาลโตนด	4
2.2 น้ำตาลโตนด	5
2.3 การนวดตาล	6
2.4 การหักงวงตาล	6
2..5 การหักงวงตาล	7
2.6 การปาดงวงตาล	7
2.7 การรมควันกระบอกเก็บน้ำตาล	8
2.8 การรองน้ำตาล	9
2.9 โครงสร้างน้ำตาล	12
4.1 ขนมชั้นสูตรพัฒนาจำนวน 3 สูตร	38

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ **หน้า**

3.1 กรรมวิธีการผลิตขนมชั้นน้ำตาลโตนด 34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขนมไทยนับเป็นมรดกที่มีคุณค่าอันยิ่งยืนของชาติอย่างหนึ่งในการสะท้อนภาพความละเอียดอ่อนที่ล้วนแต่ต้องใช้ความชำนาญในการปรุงแต่งจากฝีมือของคนไทยมาทุกยุคทุกสมัย มีความประณีตงดงาม มีความอร่อยเป็นเอกลักษณ์ที่ไม่เหมือนใคร และเป็นสิ่งที่เชิดหน้าชูตาของคนไทยต่อชาวต่างประเทศในเรื่องของรสชาติ และความสวยงามอันละเอียดลออมาช้านานขนมไทยเป็นที่นิยมกันโดยทั่วไปมีกลิ่นหอมและมีรสหวานมัน สีสันตามชื่อของขนมนั้นๆ (มณเฑียร, 2541) ขนมไทยที่นิยมรับประทานกันมีหลายประเภท เช่น นึ่ง กวน ต้ม เชื่อม ฯลฯ การประกอบขนมไทยก็มีหลายวิธีด้วยกันซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของขนมนั้นว่าจะประกอบด้วยวิธีการใด แบบใด แล้วทำให้ขนมไทยออกมาน่ารับประทาน (บุญมีและประคอง, 2542)

ขนมชั้นเป็นขนมไทยที่ทำให้สุกด้วยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำโดยการนำแป้งต่างๆ ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำประหลัง แป้งเท้ายายม่อม แป้งถั่วเขียว และหัวกะทิมานวดให้เข้ากันดีแล้วใส่น้ำเชื่อมลงไปละลายให้ทั่วพอน้ำแป้งข้นจากนั้นตักใส่ถาดนำไปนึ่งให้เมื่อสุกแล้วให้คอยเติมทีละชั้นจนพอแก่ความต้องการทิ้งให้เย็นแล้วนำมาตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมโดยมากนิยมใส่น้ำใบเตยให้ออกสีเขียวอ่อนแก่สลับกันไปและได้กลิ่นหอมของใบเตย ส่วนสีแดงโบราณใช้ครั่งปัจจุบันใช้สีผสมอาหารแทน ปัจจุบันนี้ยังทำเป็นสีม่วงโดยใช้ดอกอัญชันและสีน้ำตาลรสกาแฟบางแห่งทำเป็นรูปดอกกุหลาบขนมชั้นเป็นขนมที่มีขายทั่วไปและนิยมใช้ในการพิธีมงคลต่างๆ (บุญมีและประคอง, 2542) ขนมชั้นเป็นอาหารหวานของไทยที่มีมาแต่โบราณนิยมนำมาใช้ในงานมงคลต่างๆ ในปัจจุบันเราจะหาขนมชั้นที่อร่อยๆ กินกันค่อนข้างยาก ขนมชั้นมีวิธีการทำที่ค่อนข้างยุ่งยากและต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์พอสมควร โดยเฉพาะการหยอดแป้งแต่ละชั้น ปริมาณของแป้งต้องเท่ากัน จึงจะได้ชั้นที่สวยและสุกทั่วกัน ลักษณะที่ดีของขนมชั้น คือ ขนมทุกชั้นจะต้องสุกและลอกได้เป็นชั้นๆ หน้าเรียบเสมอ ผิวหน้ามันจากกะทิ เนื้อจะเหนียวนุ่ม ขนมชั้นจะใช้แป้งรวมกันถึง 3 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป เช่น แป้งมันและแป้งเท้ายายม่อมจะให้คุณสมบัติในการทำให้ขนมเหนียวนุ่ม ไม่กระด้าง (ศศพินทุ์, 2548)

จากการได้ลงสำรวจพื้นที่ของของชุมชนภายใต้ บริษัท ขจี ชีวิตพอเพียง ถึงการปลูกต้นตาลโตนดไว้เพื่อใช้ในการเก็บเกี่ยวผลผลิต ในรูปแบบของน้ำตาลสดเพื่อดื่มแก้กระหาย ลอนตาลอ่อน หัวตาลอ่อน และน้ำตาลโตนด ผู้บริโภคมักนำไปประกอบอาหารคาวหวานรับประทานในครัวเรือน ซึ่งคุณภาพของน้ำตาลโตนดของชุมชนในบริษัท ขจี ชีวิตพอเพียง เป็นน้ำตาลโตนดแท้ 100 เปอร์เซ็น ในการกระบวนการผลิตไม่มีส่วนผสมของน้ำตาลทราย มีลักษณะของน้ำตาลโตนดสีจะออกแดงมีรสหวานนุ่มเนื้อน้ำตาลที่ละเอียดถูกอากาศจะเหลวเหมาะสำหรับนำไปส่วนผสมในการทำการอาหารคาวขนมไทยหลายๆ ชนิดส่งผลให้มีกลิ่นรสที่ดีเพิ่มขึ้น (พิมรา, 2559) จากที่กล่าวมาพบว่า ยังไม่มีการใช้ประโยชน์ของน้ำตาลโตนดในผลิตภัณฑ์ขนมไทยซึ่งเป็นขนมหวานที่ทำจากแป้ง ผิวด้านนอกจะเป็นมัน ด้านในเป็นแป้งหนืด มีกลิ่นหอมหวาน ส่วนประกอบ แป้ง กะทิ และน้ำตาลทรายเป็นหลัก และเป็นขนมที่มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นานมากนัก

ผู้ศึกษาจึงสนใจที่จะนำน้ำตาลโตนดมาใช้ทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ในการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นจากการใช้น้ำตาลโตนดให้หลากหลายมากขึ้น ส่งผลให้เกษตรมีอาชีพเสริมจากการจำหน่ายผลิตภัณฑ์และก่อให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการผลิตขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

1.2.2 เพื่อศึกษาระยะเวลาในการนวดแป้งขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน

1.2.3 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน

1.2.4 เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

น้ำตาลโตนดที่นำมาศึกษา คือ น้ำตาลโตนดที่ได้มาจากน้ำตาลสด (ตาลโตนด) ที่ได้จากการนำไปแปรรูปเป็นน้ำตาลสดพร้อมดื่มแล้วเหลือใช้จึงนำมาเคี่ยวจนเป็นน้ำตาลโตนดในอำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี

1.4 นิยามศัพท์

1.4.1 ขนมชั้น หมายถึง อาหารหวานของไทยที่มีมาแต่โบราณ นิยมใช้ในงานมงคลต่างๆ มีวัตถุดิบประกอบด้วย แป้งท้าวยายม่อม แป้งข้าวเจ้า แป้งมัน กะทิและน้ำตาลทรายเป็นต้น

1.4.2 น้ำตาลโตนด หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเคี่ยวน้ำตาลสดจากงวงตาลหรือดอกของต้นตาลจนมีลักษณะข้นเหนียว แล้วทำให้เป็นรูปทรงตามต้องการหรือบรรจุใส่ภาชนะบรรจุเป็นน้ำตาลโตนดที่ได้จากชุมชนในอำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อทราบถึงปริมาณที่เหมาะสมของน้ำตาลโตนดในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

1.5.2 เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่และสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรในชุมชน ตำบลบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตาลโตนด

ปรัชญา (2550) กล่าวว่า ตาลโตนด ชื่อสามัญ (Palmyra Palm) มีหลักฐานทางประวัติศาสตร์ยืนยันว่าต้นตาลซึ่งเป็นพืชตระกูลปาล์ม โดยสันนิฐานว่าจีแหล่งกำเนิดดั่งเดิมอยู่ในภูมิประเทศเขตร้อนของทวีปแอฟริกา ต่อมาได้มีการกระจายพันธุ์และขยายพื้นที่ปลูกไปจนถึงอินเดียตอนใต้ ได้แก่ ศรีลังกา พม่า กัมพูชา มาเลเซีย อินโดนีเซีย และไทย เมืองเพชรบุรีถือเป็นแหล่งปลูกต้นตาลโตนดที่สำคัญอันดับต้นๆ ของประเทศไทย ผลการสำรวจข้อมูลของสำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี ปี พ.ศ. 2543 พบว่า เพชรบุรีมีจำนวนต้นตาลโตนด ประมาณ 694,954 ต้น นอกจากนี้ยังพบว่ามีพื้นที่การปลูกต้นตาลกระจัดกระจายอยู่ตามจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ เช่นพิษณุโลก บุรีรัมย์ สิงห์บุรี ชัยนาท สุพรรณบุรี นครปฐม นครศรีธรรมราช สงขลา เป็นต้น พันธุ์ตาลโตนดที่ปลูกทั่วไปมีอยู่ 3 พันธุ์คือ โตนดหม้อ โตนดไข่ โตนดพันธุ์ลูกผสม (ปรัชญา, 2550) ที่นิยมบริโภค คือ โตนดหม้อ เป็นตาลที่นิยมนำมาทำเพราะมีผลใหญ่ มีเนื้อมาก เปลือกบาง สีเหลืองจัด กลิ่นหอม มีรสหวานเข้มที่สุด และยังมีคุณค่าทางโภชนาการทางด้านคาร์โบไฮเดรต แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก และวิตามินซี

ภาพที่ 2.1 ต้นตาลโตนด
ที่มา : ปรัชญา (2550)

2.1.1 น้ำตาลโตนด

น้ำตาลโตนดมาจากต้นตาลโตนด ซึ่งต้องใช้เวลา 15 ปี สำหรับการเจริญเติบโตก่อนที่จะเริ่มต้นให้ดอก และมีช่วงชีวิตอยู่ได้ถึง 100 ปี นอกจากนี้ยังมีการรักษาตัวเองจากเชื้อโรคและศัตรูพืช ไม่มีความจำเป็นต้องใช้สารกำจัดศัตรูพืชหรือสารเคมีกำจัดวัชพืชจึงทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีมลพิษจากสารเคมีอุตสาหกรรม น้ำตาลโตนดภาษาชาวบ้านจะเรียกกันว่า น้ำตาลปี๊บ โดยช่วงที่มีน้ำตาลออกมามากที่สุดและคุณภาพดีมีกลิ่นหอม รสหวาน คือ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ช่วงนี้บรรดาแม่ค้าขนมโดยเฉพาะขนมหม้อแกงจากจังหวัดเพชรบุรี จะนิยมซื้อน้ำตาลปี๊บกักตุนไว้ใช้ เพราะน้ำตาลปี๊บนี้จะสามารถเก็บไว้ได้นานข้ามปี ส่วนช่วงฝนจะเป็นช่วงที่น้ำตาลมีคุณภาพต่ำ (ปรัชญา, 2550)

2.1.2 น้ำตาลสด

ต้นตาลมีช่อดอก 2 ชนิด คือ ดอกตัวผู้และตัวเมีย ส่วนของช่อดอกตัวผู้ที่แตกแขนงออก เรียกว่า “งวงตาล” และส่วนของช่อดอกตัวเมียที่แตกออกเรียกว่า “ปลีตาล” ซึ่งสามารถให้น้ำหวานได้ทั้งสองชนิด น้ำหวานที่รองได้จากการปาดงวงตาลและปลีตาลเรียกว่า น้ำตาลใส หรือ น้ำตาลสด อยู่ในรูปของน้ำหวานที่สามารถดื่มได้ทันทีต้นตาลโตนดจะเริ่มให้น้ำหวานเมื่อมีอายุ 10-12 ปี โดยเริ่มปาดงวงตาลและปลีตาลเมื่อมีดอกปี

ภาพที่ 2.2 น้ำตาลโตนดสด
ที่มา : ปรัชญา (2550)

2.1.2.1 การเก็บเกี่ยวผลผลิตตาลโตนด

1) การนวดช่อดอก หรือการนวดงวงตาล เกษตรกรต้องเลือกช่อดอกที่คาบหรือนวดประมาณ 1-7 ช่อดอก ส่วนมากจะใช้เพียง 3-5 ดอก ส่วนช่อดอกอื่นๆจะเก็บไว้คาบหรือนวดภายหลัง

ภาพที่ 2.3 การนวดงวงตาล
ที่มา : ปรัชญา (2550)

2) เกษตรกรจะหักงวงตาลทิ้งเป็นบางส่วน โดยเลือกเอางวงตาลที่มีขนาดเท่ากันเหลือเอาไว้ จำนวน 4-5 งวง ส่วนที่เหลือหักทิ้งให้หมด การหักทิ้งนั้นก็เพื่อไม่ให้แย่งอาหารส่งมาหล่อเลี้ยงช่อดอกทั้งหมด ต่อมาเกษตรกรจะจับงวงตาล แล้วหมุนบิดควงซ้ายสลับขวา การบิดควรระวังอย่าให้งวงตาลหัก เพื่อให้ท่อน้ำหวานที่มีลักษณะเป็นเสี้ยนแตกกระจายตัว จากนั้นทิ้งไว้ 1 วัน หลังจากทิ้งไว้ 1 วัน ก็ถึงขั้นตอนการนวด โดยใช้ไม้คาบตาบหรือไม้นวดตาล การนวดนี้ต้องนวดให้ครบจำนวน 3 ครั้ง ที่เรียกว่า “ครบ 3 ไม้” แต่ละครั้งจะใช้แรงบีบนวดเริ่มต้นจากน้อยไปหามาก เมื่อนวดครบ 3 ครั้ง ให้ทิ้งไว้ 1 วัน จึงกลับมาตรวจดูว่ามีน้ำตาลสดไหลออกมาจากงวงตาลหรือไม่ โดยใช้มีดปาดตาลคมๆเฉือนตัดตรงปลายตาล ถ้าไม่มีน้ำตาลสดไหลออกมาต้องเริ่มนวดใหม่ หากพบว่ามีน้ำตาลสดไหลซึมออกมาแล้วก็ให้มัดรวบงวงตาลรวมกันประมาณ 4 งวงต่อมัดทิ้งไว้ 2 คืน

ภาพที่ 2.4 การหักงวงตาล
ที่มา : ปรัชญา (2550)

3) การแช่งวงตาลด้วยน้ำ หลังจากการนวด เกษตรกรจะแช่ช่อดอกหรืองวงตาลที่มัดรวมกันไว้แล้วในกระบอกใส่น้ำเปล่า จากภูมิปัญญาของเกษตรกรพบว่า น้ำที่ใช้แช่งวงตาลควรเป็นน้ำขุ่นหรือน้ำดินโคลน เพื่อให้มีน้ำตาลสดในปริมาณที่มากขึ้น การแช่ต้องแช่ให้ครบ 2 วัน 2 คืน พอดี ถ้าแช่นานเกินไปจำทำให้งวงตาลอุดตัน

ภาพที่ 2.5 การหักงวงตาล
ที่มา : ปรัชญา (2550)

4) การใช้มีดปาดตาล เกษตรกรจะไต่พะองไม้ไผ่ที่ผูกติดกับลำต้นตาลโตนดปีนขึ้นไปถึงยอดตาลและใช้มีดปาดตาลที่มีขนาดความยาว 30 เซนติเมตร ซึ่งมักจะสอดเก็บไว้ในปลอกมีดที่ทำด้วยใบตาลหรือปีกไม้แล้วเหน็บไว้กับเอวขณะที่ปีนขึ้นไป เกษตรกรจะปาดตาลออกครั้งละ 2-3 มิลลิเมตร ทั้งนี้ถ้ามีน้ำตาลสด ไหลออกมากก็จะปาดงวงตาลครั้งละน้อยๆ ถ้ามีน้ำตาลสดไหลน้อยก็จะปาดงวงตาลครั้งละมากๆ ขึ้น หรือหนาขึ้นอีก

ภาพที่ 2.6 การปาดงวงตาล
ที่มา : ปรัชญา (2550)

5) การเตรียมกระบอกไม้ไผ่สำรองเก็บน้ำตาลโตนดสด การเตรียมกระบอกไม้ไผ่ ทำได้โดยการนำกระบอกไม้ไผ่กลั้วด้วยน้ำตาลโตนดที่ต้มจนเดือด แล้วเทออกนำไปแขวนผึ่งลมไว้รอการนำไปใช้ต่อไปหรือนำกระบอกไม้ไผ่ไปรมควันที่เตารมซึ่งใช้ฟืนจากกาบใบตาลแห้ง เมื่อรมควันไฟแล้วกระบอกจะมีสีนวลและมีกลิ่นหอมหากใช้ฟืนไม้อื่นจะทำให้มีกลิ่นเหม็นและคราบเขม่าจะทำให้น้ำตาลสดมีสีดำคล้ำก่อนจะนำกระบอกไม้ไผ่ขึ้นไปรองรับน้ำตาลสดเกษตรกรจะถากไม้ ไม้เคี่ยม จำนวน 2-3 ชิ้นใส่ลงในกระบอกไม้ไผ่ทุกกระบอกไม้เคี่ยมมีคุณสมบัติช่วยชะลอการบูดของน้ำตาลโตนดได้ถ้าไม่ใส่ไม้เคี่ยมน้ำตาลโตนดจะเกิดฟองและมีรสเปรี้ยวถ้าไม่มีไม้เคี่ยมจะใช้ไม้พะยอมแทนก็ได้เช่นกันการใช้ไม้เคี่ยมจะทำให้ได้น้ำตาลโตนดคุณภาพดีขายได้ราคาสูง

ภาพที่ 2.7 การรมควันกระบอกเก็บน้ำตาลสด
ที่มา : ปรัชญา (2550)

6) การรองรับน้ำตาลโตนด เมื่อใช้มีดปาดงวงตาลเรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อมาคือการเอากระบอกไม้ไผ่ที่เตรียมมาใส่เข้าไปรองรับน้ำตาลสด แล้วผูกให้แน่นกับงวงตาลโดยตาลต้นหนึ่งจะรองรับได้ 5-6 กระบอกและจะให้น้ำตาลโตนดเฉลี่ย 15-30 ลิตรต่อวัน (2ครั้ง เช้า-เย็น) ตามปกติช่อดอกตัวผู้สามารถรองรับน้ำตาลได้นาน 2-3 เดือนและช่อดอกตัวเมียสามารถรองน้ำตาลได้นาน 4 -5 เดือนทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยาวของงวงตาลและวิธีการปาดงวงตาลการเก็บครั้งแรกเกษตรกรจะปีนเก็บในตอนเช้าเวลาประมาณ 06.30-10.30 น. การเก็บครั้งที่ 2 กระทำระหว่างเวลา 14.00-18.30 น. การเก็บน้ำตาลโตนดสด 2 ครั้งต่อวันเกษตรกร 1 คน จะสามารถปีนเก็บน้ำตาลโตนดได้ปกติเฉลี่ยสูงสุดไม่เกิน 30 ต้นต่อวัน

ภาพที่ 2.8 การรองน้ำตาลโตนด
ที่มา : ปรัชญา (2550)

2.1.2.2 แหล่งผลิตน้ำตาลโตนด

วังตาล คือแหล่งผลิตน้ำตาลชื่อดังของตำบลบ้านหาด อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี แรกเริ่มก่อตั้งจากการรวมกลุ่มของเกษตรกรในหมู่บ้านจัดตั้งเป็นวิสาหกิจชุมชนวังตาล ประมาณ พ.ศ.2546 โดยมีคุณพงศธร มีลิ เป็นแกนนำในการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์อย่างเป็นระบบ เพื่อเป็นการกระจายรายได้แก่ชุมชน โดยจะรับซื้อน้ำตาลมาจากชาวบ้านและนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์จากน้ำตาล ได้แก่ น้ำตาลสด น้ำตาลข้น และน้ำตาลปึก โดยใช้ชื่อว่า “วังตาล”

2.1.2.3 กระบวนการผลิตน้ำตาลโตนด

เกษตรกรสามารถปาดตาลได้ทุกวัน วันละ 2 ครั้ง คือช่วงเช้ารอให้น้ำหวานหยดใส่ภาชนะที่รองรับไว้อาจจะเป็นกระบอกไม้ไผ่ทุ่นอวนลอยหรือแกลลอนประมาณ 8-10 ชั่วโมง แล้วขึ้นไปเก็บพร้อมกับใช้มีดปาดใหม่อีกครั้งและไปเก็บตอนเย็นวนเวียนอยู่อย่างนี้จนกว่าช่อดอกที่ปาดจะหมดหรือปริมาณน้ำตาลลดมากจะนานประมาณ 3-4 เดือนตาลโตนดหนึ่งต้นจะมีช่อดอกประมาณ 3-5 ช่อ ให้น้ำหวาน เฉลี่ยวันล่ะ 20-40 ลิตร น้ำตาลสดสามารถแปรรูปได้หลายอย่าง เช่น น้ำผึ้ง น้ำตาลแว่น น้ำส้ม กะแช่ หรือบริโภคสดก็ได้รสชาติที่หอมหวานเช่นกัน

2.1.2.4 วิธีสังเกตน้ำตาลโตนดแท้ หรือเทียม

1) หากเป็นน้ำตาลโตนดแท้สีจะออกแดงแต่ถ้าหากน้ำตาลโตนดเทียมสีจะออกขาว

2) หากเป็นน้ำตาลโตนดแท้จะมีรสหวานนุ่มแต่ถ้าหากน้ำตาลโตนดเทียมจะมีรสหวานแบบเลี่ยนๆ

3) หากเป็นน้ำตาลโตนดแท้จะมีเนื้อน้ำตาลที่ละเอียดแต่ถ้าหากน้ำตาลโตนดเทียมเนื้อจะหยาบๆ

4) หากเป็นน้ำตาลโตนดแท้เมื่อถูกอากาศจะเหลวแต่ถ้าหากน้ำตาลโตนดเทียมจะแข็งและอยู่ได้นาน (วิกิตำราตำราเสรีเพื่อโลกเสรี, 2557)

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณทางโภชนาการของน้ำตาลโตนดและน้ำตาลทรายต่อปริมาณ 100 กรัม

ชนิดของแร่ธาตุ	น้ำตาลทรายขาว	น้ำตาลโตนด	หน่วย
พลังงาน	387	402	กิโลแคลอรี่
โปรตีน	-	0.30	กรัม
ไขมัน	-	0.40	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	99.98	99.3	กรัม
น้ำตาล	99.80	-	กรัม
น้ำ	0.02	-	กรัม
วิตามินบี1	-	0.01	มิลลิกรัม
วิตามินบี2	0.019	0.02	มิลลิกรัม
วิตามินซี	-	17	มิลลิกรัม
ไนอาซีน	-	0.5	มิลลิกรัม
แคลเซียม	1	0.4	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.05	0.20	มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	2	-	มิลลิกรัม
โซเดียม	1	-	มิลลิกรัม
สังกะสี	0.01	-	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	-	20	มิลลิกรัม

ที่มา : นิรนาม, มปป.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2559.

