การพัฒนาแป้งขนมเทียนผสมชิวคักกึ่งสำเร็จรูป

โดย

นางสาวอรัญญา อำไพจิตร์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การพัฒนาแป้งขนมเทียนผสมชิวคักกึ่งสำเร็จรูป

โดย

นางสาวอรัญญา อำไพจิตร์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

DEVELOPMENT OF READY MIXED KHA - NOM THIEN FLOUR WITH CHEW - KUK

By

Aranya Ampaichit

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF SCIENCE

Department of Food Technology

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2009

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้การค้นคว้าอิสระเรื่อง “ การพัฒนาแป้งขนมเทียนผสมชิวคักกึ่งสำเร็จรูป ” เสนอโดย นางสาวอรัญญา อำไพจิตร์ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

…….....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะตังกูร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ ถิรธรรมถาวร

คณะกรรมการตรวจสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกพันธ์ แก้วมณีชัย)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ ถิรธรรมถาวร)

...../...../.....

49403308 : สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร
คำสำคัญ : ขนมเทียน/หญ้าชิวคัก/Drum Dryer

อรัญญา อำไพจิตร์ : การพัฒนาแป้งขนมเทียนผสมชิวคักกึ่งสำเร็จรูป. อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ ถิรธรรมถาวร. 106 หน้า.

ขนมเทียนเป็นขนมไทยที่ทำจากแป้งข้าวเหนียว มีลักษณะเหนียวนุ่มด้านในประกอบด้วยไส้ขนมซึ่งมีรสชาติเฉพาะตัว ขนมเทียนส่วนใหญ่จะพบได้ในช่วงเทศกาลหรือเกี่ยวข้องกับทางศาสนา และมีขั้นตอนการเตรียมที่ยุ่งยากทำให้ไม่พบได้บ่อยนักอีกทั้งมีการผสมหญ้าชิวคักเพื่อให้เกิดคุณลักษณะที่ดีของขนมเทียนด้วย ดังนั้นเพื่อให้สะดวกต่อการทำขนมเทียนจึงได้มีการพัฒนาแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาผลของปริมาณชิวคักและระยะเวลาในการหมักที่มีต่อคุณภาพแป้งขนมเทียน โดยเตรียมขนมเทียนซึ่งมีอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว เท่ากับ 1.3 : 500 , 2.6 : 500, 4.0 : 500 และ 5.3 : 500 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง และ (2) ศึกษาสภาวะการเตรียมส่วนผสมเพื่อผลิตแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป จากการศึกษาพบว่าปริมาณชิวคักที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้แป้งขนมเทียนมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น และมีความเหนียวลดลง ตามลำดับ และเมื่อนำมาวัดค่าสีจะมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเหลืองลดลง และมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น และที่อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500, 2.6:500 และ 4.0:500 โดยน้ำหนัก มีคะแนนความชอบด้านความเหนียวมากที่สุด และเมื่อนำอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 และ 2.6:500 โดยน้ำหนัก มาทำการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง พบว่าระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นและค่าความเหนียวลดลง และมีค่าความสว่างลดลง ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น และที่เวลาการหมัก 18 ชั่วโมง มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และค่าความเหนียวมากที่สุด การผลิตแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปด้วยเครื่อง Drum Dryer ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส และความเร็ว 1 รอบต่อนาที โดยใช้อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 และ 2.6:500 โดยน้ำหนัก ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง พบว่า เวลาในการหมักเพิ่ม ขึ้นมีผลทำให้มีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น และเมื่อปริมาณชิวคักเพิ่มขึ้น ค่าสีจะมีค่าลดลงตามลำดับ และจากการศึกษาคุณภาพแป้งขนมเทียนที่เตรียมจากแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป พบว่า แป้งขนมเทียนมีค่าความแข็ง ความเหนียว และคะแนนการยอมรับด้านประสาทสัมผัสต่ำกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2552
ลายมือชื่อนักศึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ.....

49403308 : MAJOR : FOOD TECHNOLOGY
KEY WORDS : KHA-NOM THIEN/CHEW-KUK/DRUM DRYER
ARANYA AMPAICHIT : DEVELOPMENT OF READY MIXED KHA-NOM THIEN FLOUR WITH CHEW-KUK. INDEPENDENT STUDY ADVISOR : ASST.PROF. DOUNGJAI THIRATHUMTHAVORN, Ph.D. 106 pp.

Kha-nom thien is the Thai dessert made from glutinous rice flour. It has a sticky and soft texture. The filling provided a specific taste. Kha-nom thien is available during the festival or on religious concern. The process for making Kha-nom thien is quite difficult to prepare. Chew-kuk grass is usually mixed with glutinous rice flour to improve the texture of kha-nom thein. Therefore, ready mixed kha-nom thien flour with chew-kuk was developed. The objectives of this research were (1) to study the effect of chew-kuk amount and aging time on kha-nom thien quality, by preparing kha-nom thien with the ratio of chew-kuk and glutinous rice flour at 1.3:500, 2.6:500, 4.0:500 and 5.3:500 (by weight) and aging for 18 hours (2) to study the optimum condition for preparing ready mixed kha-nom thien flour with chew-kuk. The results were found that the high quantity of chew-kuk leaded to increasing in hardness but decreasing in stickiness. In addition, the L* and b* values decreased, but the a* value increased. The products prepared by mixing chew-kuk and glutinous rice flour at ratios of 1.3:500, 2.6:500 and 4.0:500 (by weight) provided the high scores of consumer preference in stickiness. The ratios of chew-kuk and glutinous rice flour at 1.3:500 and 2.6:500 (by weight) were chosen to study aging time (0, 6, 12 and 18 hrs). The results were showed that hardness of the products increased and stickiness decreased as aging time increased. Additionally, the L* value decreased and a* and b* values increased. Kha-nom thein prepared by aging time for 18 hours provided the highest consumer preference in appearance and stickiness. The ratios of chew-kuk and glutinous rice flour at 1.3:500 and 2.6:500 (by weight) and aging for 0, 6, 12 and 18 hours were applied to prepare ready mixed kha-nom thien flour with chew-kuk, by using drum dryer at the temperature 140 °C and drum speed 1 rpm. The L*, a* and b* values of the products increased when aging time increased as well as the chew-kuk amount decreased. Moreover, the hardness, stickiness and sensory aspects of the products prepared from ready-mixed kha-nom thein were lower than those of the control sample significantly ($p<0.05$).

Department of Food Technology Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2009
Student's signature .....
Independent Study Advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ ถิรธรรมถาวร อาจารย์ที่ปรึกษา เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คอยช่วยเหลือและดูแลเอาใจใส่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีและตรวจแก้ไขรายงานการศึกษาค้นคว้าอิสระให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกพันธ์ แก้วมณีชัย ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และคอยช่วยเหลือให้การค้นคว้าอิสระนี้สมบูรณ์ขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารทุกท่านที่กรุณาอบรมสั่งสอนให้ความรู้ระหว่างการศึกษา ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารทุกท่านที่กรุณาอำนวยความสะดวกด้านต่าง ๆ ในการทำงานวิจัยและขอขอบคุณ พี่ ๆ น้อง ๆ และเพื่อน ๆ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ มารดา พี่ชาย พี่สาว และครอบครัว ที่ให้โอกาส และสนับสนุนการศึกษา และคอยให้กำลังใจผู้วิจัยเป็นอย่างดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือ และให้ความรู้เกี่ยวกับชิวคักในการศึกษาค้นคว้าอิสระให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณอาจารย์นวพร ถิ่นไทรงาม อาจารย์ณัฏฐพร ปันแก้ว ผู้ช่วยศาสตราจารย์พวงมณี ตันติวงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีรา สร้อยเพ็ชร์ คุณศักดิ์ชัย และขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ และเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ที่ช่วยสนับสนุนการศึกษา ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือ ด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการศึกษา และผู้ช่วยเหลือที่มิได้กล่าวนาม ก็ขอได้รับความขอบคุณจากผู้วิจัย ณ โอกาสนี้

อรัญญา อำไพจิตร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ด

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

สมมติฐานของการศึกษา 2

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

ขนมไทย 3

หญ้าชิวคัก 4

แป้งข้าวเหนียว 7

น้ำตาล 19

น้ำมัน 21

การนวดและการหมักแป้ง 22

สมบัติทางด้านเนื้อสัมผัส 22

3 วิธีดำเนินการวิจัย 26

วัตถุดิบและสารเคมี 26

อุปกรณ์และเครื่องมือ 26

วิธีการทดลอง 27

การวางแผนและการวิเคราะห์การทดลองทางสถิติ 29

สถานที่ทำการทดลอง 29

ระยะเวลาดำเนินการทดลอง 29

4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 30

สมบัติของวัตถุดิบ 30

บทที่ หน้า
ผลของปริมาณชิวคักและระยะเวลาในการหมักที่มีต่อคุณภาพของ
แป้งขนมเทียน 33
สภาวะในการผลิตแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้เครื่อง Drum Dryer 41
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 47
ข้อเสนอแนะ 49

บรรณานุกรม 50

ภาคผนวก 53
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ 54
ภาคผนวก ข การคำนวณปริมาณของแข็งและการทดสอบสมบัติชิวคัก 61
ภาคผนวก ค วิธีการเตรียมชิวคัก 64
ภาคผนวก ง สูตรและการเตรียมขนมเทียน 68
ภาคผนวก จ วิธีวิเคราะห์ 77
ภาคผนวก ฉ แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 83
ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ 86

ประวัติผู้วิจัย 106

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติทางโครงสร้างของอะมิโลเพกทิน	8
2	คุณสมบัติในการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งแต่ละชนิด ที่ 95 °C	12
3	ลักษณะการเกิดเจลาทิไนเซชันของแป้งแต่ละชนิด	17
4	ความหมายของคุณลักษณะเนื้อสัมผัสต่าง ๆ ในเชิงคุณภาพทางกายภาพจากการทำ Texture Profile Analysis และในเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัส...	25
5	องค์ประกอบทางเคมีของชิวคักแห้ง.....	30
6	สมบัติความหนืดของแป้งข้าวเหนียวในสภาวะที่มีชิวคัก 1.3, 2.6, 4.0 และ 5.3 กรัมต่อแป้งข้าวเหนียว 500 กรัม (โดยน้ำหนัก) เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ทดสอบที่ความเข้มข้นร้อยละ 11.7	32
7	ระยะทางการไหลของก้อนแป้งก่อนนึ่ง ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 :500 , 2.6:500, 4.0:500 และ 5.3:500 (โดยน้ำหนัก) หลังผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง	34
8	คะแนนความชอบของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง ทดสอบโดยใช้ผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 35 คน	35
9	ค่าความแข็ง (Hardness) และความเหนียว (Stickiness) ของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง.....	35
10	ค่าสี L* a* b* ของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง.....	36
11	ระยะทางการไหลของก้อนแป้งก่อนนึ่ง ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 :500 , 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง	37
12	คะแนนความชอบของแป้งขนมเทียนนึ่ง ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง	38
13	คะแนนความชอบของแป้งขนมเทียน ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง	38
14	ค่าความแข็ง (Hardness) และความเหนียว (Stickiness) ของแป้งขนมเทียน ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง	39

ตารางที่ หน้า

15 ค่าความแข็ง (Hardness) และความเหนียว (Stickiness) ของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง 40

16 ค่าสี L* a* b* ของแป้งขนมเทียนในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง 40

17 ค่าสี L* a* b* ของแป้งขนมเทียนในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง 40

18 ค่าสี L* a* b* ของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง..... 42

19 ค่าสี L* a* b* ของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง..... 42

20 ค่าความแข็ง (Hardness) และความเหนียว (Stickiness) ของแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง 43

21 ค่าความแข็ง (Hardness) และความเหนียว (Stickiness) ของแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง 44

22 ค่าสี L* a* b* ของแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง..... 44

23 ค่าสี L* a* b* ของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง..... 44

24 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง 46

ตารางที่ หน้า

25 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 :500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง 46

26 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง 87

27 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านสีของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง 87

28 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านกลิ่นของแป้งขนมเทียนขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง 87

29 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง 88

30 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแข็งของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง 88

31 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง 88

32 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง 89

33 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง 89

34 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง 89

35 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0,6,12 และ18 ชั่วโมง 90

36 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านสีของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0,6,12 และ18 ชั่วโมง 90

37 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านกลิ่นของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก)

ตารางที่ หน้า
ที่ผ่านการหมัก 0,6,12 และ18 ชั่วโมง 90
38 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0,6,12 และ18 ชั่วโมง 91
39 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแข็งของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง..... 91
40 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 91
41 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง..... 92
42 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 92
43 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 92
44 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 93
45 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านสีของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0,6,12 และ18 ชั่วโมง 93
46 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านกลิ่นของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0,6,12 และ18 ชั่วโมง 93

ตารางที่ หน้า

47 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0,6,12 และ18 ชั่วโมง 94

48 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแข็งของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง..... 94

49 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 94

50 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 95

51 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 95

52 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 95

53 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 96

54 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 96

55 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 96

56 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500

ตารางที่ หน้า
(โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 97
57 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของผงแป้งขนมเทียนหลัง ผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 97
58 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของผงแป้งขนมเทียนหลัง ผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 97
59 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแข็งของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่าน เครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 98
60 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งหลัง ผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 98
61 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่าน เครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 98
62 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของแป้งขนมเทียนนึ่งหลัง ผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 99
63 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของแป้งขนมเทียนนึ่ง หลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0,6,12 และ18 ชั่วโมง 99
64 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของ แป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคัก ต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง..... 99
65 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านสีของแป้งขนมเทียน นึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 100

ตารางที่ หน้า

66 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านกลิ่นของแป้งขนมเทียน 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 100

67 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง 100

68 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบโดยรวมของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 101

69 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแข็งของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 101

70 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 101

71 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0,6,12 และ18 ชั่วโมง 102

72 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 102

73 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 102

74 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง 103

ตารางที่ หน้า

75 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านสีของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 103

76 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านกลิ่นของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง 103

77 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง 104

78 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบโดยรวมของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0,6,12 และ18 ชั่วโมง 104

79 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเหนียวในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียวดังนี้คือ 1.3:500 2.6:500, 4.0:500 และ 5.3:500 (โดยน้ำหนัก) เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA..... 104

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	หญ้าชิวคักสด (ก) และ ชิวคักแห้ง (ข)	5
2	โครงสร้างอะมิโลเพกทิน	7
3	การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม	15
4	ระยะเวลาในการเกิดเจลาทิไนเซชันของเม็ดแป้ง	16
5	ลักษณะกราฟความหนืดและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่วัดด้วยเครื่องRVA	18
6	กราฟความสัมพันธ์ที่ได้จากการวัดค่าเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA)	24
7	ผลของชิวคักต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเหนียวที่ความเข้มข้นร้อยละ 11.7 ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500, 2.6 : 500, 4.0 : 500 และ 5.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA	33
8	การทดสอบการเกิดเจลของน้ำชิวคักต้มโดยใช้แอลกอฮอล์	62
9	การล้างชิวคัก	65
10	ชิวคักที่ผ่านการอบแห้ง	65
11	ชิวคักบดละเอียด	66
12	การต้มชิวคัก (ก) และ (ข)	66
13	ชิวคักต้มบีบน้ำ (ก) และ น้ำชิวคักต้ม (ข)	67
14	แป้งก่อนนึ่งที่อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (ก) และ 2.6 : 500 (ข) (โดยน้ำหนัก)	71
15	สภาวะเครื่อง Drum Dryer (ก) และ การหมุนของลูกกลิ้งเครื่อง Drum Dryer (ข)	71
16	การเฉือนแผ่นแป้งออกจากลูกกลิ้งเครื่อง Drum Dryer (ก) และ (ข)	72
17	แผ่นแป้งขนมเทียนหลังออกจากเครื่อง Drum Dryer (ก) และ ผงแป้งขนมเทียนที่ผ่านการบด (ข)	72
18	การต้มชิวคักบดละเอียด	73
19	ชิวคักต้ม (ก), ชิวคักต้มบีบน้ำออก (ข) (ค) และ น้ำชิวคักต้ม (ง)	73
20	ชิวคักต้มก่อนผสมน้ำตาลมะพร้าว (ก) และชิวคักต้มหลังผสมน้ำตาลมะพร้าว (ข)	74

ภาพที่ หน้า

21 ผสมน้ำเชื่อมกับแป้งข้าวเหนียว (ก), นวดแป้งด้วยเครื่องผสม (ข),(ค) และ แป้งที่ผสมชิวคัก (ง) 74

22 แป้งขนมเทียนสำหรับทดสอบเนื้อสัมผัส (ก) และแป้งขนมเทียนสำหรับ ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ข) 75

23 ผงแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป 75

24 ผงแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการผสมน้ำมันและน้ำ..... 76

25 แป้งขนมเทียนก่อนนึ่งสำหรับทดสอบเนื้อสัมผัส (ก) และแป้งขนมเทียน ก่อนนึ่งสำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ข) 76

26 แป้งขนมเทียนนึ่งสำหรับทดสอบเนื้อสัมผัส (ก) และแป้งขนมเทียนนึ่ง สำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ข) 76

27 เครื่องวัดสี Hunter Lab 78

28 เครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA)..... 79

29 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyser 81

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขนมไทยเป็นผลิตภัณฑ์ที่แสดงถึงเอกลักษณ์ของความเป็นไทย และเป็นมรดกอันยั่งยืนของชนชาติไทยอย่างหนึ่ง โดยขนมแต่ละชนิดจะมีลักษณะรูปร่าง สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความมันและความสวยงามที่มีลักษณะเฉพาะตัว ใช้ศิลปะและความประณีตบรรจงในการทำเป็นอย่างมาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงวัฒนธรรมและประเพณีของชาติไทยที่สืบทอดมาจากบรรพบุรุษ ขนมไทยจึงนับได้ว่าเป็นความภูมิใจของคนไทยและเป็นสิ่งที่เชิดหน้าชูตาของประเทศยากจะหาชนชาติใดมาเทียบได้ ส่วนผสมหลักของขนมไทยประกอบด้วย แป้ง น้ำตาล และมะพร้าว นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมอื่นตามชนิดของขนมอีกด้วย เช่น ไข่ ถั่ว งา สารปรุงแต่งประเภทกลิ่นและสี เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้สามารถผลิตได้ภายในประเทศ (ยุวดี, 2541; มณเฑียร, 2541) ขนมเทียน จัดเป็นขนมไทยที่ทำจากแป้งข้าวเหนียว นวดกับน้ำเชื่อมแล้วหมักจากนั้นจึงนำมาใส่ไส้ และห่อด้วยใบตองสดเป็นรูปทรงคล้ายปิรามิดแล้วจึงนำไปนึ่งจนสุก (มยุรี, 2537) มีรสชาติอร่อยและเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียวเฉพาะตัว นิยมใช้ในงานเทศกาลหรืองานประเพณีในท้องถิ่นต่าง ๆ และมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไป เมื่อใกล้ถึงช่วงเทศกาลตรุษจีน สารทจีน วันสำคัญ ๆ ของคนไทยเชื้อสายจีนหรือแม้ไม่ใช่โอกาสพิเศษใด ๆ มักได้เห็นขนมมงคล เช่น ขนมเข่ง ขนมเทียน และขนมปุยฝ้าย วางขายเรียงรายอยู่เสมอ (ลดาวัลย์, 2552) นั่นแสดงให้เห็นว่าขนมดังกล่าวเป็นที่ต้องการและชื่นชอบของคนทั่วไป ที่สำคัญขนมประเภทนี้ใช้เงินลงทุนน้อย สามารถจำหน่ายได้ตลอดทั้งปี ขนมเทียนที่มีจำหน่ายในท้องตลาดบางครั้งพบว่าแป้งขนมเทียนนั้นแข็งเกินไปหรือแป้งเละไป แป้งข้าวเหนียวเหนอะหนะไม่น่ารับประทาน รสชาติไม่กลมกล่อม ทั้งนี้เป็นเพราะการทำขนมเทียนนั้นเป็นการทำที่ถ่ายทอดกันมาจากรุ่นแม่สู่รุ่นลูกด้วยการสอนให้ทำแล้วจำเอาไว้ไม่มีการจดบันทึกไว้ หรือผู้มีฝีมือบางท่านก็ได้กรุณาเขียนเป็นตำรับไว้ให้ผู้ไม่รู้ได้ฝึกหัดทำกันต่อไป ในปัจจุบันจะมีผู้ทำขนมเทียนจำหน่ายกันตลอดทั้งปีและมีการทำขนมเทียนจำหน่ายในปริมาณมาก (มยุรี, 2537) ในช่วงวันตรุษจีน สารทจีน คนไทยเชื้อสายจีนซึ่งเชื่อกันว่าการนำขนมเทียนมาไหว้บรรพบุรุษจะทำให้ชีวิตมีความเจริญรุ่งเรือง ขนมเทียนในบางพื้นที่จะใส่หญ้าชิวคักลงไป เพื่อเพิ่มความนุ่มเหนียวและความอร่อยให้กับขนมเทียนซึ่งจะพบได้ในเขตพื้นที่จังหวัดกรุงเทพฯ (เยาวราช) สมุทรสงคราม สมุทรสาคร และ ราชบุรี

เป็นต้น หญ้าชิวคักถูกนำมาใส่เป็นส่วนผสมในแป้งขนมเทียน ซึ่งต้นชิวคักจะขึ้นเองตามธรรมชาติตามสวนผลไม้ชนิดต่าง ๆ ชิวคักจะชอบอากาศชื้น ๆ ส่วนมากจะเจริญขึ้นก่อนช่วงเทศกาลตรุษจีน ซึ่งชาวบ้านก็จะเก็บมาทั้งต้นและดอกมาใช้ทำขนมเทียน และปีต่อมาบริเวณนั้นก็จะมีต้นชิวคักขึ้นอีก เพราะว่าดอกของต้นชิวคักที่ร่วงหล่นไว้เมื่อปีที่แล้วทำให้เกิดต้นใหม่ขึ้น เมื่อได้ต้นชิวคักมาแล้วก็จะเด็ดเอาใบ ส่วนยอดและดอกไว้ เอาก้านทิ้งไป นำไปตากแห้งเก็บเอาไว้ใช้ทำขนมเทียน เมื่อถึงเวลาก็เอาชิวคักที่ตากแห้งเก็บไว้มาต้มน้ำ แล้วบีบน้ำออก สับชิวคักให้ละเอียดแล้วจึงนำไปผสมกับแป้งข้าวเหนียวที่โม่ไว้เตรียมทำขนมเทียน ชิวคักก่อนนำมาใช้จะต้องเตรียมให้พร้อมโดยการนำไปตากแดดให้แห้ง หรือใช้ตู้อบ อบให้แห้งแล้วจากนั้นนำไปบดละเอียดแล้วจึงนำไปต้ม หรือนำไปต้มก่อนแล้วจึงนำมาปั่นให้ละเอียดก็ได้ แต่เนื่องจากกระบวนการทำขนมเทียนจะต้องผ่านขั้นตอนการหมักแป้งในสภาวะที่เหมาะสม ใส่ไส้ขนม และเมื่อนึ่งแล้วจะได้ขนมเทียนที่มีความนุ่มเหนียว หอม และอร่อย แต่การที่จะได้รับประทานขนมเทียนอร่อยก็จะต้องผ่านขั้นตอนการผลิตที่ใช้เวลานานด้วยเช่นกัน แต่เนื่องจากชีวิตประจำวันไม่เอื้ออำนวย ผู้บริโภคส่วนใหญ่จึงนิยมซื้อจากร้านค้ามากกว่าที่จะทำเอง จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้มีการพัฒนาคุณภาพแป้งขนมเทียนให้มีลักษณะเป็นแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปที่สามารถแปรรูปได้อย่างทันถ่วงที ในสภาพการณ์ปัจจุบันที่ต้องเร่งรีบ การรับประทานขนมเทียนก็จะไม่ใช่เรื่องยากที่ต้องเสียเวลากับการเตรียมและแปรรูปขนมเทียน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1. เพื่อศึกษาผลของปริมาณชิวคักและระยะเวลาในการหมักที่มีต่อคุณภาพของแป้งขนมเทียน