2.2 ขนมชั้น

ขนมไทยนับเป็นมรดกที่มีคุณค่าอันยิ่งยืนของชาติอย่างหนึ่งในการสะท้อนภาพความละเอียดอ่อนที่ล้วนแต่ต้องใช้ความชำนาญในการปรุงแต่งจากฝีมือของคนไทยมาทุกยุคทุกสมัย มีความประณีตงดงาม มีความอร่อยเป็นเอกลักษณ์ที่ไม่เหมือนใครและเป็นสิ่งที่เชิดหน้าชูตาของคนไทยต่อชาวต่างประเทศในเรื่องของรสชาติและความสวยงามอันละเอียดลออมาช้านานขนมไทยเป็นที่นิยมกันโดยทั่วไปมีกลิ่นหอมและมีรสหวานมันสีสันตามชื่อของขนมนั้นๆ (มณเฑียร, 2541) ประเภทของขนมไทยที่นิยมรับประทานกันนั้น มีหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นขนมไทยประเภท นึ่ง กวน ต้ม เชื่อม ฯลฯ การประกอบขนมไทยก็มีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของขนมนั้นว่าจะประกอบด้วยวิธีการใด แบบใด แล้วให้ขนมไทยออกมาน่ารับประทานการนึ่งเป็นการประกอบขนมไทยชนิดหนึ่งที่ทำให้ขนมไทยชนิดหนึ่งที่ทำให้ขนมนั้นสุกโดยใช้ไอน้ำเดือดและยังเป็นการคงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารอีกด้วย

(บุญมีและประคอง, 2542) ขนมชั้นเป็นขนมไทยที่ทำให้สุกด้วยวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำโดยการนำแป้งต่างๆ ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำประหลัง แป้งเท้ายายม่อม และแป้งถั่วเขียว เป็นต้น และหัวกะทิมานวดให้เข้ากันดีแล้วใส่น้ำเชื่อมลงไปละลายให้ทั่วพอน้ำแป้งข้นจากนั้นตักใส่ถาดนำไปนึ่งให้เมื่อสุกแล้วให้คอยเติมทีละชั้นจนพอแก่ความต้องการทิ้งให้เย็นแล้วนำมาตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมโดยมากนิยมใส่น้ำใบเตยให้ออกสีเขียวอ่อนแก่สลับกันไปและได้กลิ่นหอมของใบเตย ส่วนสีแดงโบราณใช้ครั่งปัจจุบันใช้สีผสมอาหารแทนปัจจุบันนี้ยังทำเป็นสีม่วงโดยใช้ดอกอัญชันและสีน้ำตาลรสกาแฟบางแห่งทำเป็นรูปดอกกุหลาบขนมชั้นเป็นขนมที่มีขายทั่วไปและนิยมใช้ในการพิธีมงคลต่างๆ

2.2.1 วัตถุดิบ

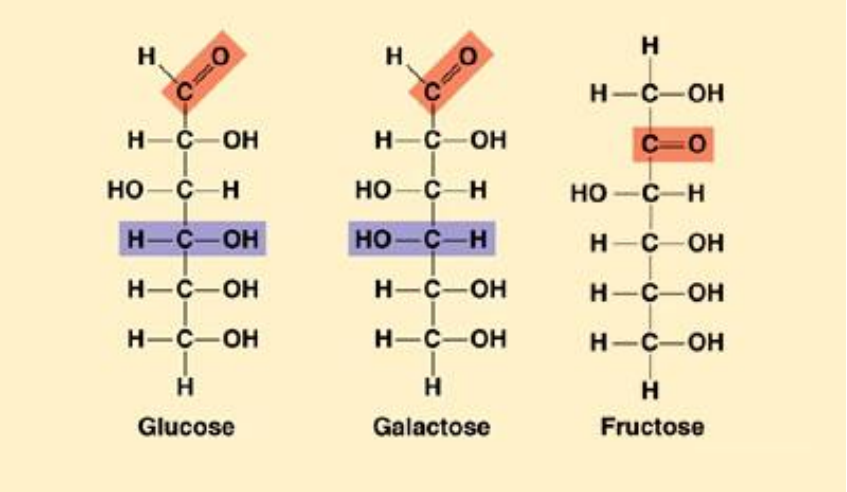
2.2.1.1 น้ำตาล

น้ำตาลจัดเป็นวัตถุดิบที่นำมาใช้ประกอบอาหารมากที่สุดชนิดหนึ่งตั้งแต่อดีตจนกระทั่งปัจจุบันยังคงใช้กันอย่างแพร่หลายและมีการผลิตเกือบทั่วโลกปัจจุบันน้ำตาลที่ผลิตจากอ้อยมีปีละประมาณ 877,113 ล้านตัน (คิดเป็นร้อยละ 65) ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตน้ำตาลจากอ้อยมากเป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากอินเดีย และบราซิล ในทุกครัวเรือนของคนไทยแทบจะขนาดน้ำตาลไม่ได้ เพราะสามารถนำมาประกอบอาหารทั้งคาวและหวานมากมายหลายชนิด สำหรับการทดลองอาหารเองก็มีการนำน้ำตาลมาใช้ทดลองกันอย่างกว้างขวางเนื่องจากมีราคาถูกและเป็นวัตถุดิบหลักในการประกอบอาหารหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นเครื่องดื่ม เช่น น้ำหวานชนิดอัดก๊าซและไม่อัดก๊าซ อาหารบรรจุกระป๋อง อาหารหมักดอง ขนมหวานต่างๆ เป็นต้น ด้วยเหตุผลนี้การนำน้ำตาลมาใช้ในการทดลองจึงควรเข้าใจถึงข้อมูลพื้นฐานของน้ำตาล ไม่ว่าจะเป็นทฤษฎีของน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของน้ำตาล ชนิดของน้ำตาล สมบัติของน้ำตาลการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาล

ระหว่างประกอบอาหาร และการแปรรูปอาหารจากน้ำตาลรวมทั้งตัวอย่างอ้างอิง เพื่อช่วยสนับสนุนผลการทดลองที่ได้ให้มีความน่าเชื่อถือได้

1) คาร์โบไฮเดรตแบ่งตามลักษณะโมเลกุลออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1.1) น้ำตาลชั้นเดียว เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กที่สุด น้ำตาลชั้นเดียวถูกดูดซึมได้เลยโดยไม่ต้องย่อย มีรสหวาน ที่สำคัญคือ กลูโคส กลูโคส ฟลุคโตส และแลคโตส



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างน้ำตาล

ที่มา : ประชาและอรวินนท์ (2519)

กลูโคส (glucose หรือ dextrose) และฟลุคโตส (fructose) หรือ (levulose) พบในผักและผลไม้ น้ำผึ้ง น้ำเชื่อม เป็นต้น กลูโคสเป็นน้ำตาลชนิดเดียวที่อยู่ในกระแสโลหิตของคนปกติ ส่วนกาแลคโตสไม่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แต่ได้จากการสลายตัวเองของน้ำตาลแลคโตสซึ่งเป็นน้ำตาลสองชั้น ในการแพทย์ใช้น้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งพลังงานที่ต้องการใช้อย่างรวดเร็ว เช่น ให้แก่คนป่วยที่ขาดอาหาร และใส่ในยาบำรุงกำลังต่างๆ น้ำตาลกลูโคสนี้สังเคราะห์ได้จากแป้งข้าวโพด

1.2) น้ำตาลสองชั้น เป็นน้ำตาลที่ได้จากการรวมตัวของน้ำตาลชั้นเดียว 2 โมเลกุลเมื่อกินน้ำตาลสองชั้นเข้าไปต้องถูกย่อยโดยเอนไซม์ในทางเดินอาหารให้เป็นน้ำตาลชั้นเดียวเสียก่อนจึงดูดซึมได้คาร์โบไฮเดรตประเภทนี้มีรสหวาน น้ำตาลสองชั้นที่สำคัญได้แก่ ซูโครส แลคโตสและมอลโตส

ซูโครสย่อยสลายได้กลูโคสและฟลุคโตส แลคโตสสลายตัวได้กาแลคโตสและกลูโคส มอลโตส สลายตัวได้กลูโคส 2 โมเลกุล ซูโครสก็คือน้ำตาลทรายนั้นเอง แลคโตสเป็นน้ำตาลที่

พบในนมเท่านั้น ส่วนมอลโตสไม่เกิดอย่างอิสระในธรรมชาติ ได้จากการย่อยสลายน้ำตาลหลายชั้นโดยเอนไซม์ เช่น การย่อยแป้งและในเมล็ดธัญพืชที่กำลังงอก

1.3) น้ำตาลหลายชั้น เป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่และซับซ้อน ประกอบด้วยน้ำตาลชั้นเดียวจำนวนน้ำตาลชั้นเดียวจำนวนมากมารวมกัน ความจริงไม่ควรเรียกว่าน้ำตาล เพราะไม่มีรสหวานเลย น้ำตาลหลายชั้นได้แก่ ไกลโกเจนที่มีในคนและสัตว์ เซลลูโลสและแป้งที่พบในพืชเป็นต้น น้ำตาลหลายชั้นดังกล่าวย่อยสลายได้กลูโคส คนไม่มีเอนไซม์สำหรับย่อยเซลลูโลสจึงเหลือเป็นกาก

2) ชนิดของน้ำตาล

น้ำตาลซูโครสที่ใช้บริโภคมีอยู่มากมายหลายชนิดได้จากการนำน้ำเชื่อมจากพืชหลายชนิดไม่ว่าจะเป็นต้นตาล ต้นอ้อย ต้นมะพร้าว ต้นเมเปิล และหัวผักกาดหวานหรือบีทรูท มาแปรรูป เป็นน้ำตาลที่รู้จักในชื่อเรียกต่างๆ กันดังนี้

2.1) น้ำตาลทรายดิบ (raw sugar) หมายถึง ผลึกซูโครสที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ เป็นเกล็ดใสสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้มตามสีของกากน้ำตาลที่หุ้มอยู่รอบผลึกมีความชื้นปานกลางเกล็ดน้ำตาลจะจับเกาะติดกันไม่ร่วนวิธีการผลิตจะใช้ปูนขาวเป็นตัวฟอกสีของน้ำอ้อยน้ำตาลชนิดนี้ผลิตจากอ้อยโดยตรงและยังไม่มีความบริสุทธิ์พอที่จะบริโภคใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อทำน้ำตาลทรายขาวอีกทีหนึ่ง

2.2) น้ำตาลทรายขาว (plantation white sugar) หมายถึง ผลึกซูโครสที่มีความบริสุทธิ์สูงเป็นเกล็ดใส สีขาวถึงเหลืองอ่อน มีความชื้นเล็กน้อยเกล็ดน้ำตาลร่วนไม่ติดกันและมีกากน้ำตาลติดอยู่เป็นส่วนน้อย ผลิตจากอ้อยโดยตรงวิธีการผลิตใช้กำมะถันหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวฟอกสี ใช้บริโภคในครัวเรือนและใช้ในการทำอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องของน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่

2.3) น้ำตาลทรายสีรำ (brown sugar) หมายถึงน้ำตาลทรายขาวทั่วไปเป็นเกล็ดใสกว่าน้ำตาลทราบดิบเล็กน้อย สีน้ำตาลอ่อนเนื่องจากสีของน้ำตาลไหม้หรือสีของกากน้ำตาลมีความชื้นอยู่น้อยกว่าน้ำตาลทรายดิบน้ำตาลชนิดนี้ผลิตจากน้ำเชื่อมหรือ น้ำตาลทรายแดง

2.4) น้ำตาลทรายแดง (soft brown sugar) เป็นผงละเอียดคล้ายทรายหรืออาจจับกันเป็นก้อน มีสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม มีความชื้นสูง มีกลิ่นน้ำตาลไหม้ผลิตจากอ้อยโดยตรงมีทั้งการเคี่ยวในกระทะเปิด (open pan method) หรือใช้กรรรมวิธีการผลิตที่ทันสมัยใช้แทนน้ำตาลทรายขาวได้ เช่น ในการทำซีอิ๊ว ผลิตน้ำตาลมะพร้าวใช้เป็นส่วนผสมในการทำขนมต่างๆ

2.5) น้ำตาลทรายอัดเม็ด (cube sugar) หมายถุง น้ำตาลทรายที่มีลักษณะเป็นรูปก้อนสี่เหลี่ยม นิยมใช้ในการชงเครื่องดื่มประเภท น้ำชา กาแฟ ได้จากการอัดน้ำตาล

ทรายขาวเข้ากันเป็นก้อนแล้วผ่านเข้าอบด้วยความร้อนจากแสงอินฟราเรดเพื่อลดความชื้นให้เหลือเพียง 0.5-1.00 เปอร์เซ็นต์จากนั้นนำมาเป่าลมเย็นเพื่อให้แข็งเป็นก้อนบรรจุในกล่องกระดาษ

2.6) น้ำตาลกรด (crystalline sugar) หมายถึง น้ำตาลที่มีลักษณะเป็นก้อนหลายเหลี่ยมคล้ายก้อนสารส้ม สีขาวใส ผลิตจากน้ำเชื่อมจากอ้อยโดยผ่านกระบวนการตกผลึกอย่างช้าๆ เป็นเวลาหลายวันมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลชนิดอื่นใช้เชื่อมผลไม้ ตุ๋นรังนก ต้มยาจีนและทำขนมต่างๆ

2.7) น้ำตาลมะพร้าวและน้ำตาลโตนด เป็นน้ำตาลก้อนเหนียวมีความหนืดสูง สีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม มีความชื้นมากผลิตจากต้นมะพร้าวหรือต้นตาลการเรียกชื่อน้ำตาลชนิดนี้เรียกชื่อตามภาชนะที่บรรจุถ้าใส่อยู่ในปี๊ปจะเรียกว่า “น้ำตาลปี๊ป” ถ้าบรรจุอยู่ในหม้อใบเล็กเรียกว่า “น้ำตาลหม้อ” นอกจากนั้นถ้านำมาตักหยอดให้เป็นก้อนแล้วนำทั้งสองก้อนมาประกอบกันเรียกว่า “น้ำตาลงบ” เป็นต้น น้ำตาลชนิดนี้นิยมนำมาใช้ในการประกอบอาหารและขนมไทยต่างๆ

3) หน้าที่ของน้ำตาล

มีการนำน้ำตาลมาใช้เป็นทั้งส่วนผสมหลักและเป็นส่วนประกอบเพื่อปรุงรสอาหารมากมายหลายชนิดทั้งบริโภคภายในครัวเรือนและแปรรูปในอุตสาหกรรมด้านอาหารจะใช้น้ำตาลเพื่อให้รสชาติ รูปร่าง หรือให้คุณค่าแก่ร่างกายได้อีกหลายร้อยประเภททั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลมีสมบัติหลากหลายดังได้กล่าวตอนต้น ทำให้หน้าที่ของน้ำตาลในอาหารจีนมีหลายอย่างตามจุดประสงค์ของการใส่ในการประกอบอาหารที่พอสรุปได้ดังนี้

3.1) เป็นสารให้รสหวาน เป็นหน้าที่หลักของน้ำตาลที่ใส่เพื่อให้รสชาติหวานแก่อาหารนิยมใช้ในอาหระประเภทหวานทั่วไป เช่น ในขนมหวานของไทย เครื่องดื่มประเภทต่างๆ เป็นต้นการใช้น้ำตาลเพื่อเป็นสารให้ความหวานมีปัจจัยหลายชนิดที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่ ชนิดของน้ำตาล ความเข้มข้น อุณหภูมิ ความเป็นกรดของอาหารและส่วนประกอบอื่นๆ ที่ใส่ลงในอาหารล้วนมีผลให้สมบัติของน้ำตาลเปลี่ยนไป

3.2) ให้กลิ่นรสแก่อาหาร การใส่น้ำตาลช่วยให้อาหารมีกลิ่นรสเปลี่ยนไปโดยน้ำตาลจะช่วยให้รสชาติอาหารดีขึ้นเห็นได้จากในสมัยก่อนนิยมใช้น้ำตาลแทนผงชูรสช่วยให้รสชาติอาหารกลมกล่อมขึ้นช่วยลดให้รสใดรสหนึ่งของหารจางลง เช่น ใช้น้ำตาลใส่ในอาหารที่มีรสเปรี้ยวเกินจะช่วยให้รสเปรี้ยวลดลงอาหารจึงมีรสชาติกลมกล่อมขึ้นหรือช่วยให้เกิดกลิ่นรสคาราเมลในทำให้เกิดกลิ่นรสดังกล่าวขึ้น

3.3) ให้ลักษณะที่เป็นเนื้อแก่อาหาร (Body) ดังกล่าวไว้ในหัวข้อสมบัติของน้ำตาลว่าน้ำตาลช่วยให้เกิดลักษณะความเป็นเนื้อ (body) ที่เรียกว่า “mouth feel” ขึ้นในปากพบมากในเครื่องดื่มที่ใส่น้ำตาลลงไป

3.4) ให้สีแก่อาหารหรือที่เรียกว่า สีคาราเมล มีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลเข้มเกิดจากการให้ความร้อนแก่น้ำตาลจนกระทั้งมีอุณหภูมิตั้งแต่ 1070 ℃ ขึ้นไป

3.5) ช่วยให้อาหารเก็บได้นานขึ้น การใส่น้ำตาลในปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 60-70 จะช่วยป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากน้ำตาลจะรวมกับน้ำอิสระในอาหารทำให้ไม่มีน้ำหรือความชื้นพอที่จุลินทรีย์จะใช้เจริญได้นอกจากนี้น้ำตาลยังสามารถดังน้ำออกจากเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นน้ำตาลจึงจัดเป็นวิธีการถนอมอาหารวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กับผลไม้และน้ำผลไม้ เช่น แยม น้ำผลไม้เข้มข้น ผลไม้เชื่อม เป็นต้น

3.6) เป็นตัวกระจาย อาหารหลายชนิดใช้น้ำตาลเป็นตัวช่วยทำกระขายในอาหาร เช่น เครื่องดื่มผลไม้ หรือสมุนไพรผง เจลาตินผง เป็นต้น

3.7) เป็นตัวหล่อลื่น สารละลายน้ำตาลทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นในอาหารที่ดี เช่น น้ำสลัดหรือส่วนผสมของแป้งเค้กที่ผสมแล้วเมื่อใส่น้ำตาลจะทำให้ไหลดีขึ้นหรือใช้น้ำเชื่อมเป็นตัวหล่อลื่นไม่ให้ขนมติดกัน เช่น ทองหยิบ ทองหยอด เม็ดขนุน เป็นต้น

3.8) ช่วยรักษาสีของเนื้อหมัก การใส่น้ำตาลลงไปร่วมกับดินประในการหมักเนื้อทำให้เนื้อมีสีที่ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนการใส่ดินประสิวอย่างเดียวจะทำให้เนื้อที่ทิ้งไว้นานมีสีคล้ำขึ้น

3.9) เป็นอาหารของยีสต์ ใช้ในการทำขนมอบ การใส่น้ำตาลลงไปเพื่อเป็นอาหารของยีสต์จะช่วยให้ยีสต์เจริญได้อย่างรวดเร็วและสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มาก ขนมอบที่ได้จึงขึ้นฟูได้ดี

3.10) ป้องกันการแยกชั้นของอาหาร น้ำส้มที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 50 ลงไปจะไม่เกิดการแยกชั้นแม่เก็บเป็นเวลานานปีครึ่งอุณหภูมิ -18 ℃ หรือนมที่มีน้ำตาลซูโครสร้อยละ 0.5-2.0 สามารถเก็บได้ 185 วัน ที่อุณหภูมิ -23.3 ℃ โดยไม่ให้เกิดการแยกชั้นเมื่อนำไปทำให้คืนตัว

3.11) ป้องกันการหืนของอาหาร น้ำตาลซูโครสมีสมบัติที่ช่วยป้องกันการหืนของอาหารได้ เนื่องจากการละลายของน้ำตาลทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง น้ำเชื่อมที่มีน้ำตาลร้อยละ 60 จะมีออกซิเจนเหลืออยู่เพียง 1 ใน 6 ออกซิเจนที่เคยละลายอยู่

3.12) ช่วยให้เกิดโครงสร้างเจล น้ำตาลเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดโครงสร้างร่างแหให้เพกทินเข้ามาจับเกาะและเกิดเจล

3.13) เป็นโครงร่างของอาหารบางชนิด เมื่อนำสารละลายน้ำตาลมาหลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 160 ℃ แล้วทำให้เย็นตัวลงจะเสียโครงสร้างผลึกไปโดยจะอยู่ในรูปอัสฐาน (non-crystalline) มีลักษณะแข็งตัวจึงนิยมนำมาทำลูกกวาดชนิดแข็งหรือขึ้นรูปเป็นแบบต่างๆ มากมาย

4) การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลระหว่างประกอบอาหาร

4.1) การสลายตัวด้วยกรดหรือด่าง ส่วนผสมของวัตถุดิบที่นำมาประกอบอาหารส่วนใหญ่มักมีกรดหรือด่างอยู่ด้วยส่งผลให้น้ำตาลในอาหารเกิดการแตกตัว โดยถ้าส่วนผสมมีสภาพเป็นกรดจะทำให้น้ำตาลซูโครสเกิดการแตกตัวให้น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรักโทส ถ้ามีส่วนผสมมีสภาพที่เป็นด่างจะทำให้น้ำตาลชั้นเดียวสลายตัวให้สารประกอบที่มีสีคล้ำและมีกลิ่นเฉพาะตัว

4.2) เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (non-enzymatic) หรือ mallard เกิดจากการที่อาหารได้รับความน้อยขนเกิดการสูญเสียน้ำ (dehydration) มีการสลายตัว (degradation) เกิดขึ้นและเกิดปฏิกิริยาการรวมตัวกันระหว่างหมู่คาร์บอนิลของโมเลกุลน้ำตาลรีดิวซ์ กับหมู่เอมีนที่อยู่ในโมเลกุลของโปรตีน เรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ว่า “ปฏิกิริยาเมลลาร์ด” สารประกอบเชิงซ้อนที่ได้จะมีสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลแดง กลิ่นและรสชาติของอาหารเปลี่ยนไป ปฏิกิริยานี้อาจเกิดขึ้นขณะทอด อบ ปิ้ง ย่าง หรือระหว่างการเก็บรักษาอาหารได้ผลิตภัณฑ์ทั้งในทางที่พึงประสงค์ เช่น เกิดขึ้นระหว่างการคั่วเมล็ดกาแฟ ถั่วลิวงหรือโกโก้ ทำให้กลิ่นและสีของหารเหล่านั้นดีขึ้น หรือขณะอบขนม ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ได้มีสีเหลืองเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคยอมรับ แต่ก็อาจทำให้อาหรบางชนิดมีลักษณะไม่เป็นที่พึงประสงค์ด้วย เช่น นมผงที่เก็บไว้นานจะมีสีเหลืองคล้ำเป็นต้น นอกจากนั้นปฏิกิริยาเมลลาร์ดยังทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดลง และหากเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูงและได้รับความร้อนสูงด้วย จะเกิดสาร heterocyclic amine ที่เป็นสารก่อมะเร็ง

4.3) เกิดปฏิกิริยาคาราเมไลเซชัน (caramelization) เกิดจากการให้ความร้อนสูงแก่น้ำตาลทรายหรือสารละลายน้ำตาลจนเกิดการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลได้น้ำตาลชั้นเดียวและเมื่อให้ความร้อนต่อจะเกิดการสูญเสียน้ำในโมเลกุลได้สารประกอบใหม่ที่มีพันธะคู่เป็นวงแหวน (anhydro ring) และการสลายตัวจะยังดำเนินต่อไปหากยังคงได้รับความร้อนอยู่จนกระทั้งเหลือแต่สารประกอบคาร์บอนและกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในที่สุดปฏิกิริยานี้จะให้สารที่มีความข้นหนืด มีรสขมและมีสีตั้งแต่สีเหลือง น้ำตาลและดำในที่สุดตามแต่ระดับอุณหภูมิและเวลาที่น้ำตาลซูโครสนี้ช่วยให้สีกับเครื่องดื่มประเภทน้ำดำ ขนมอบ พุดดิง น้ำเชื่อม ลูกกวาดและเครื่องปรุงรสพวกซอส ซีอิ๊ว เป็นต้น

4.4) ทำให้นมจับตัวเป็นก้อน พบว่า เมื่อเติมน้ำตาลซูโครสร้อยละ 4 ลงในน้ำนมดิบที่ยังไม่ผ่านความร้อนจะทำให้นมจับตัวเป็นก้อน มีลักษณะคล้ายเนยแข็ง แต่ถ้าใช้น้ำตาลแล็กโทสหรือน้ำตาลกลูโคสจะทำให้นมเกิดเจล

4.5) เกิดการหมัก น้ำตาลใช้เป็นอาหารให้กับจุลินทรีย์ทำให้เกิดการหมักตามลักษณะที่ต้องการ เช่น การใช้น้ำตาลที่มีอยู่ในน้ำผลไม้หรือมีการเติมน้ำตาลลงไปเพื่อใช้เป็นอาหารของยีสต์จำพวก (Saccharomyces cerevisiae) ทำให้เกิดการหมักขึ้นได้แอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตไวน์ เช่น เดียวผลิตภัณฑ์ขนมอบจะใช้น้ำตาลเป็นอาหารของยีสต์เพื่อให้เกิดการหมักขนมที่ขึ้นฟูด้วยความดันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเมื่อนำไปอบความร้อนจะทำให้แอลกอฮอล์ระเหยออกไปหมดเหลือแต่ผลิตภัณฑ์ที่โปร่ง ฟู เบา นอกจากนั้นยังมีผลิตภัณฑ์อีกหลายชนิดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักโดยมีน้ำตาลเป็นอาหารขอจุลินทรีย์ยกตัวอย่างเช่น เบียร์ สาโท วิสกี้ น้ำส้มสายชู แหนม ผักผลไม้ดอง ขนมที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์ไม่ว่าจะเป็นซาลาเปา ขนมตาล ขนมปังชนิดต่างๆ เป็นต้น

5) ข้อควรคำนึงถึงที่อาจส่งผลต่อสมบัติจองการประกอบอาหารจากน้ำตาล ในการประกอบอาหารส่วนใหญ่จะใช้น้ำตาลเป็นส่วนประกอบ หรือมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบดังนั้นสิ่งที่ควรคำนึงถึงก่อนการประกอบอาหารจากน้ำตาลประกอบด้วย

5.1) ชนิดของน้ำตาลที่ใช้ น้ำตาลที่มีโครงสร้างต่างกันจะให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ต่างกันน้ำตาลซูโครส เป็นน้ำตาลชนิดตกผลึกได้ง่ายควรนำมาทำอาหารที่ต้องการให้เกิดการตกผลึก เช่น วุ้นกรอบ ฟักแช่อิ่ม เป็นต้น ส่วนอาหารที่ไม่ต้องการให้เกิดการตกผลึกควรเลือกใช้น้ำตาลฟรักโทสเพราะเป็นน้ำตาลที่ตกผลึกได้ยากหรืออาจทำให้น้ำตาลซูโครสเกิดการแตกตัวน้ำตาลอินเวิร์ต (น้ำตาลกลูโครสและน้ำตาลฟรักโทส) จะช่วยลดการเกิดผลึกได้ดังนั้นผู้ทดลองควรเลือกน้ำตาลให้เหมาะสมกับอาหารที่ต้องการ

5.2) กลิ่นรสของอาหาร น้ำตาลแต่ละชนิดจะมีกลิ่นรสเฉพาะตัวเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกัน เช่น น้ำตาลโตนดเหมาะสำหรับทำขนมไทยที่มีส่วนผสมของน้ำกะทิแต่ไม่เหมาะนำไปผสมกับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เป็นต้น

5.3) สีของอาหาร อาหารบางประเภทไม่ต้องการลักษณะขุ่นหรือทำให้สีของผลิตภัณฑ์ผิดเพี้ยนไป เช่น ลูกอม น้ำผลไม้ ไอศกรีม เป็นต้น ดังนั้นควรเลือกใช้น้ำตาลที่ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำตาลทรายขาว เป็นต้น หรือในผลิตภัณฑ์บางประเภทต้องการสีของน้ำตาลเพื่อช่วยให้สีของอาหารมีลักษณะดีขึ้น เช่น เต้าฮวยน้ำขิง น้ำตาลทรายแดงช่วยให้สีของน้ำขิงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

5.4) อุณหภูมิที่ใช้ในการประกอบอาหาร อุณหภูมิมีผลอย่างมากต่อการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดจากการรวมตัวของน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดแอมิโนโดยอุณหภูมิสูงจะเร่งให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วยิ่งขึ้น และปฏิกิริยาคาราเมลเซชันทำให้การเกิดสีน้ำตาลในอาหารที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบการใช้อุณหภูมิสูงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำและไหม้ได้ง่ายจึงเหมาะกับอาหารที่ไม่ต้องการให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น นมผง เป็นต้น

5.5) ปริมาณที่ใช้ น้ำตาลถ้าใช้ในปริมาณมากจะช่วยในการถนอมอาหาร หรือสามารถทำให้อาหารเก็บได้นานขึ้นแต่ในทางกลับกันถ้าใช้ในปริมาณที่น้อยอาจเร่งให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์เพราะน้ำตาลเป็นอาหารชนิดแรกที่จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ย่อยเพิ่มใช้เป็นแหล่งพลังงาน

5.6) ส่วนประกอบของอาหาร กรด-ด่าง ในส่วนผสมของอาหารถ้ามีปริมาณมากอาจส่งผลให้น้ำตาลแตกตัวทำให้ลักษณะของอาหารเปลี่ยนแปลงไป เช่น การทำมะม่วงกวน ถ้าใช้มะม่วงแก้ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นคงรูปไม่ตกทรายในขณะที่ใช้มะม่วงชนิดอื่นที่มีความเปรี้ยวน้อยหรือกรดน้อยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นคงรูปเช่นเดียวกันแต่มีลักษณะตกทราย

5.7) ระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน การประกอบอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำตาลถ้าใช้ระยะเวลานานผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีคล้ำมากขึ้นหรือทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งที่มีส่วนผสมของน้ำตาลมีความหนืดลง

5.8) ระยะเวลากระเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ น้ำตาลมีสมบัติดูดความชื้นได้ดี ดังนั้นอาหารที่มีส่วนประกอบของน้ำตาลเมื่อเว็บไว้นานจะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร เช่น ความกรอบลดลง ความหนืดเพิ่มขึ้น เป็นต้น (อัจฉรา, 2556)

6) สมบัติของน้ำตาลทราย

6.1) ความหวาน

น้ำตาลเป็นสารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาและสามารถแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ รสหวานของน้ำตาลเกิดจากรสของต่อมรับรสบริเวณปลายลิ้นด้านบน ค่าความหวานของน้ำตาลจะใช้ค่าความหวานของน้ำตาลซูโครสเป็นมาตรฐานเปรียบเทียบกับความหวานของน้ำตาลอื่นๆ เนื่องจากน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลที่หวานมากที่สุดในบรรดาน้ำตาลทุกชนิด รองลงมาจะเป็นน้ำตาลกลูโคส มอลโทส และกาแลคโตส

6.2) การละลายน้ำ

น้ำตาลสามารถละลายได้ดีในน้ำ ปริมาณการละลายได้มากถึง 100% ขึ้นกับความเข้มข้น และอุณหภูมิ หากมีความเข้มข้นมากจะละลายได้น้อยลง หากมีอุณหภูมิสูงจะละลายได้มากขึ้นเช่นกัน ความสามารถในการละลายน้ำของน้ำตาล เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ ฟรุกโตส, ซูโครส, กลูโคสกับมอลโทส และแลคโตส

6.3) การให้สารสีน้ำตาลในอาหาร

สารสีน้ำตาลที่มาจากน้ำตาลเป็นรงควัตถุที่เกิดจากการไหม้ของน้ำตาล แต่ไม่ได้ไหม้สนิทจนเกิดสีดำ ซึ่งการทำให้เกิดการไหม้ของน้ำตาลจนมีสีน้ำตาลหรือน้ำตาลอมดำเป็น

วัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดสีของน้ำตาลสำหรับผสมหรือผลิตในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ใช้ผสมซีอิ้วดำ ซอสถั่วเหลืองและน้ำอัดลม เป็นต้น

6.4) การดูดซับความชื้น

1) น้ำตาลแต่ละชนิดจะสามารถดูดความชื้นได้แตกต่างกัน น้ำตาลฟรุกโตสเป็นน้ำตาลที่ดูดความชื้นได้ดีที่สุด รองลงมาเป็น น้ำตาลซูโครส มอลโทสและแลคโตส

2) น้ำตาลเมื่อดูดซับความชื้นและเป็นส่วนผสมในอาหารจะทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น

3) การเก็บรักษาความชื้นจากการดูดซับความชื้นของน้ำตาล ช่วยให้อาหารที่มีส่วนผสมของน้ำตาลมีความชุ่มชื้น ไม่แห้งง่าย และสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน

2.2.1.2 กะทิ (พิมพ์เพ็ญและนิติยา, 2557)

Coconut milk (น้ำกะทิ) คือ ของเหลว ที่ได้จากการใช้น้ำ คั้น หรือ สกัด (extraction) ส่วนเนื้อแก่ของมะพร้าว มีส่วนประกอบหลักคือ ไขมัน ซึ่งอยู่ในรูปของอิมัลชัน (emulsion) และของแข็งต่างๆ เช่น โปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ เป็นของเหลวสีขาวขุ่นที่ได้จากการบีบคั้นเนื้อมะพร้าวขูด โดยการเติมหรือไม่เติมน้ำ ส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำกะทิ คือ น้ำมัน น้ำ โปรตีน และน้ำตาลอยู่รวมกันเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำโดยมีโปรตีนทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ ความเข้มข้นของน้ำกะทิขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำกะทิเมื่อตั้งทิ้งไว้จะแยกเป็นชั้นหัวกะทิและชั้นหางกะทิ โดยความหนาของชั้นหัวกะทิแสดงถึงความเข้มข้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำกะทิมีปริมาณน้ำมันมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีน โปรตีนไม่เพียงพอที่จะดึงน้ำมันให้กระจายแขวนลอยอยู่ทั่วไป การใช้กะทินั้นแพร่หลายในประเทศที่มีการปลูกมะพร้าว เช่น ไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ อินเดีย ศรีลังกา เป็นต้น โดยใช้ประกอบเป็นอาหารคาวหวาน ในอดีตหรือในท้องที่ไกลตลาด แม่บ้านจะต้องปอกและขูดมะพร้าวเอง เพื่อใช้ทำน้ำกะทิ ในปัจจุบันมีการขูดมะพร้าวขายในตลาดสดและมีบริการคั้นน้ำกะทิด้วยเครื่องคั้นส่วนผู้บริโภคที่อยู่ไกลตลาดหรืออยู่ในต่างประเทศก็ได้รับความสะดวกจากการใช้น้ำกะทิสำเร็จรูป

ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่ต้องการใช้น้ำกะทิในปริมาณมากก็สามารถใช้น้ำกะทิอุตสาหกรรม เป็นการลดภาระในการเตรียมน้ำกะทิทั้งเป็นการกระจายรายได้อีกด้วย น้ำกะทิอุตสาหกรรม แบ่งได้เป็น 5 แบบคือ น้ำกะทิสด น้ำกะทิพาสเจอไรซ์ น้ำกะทิบรรจุกระป๋อง น้ำกะทิบรรจุกระป๋องยูเอชที และกะทิผง

1) น้ำกะทิสด ได้จากการคั้นน้ำกะทิด้วยเครื่องแล้วเก็บรักษาด้วยความเย็นทันที ความเย็นสามารถรักษาน้ำกะทิจากการเน่าเสียสามารถเก็บรักษาได้นาน 1-2 วัน แต่รสชาติจะเปลี่ยนไปเล็กน้อยจึงนิยมจำหน่ายวันต่อวันอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำกะทิสด คือ อุตสาหกรรมทำไอศกรีม อุณหภูมิห้องเย็นในการเก็บรักษาต้องไม่ต่ำเกินไปจนเกิดผลึกน้ำแข็ง เพราะจะทำให้เนื้อสัมผัสของ

น้ำกะทิเปลี่ยนไป คือ มีตะกอนโปรตีนแยกตัวและให้ลักษณะเนื้อเป็นทราย การขนส่งจะต้องรักษาอุณหภูมิด้วยเช่นกันเนื่องจากมีความเสี่ยงจากการเน่าเสียมากและเนื่องจากเป็นสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมจึงบรรจุในถุงพลาสติกขนาดใหญ่ เช่น 10 กิโลกรัม บรรจุซ้อนในลังพลาสติก เพื่อความแข็งแรงระหว่างการเก็บรักษาและขนส่ง

2) น้ำกะทิพาสเจอไรซ์ เป็นน้ำกะทิสดที่นำมาให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค แต่เชื้อที่เหลือยังสามารถเจริญได้จึงต้องเก็บในห้องเย็นเหมือนน้ำกะทิสด แต่ความเสี่ยงในการเน่าเสียน้อยกว่าจึงสามารถเก็บรักษาได้นาน 4-6 วัน การขนส่งและการวางจำหน่ายควรใช้อุณหภูมิต่ำ น้ำกะทิพาสเจอไรซ์นี้มีบรรจุถุงพลาสติกขนาดต่างๆ คือ 250 กรัม 500 กรัม และ 1,000 กรัม เพื่อใช้ในครอบครัว และบรรจุขนาด 10 กรัม เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมแกงบรรจุกระป๋อง

3) น้ำกะทิบรรจุกระป๋อง เป็นน้ำกะทิที่ผ่านกระยวนการบรรจุกระป๋อง ปิดฝา แล้วฆ่าเชื้ออย่างสมบูรณ์ในระดับอุตสาหกรรม (commercial sterilization) เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาตามปกติ ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานโดยไม่ต้องเก็บในที่เย็น ส่งไปจำหน่ายในต่างประเทศได้

4) น้ำกะทิกล่องยูเอชที เป็นน้ำกะทิผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยระบบความร้อนสูงระยะเวลาสั้น (140-145 ℃ 10-15 วินาที) แล้วบรรจุในกล่องที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้ว ระยะเวลาให้ความร้อนสั้นทำให้คงสภาพคล้ายน้ำกะทิสดมาก แต่อายุการเก็บรักษาจะสั้นกว่าแบบบรรจุกระป่อง และกล่องกระดาษไม่แข็งแรงเท่ากระป๋อง จึงอาจมีการเน่าเสียเกิดขึ้นจากกล่องกระดาษชำรุดได้

5) กะทิผง เป็นน้ำกะทิที่นำมาทำให้แห้งเป็นผงละเอียด โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spry dryer) น้ำกะทิโดยธรรมชาติมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบอยู่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมโค จึงไม่สามารถทำให้แห้งได้เหมือนนมผง ดังนั้นต้องเติมสารเพิ่มปริมาณของแข็ง คือ สารมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) เครื่องทำแห้งมีอุปกรณ์ฉีดน้ำกะทิให้เป็นละอองฝอยเข้ามาในห้องอบ และสัมผัสกับลมร้อนที่มีอุณหภูมิ 160-180 ℃ ทำให้น้ำระเหยออกจากละอองของเหลวอย่างรวดเร็วได้เป็นอนุภาคผงทีมีขนาดเล็ก กะทิผงมีความชื้นต่ำจึงเก็บรักษาได้นานไม่เน่าเสียแต่ต้องเก็บในภาชนะป้องกันความชื้น เช่น ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ หรือกระป๋องที่มีฝาปิดสนิท เนื่องจากกะทิผงดูดความชื้นได้ดีทำให้เกาะตัวเป็นก้อน

2.2.1.3 แป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลัง (cassave Starch) ทำจากหัวมันสำปะหลังมีสีขาวจับแล้วเนียนลื่นมือเมื่อทำให้สุกจะเหลวเหนียว และใส เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเหนียวเหนอะหนะ คงตัวนิยมนำมาทำกาวและทำขนมที่มีความเหนียวหนืดและใส เช่น ราดหน้า เต้าส่วน ทับทิมกรอบ

นอกจากนี้ขนมไทยนิยมใช้แป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งข้าวจ้าวเพราะจะได้ขนมที่เหนียวนุ่มกว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าอย่างเดียว (ศรีนวล, 2535)

แป้งสำปะหลังไม่ใช่พืชดั้งเดิมของประเทศไทยแต่มีถิ่นกำเนิดที่แถบอเมริกาและอเมริกาใต้และเข้าสู่ประเทศไทยโดยการนำมาจากมาเลเซีย เริ่มปลูกเพื่อใช้ครั้งแรกทางภาคใต้ ซึ่งเป็นการปลูกเพื่อใช้เป็นอาหารเพื่อมนุษย์ ต่อมาได้ขยายไปตามชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกและขยายไปถึงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และผลิตเพื่อส่งออกเป็นส่วนใหญ่

1) ประโยชน์ของมันสำปะหลัง (ไสว, 2519)

1.1) เป็นแหล่งแคลอรี่ที่สำคัญของมนุษย์

แป้งมันสำปะหลังนอกจากปลูกได้ง่ายกว่าพืชชนิดอื่นแล้วยังให้แคลอรี่มากกว่าด้วยการทีสามารถให้แคลอรี่ได้มากกว่าพืชชนิดอื่น เมื่อคิดเทียบราคราคากับคลอรี่ที่ได้รับจะมีต้นทุนที่ถูกกว่าพืชชนิดอื่นมาก ดังนั้นมันสำปะหลังจึงถูกนำมาไปใช้บริโภคโดยตรง

1.2) ใช้ทำแป้ง

แป้งที่ผลิตได้จากมันสำปะหลัง สามารถนำไปใช้ทดแทนกับแป้งที่ผลิตได้จากพืชหัวชนิดอื่นรวมทั้งแป้งที่ได้จากข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ฯลฯ ได้อย่างสมบูรณ์แป้งมันสำปะหลังนำไปใช้ 2 ทางใหญ่ๆ คือ

- native starch นำไปประกอบอาหาร ได้แก่ การทำซอส ผงชูรส กลูโคส และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ต่างๆ ฯลฯ

- modified starch นำไปใช้ในทางอุตสาหกรรม

2) ลักษณะของแป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งประเภทสตาร์ช ปัจจุบันประเทศไทยผลิตแป้งมันเป็นปริมาณสูงแลมีแนวโน้มที่จะผลิตเพิ่มมากขึ้น แป้งมันสำปะหลังที่ผลิตส่วนใหญ่ จะเป็นแป้งมันที่คงที่คุณสมบัติ ตามปกติไม่ได้ผ่านการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลเพื่อให้เหมาสมกับการใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ คุณลักษณะของแป้งมันสำปะหลังจะมีปริมาณของอะไมโลส ร้อยละ 22 มีความใสลักษณะของเจลเป็นชนิดเจลนิ่มเนื้อสัมผัสเป็นเจล

3) การใช้ประโยชน์จากแป้งมันสำปะหลัง (กรมวิชาการเกษตร, 2526)

3.1) ใช้ในการผลิตน้ำเชื่อมและหัวเชื้อน้ำตาล เช่น dextrose เพื่อผลิตขนมชนิดต่างๆ อุตสาหกรรม อาหารกระป๋อง หมากฝรั่ง และเคลือบยาต่างๆ

3.2) ใช้ในการผลิตอาหารอื่นๆ หรือสารเคมีบางชนิด เช่น ผงชูรส หรือผลิตเป็นอาหารโดยตรง เช่น ใช้ทำขนมต่างๆ

3.3) ใช้ผลิตแป้งแปรรูป (modified starch) หรือผลิตภัณฑ์จากแป้ง (starch Derivatives) ที่ใช้ทำประโยชน์อื่นๆ เช่น ผลิตแป้งที่ละลายน้ำได้เพื่อใช้ในอุตสาหกรรม สิ่งทอใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ

3.4) ใช้ผลิตกาวเพื่อใช้ในการทำไม้อัดหรือเครื่องที่ใช้ในสำนักงานต่างๆ

4) ส่วนประกอบของแป้ง

แป้งเกิดขึ้นในเนื้อเยื่อของพืชและอยู่ในลักษณะเม็ดแป้ง (starch granule) เม็ดแป้งของพืชแต่ละชนิดมีลักษณะแตกต่างกันมีขนดาเล็กบ้างใหญ่บ้างเหลี่ยมบ้างกลมบ้าง แป้งเป็นโมเลกุลใหญ่จัดอยู่ในจำพวกน้ำตาลหลายชั้นประกอบด้วยกลูโคสหลายหน่วยมาเชื่อมต่อกันเป็นเส้นยาวแบ่งชนิดของโมเลกุลตามลักษณะการเชื่อมโยงของกลูโคสเป็น 2 ชนิด

4.1) อะไมโลส (amylose) ประกอบด้วยกลูโคสเกาะกันเป็นเส้นเดียว จะมีลักษณะเป็นวุ้นเมื่อแป้งสุก

4.2) อะไมโลเพคติน (amylopectin) ประกอบด้วยกลูโคสเกาะกันเป็นแขนง เมื่อแป้งสุกมีลักษณะเหนียวเกาะกันแน่นแต่ไม่เป็นวุ้นเม็ดแป้งส่วนใหญ่มีทั้งอะไมโลสและอะไมโลเพคตินโดยทั่วไปมีอะไมโลสประมาณร้อยละ 24-30 ที่เหลือเป็นอะไมโลเพคติน

5) คุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง

แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นเมื่อผสมแป้งกับน้ำเย็นแป้งจะกระจายทั่วไปในน้ำ หากทิ้งไว้สกครู่จะนอนก้นเมื่อหุงต้มเม็ดแป้งที่กระจายตัวอยู่ในน้ำจะเปลี่ยนแปลงแป้งเปียกของแป้งบางชนิดจะเป็นวุ่น บางชนิดขุ่น บางชนิดค่อนข้างเหลว บางชนิดข้นหนืด แป้งที่เปียกที่ได้จากแป้งพวกธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี จะมีลักษณะขุ่น แป้งเปียกที่ได้จากแป้งพวกราก เช่น แป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง จะมีลักษณะใสกว่าเมื่อทำให้สุกแล้วทิ้งให้เย็นลักษณะของแป้งจะไม่แข็งและเป็นวุ้นเท่าแป้งข้าวโพดแป้งเปียกของแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันฝรั่งจะมีลักษณะเหนียวและค่อนข้างเหลว

6) การเปลี่ยนแปลงของแป้งเมื่อได้รับความร้อนแห้ง

เมื่อแป้งได้รับความร้อนแห้งจะสลายน้ำได้ดีมากขึ้น เมื่อทำให้แป้งเปียกจะมีความข้นลดลงโมเลกุลของแป้งจะถูกตัดสั้นลงเมื่อให้แป้งได้รับความร้อนแห้งที่อุณหภูมิสูงๆ สีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และมีกลิ่นไหม้

7) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการพองตัวของแป้ง

7.1) ความเข้มข้นของแป้ง ความเหนียวของแป้งเปียกขึ้นอยู่กับปริมาณแป้งที่เติมลงไปถ้าเติมลงไป ถ้าเติมมากเหนียวมาก

7.2) อุณหภูมิและเวลาที่ให้ความร้อน เม็ดแป้งที่มีขนาดใหญ่จะพองตัวและใสขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าเม็ดแป้งที่มีขนาดเล็กกว่า

8) การเลือกซื้อแป้ง

การเลือกซื้อแป้งที่ใหม่แป้งที่ใหม่จะมีสีขาวตามชนิดของแป้ง แป้งที่ใหม่เมื่อดมจะไม่มีกลิ่งอับต้องไม่มีไข่แมลงหรือตัวมอด

9) การประกอบอาหาร

แป้งมันสำปะหลัง ใช้ทำข้าวเกรียบ ลอดช่องสิงค์โป ขนมผิง ใช้เป็นส่วนผสมทำน้ำซอสในอาหารคาว

10) การเก็บรักษา

เมื่อเปิดกล่องหรือถุงแป้ง และหลังจากที่ใช้แล้วมีแป้งเหลือแล้วควรเก็บแป้งไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิดเพื่อกันแมลงและวางในที่ที่ไม่ถูกแดดหรือความร้อน

11) คุณค่าทางโภชนาการของแป้ง 1 กรัมจะให้พลังงาน 4 kgcal

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของแป้งมันสำปะหลังในส่วนที่กินได้ 100 กรัม

องค์ประกอบ	**ปริมาณ**
น้ำ	12.1 กรัม
พลังงาน	351 กิโลแคลอรี่
โปรตีน	0.3 กรัม
ไขมัน	0.1 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	87.2 มิลลิกรัม
แคลเซียม	84 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	35 มิลลิกรัม
เหล็ก	0.9 มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.06 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.02 มิลลิกรัม
ไนอะซิน	0.1 มิลลิกรัม

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณะสุข, 2544

2.2.1.4 แป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้า (rice flour) เป็นแป้งที่ทำจากเมล็ดข้าวเจ้าจับแล้วจะสากมือเล็กน้อย เมื่อทำให้สุกจะมีลักษณะ ขุ่น เมื่อทิ้งให้เย็นจะอยู่ตัวเป็นก้อนร่วนไม่เหนียวหนืด เช่น ขนมกล้วย ขนมขี้หนู เส้นขนมจีน (ศรีนวล, 2535)

1) คุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้า

1.1) แป้งข้าวเจ้าที่มีขายทั่วไปสามารถจัดกลุ่มตามปริมาณอะไมโลสได้เป็นข้าวอะไมโลสต่ำร้อยละ 12-27 ข้าวอะมิโลสปานกลางร้อยละ20-25 และข้าวอะไมโลสสูงมีมากกว่าร้อยละ 27 ถึงแม้ว่าจะเป็นข้าวพันธุ์เดียวกันความแตกต่างของปริมาณอะไมโลสอาจอยู่กับในช่วงร้อยละ 4-5 ตามแหล่งที่ปลูกข้าวไทยมีปริมาณอะไมโลสแต่ต่ำจนถึงสูงอัตราส่วนขององค์ประกอบอะไมโลสและอะไมโลเพกตินแตกต่างตามชนิดของพันธุ์ข้าว

1.2) แป้งข้าวเจ้ามีลักษณะเป็นเกล็ดก้อนเล็กๆ เหลี่ยมบ้างซึ่งองค์ประกอบของเมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนประกอบย่อยๆ 2 ชนิด คือ อะไมโลสและอะไมโลเพกติน อะมิโลส คือ โมเลกุลที่ประกอบขึ้นจากหน่วยกลูโคสที่มีโครงสร้างแบบเส้นตรง (linear chain) ในขณะที่อะมิโลเพกติน ประกอบด้วยหน่วยกลูโคสเช่นกัน แต่มีโครงสร้างแบบแยกเป็นกิ่งก้าน (branch chain)

2) องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเจ้า

แป้งประกอบด้วยคาร์บอน ร้อยละ 44.40 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.20 และออกซิเจนร้อยละ 49.40 ของน้ำหนักโมเลกุลโดยส่วนใหญ่ นอกจากนี้จะเป็นโปรตีน ไขมัน (pentosan) ฟอสฟอรัสและเถ้า ส่วนฟอสฟอรัสจะมีปริมาณร้อยละ 1.01-1.02

2.2.1.5 แป้งท้าวยายม่อม

ทำจากหัวท้าวยายม่อมซึ่งมีลักษณะคล้ายมันฝรั่ง เช่น สี รูปร่าง เปลือกตลอดจนรากฝอยๆเล็กๆที่ติดอยู่ตามหัวเท้ายายม่อม เมื่อผ่าดูเนื้อในจะเป็นสีขาวนวล ลักษณะของแป้งเช่นเดียวกับมันฝรั่ง แต่หัวท้าวยายม่อมมีรสขม ต้นท้าวยายม่อมที่แก่จะหัวใหญ่มากกว่ามันฝรั่ง เมื่อทำเป็นแป้งสำเร็จ แล้วจะไม่มีรสขม และมีคุณภาพดีกว่าแป้งมันสำปะหลัง (เข็มทอง, 2538)

1) คุณสมบัติของแป้งท้าวยายม่อม

ลักษณะของน้ำแป้งสุกเมื่อเย็นจะเหนียวใสใช้เป็นส่วนประกอบเสริมผสมแป้งชนิดอื่นเพื่อให้ได้ลักษณะตามที่ต้องการ เช่น ผสมลงในส่วนผสมที่ทำขนมชั้นจะทำให้ได้ขนมชั้นที่มีลักษณะเป็นประกายขั้นหรือเป็นส่วนประกอบของข้าวเหนียวเปียกต่างๆ เพื่อมิให้เมล็ดของข้าวเหนียวเกาะตัวกันแน่นเป็นต้นเพราะแป้งท้าวยายม่อมจะช่วยให้ขนมมีลักษณะใสไม่ขาวขุ่นและข้นเกินไปแป้งที่ได้จากหัวท้าวยายม่อมมีราคาแพงจึงนิยมใช้กันน้อยปกติแป้งที่ได้จากพวกรากจะมีอะมิโลเพกตินสูงกว่าแป้งที่ได้จากเมล็ดธัญพืช (เข็มทอง, 2538)

2.2.2 น้ำ

ในธรรมชาติจะพบน้ำได้ทุกแห่ง ทั้งในสิ่งมีชีวิตและสิ่งที่ไม่มีชีวิตเมื่อนำเอาวัตถุดิบธรรมชาติมาปะกอบอาหารน้ำจึงมีอยู่ในอาหารประกอบด้วยการที่มีน้ำอยู่ในอาหารประกอบจึงมิใช่

เป็นสิ่งเจือปนที่ติดมากับวัตถุดิบแต่เป็นความต้องการของผู้ประกอบอาหารเป็นความจำเป็นที่ผู้ประกอบอาหารต้องควบคุมปริมาณให้เหมาะสมทำให้บางครั้งจำเป็นต้องมีการกำจัดน้ำส่วนหนึ่งออกไปหรือต้องมีการเติมน้ำในขณะประกอบอาหารทั้งนี้เพื่อให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ต้องการน้ำที่เติมลงไปในการประกอบอาหารจึงเรียกว่า “น้ำสำหรับประกอบอาหาร” ไม่ว่าน้ำจะมาจากวัตถุดิบหรือน้ำที่เติมลงไปในขณะประกอบอาหารจะมีบทบาทเหมือนกัน

2.2.2.1 น้ำสำหรับประกอบอาหาร

นอกจากพบน้ำรวมอยู่กับสารอื่นๆ แล้วยังพบน้ำในลักษณะอิสระอีกมากและมีอยู่หลายรูปแบบน้ำส่วนนี้มีความสำคัญมากในการประกอบอาหารอาหารหลายชนิดใช้น้ำเป็นส่วนผสมทำให้น้ำในส่วนนี้กลายเป็นองค์ประกอบของอาหารประกอบที่มีความสำคัญมากในธรรมชาติน้ำอาจอยู่ในรูปแบบของไอน้ำหรือหมอก (ความชื้นในอากาศ) น้ำฝน น้ำผิวดินหรือน้ำใต้ดินน้ำเหล่านี้จะเปลี่ยนจากสภาวะหนึ่งไปสู่อีกสวาวะหนึ่งได้ตามธรรมชาติในบรรยากาศน้ำที่อยู่ในรูปของไอน้ำหรือหมอกอาจรวมตัวกันเป็นของเหลวหรือของแข็งเมื่อสัมผัสกับความเย็นของสิ่งแวดล้อมแล้วตกลงมายังพื้นโลกในรูปแบบของน้ำฝนหิมะหรือลูกเห็บน้ำบางส่วนจะถูกดูดซึมลงสู่ใต้พื้นดินบางส่วนจะระเหยกลับเป็นไอน้ำเมื่อได้รับความร้อนแต่ส่วนใหญ่จะไหลไปรวมกันที่แม่น้ำและไหลลงสู่ทะเลในที่สุดน้ำจากทะเลนี้จะระเหยกลับไปเป็นไออีกเมื่อได้รับความร้อนและหมุนเวียนกันอยู่เช่นนี้ น้ำส่วนที่ซึมลงใต้ดินบางส่วนจะกลับออกมาเป็นน้ำผิวดินใหม่เมื่อไหลผ่านหรือซึมผ่านใต้ดินแล้วกลับมาสะสมกันในบ่อ หนอง บึง ฯลฯ ซึ่งก็กลับไปเป็นไอน้ำในที่สุดน้ำส่วนที่ซึมลงใต้ดินจึงมีความสำคัญมากในการประกอบอาหาร (ณรงค์, 2538)

2.2.2.2 การเดือดของน้ำ

น้ำจะเดือดเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนกระทั่งทำให้ความดันไอน้ำของน้ำเท่ากับความดันของบรรยากาศที่อยู่เหนือน้ำนั้นโดยปกติแล้วทุกอุณหภูมิจะมีโมเลกุลของน้ำระเหยออกจากผิวน้ำ ความดันไอ หมายถึง แรงผลักที่เกิดจากการระเหยของโมเลกุลน้ำความดันไอจะสูงขึ้นถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากโมเลกุลของน้ำระเหยออกไปมากขึ้นที่จุดเดือดความดันไอจะสูงมากพอที่จะดันบรรยากาศให้ถอยออกไปได้ดังจะเห็นได้จากการพายน้ำจากก้นภาชนะที่วิ่งขึ้นไปที่ผิวน้ำแล้วแตกออกเมื่อน้ำเดือดแล้วอุณหภูมิจะไม่เปลี่ยนแปลงอีกแม้จะให้ความร้อนต่อไปเป็นความร้อนที่น้ำนำไปเปลี่ยนของเหลวเป็นไอน้ำเดือด 1 กรัม เมื่อกลายเป็นไอจะใช้ความร้อนเท่ากับ 540 แคลอรี่ ซึ่งเรียกว่า “ความร้อนแฝง” อาจกล่าวได้ว่าจุดเดือดของน้ำขึ้นอยู่กับแรงกดของบรรยากาศถ้าแรงกดของบรรยากาศน้อยลง เช่น บนภูเขาสูงจุดเดือดของน้ำจะต่ำลงที่ระดับน้ำทะเลความดันของบรรยากาศเท่ากับความสูงของปรอท 760 มิลลิเมตร น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิ 100 ℃ (212°F) จุดเดือดของน้ำจะลดลง 1 ℃ (1.8°F) ถ้าระดับความสูงเพิ่มขึ้น 960 ฟุต ด้วยเหตุนี้จึงสามารถคำนวณขุดเดือดของน้ำได้ทุกระดับความสูงถ้าแรงกดของบรรยากาศเพิ่มขึ้น เช่น การประกอบ

อาหารโดยใช้หม้อความดัน (pressure cooker หรือ retort) อุณหภูมิของน้ำจะเดือดสูงกว่าปกติ เนื้อจากไอน้ำที่เกิดขึ้นจะเพิ่มความดันของบรรยากาศให้สูงขึ้นความดันไอภายในหม้อจะสูงเรื่อยไปตราบเท่าที่ปริมาณของไอน้ำที่เกิดขึ้นมากกว่าปริมาณน้ำที่กลั่นตัวทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นด้วยอย่างไรก็ตามถ้ามีการปรับความร้อนให้เกิดไอได้เท่ากับน้ำที่กลั่นตัวความดันไอภายในหม้อจะคงที่และทำให้อุณหภูมิคงที่ด้วยเป็นวิธีการที่ปฏิบัติกันในการประกอบอาหาร

ถ้าจะพิจารณาจุดเดือดจองน้ำเปรียบเทียบกับสารประกอบชนิดอื่นที่มีน้ำหนักในโมเลกุลใกล้เคียวกันจะพบว่าสูงกว่าปกติ ความผิดปกติเช่นนี้เกิดจากน้ำโมเลกุลที่มีขั้วโดยมี 2 ขั้วบวกและ 1 ขั้วลบทำให้เกิดแรงจับตัวกันระหว่างโมเลกุลที่อยู่ใกล้เคียวกันดังกล่าวเป็นการจับตัวกันด้วยพันธะไฮโดรเจนถึงแม้จะเป็นพันธะที่มีแรงน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพันธะโควาเลนต์แต่มีผลให้ต้องใช้พลังงานมากขึ้นเพื่อทำลายพันธะเหล่านี้ ด้วยเหตุนี้จึงต้องใช้ความร้อนค่อนข้างสูงในการทำให้เดือด

2.2.2.3 ความดันที่เกิดจากน้ำ

ตามทฤษฎีคิเนติก (kinetic theory) โมเลกุลของน้ำจะหลุดออกจากผิวไปสู่ช่องว่างเหนือผิวน้ำอยู่ตลอดเวลาในรูปแบบของไอน้ำในขณะเดียวกันไอน้ำก็กลั่นตัวเป็นน้ำ และกลับเข้าสู่ผิวน้ำอยู่ตลอดเวลาเช่นกันอัตราความเร็วของการระเหยและการกลั่นตัวของน้ำ จะเท่ากันเมื่อเข้าสู่สมดุลในสภาพนี้ช่องว่างที่อยู่เหนือผิวน้ำนั้นจะอิ่มตัวด้วยไอน้ำแรงดันของไอน้ำที่ผลักออกจากผิวน้ำเรียกว่า “แรงดันไอน้ำ” และมักเรียกสั้นๆ ว่าแรงดันไอ หรือ ความดันไอเป็นค่าคงตัว และขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ 100 ℃ ช่องว่างที่อยู่เหนือผิวน้ำนั้นจะถูกแทนที่ด้วยไอน้ำสิ้นเชิงความดันไอน้ำจึงเท่ากับความดันของบรรยากาศแต่ถ้าอุณหภูมิของน้ำต่ำกว่าจุดเดือดบรรยากาศเพียงบางส่วนเท่านั้นจะถูกแทนที่ด้วยไอน้ำถ้าต้องการให้บรรยากาศทั้งหมดถูกแทนที่ด้วยไอน้ำจะต้องลดความดันของบรรยากาศให้ต่ำลงจนกระทั่งน้ำเดือดความดันของบรรยากาศที่น้ำเดือดพอดี คือ ความดันไอของน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำเดือดนั้นน้ำไม่ว่าจะอยู่ในสภาพอิสระหรืออยู่ในอาหารก็สามารถให้ความดันได้ทั้งสิ้นโดยน้ำที่มีความเป็นอิสระมากจะให้ความดันไอสูงกว่าน้ำที่มีความเป็นอิสระน้อยด้วยเหตุนี้อาหารที่มีความชื้นสูงจะมีความดันไอสูงกว่าอาหารที่มีความชื้นต่ำอย่างไรก็ตามอาหารต่างชนิดกันมีความชื้นเท่ากันไม่จำเป็นต้องมีความดันไอเท่ากัน (ณรงค์, 2538)

ตารางที่ 2.3 ความดันไอของน้ำที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิ	ความดันไอ,มิลลิเมตรของปรอท
0	4.58
20	17.54
40	55.32
60	149.38
80	355.10
100	760.00

ที่มา: ณรงค์, 2538

2.3 การเกิดเจล

แป้งดิบทุกชนิดเมื่อนำมาใส่น้ำเย็นจะได้สารแขวนลอย (suspension) สีขาวขุ่นแต่เมื่อนำไปกวนด้วยไฟอ่อนๆ จนสุกแป้งจะใสและโปร่งแสงโดยเฉพาะแป้งข้าวโพดแป้งท้ายยายม่อมจะใสมากที่สุดรองลงมาคือแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวส่วนแป้งสาลีนั้นจะมีความขุ่นมากเนื่องจากแป้งสาลีมีโปรตีนผสมอยู่ในปริมาณสูงระหว่าง ร้อยละ 10 ถึง 14 ขณะกวนด้วยความร้อนโมเลกุลของโปรตีนในแป้งจะเกิดการเปลี่ยนแปลง คือ ตกตะกอนปะปนอยู่ในน้ำแป้งที่กวนทำให้แป้งที่กวนมีสีขุ่นไม่โปร่งใสเหมือนแป้งข้าวเจ้าซึ่งไม่มีโปรตีนเลย

แป้งสุกหลายชนิดมีประมาณโมเลกุลอะไมโลสซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นเส้นยาวๆเป็นจำนวนมากเมื่อละลายน้ำและทำให้สุกแล้วตักใส่ภาชนะอะไรก็ตามหลังจากตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจะแข็งตัวและมีรูปทรงตามภาชนะที่บรรจุเราเรียกสมบัติของแป้งนี้ว่า การเกิดเจล (Gelatinization) ทั้งนี้จะต้องมีความเข้มข้นของแป้งเพียงพอมิฉะนั้นจะได้โซลแทนที่จะเป็นเจลปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้จะไม่เกิดกับแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีปริมาณโมเลกุลอะไมโลสต่ำที่สุดในบรรดาแป้งด้วยกันจึงไม่สามารถทำให้เกิดเจลได้

ขนมไทยหลายชนิดที่ทำจากแป้งข้าวเหนียวล้วนอยู่ในสภาพของเจลทั้งสิ่ง เช่น ตะโก้ ขนมเทียน ลอดช่อง ขนมจีน เส้นก๋วยเตี๋ยว เกี้ยมอี๋ ขนมเรไร ขนมเข่ง ขนมมันสำปะหลัง ขนมสอดไส้ ขนมกล้วย ขนมชั้น ขนมเปียกปูน ขนมลืมกลืน ยกเว้นขนมที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเท่านั้นที่ไม่ให้เจลน้ำที่ใส่ลงไปในแป้งก่อนจะกวนหายไปในแป้งสุกหมดแม้จะใช้นิ่วมือกดบนแป้งสุกที่เป็นเจลแรงๆ จะไม่มีน้ำไหลเยิ้มออกมาให้เห็นแต่ถ้าหากนำแป้งสุกที่กวนได้นี้ไปทิ้งไว้ในที่เย็น เช่น ในตู้เย็นค้างคืน

ไว้จะพบว่ามีน้ำไหลเยิ้มอยู่ข้างๆได้เหมือนกับที่เห็นน้ำเยิ้มในถาดตะโก้หรือขนมใส่ไส้ทั้งห่อที่เก็บค้างคืนไว้ในตู้เย็น (สุโขทัยธรรมาธิราช, 2549)