1.2.2 เพื่อศึกษาสภาวะในการเตรียมส่วนผสมเพื่อผลิตแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้เครื่อง Drum Dryer

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1.3.1 ปริมาณชิวคักและระยะเวลาในการหมักมีผลต่อการความเหนียวนุ่มของขนมเทียน

1.3.2 สภาวะในการเตรียมส่วนผสมเพื่อผลิตแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้เครื่อง Drum Dryer มีผลต่อคุณภาพของขนมเทียน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมไทย

ขนมไทยเป็นของหวานที่ทำและรับประทานกันในอาณาจักรไทย มีเอกลักษณ์ด้านวัฒนธรรมประจำชาติไทยคือ มีความละเอียดอ่อนประณีตในการเลือกสรรวัตถุดิบ วิธีการทำที่พิถีพิถัน รสชาติอร่อยหอมหวาน สีสันสวยงาม รูปลักษณ์ชวนรับประทาน ตลอดจนกรรมวิธีการรับประทานที่ประณีตบรรจงของขนมแต่ละชนิด ซึ่งยังแตกต่างกันไปตามลักษณะของขนมชนิดนั้น ๆ

สิ่งที่สำคัญก่อนที่จะลงมือทำขนมไทย คือ การเตรียมส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น การเตรียมแป้ง การเตรียมกลิ่น การอบแป้งด้วยดอกไม้หอม การเตรียมสีจากธรรมชาติ ซึ่งความประณีตในแต่ละสิ่งจะทำให้ขนมที่ได้มีลักษณะเฉพาะที่เป็นเอกลักษณ์ ส่วนประกอบของขนมไทยจะประกอบด้วยแป้ง กะทิ และน้ำตาล ซึ่งแป้งที่นิยมใช้ทำขนมส่วนใหญ่มีเพียง 2 อย่างเท่านั้น คือ แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว ส่วนน้ำตาลที่นิยมใช้จะเป็นน้ำตาลปี๊บและน้ำตาลทรายแดงเท่านั้น (มณเฑียร, 2541)

2.1.1 ขนมไทย แบ่งได้เป็น 4 หมวด

2.1.1.1 ขนมชาววัง เช่น ขนมเบื้อง วุ้นกะทิ วุ้นสังขยา วุ้นใบเตย ขนมไข่เหี้ย ขนมลูกชุบ ขนมหม้อตา

2.1.1.2 ขนมตามฤดูกาล หรือ ขนมชาวบ้าน เช่น ลูกตาลเชื่อม ฟักทองเชื่อม ข้าวตังมันเชื่อม มะขามแช่อิ่ม ถั่วเขียวต้มน้ำตาล ขนมลืมกลืน ข้าวเม่าบด ขนมกรวย ขนมขี้หนู ขนมน้ำดอกไม้ เป็นต้น

2.1.1.3 ขนมในศาสนาและประเพณี เช่น ขนมเทียน ขนมใส่ไส้ ขนมสามงาน ข้าวเม่าลอดช่อง ขนมโพรงแสม ขนมเสน่ห์จันทร์ ขนมรังนก ขนมถ้วยฟู ขนมปลากริมไข่เต่า ขนมหูช้าง ขนมบัวลอย ขนมคันหลาว นางเล็ด เป็นต้น

2.1.1.4 ขนมจากต่างประเทศ เช่น ขนมฝรั่ง ทองม้วน ขนมสัมปันนี ขนมทองเอก ขนมทองโปร่ง ทองหยอด ฝอยทอง เม็ดขนุน ทองหยิบ สังขยาเผือก(http://th.wikipedia.org/wiki/)

2.1.2 ขนมเทียน

ขนมเทียนมีอีกชื่อหนึ่งว่าขนมนมสาว ทำจากแป้งข้าวเหนียว มีรสชาติอร่อยและเนื้อสัมผัสนุ่มเหนียวเฉพาะตัว นิยมใช้ในงานเทศกาลหรืองานประเพณีในท้องถิ่นต่าง ๆ และมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไป เช่น ทางภาคเหนือเรียกว่า ขนมจ็อก ซึ่งเป็นขนมที่นิยมใช้ในงานบุญของชาวเชียงใหม่ หรือคนไทยเชื้อสายจีนนิยมใช้ขนมเทียนในการไหว้บรรพบุรุษช่วงวันตรุษและวันสารทเพื่อให้เกิดความเป็นสิริมงคลแก่ลูกหลาน (http://th.wikipedia.org/wiki/)

อาจารย์ลดาวัลย์กล่าวว่า “สำหรับเคล็ดลับการทำขนมประเภทนี้ให้อร่อย วิทยากรเผยหัวใจสำคัญอยู่ที่การนวดแป้ง ทั้งขนมเข่ง ขนมเทียน ขนมปุยฝ้าย ต้องนวดแป้ง และส่วนผสมอื่นๆ ให้เข้ากันอย่างน้อย 45 นาที หรือจนกว่าจะเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งการนวดแป้งนาน จะทำให้เนื้อขนมนิ่ม ทว่ามีเพียง ขนมเทียน ที่มีตัวช่วยทำให้แป้งนิ่มเร็ว คือ ใส่หญ้าชิวคักลงไป” ขนมเข่ง และขนมปุยฝ้าย สิ่งสำคัญอยู่ที่การนวดแป้ง ส่วนขนมเทียน สูตรคนจีนโบราณ จะใส่หญ้าชิวคักที่ต้มแล้วบดละเอียดลงไป ทั้งนี้ เพื่อให้มีกลิ่นหอม และนิ่มเป็นพิเศษ ซึ่งหาซื้อได้ที่เยาวราช หรือจังหวัดราชบุรี” (ลดาวัลย์, 2552)

2.2 หญ้าชิวคัก

หญ้าชิวคักหรือหญ้าขนมเทียน จัดเป็นพืชร่องสวนที่เจริญอยู่ใต้ต้นมะพร้าว หรือสวนผลไม้ต่าง ๆ ได้ เช่น ฝรั่ง มะละกอ มะนาว เป็นต้น การเจริญเติบโตของลำต้นจะเกิดได้ในช่วงปลายฝนต้นหนาว คือประมาณเดือนพฤศจิกายน หญ้าชิวคักก็เริ่มจะมีต้นอ่อนงอกออกมา ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และจะเจริญต่อเป็นลำต้นพร้อมที่จะเด็ดยอดได้เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในขนมเทียนจนถึงช่วงเทศกาลตรุษจีน ส่วนใหญ่จะพบชิวคักได้ในเขตจังหวัดกรุงเทพฯ สมุทรสงคราม สมุทรสาคร และราชบุรี ชิวคักมีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Gnaphalium polycaulon Pers.* จัดอยู่ใน

division : Magnoliophyta Magnoliophytina

class : Magnoliatae Asteridae Asteranae

order : Asterales

family : Asteraceae Dumort.

genus : Gnaphalium L.

species : *Gnaphalium polycaulon Pers* (ยิ่งยง, 2549)

(ก) (ข)

ภาพที่ 1 หญ้าชิวคักสด (ก) และ ชิวคักแห้ง (ข)
ที่มา : http://www.bloggang.com/

องค์ประกอบที่มีในชิวคักยังไม่มีผู้ใดรายงานไว้ แต่มีผู้ศึกษาในต้นเฉาก๊วยซึ่งเป็นพืชตระกูลหญ้า โดยพบว่าองค์ประกอบในหญ้าเฉาก๊วยนั้นมีคาร์โบไฮเดรตสูงมาก ถึงร้อยละ 44.95 และสารเยื่อใยร้อยละ 24.06 และสารเยื่อใยเหล่านี้ประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลสและลิกนินเป็นส่วนใหญ่แต่จะเป็นสารเซลลูโลสน้อยมาก (ณรงค์และสุวรรณี, 2535)

2.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของผักและผลไม้

2.2.1.1 คาร์โบไฮเดรต ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่พบในผักและผลไม้อาจแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ ผักรับประทานต้นและใบมีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 2-9 % ผลไม้มีประมาณ 5-20 % และพืชหัวต่าง ๆ มีประมาณ 15-25 %

2.2.1.1.1 น้ำตาล มี 3 ชนิด คือ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส ซึ่งสัดส่วนของน้ำตาลแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป น้ำตาลฟรุกโตสจะให้ความหวานมากที่สุด ในขณะที่ซูโครสและกลูโคสมีความหวานน้อยลงตามลำดับ

2.2.1.1.2 แป้ง เป็นแหล่งอาหารสำรองในพืชหัวในผลไม้มีการสะสมแป้งอยู่มาก เมื่อผลไม้สุกแป้งจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาลทำให้ผลไม้มีรสหวาน

2.2.1.1.3 คาร์โบไฮเดรตชนิดอื่น ในผักผลไม้ยังมีคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ (cell wall) คือ เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)และ เพกทิน (pectin)

2.2.1.1.3.1 เซลลูโลส เป็น polysaccharide ซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันอยู่ด้วย glycosidic bond ที่ตำแหน่ง β-1,4 เป็นลูกโซ่ยาวประมาณ 2,000 โมเลกุลใน ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงกับผนังเซลล์พืช

2.2.1.1.3.2 เฮมิเซลลูโลส เป็น polysaccharide มีหลายชนิดซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลต่างชนิดกัน เฮมิเซลลูโลสนี้แทรกและยึดตัวอยู่ระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสในผนังเซลล์ มีส่วนให้ความแข็งแรงกับผนังเซลล์

2.2.1.1.3.3 เพกติน เป็นโพลิเมอร์ของ galacturonic acid โมเลกุลของเพกตินจะแทรกอยู่ระหว่างเซลลูโลสเช่นเดียวกับเฮมิเซลลูโลส ทำหน้าที่ประสานโมเลกุลต่าง ๆ ในผนังเซลล์เข้าด้วยกันและยังทำหน้าที่เชื่อมเซลล์ที่อยู่ข้างเคียงกันด้วย

2.2.1.2 โปรตีน ผักส่วนใหญ่จะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณ 1-2 %

2.2.1.3 ไขมัน โดยทั่วไปในผักและผลไม้มีไขมันประมาณไม่เกิน 1 % ไขมันที่มีอยู่ในผลิตผลทางพืชสวนนั้นมี 3 รูปแบบคือ อาหารสะสม สารปกคลุมผิว และองค์ประกอบของ membrane ต่าง ๆ

2.2.1.4 กรดอินทรีย์ ที่พบในปริมาณมากในผักและผลไม้ คือกรด citric และกรด malic โมเลกุลของกรดเหล่านี้สำคัญในการให้รสชาติของผลไม้

2.2.1.5 สารสี

2.2.1.5.1 คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) โมเลกุลของคลอโรฟิลล์จะถูกสร้างขึ้นและสลายตัวอยู่ตลอดเวลา แต่ในระหว่างการชราภาพการสลายตัวจะเกิดขึ้นมากกว่าทำให้คลอโรฟิลล์หมดไปในที่สุดการสูญเสียสีเขียวของผลผลิตมักเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับการปรากฏขึ้นของ

สีเหลืองและสีแดงซึ่งเป็นสารสีของคาโรทีนอยด์ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างไปจากคอลโรฟิลล์

2.2.1.5.2 คาโรทีนอยด์ (Carotenoids) ในผักและผลไม้จะมีคาโรทีนและแซนโทฟิลล์เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย แต่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ ต่อเมื่อผักและผลไม้เข้าสู่ระยะชราภาพ คลอโรฟิลล์สลายตัวไป สีของคาโรทีนอยด์จึงปรากฏให้เห็น

2.2.1.5.3 แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นสารสีที่ละลายในน้ำ ทำให้เกิดสีในช่วงสีแดง ม่วง และน้ำเงิน โดยจะบดบังสีเขียวและเหลืองของคลอโรฟิลล์และคาโรทีนอยด์

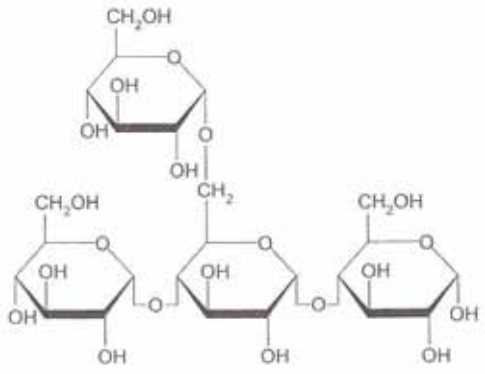
2.2.1.6 สารประกอบฟีนอล (จริงแท้, 2549)

2.3 แป้งข้าวเหนียว

แป้งข้าวเหนียว (glutinous rice flour) หมายถึง แป้งที่ได้จากข้าวเหนียวขาวโดยองค์ประกอบหลักของสตาร์ชเป็นอะมิโลเพกทินและมีอะมิโลสน้อยกว่า 1% (Jetnapa และคณะ, 2008)

2.3.1 อะมิโลเพกทิน

อะมิโลเพกทินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิด α-1, 4 และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้นมีขนาดโมเลกุล (DP) อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิด α-1, 6



ภาพที่ 2 โครงสร้างอะมิโลเพกทิน
ที่มา : กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, (2550)

หน่วยกลูโคสที่มีพันธะกลูโคซิดิกชนิด α-1, 6 มีอยู่ประมาณ 5 % ของปริมาณหน่วยกลูโคสในอะมิโลเพกทินทั้งหมด ขนาดโมเลกุลของอะมิโลเพกทินในแป้งแต่ละชนิดจะมีค่าประมาณ 2 ล้านหน่วย อะมิโลเพกทินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของอะมิโลส คือประมาณ 10^7 ถึง 10^9 ดาลตัน และมีอัตราในการคืนตัวต่ำ เนื่องจากอะมิโลเพกทินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่ง

สำหรับอะมิโลเพกทินของแป้งข้าวเจ้า ข้าวเหนียว มันสำปะหลังและมันฝรั่ง สายส่วนใหญ่ประมาณ 80-90 % ประกอบด้วยกลุ่มเดี่ยว ๆ และสายที่เหลืออีก 10-20 % จะเป็นส่วนเชื่อมต่อของแต่ละกลุ่ม ในแต่ละกลุ่มประกอบไปด้วยสายประมาณ 22-25 สาย ทำให้เกิดเป็นส่วนผลึกของเม็ดแป้งในการจับกันเป็นกลุ่มของอะมิโลเพกทินทำให้เกิดเป็นเกลียวคู่ (double helix) ซึ่งช่วยให้เม็ดแป้งมีความคงทนต่อการทำปฏิกิริยาด้วยกรดและเอนไซม์ การเกิดเกลียวคู่ของอะมิโลเพกทิน ต้องใช้พันธะไฮโดรเจนและแรงวันเดอร์วาลส์ในการเชื่อมต่อกันกิ่งอะมิโลเพกทินภายในเม็ดแป้งสามารถเกิดเป็นผลึกได้ ทั้งกิ่งที่อยู่ใกล้กันในกลุ่มเดียวกัน หรือเกิดขึ้นระหว่างกลุ่มที่ใกล้เคียงกัน สมบัติทางโครงสร้างของอะมิโลเพกทิน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางโครงสร้างของอะมิโลเพกทิน

แหล่งแป้ง	ปริมาณอะมิโลเพกทิน (%)	ขนาดโมเลกุล (DP) เฉลี่ย	ความยาวสายเฉลี่ย (CL)	จำนวนสายเฉลี่ย (NC)	ความยาวสายภายนอกเฉลี่ย (ECL)	ความยาวสายภายในเฉลี่ย (ICL)
แป้งสาลี	72	4,800	19	250	13	5
แป้งข้าวโพด	72	8,200	22	370	15	6
แป้งข้าวเจ้า	83					
อินดิคา (Indica, IR36)		4,700	21	220	14	6
จาโปนิคา (Japonica)		12,800	19	670	13	5
ข้าวเหนียว (Waxy Rice)		18,500	18	1,000	12	5
แป้งมันฝรั่ง	79	9,800	24	410	15	8
แป้งมันสำปะหลัง	83					

ที่มา : กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, (2550)

หมายเหตุ : DP = Degree of polymerization

NC = Average number of chain

CL = Average chain length

ECL = External chain length

ICL = Internal length

อะมิโลเพกทินถือว่ามีความสำคัญมากกว่าอะมิโลสทั้งด้านโครงสร้าง หน้าที่ และ การนำไปใช้ ดังนั้นเมื่อมีอะมิโลเพกทินเพียงอย่างเดียวสามารถรวมตัวเพื่อสร้างเม็ดแป้ง ได้ปริมาณของอะมิโลสและอะมิโลเพกทินที่แตกต่างกันทำให้สมบัติของแป้งแตกต่างกัน แป้งจากข้าวโพดสายพันธุ์ที่มีปริมาณอะมิโลสสูงถึง 70 % คือ ข้าวโพดอะมิโลเมส (amylomaize) และสายพันธุ์ที่ไม่มีอะมิโลส คือ ข้าวโพดเหนียว (waxy maize)

2.3.2 ส่วนประกอบอื่นที่มีผลต่อลักษณะและคุณสมบัติของเม็ดแป้งที่สำคัญ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เถ้า และฟอสฟอรัส ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด

2.3.2.1 ไขมัน

โดยส่วนใหญ่แป้งจะมีองค์ประกอบของไขมันอยู่ต่ำกว่า 1 % ชนิดของไขมันที่มีอยู่ในแป้งมีผลต่อคุณสมบัติของแป้ง เช่น มีผลต่อความหนืดของแป้ง ดังนั้นการวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้งจะต้องกำจัดไขมันออกจากแป้งโดยสกัดด้วยตัวทำละลายหรือย่อยสลายโดยใช้น้ำย่อย

ไขมันภายในเม็ดแป้งมีทั้งที่อยู่บริเวณพื้นผิวของเม็ดแป้งซึ่งประกอบด้วย ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) กรดไขมันอิสระ(free fatty acid) กลูโคลิพิด (glucolipid) ฟอสฟอลิพิด (phospholipid) และไขมันที่อยู่กระจายทั่วไปภายในเม็ดแป้ง โดยเชื่อมพันธะกับคาร์โบไฮเดรตอย่างหลวม ๆ สำหรับแป้งจากข้าวโพด ข้าวสาลีมีไขมันภายในเม็ดแป้งซึ่งมีสมบัติและปริมาณของไขมันแตกต่างกัน

ไขมันที่รวมอยู่ในเม็ดแป้งจะส่งผลกระทบต่อลักษณะและคุณสมบัติของแป้ง โดยจะลดความสามารถในการพองตัว การละลาย และการจับตัวกับน้ำของแป้ง เมื่อเกิดฟิล์มและแป้งเปียกหรือเพสต์ (paste) ไขมันจะรวมตัวกับอะมิโลสเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนเฉื่อยทำให้ฟิล์มและแป้งเปียกมีลักษณะทึบแสงหรือขุ่น นอกจากนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งอยู่บริเวณพื้น

ผิวเม็ดแป้งจะทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่สำหรับไขมันที่รวมตัวเชิงซ้อนกับอะมิโลสจะไม่ก่อให้เกิดกลิ่น เนื่องจากสามารถต้านทานการเกิดออกซิเดชันได้ แป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี มีกลิ่นแรงกว่าแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่ง เนื่องจากมีองค์ประกอบของไขมันสูง

2.3.2.2 ไนโตรเจน (โปรตีน)

ภายในแป้งมีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่ต่ำกว่า 1 % โดยโปรตีนจะเกาะอยู่บริเวณพื้นผิวของเม็ดแป้งทำให้เกิดผลกระทบต่อลักษณะของแป้ง คือทำให้เกิดประจุบนผิวเม็ดแป้ง มีผลต่อการกระจายของเม็ดแป้ง ทำให้แป้งมีอัตราการดูดซับน้ำ อัตราการพองตัวและอัตราการเกิดเจลาทิไนซ์เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ระหว่างการทำปฏิกิริยาของกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซิง สี และกลิ่นของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไป (โดยส่วนใหญ่ปฏิกิริยาเช่นนี้เกิดขึ้นกับแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง)

2.3.2.3 เถ้า

แป้งโดยทั่วไปมีองค์ประกอบของสารอนินทรีย์ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียมวิเคราะห์หาปริมาณได้จากส่วนที่เหลือหรือเถ้าจากการเผาไหม้โดยสมบรูณ์ สามารถหาปริมาณเถ้าในแป้งมันฝรั่งจะสัมพันธ์กับหมู่ฟอสฟอรัสในแป้ง สำหรับเถ้าในแป้งจากธัญพืชจะสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอลิพิด

2.3.2.4 ฟอสฟอรัส

แป้งส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสอยู่น้อยกว่า 0.1 % โดยแป้งจากธัญพืชมีฟอสฟอรัสในภาพฟอสฟอลิพิด (phospholipid) ประมาณ 0.02 ถึง 0.06 % และสำหรับแป้งจากพืชหัวและราก เช่น แป้งจากมันฝรั่ง มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสประมาณ 0.3 ถึง 0.4 % ฟอสฟอรัสภายในแป้งอยู่ในภาพฟอสเฟตเชื่อมกับหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 และ 6 (C_3 และ C_6) ของหน่วยกลูโคส แป้งมันฝรั่งมีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสจึงทำให้มีประจุพื้นผิวเป็นลบ แรงผลักระหว่างประจุลบจะทำให้แป้งมันฝรั่งมีคุณสมบัติพองตัวง่าย และมีความหนืดสูงกว่าแป้งชนิดอื่น ๆ