2.3.1 บทบาทของน้ำในการเกิดเจล

เหตุใดแป้งหลายชนิดจึงเกิดเจลได้แต่แป้งมันสำปะหลังสุกไม่เป็นเจลและน้ำเย็นที่ใส่ลงไปในแป้งก่อนกวนหายไปตอนแป้งสุกแต่เวลาเก็บเจลไว้ในตู้เย็นจึงมีน้ำไหลออกมาคำตอบของคำถามดังกล่าวเกี่ยวข้องกับบทบาทของน้ำในอาหารจำพวกเจลนั่นเองคือเมื่อใส่น้ำเย็นลงไปในแป้งเม็ดแป้งจะดูดน้ำเข้าไปทำให้เม็ดแป้งพองตังขึ้นยิ่งเมื่อกวนแป้งบนเตาไฟความร้อนจะช่วยให้เม็ดแป้งดูดน้ำได้มากยิ่งขึ้นทำให้เม็ดพองตังขึ้นยิ่งเมื่อกวนแป้งบนเตาไฟความร้อนจะช่วยให้เม็ดแป้งดูดน้ำได้มากยิ่งขึ้นทำให้เม็ดแป้งพองตัวค้นแสดงว่าโมเลกุลของแป้งจำพวกอะไมโลสและอะไมโลเพกทินจับกับน้ำได้โดยพันธะไฮโดรเจนที่เกิดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ของแป้ง โมเลกุลของน้ำส่วนนี้จะอยู่ชั้นในสุดต่อมาจะเป็นโมเลกุลของน้ำที่สร้างพันธะไฮโดนเจนกับโมเลกุลของน้ำด้วยกันทำให้เห็นว่าแป้งจับน้ำได้มากมายหลายโมเลกุลยิ่งแป้งชนิดอะไมโลสจะมีอำนาจในการจับกับน้ำได้กว้างขวางขยายเป็นวงใหญ่กว่าแป้งชนิดอะไมโลเพกทินเสียอีกถ้าหากจะพิจารณาเฉพาะอะไมโลเพกทินส่วนเดียวจะพบการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลเมื่อก่อนดูดน้ำกับหลังจากดูดน้ำแสดงว่าหลังจากดูดน้ำแล้วโมเลกุลของแป้งชนิดนี้จะเรียงตัวกันอย่างกระจัดกระจานเพราะมีโมเลกุลของน้ำเข้าไปแทรกอยู่ตามช่องว่างทำให้เห็นว่าเม็ดแป้งโตขึ้นๆ เมื่อแป้งสุกเม็ดแป้งขยายพองขึ้นเต็มที่เยื่อหุ้มเม็ดแป้งจะแตกออกโมเลกุลของอะไมโลสซึ่งเป็นเส้นยาวๆ จะไหลออกมาจากเม็กแป้งลงสู่น้ำแป้งแต่โมเลกุลของอะไมโลเพกทินซึ่งมีลักษณะเป็นกิ่งก้านจะไหลออกมาไม่ได้เพราะกิ่งก้านจะขัดขวางเอาไว้การกวนแป้งจะทำให้เยื่อหุ้มแป้งฉีกขนาดมากขึ้นหรือปลายกิ่งก้านของอะไมโลเพกทินฉีกขาดออกมาเป็นท่อนๆ ไหลออกมาจากเม็ดแป้งสู่น้ำแป้งได้ด้วยน้ำแป้งจะข้นยิ่งขึ้นดังนั้นเวลาหุงข้าวขณะข้าวเดือดหากมีการคนหรือกวนข้าวบ่อยๆ จะทำให้ได้น้ำข้าวที่ข้นมากขึ้นเพราะมีโมเลกุลของแป้งอยู่ในน้ำแป้งเมื่อน้ำแป้งมีความข้นมากจะเกิดความหนืดมากขั้นเพราะแต่ละโมเลกุลของแป้งสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้จำนวนมากมายพันธะไฮโดรเจนที่มีจำนวนมากนี่เองที่เป็นแรงต้านเวลาเรากวนหรือคนทำให้เรารู้สึกว่าน้ำแป้งข้นและเหนียวเมื่อแป้งสุกโมเลกุลของอะไมโลสละลายอยู่ในน้ำในรูปของคอลลอยด์หรือโซล

หากตั้งแป้งสุกทิ้งไว้ในเย็นจะได้เจลซึ่งมีโมเลกุลของอะไมโลสเรียงตัวกันเป็นร่างแหโดยจะกักโมเลกุลของน้ำไว้ในช่องว่างระหว่างโมเลกุลของแป้งด้วยน้ำเย็นที่ใส่เมื่อตอนก่อนกวนแป้งคือน้ำที่อยู่ในช่องว่างนี้โมเลกุลของน้ำที่ถูกกักไว้นี้จะถูกยึดไว้กับแป้งด้วยแรงของพันธะไฮโดนเจนระหว่างโมเลกุลของแป้งและน้ำการใช้ช้อนหรือนิ้วมือกดเจลขณะนี้จะไม่มีน้ำไหลออกมาเพราะแรงกดมีน้อยกว่าแรงของพันธะไฮโดรเจนจำนวนมากมายนั้นหากใช้แรงเหวี่ยงด้วยเครื่องเซนตริฟิวส์

(centrifuge) จะทำให้โมเลกุลของน้ำไหลออกจากเจลได้เพราะแรงเหวี่ยงสามารถทำลายพันธะไฮโดนเจนได้

2.3.2 การเสื่อมสภาพเจล

เมื่อน้ำเจลเข้าไปเก็บไว้ในตู้เย็นนานๆ จะพบว่ามีน้ำไหลออกมาอธิบายว่าระหว่างการเก็บโมเลกุลของอะไมโลสที่เคยเรียงตัวเป็นร่างแหเกิดการบิดตัวเรียงตัวใหม่เพื่อสร้าง คริสตัลไลน์ แอเรีย (crystalline area) โดยส่วนใดส่วนหนึ่งของโมเลกุลยาวๆนี้จะเข้ามาอยู่ใกล้ชิดกันเรียกบริเวณที่พบกันนี้ว่า ครัสตัลไลน์ แอเรีย หรือ คริสตัลไลน์ ไมเซลส์ (crystalline micelle) ผลของการบิดตัวเพื่อสร้างคริสตัลไลน์แอเรีย ทำให้โมเลกุลของน้ำที่ถูกกักเก็บเอาไว้ถูกปล่อยเป็นอิสระน้ำจึงไหลออกมาให้เห็นเยิ้มอยู่ใต้ถาดขนมตะโก้หรือขนมใส่ไส้และเรียกกระบวนการทั้งหมดที่ทำให้เกิด คริสตัลไลน์ แอเรีย จนมีน้ำไหลเยิ้มออกมาว่าเป็นการเกิดรีโทรกราเดชัน (retrogradation) ของแป้ง แป้งชนิดใดที่ทำให้เกิดเจลได้จะมีรีโทรกราเดชันได้ซึ่งมีผลเสียต่อสุขภาพของอาหารเพราะแป้งที่ผ่านรีโทรกราเดชันจะกระด้างเนื่องจากขับน้ำออกแล้วทำให้มีความอร่อยลดลงและเป็นเครื่องบอกว่าเป็นอาหารเก่าหรือค้างคืนมาแล้ว

2.3.3 ผลิตภัณฑ์เจล

นอกจากแป้งจะทำให้เกิดเจลได้ยังมีสารอาหารอื่นๆ อีกที่สามารถทำให้เกิดเจลซึ่งอาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ จำพวกสารคาร์โบไฮเดรตและจำพวกสารโปรตีน 1 จำพวกสารคาร์โบไฮเดรตหรือโพลลีเซคคาไรด์ ได้แก่

2.3.3.1 เพกทิน เป็นสารประกอบของกรดกาแล็กทูโรนิกซึ่งเป็นสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่มีรูปร่างโมเลกุลเป็นเส้นยาวๆก็อาจทำให้เกิดเจลได้เราใช้ประโยชน์ในการทำแยมผลไม้ชนิดต่างๆ เช่น แยมผิวส้ม แยมสตรอเบอร์รี่

2.3.3.2 วุ้นที่ได้จากอะการ์ (agar) ประกอบด้วยกาแล็กโทสที่เชื่อมต่อกันเป็นสายยาว หรือจากคาร์ราจีแนน (carageenan) ที่ประกอบด้วยกาแล็กแทน วุ้นที่ประกอบด้วยโซเดียมอัลจิเนต (sodium alginate) เราใช้วุ้นทำขนมหลายชนิด 2 จำพวกสารโปรตีน ได้แก่

1) เจลาติน เป็นโปรตีนที่มีโมเลกุลเป็นเส้นยาวๆ สามารถทำให้เกิดเจลได้ดังที่เห็นในพวกเยลลีหมูตั้ง เป็นต้น เจลาตินมากพบในหนังสัตว์ กระดูกเครื่องในสัตว์ส่วนที่เป็นเอ็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

2) ไข่ขาว คือ อัลบูมินเมื่อละลายน้ำได้โซลถ้าความเข้มข้นสูงพอ หากถูกความร้อนจะกลายเป็นเจลของไข่ขาวในไข่ตุ๋น คัสตาร์ด เป็นต้น

3) นม นมสดที่มี pH ประมาณ 6.6 เคซีนจะอยู่ในรูปของคอลลอยด์เมื่อทำให้ pH ลดลงถึง 4.7 ซึ่งเป็นจุดไอโซอิเล็กทริก (isoelectric point) เคซีนจะแข็งตัวกลายเป็นเจลได้

ดังที่เห็นในนมเปรี้ยวหรือจะใช้เอนไซม์เรนนินทำปฏิกิริยากับเคซีนจะได้เจล เช่นกันซึ่งเราใช้เจลชนิดหลังที่เกิดขึ้นทำเนยแข็ง

เจลเป็นผลิตภัณฑ์มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่เปลี่ยนรูปลักษณะกลับไปกลับมาได้เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิ เช่น เจลาติน และประเภทที่เปลี่ยนรูปกลับคืนไม่ได้ เช่น ไข่ขาว

2.4 การนึ่ง

การนึ่ง คือ การให้ความร้อนชื้นอาหารที่ต้องการทำให้สุกโดยการใช้ภาชนะ 2 ชั้น ชั้นต่างสำหรับใส่น้ำต้มให้เดือดชั้นบนมีช่องหรือแผ่นตะแกรงสำหรับวางอาหารหรือมีภาชนะที่มีแผ่นตะแกรงเพื่อวางอาหารเหนือน้ำและไอน้ำเดือดจากน้ำด้านด่างสามารถลอยตัวไปเบื้องบนชั้นอาหารทำให้สุก (กรมการฝึกหัดครู, 2538) หลักสำคัญของการนึ่งมี 3 ประการ

2.4.1 ปล่อยให้ไอน้ำผ่านอาหารโดยตรง เช่น การนึ่งชิ้นปลาและไก่โดยวางชิ้นอาหารในภาชนะที่มีช่องให้ไอน้ำผ่านได้มีฝาปิดแล้ววางเหนือหม้อน้ำเดือดหรือใส่ชามสองใบ ใบหนึ่งใส่อาหารอีกใบหนึ่งครอบปิดปากต้มที่ใส่อาหารแล้ววางลงในหม้อน้ำเดือดไอน้ำเดือดจะทำให้อาหารสุกได้

2.4.2 ปล่อยให้ไอน้ำผ่านอาหารที่ปรุงแต่งด้วยเครื่องเทศและมีผักรองพื้นภาชนะใส่อาหารกับน้ำสต๊อกหรือไวน์ตามชอบ

2.4.3 การนึ่งขนมจำพวกพุดดิ้ง ซึ่งต้องใช้กระดาษไขหรือกระดาษฟลอยด์หุ้มห่อขนมไว้ป้องกันไอน้ำรวมตัวกันเป็นหยดน้ำทางด้านบนขนมทำให้ขนมและอาหารทำให้สุกโดยการนึ่งมีหลายอย่าง เช่น เนื้อสัตว์ ขนมหวาน เผือก มันเทศ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิศรุตและขวัญเรือน, 2551 : ได้ทำการศึกษาเรื่องการใช้น้ำว่านกราบหอยทดแทนน้ำบางส่วนในขนมชั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานของขนมชั้นและศึกษาปริมาณน้ำว่านกราบหอยทดแทนน้ำบางส่วนในขนมชั้น 3 ระดับ คือ 50 % 75 % และ 100 % ของปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดโดยน้ำหนักของน้ำว่านกราบหอย โดยวางแผนทดลองแบบ (CRBD) ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านความชอบโดยรวมแล้วให้คะแนนแบบ 9 Hedonic scale โดยให้ผู้ชิม 60 คน วิเคราะห์ผลแบบ ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี (LSD) ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับ 100 % ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุด โดยได้คะแนนเฉลี่ย ด้านความชอบโดยรวม 8.15 ด้านสี 7.92 ด้านกลิ่น 7.60 ด้านการลอกชั้น 7.46 ด้านรสชาติ 7.73 และ ด้านความเหนียวนุ่ม 7.47 ตามลำดับ

ลักขณาและวิไลลักษณ์, 2546 : การศึกษาการใช้น้ำมะตูมทดแทนน้ำบางส่วนในขนมชั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำมะตูมที่ใส่ลงในขนมชั้นที่ 3 ระดับ คือ 5 % 10 % และ 15 % โดยวางแผนทดลองแบบ RCBD ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านความชอบโดยรวมแล้วให้คะแนนแบบ 9 Hedonic scale โดยให้ผู้ชิม 60 คน วิเคราะห์ผลแบบ ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD ผลการศึกษาพบว่า การใช้น้ำมะตูมทดแทนน้ำบางส่วนในของชั้นโดยประเมินของคุณภาพทางขนมชั้นในระดับที่ 10 % ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ให้การยอมรับมากที่สุดในด้านความชอบโดยรวมเฉลี่ย 7.02 ด้านสี 6.95 ด้านกลิ่น 6.48 ด้านความใส 6.53 ด้านการลอกชั้น 6.55 ด้านความเหนียวนุ่ม 6.75 ด้านความหวาน 6.55

ชไมพรและสุธาสินี, 2556 : งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการทำแห้งแป้งตาลโตนดโดยการอบที่อุณหภูมิ 60 65 และ 70 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด และนำไปทดแทนในส่วนผสมแป้งของขนมไทย 3 ชนิด คือขนมชั้น ขนมน้ำดอกไม้ และขนมปุยฝ้าย เพื่อให้ได้สีและกลิ่นที่เหมาะสม โดยทำการศึกษาอัตราส่วนของแป้งตาลโตนด 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 10 20 และ 30 ทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี การยอมรับของผู้บริโภคและศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยบรรจุในภาชนะ 2 ประเภทคือ กล่องพลาสติก Polyviny chloride (PVC) และกล่องพลาสติก Polyviny chloride (PVC) สวมด้วยถุงพลาสติกชนิด Polyviny chloride (PE) เก็บรักษาที่อุณภูมิห้องทำการตรวจคุณภาพทุก ๆ 1 วัน พบว่าอุณหภูมิที่ 60 70 องศาเซลเซียส เหมาะสมในการทำแห้งแป้งตาลโตนด เมื่อนำแป้งตาลโตนดร้อยละ 10 ของปริมาณส่วนผสมแป้ง เป็นปริมาณที่เหมาสมที่สุดในการทำผลิตภัณฑ์ขนมไทยดังกล่าวเนื่องจากได้รับการยอมรับจากผู้ชิมในด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุดในการทำผลิตภัณฑ์และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีคะแนนของขนมชั้น 7.73 ขนมน้ำดอกไม้ 7.95 และขนมปุยฝ้าย 7.62 เมื่อนำผลิตภัณฑ์ขนมไทยแป้งตาลโตนด ทั้ง 3 ชนิด มาทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ด้านความชื้น เถ้า ไขมัน เยื่อใย โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนับสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อนำไปศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 100 คน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับขนมปุยฝ้ายมากที่สุดจำนวน 66 คน ขนมชั้น 28 คน และขนมน้ำดอกไม้ 6 คน แต่อย่างไรก็ตามไม่ควรเก็บขนมปุยฝ้ายไว้นานเกิน 1 วัน เนื่องจากทุกตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานกำหนดภายในระยะเวลาการเก็บเพียง 1 วัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำการใช้น้ำตาลสดทดแทนน้ำตาลทรายในการทำขนมชั้น

3.1.1.1 แป้งข้าวเจ้า	ตราช้างสามเศียร
3.1.1.2 แป้งท้าวยายม่อม	ตราปลามังกร
3.1.1.3 แป้งมันสำปะหลัง	ตราปลามังกร
3.1.1.4 น้ำตาลทรายขาว	ตรามิตรผล
3.1.1.5 น้ำตาลโตนด	จังหวัดเพชรบุรี อำเภอบ้านลาด
3.1.1.6 กะทิสำเร็จรูป	ตราอร่อยดี

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการใช้น้ำตาลสดทดแทนน้ำตาลทรายในการทำขนมชั้น

3.1.2.1 ถาดอลูมิเนียมเครื่องหมายการค้า Kitchenware ขนาด 35x45x4.8 ซม.

3.1.2.2 เครื่องชั่งไฟฟ้า รุ่น VWE GS-3000 CAP.: 3000 g × 0.5 g

3.1.2.3 อ่างผสมสแตนเลส

3.1.2.4 ที่ร่อนแป้งสแตนเลส 20 ซม.

3.1.2.5 ถ้วยตวงของเหลว

3.1.2.6 ถ้วยตวงของแห้ง

3.1.2.7 ช้อนตวง ช้อนตวงสเตนเลส SUPREME รุ่น S3381

3.1.2.8 ทัพพีสแตนเลส ขนาด 4 นิ้ว เครื่องหมายการค้า ตราหัวม้าลาย

3.1.2.9 มีด

3.1.2.10 ลังถึง

3.1.3 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางด้านเคมี

- เครื่องวัดความหวาน (Hand refractometer) เครื่องหมายการค้าATAGO รุ่น N-1E

3.1.4 อุปกรณ์ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

- ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด
- แบบสอบถามทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale

3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.2.1 เพื่อศึกษาการผลิตขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

การทดลองครั้งนี้ได้นำสูตรพื้นฐานขนมชั้นของอาจารย์ศันนีย์ ทิมทอง โดยมีอัตราส่วนดังตารางที่ 3.1 คือ แป้งท้าวยายม่อม 30 กรัม แป้งข้าวเจ้า 45 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 350 กรัม น้ำตาลทราย 700 กรัม กะทิ 1200 กรัม มาทำการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 25:75 50:50 และ 75:25 มีขั้นตอนตามแผนภาพที่ 3.1 แล้วนำขนมชั้นไปทดลองคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale (คือ 1 ไม่ชอบมากที่สุดและ 9 คือชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทำการทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ การลอกชั้น เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) ความชอบโดยรวม มีผู้ทดสอบชิม 60 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาและและอาจารย์คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครโดยวางแผนแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) เพื่อเลือกสูตรที่เหมาสมไปทดลองในข้อต่อไป

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงปริมาณอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น จำนวน 4 สูตร

วัตถุดิบ	ปริมาณน้ำหนักของวัตถุดิบ (กรัม)			
	สูตรพื้นฐาน	สูตร 25:75	สูตร 50:50	สูตร 75:25
แป้งมันสำปะหลัง	350	350	350	350
แป้งข้าวเจ้า	45	45	45	45
แป้งท้าวยายม่อม	30	30	30	30
น้ำตาลทราย	700	175	350	525
น้ำตาลโตนด	-	525	350	175
กะทิ	1200	1200	1200	1200

ต้มกะทิ น้ำตาลทรายและน้ำตาลโตนดรวมกันให้เดือดละพักทิ้งไว้ให้เย็น

↓

ร่อนแป้งทั้งหมดรวมกัน เติมน้ำกะทิลงในแป้งพอให้นวดได้ นวด 10 นาที

↓

เทกะทิผสมกับแป้งทั้งหมดคนให้ละลาย

↓

แบ่งส่วนผสมเป็นอย่างละครึ่ง ครึ่งหนึ่งใส่สีผสมอาหารที่เตรียมไว้

↓

นึ่งลังถึงพร้อมพิมพ์ขนมทิ้งไว้ให้ร้อน 4 นาที

↓

เทชั้นแรกใส่พิมพ์ นึ่ง 4 นาที ชั้นที่เหลือนึ่งชั้นละ 6 นาที จนเต็มพิมพ์

↓

แกะออกจากพิมพ์ ทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องจนเย็น

↓

ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

แผนภูมิที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตขนมชั้นน้ำตาลโนด

3.2.2 ศึกษาระยะเวลาในการนวดแป้งขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน

นำขนมชั้นที่ได้จากข้อ 3.2.1 มาศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการนวดแป้งที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 5 นาที 10 นาที 15 นาทีและ 20 นาที แล้วนำขนมชั้นไปทดลองคุณภาพประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 5-point hedonic scale (คือ 1 ไม่ชอบมากและ 5 คือชอบมาก) ปัจจัยที่ทำการทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ การลอกชั้น เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) ความชอบโดยรวม มีผู้ทดสอบชิม 60 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาและและอาจารย์คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครโดยวางแผนแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Rang Test (DMRT) เพื่อเลือกสูตรที่เหมาะสมไปทดลองในข้อต่อไป

3.2.3 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อการใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

ทำการทดสอบการยอมรับกับผู้บริโภค (consumer test จำนวน 100 คน) ซึ่งเป็นอาจารย์ นักศึกษา สาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหารและบุคลากร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยการใช้แบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถามและแบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภคเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) ตอนที่ 2 ประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ (5 point hedonic scale) โดยใช้บรรจุภัณฑ์เป็นกล่องพลาสติกแบบมีฝาปิดและแสดงรายละเอียดฉลากข้อมูลบนผลิตภัณฑ์

3.2.4 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลน้ำตาลทรายบางส่วน

นำตัวอย่างขนมชั้นที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดวิเคราะห์สมบัติทางเมีส่งวิเคราะห์ณ ALS LABORATORY GROUP (THAILAND) CO LTD ได้แก่

3.2.4.1 วิเคราะห์ โปรตีนด้วยวิธีวิเคราะห์ In-house method STM No. 03-017 based on AOAC (2012), 981.10

3.2.4.2 วิเคราะห์ไขมัน ด้วยวิธีวิเคราะห์ Based on AOAC (2012), 922.06

3.2.4.3 วิเคราะห์เถ้า ด้วยวิธีวิเคราะห์ In-house method STM No.03-112 based on AOAC (2012), 900.02A

3.2.4.4 วิเคราะห์ความชื้น/น้ำ ด้วยวิธีวิเคราะห์ In-house method STM No.03-118 based on AOAC (2012), 925.45A

3.2.4.5 วิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธีวิเคราะห์ Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) p.106

3.2.4.6 วิเคราะห์พลังงาน ด้วยวิธีวิเคราะห์ Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) p.106

3.2.4.7 วิ เคราะห์พลังงานจากไขมัน ด้วยวิธีวิเคราะห์ Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) p.106

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

3.3.1 ห้องปฏิบัติการอาหาร 612 คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสาตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.3.2 ทดสอบประสาทสัมผัส ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.3.3 การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ ณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.4 ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองในครั้งนี้เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาสูตรพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

4.1.1 ผลการศึกษาการใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

การศึกษาครั้งนี้ได้นำสูตรพื้นฐานขนมชั้นของอาจารย์ศันศนีย์ ทิมทอง โดยมีอัตราส่วนของ แป้งท้าวยายม่อม 30 กรัม แป้งข้าวเจ้า 45 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 350 กรัม น้ำตาลทราย 700 กรัม กะทิ 1200 กรัม มาทำการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 25:75 50:50 และ 75:25 มีขั้นตอนตามแผนภาพที่ 3.2 แล้วนำขนมชั้นไปทดลองคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 9-point hedonic scale ปัจจัยที่ทำการทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ การลอกชั้น เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) ความชอบโดยรวม มีผู้ทดสอบชิม 60 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาและและอาจารย์คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครโดยวางแผนแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพื่อเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดมาเป็นสูตรพัฒนาในการทำผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนดคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงปริมาณอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ขนมชั้น จำนวน 4 สูตร

วัตถุดิบ	ปริมาณน้ำหนักของวัตถุดิบ (กรัม)			
	สูตรพื้นฐาน	สูตร 25:75	สูตร 50:50	สูตร 75:25
แป้งมันสำปะหลัง	350	350	350	350
แป้งข้าวเจ้า	45	45	45	45
แป้งท้าวยายม่อม	30	30	30	30
น้ำตาลทราย	700	175	350	525
น้ำตาลโตนด	-	525	350	175
กะทิ	1200	1200	1200	1200

สูตรที่ 1 **สูตรที่ 2** **สูตรที่ 3**

ภาพที่ 4.1 ขนมชั้นสูตรพัฒนาจำนวน 3 สูตร

ตารางที่ 4.2 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสูตรพัฒนา 3 สูตร

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	**คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส**		
	สูตรที่ 1 25:75	**สูตรที่ 2 50:50**	**สูตรที่ 3 75:25**
สี	7.65^{b}±0.78	**8.17^{a}±0.76**	7.57^{b}±0.98
กลิ่น^{ns}	7.72±0.87	**7.82±0.83**	7.75±0.81
การลอกชั้น	7.32^{b}±1.03	**8.05^{a}±0.75**	7.82^{a}±0.89
รสชาติ	7.42^{b}±0.98	**8.02^{a}±0.83**	7.62^{b}±0.94
เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม)	7.48^{b}±0.95	**7.88^{a}±0.83**	7.78^{ab}±0.89
ความชอบโดยรวม	7.60^{b}±0.83	**8.00^{a}±0.80**	7.65^{b}±0.84

หมายเหตุ : 1) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ตัวอักษร a, b ที่กำกับในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

3) ตัวอักษร ns ที่กำกับในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสูตรพัฒนาจำนวน 3 สูตร

ลักษณะทางกายภาพ	สูตรที่ 1 25:75	สูตรที่ 2 50:50	สูตรที่ 3 75:25
สี	น้ำตาลด้าน	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลเข้ม
กลิ่น	มีกลิ่นน้ำตาลโตนดน้อย	มีกลิ่นน้ำตาลโตนดปานกลาง	มีกลิ่นน้ำตาลโตนดมาก
รสชาติ	ค่อนข้างหวาน	หวานไม่มาก	หวานมาก
เนื้อสัมผัส	กระด้าง	เหนียวนุ่ม	เหนียวหนืด
การลอกชั้น	ลอกชั้นง่ายไม่ติดกันระหว่างชั้น	ลอกชั้นง่ายไม่ติดกันระหว่างชั้น	การลอกชั้นค่อนข้างยากแป้งแต่ละชั้นมีลักษณะติดกัน

จากตารางที่ 4.1 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสการทำขนมชั้นโดยใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน 3 สูตรพบว่าด้านสี การลอกชั้น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกัน แต่ด้านกลิ่นไม่มีความแตกต่างกัน โดยได้ทั้ง 3 สูตรได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 8.17 7.82 8.05 8.02 7.88 และ8.00 ตามลำดับ

ด้านสีพบว่าสูตรที่ 2 แตกต่างกับสูตรที่ 1 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับที่มีความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยสูตรที่ 2 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 8.17 อยู่ในระดับความชอบปานกลาง เนื่องจากสูตรที่ 2 มีปริมาณน้ำตาลโตนดเท่ากับน้ำตาลทรายทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลอ่อนกว่า สูตรที่ 1 และ 3 ส่งผลให้สูตรที่ 2 อยู่ในการยอมรับของผู้ชิมมากที่สุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ได้คุณลักษณะที่ดี สีของผลิตภัณฑ์มีสีน้ำอ่อนไม่เข้มเกินไป การลอกชั้นได้ง่ายไม่ติดกัน รสหวานกำลังดีไม่หวานมากจนเกินไป มีกลิ่นหอมน้ำตาลโตโนด ต่างจากอัตราส่วนที่ 25:75 เนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็งกระด้าง มีความเหนียวนุ่มน้อย และมีความหวานของน้ำตาลทรายมากกว่าน้ำตาลโตนด เนื่องจากน้ำตาลโตนดเหมาะสำหรับทำขนมไทยที่มีส่วนประกอบของกะทิมีกลิ่นและรสเฉพาะตัว สมบัติน้ำตาลโตนดยังช่วยดูดซับความชื้นในอาหารทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น (อัจฉรา, 2556) สอดคล้องกับ (วรลักษณ์, 2553) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากภูมิปัญญาท้องถิ่นเรื่องน้ำตาลมะพร้าวของชุมชนจังหวัดสมุทรสงคราม ได้ศึกเรื่องการใช้น้ำตาลมะพร้าวในการทำผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำตาลสด โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างผงวุ้นกับปริมาณน้ำตาลสด พบว่าการใช้น้ำตาลสดกับผงวุ้น น้ำตาลทราย ในปริมาณที่ต่างกันมีผลต่อคุณลักษณะ ด้าน สี กลิ่น รสชาติ และคุณลักษณะวุ้นน้ำตาลสด

ด้านกลิ่นทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยสูตรที่ 2 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 7.82 อยู่ในระดับความชอบปานกลาง เนื่องจากน้ำตาลโตโนดมีกลิ่นหอมตามธรรมชาติการทดแทนในอัตราส่วนที่ต่างกันระหว่างปริมาณของน้ำตาลน้ำตาลทราย ทำให้ได้กลิ่นหอมของน้ำตาลโตนดไม่มากหรือน้อยจนเกินไป ส่งผลให้การยอมรับของผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับทางด้านกลิ่นไม่แตกต่างกัน

ด้านการลอกชั้นสูตรที่ 2 แตกต่างกับสูตรที่ 1 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยสูตรที่ 2 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 8.09 อยู่ในระดับความชอบปานกลาง เนื่องจากสูตรที่ 2 มีปริมาณน้ำตาลโตนดและน้ำตาลทรายเท่ากัน ส่งผลให้สูตรที่ 2 การลอกชั้นดีขึ้นกว่าสูตรที่ 3 เนื่องจากน้ำตาลโตนดมีปริมาณไขมันและมีองค์ประกอบของน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลอินเวิร์ทไม่มากกว่า 7% (ปรัชญา, 2550) ต่างจากน้ำตาลทรายขาวเป็นผลึกที่มีซูโครสมีความบริสุทธิ์ต่ำ น้ำตาลทรายขาว (raw sugar) หมายถึง ผลึกซูโครสที่มีความบิสุทธิต่ำ เป็นเกล็ดใส สีขาวถึงสีเหลืองอ่อน มีความชื้นเล็กน้อย เกล็ดน้ำตาลร่วนไม่ติดกัน และมีกากน้ำตาลติดอยู่เป็นส่วนน้อย ผลิตจากอ้อยโดยตรง วิธีการผลิตใช้กำมะถันหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวฟอกสี ใช้บริโภคในครัวเรือนและใช้ในการทำอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ (อัจฉรา, 2556) ซึ่งจากคุณค่าทางโภชนาการน้ำตาลทรายไม่มีปริมาณของไขมัน เมื่อใส่น้ำตาลโตนดในปริมาณที่มากว่าทำให้มีไขมันปริมาณ สูงส่งผลทำให้แป้งเหนียวและแฉะในการระหว่างการให้ความร้อนการนึ่งของขนมชั้นทำให้เกิดการลอกชั้นทำได้ยาก มีผลทำให้คะแนนเฉลี่ยความชอบของคุณลักษณะด้านการลอกเป็นชั้นลดลงในสูตรที่ 3 สอดคล้องกับ (ชไมพรและสุธาสินี, 2556) ได้ศึกษาการทำขนมชั้นจากแป้งน้ำตาลโตนดโดยใช้แป้งจากน้ำตาลโตนดทดแทนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นในร้อยละ 0 10 20 และ 30 พบว่า ไม่มีผลต่อคุณภาพการลอกชั้นแต่การนวดแป้งในระหว่างการผลิตขนมชั้น และ (สุพรรณิการ์, 2546) ได้ศึกษาเรื่องการใช้นมขาดมันเนยทดแทนกะทิและการเสริมแครอทในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น โดยศึกษาการใช้อัตราส่วนการทดการทดแทนกะทิด้วยนมขาดมันเนยในปริมาณต่างกันกัน คือร้อยละ 30 40 และ 50 ของน้ำหนักของเหลวทั้งหมด (กะทิ, น้ำเปลา) พบว่า ปริมาณนมขาดมันเนยมีผลต่อค่าเฉลี่ยคะแนนด้านการลอกเป็นชั้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากภาพที่ 3 จะเห็นไดวาการใช้นมขาดมันเนยในปริมาณสูงขึ้นจะทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนลดลงพบว่าขนมชั้นที่ใช้ปริมาณนมขาดมันเนยร้อยละ 50 (ค่าเฉลี่ย 5.02) มีความแตกต่างกับนมขาดมันเนยที่ปริมาณร้อยละ 40 (ค่าเฉลี่ย 5.54) และร้อยละละ 30 (ค่าเฉลี่ย 5.73) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ด้านรสชาติสูตรที่ 2 แตกต่างกับสูตรที่ 1 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมันร้อยละระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยสูตรที่ 2 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 8.02 ซึ่งอยู่ในระดับความชอบปานกลาง เนื่องจากสูตรที่ 2 มีปริมาณน้ำโตนดทดแทนน้ำตาลทรายร้อยละ 50 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหวานที่พอดี การใช้น้ำตาลในปริมาณที่มากกว่าจะทำให้ขนมชั้นมีความหวานมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำตาลโตนดเป็นก้อนเหนียวมีความหนืดสูงสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้มมีความชื้นมากผลิตจากมะพร้าวหรือต้นตาล เป็นน้ำตาลซูโครส เมื่อเปรียบความหวานของน้ำตาลประเภทต่างโดยความหวานของน้ำตาลซูโครสเท่ากับ 100 และความหวานของน้ำตาลกลูโคสเท่ากับ 70-75 ซึ่งเมื่อเทียบจากค่าความหวานของน้ำตาลพบว่าน้ำทรายมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลโตนดและมีกลิ่นรสหอมตามธรรมชาติน้อยกว่ากว่าน้ำตาลโตนด (รพีพรและคณะ, 2557)

ด้านเนื้อสัมผัสผู้บริโภคให้การยอมรับในสูตรที่ 2 แตกต่างกับสูตรที่ 1 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมันร้อยละ 95 โดยสูตรที่ 2 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 7.88 ซึ่งอยู่ในระดับความชอบปานกลาง เนื่องจากสูตรที่ 2 มีปริมาณน้ำตาลโตนดเท่ากับน้ำตาลทรายทำให้มีความเหนียวนุ่มกว่าสูตรที่ 1 และ 3 ส่งผลให้สูตรที่ 2 อยู่ในระดับที่ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุด เนื่องจากผู้ทดสอบชิมยอมรับผลิตภัณฑ์ในสูตรที่ 2 โดยทดแทนน้ำตาลโตนดร้อยละ 50 เพราะได้ลักษณะที่ดีของขนมชั้น รสหวานของน้ำตาลโตนดไม่มากจนเกินไปรสชาติกลมกล่อมและมีสีน้ำตาลอ่อนไม่กระด้าง มีความมันวาวที่ผิวผลิตภัณฑ์ขนมชั้น เนื่องจากน้ำตาลโตนดทำมาจากน้ำตาลสดและนำมาผ่านกระบวนการเคี่ยวเพื่อทำให้เข้มข้น น้ำตาลโตนดยังช่วยดูดซับความชื้นในอาหารทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น หากใส่ในผลิตภัณฑ์มากเกินจะทำให้ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวมากเกินไปและไม่นุ่ม (อัจฉรา, 2556) และเมื่อใช้ปริมาณน้ำตาลโตนดในปริมาณที่มากทำความใสของผลิตภัณฑ์จะลดน้อยลงเนื้อสัมผัสจะค่อนข้างแข็งและเม็ดแป้งบางส่วนไมสุก ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลจะขัดขวางการพองตัวและการสุกของเม็ดแป้งประกอบกบขนมชั้นมีไขมันซึ่งทำหน้าที่ห่อหุ้มแป้งไว้ เม็ดแป้งจึงดูดซึมน้ำไดน้อยลงและน้ำตาล Reducing Sugar ที่จับกับน้ำได้ดีกว่าแป้งจึงสามารถดึงน้ำไปรวมได้ดีกว่า จึงมีผลทำให้เม็ดแป้งบางส่วนไมสุก ปรากฏลักษณะที่ขุ่นเกิดขึ้นได (ณรงค์และอัญชนีย์, 2528) อ้างถึงใน (สุพรรณิการ์, 2546) สอดคล้องกับ (วาลิกา, 2548) ได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาขนมชั้นโดยใช้ประโยชน์จาก ฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ โดยศึกษาสัดส่วน 5 ระดับ (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100) พบว่าเมื่อปริมาณฟลาวมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ขนมชั้นที่ได้มีเนื้อสัมผัสมีความแข็งการเกาะรวมตัวกันความยากง่ายในการเคี้ยวความเค้นและร้อยละการยืดตัวลดลงสัดส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อฟลาวมันสำปะหลังที่เหมาะสม คือ 25:75

ด้านความชอบโดยรวมสูตรที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดที่คะแนนเฉลี่ย 8.00 ในระดับความชอบปานกลาง สูตรที่ 3 และ 1 ได้คะแนนเฉลี่ย 7.65 และ 7.60 ตามลำดับ เนื่องจากได้ลักษณะที่ดีของขนมชั้น รสหวานของน้ำตาลโตนดไม่มากจนเกินไปรสชาติกลมกล่อมและมีสีน้ำตาลอ่อนไม่กระด้างมีความมันวาวต่างที่ผิวของผลิตภัณฑ์ ต่างจากอัตราส่วนที่ 25:75 เนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็งกระด้างมีความเหนียวนุ่มน้อยและมีความหวานของน้ำตาลทรายมากกว่าน้ำตาลโตนดและอัตราส่วนที่ 75:25 เนื้อสัมผัสมีความเหนียวหนืดและมีรสหวานจนเกินไป โดยอัตราส่วนที่ 50:50 มีคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่น การลอกชั้น รสชาติ และเนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) คือ 8.00 8.17 7.82 8.05 8.02 7.88 8.00 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนและวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่าคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ในด้านความชอบโดยรวม สี การลอกชั้น รสชาติ และเนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนในด้านกลิ่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากน้ำตาลโตนดเหมาะสำหรับทำขนมไทยที่มีส่วนประกอบของกะทิมีกลิ่นและรสเฉพาะตัว น้ำตาลโตนดยังช่วยดูดซับความชื้นในอาหารทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น (อัจฉรา, 2556) ดังนั้นสูตรที่ 2 ปริมาณของน้ำตาลโตนดในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นจึงเหมาะสมและเป็นที่ยอมรับมากที่สุด

4.1.2 ผลการศึกษาระยะเวลาในการนวดแป้งขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

นำขนมชั้นที่ได้จากข้อ 3.2.1 มาศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการนวดแป้งที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 5 นาที 10 นาที 15 นาทีและ 20 นาที แล้วนำขนมชั้นไปทดลองคุณภาพประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 5-point hedonic scale (คือ 1 ไม่ชอบมากและ 5 คือชอบมาก) ปัจจัยที่ทำการทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ การลอกชั้น เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) ความชอบโดยรวม มีผู้ทดสอบชิม 60 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาและและอาจารย์คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครโดยวางแผนแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Rang Test (DMRT) เพื่อเลือกสูตรที่เหมาะสมไปทดลองในข้อต่อไป

ตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบการนวดแป้งผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสูตรพัฒนา 4 ระดับ

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส			
	5 นาที	**10 นาที**	**15 นาที**	**20 นาที**
สี^{ns}	7.50±0.89	7.53±0.97	7.57±0.93	7.73±1.06
กลิ่น^{ns}	7.53±0.87	7.47±0.98	7.37±1.03	7.50±1.03
การลอกชั้น^{ns}	7.55±1.03	7.38±0.99	7.42±1.09	7.63±0.97
รสชาติ^{ns}	7.43±0.98	7.47±0.98	7.67±0.99	7.72±1.01
เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม)	7.45^{b}±0.95	7.52 ^{ab}±0.93	7.50^{ab}±1.03	**7.78^{a}±1.03**
ความชอบโดยรวม^{ns}	7.60±1.03	7.52±0.91	7.42±1.03	7.70±1.03

หมายเหตุ : 1) ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ตัวอักษร a, b ที่กำกับในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

3) ตัวอักษร ns ที่กำกับในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

จากการทดสอบการนวดแป้งผลิตภัณฑ์ขนมชั้น 4 ระดับ คือ 5 นาที 10 นาที 15 นาที และ 20 นาที เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่าคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ในด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่น การลอกชั้น รสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพบว่าด้านเนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) ผู้ทดลองชิมให้การยอมรับมากที่สุดในเวลาที่ 20 นาที โดยมีค่าเฉลี่ย 7.78 ส่วนระยะเวลา 10 นาที และ 15 นาที โดยมีค่าเฉลี่ย 7.52 และ 7.50 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผู้ทดลองชิมให้การยอมรับน้อยที่สุดในระยะเวลา 5 นาที โดยมีค่าเฉลี่ย 7.45 เนื่องจากแป้งข้าวเจ้ามีองค์ประกอบของเมล็ดข้าวประกอบด้วยส่วนประกอบย่อย 2 ชนิด คือ อะมิโลสและอะมิโลเพกติน อะมิโลส คือ โมเลกุลที่ประกอบขึ้นจากหน่วยกลูโคสที่มีโครงสร้างแบบเส้นตรง (linear chain) ในขณะที่อะมิโลเพกตินประกอบด้วยหน่วยกลูโคสเช่นกันแต่มีโครงสร้างแบบแยกเป็นกิ่งก้าน (branch chain) จึงไม่ส่งผลต่อการเกิดการเหนียวในขณะนวดแป้งแต่ให้คุณสมบัติที่ดีในเรื่องของความนุ่มและเนื้อสัมผัสไม่กระด้าง (อบเชยและขนิษฐา, 2544) สอดคล้องกับ (ชไมพรและสุธาสินี, 2556) ได้ศึกษาการทำขนมชั้นจากแป้งน้ำตาลโตนดโดยศึกษาการนวดแป้ง พบว่าในกระบวนการผลิตขนมชั้น การนวดแป้งเป็นสิ่งจำเป็นเพราะจะช่วยทำให้เม็ดแป้งแตกตัว จึงช่วยในการดูดซึมน้ำ การนวดแป้งจะทำให้ขนมชั้นมีลักษณะเนื้อเนียนละเอียดเหนียว นุ่ม ดูเป็นมัน และลอกชั้นได้ง่ายกว่าชนิดที่ทำโดยไม่นวดแป้ง

4.2 ผลการศึกษาทางเคมีในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสูตรพื้นฐานและผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณในหน่วยบริโภคต่อ 100 กรัม	
	ผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสูตรพื้นฐาน	ผลิตภัณฑ์ขนมชั้นใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน
โปรตีน (กรัม)	1.47	1.55
ไขมัน (กรัม)	8.48	8.61
เถ้า (กรัม)	0.39	0.65
ความชื้น/น้ำ (กรัม)	35.6	39.5
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	54.1	49.7
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	299	282
พลังงานในไขมัน (กิโลแคลอรี่)	76.3	77.5

จากผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นโดยใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาบทรายบางส่วน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน โดยผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการต่ออาหาร 100 กรัม ดังตารางที่ 4.5 พบว่า มีปริมาณสารอาหารที่ใกล้เคียงกันระหว่างสูตรพื้นฐานกับสูตรที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนในผลิตภัณฑ์ โปรตีนระหว่าง 0.08 กรัม ไขมันระหว่าง 0.13 กรัม ปริมาณน้ำ-ความชื้นระหว่าง 3.9 กรัม คาร์โบไฮเดรตระหว่าง 4.4 กรัม และพลังงานระหว่าง 17 กิโลแคลอรี่ โดยมีปริมาณของเถ้าสูงกว่าสูตรพื้นฐานระหว่าง 0.26 กรัม และพลังงานไขมันสูงกว่าสูตรพื้นฐานระหว่าง 0.12 กิโลแคลอรี่ เนื่องจากปริมาณของเถ้าสูงในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน ซึ่งน้ำตาลโตนดที่ทดแทนลงในผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการโดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 1.66 องศาบริกซ์ PH ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ประมาณร้อยละ 16.8 น้ำตาลรีดิวซิ่งร้อยละ 1.8 และน้ำตาลซูโครสร้อยละ 15.0 (กนกและคณะ, 2531) เมื่อนำน้ำตาลสดจากงวงตาลของต้นตาลโตนดมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนในการเคี่ยวเพื่อให้เกิดการระเหยน้ำออกไป จนได้เป็นน้ำตาลโตนด ทำให้มีปริมาณของเถ้าที่เป็นสารอาหารอยู่ในน้ำตาลโตนดคงอยู่ เมื่อนำมาทดแทนในผลิตภัณฑ์ทำให้มีปริมาณเถ้าสูงกว่าขนมอาลัวสูตรพื้นฐานที่มีส่วนผสมน้ำตาลทรายเป็นส่วนผสมเพียงอย่างเดียว ในส่วนของพลังงานไขมันลดลงเพราะเนื่องจากน้ำตาลโตนดเป็นน้ำตาลมาจากธรรมชาติเป็นน้ำตาลน้ำตาลซูโครส (sucrose) หรือน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลอ้อย เป็นน้ำตาลที่เรารับประทานพบว่าเมื่อน้ำตาลซูโครสแตกตัวหรือ