2.3.3 คุณสมบัติของแป้ง

2.3.3.1 การดูดซับน้ำ การพองตัวและการละลาย

เมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำที่เติมลงไปภายใต้สภาวะบรรยากาศของห้อง จนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับน้ำที่เติมและความชื้นในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แป้งส่วนใหญ่เมื่อเกิดสมดุลภายใต้บรรยากาศปกติจะมีความชื้น 10-17% จากการทดลอง พบว่าแป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่งและแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวสามารถดูดซึมน้ำได้ในปริมาณ 39.9, 42.9, 50.9 และ 51.4 กรัมต่อน้ำหนักแป้งแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ น้ำที่อยู่ในเม็ดแป้งมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ น้ำในผลึก น้ำในสภาพที่ไม่อิสระ (bound water) และน้ำในภาพอิสระ(free water) โดยมีการจับกับแป้งได้แน่นตามลำดับ แป้งที่มีความชื้น 8-10 % สามารถจับกับน้ำได้แน่นกว่าแป้งที่มีความชื้นสูงกว่านี้ เนื่องจากการจับของน้ำกับหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ของกลูโคสแต่ละหน่วยของแป้งจะได้สตาร์ชโมโนไฮเดรต [$n(C_6H_{10}O_5.H_2O)$] น้ำหรือของเหลวชนิดอื่นสามารถแพร่ และผ่านเข้าไปในร่างแหของไมเซลล์ (micelles) ในเม็ดแป้งได้อย่างอิสระ ทดสอบได้จากการแขวนลอยเม็ดแป้งในสารละลายไอโอดีนเจือจางจะเกิดสีขึ้นในเม็ดแป้ง เมื่อใส่โซเดียมไทโอซัลเฟตลงไป พบว่าสีจะหายไปอย่างรวดเร็วและเมื่อนำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่าเม็ดแป้งประกอบด้วยรูพรุนจำนวนมาก ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวคัดขนาดโมเลกุล รูพรุนเหล่านี้อาจจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการทำแห้งในกระบวนการผลิตแป้ง หรืออาจจะมีอยู่แล้วในแป้งธรรมชาติแต่มีขนาดขยายใหญ่ขึ้น เนื่อง จากขั้นตอนการทำแห้งในกระบวนการผลิตแป้งแป้งดิบจะไม่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิ เจลาทิไนซ์ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ ๆ กันเชื่อมต่อกันอยู่ แต่เมื่ออุณหภูมิของสารผสมน้ำแป้งเพิ่มสูงกว่าช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนซ์ พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดแป้งเกิดการพองตัว ทำให้การละลาย ความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น คุณสมบัติของการบิดระนาบแสงโพลาไรซ์ในเม็ดแป้งจะหมดไป ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายคือ ชนิดของแป้ง ความแข็งแรง และลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต ปริมาณน้ำในสารละลายแป้งและการดัดแปรแป้งทางเคมี รูปแบบในการพองตัว และการละลายของเม็ดแป้งแต่ละชนิดจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันไป เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำแป้ง เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวและ

บางส่วนของแป้งจะละลายออกมา กำลังการพองตัวของแป้งจะแสดงเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด เมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ สำหรับความสามารถในการละลายจะแสดงเป็นน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารละลายที่สามารถละลายได้ซึ่งคุณสมบัติทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กัน รูปแบบการพองตัวของแป้งกับอุณหภูมิ และรูปแบบการละลายของแป้งกับอุณหภูมิแสดงซึ่งมีความคล้ายกันมาก และเห็นความสัมพันธ์ได้เมื่อเขียนกราฟระหว่างกำลังการพองตัวและการละลายที่อุณหภูมิเดียวกันจะได้กราฟเส้นตรง คุณสมบัติในการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งแต่ละชนิดที่ 95°C แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติในการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งแต่ละชนิดที่ 95°C

แป้ง	กำลังการพองตัว	การละลาย (%)
มันฝรั่ง	>1,000	82
สาคู	97	39
มันสำปะหลัง	71	48
พุทธรักษา (Canna)	72	37
ท้าวยายม่อม (Arrowroot)	54	28
มันเทศ	46	18
ข้าวโพด	24	25
ข้าวฟ่าง	22	22
ข้าวสาลี	21	41
ข้าวเจ้า	19	18
ข้าวโพดข้าวเหนียว	64	23
ข้าวเจ้าข้าวเหนียว	56	13
ข้าวฟ่างข้าวเหนียว	49	19
ถั่ว (Wrinkled pea)	6	19
ข้าวโพดชนิดอะมิโลสสูง (High-amylose corn)	6	12
ถั่วการ์บาโซ (Garbazo)	13	15

ที่มา : กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, (2550)

ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งมีหลายประการ ได้แก่

(1) ชนิดของแป้งแป้งแต่ละชนิดมีรูปแบบในการพองตัวและการละลายแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาตามความสามารถในการพองตัวและการละลายของแป้งแล้ว สามารถแบ่งแป้งออกเป็น 3 ชนิด คือ แป้งจากธัญพืช แป้งจากส่วนราก และ แป้งจากส่วนหัว

- แป้งจากธัญพืชมีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ขั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณผลึก และบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้ง แป้งจำพวกนี้มีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มีกำลังการพองตัวและการละลายต่ำสุดเนื่องจากมีปริมาณอะมิโลสสูง ซึ่งอะมิโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ

- แป้งจากส่วนรากหรือส่วนกลางลำต้น เช่น แป้งมันสำปะหลังมีการพองตัวเพียงขั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่าแป้งจากส่วนรากจะเกิดเจลาทิไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากธัญพืช

- แป้งจากส่วนหัว เช่น แป้งมันฝรั่ง จะมีการพองตัวสูงเนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ นอกจากนี้หมู่ฟอสเฟตภายในแป้งมันฝรั่งยังทำให้เกิดการพองตัวสูงขึ้นเนื่องจากสามารถก่อให้เกิดแรงผลักดันทางไฟฟ้าได้ การพองตัวในแป้งจากส่วนหัวจะเกิดเพียงขั้นเดียวและเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ รูปแบบนี้จะเป็นลักษณะของแป้งที่เป็นพอลิอิเล็กโทรไลต์ (polyelectrolyte)

(2) ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้งความแข็งแรง และลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้งหรืออีกนัยหนึ่ง คือ จำนวนและชนิดของพันธะภายในเม็ดแป้ง ในระดับโมเลกุลมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจำนวนของพันธะ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง ส่วนประกอบและการกระจายตัวของร่างแหภายในเม็ดแป้ง อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน น้ำหนักโมเลกุล การกระจายตัวของโมเลกุล จำนวนกิ่งก้านสาขา การจัดเรียงตัวและความยาวของสาขาในอะมิโลเพกทิน

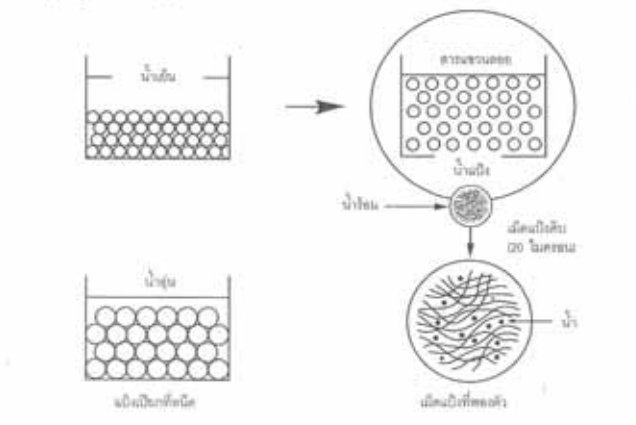
(3) สิ่งเจือปนในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรตสิ่งเจือปนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพอง

ตัวของเม็ดแป้ง เช่น แป้งข้าวโพดที่ถูกสกัดไขมันออกจะมีการพองตัวอย่างอิสระและเป็นรูปแบบเดียวกันดีกว่าแป้งข้าวโพดปกติ เนื่องจากกรดไขมันในธรรมชาติของแป้งข้าวโพดปกติจะยับยั้งการพองตัวของเม็ดแป้ง โดยเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอะมิโลส (lipid-amylose complex) นอกจากนั้นการใส่สารลดแรงตึงผิวในแป้งจะมีผลต่อกำลังการพองตัวของเม็ดแป้ง การใส่โพแทสเซียม-ปาล์มมิเตท (potassium palmitate) และสเตียเรต (stearate) จะลดกำลังการพองตัวของแป้งมันสำปะหลัง ในขณะที่การใส่โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate) และซิติลไตรเมทิลแอมโมเนียม-โบรไมด์ (cetyl trimethyl ammonium bromide) จะเพิ่มกำลังการพองตัวของเม็ดแป้ง

(4) ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในสภาวะที่เกิดการพองตัวมีผลต่อการพองตัวและการละลาย สารละลายที่มีปริมาณแป้งต่ำกว่า 20 % ค่าการละลายจะสูงกว่าเมื่อมีแป้งสูงกว่า 20 % การพองตัวอย่างอิสระและการละลายที่สูงขึ้นจะถูกยับยั้งในสภาพที่สารละลายมีปริมาณน้ำน้อย สารประกอบอื่น ๆ เช่น ซูโครส กลูโคส และสารอิเล็กโทรไลต์ (เช่น sodium chloride) มีผลกระทบต่อการพองตัวของแป้ง พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซูโครส และลดปริมาณแป้งลงทำให้แป้งสามารถละลายได้เพิ่มขึ้น

2.3.3.2 การเกิดเจลาทิไนเซชัน

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในภาพของร่างแห ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อยแต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ดังแสดงในภาพที่ 3 ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น โมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้นทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาทิไนเซชัน (geletinization) อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลาทิไนซ์ เมื่อตรวจวัดโดยเครื่องมือวัดความหนืด มักจะเรียกจุดนี้ว่า อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) หรือเวลาที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting time) ซึ่งจะแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด แป้งจากพืชหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่งจะมีอุณหภูมิเริ่มเจลาทิไนซ์ต่ำกว่าอุณหภูมิจากแป้งธัญพืช

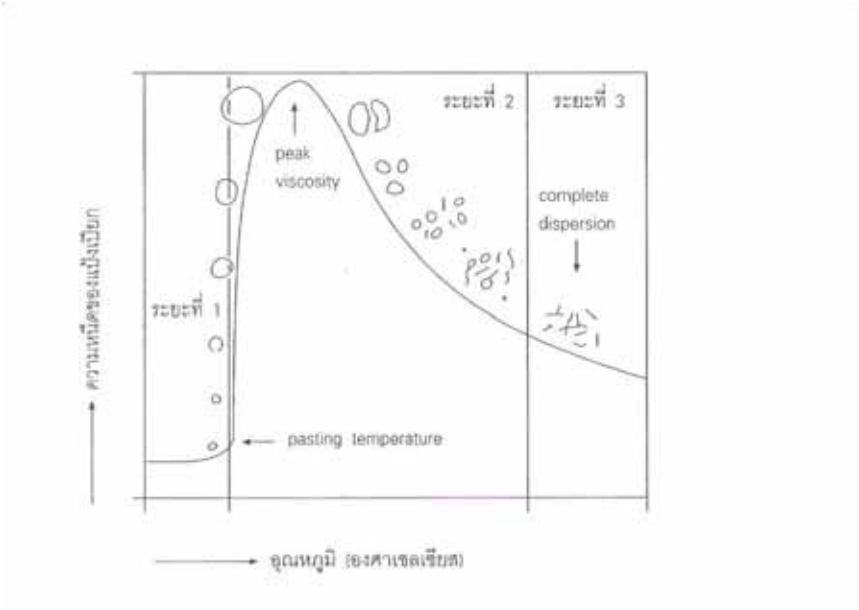


ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม
ที่มา : กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, (2550)

การเกิดเจลาทิไนเซชันของเม็ดแป้งแบ่งได้ 3 ระยะ (ดังภาพที่ 4) คือ ระยะแรกเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัด และเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่างไมเซลล์ (micelles) ยืดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้างแบบที่เกิดการบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ได้ เมื่อใส่สารเคมีหรือเพิ่มอุณหภูมิให้สารละลายน้ำแป้งจนถึงประมาณ 65°C (อุณหภูมิที่แท้จริงขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง) เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหระหว่างไมเซลล์ภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามามากและเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่า การเกิดเจลาทิไนเซชัน เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนรูปร่างและโครงสร้างแบบที่เกิดการบิดแสงระนาบโพลาไรซ์ได้ ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมา ซึ่งถ้าเหวี่ยงแยกส่วนใสและหยดสารละลายไอโอดีนลงในส่วนใสจะเกิดสีน้ำเงินขึ้น เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีกจนเข้าสู่ระยะที่ 3 รูปร่างเม็ดแป้งจะไม่แน่นอนการละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล การเกิดเจลาทิไนเซชันของแป้งจะทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ได้ดีขึ้น รวมทั้งพร้อมที่จะถูกย่อยด้วยน้ำย่อยต่าง ๆ ได้ดีกว่า

ความหนืดสูงสุดของสารละลายแป้งในระหว่างเจลาทิไนซ์จะแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของแป้ง แป้งมันฝรั่งจะมีความหนืดสูงสุด (peak viscosity) สูงที่สุด และมี

ความสามารถในการทำให้ข้นหนืดสูงด้วย ในขณะที่แป้งข้าวโพดและแป้งสาลีจะมีความหนืดสูงสุดต่ำ เนื่องจากเม็ดแป้งมีกำลังการพองตัวอยู่ในระดับปานกลางซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณอะมิโลสและไขมัน นอกจากนี้ระดับอุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนเซชันจะแตกต่างกันไปตามชนิดและองค์ประกอบของแป้ง เช่น ปริมาณไขมัน สัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน การจัดเรียงตัวและขนาดของเม็ดแป้งเนื่องจากการจัดเรียงตัวของอะมิโลส และอะมิโลเพกทิน ภายในเม็ดแป้งมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอกันทำให้เม็ดแป้งมีขนาดแตกต่างกัน แป้งชนิดต่าง ๆ มีลักษณะการเกิดเจลที่ต่างกันไป ดังตารางที่ 3 การเกิดเจลาทิไนซ์ไม่ได้เกิดเฉพาะอุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง แต่เกิดเป็นช่วงอุณหภูมิประมาณ 8-12 องศาเซลเซียส การตรวจสอบกระบวนการเจลาทิไนเซชันนอกจากการใช้การสังเกตการเปลี่ยนโครงสร้างการบิดระนาบแสงโพลาไรซ์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เช่น Kofter gelatinization temperature range แล้วสามารถตรวจสอบโดยเครื่องมือที่วัด และบันทึกปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการ ซึ่งเครื่องมือที่นิยมในปัจจุบันนี้ คือ เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) ที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพหรือทางเคมีของวัสดุในรูปฟังก์ชันกับอุณหภูมิ ปกติพอลิเมอร์ต่าง ๆ ในรูปผลึกและอสัณฐานจะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะได้เมื่อได้รับความร้อน



ภาพที่ 4 ระยะเวลาในการเกิดเจลาทิไนเซชันของเม็ดแป้ง
ที่มา : กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, (2550)

ตารางที่ 3 ลักษณะการเกิดเจลาทิไนเซชันของแป้งแต่ละชนิด

แป้ง	Kofler gelatinization temperature rage (°ซ)[a]	brabender pasting temperature (8%; °ซ)[b]	brabender peak viscosity (8%; °BU)[b,c]	Swelling power ที่ 95°ซ	critical conc. ที่ 95°ซ
แป้งข้าวโพด	62-67-72	75-80	700	24	4.4
แป้งมันฝรั่ง	58-63-68	60-65	3000	1153	0.1
แป้งสาลี	58-61-64	80-85	200	21	5.0
แป้งมันสำปะหลัง	59-64-69	65-70	1200	71	1.4
แป้งข้าวโพดเหนียว	63-68-72	65-70	1100	64	1.6
แป้งข้าวฟ่าง	68-74-78	75-80	700	22	4.8
แป้งข้าวเจ้า	68-74-78	70-75	500	19	5.6
แป้งสาคู	60-66-72	65-70	1100	97	1.0
แป้งท้าวยายม่อม	62-66-70	-	-	54	1.9
แป้งข้าวโพดอะมิโลเมส	67-80-92	90-95	-	6	20.2
แป้งมันเทศ	58-65-72	65-70	-	46	2.2

ที่มา : กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, (2550)

หมายเหตุ a : Kofter hot-stage microscope เป็นวิธีหนึ่งในการวัดอุณหภูมิเจลาทิไนซ์ของเม็ดแป้ง

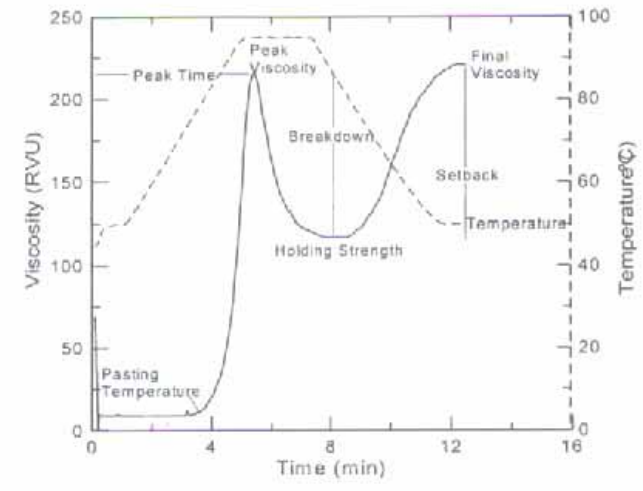
b : ความเข้มข้นของน้ำแป้งเท่ากับ 8%

c : BU = Brabender Units

2.3.3.3 ความหนืด

ความหนืดเป็นสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญของแป้ง เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการเกิดเจลาทิไนเซชันของแป้ง ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดและสายพันธุ์ของแป้ง การตรวจวัดค่าความหนืดมีความสำคัญในแง่การใช้แป้งทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดและให้เนื้อสัมผัสในอาหาร การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้เครื่องมือหลายชนิด ซึ่งมีทั้งแบบปรับอุณหภูมิไม่ได้ เช่น Brookfield viscometer, Capillary viscometer และ Rheometer ซึ่งจะวัดค่าที่อุณหภูมิหนึ่งเท่านั้น และเครื่องมือแบบปรับและควบคุมอุณหภูมิได้ เช่น Rapid Visco Analyzer และบราเบน-

เดอร์วิสโคอะไมโลกราฟแบบปรับและควบคุมอุณหภูมิได้ ซึ่งมีความสำคัญในการศึกษาทั้งลักษณะของกราฟความหนืดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิให้กับน้ำแป้ง ทำให้ทราบอุณหภูมิที่เกิดเจลาทิไนเซชัน ค่าความหนืดที่จุดสูงสุด และค่าความหนืดสุดท้าย เมื่อสารละลายแป้งเกิดรีโทรเกรเดชัน (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2550) การวัดการเปลี่ยนแปลงความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) มีคุณสมบัติพิเศษคือ ความสามารถในการเปลี่ยนระดับอุณหภูมิ สามารถทำให้ร้อนและเย็นได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว สามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้ จึงทำให้สามารถหาลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting curve) ภายในเวลาสั้น (13 นาที) ได้ เนื่องจากมีกลไกการส่งผ่านความร้อนที่ดีกว่าและใช้ปริมาณตัวอย่างน้อยกว่า (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2550) เมื่อเม็ดแป้งได้รับความร้อนจะดูดซึมน้ำและพองตัวขยายใหญ่ขึ้น ขณะเดียวกันน้ำที่เหลืออยู่รอบ ๆ เหลือน้อยลงทำให้เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยาก และในสภาวะที่มีการกวนภายใต้แรงเฉือน ค่าหนึ่งแป้งจะเปลี่ยนเป็นเจล ซึ่งเป็นการเกิดเจลาทิไนเซชันของแป้งมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่ความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ซึ่งเป็นจุดที่เม็ดแป้งมีการพองตัวเต็มที่ การเพิ่มอุณหภูมิและมีการกวนต่อไปอีกมีผลทำให้โครงสร้างภายในแตกออก ความหนืดลดลงและเมื่อลดอุณหภูมิลงจะเกิดรีโทรเกรเดชันมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งเป็นความหนืดที่เกิดจากการจัดเรียงตัวใหม่ของโมเลกุลอะมิโลสที่หลุดออกมาจากเม็ดแป้ง ลักษณะของกราฟความหนืดที่วัดด้วยเครื่อง RVA (Newport Scientific, 1998) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ลักษณะกราฟความหนืดและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่วัดด้วยเครื่อง RVA

ที่มา : Newport Scientific (1998)

ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่สามารถอ่านได้เมื่อวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง RVA ได้แก่

- Peak time : เวลาที่เกิดจุดสูงสุด (peak) ของความหนืด มีหน่วยเป็นนาที
- Pasting temperature : อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนค่าความหนืด หรือมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น 2 RVU ในเวลา 20 วินาที มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
- Peak temperature : อุณหภูมิที่เกิดจุดสูงสุด (peak) มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
- Peak viscosity : ความหนืดที่จุดสูงสุดมีหน่วยเป็น RVU
- Holding strengh : ความหนืดที่ต่ำที่สุดระหว่างการทำเย็น มีหน่วยเป็น RVU
- Breakdown : ความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุดมีหน่วยเป็น RVU
- Final viscosity : ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง มีหน่วยเป็น RVU
- Setback from peak : ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดที่จุดสูงสุด (peak) มีหน่วยเป็น RVU
- Setback from trough : ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด มีหน่วยเป็น RVU

2.4 น้ำตาล

น้ำตาล หมายถึง สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน มีลักษณะเป็นผลึก ส่วนใหญ่ทำจากอ้อย หรือหัวบีท ซึ่งสามารถแบ่งจำแนกคาร์โบไฮเดรตตามโครงสร้างได้เป็น 4 กลุ่ม คือ Monosaccharide เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กสุด เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุคโตสและน้ำตาลกาแลกโตส เป็นต้น Disaccharide เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยโมโน-แซคคาไรด์ 2 โมเลกุล เรียกว่า น้ำตาลโมเลกุลคู่ เช่น น้ำตาลซูโครส น้ำตาลมอลโตส และน้ำตาลแลคโตส เป็นต้น Oligosaccharide เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์ 3 โมเลกุล ถึง 10 โมเลกุล เช่น แรฟฟิโนส และสตาคีโอส เป็นต้น และ Polysaccharide ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์มากกว่า 10 โมเลกุลขึ้นไป เช่น สตาร์ช เด็กตริน และไกลโคเจน เป็นต้น (กมลวรรณ,2543) น้ำตาลที่รู้จักกันดี คือ น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุคาร์บอนไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมอยู่ในโมเลกุล มีสูตรเคมี $C_{12}H_{22}O_{11}$ จัดเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่เพราะประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตส ซึ่งเป็นอาหารที่ให้