ถูกย่อยจะให้น้ำตาลกลูโคสกับน้ำตาลฟรักโทสอย่างละ 1 โมเลกุล ทำให้มานำมาเสริมในผลิตภัณฑ์ทำให้สารอาหารในปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบคุณทางโภชนาการของน้ำตาลโตนดและน้ำตาลทรายต่อปริมาณ 100 กรัม

ชนิดของแร่ธาตุ	น้ำตาลทรายขาว	น้ำตาลโตนด	หน่วย
พลังงาน	387	402	กิโลแคลอรี่
โปรตีน	-	0.30	กรัม
ไขมัน	-	0.40	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	99.98	99.3	กรัม
น้ำตาล	99.80	-	กรัม
น้ำ	0.02	-	กรัม
วิตามินบี1	-	0.01	มิลลิกรัม
วิตามินบี2	0.019	0.02	มิลลิกรัม
วิตามินซี	-	17	มิลลิกรัม
ไนอาซีน	-	0.5	มิลลิกรัม
แคลเซียม	1	0.4	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.05	0.20	มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	2	-	มิลลิกรัม
โซเดียม	1	-	มิลลิกรัม
สังกะสี	0.01	-	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	-	20	มิลลิกรัม

4.3 ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

ผลการศึกษาการยอมรับของการใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลบางส่วนในการทำผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด โดยมีวัตถุประสงค์ช่วยเหลือผลผลิตทางการเกษตร และเกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ให้แก่ชุมชน ผู้วิจัยได้จัดแบ่งการศึกษาวิจัยเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการทดสอบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพส่วนบุคคลของผู้บริโภค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพส่วนบุคคลของผู้บริโภคลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบ check list ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน

ตารางที่ 4.7 จำนวนและค่าร้อยละสถานภาพส่วนบุคคลของผู้บริโภคถามในด้านเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้บริโภค

(n=100)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	49	49.00
หญิง	51	51.00
อายุ		
18-25 ปี	98	98.00
26-33 ปี	-	-
34-41 ปี	2	2.00
42 ปีขึ้นไป	-	-
ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	2	2.00
ปริญญาตรี	98	98.00
ปริญญาโท	-	-
ปริญญาเอก	-	-
อาชีพ		
นักศึกษา	98	98.00
เจ้าหน้าที่	2	2.00
อาจารย์	-	-
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน		
น้อยกว่า 5,000 บาท	30	30.00
5,001 - 10,000 บาท	50	50.00
10,001 - 15,000 บาท	16	16.00
มากกว่า 15,001 บาท	4	4.00

จากตารางที่ 4.7 ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 51.00 และ เพศชาย จำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 49.00

ด้านอายุ 18-25 ปี จำนวน 98 คน คิดเป็นร้อยละ 98.00 รองลงมาอายุ 34-41 ปี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.00

ด้านระดับการศึกษาปริญญาตรี จำนวน 98 คน คิดเป็นร้อยละ 98.00 รองลงมาระดับต่ำกว่าปริญญาตรี 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.00 อาชีพนักศึกษา จำนวน 98 คน คิดเป็นร้อยละ 98.00 รองลงมาเป็นเจ้าหน้าที่ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.00

ด้านรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5,001 – 10,000 บาท จำนวน 50 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 รองลงมารายได้เฉลี่ยต่อเดือนน้อยกว่า 5,000 บาท จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 รายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,001 – 15,000 บาท จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 16.00 รายได้เฉลี่ยต่อเดือนมากกว่า 15,001 บาท จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 4.00 ตามลำดับ

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้บริโภค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวพฤติกรรมของผู้บริโภค ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจรายการ (check list) ได้แก่ ท่านรับประทานขนมชั้นแค่ไหน เหตุผลสำคัญที่คำนึงถึงในการเลือกบริโภคขนมชั้น ช่วงเวลาใดของวันที่ท่านมักซื้อขนมชั้น ท่านมักชอบทานขนมชั้นหลังจากทำกิจกรรมใด

ตารางที่ 4.8 แสดงจำนวนคนและค่าร้อยละพฤติกรรมของผู้บริโภค

(n=100)

พฤติกรรมผู้บริโภค	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ท่านรับประทานขนมชั้นบ่อยแค่ไหน		
1-2 ครั้ง/เดือน	80	80.00
2-3 ครั้ง/เดือน	18	18.00
มากกว่า 4 ครั้ง/เดือน	2	2.00
เหตุผลสำคัญที่คุณคำนึงถึงในการเลือกบริโภคขนมชั้น		
รสชาติอร่อย	89	89.00
สะดวกต่อการรับประทาน	33	33.00
มีประโยชน์ต่อสุขภาพ	14	14.00
ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ	18	18.00

*เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงจำนวนคนและค่าร้อยละพฤติกรรมของผู้บริโภค

(n=100)

พฤติกรรมผู้บริโภค	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ช่วงเวลาใดของวัน ที่ท่านมักซื้อขนมชั้นรับประทาน		
ช่วงเช้า-เที่ยง (06.00 - 12.00น.)	31	31.00
ช่วงเที่ยง-เย็น (12.01 – 18.00น.)	47	47.00
ช่วงเย็น-ค่ำ (18.01 – 24.00น.)	22	22.00
ท่านมักชอบทานขนมชั้นหลังจากทำกิจกรรมใด		
ทานอาหาร	86	86.00
ทำงาน	13	13.00
อ่านหนังสือ	19	19.00
ออกกำลังกาย	3	3.00
*เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ		

จากตารางที่ 4.8 พบว่าผู้บริโภครับประทานขนมชั้น 1-2 ครั้ง/เดือน จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 รองลงมา 2-3 ครั้ง/เดือน จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 18.00 มากกว่า 4 ครั้ง/เดือน จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 2.00

เหตุผลสำคัญที่คำนึงถึงในการเลือกบริโภคขนมชั้น ผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกตอบคำนึงถึงรสชาติอร่อย จำนวน 89 คน คิดเป็นร้อยละ 89.00 รองลงมา สะดวกต่อการประรับประทาน จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 33.00 ราคาเหมาะสมต่อคุณภาพ จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 18.00 มีประโยชน์ต่อสุขภาพ จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 14.00

ช่วงเวลาที่รับประทานขนมชั้น ช่วงเที่ยง-เย็น (12.01 – 18.00น.) จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 44.00 รองลงมาเป็น ช่วงเช้า-เที่ยง (06.00 - 12.00น.) จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 31.00 ช่วงเย็น-ค่ำ (18.01 – 24.00น.) จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 21.00

จากตารางที่ 4.8 ชอบรับประทานขนมชั้นหลังเวลาทานอาหาร จำนวน 86 คน คิดเป็นร้อยละ 86.00 รองลงมาหลังอ่านหนังสือ จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 19.00 หลังทำงาน จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 13.00 หลังออกกำลังกาย จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 3.00 ตามลำดับ

4.3.3 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลบางส่วน

ผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลบางส่วน ด้านทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น การลอกชั้น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) ความชอบโดยรวม ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตรฐานส่วนประมาณค่า (rating scale) วิเคราะห์ค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลบางส่วน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ย±ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สี	4.50±0.52
กลิ่น	4.32±0.58
การลอกชั้น	4.40±0.59
รสชาติ	4.43±0.57
เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม)	4.54±0.56
ความชอบโดยรวม	4.41±0.51

จากตารางที่ 4.10 พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนดผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น การลอกชั้น รสชาติ เนื้อสัมผัส(ความเหนียวนุ่ม) ความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 4.50 4.32 4.40 4.43 4.54 4.41 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนดมีลักษณะเนื้อขนมชั้นมีสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นหอมของน้ำตาลโตนด มีรสหวาน มีความมันจากน้ำตาลโตนดและกะทิ เนื้อขนมชั้นมีลักษณะมันวาวเหนียวนุ่ม ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์จำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 100

4.3.4 ผลการทดสอบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

(n=100)

การยอมรับผลิตภัณฑ์	จำนวน	ร้อยละ
ท่านคิดว่าราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด		
เหมาะสม	83	83.00
ไม่เหมาะสม	17	17.00
เหตุผลหลักในการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด		
รสชาติกลมกล่อม/หวานมัน	95	95.00
มีความสะดวกในการบริโภค	24	24.00
ได้ลักษณะขนมชั้นที่ดี (เหนียวนุ่ม)	66	66.00
ราคาเหมาะสม	9	9.00
หากมีผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนดจำหน่ายตามท้องตลาดท่านจะซื้อหรือไม่		
ซื้อ	90	90.00
ไม่แน่ใจ	10	10.00
ไม่ซื้อ	-	-

จากตารางที่ 4.11 พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกความเหมาะสมของราคาผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด จำนวน 83 คน คิดเป็นร้อยละ 83.00 ไม่เหมาะสมจำนวน 17 คน เนื่องจากผู้บริโภคบางส่วนคิดว่าผลิตภัณฑ์ขนมชั้นแพงเกินไป

เหตุผลหลักที่ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ขนมชั้น รสชาติกลมกล่อม/หวานมัน จำนวน 95 คน คิดเป็นร้อยละ 95.00 รองลงมา ได้ลักษณะขนมชั้นที่ดี (เหนียวนุ่ม) จำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 66.00 มีความสะดวกในการบริโภค 24 คน คิดเป็นร้อยละ 24.00 และ ราคาเหมาะสม จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 09.00

หากมีผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนดจำหน่ายตามท้องตลาด ผู้บริโภคสนใจจะซื้อจำนวน 90 คน คิดเป็นร้อยละ 90.00 และ ไม่แน่ใจ จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 10.00 เนื่องจากผู้บริโภคบางท่านชอบขนมชั้นสูตรพื้นฐาน บางท่านไม่แน่ใจเพราะหวานไปและบางท่านไม่ชอบทานขนมชั้น

ตารางที่ 4.12 การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน

(n=100)

ข้อมูลการทดสอบยอมรับ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
ยอมรับ	100	100.00
ไม่ยอมรับ	-	-
รวม	100	100.00

จากตารางที่ 4.12 การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด จำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 100

เนื่องจากขนมชั้นน้ำตาลโตนด มีรสชาติหวานมันและมีกลิ่นหอมของน้ำตาลโตนด ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับจึงเป็นกลุ่มวัยทำงานและวัยรุ่น เพราะมีรสชาติอร่อยและหวานไม่มากจนเกินไป

ตารางที่ 4.13 ปริมาณส่วนประกอบของการใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลบางส่วนในการทำผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

ส่วนผสม	ปริมาณ	ร้อยละ	รวม (บาท)
แป้งมันสำปะหลัง	350	15.05	8.75
แป้งข้าวเจ้า	45	1.94	0.69
แป้งท้าวยายม่อม	30	1.29	0.9
น้ำตาลทราย	350	15.05	8.75
น้ำตาลโตนด	350	15.05	108
กะทิ	1200	51.61	90
รวม	2,325	100	169.09
		ราคาต่อหน่วย	3.55

จากตารางที่ 4.13 พบว่าอัตราส่วนปริมาณส่วนประกอบในการผลิตขนมชั้นน้ำตาลโตนด แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า แป้งท้าวยายม่อม น้ำตาลทราย น้ำตาลโตนด และกะทิ คิดเป็นร้อยละ 15.05 1.94 1.29 15.05 15.05 และ 51.61 ตามลำดับ เมื่อศึกษาต้นทุนการผลิตต่อ 1 หน่วย พบว่าปริมาณที่ได้คือ 2,325 กรัม คิดเป็นต้นทุนจำนวน 169.09 บาท ซึ่งสามารถบริโภคได้ต่อ 1 หน่วย คือ 50 ชิ้น (40 กรัม/1 ชิ้น) คิดเป็นเงิน 3.55 บาท

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การศึกษาคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ขนมชั้นสูตรพัฒนา 3 สูตร พบว่าสูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยมีอัตราส่วนที่ 50:50 มีคะแนนเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวม สี กลิ่น การลอกชั้น รสชาติ และเนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) คือ 8.00 8.17 7.82 8.05 8.02 7.88 8.00 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนและวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่าคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ในด้านความชอบโดยรวม สี การลอกชั้น รสชาติ และเนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนในด้านกลิ่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากน้ำตาลโตนดเหมาะสำหรับทำขนมไทยที่มีส่วนประกอบของกะทิมีกลิ่นและรสเฉพาะตัว น้ำตาลโตนดยังช่วยดูดซับความชื้นในอาหารและทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น (อัจฉรา, 2556) ดังนั้นสูตรที่ 2 อัตราส่วนที่ 50:50 ทำให้ได้ลักษณะที่ดีของขนมชั้น หน้าเรียบ ผิวหน้ามันจากกะทิส่งผลให้สูตรที่ 2 ได้รับการยอมรับมากที่สุด

5.1.2 การศึกษาระยะเวลาในการนวดของขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วน พบว่าคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ด้านเนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) ผู้ทดลองชิมให้การยอมรับมากที่สุดในเวลาที่ 20 นาที โดยมีค่าเฉลี่ย 7.78 การนวดแป้งเป็นสิ่งจำเป็นเพราะจะช่วยทำให้เม็ดแป้งแตกตัว จึงช่วยในการดูดซึมน้ำ การนวดแป้งจะทำให้ขนมชั้นมีลักษณะเนื้อเนียนละเอียดเหนียว นุ่ม ดูเป็นมัน และลอกชั้นได้ง่ายกว่าชนิดที่ทำโดยไม่นวดแป้ง ส่วนระยะเวลา 10 นาที และ 15 นาที โดยมีค่าเฉลี่ย 7.52 และ 7.50 ไม่มีความแตกต่างกันและ ผู้ทดลองชิมให้การยอมรับน้อยที่สุดในระยะเวลา 5 นาที โดยมีค่าเฉลี่ย 7.45

5.1.3 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อการใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ ขนมชั้น พบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนดที่ระดับความชอบสูงสุดเนื่องจากได้ลักษณะที่ดีของขนมชั้น รสหวานของน้ำตาลโตนดไม่มากจนเกินไปรสชาติกลมกล่อมและมีสีน้ำตาลอ่อนไม่กระด้างมีความมันวาวผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด คิดเป็นร้อยละ 100

5.1.4 ศึกษาคุณภาพทางเคมีพบว่าน้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นพบว่ามี โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น พลังงานในไขมัน มากกว่าตำหรับพื้นฐาน และมี คาร์โบไฮเดรต พลังงาน ลดลงต่ำกว่าตำรับพื้นฐาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาการนำน้ำตาลโตนดมาพัฒนาเป็นการผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ เช่น สังขยา ขนมถ้วย วุ้นกรอบ ฯลฯ

5.2.2 การนึ่งขนมในแต่ละชั้นทุกครั้งที่จะปิดฝารังถึงให้เอาผ้าสะอาดเช็ดหยดน้ำที่เกาะอยู่ในฝาซึ้งให้แห้งก่อนทุกครั้งเพื่อไม่ให้ละอองน้ำที่ฝารังถึงหยดลงบนหน้าขนม

เอกสารอ้างอิง

กนก ติระวัฒน์ ไพศาล วุฒิจำนงและประสิทธิ์ อติวีรกุล. 2521. **การศึกษาการทำน้ำส้มสายชูจากน้ำตาลโตนด**. รายงานผลวิจัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

กรมวิชาการเกษตร. 2526. **เอกสารวิชาการเล่มที่ 7 มันสำปะหลัง**. งานทะเบียนและประมวลผลสถิติกองแผนงานและวิชาการ, กรุงเทพฯ.

กรมฝึกหัดครู. 2538. **เอกสารประกอบการสอนวิชาคหกรรมศาสตร์เอกสารนิเทศการศึกษา**. มปท, กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการ กรมอนามัย. 2544. **ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100** กรัม. โรงพิมพ์องค์กรสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.

เข็มทอง นิ่มจินดา. 2538. **ทฤษฎีอาหาร**. โรงพิมพ์การศาสนา, กรุงเทพฯ.

ชไมพร เพ็งมากและสุธาสินี ศรีวิไล. 2556. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยจากแป้งตาลโตนด**. วารสารวิชาการและงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. นครศรีธรรมราช.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. **องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร**. ฟอแมทพริ้นติ้งจำกัด, กรุงเทพฯ.

ณรงค์ นิยมวิทย์และอัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. 2528. **วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิรนาม. มปป. **ตาลโตนด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.phetchaburi.go.th

บุญมี พิบูลย์สมบัติและประคอง นิมมานเหมินท์. 2542. **สารานุกรมวัฒนธรรมไทย ภาคกลางเล่ม 4**. (2542): 1804-1805.

ประชา บุญญสิริกุลและอรวินท์ โทรกี. **อาหาร**.กรุงสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ

ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. 2550. **การปลูกและการขยายพันธุ์ตาลโตนดมรดกพืชจากบรรพบุรุษแหล่งสร้างงานสร้างชีวิต**. บริษัทสำนักพิมพ์ เพชรกะรัต จำกัด, กรุงเทพฯ

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์และนิฐิยา รัตนาปนนท์. 2557. **Coconut milk / น้ำกะทิ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3066/coconut-milk-น้ำกะทิ, 14 กุมภาพันธ์ 2560.

พิมรา อินทรวิทยนันท์. 2559. ผู้ก่อตั้งบริษัท. สัมภาษณ์, 20 พฤศจิกายน.

มณเฑียร ศุภลักษณ์. 2541. **ตำนานไทย**. ฐานการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

รพีพร เอี่ยมสอาด เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์ รัฐกรณ์ จำนงค์ผลและสุภาภรณ์ เลขวัตร. 2557. **คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของน้ำตาลโตนด**. งานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ลักขณา ราจันพันธ์และวิไลลักษณ์ พลสมัคร์. 2546. **การใช้น้ำมะตูมทดแทนน้ำบางส่วนในขนมชั้น**. แผนงานพิเศษ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ.

วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์. 2553. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากภูมิปัญญาท้องถิ่นเรื่องน้ำตาลมะพร้าวของชุมชนจังหวัดสมุทรสงคราม**. รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ.

วาลิกา สนองคุณ. 2548. **การพัฒนาขนมชั้นโดยใช้ประโยชน์จากฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50**. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิกิตำรา ตำราเสรีเพื่อโลกเสรี. 2557. **น้ำตาลโตนด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://th.wikibooks.org/wiki/น้ำตาลโตนด, 14 กุมภาพันธ์ 2560.

วิศรุต ไชยยันบูรณ์และขวัญเรือน วงษ์ทิพรัตน์. 2551. **การใช้น้ำว่านกาบหอยทดแทนน้ำบางส่วนในขนมชั้น.** แผนงานพิเศษ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ.

ศรีนวล โกมศวนิช. 2535. **ตำรับเครื่องว่างและขนมไทย**. อมรินทร์พริ้นติ้ง, กรุงเทพฯ

ศศพินทุ์ ดิษนิล. 2548. **ขนมชั้นใบเตย**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.doctor.or.th/article/detail/1404, 14 กุมภาพันธ์ 2560.

สุพรรณิการ์ โกสุม. 2546. **การใช้นมขาดมันเนยทดแทนกะทิและการเสริมแครอทในขนมชั้น**. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุโขทัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย. 2549. **เอกสารการสอนชุดวิชา ผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช**, นนทบุรี.

ไสว พงษ์เก่า. 2519. **พืชเศรษฐกิจ 1 ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**, กรุงทพฯ.

อัจฉรา ดลวิทยาคุณ. 2556. **การทดลองอาหาร**. โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

อบเชย วงศ์ทองและขนิษฐา พูลผลกุล. 2554. **หลักประกอบการอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 6 . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 2559. **คุณค่าทางโภชนาการ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/6269, 5 พฤษภาคม 2560.