พลังงานเป็นส่วนใหญ่ โดยน้ำตาลทรายบริสุทธิ์ 1 กรัม จะให้พลังงาน 4 แคลอรี่ การบริโภคน้ำตาลของคนไทยจะอยู่ในรูปของน้ำตาล น้ำเชื่อม น้ำผึ้ง ผลไม้เชื่อม และผลไม้กวนต่าง ๆ เป็นต้น (เข็มทอง, 2538) โดยน้ำตาลที่นิยมใช้ในการทำขนมไทยมีอยู่ 3 ชนิด คือ น้ำตาลทราย น้ำตาลมะพร้าว และน้ำตาลโตนด (อรวสุ, 2542) ซึ่งน้ำตาลที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ น้ำตาลทรายที่ทำจากอ้อย มีทั้งชนิดบริสุทธิ์ฟอกขาวทั้งเกล็ดเล็กเกล็ดใหญ่ มีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดสีขาวและเหมาะที่จะทำขนมที่ต้องการสีใส เช่น ทองหยิบ ทองหยอด ขนมชั้น ขนมน้ำดอกไม้ เป็นต้น และน้ำตาลชนิดที่มีสีนวลไม่ผ่านการฟอกสีจะให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลที่มีสีขาว น้ำตาลชนิดนี้จะมีสีเข้มและมีความชื้นเหลืออยู่มาก เรียกว่า น้ำตาลทรายแดง นอกจากมีรสหวานแล้วยังมีกลิ่นด้วย จึงนิยมมาทำขนมไทยเป็นส่วนผสมในขนมอบบางชนิด เช่น ข้าวเหนียวแดง ถั่วเขียวต้มน้ำตาล กาละแม ขนมเทียน พวกเค้ก และคุกกี้ เป็นต้น ส่วนน้ำตาลที่ทำจากน้ำหวานของมะพร้าว และจากต้นตาลก็เป็นที่นิยมใช้กันมาก ต้องเลือกให้เหมาะสมกับอาหารและขนมไทยแต่ละชนิด (จันทร,2535)

น้ำตาลมะพร้าวเป็นผลิตผลที่ได้จากจั่นมะพร้าวซึ่งจะให้น้ำตาลสดเมื่อต้นมะพร้าวมีอายุได้ 3-4 ปี โดยการนำน้ำตาลสดมาเคี่ยวให้มีความข้นหนืดมากขึ้น

คุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลมะพร้าวเคี่ยว

ความชื้น	11.40%
น้ำตาล	72.04%
น้ำตาลรีดิวซิง	7.79%
เถ้า	1.13%
โปรตีน	0.55%
เพกตินกัม	7.09% (ณัฏฐ์จิรัชยา, 2549)

น้ำตาลปึกและน้ำตาลปี๊บ เป็นน้ำตาลที่ได้จากมะพร้าวหรือตาล ประกอบด้วยน้ำตาลซูโครสเป็นส่วนใหญ่มีสีขาวจนถึงสีน้ำตาลแก่ และอาจมีสิ่งเจือปนชนิดอื่นอยู่มากถึง 25 % เช่น โปรตีน แป้ง ยาง ไขมัน และขี้ผึ้ง เป็นต้น น้ำตาลชนิดนี้ดูดความชื้นได้ดีจึงมีเนื้อนุ่มอยู่เสมอ (มยุรี, 2537)

มยุรี (2537) ศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำตาลและเวลาการหมักแป้งขนมเทียน พบว่าแป้งขนมเทียนเมื่อหมักด้วยความเข้มข้นของน้ำเชื่อมน้อย แป้งขนมเทียนจะมีค่าแรงเฉือนต่ำกว่าแป้งขนมเทียนที่หมักด้วยความเข้มข้นของน้ำเชื่อมสูง เนื่องจากปริมาณความเข้มข้นของน้ำเชื่อม ต่ำจะมีโมเลกุลของน้ำตาลจำนวนน้อยที่จับตัวกันกับน้ำ น้ำส่วนใหญ่จึงอยู่ภายนอกเม็ดแป้งความหล่อลื่นจึงไม่มี แป้งจึงมีลักษณะแข็งเมื่อใช้แรงตัดเฉือนก้อนแป้งจึงใช้แรงมากและแป้งขนมเทียนยืดออกได้น้อย เมื่อใช้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมมากขึ้น การจับตัวกันระหว่างโมเลกุลของน้ำและน้ำตาลจะมีมากขึ้นการดึงน้ำจากเม็ดแป้งมีมากขึ้นและน้ำรอบ ๆ เม็ดแป้งมีมากขึ้นด้วย การหล่อลื่นจึงมีมากขึ้นก้อนแป้งจะเหลวขึ้น แป้งยืดออกได้ง่ายแป้งจะมีความเหนียวนุ่มมากแรงเฉือนที่ใช้ในการตัดจึงน้อย และระยะทางที่ก้อนแป้งจะฉีกขาดจะมีมากขึ้นด้วย

Bean and Setser (1992) พบว่า น้ำตาลซูโครสมีผลทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดเจลาทิไนเซชันของแป้งสูงขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของแป้ง น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือคู่โดยทำให้การเจลาทิไนเซชันเกิดได้ช้าลง และเมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มขึ้นอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดเจลาทิไนเซชันก็จะเพิ่มขึ้น

Kim and Walker (1992) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้งเปียกในสภาวะที่มีน้ำตาลและสารอิมัลซิไฟเออร์ โดยการวัดค่าความหนืด พบว่า น้ำตาลโมเลกุลคู่ซูโครสและน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวกลูโคสทำให้การเปลี่ยนแปลงความหนืดเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่าน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเดกซ์โทรส เนื่องจากน้ำตาลไปรวมตัวกับน้ำ ทำให้น้ำที่จะมารวมตัวกับแป้งมีปริมาณลดลงและทำให้การพองตัวของแป้งเกิดช้าลง

2.5 น้ำมัน

การใส่น้ำมันในแป้ง จะมีผลทำให้การดูดซึมน้ำของเม็ดแป้งนั้นเกิดได้ช้าลงเนื่องจากน้ำมันจะหุ้มเม็ดแป้งเอาไว้ ทำให้น้ำซึมผ่านเม็ดแป้งไม่สะดวกการให้ความร้อนโดยการนึ่งขนมเทียน มีส่วนทำให้เนื้อสัมผัสของขนมเทียนเหนียวและมีลักษณะใส การใช้ไฟแรงทำให้เม็ดแป้งนั้นแตกตัวเต็มที่ ประกอบกับน้ำมันทำให้แป้งเป็นเงามันใสและแป้งไม่ติดใบตองที่ใช้ห่อขนมเทียน (มยุรี, 2537)

2.6 การนวดและการหมักแป้ง

ขนมเทียนที่ทำจากแป้งสดไม่ต้องนวดนาน เพราะแป้งผ่านการแช่น้ำมาก่อนทำให้เม็ดแป้งอิ่มตัว เมื่อได้รับความร้อนจะแตกตัวได้ง่าย ทำให้มีความเหนียวนุ่มมากกว่าแป้งแห้ง การใช้แป้งแห้งควรนำมานวดกับน้ำหรือของเหลวก่อนและหมักทิ้งไว้ การหมักช่วยทำให้เม็ดแป้งดูดน้ำได้มากขึ้นซึ่งทำให้แป้งมีคุณภาพใกล้เคียงกับแป้งสด การนวดแป้งทำให้เม็ดแป้งแตกตัวได้มากขึ้น น้ำซึมเข้าไปในเม็ดแป้งได้ดี เมื่อให้ความร้อนเม็ดแป้งจะแตกตัวได้มากทำให้ขนมมีความเหนียวดี

2.7 สมบัติทางด้านเนื้อสัมผัส

ลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสเป็นผลของการประกอบกันของคุณสมบัติทางด้านกายภาพและด้านเคมี ซึ่งรวมถึงขนาด รูปร่าง จำนวน ธรรมชาติ และการจัดเรียงตัวของโครงสร้างของสารนั้น ๆ ทั้งหมดนี้เป็นผลของโครงสร้างของวัสดุ และจากโครงสร้างของวัสดุเราสามารถทำความเข้าใจคุณสมบัติทางกายภาพ และลักษณะทางเนื้อสัมผัสได้ จึงนำหลักการนี้มาใช้กับการประเมินลักษณะทางเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องมือ (ปิติพร, 2546) วิธีการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแป้งสามารถวัดค่าได้โดยการใช้เครื่องมือสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี ดังนี้ (Bourne, 1982)

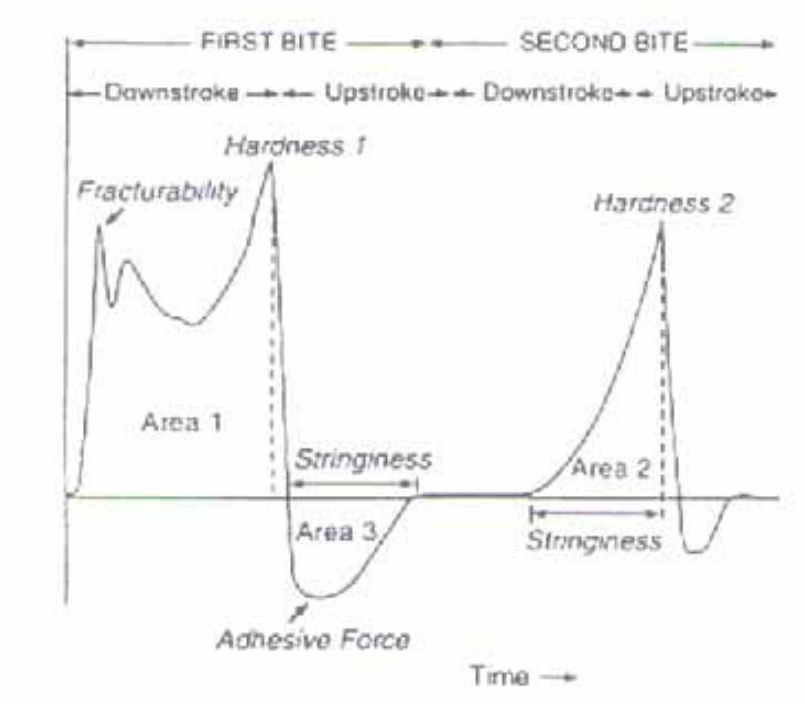
2.7.1 วิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ (Fundamental measurement) เป็นวิธีการซึ่งพัฒนามาจากนักวิทยาศาสตร์และวิศวกร ซึ่งบ่อยครั้งพบว่าข้อมูลไม่สามารถนำมาใช้ในการประเมินความรู้สึกของมนุษย์ในด้านเนื้อสัมผัสขณะเคี้ยวได้ ข้อดีของวิธีการนี้คือสามารถอธิบายค่าที่วัดได้ในเชิงวัสดุศาสตร์และข้อเสียคือค่าที่ได้ไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับการวัดค่าทางประสาทสัมผัส เครื่องมือมีราคาแพงและใช้เวลาในการวัดค่านาน วิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์จะเกี่ยวข้องกับค่าแรงที่มากระทำต่อตัวอย่าง ทั้งนี้แรงที่มากระทำต่อตัวอย่างมีหลายรูปแบบ เช่น แรงกดและแรงอัด (Compression-Extrusion) แรงดึง (Tensile) แรงตัดและแรงเฉือน (Cutting and Shearing) เป็นต้น

2.7.2 วิธีการวัดค่าแบบประยุกต์ (Empirical measurement) เป็นวิธีการวัดค่าเนื้อสัมผัส

ที่ออกแบบมาโดยนักประดิษฐ์เพื่อให้มีความเหมาะสมกับงานที่นำไปใช้ โดยเฉพาะงานควบคุมคุณภาพและแบ่งระดับชั้นคุณภาพผลิตภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรม ข้อดีของวิธีการนี้คือ เครื่องมือใช้งานง่าย มีความรวดเร็วในการวัดและค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กับการวัดค่าทางประสาทสัมผัสและข้อเสีย คือไม่สามารถอธิบายหลักการวัดค่าที่ได้บนพื้นฐานทางการวัดค่าวัสดุศาสตร์ วัดค่าได้เพียงคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่ง วิธีการวัดค่าขึ้นอยู่กับผู้วัดไม่มีวิธีการวัดที่ได้มาตรฐานแน่นอนและโดยทั่วไปจะวัดค่าที่จุดใดจุดหนึ่งจึงไม่สามารถให้ข้อมูลที่ต่อเนื่องได้ ตัวอย่างเครื่องมือวัดค่าแบบประยุกต์ ได้แก่ Fruit pressure tester, Bloom gelometer, Penetometer เป็นต้น

2.7.3 วิธีการเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ (Imitative measurement) วิธีการนี้จะออกแบบเครื่องมือให้มีหลักการคล้ายกับการเคี้ยวของมนุษย์ โดยเป็นเครื่องมือแบบเดียวกันกับวิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ที่สามารถหาค่าแรงกับระยะทาง หรือความเค้นกับความเครียดได้ การวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธีการนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Texture Profile Analysis (TPA) ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดค่าด้วยวิธีการนี้ได้แก่ Texture Analysis, Instron, Lloyd เป็นต้น

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแป้งโดยวิธีการวัดค่าเค้าโครงคุณลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis, TPA) การวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธีนี้จะคล้ายกับการทำ Texture Profile ด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส คือ จะมีการอธิบายพรรณนาคำศัพท์เกี่ยวกับเนื้อสัมผัสของอาหาร เครื่องมือในการวัด Texture Profile นั้นเป็นการวัดค่าพารามิเตอร์ของเนื้อสัมผัสของอาหารที่สามารถเป็นไปได้ หลักการพื้นฐานคือ จะกล่าวถึงคุณลักษณะของเนื้อสัมผัสที่สามารถทำการวัดค่าได้โดยการใช้เครื่องมือ ซึ่งการออกแบบเครื่องมือเลียนแบบการทำงานของแรงที่ใช้ภายในปาก เครื่องมือประกอบด้วยหัวกด (plunger) ซึ่งมีลักษณะแบนราบหรือมีลักษณะคล้ายฟันมนุษย์ กดตัวอย่างที่มีความสูงที่แน่นอนด้วยอัตราการเคลื่อนที่ของหัวกดที่กำหนดไว้ หลังจากหัวกดเคลื่อนที่ขึ้นมาที่ตำแหน่งเริ่มต้นจะทำการกดตัวอย่างซ้ำลงไปอีกครั้งหนึ่ง ผลลัพธ์ที่ได้แสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกับเวลา ดังภาพที่ 6 โดยการกดลงและขึ้นในรอบแรก เรียกว่า First bite ในรอบที่สอง เรียกว่า Second bite ค่าแรง เวลา และพื้นที่ใต้กราฟจะนำมาใช้ในการกำหนดค่าตัวแปรคุณลักษณะเนื้อสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 4



ภาพที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ที่ได้จากการวัดค่าเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA)
ที่มา : Bourne (1978)

ค่าตัวแปรคุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของการวัดค่าเนื้อสัมผัสแบบ Texture Profile Analysis (TPA) ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าสูงสุดของแรงที่เกิดขึ้น ณ จุดสุดท้ายของการกดในรอบแรก ค่าของแรงที่เกิดขึ้นเป็นค่าแรกเรียกว่าค่าการแตกหัก (Fracturability) ซึ่งไม่จำเป็นว่าอาหารทุกชนิดจะพบค่านี้ งานที่ได้จากการกดตัวอย่างในรอบ แรกและรอบที่สองจะให้พื้นที่ใต้กราฟ เท่ากับ A1 และ A2 ซึ่งอัตราส่วนระหว่าง A1 และ A2 สัมพันธ์กับค่าความยืดหยุ่น (Springiness) พื้นที่ใต้กราฟที่ให้ค่าเป็นลบ (negative area) เท่ากับ A3 สัมพันธ์กับความสามารถในการเกาะติดผิววัสดุ (Adhesiveness หรือ Stickiness) ค่าความเหนียวเป็นยาง (Gumminess) ได้จากผลคูณระหว่างค่าความแข็งกับความสามารถเกาะรวมตัวกัน และค่าการทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) ได้จากผลคูณระหว่างค่าความแข็ง ความสามารถเกาะรวมตัวกัน และค่าความยืดหยุ่นเป็นต้น (Karim และคณะ, 2000)

ตารางที่ 4 ความหมายของคุณลักษณะเนื้อสัมผัสต่าง ๆ ในเชิงคุณภาพทางกายภาพจากการทำ Texture Profile Analysis และในเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะ	คุณภาพทางกายภาพ	คุณภาพทางประสาทสัมผัส
Hardness (ความแข็ง)	แรงที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างเสียรูป	แรงที่ใช้ในการกดตัวอย่างระหว่างฟันกรามเพื่อเปลี่ยนรูปร่าง
Cohesiveness (ความสามารถเกาะรวมตัวกัน)	ขอบเขตของวัสดุที่สามารถเสียรูปก่อนที่จะเกิดการแตกหัก	ความแข็งแกร่งของพันธะภายในที่เกิดขึ้นในชิ้นตัวอย่างแล้วทำให้ตัวอย่างทนต่อแรงที่มากระทำก่อนที่ตัวอย่างจะขาดหรือแยกออกจากกัน
Springiness (ความยืดหยุ่น)	อัตราของการคืนรูปของวัสดุหลังจากการถูกกด	ระดับความสามารถในการคืนตัวกลับ มาเหมือนเดิมเมื่อมีการถอนแรงกดออกไปจากตัวอย่าง
Adhesiveness (ความสามารถในการเกาะติดผิววัสดุ)	งานที่ใช้ในการเอาชนะแรงระหว่างพื้นผิวของตัวอย่างกับพื้นผิวของวัสดุอื่นที่ตัวอย่างสัมผัสอยู่	แรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่ย้ายตัวอย่างที่ติดอยู่ในปาก(โดยปกติคือเพดานปากในระหว่างกระบวนการเคี้ยว)
Fracturability (การแตกหัก)	แรงที่ทำให้ตัวอย่างแตกหักโดยเป็นตัวอย่างที่มี Hardness สูงและมี Cohesiveness ต่ำ	แรงกดทันทีทันใดในแนวดิ่งที่ทำให้ตัวอย่างเกิดการแตกหักเป็นชิ้น ๆ และกระจายออกในแนวราบ
Chewiness (การทนต่อการเคี้ยว)	แรงที่ใช้ในการเคี้ยวบดตัวอย่างจนกระทั่งสามารถกลืนได้โดยเป็นตัวอย่างที่มีลักษณะผสมของ Hardness, Cohesiveness และ Springiness	ระยะเวลานานที่ใช้ในการเคี้ยวบดตัวอย่างที่เป็นของแข็ง ในอัตราการเคี้ยวคงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้
Gumminess (ความเหนียวเป็นยางหรือกาว)	แรงที่ต้องใช้ในการแยกตัวอย่างที่เป็นกึ่งของแข็งจนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้โดยเป็นตัวอย่างที่มี Hardness ต่ำและมี Cohesiveness สูง	พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวตัวอย่างที่เป็นกึ่งของแข็ง ในอัตราการเคี้ยวที่คงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้

ที่มา : ปิติพร (2546)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 แป้งข้าวเหนียว ตราช้างสามเศียร

3.1.2 น้ำตาลมะพร้าว ซื้อจากอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม

3.1.3 น้ำมันถั่วเหลือง ตราองุ่น

3.1.4 หญ้าชิวคัก ซื้อจากอำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี

3.1.5 Sulfuric acid (QRec)

3.1.5 Potassium sulphate (Ajax Finechem)

3.1.6 Copper sulphate (Ajax Finechem)

3.1.7 Boric acid (Merck)

3.1.8 Sodium hydroxide (QRec)

3.1.9 Methyl red (Fluka)

3.1.10 Petroleum ether (Fisher Scientific)

3.1.11 Acetone (Ajax Finechem)

3.1.12 Phenol (Poch SA)

3.1.13 D-glucose (Ajax Finechem)

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 เตาไฟฟ้า (Rommelsbacher, ROM-THS2022/E)

3.2.2 Vortex Mixer (Vortex-Genie2, G-560E)

3.2.3 เครื่องชั่ง (Sartorius, LE244S)

3.2.4 ตู้อบลมร้อน (Binder, FD115)

3.2.5 เครื่องแก้ว

3.2.6 เครื่องย่อยโปรตีน (Gerhardt, KBL 20S)

3.2.7 เครื่องกลั่นไนโตรเจน (Gerhardt, VAPODEST30)

3.2.8 เครื่องสกัดไขมัน (Gerhardt, SOX 416)

3.2.9 เครื่องวิเคราะห์เส้นใย (Foss Tecator, Fibertec System M 1017-1018)

3.2.10 เตาเผา (Carbolite Furnace, CSF1100)

3.2.11 Spectrophotometer (Milton Roy company, spectronic 21)

3.2.13 Hunter Lab (Sinica, SN-750)

3.2.14 Bostwick consistometer (CSC Scientific, 1-800-458-2558)

3.2.15 Drum Dryer (OFM, DOFM 19/26)

3.2.16 Tray dryer (กล้วยน้ำไทเตาอบ)

3.2.17 Rapid Visco Analyser (RVA) (Newport Scientific, RVA-Super 3)

3.2.18 Texture Analyser (Texture Analyser, TA.XT.plus)

3.2.19 Refractometer (ATAGO, Master-M)

3.2.20 เครื่องผสมอาหาร (KENWOOD, KM550)

3.2.21 ตะแกรงร่อนขนาด 30 mesh (Retsch, D-42759)

3.2.22 Microwave-Oven (Whirlpool, AVM541)

3.2.23 ลังถึง

3.2.24 อุปกรณ์งานครัว

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ

3.3.1.1 สมบัติของชิวคักโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการ A.O.A.C (1990) (ดังภาคผนวก ก)

3.3.1.2 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเหนียว ที่อัตราส่วนชิวคักต่อปริมาณแป้งข้าวเหนียว 1.3:500, 2.6:500, 4.0: 500 และ 5.3:500 โดยน้ำหนัก โดยใช้เครื่อง RVA (ดังภาคผนวก จ ข้อ 2) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA-Super3, Newport Scientific, Australia) ตามวิธีการของ Newport Scientific (1998)

โดยเตรียมน้ำแป้งข้าวเหนียวเข้มข้นร้อยละ 11.7 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนชิวคักเข้มข้นร้อยละ 0.03, 0.06, 0.09 และ 0.12 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่อัตราส่วนระหว่างแป้งต่อน้ำคงที่นำไปวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง RVA บันทึกค่าต่าง ๆ ดังนี้ อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting Temperature, องศาเซลเซียส) ค่าความหนืดสูงสุด(Peak viscosity, RVU) ค่าความหนืดต่ำสุด (Trough viscosity, RVU) ค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity, RVU) ผลต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดต่ำสุด (Breakdown, RVU) และผลต่างของค่าความหนืดสุดท้ายกับค่าความหนืดต่ำสุด (Setback from Trough, RVU)

3.3.2 การศึกษาผลของปริมาณชิวคักและระยะเวลาในการหมักที่มีต่อคุณภาพของขนมเทียน

3.3.2.1 ศึกษาผลของปริมาณชิวคักต่อคุณภาพของขนมเทียน

โดยเตรียมขนมเทียน ซึ่งมีอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งขนมเทียนเท่ากับ 1.3:500, 2.6:500, 4.0: 500 และ 5.3:500 โดยน้ำหนัก ที่หมักเป็นระยะเวลา 18 ชั่วโมง (ตามวิธีการในภาคผนวก ง (3) ข้อ 1) แล้วนำมาทดสอบคุณภาพของก้อนแป้งทั้งก่อนและหลังนึ่ง โดย

- วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมเทียนด้วย Texture analyser (ตามวิธีในภาคผนวก จ ข้อ 3)
- คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีทดสอบแบบ 9 point Hedonic scale (แบบทดสอบแสดงในภาคผนวก ฉ (1))

3.3.2.2 ศึกษาผลของระยะเวลาการหมักต่อคุณภาพของขนมเทียน

โดยเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.2.1 มาแปรระยะเวลาในการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง และทดสอบคุณภาพเช่นเดียวกับข้อ 3.3.2.1

3.3.3 การศึกษาสภาวะในการผลิตแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้เครื่อง Drum Dryer

เลือกอัตราส่วนของชิวคักต่อแป้งขนมเทียนและระยะเวลาในการหมัก จากข้อ 3.3.2 เพื่อผลิตแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป โดยใช้ เครื่อง Drum Dryer ที่มีสภาวะดังนี้ อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ความเร็ว 1 รอบ/นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองเบื้องต้น (ตามวิธีการในภาคผนวก ง (2)) ในการผลิตแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปด้วย Drum Dryer และทดสอบคุณภาพดังต่อไปนี้

3.3.3.1 คุณภาพของแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer

- สี โดยใช้ Hunterlab (L*a*b*) (ตามวิธีในภาคผนวก จ ข้อ 1)

3.3.3.2 คุณภาพของขนมเทียนซึ่งเตรียมจากแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป โดยเตรียมตามวิธีในภาคผนวก ง (3) ข้อ 2

- สี โดยใช้ Hunterlab (L*a*b*) (ตามวิธีในภาคผนวก จ ข้อ 1)
- การทดสอบเนื้อสัมผัสโดยใช้ Texture analyser (ตามวิธีในภาคผนวก จ ข้อ 3)
- คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีทดสอบแบบ 9 point Hedonic scale (ตามวิธีในภาคผนวก ฉ (2))

3.4 การวางแผนและการวิเคราะห์การทดลองทางสถิติ

3.4.1 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA), การทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyser และค่าสี Hunterlab (L*a*b*) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการหาความแตกต่างค่าเฉลี่ยดันแคน (Ducan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.4.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) และการวิเคราะห์ผลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS V.17

3.5 สถานที่ทำการทดลอง

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

3.6 ระยะเวลาดำเนินการทดลอง

ตั้งแต่ 1 เมษายน 2552 ถึง 30 พฤศจิกายน 2552

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สมบัติของวัตถุดิบ

4.1.1 สมบัติของชิวคัก

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชิวคัก พบว่าชิวคักมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุดคือ 29.78 % รองลงมาคือปริมาณเส้นใยหยาบ 19.35 %, เถ้า 16.13 %, ความชื้น 12.67 %, โปรตีน 20.69 % และ ไขมัน 1.38 % ตามลำดับ ดังแสดงใน (ตารางที่ 5) ชิวคักหรือหญ้าขนมเทียนเป็นพืชอยู่ในตระกูลหญ้า ซึ่งมีพอลิแซ็กคาไรด์เป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างของเซลล์พืช เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพกติน โมเลกุลของพอลิแซ็กคาไรด์ประกอบด้วยโมโนแซ็กคาไรด์เพียงชนิดเดียว และตั้งแต่ 2 หรือมากกว่า 2 ชนิดขึ้นไปก็ได้ (นิธิยา, 2551) พอลิแซ็กคาไรด์สามารถแยกจากการสกัดโดยใช้สารตกตะกอนต่าง ๆ ได้ เช่น แอลกอฮอล์ คอปเปอร์ อะซิเตต และซีทิล-ไตรเมทิลแอมโมเนียม โบร์ไมด์ (Yang และคณะ , 1982, 1985) และจากการทดลองโดยการตกตะกอนน้ำต้มชิวคักด้วยแอลกอฮอล์ พบว่าตะกอนที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นเจลใสเกาะกันเป็นโครงร่างได้ (ดังภาพที่ 9 ในภาคผนวก ข ข้อ 3) เมื่อพิจารณาจากลักษณะของเจล แสดงว่าในน้ำต้มชิวคักมีพอลิแซ็กคาไรด์บางส่วนที่สามารถละลายน้ำได้ แต่เนื่องจากยังไม่มีรายงานการศึกษาองค์ประกอบของชิวคักจึงสัณนิฐานว่าเจลที่เกิดขึ้นจากการทดสอบด้วยแอลกอฮอล์อาจเป็นเจลของสารประกอบเพกตินซึ่งอยู่ในกลุ่มของพอลิแซ็กคาไรด์และเส้นใยอาหารที่สามารถละลายในน้ำได้

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของชิวคักแห้ง

องค์ประกอบ	ปริมาณ (% wt basis)
ความชื้น	12.67
เถ้า	16.13
โปรตีน	20.69
ไขมัน	1.38

ตารางที่ 5 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ปริมาณ (% wt basis)
เส้นใยหยาบ	19.35
คาร์โบไฮเดรต	29.78

4.1.2 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความข้นหนืดของแป้งข้าวเหนียว

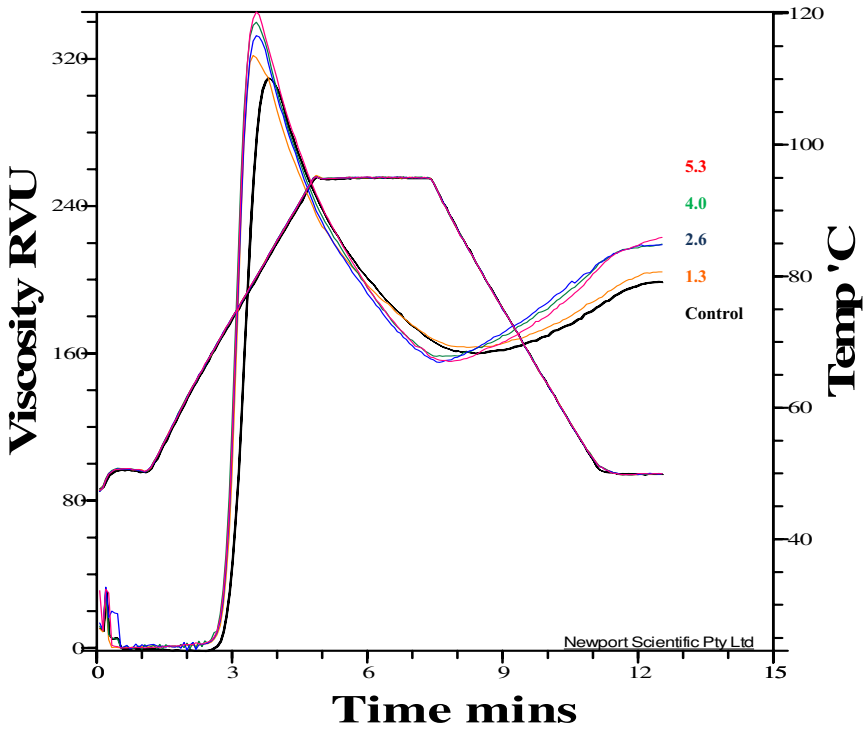
จากการวิเคราะห์ผลของชิวคักต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเหนียวด้วยเครื่อง RVA พบว่า อุณหภูมิที่แป้งข้าวเหนียวเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด (Pasting temperature) และค่าความหนืดต่ำสุด (Trough viscosity) ของแป้งข้าวเหนียวเพียงอย่างเดียว (ตัวอย่างควบคุม) มีค่าสูงกว่าแป้งข้าวเหนียวที่มีการเติมชิวคักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (แสดงในภาคผนวก ช ตารางที่ 79) และเมื่อพิจารณาผลของปริมาณชิวคักต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเหนียวในอัตราส่วนของชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว คือ 1.3 : 500, 2.6 : 500, 4.0 : 500 และ 5.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ดังภาพที่ 7 และ (ตารางที่ 6) พบว่า อุณหภูมิที่แป้งข้าวเหนียวเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด (Pasting temperature) มีค่าอยู่ในช่วง 71.95 ถึง 72.35 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาค่าความหนืดสูงสุด ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย และเป็นค่าที่บอกถึงความสามารถของแป้งในการจับตัวกับน้ำหรือแรงที่ต้องใช้ในการกวนหรือการผสมในอาหาร (สุจิตรา,2550) ค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) และความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนของชิวคักเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 308.03 ถึง 346.06 RVU และ 198.79 ถึง 223.99 RVU ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมแล้ว พบว่า มีค่าความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดสุดท้ายสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Maria และคณะ (2009) เมื่อศึกษาการผสมเพกตินในระบบของกลูเตนและสตาร์ชข้าวสาลี โดยความหนืดที่สูงขึ้นนั้นเกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างอะมิโลสและอะมิโลเพกตินสายสั้นที่ไหลออกมาจากเม็ดสตาร์ชกับไฮโดรคอลลอยด์ (Christianson และคณะ, 1981) และในระบบของแป้งที่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์โดยที่ไฮโดรคอลลอยด์ อยู่ในส่วนต่อเนื่อง (continuous phase) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นมากขึ้นจะทำให้ปริมาตรของส่วนต่อเนื่องเพิ่มขึ้น และเมื่อแกรนูลแป้งมีการพองตัวแล้วเกิดเจล ทำให้ปริมาตรของส่วนต่อเนื่องลดลง และมีความหนืดมากขึ้นส่งผลให้ความหนืดของทั้งระบบเพิ่มขึ้นด้วย (Jetnapa และคณะ, 2008)

ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความหนืดสูงสุดและค่าความหนืดต่ำสุด (Breakdown) เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการคงทนต่ออุณหภูมิและการกวน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการผลิต จากการทดลอง พบว่า ค่า Breakdown ของแป้งข้าวเหนียวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนชิวคักเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 148.45 ถึง 190.09 RVU ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าตัวอย่างควบคุม แสดงว่าอัตราส่วนของชิวคักมีผลทำให้เม็ดแป้งมีความคงทนต่ออุณหภูมิและการกวนได้น้อยลงส่งผลให้มีความหนืดต่ำสุดลดลงด้วย ค่าการคืนตัวหรือค่าผลต่างระหว่าง ค่าความหนืดสุดท้าย และค่าความหนืดต่ำสุด (Setback from trough) เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แป้งที่มีค่าการคืนตัวมากหรือมีค่าเป็นบวกจะเกิดรีโทรเกรเดชันได้ดี และมีแนวโน้มที่จะให้เจลแป้งที่แข็งมาก (Beta และCorke, 2001) การเพิ่มอัตราส่วนของชิวคักมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าการคืนตัวโดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 108.99 ถึง 124.4 RVU เมื่ออัตราส่วนของชิวคักเพิ่มขึ้นจาก 1.3 ถึง 5.3 โดยน้ำหนัก แสดงว่าการเพิ่มอัตราส่วนของปริมาณชิวคักมีผลทำให้เกิดรีโทรเกรเดชันได้ดีขึ้น ดังนั้นแป้งที่มีชิวคักผสมอยู่จึงมีเนื้อสัมผัสแข็งมากขึ้นด้วย

ตารางที่ 6 สมบัติความหนืดของแป้งข้าวเหนียวในสภาวะที่มีชิวคัก 1.3, 2.6, 4.0 และ 5.3 กรัมต่อแป้งข้าวเหนียว 500 กรัม (โดยน้ำหนัก) เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ทดสอบที่ความเข้มข้นร้อยละ 11.7

	อัตราส่วนชิวคัก/แป้งข้าวเหนียว 500 กรัม				
สมบัติความหนืด	ตัวอย่างควบคุม	1.3	2.6	4.0	5.3
Pasting temperature (°C)	74.37^{a}±0.17	72.20^{b}±0.17	71.95^{b}±1.36	72.24^{b}±0.24	72.35^{b}±0.34
Peak viscosity (RVU)	308.03^{e}±1.92	325.65^{d}±4.42	333.20^{c}±1.59	340.17^{b}±1.61	346.06^{a}±1.51
Trough viscosity (RVU)	161.19^{a}±1.43	160.10^{ab}±0.89	158.59^{bc}±2.10	157.06^{c}±3.53	154.77^{d}±0.83
Final viscosity (RVU)	198.79^{e}±0.62	207.34^{d}±4.91	216.90^{c}±2.41	219.87^{b}±1.83	223.99^{a}±2.71
Breakdown (RVU)	148.45d±2.22	160.72c±4.7	177.22b±1.78	183.29b±2.06	190.09a±2.1
Setback from trough (RVU)	108.99d±1.89	118.76c±1.48	120.24c±1.41	122.56b±1.8	124.4a±1.94

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 7 ผลของชิวคักต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเหนียวที่ความเข้มข้นร้อยละ 11.7 ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500, 2.6 : 500, 4.0 : 500 และ 5.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA

4.2 ผลของปริมาณชิวคักและระยะเวลาในการหมักที่มีต่อคุณภาพของขนมเทียน

4.2.1 ผลของปริมาณชิวคักต่อคุณภาพของขนมเทียน โดยเตรียมขนมเทียนซึ่งมีอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว เท่ากับ 1.3:500, 2.6:500, 4.0: 500 และ 5.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ผ่านการหมักเป็นเวลา 18 ชั่วโมง

จากการตรวจสอบคุณภาพของแป้งขนมเทียนในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว คือ 1.3:500, 2.6:500, 4.0: 500 และ 5.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) หลังจากผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง (ตารางที่ 7) พบว่า ก้อนแป้งข้าวเหนียวที่ผสมชิวคักก่อนนึ่งมีระยะทางการไหลลดลงเมื่ออัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียวเพิ่มขึ้น ที่อัตราส่วน 5.3:500 มีระยะทางการไหลน้อยที่สุดคือ 14.33 เซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 60 วินาที ความสามารถในการเคลื่อนที่ของก้อนแป้งแสดงให้เห็นว่าก้อนแป้งมีแรงต้านการไหล ซึ่งเกิดจากการที่ก้อนแป้งมีการดูดน้ำเข้าไปในโครงสร้างและเกิดการ

พองตัว รวมทั้งมีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าก้อนแป้งที่มีการดูดน้ำเข้าไปในโครงสร้างเกิดการพองตัวและมีปริมาณของแข็งน้อยกว่า ดังนั้นการเพิ่มปริมาณชิวคักมีผลทำให้แป้งมีแรงต้านการเคลื่อนที่ได้มากขึ้นแสดงว่าก้อนแป้งที่มีความหนืดสูงเคลื่อนที่ได้ช้าลง

ตารางที่ 7 ระยะทางการไหลของก้อนแป้งก่อนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500, 2.6:500, 4.0: 500 และ 5.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) หลังผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง

เวลา (วินาที)	ระยะทางการไหลของก้อนแป้ง (เซนติเมตร)			
	1.3	2.6	4.0	5.3
10	19.16	16.66	11.16	9.16
20	23.16	19.66	13.66	11.16
30	-	21.66	15.16	12.66
40	-	23.66	16.16	13.16
50	-	-	16.33	14.16
60	-	-	17.33	14.33

หมายเหตุ : - ตัวอย่างเคลื่อนที่จนสุดปลายรางเครื่อง Bostwick consistometer (ความยาวของรางเท่ากับ 24 เซนติเมตร)

เมื่อนำก้อนแป้งที่ผ่านการหมักมาทดสอบความชอบของแป้งขนมเทียนหลังนึ่ง (ตารางที่ 8) พบว่า คุณลักษณะของแป้งขนมเทียนนึ่งในด้านลักษณะปรากฏ สี และความเหนียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ดังแสดงในภาคผนวก ช ตารางที่26-29) การใช้ชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียวที่อัตราส่วน 1.3:500, 2.6:500 และ 4.0:500 มีคะแนนความชอบด้านสีและความเหนียวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 9) พบว่า การใช้ปริมาณชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียวที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความแข็งของแป้งขนมเทียนเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามแป้งขนมเทียนจะมีความเหนียวลดลงจาก 0.71 นิวตัน เป็น 1.52 นิวตัน และ 0.36 นิวตัน เป็น 0.22 นิวตัน ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และที่อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 และ 2.6:500 มีค่าความเหนียวมากที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ดังแสดงในภาคผนวก ช ตารางที่30-31)

ตารางที่ 8 คะแนนความชอบของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง ทดสอบโดยใช้ผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 35 คน

คุณลักษณะ	อัตราส่วนชิวคัก/แป้งข้าวเหนียว 500 กรัม			
	1.3	2.6	4.0	5.3
ลักษณะปรากฏ	6.97^{a}±1.15	7.10^{a}±1.26	6.21^{b}±1.52	5.90^{b}±1.47
สี	7.24^{a}±1.43	7.04^{a}±1.30	6.62^{a}±1.47	5.55^{b}±1.72
กลิ่น	6.59^{a}±1.09	6.41^{a}±1.50	6.72^{a}±1.49	6.00^{a}±1.46
ความเหนียว	6.59^{a}±1.86	7.14^{a}±1.27	6.59^{a}±1.84	5.38^{b}±2.68

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 9 ค่าความแข็ง (hardness) และความเหนียว (stickiness) ของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ (แรงกระทำ : นิวตัน)	อัตราส่วนชิวคัก/แป้งข้าวเหนียว 500 กรัม			
	1.3	2.6	4.0	5.3
ความแข็ง	0.71^{d}±0.06	0.83^{c}±0.04	1.28^{b}±0.12	1.52^{a}±0.11
ความเหนียว	0.36^{a}±0.09	0.34^{a}±0.12	0.24^{b}±0.04	0.22^{b}±0.09

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ส่วนคุณภาพด้านสี (ตารางที่ 10) ซึ่งได้แก่ ค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) พบว่า ค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองลดลงเมื่ออัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียวเพิ่มขึ้น และค่าความเป็นสีแดงจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียวเพิ่มขึ้น แสดงว่าปริมาณชิวคักมีผลต่อค่าสีของแป้งขนมเทียน ชิวคักที่นำมาผสมกับแป้งข้าวเหนียวมีสีน้ำตาลคล้ำ ดังนั้นการผสมชิวคักในอัตราส่วนที่มากขึ้นจึงทำให้แป้งขนมเทียนมีความสว่างลดลง ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น และค่าความเป็นสีเหลืองลดลง ซึ่งสีน้ำตาลของชิวคักนั้น เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสีเขียวของคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในชิวคักหลังผ่านการอบแห้งในระหว่างการแปรรูปพืชผักที่มีสีเขียวโดยใช้ความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาฟีโอไฟติไนเซชัน ทำให้คลอโรฟิลล์ถูกเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน สีเขียวของพืชจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของฟีโอไฟติน (นิธิยา, 2551) เนื่องจากก่อนนำชิวคักไปผสมกับแป้งข้าวเหนียวจะต้องนำมาชิวคัก

แห้งมาต้มให้นิ่มจะมีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น จากการพิจารณาคะแนนความชอบคุณลักษณะโดยเฉพาะของแป้งขนมเทียนที่สำคัญได้แก่ ความเหนียว ลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น ค่าความแข็ง ค่าความเหนียว และค่าสี จึงได้เลือกอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 และ 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 10 ค่าสี L* a* b* ของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	อัตราส่วนชิวคัก/แป้งข้าวเหนียว 500 กรัม			
	1.3	2.6	4.0	5.3
L*	19.37^{a}±1.11	17.88^{b}±0.39	15.30^{c}±0.67	15.26^{c}±0.46
a*	0.95^{b}±0.24	1.81^{a}±0.29	1.85^{a}±0.53	2.22^{a}±0.24
b*	8.3^{a}±0.37	8.16^{a}±0.64	6.74^{b}±0.91	5.40^{c}±0.77

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.2.2 ผลของระยะเวลาการหมักต่อคุณภาพของขนมเทียน

จากผลการศึกษาคุณภาพของแป้งขนมเทียน ที่อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 และ 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง พบว่า ก้อนแป้งมีระยะทางการไหลลดลง เมื่อใช้เวลาในการหมักเพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 18 ชั่วโมง ความสามารถในการเคลื่อนที่ของก้อนแป้งแสดงเป็นระยะทาง (เซนติเมตร) ก้อนแป้งที่เคลื่อนที่ได้น้อย แสดงว่ามีแรงต้านการไหล ซึ่งเกิดจากการที่ก้อนแป้งมีการดูดน้ำเข้าไปในโครงสร้างและเกิดการพองตัวรวมทั้งมีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าก้อนแป้งที่มีการดูดน้ำเข้าไปในโครงสร้างเกิดการพองตัวและมีปริมาณของแข็งน้อยกว่า ดังนั้นการเพิ่มปริมาณชิวคักมีผลทำให้แป้งมีความแรงต้านการเคลื่อนที่ได้มากขึ้นแสดงว่าก้อนแป้งมีความหนืดสูงเคลื่อนที่ได้ช้าลง โดยการใช้อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 ที่เวลาหมัก 18 ชั่วโมง จะมีการเคลื่อนที่ของก้อนแป้งช้าที่สุด (ตารางที่ 11) แสดงว่าเวลาในการหมักมีผลต่อการไหลของแป้ง และเมื่อปริมาณชิวคักเพิ่มขึ้นระยะทางการไหลของก้อนแป้งจะน้อยกว่า แสดงว่าการเพิ่มปริมาณชิวคักทำให้ก้อนแป้งมีความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อนำแป้งขนมเทียนนึ่งมาทดสอบความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความเหนียว (ตารางที่ 12) พบว่า คะแนนด้านสี กลิ่น และความเหนียวของตัวอย่างที่ใช้ชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 ที่เวลาการหมัก 0 ถึง 18 ชั่วโมง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p>0.05$) แต่มีคะแนนด้านลักษณะปรากฏแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ดังแสดงในภาคผนวก ช ตารางที่ 35-38) โดยที่เวลาหมัก 18 ชั่วโมง มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดคือ 7.14 ส่วนแป้งขนมเทียนซึ่งใช้อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (ตารางที่ 13) และที่เวลาการหมัก 0 ถึง 18 ชั่วโมง พบว่า คะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีคะแนนด้านความเหนียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยที่เวลาหมัก 0 , 12 และ 18ชั่วโมง มีคะแนนด้านความเหนียวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ดังแสดงในภาคผนวก ช ตารางที่ 44-47) และที่เวลาหมัก 0 ชั่วโมง มีคะแนนด้านความเหนียวสูงที่สุดคือ 6.89

ตารางที่ 11 ระยะทางการไหลของก้อนแป้งก่อนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 และ 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

เวลา (วินาที)	ระยะทางการไหลของก้อนแป้ง (เซนติเมตร) ที่อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 500 กรัม							
	1.3				2.6			
	0	6	12	18	0	6	12	18
10	19.1	19.6	17.3	18.8	19.3	17.3	15.8	15.3
20	21.3	21.6	18.3	19.8	20.3	21.3	17.8	18.3
30	-	-	20.6	22.3	21.3	22.8	19.8	20.3
40	-	-	-	-	-	-	21.3	23.3
50	-	-	-	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : - ตัวอย่างเคลื่อนที่จนสุดปลายรางเครื่อง Bostwick consistometer (ความยาวของรางเท่ากับ 24 เซนติเมตร)

ตารางที่ 12 คะแนนความชอบของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	อัตราส่วน 1.3 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)			
	0	6	12	18
ลักษณะปรากฏ	6.26^{c}±1.42	6.80^{ab}±1.13	6.31^{bc}±1.23	7.14^{a}±1.00
สี	6.69^{a}±1.23	6.91^{a}±1.01	6.49^{a}±1.47	6.89^{a}±1.37
กลิ่น	6.69a^{a}±1.25	6.63^{a}±0.91	6.71^{a}±1.51	6.57^{a}±1.20
ความเหนียว	6.60^{a}±1.33	6.66^{a}±1.03	6.46^{a}±1.62	6.66^{a}±1.37

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 13 คะแนนความชอบของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	อัตราส่วน 2.6 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)			
	0	6	12	18
ลักษณะปรากฏ	6.49^{a}±1.62	6.31^{a}±1.21	6.51^{a}±1.76	6.49^{a}±1.01
สี	6.71^{a}±1.02	6.43^{a}±1.07	6.57^{a}±0.98	6.66^{a}±0.97
กลิ่น	6.51^{a}±1.27	6.66^{a}±1.16	6.69^{a}±1.30	6.63^{a}±1.03
ความเหนียว	6.89^{a}±1.62	5.54^{b}±1.60	6.86^{a}±1.70	6.63^{a}±1.17

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer (ตารางที่ 14) พบว่าขนมเทียนซึ่งใช้อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 ที่ผ่านการหมัก 0 ถึง 18 ชั่วโมง มีค่าความแข็งและความเหนียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ดังแสดงในภาคผนวก ช ตารางที่ 39-40) และที่เวลาการหมัก 18 ชั่วโมง มีค่าความแข็งและความเหนียวมากที่สุด คือ 1.09 นิวตัน และ 0.29 นิวตัน ตามลำดับ และอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 ที่ผ่านการหมัก 0 ถึง 18 ชั่วโมง (ตารางที่ 15) มีค่าความแข็งและความเหนียวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ดังแสดงในภาคผนวก ช ตารางที่ 48-49) และที่เวลาการหมัก 6 ชั่วโมง และ

12 ชั่วโมง มีค่าความแข็งและความเหนียวมากที่สุด คือ 2.04 และ 0.27 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ มยุรี (2537) เมื่อหมักก้อนแป้งนานขึ้นน้ำจะซึมผ่านเข้าไปในแป้งได้มากขึ้นทำให้แป้งมีความเหนียวนุ่มมากขึ้น แต่การใช้เวลาหมัก 12 ชั่วโมงให้ค่าความแข็งไม่แตกต่างจากเวลาหมัก 6 ชั่วโมง ส่วนคุณภาพด้านสี พบว่า ทั้ง 2 อัตราส่วนมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง ค่าความเป็นสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นและ อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (ตารางที่ 16) มีค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงกว่าอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (ตารางที่ 17)

อัตราส่วนของชิวคักต่อปริมาณแป้งข้าวเหนียวและเวลาในการหมักมีผลต่อคุณภาพด้านความแข็ง ความเหนียว และสีของแป้งขนมเทียนนึ่งจากเวลาในการหมักที่เพิ่มขึ้นทำให้แป้งมีความแข็งและความเหนียวเพิ่มขึ้น และแป้งขนมเทียนซึ่งใช้อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นและมีค่าความเหนียวลดลง เมื่อเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น การที่ปริมาณชิวคักเพิ่มขึ้นแล้วไปมีผลต่อเนื้อสัมผัสโดยทำให้ค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นและมีความเหนียวลดลง นั่นแสดงว่าแป้งขนมเทียนมีลักษณะที่แน่นขึ้น เมื่อรับประทานแป้งขนมเทียนแล้วจะขาดง่ายและไม่เหนียวติดฟัน จากโครงสร้างของชิวคักที่เป็นพืชองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ เช่น เพกติน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ที่สามารถละลายได้ในน้ำ ซึ่งมีผลต่อเนื้อสัมผัสของแป้งขนมเทียนโดยทำให้มีความแข็งเพิ่มขึ้น และถ้ามีการเติมชิวคักในปริมาณที่สูงขึ้นนั้นจะส่งผลให้เนื้อแป้งขนมเทียนแข็งมากขึ้นด้วย

ตารางที่ 14 ค่าความแข็ง (hardness) และความเหนียว (stickiness) ของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	อัตราส่วน 1.3 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)			
(แรงกระทำ : นิวตัน)	0	6	12	18
ความแข็ง	1.08^{a}±0.04	0.64^{c}±0.02	0.72^{b}±0.01	1.09^{a}±0.07
ความเหนียว	0.26^{ab}±0.02	0.23^{b}±0.04	0.26^{ab}±0.03	0.29^{a}±0.02

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 15 ค่าความแข็ง (hardness) และความเหนียว (stickiness) ของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	อัตราส่วน 2.6 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)			
(แรงกระทำ : นิวตัน)	0	6	12	18
ความแข็ง	1.09^{c}±0.02	2.04^{a}±0.12	1.99^{a}±0.03	1.51^{b}±0.05
ความเหนียว	0.20^{c}±0.03	0.26^{ab}±0.04	0.27^{a}±0.04	0.22^{bc}±0.02

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 16 ค่าสี L* a* b* ของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

	อัตราส่วน 1.3 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)			
คุณลักษณะ	0	6	12	18
L*	37.25^{a}±0.76	36.53^{ab}±0.54	36.18^{ab}±0.52	35.43^{b}±1.61
a*	3.96^{c}±0.29	4.20^{bc}±0.33	4.65^{ab}±0.28	4.82^{a}±0.51
b*	15.59^{b}±1.02	16.51^{b}±0.84	17.73^{a}±0.81	18.59^{a}±0.79

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 17 ค่าสี L* a* b* ของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

	อัตราส่วน 2.6 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)			
คุณลักษณะ	0	6	12	18
L*	36.42^{a}±0.56	34.70^{b}±0.97	33.53^{c}±0.83	32.48^{d}±0.28
a*	2.90^{c}±0.27	3.46^{b}±0.28	4.06^{a}±0.12	4.01^{a}±0.36
b*	14.19^{b}±0.76	14.99^{a}±0.51	15.34^{a}±0.45	15.64^{a}±0.42

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.3 สภาวะในการผลิตแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้เครื่อง Drum Dryer

4.3.1 คุณภาพของแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer

เมื่อนำแป้งขนมเทียนซึ่งใช้อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 และ 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง มาทำให้แห้งด้วยเครื่อง Drum Dryer จะได้แป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปสีเหลืองอ่อน เมื่อนำไปทดสอบคุณภาพด้านสี (ตารางที่18 และ19) พบว่า แป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปจากทั้ง 2 อัตราส่วน มีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น และมีค่าสูงกว่าแป้งที่ไม่ได้ผ่านเครื่อง Drum Dryer ในการผลิตแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้เครื่อง Drum Dryer กำหนดอุณหภูมิในการทำแห้ง 140 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิเจลาทิไนเซชันของแป้งข้าวเหนียว คือ 64.5 องศาเซลเซียส แป้งข้าวเหนียวเมื่อได้รับความร้อนความสามารถในการดูดน้ำของเม็ดสตาร์ชจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เม็ดสตาร์ชจะพองตัวมากขึ้นจนมีขนาดใหญ่และแตกออกได้เป็นสารละลายข้นหนืด (นิธิยา, 2551) มีลักษณะใสและเหนียว และทำให้แห้งไปพร้อมกันได้แป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปแล้วนำมาวัดค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) พบว่า แป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปซึ่งใช้อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 และ 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง มีค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงกว่าสูตรควบคุม และเมื่อเพิ่มเวลาการหมักมากขึ้น ค่าสีก็จะเพิ่มขึ้นด้วย และที่อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 มีค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงกว่าที่อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500

ดังนั้นอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียวมีอิทธิพลต่อค่าสีของแป้งข้าวเหนียวกึ่งสำเร็จรูป โดยที่ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของชิวคักลดลง สีในแป้งขนมเทียนเกิดจากสีของชิวคักที่มีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบเมื่อเกิดการสลายตัว เนื่องจากความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการอบจะทำให้เห็นสีของคาโรทีนอยด์และแซนโทฟิลล์มากขึ้น (จริงแท้, 2549) แป้งขนมเทียนที่ใส่ชิวคักมากขึ้นยิ่งทำให้สีของแป้งขนมเทียนมีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น ค่าความสว่างน้อยลง ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็น สีเหลืองเพิ่มขึ้นซึ่งค่าของสีจะผันแปรตามปริมาณชิวคัก ส่วนเวลาในการหมักที่เพิ่มมากขึ้นก็จะมีผลต่อทำให้ค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 18 ค่าสี L* a* b* ของแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	อัตราส่วน 1.3 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)				
	สูตรควบคุม[1/]	0	6	12	18
L*	66.26^{c}±0.73	79.50^{b}±0.15	79.74^{b}±0.76	81.08^{a}±0.28	81.28^{a}±0.32
a*	0.57^{b}±0.23	1.31^{a}±0.31	1.29^{a}±0.33	1.63^{a}±0.28	1.54^{a}±0.08
b*	13.15^{c}±0.63	13.61^{bc}±0.66	13.51^{bc}±0.62	14.72^{b}±0.99	17.45^{a}±0.30

[1/]สูตรควบคุม หมายถึง ก้อนแป้งขนมเทียนที่มีอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง (ก่อนนึ่ง)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 19 ค่าสี L* a* b* ของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	อัตราส่วน 2.6 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)				
	สูตรควบคุม[1/]	0	6	12	18
L*	58.23^{e}±0.32	77.21^{d}±0.58	78.17^{c}±0.61	78.89^{b}±0.3	79.57^{a}±0.2
a*	0.75^{c}±0.3	0.99^{ab}±0.25	1.01^{ab}±0.28	1.17^{ab}±0.41	1.44^{a}±0.19
b*	20.57^{a}±0.23	12.82^{c}±1.09	15.58^{b}±0.31	15.07^{b}±0.51	13.60^{c}±0.22

[1/]สูตรควบคุม หมายถึง ก้อนแป้งขนมเทียนที่มีอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง (ก่อนนึ่ง)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.3.2 คุณภาพของขนมเทียนซึ่งเตรียมจากแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป

จากผลการทดลองพบว่าขนมเทียนซึ่งเตรียมจากแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป เมื่อใช้อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียวทั้ง 2 อัตราส่วน (ตารางที่ 20 และตารางที่ 21) พบว่า ที่เวลาการ

หมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง ค่าความแข็งและความเหนียวมีค่าน้อยกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ดังแสดงในภาคผนวก ช ตารางที่59-60 และ ตารางที่ 69-70) ทั้งนี้เนื่องจากขนมเทียนที่ทำการทดสอบเตรียมได้จากแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปซึ่งเป็นแป้งข้าวเหนียวที่ได้รับความร้อนจนเกิด เจลาทิไนเซชันแล้วทำให้แห้งโดยไม่เกิดรีโทรเกรเดชันมากเกินไปสามารถละลายในน้ำเย็นได้เรียกว่า พรีเจลาทินไนซ์สตาร์ช (นิธิยา, 2551) ในช่วงของการเกิดเจลาทิไนซ์เม็ดสตาร์ชจะพองตัวมากขึ้นจนมีขนาดใหญ่และจะแตกออก กระบวนการนี้ทำให้คืนกลับไม่ได้โดยเม็ดสตาร์ชจะสูญเสีย briefingence และโครงสร้างที่เป็นผลึกและจะมีโมเลกุลของอะไมโลสหลุดออกมานอกเม็ดสตาร์ชได้บางส่วน ทำให้แป้งขนมเทียนที่ได้มีลักษณะเหนียวเป็นยางและเกาะตัวกันดี ส่วนค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของขนมเทียนเมื่อใช้อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว ทั้ง 2 อัตราส่วน (ตารางที่ 22 และตารางที่ 23) พบว่า เมื่อเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น แต่มีค่าความเป็นสีแดง (a*) ลดลง แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ดังแสดงในภาคผนวก ช ตารางที่ 61-63 และตารางที่ 71-73) การที่ขนมเทียนให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นนั้นเกิดได้เนื่องจากในการผลิตขนมเทียนมีการใช้แป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งจากการทดสอบค่าสีของผงแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปเบื้องต้นพบว่าหลังจากผ่านการทำให้แห้งด้วยเครื่อง Drum Dryer จะทำให้ค่าสีของแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปมีค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูงขึ้น และในขั้นตอนการผลิตขนมเทียนใส่น้ำน้อยกว่าสูตรควบคุมลงในส่วนผสมของแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปเพื่อให้แป้งเกิดเจลอีกครั้งและเจลที่ได้จะขุ่นมากกว่าสูตรควบคุม

ตารางที่ 20 ค่าความแข็ง (hardness) และความเหนียว (stickiness) ของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6 ,12 และ 18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ (แรงกระทำ : นิวตัน)	อัตราส่วน 1.3 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)				
	สูตรควบคุม[1/]	0	6	12	18
ความแข็ง	$0.54^{a}\pm0.0$	$0.13^{b}\pm0.02$	$0.16^{b}\pm0.06$	$0.12^{b}\pm0.01$	$0.14^{b}\pm0.03$
ความเหนียว	$0.19^{a}\pm0.02$	$0.12^{c}\pm0.01$	$0.09^{c}\pm0.03$	$0.13^{bc}\pm0.03$	$0.16^{ab}\pm0.02$

[1/]สูตรควบคุม หมายถึง แป้งขนมเทียนนึ่งที่มีอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง (แป้งไม่ผ่านเครื่องDrum Dryer)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 21 ค่าความแข็ง (hardness) และความเหนียว (stickiness) ของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryerในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	อัตราส่วน 2.6 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)				
(แรงกระทำ : นิวตัน)	สูตรควบคุม[1/]	0	6	12	18
ความแข็ง	0.58^{a}±0.03	0.11^{c}±0.02	0.18^{b}±0.04	0.20^{b}±0.02	0.13^{c}±0.02
ความเหนียว	0.23^{a}±0.02	0.08^{b}±0.01	0.06^{b}±0.03	0.10^{b}±0.01	0.08^{b}±0.03

[1/]สูตรควบคุม หมายถึง แป้งขนมเทียนนึ่งที่มีอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง (แป้งไม่ผ่านเครื่องDrum Dryer)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 22 ค่าสี L* a* b* ของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	อัตราส่วน 1.3 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)				
	สูตรควบคุม[1/]	0	6	12	18
L*	40.03^{c}±1.58	42.12^{bd}0.07	43.11^{ab}±0.08	44.28^{a}±0.09	44.44^{a}±0.28
a*	6.56^{a}±0.08	4.40^{e}±0.13	4.79^{d}±0.08	4.98^{c}±0.04	5.75^{b}±0.02
b*	21.87^{b}±0.92	20.47^{c}±0.26	20.78^{c}±0.29	21.16^{c}±0.23	22.77^{a}±0.37

[1/]สูตรควบคุม หมายถึง แป้งขนมเทียนนึ่งที่มีอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง (แป้งไม่ผ่านเครื่องDrum Dryer)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 23 ค่าสี L* a* b* ของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryerในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	อัตราส่วน 1.3 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)				
	สูตรควบคุม[1/]	0	6	12	18
L*	34.79^{e}±0.21	38.78^{c}±0.45	37.8^{d}±0.11	39.42^{b}±0.29	40.94^{a}±0.21

ตารางที่ 23 (ต่อ)

คุณลักษณะ	อัตราส่วน 1.3 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)				
	สูตรควบคุม[1/]	0	6	12	18
a*	4.97^{a}±0.11	3.64^{c}±0.06	3.93^{bc}±0.25	4.18^{b}±0.31	4.85^{a}±0.12
b*	19.75^{ab}±1.06	16.76^{c}±0.40	16.76^{c}±0.38	18.96^{b}±0.33	20.33^{a}±0.27

[1/]สูตรควบคุม หมายถึง แป้งขนมเทียนนึ่งที่มีอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง (แป้งไม่ผ่านเครื่องDrum Dryer)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเทียนที่เตรียมจากแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป (แสดงดังตารางที่ 24 และ 25) พบว่า คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความเหนียว และความชอบโดยรวม ต่อขนมเทียนที่เตรียมจากแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปทั้ง 2 อัตราส่วน มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย ซึ่งมีคะแนนต่ำกว่าสูตรควบคุม (อยู่ในเกณฑ์ชอบมาก) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ดังแสดงในภาคผนวก ช ตารางที่ 64-68 และตารางที่ 74-78) เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปได้ผ่านการแปรรูปแป้งด้วยความร้อนมาบางส่วนแล้วเพื่อทำให้แป้งมีลักษณะแห้งและเป็นผง จึงทำให้โครงสร้างของแป้งเสียไป และเมื่อต้องการทำให้เกิดเจลแป้งขนมเทียนก็จะต้องเติมน้ำซึ่งมีปริมาณมากกว่าสูตรควบคุมพร้อมทั้งให้ความร้อน แป้งจึงจะสามารถเกิดเจลได้อีกครั้งซึ่งเจลมีลักษณะเหนียว คล้ายยาง และมีความยืดหยุ่น ความแข็งน้อยกว่าสูตรควบคุม ส่วนเวลาในการหมักไม่มีอิทธิพลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากการทดลองนี้ทำให้ทราบว่าปริมาณชิวคักและเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้นไม่มีอิทธิพลต่อความแข็ง ความเหนียว และการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้านของแป้งขนมเทียนที่ผลิตจากแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป โดยใช้เครื่อง Drum Dryer

ตารางที่ 24 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว1.3:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	อัตราส่วน 1.3 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)				
	สูตรควบคุม[1/]	0	6	12	18
ลักษณะปรากฏ	7.31[a]±0.53	6.57[b]±0.78	6.69[b]±0.72	6.77[b]±0.97	6.86[b]±0.81
สี	6.77[a]±0.60	6.37[b]±0.81	6.29[b]±0.67	6.31[b]±0.93	6.34[b]±0.64
กลิ่น	6.66[a]±0.73	6.06[b]±0.91	5.97[b]±1.04	5.94[b]±0.87	5.89[b]±0.87
ความเหนียว	7.29[a]±0.67	6.83[b]±0.51	6.83[b]±0.51	6.8[b]±0.63	6.74[b]±0.66
ความชอบโดยรวม	7.02[a]±0.62	6.49[b]±0.56	6.54[b]±0.56	6.6[b]±0.88	6.66[b]±0.68

[1/]สูตรควบคุม หมายถึง แป้งขนมเทียนนึ่งที่มีอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง (แป้งไม่ผ่านเครื่องDrum Dryer)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 25 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

คุณลักษณะ	อัตราส่วน 2.6 : 500 ที่ผ่านการหมัก (ชั่วโมง)				
	สูตรควบคุม[1/]	0	6	12	18
ลักษณะปรากฏ	7.43[a]±0.65	6.94[b]±0.87	6.89[b]±0.76	6.77[b]±0.94	7.00[b]±0.73
สี	7.06[a]±0.48	6.69[b]±0.58	6.49[bc]±0.82	6.37[bc]±1.06	6.17[c]±0.75
กลิ่น	6.54[a]±0.51	6.14[b]±0.65	6.11[b]±0.87	6.0[b]±0.89	5.97[b]±0.87
ความเหนียว	7.26[a]±0.51	6.91[b]±0.78	6.80[b]±0.58	6.89[b]±0.63	6.83[b]±0.57
ความชอบโดยรวม	7.11[a]±0.53	6.63[b]±0.55	6.66[b]±0.73	6.77[b]±0.69	6.69[b]±0.63

[1/]สูตรควบคุม หมายถึง แป้งขนมเทียนนึ่งที่มีอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6:500 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง (แป้งไม่ผ่านเครื่องDrum Dryer)

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอน แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบและสภาวะในการผลิตแป้งขนมเทียน และแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป โดยใช้เครื่อง Drum Dryer และเจลแป้งขนมเทียนด้วยวิธีการวิเคราะห์ต่าง ๆ สามารถสรุปการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชิวคักแห้งในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า มีปริมาณไขมันร้อยละ 1.38 โดยน้ำหนัก ปริมาณโปรตีนร้อยละ 20.69 โดยน้ำหนัก ปริมาณความชื้นร้อยละ 12.67 โดยน้ำหนัก ปริมาณเถ้าร้อยละ 16.13 โดยน้ำหนัก ปริมาณเส้นใยหยาบร้อยละ 19.35 โดยน้ำหนัก และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 29.78 โดยน้ำหนัก ซึ่งจัดว่ามีโพลิแซ็กคาไรด์สูง

2. จากการศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความข้นหนืดของแป้งข้าวเหนียว พบว่า อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด ค่าความหนืดสูงสุด ค่าความหนืดสุดท้าย ค่าการคืนตัว และค่า Breakdown เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเทียบกับแป้งข้าวเหนียวเพียงอย่างเดียว (ตัวอย่างควบคุม) ในขณะที่ค่าความหนืดต่ำสุดมีค่าลดลงเมื่อปริมาณชิวคักเพิ่มขึ้น

3. ผลของปริมาณชิวคักและระยะเวลาในการหมักที่มีต่อคุณภาพของขนมเทียนที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมงมาทดสอบคุณภาพ พบว่าปริมาณชิวคักที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นและมีความเหนียวลดลงตามลำดับ และเมื่อนำมาวัดค่าสีแสดงให้เห็นว่ามีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองลดลงและมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณชิวคักเพิ่ม และที่อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500, 2.6:500 และ 4.0:500 (โดยน้ำหนัก) มีคะแนนความชอบด้านความเหนียวมากที่สุด และเมื่อนำอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 และ 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) มาทดสอบระยะเวลาในการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง พบว่า ระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นและมีความเหนียวลดลง และค่าสีมีค่าความสว่างลดลง ค่าความเป็นสีแดงและความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น และที่เวลาการหมัก 18 ชั่วโมง มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและความเหนียวมากที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปริมาณชิวคักมีผลต่อคุณภาพ

ทั้งในด้านสีและความชอบทางด้านประสาทสัมผัส

4. สภาวะในการผลิตแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้เครื่อง Drum Dryer ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ความเร็ว 1 รอบต่อนาที พบว่า เมื่อนำแป้งที่ผ่านการคัดเลือกอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3:500 และ 2.6:500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง มาผลิตแป้งขนมเทียนแล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพด้านสีทำให้มีค่าความสว่าง ค่าสีแดง และ ค่าสีเหลือง เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการหมักเพิ่มขึ้น และปริมาณชิวคักที่เพิ่มขึ้นค่าสีก็จะมีค่าลดลงตามลำดับ

5. คุณภาพของขนมเทียนซึ่งเตรียมจากแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป นำมาตรวจสอบคุณภาพ พบว่า แป้งขนมเทียนที่เตรียมจากแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปมีค่าด้านความแข็ง และความเหนียวต่ำกว่าสูตรควบคุม และเมื่อนำมาวัดค่าสีก็จะมีค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองสูง และมีค่าสีแดงต่ำกว่าสูตรควบคุม ส่วนการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของขนมเทียนที่เตรียมจากแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปมีคะแนนการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยซึ่งมีคะแนนต่ำกว่าสูตรควบคุม (อยู่ในเกณฑ์ชอบมาก)

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษากลไกการเกิดปฏิกิริยาของชิวคักที่มีต่อแป้งข้าวชนิดต่าง ๆ

2. ปรับปรุงคุณลักษณะของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ให้มีลักษณะใกล้เคียงกับแป้งขนมเทียนสด

3. ศึกษาอายุการเก็บของแป้งขนมเทียนที่มีการผสมชิวคัก

บรรณานุกรม

กมลวรรณ แจ้งชัด. 2543. **เอกสารประกอบการสอนวิชาการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร I : การประเมินคุณภาพทางเคมี.** ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550. **เทคโนโลยีของแป้ง.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เข็มทอง นิ่มจินดา. 2538. **ทฤษฎีอาหาร.** ตำราเอกสารวิชาการ ฉบับที่ 18 ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จันทร ทศานนท์. 2535. **อาหารไทย.** ภาควิชาอาหารและโภชนาการ คณะคหกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา.

ณรงค์ นิยมวิทย์ และสุวรรณี สินไสววงศ์. 2535. **องค์ประกอบและการละลายของเฉาก๊วยผงและการเตรียมเจล.** ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฏฐ์จิรัชยา อุตราภรณ์. 2549. **ผลของปัจจัยในการผลิตและเก็บรักษาต่อคุณสมบัติของน้ำตาลมะพร้าว**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นวพร ถิ่นไทรงาม. 2549. **เอกสารประกอบการสอนวิชาหลักการประกอบอาหารไทย.** สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2551. **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ปิติพร ฤทธิเรืองเดช. 2546. **คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของแป้งเท้ายายม่อมและการนำไปใช้ประโยชน์ในขนมชั้น.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

มยุรี เจียมหยิน. 2537. **ปัจจัยที่มีผลต่อความเหนียวนุ่มของแป้งขนมเทียน.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มณเฑียร ศุภลักษณ์. 2541. **ตำนานขนมไทย.** กรุงเทพฯ : บริษัท ฐานการพิมพ์.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**สัมภาษณ์**

(Gnaphalium polycaulon Pers.), 6 มีนาคม 2552.

ยุวดี จอมพิทักษ์. 2541. **ขนมไทย.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์หอสมุดกลาง แพร่งสรรพศาสตร์.

ลดาวัลย์ เตชะวุฒิพงษ์. 2552. บทสัมภาษณ์ “ขนมมงคล” ทำกินง่าย ขายดีช่วงเทศกาล. **คอลัมน์ก้าวแรกเศรษฐี** หนังสือพิมพ์มติชน (เส้นทางเศรษฐี). ฉบับที่ 228.

วิไล รังสาดทอง. 2552. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : บริษัทเท็กซ์แอนด์เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.

Anita Kochhar, Malkit Nagi and Rajbir Sachdeva. 2006. Proximate Composition, Available Carbohydrates, Dietary Fibre and Anti Nutritional Factors of Selected Traditional Medicinal Plants. **J. Hum. Ecol.**, 19(3):195-199.

Bean, M.M. and C.S. Setser. 1992. Polysaccharide, sugar and sweetener. In : Brovers J, ed. **Food Theory and Application.** New York : Macmillan Publishing Co., 69-198.

Beta, T. and H. Corke. 2001. Noodle quality as related to sorgum starch properties. **Cereal Chem.** 78(4) : 417-420.

Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. **Food Technology.** 32(7) : 62-66.

Christianson, D. D., Hodge, J. E., Osborne, D. and Detroy, R. W. 1981. Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum, guar gum and cellulose gum. **Cereal Chemistry.** 58, 513-517.

D´eciga-Campos M., Rivero-Cruz I., Arriaga-Alba M.,Casta˜neda-Corral G ., E. Angeles-L´opez G.,Navarrete A.and Matab R. 2007. Acute toxicity and mutagenic activity of Mexicanplants used in traditional medicine. **Journal of Ethnopharmacology.** 110 : 334–342**.**

Jetnapa Techawipharat , Manop Suphantharika and James N. BeMiller. 2008. Effects of cellulose derivatives and carrageenans on the pasting, paste, and gel properties of rice starches. **Carbohydrate Polymers.** 73: 417–426.

Karim, A.A., M.H. Norziah and C.C. Seow. 2000. Methods for the study of starch retrogradation. **Food Chemistry.** 71 : 9-36.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Kim, C.S. and C.E. Walker. 1992. Changes in starch pasting properties due to sugars and emulsifiers as determined by viscosity measurement. **J. Food Sci.** 57(4):109-1013.

María Eugenia Bárcenas, Jessica De la O-Keller and Cristina M. Rosell. 2009. Influence of different hydrocolloids on major wheat dough component (gluten and starch). **J. of Food Engineering.** 94, 241-247.

Newport Scientific. 1998. **Instruction Manual for the Super 3 Rapid Visco Analyser.** Warriewood, New South Wales.

Suzanne Nielsen S. 1994. **Introduction to the chemical Analysis of food**. Jones and Bartlett Publishers,Inc. United States of America.

Yang, C. C., Chen, L. H. and Lii, C. Y. 1982. Study on the gel-forming mechanism of hsian-tsao gel the properties and sugar concentrations of fractions precipitated from various components of ethanol. **Food Science (Taiwan).** 9 (1–2), 19–26.

Yang, C. C., Chen, L. H. and Lii, C. Y. 1985. Study on the gel-forming mechanism of hsian-tsao gel. 2. The properties and sugar components of polysaccharides precipitated from copper acetate and cetyltrimethylammonium bromide and the effects of the various dry methods on the gel formation. **Food Science (Taiwan).** 12 (1–2), 29–36.

http://blog.spu.ac.th/Supaporn00/2009/03/26/entry-1

http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap2/chapter2_1.html

http://info.matichon.co.th/rich/rich.php?srctag=07046010552&srcday=&search=no

https://mail.google.com/mail/?hl=th&shva=1#inbox/12069ff45df1a595

http://th.wikipedia.org/wiki/

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของชิวคัก

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

1.1. เครื่องมือ

1.1.1. ถ้วยโลหะ (moisture can) พร้อมด้วยฝาปิด

1.1.2. ตู้อบลมร้อนไฟฟ้า (Hot air oven)

1.1.3. เดสิกเคเตอร์ที่มีสารดูดความชื้น

1.1.4. คีมสำหรับจับถ้วยโลหะ

1.2. วิธีวิเคราะห์

ตามวิธีของ AOAC (1990) อบถ้วยโลหะพร้อมด้วยฝาปิดในตู้อบลมร้อนไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105-107 องศาเซลเซียส นานประมาณ 15 นาที นำออกมาวางในเดสิกเคเตอร์ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน ชั่งตัวอย่างชิวคักในถ้วยโลหะ ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 5 กรัม อบในตู้อบลมร้อนไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105-107 องศาเซลเซียส นานประมาณ 5 ชั่วโมง นำออกมาวางในเดสิกเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่ง อบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 2 มิลลิกรัม บันทึกน้ำหนักที่น้อยที่สุดถือเป็นน้ำหนักของถ้วยโลหะและตัวอย่างหลังจากอบแห้งแล้ว

1.3. วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{(W1-W2)\times 100}{W1-W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักของถ้วยโลหะ (กรัม)

W1 = น้ำหนักของถ้วยโลหะและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W2 = น้ำหนักของถ้วยโลหะและตัวอย่างหลังอบแห้ง (กรัม)

2. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

2.1. เครื่องมือ

2.1.1. ถ้วยกระเบื้อง

2.1.2. เตาเผา (Muffle furnace)

2.1.3. เดสิกเคเตอร์ที่มีสารดูดความชื้น

2.1.4. คีมสำหรับจับถ้วยโลหะ

2.1.5. เตาไฟฟ้า (Hot plate)

2.1.6. ตู้ดูดควัน

2.2. วิธีวิเคราะห์

ตามวิธีของ AOAC (1990) ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่เผาและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน นำไปเผาด้วยไฟอ่อน ๆ ด้วยเตาไฟฟ้าในตู้ดูดควัน จนหมดควัน แล้วนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 520 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2-3 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือสีเทา นำออกมาวางในเดสิกเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

2.3. วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{(W2-W1)\times 100}{W1-W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ (กรัม)

W1 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W2 = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่างหลังเผาจนได้น้ำหนักคงที่ (กรัม)

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

3.1. เครื่องมือ

3.1.1. เครื่องย่อย

3.1.2. เครื่องกลั่น

3.1.3. ขวดแก้วเจดาห์ล

3.1.4. เครื่องทำความเย็น

3.1.5. บิวเร็ต

3.1.6. ตู้ดูดควัน

3.1.7. คีมสำหรับจับถ้วยโลหะ

3.2. สารเคมี

3.2.1. กรดซัลฟูริกเข้มข้นที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.84

3.2.2. สารละลายกรดบอริก ร้อยละ 4 ของน้ำหนัก

3.2.3. สารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

3.2.4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 40 ของน้ำหนัก

3.2.5. ตัวเร่งปฏิกิริยา ประกอบด้วย 3.5 กรัม โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2PO_4) และ 0.4 กรัม คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$)

3.3. วิธีวิเคราะห์

ตามวิธีของ AOAC (1990) ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วเจดาห์ลโดยระวังอย่างให้ติดข้างขวด ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา เติมกรดซัลฟูริก 15 มิลลิลิตร แล้วเขย่าเบา ๆ วางขวดบนเครื่องย่อยในตู้ดูดควัน ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที จนกระทั่งได้สารละลายใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำไปเข้าเครื่องกลั่นไนโตรเจนโดยต่อท่อให้ปลายจุ่มในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่บรรจุกรดบอริก 4 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 25 มิลลิลิตร เพื่อเก็บแอมโมเนีย กลั่นประมาณ 5 นาที แล้วนำไปไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีชมพู แล้วนำไปคำนวณหาร้อยละไนโตรเจน

3.4. วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)} = \frac{(S-B)xNx1.401x100}{Wx(100-M)}$$

เมื่อ S = ปริมาตรไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรตสารตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรต Blank (มิลลิลิตร)

N = นอร์มัลลิตี้ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริก

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

M = ร้อยละความชื้น

ปริมาณโปรตีน = % N x 6.25 (Anita และคณะ, 2006)

4. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

4.1. เครื่องมือ

4.1.1. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soctex system; Service unit, Extraction unit และ Extraction cups)

4.1.2. เครื่องทำความเย็น

4.1.3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

4.1.4. คีมสำหรับจับถ้วยโลหะ

4.1.5. ทิมเบิล

4.1.6. กระดาษกรองเบอร์ 1

4.2. สารเคมี

4.2.1. ปิโตรเลียมอีเทอร์

4.2.2. อะซิโตน

4.3. วิธีวิเคราะห์

ตามวิธีของ AOAC (1990) ชั่งตัวอย่างประมาณ 2.5 กรัม บนกระดาษกรองและห่อให้มิดชิด จากนั้นนำมาใส่ลงในทิมเบิล นำทิมเบิลใส่ใน Extraction unit ซึ่งเชื่อมต่อกับ Service unit โดยใช้ adater นำ Extraction cups เข้าไปใน Soctex system พร้อมทั้งให้อุณหภูมิ และสกัดเป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง จากนั้นนำ Extraction cups ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณร้อยละไขมัน

4.4. วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{(W2-W1)\times 100}{W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

W1 = น้ำหนักของ Extraction cups (กรัม)

W2 = น้ำหนักของ Extraction cups และตัวอย่างหลังอบแห้ง (กรัม)

5. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

5.1. เครื่องมือ

5.1.1. เครื่องย่อย ที่มีชุดควบคุมอุณหภูมิสำหรับควบคุมปริมาตรของสารละลายให้คงที่ตลอดเวลาที่ทำการย่อย

5.1.2. กูชครูซิเบิล (Gooch crucible)

5.1.3. ชุดอุปกรณ์ suction pump พร้อม Flask และ Buchner

5.1.4. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

5.1.5. เตาเผา (Muffle furnace)

5.1.6. เดสิกเคเตอร์ที่มีสารดูดความชื้น

5.1.7. คีมสำหรับจับถ้วยโลหะ

5.2. สารเคมี

5.2.1. กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.255 นอร์มัล (สารละลาย 100 มิลลิลิตรมีกรด 1.25 กรัม)

5.2.2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.313 นอร์มัล (สารละลาย 100 มิลลิลิตรมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 กรัม)

5.2.3. อะซิโตน

5.3. วิธีวิเคราะห์

ตามวิธีของ AOAC (1990) ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนัก 2.5 กรัม ใส่ในกูชครูซิเบิล นำเข้าเครื่องย่อย เติมกรดซัลฟูริก 0.255 นอร์มัล ซึ่งต้มเดือดลงไป 200 มิลลิลิตร และต้มเดือดต่อไปอีกนาน 30 นาที กรองสารละลายกรดซัลฟูริกออก ด้วยการ suction ล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด (ประมาณ 200 มิลลิลิตร) ตรวจสอบด้วยกระดาษลิตมัส จากนั้นย่อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 นอร์มัล ซึ่งต้มเดือดจำนวน 200 มิลลิลิตร นำไปย่อยต่อทันที และต้มให้เดือดนาน 30 นาที หลังจากนั้นกรองและล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดด่าง ตรวจสอบด้วยกระดาษลิตมัส ล้างกากที่เหลือด้วยอะซิโตนปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำกูชครูซิเบิลไปอบที่อุณหภูมิ 105-107 องศาเซลเซียส นาน ประมาณ 2 ชั่วโมง นำมาใส่ในเดสิกเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปชั่ง อบตัวอย่างซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม บันทึกน้ำหนักที่

น้อยที่สุดเป็นน้ำหนักของกูชครูซิเบิลและกากหลังจากที่อบแห้งแล้ว นำกูชครูซิเบิลพร้อมด้วยกากที่อบแห้งไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 520 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที จนขาว แล้วนำออกมาใส่ใสเดสิกเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนำไปชั่งแล้วเผาซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม บันทึกน้ำหนักที่น้อยที่สุดเป็นน้ำหนักของกูชครูซิเบิลและเถ้าหลังจากที่เผาแล้ว ผลแตกต่างระหว่างการชั่งน้ำหนักทั้งสองครั้งคือน้ำหนักของเส้นใย

5.4. วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณเส้นใย (ร้อยละของน้ำหนัก)} = \frac{(W1-W2)\times 100}{W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

W1 = น้ำหนักของครูซิเบิลและกากหลังจากอบแห้งแล้ว (กรัม)

W2 = น้ำหนักของครูซิเบิลและเถ้าหลังจากเผาแล้ว (กรัม)

6. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

6.1. วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต} = 100 - (\,\%\text{ ความชื้น} + \%\text{โปรตีน} + \%\text{ไขมัน} + \%\text{เถ้} + \%\text{ เส้นใยหยาบ})$$

ภาคผนวก ข
การคำนวณปริมาณของแข็งและการทดสอบสมบัติชิวคัก

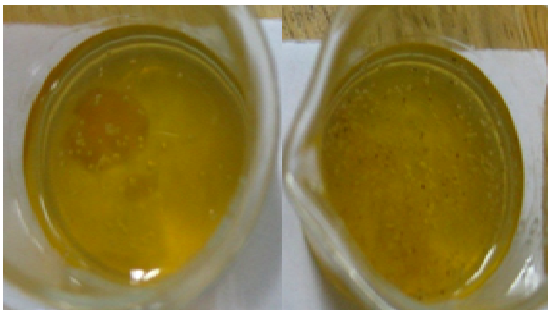
1. การคำนวณปริมาณของแข็งในชิวคัก

สูตร	ชิวคักบีบน้ำ (กรัม)	นน. น้ำ (กรัม)	TSS ในน้ำ (°Brix)	ชิวคักแห้ง (กรัม)	ของแข็งในน้ำ (กรัม)	Total ของแข็ง (กรัม)	น้ำต้มทั้งหมด (กรัม)	น้ำต้มจริง (กรัม)	นน. น้ำในสูตร (กรัม)	นน.น้ำที่เติม (กรัม)	นน.ที่เติมจริง (กรัม)
ชาวบ้าน	18.5	81.5	1	4.6	0.8	5.4	81.50	80.69	560	479.31	479
1	5.25	68.5	1	1.3	0.7	2.0	68.5	67.8	560	492.19	492
2	10.5	137	1	2.6	1.4	4.0	137	135.6	560	424.37	424
3	15.75	205.5	1	4.0	2.1	6.0	205.5	203.4	560	356.56	357
4	21	274	1	5.3	2.7	8.0	274	271.3	560	288.74	289

2. การคำนวณปริมาณความชื้นของชิวคักต้มแบบเปิดฝาและชิวคักอบแห้งแล้วบดต้มแบบปิดฝา

ตัวอย่างชิวคัก	นน.ชิวคัก (กรัม)	นน.น้ำที่ใช้ต้ม (กรัม)	นน.ชิวคักต้มบีบน้ำ (กรัม)	นน. น้ำหลังต้ม (กรัม)	% ความชื้น (wb)
อบแห้ง, ไม่บด	10	3120	19.1	84	75.26
อบแห้ง, บด	10	1500	21	274	74.85

3. การทดสอบคุณสมบัติการเกิดเจลของน้ำต้มชิวคักด้วยแอลกอฮอล์



ภาพที่ 8 การทดสอบการเกิดเจลของน้ำชิวคักต้มโดยใช้แอลกอฮอล์

วิธีการทดลอง

1. ต้มชิวคักกับน้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
2. นำส่วนของน้ำต้ม 5 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ แล้วเติมแอลกอฮอล์ 95 % จำนวน 10 มิลลิลิตร
3. สังเกตการเกิดเจล

ภาคผนวก ค
วิธีการเตรียมชิวคัก

การเตรียมชิวคัก

ชิวคักก่อนนำมาใช้เป็นส่วนผสมในขนมเทียนจะต้องนำไปผ่านขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คัดแยกใบไม้ เศษดิน กรวด หรือสิ่งสกปรกปะปนมาออกจากชิวคัก นำมาล้างน้ำให้สะอาด

ภาพที่ 9 การล้างชิวคัก

2. ล้างน้ำอย่างรวดเร็วและหลายครั้งหลังจากนั้นแล้วนำไปผึ่งลมให้พอแห้ง และอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ภาพที่ 10 ชิวคักที่ผ่านการอบแห้ง

3. บดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดของแห้ง

ภาพที่ 11 ชิวคักบดละเอียด

4. ชั่งชิวคักที่ผ่านการอบแห้งและบดแล้วจำนวน 10 กรัม
5. เติมน้ำเปล่า 1500 กรัม ต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส (ต้มแบบปิดฝาหม้อ) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

(ก) (ข)

ภาพที่ 12 การต้มชิวคัก (ก) และ (ข)

6. แยกส่วนที่เป็นเนื้อ และ น้ำออก โดยการบีบน้ำออกชิวคักต้ม แล้วนำไปชั่งน้ำหนักตามที่ต้องการ

(ก)

(ข)

ภาพที่ 13 ชิวคักต้มบีบน้ำ (ก) และ น้ำชิวคักต้ม (ข)

7. นำส่วนของเนื้อชิวคักต้มและน้ำต้ม ผสมรวมกับปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดไปเคี่ยวกับน้ำตาลมะพร้าวเป็นเวลา 5 นาที หลังจากเดือด
8. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น รอการผสมเป็นส่วนผสมของก้อนแป้งขนมเทียนต่อไป

ภาคผนวก ง
สูตรและการเตรียมขนมเทียน

ภาคผนวก ง (1)

สูตรขนมเทียนไส้เค็ม

ส่วนผสม

แป้งข้าวเหนียว	500	กรัม
น้ำตาลมะพร้าว	500	กรัม
น้ำเปล่า	480	กรัม
น้ำมันพืช	50	กรัม
ชิวคักต้มให้นิ่มสับละเอียด	100	กรัม

วิธีทำ

1. นำน้ำตาลมะพร้าวต้มกับน้ำให้เดือด ยกลงทิ้งไว้ให้เย็นใส่ชิวคัก น้ำมัน คนให้เข้ากัน
2. นวดแป้งกับน้ำตาลที่ต้มเย็นแล้ว ในข้อ 1 ประมาณ 15 นาที โดยค่อยๆใส่น้ำทีละน้อย นวดให้เข้ากัน จึงใส่น้ำที่เหลือจนหมด หมักทิ้งไว้ 1 คืนหรือ อย่างน้อย 3 ชั่วโมง

ไส้เค็ม

ถั่วนึ่งโขลกละเอียด	500	กรัม
หัวหอมแดงสับละเอียด	1	ถ้วย
พริกไทยป่น	1 ½	ช้อนโต๊ะ
เกลือป่น	1 ½	ช้อนโต๊ะ
น้ำตาลทราย	¾	ถ้วย + 2 ช้อนโต๊ะ
มันหมูสับละเอียด	¾	ถ้วย
(ถ้าไม่ชอบใช้น้ำมันพืชแทน ¼ ถ้วย)		

วิธีทำ

1. ตั้งกระทะพอร้อนใส่มันหมูลงผัดพอสุก ใส่หัวหอมผัดให้หอมและสุกใส่ถั่วที่โขลกแล้วผัดให้เข้ากัน ปรุงรสให้จัด ออกกลิ่นพริกไทย
2. ตักขึ้นทิ้งไว้ให้อุ่นปั้นเป็นก้อนกลมประมาณ 100 ลูก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ ½ นิ้ว

3. เช็ดกระทงใบตองให้สะอาด หยอดน้ำมันพืชให้ทั่วกระทง และให้มีน้ำมันเหลือที่ก้นกระทงเล็กน้อย ตักแป้งที่หมักหยอดเล็กน้อย ใส่ไส้ 1 ก้อน แล้วจึงตัดแป้งหยอดใส่ให้เต็มกระทง เรียงใส่รังถึงให้เต็มนึ่งไฟแรงปานกลางประมาณ 20 นาที ยกลง
4. แต่งหน้าด้วยน้ำมันพืชให้หน้าสวย ส่วนนี้จะได้ 100 กระทงเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว

<u>หมายเหตุ</u> วิธีทำชิวคัก ล้างให้สะอาดเด็ดก้านออกต้มประมาณ 2-3 ชั่วโมง สับละเอียด จึงนำมาใช้ผสมแป้ง มีคุณสมบัติ ช่วยให้แป้งเหนียวหนึบ

ภาคผนวก ง (2)

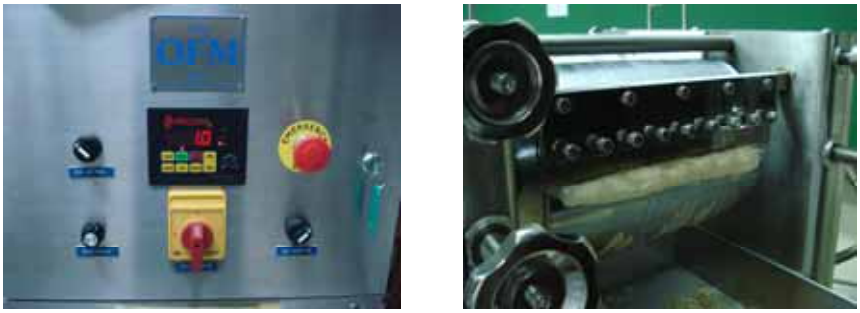
การผลิตแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป

1. คนผสมก้อนแป้งก่อนนึ่งที่อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (ก) และ 2.6 : 500 (ข)โดยน้ำหนัก ที่ผ่านการหมัก 0 – 18 ชั่วโมง

(ก) (ข)

ภาพที่ 14 แป้งก่อนนึ่งที่อัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (ก) และ2.6 : 500 (ข)โดยน้ำหนัก

2. ปรับสภาวะเครื่อง Drum Dryer ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ความเร็ว 1 รอบต่อนาที และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร (แถบเครื่องมือเทียบเบอร์)



(ก) (ข)

ภาพที่ 15 สภาวะเครื่อง Drum Dryer (ก) และ การหมุนของลูกกลิ้งเครื่อง Drum Dryer (ข)

3. หยอดก้อนแป้งลงระหว่างลูกกลิ้ง ทิ้งระยะในการหยอดเพื่อให้ใบมีดเฉือนแผ่นแป้งแล้วแป้งจะถูกรีดออกเป็นแผ่น

(ก) (ข)

ภาพที่ 16 การเฉือนแผ่นแป้งออกจากลูกกลิ้งเครื่อง Drum Dryer (ก) และ (ข)

4. แผ่นแป้งที่ได้มีลักษณะแห้ง กรอบ แล้วนำไปบดเป็นผง

(ก) (ข)

ภาพที่ 17 แผ่นแป้งขนมเทียนหลังออกจากเครื่องDrum Dryer (ก) และผงแป้งขนมเทียนที่ผ่านการบด (ข)

5. ร่อนแป้งผ่านตะแกรงขนาด 30 เมช บรรจุในภาชนะปิดสนิท

ภาคผนวก ง (3)

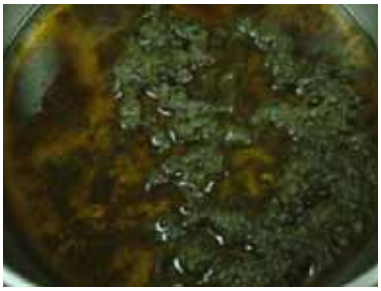
การเตรียมขนมเทียน

1. สูตรที่ไม่ผ่านเครื่อง Drum dryer

1.1 ต้มชิวคัก โดยชั่งชิวคักแห้ง (อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และบดด้วยเครื่องบดแห้งจนละเอียด) 10 กรัม ต้มในน้ำ 1500 กรัม เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ภาพที่ 18 การต้มชิวคักบดละเอียด

1.2 ชั่งน้ำหนัก ชิวคักต้มบีบน้ำ 10.5 กรัม และ น้ำต้ม 136 กรัม



(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ 19 ชิวคักต้ม (ก) ชิวคักต้มบีบน้ำออก (ข),(ค) และ น้ำชิวคักต้ม (ง)

1.3 นำส่วนผสมในข้อ 1.2 ผสมกับน้ำตาลมะพร้าว นำไปตั้งไฟให้เดือดประมาณ 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

(ก)

(ข)

ภาพที่ 20 ชิวคักต้มก่อนผสมน้ำตาลมะพร้าว (ก) และ ชิวคักต้มหลังผสมน้ำตาลมะพร้าว (ข)

1.4 นำน้ำเชื่อมในข้อ 1.3 มานวดกับแป้งข้าวเหนียวด้วยเครื่องผสม โดยใช้หัวใบไม้ทำการผสมเป็นเวลา 20 นาที และเติมน้ำมันผสมลงในแป้งผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที

(ก)

(ข)

(ข)

(ง)

ภาพที่ 21 ผสมน้ำเชื่อมกับแป้งข้าวเหนียว (ก), นวดแป้งด้วยเครื่องผสม (ข),(ค) และ แป้งที่ผสมชิวคัก (ง)

1.5 บรรจุในภาชนะปิดสนิท เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

1.6 หยอดใส่พิมพ์ ถ้วยสำหรับใช้ทดสอบด้วยเครื่องTexture Analyzer (ภาพซ้ายมือ) หรือ กระทงใบตองที่บรรจุไส้แล้วสำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ภาพขวามือ)

(ก)

(ข)

ภาพที่ 22 แป้งขนมเทียนสำหรับทดสอบเนื้อสัมผัส (ก), แป้งขนมเทียนสำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ข)

1.7 นึ่งในลังถึง ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

2 สูตรที่ผ่านเครื่อง Drum Dryer

2.1 ชั่งแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป 10 กรัม

ภาพที่ 23 ผงแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูป

2.2 เติมน้ำมันพืช 1 กรัม และผสมให้เข้ากันแล้วเติมน้ำ 8.5 กรัม แล้วคนผสมให้เข้ากัน

ภาพที่ 24 ผงแป้งขนมเทียนกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการผสมน้ำมันและน้ำ

2.3 หยอดใส่พิมพ์ ถ้วยสำหรับใช้ทดสอบด้วยเครื่องTexture Analyzer (ภาพซ้ายมือ) หรือ กระทงใบตองที่บรรจุไส้แล้วสำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ภาพขวามือ)

(ก)

(ข)

ภาพที่ 25 แป้งขนมเทียนก่อนนึ่งสำหรับใช้ทดสอบเนื้อสัมผัส (ก) และ แป้งขนมเทียนก่อนนึ่ง สำหรับใช้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ข)

2.4 นึ่งในลังถึง ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที หรือ ใช้ไมโครเวฟ กำลังไฟ 450 W เป็นเวลา 1 นาที

(ก)

(ข)

ภาพที่ 26 แป้งขนมเทียนนึ่งสำหรับใช้ทดสอบเนื้อสัมผัส (ก) และแป้งขนมเทียนนึ่งสำหรับใช้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ข)

ภาคผนวก จ
วิธีวิเคราะห์

การวิเคราะห์คุณภาพ

1. วัดค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab, Sinica SN-750

ภาพที่ 27 เครื่องวัดสี Hunter Lab

วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องวัดสี อุ่นเครื่องประมาณ 30 นาที
2. ทำการ Standardized เครื่องก่อนทุกครั้งที่เปิดเครื่อง (เลือกใช้ port กลวง)
3. กด ready จากนั้นนำแผ่นมาตรฐานสีดำวางบนช่องวัดสีแล้วกด เครื่องจะทำการอ่านค่า
4. เมื่อได้ค่าเรียบร้อยแล้วให้วางแผ่นมาตรฐานสีขาวบนช่องวัดสีแล้วกด เครื่องจะทำการอ่านค่า จากนี้เครื่องพร้อมทำงานแล้ว
5. เลือกระบบวัดค่าสีที่ต้องการ (CIE/Hunter , L*a*b*) และเลือกโหมดต่าง ๆ ที่ต้องการ (เลือกองศาในการมองสีที่ 100 และเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐานเป็น D65 ซึ่งเป็นแสงจากหลอดไฟที่มีลักษณะเป็นแสงจากธรรมชาติ
6. เตรียมตัวอย่างอาหารที่ต้องการวัดค่าสี โดยนำชิ้นตัวอย่างที่มีขนาดใกล้เคียงกันวางบน port รูเล็ก
7. กด อ่านค่าสี บันทึก

ความหมายของค่า Hunter , L*a*b*

ค่า Hunter L เป็นค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100

ค่า L เท่ากับ 0 มีสีมืดที่สุด

ค่า L เท่ากับ 100 มีสีสว่างที่สุด

ค่า Hunter a เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือความเป็นสีเขียว

ค่า a เป็นบวกแสดงความเป็นสีแดง

ค่า a เป็นลบแสดงความเป็นสีเขียว

ค่า Hunter b เป็นค่าแสดงความเป็นสีเหลืองหรือความเป็นสีน้ำเงิน

ค่า b เป็นบวกแสดงความเป็นสีเหลือง

ค่า b เป็นลบแสดงความเป็นสีน้ำเงิน

2. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser , RVA-Super 3 (ตามคู่มือการใช้เครื่อง Newport Scientific, 1998)

ภาพที่ 28 เครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA)

นำตัวอย่าง ที่ทราบความชื้นของตัวอย่างจำนวน 3.00 กรัม (ที่ความชื้น 14%) ใส่ลงในกระบอกสำหรับวิเคราะห์ เติมน้ำกลั่นที่ได้จากการคำนวณน้ำหนักตัวอย่างโดยปริมาณรวมทั้งหมดเท่ากับ 25 มิลลิลิตร ใส่ใบพัดกวนให้แป้งกระจายตัวอย่างรวดเร็ว แล้วนำกระบอกใส่เข้าเครื่อง RVA เพื่อวัดค่าความหนืด

การคำนวณน้ำหนักตัวอย่าง และปริมาณน้ำที่ต้องการ ดังสูตร

$$S = (86 \times A)/ (100-M)$$

$$W = 25+(A-S)$$

โดย

S = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม) ที่ใช้จริง

A = ค่าคงที่ของน้ำหนักตัวอย่าง 3.00 กรัม ที่ความชื้น 14%

M = ความชื้นที่แท้จริงของตัวอย่าง (%)

W = น้ำหนักน้ำที่ใช้ (กรัม)

สภาวะการทำงานของเครื่อง RVA

Idle Temperature: 50 °C

Idle Tolerance: 1 °C

Time Between Readings: 2 sec.

End of Test: 00:13:00

โดยมีอัตราการให้ความร้อนและการทำให้เย็น คือ อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียสต่อนาที วินาทีที่ 0 -9 ใช้ความเร็วรอบ 960 rpm. วินาทีที่ 10 จนถึงจบ ใช้ความเร็วรอบ 160 rpm. และกำหนดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดังนี้ นาทีที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนถึงนาทีที่ 4:42 ใช้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส คงที่จนถึงนาที่ 7:12 และเริ่มลดอุณหภูมิลงจนถึงนาทีที่ 11:00 เหลืออุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนถึงนาทีที่ 13

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่อง RVA ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที พร้อมกับเตรียมน้ำเย็นสำหรับ cooling
2. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อเข้าโปรแกรม Thermocline for Windows (TCW)
3. เลือก Collection Tool ใส่ password
4. นำ paddle ประกอบเข้า coupling แล้วทำการเซ็ต ZERO
5. เลือก Profile and analysis file เพื่อทำการวิเคราะห์
6. ชั่งตัวอย่างแป้งที่ทราบความชื้นแน่นอนใส่ canister
7. เติมน้ำกลั่นผสมแป้งให้เข้ากัน

8. ใส่ paddle ลงใน canister แล้วประกอบเข้าเครื่อง RVA
9. กด tower ลงเพื่อเริ่มการวิเคราะห์
10. บันทึกผล

3. ทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyser, TA.XT.plus

ภาพที่ 29 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyser

เตรียมแป้งขนมเทียนในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500, 2.6 : 500, 4.0 : 500 และ 5.3 : 500 โดยน้ำหนัก ในสภาวะที่อัตราส่วนระหว่างแป้งต่อน้ำคงที่ บรรจุตัวอย่างลงในพิมพ์ที่มีขนาด 3 เซนติเมตร ทำให้แป้งเจลาทิไนซ์อย่างสมบูรณ์ในลังถึงน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลแป้งขนมเทียนโดยใช้วิธีการวัดแรงที่ใช้กดอาหาร บันทึกค่าความแข็ง(Hardness; N) และความเหนียว (Stickiness; N) ของแป้งขนมเทียนโดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyser) ใช้หัววัด cylinder probe (P/6) กำหนดรายละเอียด ดังนี้

Mode	Measure force in Compression
Option	Return to start
Pre-Test Speed	1.0 mm/s
Test Speed	2.0 mm/s

Post-Test Speed 10.0 mm/s

Distance 2 mm

รายงานผล ความแข็งจากค่าแรงสูงสุด (Maximum peak force มีหน่วยเป็น N หรือ gm.)

ความเหนียวจากค่าแรงต่ำสุด (Minimum peak force มีหน่วยเป็น N หรือ gm.)

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องวัดเนื้อสัมผัส เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ และเข้าโปรแกรม Texture Exponent 32
2. ทำการ Calibrate force ก่อนทำการวัดทุกครั้ง
3. ประกอบชุดเครื่องมือสำหรับการวัด โดยใช้หัว P/6
4. ทำการ Calibrate height และตั้งค่าการทดสอบ (TA setting)
5. เริ่มต้นการวัดเนื้อสัมผัส (TA Run a test) โดยให้หัววัด (probe) กดลงตรงกึ่งกลางผิวหน้าด้านบนของตัวอย่าง
6. บันทึกและวิเคราะห์ผลข้อมูล

ภาคผนวก ฉ
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ฉ (1)

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบชุดที่..... วันที่ทดสอบ.....

ผลิตภัณฑ์ แป้งขนมเทียน ชื่อผู้ทดสอบ.....

กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้ จากซ้ายไปขวาและให้คะแนนการยอมรับโดยใส่ตัวเลข แสดงความรู้สึกการยอมรับที่ตรงกับใจท่านที่สุด

คำอธิบาย ระดับความพอใจ

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

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง			
	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ				
สี				
กลิ่น				
ความเหนียว				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณค่ะ***

ภาคผนวก ฉ (2)

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบชุดที่..... วันที่ทดสอบ.....

ผลิตภัณฑ์ แป้งขนมเทียน ชื่อผู้ทดสอบ.....

กรุณาชิมตัวอย่างต่อไปนี้ จากซ้ายไปขวาและให้คะแนนการยอมรับโดยใส่ตัวเลข แสดงความรู้สึกการยอมรับที่ตรงกับใจท่านที่สุด

คำอธิบาย ระดับความพอใจ

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

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง			
	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ				
สี				
กลิ่น				
ความเหนียว				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณค่ะ***

ภาคผนวก ช
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 26 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	37	92.92	2.51	1.96*
Error	102	130.48	1.28	
Corrected Total	139	223.40		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 27 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านสีของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	37	130.90	3.54	2.94*
Error	102	122.70	1.20	
Corrected Total	139	253.60		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 28 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านกลิ่นของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	37	146.57	3.96	4.11
Error	102	98.40	0.97	
Corrected Total	139	244.97		

ตารางที่ 29 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	37	234.17	6.33	3.00*
Error	102	215.00	2.11	
Corrected Total	139	449.17		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 30 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแข็งของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	11	9.80	0.89	234.89*
Error	28	0.11	0.004	
Corrected Total	39	9.91		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 31 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	11	0.03	0.03	2.63*
Error	28	0.03	0.001	
Corrected Total	39	0.06		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 32 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	3	57.58	19.19	3.70*
Error	8	41.47	5.18	
Corrected Total	11	99.05		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 33 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	3	1.52	0.51	3.55*
Error	8	1.14	0.14	
Corrected Total	11	2.66		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 34 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของแป้งขนมเทียนนึ่งที่ผ่านการหมัก 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	3	2.04	0.68	1.51*
Error	8	3.60	0.45	
Corrected Total	11	5.64		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 35 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	37	107.26	2.89	2.70*
Error	102	109.43	1.07	
Corrected Total	139	216.69		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 36 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านสีของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	37	89.91	2.43	2.09
Error	102	118.83	1.17	
Corrected Total	139	208.74		

ตารางที่ 37 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านกลิ่นของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	37	89.52	2.42	2.09
Error	102	118.33	1.16	
Corrected Total	139	207.85		

ตารางที่ 38 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	37	75.48	2.04	1.19
Error	102	174.31	1.71	
Corrected Total	139	249.79		

ตารางที่ 39 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแข็งของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	7	0.86	0.12	54.05*
Error	12	0.03	0.002	
Corrected Total	19	0.89		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 40 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6,12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	7	0.013	0.002	1.94*
Error	12	0.011	0.001	
Corrected Total	19	0.024		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 41 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	8	15.81	1.98	2.24*
Error	15	13.21	0.88	
Corrected Total	23	29.02		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 42 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	8	3.35	0.42	2.93*
Error	15	2.14	0.14	
Corrected Total	23	5.49		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 43 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	8	37.24	4.66	7.46*
Error	15	9.37	0.62	
Corrected Total	23	46.61		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 44 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	37	108.28	2.93	1.75
Error	102	170.37	1.67	
Corrected Total	139	278.65		

ตารางที่ 45 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านสีของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	37	36.16	0.98	0.96
Error	102	103.63	1.02	
Corrected Total	139	139.79		

ตารางที่ 46 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านกลิ่นของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	37	59.78	1.62	1.22
Error	102	135.16	1.33	
Corrected Total	139	194.94		

ตารางที่ 47 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	37	159.44	4.31	2.16*
Error	102	203.50	1.99	
Corrected Total	139	362.94		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 48 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแข็งของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6,12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	7	3.03	0.43	72.74*
Error	12	0.07	0.006	
Corrected Total	19	3.10		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 49 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	7	0.021	0.003	3.30*
Error	12	0.011	0.001	
Corrected Total	19	0.032		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 50 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	8	55.06	6.88	15.38*
Error	15	6.72	0.45	
Corrected Total	23	61.78		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 51 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	8	5.41	0.68	7.06*
Error	15	1.44	0.096	
Corrected Total	23	6.85		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 52 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของแป้งขนมเทียนนึ่งในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	8	8.35	1.04	3.33*
Error	15	4.70	0.32	
Corrected Total	23	13.06		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 53 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	487.59	81.27	276.22*
Error	8	2.35	0.29	
Corrected Total	14	489.94		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 54 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6,12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	2.32	0.39	6.61*
Error	8	0.47	0.59	
Corrected Total	14	2.79		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 55 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6,12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	38.19	6.37	14.74*
Error	8	3.45	0.43	
Corrected Total	14	41.64		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 56 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6,12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	992.19	165.37	1287.86*
Error	8	1.03	0.13	
Corrected Total	14	993.22		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 57 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum \Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	0.79	0.13	1.22*
Error	8	0.86	0.11	
Corrected Total	14	1.65		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 58 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของผงแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	111.42	18.57	81.84*
Error	8	1.82	0.23	
Corrected Total	14	113.24		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราที่ 59 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแข็งของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่าน เครื่อง Drum Dryerในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	0.40	0.066	55.13*
Error	8	0.01	0.001	
Corrected Total	14	0.41		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 60 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	0.019	0.003	7.09*
Error	8	0.004	0.000	
Corrected Total	14	0.023		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 61 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	40.18	6.70	12.40*
Error	8	4.32	0.54	
Corrected Total	14	44.5		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารงที่ 62 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของแป้งขนมเทียนหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	8.88	1.48	207.89*
Error	8	0.06	0.07	
Corrected Total	14	8.84		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 63 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของแป้งขนมเทียนนึ่งหลัง ผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6,12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	10.36	1.73	6.19*
Error	8	2.23	0.28	
Corrected Total	14	12.59		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 64 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่าน เครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6,12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	38	20.57	0.54	1.20
Error	136	61.14	0.45	
Corrected Total	174	81.71		

ตารางที่ 65 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านสีของแป้งขนมเทียนนึ่ง หลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6,12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	38	18.75	0.49	1.13*
Error	136	59.57	0.44	
Corrected Total	174	78.32		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 66 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านกลิ่นของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6,12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	38	34.35	0.904	1.943*
Error	136	62.28	0.47	
Corrected Total	174	97.63		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 67 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่าน เครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	38	27.94	0.74	1.45
Error	136	68.91	0.51	
Corrected Total	174	96.85		

ตารางที่ 68 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบโดยรวมของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 1.3 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	38	23.84	0.63	2.87
Error	136	29.74	0.22	
Corrected Total	174	53.58		

ตารางที่ 69 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแข็งของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	0.45	0.075	147.55*
Error	8	0.004	0.001	
Corrected Total	14	0.45		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 70 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6,12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	0.059	0.010	17.91*
Error	8	0.004	0.001	
Corrected Total	14	0.063		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 71 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความสว่างของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	63.37	10.56	263.64*
Error	8	0.32	0.22	
Corrected Total	14	63.69		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 72 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีแดงของแป้งขนมเทียนหลังผ่าน เครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	4.02	0.67	15.07*
Error	8	0.36	0.044	
Corrected Total	14	4.38		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 73 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นสีเหลืองของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	6	34.63	5.77	21.82*
Error	8	2.12	0.27	
Corrected Total	14	36.75		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 74 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	38	38.67	1.02	1.76
Error	136	78.83	0.58	
Corrected Total	174	117.40		

ตารางที่ 75 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านสีของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	38	50.01	1.32	2.81*
Error	136	63.74	0.47	
Corrected Total	174	113.75		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 76 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านกลิ่นของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6,12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	38	55.55	1.46	1.91
Error	136	104.02	0.77	
Corrected Total	174	159.57		

ตารางที่ 77 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบด้านความเหนียวของแป้งขนมเทียนนึ่งหลังผ่าน เครื่อง Drum \Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	38	67.36	1.77	2.13
Error	136	113.23	0.83	
Corrected Total	174	180.59		

ตารางที่ 78 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนความชอบโดยรวมของแป้งขนมเทียนนึ่ง หลังผ่านเครื่อง Drum Dryer ในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว 2.6 : 500 (โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการหมัก 0, 6, 12 และ 18 ชั่วโมง

Source	DF	SS	MS	F
Model	38	28.07	0.74	2.54
Error	136	39.51	0.29	
Corrected Total	174	67.58		

ตารางที่ 79 ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเหนียวในอัตราส่วนชิวคักต่อแป้งข้าวเหนียว ดังนี้คือ 1.3:500, 2.6:500, 4.0:500 และ 5.3:500 (โดยน้ำหนัก) เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA

	Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Peak	Between Groups	8713.920	4	2178.480	356.133	.000
	Within Groups	275.267	45	6.117		
	Total	8989.187	49			
Trough	Between Groups	256.634	4	64.159	15.720	.000

ตารางที่ 79 (ต่อ)

Source		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
	Within Groups	183.657	45	4.081		
	Total	440.291	49			
Breakdown	Between Groups	11637.371	4	2909.343	375.225	.000
	Within Groups	348.912	45	7.754		
	Total	11986.283	49			
Finalvisc	Between Groups	4166.202	4	1041.550	126.969	.000
	Within Groups	369.145	45	8.203		
	Total	4535.346	49			
Setback	Between Groups	1435.018	4	358.754	121.815	.000
	Within Groups	132.529	45	2.945		
	Total	1567.546	49			
Pastingtemp	Between Groups	39.017	4	9.754	23.429	.000
	Within Groups	18.735	45	.416		
	Total	57.751	49			

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวอรัญญา อำไพจิตร์
ที่อยู่	385 หมู่ 6 แขวงบางปะกอก เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพฯ 10140
ที่ทำงาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ แขวงยานนาวา เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2541	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพฯ
พ.ศ. 2549	ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2541-2542	โภชนากร ประจำโรงพยาบาลพระราม 2
พ.ศ. 2544-ปัจจุบัน	อาจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ กรุงเทพฯ