ภาคผนวก ก
สูตรพื้นฐานและสูตรพัฒนา

สูตรพื้นฐาน ขนมชั้น

ส่วนผสม

แป้งมันสำปะหลัง	350	กรัม
แป้งข้าวเจ้า	45	กรัม
แป้งท้าวยายม่อม	30	กรัม
น้ำตาลทราย	700	กรัม
กะทิ	1200	กรัม

วิธีทำ

1. ต้มกะทิและน้ำตาลทรายให้เดือดทิ้งไว้ให้เย็น
2. ผสมแป้งทั้งหมดรวมกัน เติมน้ำกะทิจากข้อ 1 (พอให้นวดได้) นวด 10 นาที
3. เทกะทิผสมทั้งหมดคนให้ละลาย แบ่งส่วนผสมเป็นอย่างละครึ่ง ครึ่งหนึ่งใส่สีผสมอาหารที่เตรียมไว้
4. นึ่งลังถึงพร้อมพิมพ์ขนมทิ้งไว้ให้ร้อน 4 นาที เทชั้นแรกใส่พิมพ์ นึ่ง 4 นาที ชั้นที่เหลือนึ่งชั้นละ 6 นาที จนเต็มพิมพ์
5. นำออกมา วางไว้ในอุณหภูมิห้องจนเย็น แกะออกจากพิมพ์

สูตรขนมชั้นน้ำตาลโตนด (25:75)

ส่วนผสม

แป้งมันสำปะหลัง	350	กรัม
แป้งข้าวเจ้า	45	กรัม
แป้งท้าวยายม่อม	30	กรัม
น้ำตาลทราย	175	กรัม
น้ำตาลโตนด	525	กรัม
กะทิ	1200	กรัม

วิธีทำ

1. ต้มกะทิและน้ำตาลทรายให้เดือดทิ้งไว้ให้เย็น
2. ผสมแป้งทั้งหมดรวมกัน เติมน้ำกะทิจากข้อ 1 (พอให้นวดได้) นวด 10 นาที
3. เทกะทิผสมทั้งหมดคนให้ละลาย
4. นึ่งลังถึงพร้อมพิมพ์ขนมทิ้งไว้ให้ร้อน 4 นาที เทชั้นแรกใส่พิมพ์ นึ่ง 4 นาที ชั้นที่เหลือนึ่งชั้นละ 6 นาที จนเต็มพิมพ์
5. นำออกมา วางไว้ในอุณหภูมิห้องจนเย็น แกะออกจากพิมพ์

สูตรขนมชั้นน้ำตาลโตนด (50:50)

ส่วนผสม

แป้งมันสำปะหลัง	350	กรัม
แป้งข้าวเจ้า	45	กรัม
แป้งท้าวยายม่อม	30	กรัม
น้ำตาลทราย	350	กรัม
น้ำตาลโตนด	350	กรัม
กะทิ	1200	กรัม

วิธีทำ

1. ต้มกะทิและน้ำตาลทรายให้เดือดทิ้งไว้ให้เย็น
2. ผสมแป้งทั้งหมดรวมกัน เติมน้ำกะทิจากข้อ 1 (พอให้นวดได้) นวด 10 นาที
3. เทกะทิผสมทั้งหมดคนให้ละลาย
4. นึ่งลังถึงพร้อมพิมพ์ขนมทิ้งไว้ให้ร้อน 4 นาที เทชั้นแรกใส่พิมพ์ นึ่ง 4 นาที ชั้นที่เหลือนึ่งชั้นละ 6 นาที จนเต็มพิมพ์
5. นำออกมา วางไว้ในอุณหภูมิห้องจนเย็น แกะออกจากพิมพ์

สูตรขนมชั้นน้ำตาลโตนด (75: 25)

ส่วนผสม

แป้งมันสำปะหลัง	350	กรัม
แป้งข้าวเจ้า	45	กรัม
แป้งท้าวยายม่อม	30	กรัม
น้ำตาลทราย	525	กรัม
น้ำตาลโตนด	175	กรัม
กะทิ	1200	กรัม

วิธีทำ

1. ต้มกะทิและน้ำตาลทรายให้เดือดทิ้งไว้ให้เย็น
2. ผสมแป้งทั้งหมดรวมกัน เติมน้ำกะทิจากข้อ 1 (พอให้นวดได้) นวด 10 นาที
3. เทกะทิผสมทั้งหมดคนให้ละลาย
4. นึ่งลังถึงพร้อมพิมพ์ขนมทิ้งไว้ให้ร้อน 4 นาที เทชั้นแรกใส่พิมพ์ นึ่ง 4 นาที ชั้นที่เหลือนึ่งชั้นละ 6 นาที จนเต็มพิมพ์
5. นำออกมา วางไว้ในอุณหภูมิห้องจนเย็น แกะออกจากพิมพ์

ภาคผนวก ข

รูปอุปกรณ์ วัตถุดิบและการทำแบบทดสอบของผู้ชิม

ข – 1 ภาพอุปกรณ์

ถ้วยแสตนเลส

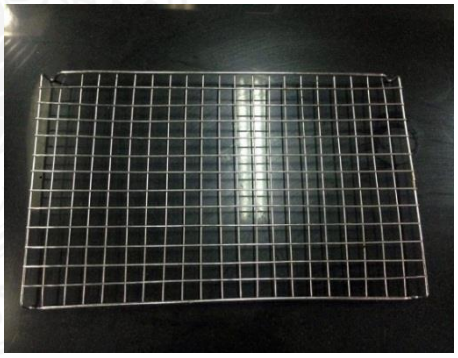
ซึ่งนึ่งขนม

หม้อแสตนเลส

เครื่องชั่งไฟฟ้า รุ่น VWE GS-300

CAP.: 3000 g x 0.5 g

ถ้วยใส่วัตถุดิบ



ตะแกรง

ข – 1 (ต่อ) ภาพอุปกรณ์

ถาด

กระชอน

ช้อนตวง

ถ้วยตวงของเหลว

พายไม้

พิมพ์ขนมชั้น

ข – 2 วัตถุดิบ

แป้งมันสำปะหลัง ตราปลามังกร

น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล

แป้งข้าวเจ้า ตราช้างสามเศียร

แป้งท้าวอย่างดี ตราปลามังกร

น้ำตาลโตนด จังหวัดเพชรบุรี

กะทิคั้น ตลาดเทเวศน์

ข – 3 ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

ชั่งวัตถุดิบใส่ภาชนะที่เตรียมไว้ นำกะทิไปต้ม

นำกะทิไปต้ม เทน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลโตนดใส่กะทิต้มให้ละลาย

ทิ้งกะทิที่ต้มให้เย็น นำไปเทใส่แป้งให้พอนวดได้ นวด 10 นาที จนเป็นก้อน

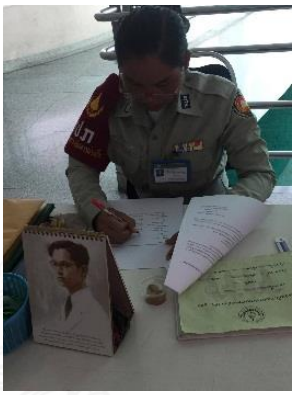
ข – 3 (ต่อ) ขั้นตอนการทำผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

เมื่อนวดจนเป็นก้อน น้ำกะทิที่ต้มทิ้งไว้มาเทใส่แป้งแล้วนวดให้ละลาย

เทกะทิที่เหลือใส่แป้งแล้วคนให้เข้ากันนำไปกรองด้วยกระชอน จากนั้นนำไปหยอดจนครอบชั้น

นำขนมชั้นมาวางไว้ในอุณหภูมิห้องรอจนเย็น แกะออกจากพิมพ์เป็นผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

ข – 4 รูปถ่ายผู้ทดสอบชิมในการให้ประเมิน



ภาคผนวก ค
ภาพกิจกรรมการนำผลในโครงงานพิเศษไปใช้ประโยชน์

ค-1 การลงพื้นที่สำรวจข้อมูล

ค-2 การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ชุมชน

ค-3 ผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ง
แบบประเมินประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

สูตรพัฒนา 3 สูตร

ชุดที่.....

วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ : ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอ จากทางซ้ายไปขวาตามลำดับ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยกำหนดให้

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

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
สี			
กลิ่น			
การลอกชั้น			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม)			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบประเมิน

คณะผู้จัดทำ

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การนวด 4 ระดับ

ชุดที่.....

วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ : ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอ จากทางซ้ายไปขวาตามลำดับ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยกำหนดให้

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

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
สี				
กลิ่น				
การลอกชั้น				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม)				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบประเมิน

คณะผู้จัดทำ

แบบสอบถาม
การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

คำอธิบาย

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงงานพิเศษทางอุตสาหกรรมการบริการอาหาร เพื่อทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด จึงใคร่ขอความกรุณาจากท่านตอบแบบสอบถามฉบับนี้ให้ครบถ้วนตามความเป็นจริงและขอความคิดเห็นของท่านเพื่อนำไปเป็นประโยชน์และในกรณีทำการศึกษาดังกล่าวผู้ศึกษาโครงงานพิเศษจะนำข้อมูลที่ท่านได้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดไปใช้ประโยชน์เพื่อการศึกษาเท่านั้น

คำชี้แจง แบบสอบถามทั้งหมดมี 3 ส่วน ซึ่งประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

ผู้ศึกษาโครงงานพิเศษทางอุตสาหกรรมการบริการอาหารขอขอบพระคุณผู้ตอบแบบสอบถามที่ให้ความร่วมมือและสละเวลาในการตอบแบบสอบถามเพื่อการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณอย่างสูงที่ให้ความร่วมมือ
นายชาญชลิต คำมาก
นายธนกร วงษ์กำภู
สาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาทำเครื่องหมาย √ หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม และตรงตามความคิดของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ

☐ 1) ชาย ☐ 2) หญิง

2. อายุ

☐ 1) 18-25 ปี ☐ 2) 26-33 ปี

☐ 3) 34-41 ปี ☐ 4) 42 ปีขึ้นไป

3. ระดับการศึกษา

☐ 1) ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ 2) ปริญญาตรี

☐ 3) ปริญญาโท ☐ 4) ปริญญาเอก

4. อาชีพ

☐ 1) นักศึกษา ☐ 2) เจ้าหน้าที่ ☐ 3) อาจารย์

5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

☐ 1) น้อยกว่า 5,000 บาท ☐ 2) 5,001-10,000 บาท

☐ 3) 10,001 - 15,000 บาท ☐ 4) มากกว่า 15,001 บาท

ส่วนที่ 2 : ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนดกรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์โดยทำเครื่องหมาย √ ลงในคะแนนที่ตรงตามความรู้สึกของท่าน

5. ท่านรับประทานขนมชั้นบ่อยแค่ไหน

☐ 1) 1-2 ครั้ง/เดือน ☐ 2) 2-3ครั้ง/เดือน ☐ 3) มากกว่า 4ครั้ง/เดือน

6. เหตุผลสำคัญที่คุณคำนึงถึงในการเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

*เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

☐ 1) รสชาติอร่อย ☐ 2) สะดวกต่อการรับประทาน

☐ 3) มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ☐ 4) ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ

7. ช่วงเวลาใดของวัน ที่ท่านมักซื้อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

☐ 1) ช่วงเช้า (06.00 - 12.00น.) ☐2) ช่วงเที่ยง (12.01 – 13.00น.)

☐ 2) ช่วงบ่าย (13.01 – 17.00น.) ☐ 4) ช่วงเย็น (17.01 – 21.00น.)

8. ท่านมักชอบทานขนมชั้นหลังจากทำกิจกรรมใด *เลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

☐ 1) ทานอาหาร ☐ 2) เล่นกีฬา

☐ 3) ทำงาน ☐ 4) อ่านหนังสือ

ส่วนที่ 3 : ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์โดยทำเครื่องหมาย √ ลงในคะแนนที่ตรงตามความรู้สึกของท่าน

คุณลักษณะ	**ระดับความชอบ**				
	ชอบมากที่สุด (5)	ชอบ (4)	ไม่แน่ใจ (3)	ไม่ชอบ (2)	ไม่ชอบที่สุด (1)
สี					
กลิ่น					
การลอกชั้น					
รสชาติ					
เนื้อสัมผัส (ความเหนี่ยวนุ่ม)					
ความชอบโดยรวม					

9. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด ขนาดบรรจุ 90 กรัม จำนวน 2 ชิ้น ในราคา 20 บาท มีความเหมาะสมหรือไม่

☐ 1) เหมาะสม ☐ 2) ไม่เหมาะเพราะ.....

10.ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนดนี้หรือไม่

☐ 1) ยอมรับ ☐ 2) ไม่ยอมรับเพราะ.....

11. เหตุหลักในการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด (ในกรณียอมรับจากคำถามข้อที่ 10)
*ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

☐ รสชาติกลมกล่อม / ความอร่อย ☐ มีความสะดวกในการบริโภค
☐ ได้ลักษณะขนมชั้นที่ดี (เหนียวนุ่ม ลอกชั้นง่าย) ☐ ราคาเหมาะสม
☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....

12. หากมีผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนดจำหน่ายในท้องตลาดท่านจะซื้อหรือไม่

☐ ซื้อ
☐ ไม่แน่ใจ เพราะ .....
☐ ไม่ซื้อ เพราะ .....

Accreditation No. 1031/47

Analysis / Test Report

Report to : Chanchalit Khammark
4/252, Phaholyothin Road, Anusawari, BangKhen, Bangkok Thailand 10220
Attn : Chanchalit Khammark
Phone : 0-8631-9458 - 7
Fax : -
Email : sakuraeiei@hotmail.com

Project Name :
Location :
P/O :

Lot ID: 1715176
Date Received : Mar 07, 2017
Date Reported : Mar 14, 2017
Report Number : 851421-1

Reference Number	1715176-1
Sample Description	ขนมชั้น 2 สูตร (สีขาว)
Condition of Sample	packed in two plastic boxes, refrigerated
Date of Analysis	Mar 09, 2017

Analyte	Unit	LOD	Result	Method
Food Testing				
Ash	g/100g	-	0.39	In-house method STM No.03-112 based on AOAC (2012), 900.02A
Calories from Fat	kcals/100g	-	76.3	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) p.106
Total Carbohydrate (Include Dietary Fiber) *	g/100g	-	54.1	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) p.106
Calories *	kcals/100g	-	299	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) p.106
Fat *	g/100g	-	8.48	Based on AOAC (2012), 922.06
Moisture	g/100g	-	35.6	In-house method STM No.03-118 based on AOAC (2012), 925.45A
Protein (Nx6.25)	g/100g	0.1	1.47	In-house method STM No. 03-017 based on AOAC (2012), 981.10

The above results are valid only for the analyzed/tested sample(s) as indicated in this report. No part of this report or certificate may be reproduced in any from without written consent from the Laboratory. ALS Laboratory Group (Thailand) strongly recommends that this report is not reproduced except in full.

Approved by

Sumalee Chanta
Assistant Manager

Analysis / Test Report

Accreditation No. 1031/47

Report to : Chanchalit Khammark
4/252, Phaholyothin Road, Anusawari, BangKhen, Bangkok Thailand 10220
Attn : Chanchalit Khammark
Phone : 0-8631-9458 - 7
Fax : -
Email : sakuraeiei@hotmail.com

Project Name :
Location :
P/O :

Lot ID: 1715176
Date Received : Mar 07, 2017
Date Reported : Mar 14, 2017
Report Number : 851421-1

Reference Number	1715176-2
Sample Description	ขนมชั้น 2 สูตร (สีน้ำตาล)
Condition of Sample	packed in one plastic box, refrigerated
Date of Analysis	Mar 09, 2017

Analyte	Unit	LOD	Result	Method
Food Testing				
Ash	g/100g	-	0.65	In-house method STM No.03-112 based on AOAC (2012), 900.02A
Calories from Fat	kcals/100g	-	77.5	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) p.106
Total Carbohydrate (Include Dietary Fiber) *	g/100g	-	49.7	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) p.106
Calories *	kcals/100g	-	282	Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) p.106
Fat *	g/100g	-	8.61	Based on AOAC (2012), 922.06
Moisture	g/100g	-	39.5	In-house method STM No.03-118 based on AOAC (2012), 925.45A
Protein (Nx6.25)	g/100g	0.1	1.55	In-house method STM No. 03-017 based on AOAC (2012), 981.10

The above results are valid only for the analyzed/tested sample(s) as indicated in this report. No part of this report or certificate may be reproduced in any from without written consent from the Laboratory. ALS Laboratory Group (Thailand) strongly recommends that this report is not reproduced except in full.

Approved by

Sumalee Chanta
Assistant Manager

ภาคผนวก ฉ
ตารางการวิเคราะห์ผลโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Spss

1. ผลการศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสูตรพัฒนาในการใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลบางส่วนในการทำผลิตภัณฑ์ขนมชั้น

color

Duncan[a,b]

treatmen	N	Subset 1	Subset 2
3	60	7.57	
1	60	7.65	
2	60		8.17
Sig.		.574	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .655.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

smell

Duncan[a,b]

treatmen	N	Subset 1
1	60	7.72
3	60	7.75
2	60	7.82
Sig.		.470

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .500.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

Stripping

Duncan[a,b]

treatmen	N	Subset 1	Subset 2
1	60	7.32	
3	60		7.82
2	60		8.05
Sig.		1.000	.143

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .750.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

taste

Duncan[a,b]

treatmen	N	Subset 1	Subset 2
1	60	7.42	
3	60	7.62	
2	60		8.02
Sig.		.204	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .736.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

texture

Duncan[a,b]

treatmen	N	Subset 1	Subset 2
1	60	7.48	
3	60	7.78	7.78
2	60		7.88
Sig.		.051	.513

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .696.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

overall

Duncan[a,b]

treatmen	N	Subset 1	Subset 2
1	60	7.60	
3	60	7.65	
2	60		8.00
Sig.		.753	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .754.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

2. ผลการศึกษาระยะเวลาในการนวดแป้งขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

color

Duncan[a,b]

treatmen	N	Subset 1
2	60	7.50
1	60	7.53
3	60	7.57
4	60	7.73
Sig.		.062

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .390.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

smell

Duncan[a,b]

treatmen	N	Subset 1
3	60	7.37
2	60	7.47
4	60	7.50
1	60	7.53
Sig.		.264

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .540.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

stripping

Duncan[a,b]

treatmen	N	Subset 1
2	60	7.38
3	60	7.42
1	60	7.55
4	60	7.63
Sig.		.067

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .465.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

taste

Duncan[a,b]

treatmen	N	Subset 1
1	60	7.43
2	60	7.47
3	60	7.67
4	60	7.72
Sig.		.071

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .611.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

texture

Duncan[a,b]

treatmen	N	Subset 1	Subset 2
1	60	7.45	
3	60	7.50	7.50
2	60	7.52	7.52
4	60		7.78
Sig.		.651	.052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .566.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

overall

Duncan[a,b]

treatmen	N	Subset 1
3	60	7.42
2	60	7.52
1	60	7.60
4	60	7.70
Sig.		.077

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .638.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60.000.

b. Alpha = .05.

3. ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลบางส่วน

2. treatment

Dependent Variable: color

treatment	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	4.500	.	.	.

2. treatment

Dependent Variable: smelll

treatment	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	4.320	.	.	.

2. treatment

Dependent Variable: peeling

treatment	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	4.400	.	.	.

2. treatment

Dependent Variable: taste

treatment	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	4.430	.	.	.

2. treatment

Dependent Variable: texture

treatment	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	4.540	.	.	.

2. treatment

Dependent Variable: overall

treatment	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1	4.410	.	.	.

3. ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไป

เพศ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ชาย	49	49.0	49.0	49.0
	หญิง	51	51.0	51.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

อายุ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	18-25 ปี	98	98.0	98.0	98.0
	34-41 ปี	2	2.0	2.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

อาชีพ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	นักศึกษา	98	98.0	98.0	98.0
	เจ้าหน้าที่	2	2.0	2.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

ระดับการศึกษา

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ต่ำกว่าปริญญาตรี	2	2.0	2.0	2.0
	ปริญญาตรี	98	98.0	98.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	น้อยกว่า 5,000 บาท	30	30.0	30.0	30.0
	5,001-10,000 บาท	50	50.0	50.0	80.0
	10,001-15,000 บาท	16	16.0	16.0	96.0
	มากกว่า 15,001 บาท	4	4.0	4.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการทดสอบความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

ท่านรับประทานไอศกรีมบ่อยแค่ไหน

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1-2 ครั้ง/เดือน	65	65.0	65.0	65.0
	2-3 ครั้ง/เดือน	31	31.0	31.0	96.0
	3-4 ครั้ง/เดือน	4	4.0	4.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

รสชาติอร่อย

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	เลือก	83	83.0	83.0	83.0
	ไม่เลือก	17	17.0	17.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

สะดวกต่อการรับประทาน

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	เลือก	33	33.0	33.0	33.0
	ไม่เลือก	67	67.0	67.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	เลือก	14	14.0	14.0	14.0
	ไม่เลือก	86	86.0	86.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

ราคาเหมาะสมกับคุณภาพ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	เลือก	18	18.0	18.0	18.0
	ไม่เลือก	82	82.0	82.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

ช่วงเวลาที่ท่านรับประทานขนมชั้น

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ช่วงเช้า (06.00-12.00น.)	31	31.0	31.0	31.0
	ช่วงบ่าย (12.00-18.00น.)	47	47.0	47.0	78.0
	ช่วงเย็น (18.00-24.00น.)	22	22.0	22.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

ทานอาหาร

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	เลือก	86	86.0	86.0	86.0
	ไม่เลือก	14	14.0	14.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

เล่นกีฬา

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	เลือก	13	13.0	13.0	13.0
	ไม่เลือก	87	87.0	87.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

ทำงาน

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	เลือก	19	19.0	19.0	19.0
	ไม่เลือก	81	81.0	81.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

อ่านหนังสือ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	เลือก	3	3.0	3.0	3.0
	ไม่เลือก	97	97.0	97.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนด

ท่านคิดว่าราคาขนมชั้นน้ำตาลโตนด ขนาดบรรจุ 90 กรัม จำนวน 2 ชิ้น ราคา 20 บาท มีเหมาะสมหรือไม่

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	เหมาะสม	83	83.0	83.0	83.0
	ไม่เหมาะ เพราะ	17	17.0	17.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

ท่ายอมรับผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนดนี้หรือไม่

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ยอมรับ	100	100.0	100.0	100.0

รสชาติกลมกล่อม/ความอร่อย

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	เลือก	95	95.0	95.0	95.0
	ไม่เลือก	5	5.0	5.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

มีความสะดวกในการบริโภค

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	เลือก	24	24.0	24.0	24.0
	ไม่เลือก	76	76.0	76.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

ได้ลักษณะขนมชั้นที่ดี(เหนียวนุ่ม)

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	เลือก	66	66.0	66.0	66.0
	ไม่เลือก	34	34.0	34.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

ราคาเหมาะสม

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	เลือก	9	9.0	9.0	9.0
	ไม่เลือก	91	91.0	91.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

อื่นๆ โปรดระบุ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ไม่เลือก	100	100.0	100.0	100.0

หากมีผลิตภัณฑ์ขนมชั้นน้ำตาลโตนดจำหน่ายในท้องตลาดท่านจะซื้อหรือไม่

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ซื้อ	89	89.0	89.0	89.0
	ไม่แน่ใจ	11	11.0	11.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

ภาคผนวก ฌ
ประวัติผู้ศึกษา

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ นามสกุล นายชาญชลิต คำมาก

วันเดือนปีเกิด 16 ตุลาคม 2537

ที่อยู่ปัจจุบัน 4/252 ถนนพหลโยธิน แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา ระดับปริญญาตรี

ชื่อสถานศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 2560

ชื่อมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร

ชื่อมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ นามสกุล นายธนกร วงษ์กำภู

วันเดือนปีเกิด 4 เมษายน 2537

ที่อยู่ปัจจุบัน 90/609 ถนนบางกรวยไทรน้อย หมู่ 6 แขวงบางบัวทอง เขตบางบัวทอง นนทบุรี 11110

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา ระดับปริญญาตรี

ชื่อสถานศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 2560

ชื่อมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโยธินบูรณะ

ชื่อมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนโยธินบูรณะ