



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์)

ปริญญา

คหกรรมศาสตร์

คหกรรมศาสตร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การเสริมแก่นตะวันผงในขนมไทย

The Addition of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Powder in Thai Dessert

นามผู้วิจัย นายดุสิต บุหลัน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์มาริษา ฤทธิบุญกุล, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์พัชรี ตั้งตระกูล, วท.ม.)

หัวหน้าภาควิชา

(อาจารย์สาวิตรี พังงา, ศษ.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเสริมแก่นตะวันผงในขนมไทย

The Addition of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Powder in Thai Dessert

โดย

นายดุสิต บุหลัน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดุสิต บุหลัน 2557: การเสริมแก่นตะวันผงในขนมไทย ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
(สหกรรมศาสตร์) สาขาสหกรรมศาสตร์ ภาควิชาสหกรรมศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์มาริษา ภูักัญญกุล, Ph.D. 136 หน้า

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิต คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีของแก่นตะวันผง และการผลิตขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย ANOVA, Bonforoni และ Friedman Test of Ranking ผลการวิจัย พบว่า การผลิตแก่นตะวันผง โดยการนำหัวแก่นตะวันสดแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.05% ก่อนนำไปอบแห้งสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการแช่น้ำกลั่น และสารละลายกรดซิตริก 0.5% เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ แก่นตะวันผงมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต 4.24, 9.66, 0.05, 4.58, 4.89 และ 76.56% ค่า a_w 0.16 และค่าสี L^* a^* b^* คือ 89.92, 0.21 และ 8.45 จากนั้นศึกษาการเสริมแก่นตะวันผงในขนมไทย คือ ขนมลื้มกลืน ขนม น้ำดอกไม้ว และขนมไข่ โดยเสริมแก่นตะวันผง 3 ระดับ คือ 20, 40 และ 60% ของน้ำหนักแป้ง พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับในปริมาณการเสริมแก่นตะวันผงของขนมลื้มกลืน และขนม น้ำดอกไม้วในระดับการเสริมที่ 40% ส่วนขนมไข่ผู้ทดสอบให้การยอมรับที่ 20% เมื่อวิเคราะห์ทางกายภาพของขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง พบว่า มีค่าสี L^* 35.14, 35.21 และ 74.20 a^* -2.46, 0.94 และ 2.32 b^* -10.12, 0.51 และ 26.75 ด้านเนื้อสัมผัสของ ขนมลื้มกลืน ขนม น้ำดอกไม้ว และขนมไข่ มีค่า Hardness 1,035.37, 3,725.74 และ 3,430.36 (g) ค่า Springiness 0.88, 0.66 และ 0.89 (mm) ค่า Cohesiveness 0.70, 0.56 และ 0.67 (g/sec) ค่า Chewiness 640.35, 1,495.51 และ 2,090.55 (g/sec) ผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมไทยเสริมแก่นตะวันผงของผู้บริโภค 100 คน ในด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวม ขนมลื้มกลืน ขนม น้ำดอกไม้ว และขนมไข่ ที่ 7.06, 7.12 และ 7.52 และการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคส่วนมากให้การยอมรับต่อขนมลื้มกลืน ขนม น้ำดอกไม้ว และขนมไข่ คิดเป็น 98, 96 และ 97% ขนมไทยเสริมแก่นตะวันผงทั้งหมดที่ศึกษา พบว่า ผ่านมาตรฐานความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Dusit Bulan 2014: The Addition of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Powder for Thai Dessert. Master of Science (Home Economics), Major Field: Home Economics, Department of Home Economics. Thesis Advisor: Mrs. Marisa Phuphinyokul, Ph.D. 136 pages.

The objective of this research were studied physical, chemical and sensory qualities of Jerusalem Artichoke Powder in Thai dessert. Samples were analyzed by ANOVA, Bonforoni and Friedman Test of Ranking for statistical analysis. Results showed that Product by the Jerusalem Artichoke Powder soak in potassium metabisulfite 0.05% prior to drying to inhibit browning better than soaking in distilled water and a solution of citric acid 0.5%. The developed of Jerusalem Artichoke powder showed that moisture, protein, fat, fiber, ash and carbohydrate was 4.24, 9.66, 0.05, 4.58, 4.89 and 76.56% a_w 0.160 and the colors L^* a^* b^* is 89.92, 0.21 and 8.45. Then added Jerusalem Artichoke powder in Thai dessert was kha-nonm-luam-kluan, kha-nom-nam-dok-mai and kha-nom-khai varying the ratio of Jerusalem Artichoke Powder in as follow 20, 40 and 60%. The sensory acceptance kha-mon-luam-kluan and kha-mon-man-dok-mai added 40% Kha-mon-khai added 20%. Analyze physical Thai Dessert Added Jerusalem Artichoke Powder that has color values L^* 35.14, 35.21 and 74.20 a^* -2.46, 0.94 and 2.32 b^* -10.12, 0.51 and 26.75. the texture of Thai dessert Hardness 1,035.37, 3,725.74 and 3,430.36 (g) Springiness 0.88, 0.66 and 0.89 (mm) for Cohesiveness 0.70, 0.56 and 0.67 (g/sec) for Chewiness 640.35, 1,495.51 and 2,090.55 (g/sec). The test overall of kha-nom-luam-kluan, kha-nom-nam-dok-mai and kha-nom-khai was 7.06, 7.12 and 7.52 in the preferences. And consumer acceptance of kha-nonm-luam-kluan, kha-nom-nam-dok-mai and kha-nom-khai representing 98, 96 and 97%. Total bacterial count of Jerusalem Artichoke Powder in Thai dessert did not exceed the standard value.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.มาริษา ภูภิณโญกุล อาจารย์ที่
ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์พัชรีย์ ตั้งตระกูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาชี้แนะ
ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจแก้วิทยานิพนธ์เพื่อความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะ
เกษตร ที่ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำในการทดสอบในงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณครู อาจารย์ผู้ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในระดับต่าง ๆ ขอกราบ
ขอบคุณ บิดา มารดา พี่ชาย พี่สะใภ้ เพื่อน ๆ พี่ ๆ ระดับบัณฑิตศึกษา ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์
ด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดียิ่ง ตลอดจนให้คำปรึกษา แนะนำ และให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณทุกท่าน ที่มีได้กล่าวนาม ที่อยู่เบื้องหลังเป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือ
เสมอมาจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณประโยชน์อันเกิดจากการวิจัยวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบ
ให้ทุกท่านที่กล่าวมาข้างต้น หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าน้อมรับ
ไว้เพียงผู้เดียว

ศุติต นุหัตถ์

มิถุนายน 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	55
อุปกรณ์	55
วิธีการ	58
ผลและวิจารณ์	67
สรุปและข้อเสนอแนะ	101
สรุป	101
ข้อเสนอแนะ	103
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	104
ภาคผนวก	111
ภาคผนวก ก แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย	112
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	122
ภาคผนวก ค วิธีการตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์	129
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	136

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนาการของหัวแค้นตะวันดิบต่อ 100 กรัม	9
2	แหล่งที่พบและปริมาณอินูลิน (ร้อยละของน้ำหนักสด)	12
3	สมบัติของอะมิโลส และอะมิโลเพกติน	33
4	คำรับขนมลื้มกลืน	60
5	คำรับขนมน้ำดอกไม้	61
6	คำรับขนมไข่	63
7	องค์ประกอบทางเคมีของแค้นตะวันผง	68
8	ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพของแค้นตะวันผง	69
9	สมบัติความหนืดของแป้งข้าวเจ้าเติมแค้นตะวันผงที่วิเคราะห์ด้วย เครื่อง Rapid Visco Analyzer	71
10	สมบัติความหนืดของแป้งข้าวเจ้าเติมแค้นตะวันผงที่วิเคราะห์ด้วย เครื่อง Rapid Visco Analyzer	72
11	สมบัติความหนืดของแป้งสาลีเติมแค้นตะวันผงที่วิเคราะห์ด้วย เครื่อง Rapid Visco Analyzer	73
12	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมลื้มกลืนคำรับพื้นฐาน	75
13	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้คำรับพื้นฐาน	76
14	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมไข่คำรับพื้นฐาน	77
15	ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีขนมลื้มกลืนเสริมแค้นตะวันผง	78
16	ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมลื้มกลืน เสริมแค้นตะวันผง	79
17	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมลื้มกลืนเสริมแค้นตะวันผง	80
18	ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีของขนมน้ำดอกไม้เสริมแค้นตะวันผง	81
19	ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้ เสริมแค้นตะวันผง	83
20	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้เสริมแค้นตะวันผง	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	คำวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง	85
22	คำวิเคราะห์ทางกายภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมไข่ เสริมแก่นตะวันผง	86
23	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง	87
24	องค์ประกอบทางเคมีของขนมลิ้มกลิ่นเสริมแก่นตะวันผง	88
25	องค์ประกอบทางเคมีของขนมน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผง	89
26	องค์ประกอบทางเคมีของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง	90
27	การตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง	91
28	ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค	92
29	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง	94
30	ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบ และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง	95
31	ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมไทย	97

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ดอกแก่นตะวัน	6
2	ลักษณะหัวของแก่นตะวัน	7
3	โครงสร้างของอินูลิน	11
4	แก่นตะวันที่จัดจำหน่าย	23
5	โครงสร้างอะมิโลส	32
6	โครงสร้างของอะมิโลเพกติน	33
7	การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม	35
8	กลไกการคืนตัวของแป้ง	37
9	วิธีการผลิตขนมลิ่มกลั่น	60
10	วิธีการผลิตขนมน้ำดอกไม้	62
11	วิธีการผลิตขนมไข่	64
12	แก่นตะวันอบแห้งหลังแช่สารละลายต่าง ๆ	67
13	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งถั่วเขียวเติมแก่นตะวันผง ที่ระดับต่างๆ เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer	71
14	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเจ้าเติมแก่นตะวันผง ที่ระดับต่างๆ เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer	72
15	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งสาลีเติมแก่นตะวันผง ที่ระดับต่างๆ เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer	73

การเสริมแก่นตะวันผงในขนมไทย

The Addition of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Powder in Thai Dessert

คำนำ

ขนมไทยเป็นขนมมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว เป็นขนมที่มีศิลปะในการทำด้วยความละเอียด ประณีต และบรรจงในการทำขนม รสชาติหวานมัน กลิ่นหอม อร่อย ลักษณะสีล้วนสวยงาม แสดงให้เห็นถึงวัฒนธรรมประเพณีของชาวไทย ขนมไทยจึงเป็นที่นิยมของคนทุกชนชั้นในสังคม และยังเป็นที่ยื่นชอบของชาวต่างชาติ ซึ่งขนมไทยส่วนใหญ่มีส่วนประกอบจาก แป้ง น้ำตาล และมะพร้าว นำมาผสมกัน และดัดแปลงกับส่วนผสมชนิดอื่น ๆ ที่ได้จากผลผลิตทางการเกษตรที่มีในท้องถิ่น โดยทำให้สุกด้วยวิธีการต่าง ๆ ทั้ง ต้ม นึ่ง กวน อบ ทอด เชื่อม กลายเป็นขนมไทยหลากหลายชนิด

แต่ขนมไทยเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูง จึงส่งผลให้เกิดภาวะโรคอ้วนได้หากบริโภคมากเกินไป อีกทั้งยังอาจส่งผลให้เกิดปัญหาโรคฟันผุในเด็ก ซึ่งกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2557) รายงานว่า ปัจจุบันทั่วโลกกำลังเร่งรณรงค์ต่อสู้กับปัญหาภาวะอ้วน และโรคอ้วนลงพุง (metabolic syndrome) เพื่อลดภาวะความรุนแรงของโรควิถีชีวิต อันได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคมะเร็ง และภาวะไตวายเรื้อรัง เป็นต้น “โรคอ้วน” ถือเป็นภัยคุกคามที่กำลังระบาดในกลุ่มคนไทย โดยวัดจากอัตราการเสียชีวิตที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ รายงานผลการสำรวจของ สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2550) ปัจจุบันคนไทยมีภาวะอ้วนถึงอ้วนราว 10 ล้านคน เด็กไทยอายุ 2-18 ปี เป็นโรคอ้วน ร้อยละ 8 กลุ่มวัยรุ่น 13-18 ปี ร้อยละ 9 เพิ่มขึ้นทุกปี และผลสำรวจภาวะอ้วนลงพุงของคนไทยอายุ 15 ปีขึ้นไปโดยใช้เกณฑ์เส้นรอบเอวไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตรในผู้ชาย และไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตรในผู้หญิง เป็นเกณฑ์ตัดสินอ้วนลงพุง

ในปี 2550 ภาวะอ้วนลงพุงในเพศชายพบ ร้อยละ 24 และในเพศหญิงพบ ร้อยละ 60.5 สำหรับปี 2551 พบภาวะอ้วนลงพุงเพิ่มขึ้นในเพศชาย เป็นร้อยละ 33.5 แต่ในเพศหญิงสถานการณ์ภาวะอ้วนลงพุงดีขึ้น เหลือร้อยละ 58.2

ปัจจุบันมีวัตถุดิบทางการเกษตรที่นิยม คือ แก่นตะวัน เป็นพืชที่มีดอกสีเหลืองคล้ายดอกบัวทองแต่มีหัว รูปร่างคล้ายขิงอวบ มีสีขาวย และกรอบคล้ายแห้ว เมื่อดิบ มีรสหวานเล็กน้อย เป็นพืชตระกูลเดียวกับทานตะวัน เป็นพืชล้มลุกเพาะปลูกในเขตร้อนได้ดี มีขนคล้ายหนามกระจายทั่วลำต้นและใบ จึงต้านทานต่อแมลงได้ดี ความสูงประมาณ 1.5-2.0 เมตร มีถิ่นกำเนิดแถบทวีปอเมริกาเหนือ มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) หรือ Sunchoke (สนั่น และคณะ, 2551) ปัจจุบันมีการส่งเสริมให้เพาะปลูกเป็นจำนวนมาก ซึ่งหัวแก่นตะวันมีคุณประโยชน์ทางโภชนาการมากมาย เช่น มีคุณสมบัติเป็นใยอาหาร เป็นสารพรีไบโอติก ช่วยลดระดับไขมันในเส้นเลือด เป็นต้น อีกทั้งแก่นตะวันยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย หัวแก่นตะวัน มีคาร์โบไฮเดรต ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปอินนูลินโดยเป็นพอลิเมอร์ของฟรุคโตส จึงมีประโยชน์ต่อผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำแก่นตะวันมาใช้บริโภคเพื่อเป็นอาหาร นอกจากนี้ในหัวยังสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอินนูลิน ซึ่งจะพบในหัวพืชชนิดนี้มากถึงร้อยละ 14-19 (Franck, 2006) โดยอินนูลินจะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำเชื่อมฟรุคโตสเข้มข้น เพื่อใช้เป็นสารให้ความหวานในอุตสาหกรรมอาหาร และยังพบว่า การเสริมสารสกัดของพืชชนิดนี้ในอาหารสัตว์ เช่น สุกร สุนัข จะช่วยลดปริมาณแอมโมเนียในระบบทางเดินอาหาร และสิ่งขับถ่าย ทำให้ลดกลิ่นเหม็นในสิ่งขับถ่าย (ประภาส และคณะ, 2553) ส่วนหัวของแก่นตะวันมีสารอินนูลิน และฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ ทำให้สุขภาพดีได้ จากงานวิจัยของ Bouhnik *et al.*, (2007) และ Roberfroid (2002) อ้างใน วิศาล (2555) พบว่า อินนูลินในแก่นตะวันเป็นสารอาหารกลุ่มหนึ่งที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารส่วนบน แต่จะสามารถผ่านไปยังลำไส้ใหญ่เพื่อเป็นอาหารของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค เพราะฉะนั้นจึงสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพได้

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดนำหัวแค้นตะวันมาแปรรูปให้เป็นผงแค้นตะวัน โดยเสริมให้กับขนมไทย เพื่อให้ขนมไทยนั้นมีประโยชน์ในแง่คุณค่าทางโภชนาการ เพิ่มใยอาหารให้กับขนมไทย อีกทั้งยังเป็นทางเลือกให้กับผู้ที่ชื่นชอบในการรับประทานขนมไทย และผู้ที่สนใจในอาหารเพื่อสุขภาพ



วัตถุประสงค์

1. ศึกษากระบวนการผลิตแก่นตะวันผง
2. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแก่นตะวันผง
3. ศึกษาการเสริมแก่นตะวันผงในขนมไทย
4. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

การตรวจเอกสาร

ในการวิจัยได้มีการตรวจเอกสาร และค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. แก่นตะวัน
2. ขนุนไทย
3. การทำแห้ง

1. แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke)

แก่นตะวันจัดอยู่ในตระกูล *tuberosus* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus tuberosus* L.

ชื่อสามัญ คือ Jerusalem artichoke หรือ sunchoke คำว่า “Jerusalem” มีรากศัพท์มาจากภาษาอิตาลีว่า “girasole” ซึ่งหมายถึง “sunflower” ส่วนชื่อสามัญภาษาไทยเดิมเรียกว่า หัวบัวตอง ถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตนาวเย็นในทวีปอเมริกาเหนือ มีความสามารถปรับตัวได้ดีในเขตร้อน มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน แก่นตะวันจัดเป็นพืชหัว พืชอาหารเพื่อสุขภาพ พืชสมุนไพรสัตว์ พืชพลังงานทดแทน และพืชเพื่อการท่องเที่ยว สำหรับประเทศไทยได้มีการนำพืชชนิดนี้มาวิจัยและพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ในระยะแรกประมาณปี 2543 โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และได้มีการนำมาทดลองปลูกบนสถานีเกษตรหลวงปางดะ มูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า เป็นพืชที่ให้ผลผลิตสูง แม้จะปลูกในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำหรือในพื้นที่แห้งแล้ง เช่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ต่อมา รศ. ดร. สนั่น จอกลอย จากภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นผู้ตั้งชื่อใหม่ว่า “แก่นตะวัน” เนื่องจากความสามารถในการปรับตัวของพืชชนิดนี้ที่ปลูกในเขตนาวเย็น แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตภูมิอากาศร้อนแบบประเทศไทย เพราะคำว่า “แก่น” หมายถึง แก้ง หรือทนทาน (สนั่น และคณะ, 2551; ดวงจันทร์, 2553)

1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

แก่นตะวัน จัดเป็นพืชล้มลุก มีหัวเก็บสะสมอาหารคล้ายหัวมัน ลักษณะของหัวมีขนาดเล็กเป็นตะปุ่มตะป่ำ ไม่เรียบ คล้ายหัวของขิง และข่า ผิวเปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน เนื้อในมีสีขาวหรือสีเหลือง ผิวใบสากใบรีรูปไข่ บางพันธุ์มีขอบใบหยัก มีขนคล้ายหนามกระจายทั่วลำต้น และใบ ความสูงของต้นประมาณ 1.5-2.0 เมตร ดอกเป็นทรงกลมแบนสีเหลืองคล้ายดอกทานตะวันหรือดอกบัวตอง และออกดอกเป็นช่อ



ช่อดอก



ดอกเดี่ยว

ภาพที่ 1 ดอกแก่นตะวัน

ที่มา: ดัดแปลงจาก วิสกี (2550)



ก่อก



หัว

ภาพที่ 2 ลักษณะหัวของแก่นตะวัน

ที่มา: ดัดแปลงจาก สารโวจน์ และคณะ (2554)

1.2 การปลูกและการดูแลรักษา

การปลูกแก่นตะวันสามารถทำได้โดยตัดหัวแก่นตะวันเป็นชิ้นให้มีตา 2-3 ตาต่อชิ้น นำมาบ่มในขุยมะพร้าวที่ขึ้น เพื่อชักนำให้เกิดต้นอ่อนเป็นเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ จากนั้นนำต้นอ่อนมาปลูกในแปลงที่มีความชื้น และให้น้ำทันทีหลังการปลูก ระยะปลูก 50x50 เซนติเมตรในฤดูฝน และ 40x40 เซนติเมตรในฤดูแล้ง โดยดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูก คือ ดินร่วนปนทรายระบายน้ำได้ดี ให้น้ำโดยปล่อยตามร่อง หรือใช้ระบบสปริงเกอร์ ควรให้น้ำอย่างสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก ทำการคายหญ้ากำจัดวัชพืช 1-2 ครั้ง และใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อต้นมีความสูงประมาณ 15 เซนติเมตร หรืออายุ 1 เดือนหลังปลูก ดอกจะเริ่มออก เมื่ออายุ 60 วันหลังปลูก และมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วัน หรือสังเกตจากดอกร่วงเกือบหมด ลำต้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และต้นเริ่มแห้ง เก็บเกี่ยวโดยใช้พลั่วขุดหรือถอนด้วยมือ ปลิดหัวสดด้วยมือ ผลผลิตหัวสดประมาณ 2-3 ตันต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูปลูก แหล่งปลูก และการจัดการผลิต นำหัวสดใส่ตะกร้าล้างด้วยน้ำสะอาด และเก็บรักษาหัวสดที่ห้องเย็นขึ้น อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส (สนั่น และคณะ, 2551)

1.3 พันธุ์แก่นตะวัน

แก่นตะวันเป็นพืชต่างประเทศที่ถูกนำสายพันธุ์เข้ามาทดลองปลูกในประเทศไทย จากการนำพันธุ์จากต่างประเทศเข้ามา 24 สายพันธุ์ ได้มีการพัฒนาสายพันธุ์ และคัดเลือกสายพันธุ์ให้บริสุทธิ์ ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย พบว่ามี 2 สายพันธุ์ คือ แก่นตะวันพันธุ์ #1 ซึ่งพัฒนามาจากสายพันธุ์ JA89 จะให้ผลผลิตสูง หัวใหญ่ มีแขนงน้อย รสชาติหวานเหมาะสำหรับการรับประทานหัวสด และแก่นตะวันพันธุ์ #2 ซึ่งพัฒนามาจากสายพันธุ์ HEL 65 จะให้ผลผลิตสูง หัวใหญ่ มีแขนงน้อยมาก รสชาติหวาน มีความกรอบ เหมาะสำหรับการรับประทานหัวสด (พัชรภรณ์, 2553)

1.4 องค์ประกอบของแก่นตะวัน

แก่นตะวันจัดเป็นพืชพรีไบโอติก (prebiotics) และเป็นอาหารที่มีเส้นใยสูงประกอบไปด้วย อินูลิน (inulin) หรือฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (fructooligosaccharides) ซึ่งเป็นน้ำตาลเชิงซ้อน ในโครงสร้างมี ฟรุคโตส หลายโมเลกุล เกาะอยู่กับกลูโคส จึงจัดเป็นสารประเภทกึ่งแป้งกึ่งน้ำตาล และพบโครงสร้างเหล่านี้ได้ในผัก ผลไม้ตามธรรมชาติ (ดวงจันทร์, 2553)

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของหัวแค้นตะวันดิบต่อ 100 กรัม

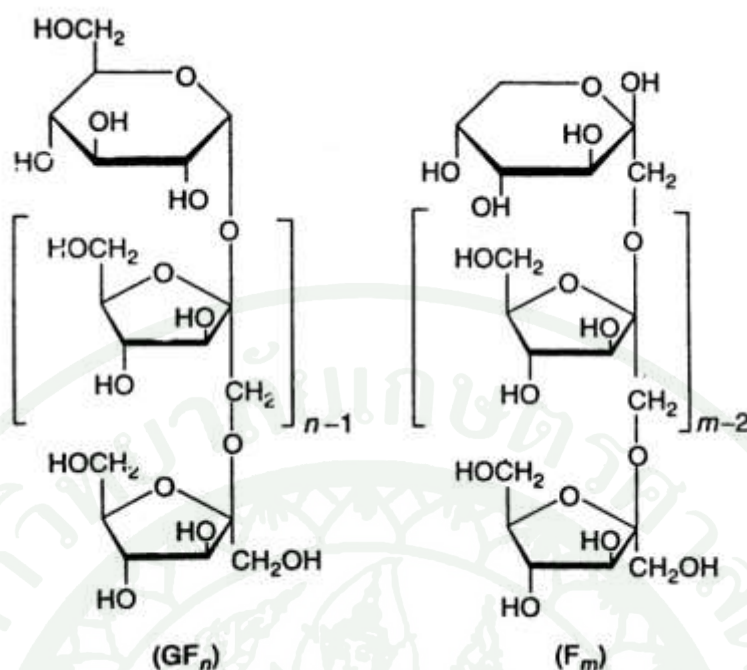
สารอาหาร	ปริมาณ
พลังงาน	73 กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	17.44 กรัม
น้ำตาล	9.6 กรัม
ใยอาหาร	1.6 กรัม
ไขมัน	0.01 กรัม
โปรตีน	2.0 กรัม
วิตามินเอ	1 ไมโครกรัม
วิตามินบี1	0.2 มิลลิกรัม
วิตามินบี2	0.06 มิลลิกรัม
ไนอะซิน	1.3 มิลลิกรัม
วิตามินบี6	0.077 มิลลิกรัม
กรดโฟลิก (B9)	13 ไมโครกรัม
วิตามินซี	4.0 มิลลิกรัม
แคลเซียม	14 มิลลิกรัม
เหล็ก	3.4 มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	17 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	78 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	429 มิลลิกรัม
สังกะสี	0.12 มิลลิกรัม

ที่มา: ดัดแปลงจาก USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26 (2010)

1.4.1 อินูลิน (Inulin)

อินูลิน หมายถึง สารประเภทคาร์โบไฮเดรตโพลีเมอร์ที่พืชเก็บไว้เป็นอาหาร พบในพืชมากกว่า 36,000 ชนิด เช่น ชิกอรี เห็ด หัวหอม หัวกระเทียม กล้วย เป็นต้น สามารถนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในอาหารที่ให้พลังงานต่ำได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเกิดเจลที่คงตัวต่ออุณหภูมิสูง และให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสบางประการคล้ายอาหารที่มีไขมัน เช่น ความรู้สึกมีเนื้อสัมผัสของอาหาร (mouthfeel) ความรู้สึกมีการเคลือบในปากเมื่อเคี้ยวอาหาร

อินูลินเป็นสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนมีดีกรีโพลีเมอร์ไรด์เซชัน (degree of polymerization, DP) ตั้งแต่ 10-60 DP มีลักษณะเป็นผลึกของแข็งสีขาว มีคุณสมบัติในการเกิดเจลที่ทนต่อความร้อน จึงมีการนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมัน โมเลกุลของอินูลินประกอบด้วย D-fructofuranose หรือเรียกกว่า fructosyl-fructose จุดสิ้นสุดของสายโซ่ คือ กลูโคซิล (glucosyl) ลำดับแรกของสายโซ่ประกอบด้วยโมเลกุลของ β -D-glucopyranosyl หรือ β -D-fructopyranosyl อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยโมเลกุลต่าง ๆ เหล่านี้จะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α (2-1) และพันธะระหว่างโมเลกุลของกลูโคสไพราโนไซด์ (glucopyranosyl) ที่ออกซิเจนตำแหน่งที่หนึ่ง (O_1) เชื่อมต่อกับโมเลกุลของฟรุกโตฟูราโนส (fructofuranose) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สอง (C_2) ของโมเลกุลของ Glucose และ Fructose สูตรโครงสร้างทั่วไปคือ G_nF โดยที่ G หมายถึง โมเลกุลของกลูโคส F หมายถึง โมเลกุลของฟรุกโตส และ n หมายถึง จำนวนโมเลกุลของฟรุกโตส (วิกาวี, 2551)



ภาพที่ 3 โครงสร้างของอินูลิน

ที่มา: คัดแปลงจาก Franck (2006)

ดีกรีโพลิเมอร์ไรเซชัน (degree of polymerization, DP) หมายถึง จำนวนโมโนเมอร์ที่เชื่อมต่อกันภายในของสายโพลิเมอร์ โดยโมโนเมอร์ในที่นี้หมายถึงโมเลกุลของฟรุคโตสและกลูโคส พบว่า อินูลินจะมีค่าดังกล่าวมากกว่าหรือเท่ากับ 10 โดยไม่เกิน 200 ซึ่งถ้าหากโมเลกุลอินูลินมีค่า DP ที่สูงแสดงว่ามีสายของโพลิเมอร์ที่ยาว ดังนั้นจึงสามารถสร้างพันธะกับน้ำได้มากกว่า อินูลินที่มีค่า DP ที่ต่ำกว่า จากค่า DP ดังกล่าวอินูลินจึงถูกจัดว่าเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทฟรุคแทน (fructan) ซึ่งหมายถึง คาร์โบไฮเดรต ที่มีส่วนใหญ่มีค่า DP มากกว่า 10 ประกอบด้วยฟรุคโตสและกลูโคสบางส่วน ซึ่งถือว่าเป็นโพลิแซคคาไรด์ (วิภาวี, 2551)

ก. แหล่งที่พบอินูลิน

อินูลินสามารถพบได้ทั่วไปในพืช มักพบอินูลินในพืช 2 ตระกูล คือ ตระกูล Liliacea 3,500 สายพันธุ์ เช่น หอมหัวใหญ่ กระเทียม และหน่อไม้ฝรั่ง ตระกูล Compositae กว่า 25,000 สายพันธุ์ เช่น แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke) และชิกอรี (chicory) เป็นต้น

ตารางที่ 2 แหล่งที่พบและปริมาณอินูลิน (ร้อยละของน้ำหนักสด)

แหล่งที่พบ	ส่วนที่รับประทานได้	ปริมาณของแข็งแห้ง	ปริมาณอินูลิน
หอมหัวใหญ่	หัวใต้ดิน	6-12	2-6
แก่นตะวัน	หัวใต้ดิน	19-25	14-19
ชิกอรี	ราก	20-25	15-20
กระเทียม	หัวใต้ดิน	40-45*	9-16
กลัวย	ผล	24-26	0.3-0.7
ข้าวไรย์	เมล็ด	88-90	0.5-1*
ข้าวบาร์เลย์	เมล็ด	ไม่พบข้อมูล	0.5-1.5*
Artichoke	Leaves-heart	14-16	3-10
Leek	หัวใต้ดิน	15-20*	3-10
Dandelion	ใบ	50-55*	12-15
Burdock	ราก	21-25	3.5-4.0
Camas	หัวใต้ดิน	31-50	12-22
Murnong	ราก	25-28	8-13
Yacon	ราก	13-31	3-19
Salsify	ราก	20-22	4-11

* ค่าโดยประมาณ

ที่มา: คัดแปลงจาก Franck (2006)

อย่างไรก็ตามมีเพียงพืชบางชนิดเท่านั้นที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมอาหาร เพราะมีฟรุกแทนที่ประกอบด้วยอินูลินเป็นส่วนใหญ่โดยไม่มีองค์ประกอบอื่นที่ปนเปื้อน ซึ่งสามารถทำการสกัดและทำให้บริสุทธิ์ได้ง่าย พืชอุตสาหกรรมเหล่านี้ ได้แก่ พืชพวก Liliaceae, Amaryllidaceae และ Compositae

ซึ่งเป็นพืชที่เก็บฟรุกแทนอยู่ในส่วนของ หัว (bulbs) หัวใต้ดิน (tubers) และ ราก (tuberous roots) ในปัจจุบันมีพืช 2 ชนิดที่นิยมใช้ในการผลิตอินูลิน ในระดับอุตสาหกรรม คือ แก่นตะวัน (Jerusalem artichoke) และชิคอรี่ (chicory) (ชีพหทัย, 2549)

ข. ประโยชน์ของอินูลิน

1) อินูลินเป็นใยอาหาร

ใยอาหาร (dietary fiber) คือ ส่วนประกอบของอาหารจำพวก คาร์โบไฮเดรต ประเภทน้ำตาลหลายชั้น (polysaccharides) ใยอาหารเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืช หรืออยู่ในเซลล์ของพืช ซึ่งระบบการย่อยอาหารในร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ จึงไม่ได้พลังงานและไม่มีสารอาหารใด ๆ ใยอาหารแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามความสามารถในการละลายน้ำ คือ

(ก) ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber) ใยอาหารประเภทนี้เป็นใยอาหารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีคุณสมบัติพองตัวซึมน้ำได้ดี ทำให้อาหารมีปริมาณมากขึ้น จึงทำให้อิ่มเร็ว

(ข) ใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber) เป็นใยอาหารที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ สามารถดูดซึมน้ำได้บ้าง แต่จะรวมตัวกับอาหารต่าง ๆ ในกระเพาะอาหาร ทำให้มีลักษณะเหนียวคล้ายเจล ใยอาหารกลุ่มนี้จะออกจากกระเพาะไปสู่ลำไส้เล็กช้า ๆ ทำให้การดูดซึมของอาหารไปสู่กระแสเลือดช้าลง จึงทำให้หิวช้าลง (สิริพันธุ์, 2553)

อินนูลินเป็นคาร์โบไฮเดรตสะสม (storage carbohydrate) ในผัก ผลไม้ และเมล็ดที่สมบูรณ์ อินนูลินสามารถทนทานต่อการย่อยและการถูกดูดซึม ในท้องและลำไส้เล็กของมนุษย์ได้ เนื่องจากเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยอาหารของมนุษย์ (เช่น α -glucosidase, maltase, isomaltase และ sucrase) มีความจำเพาะต่อ α -glucosidic เท่านั้น เอนไซม์ที่ใช้ในระบบย่อยอาหารของมนุษย์จึงไม่สามารถย่อยพันธะ β (2-1) fructosyl-fructose linkage ใน fructose monomers ของอินนูลินได้ (ซีพหทัย, 2549)

Ellegard *et al.* (1997) ได้ทำการศึกษาความสามารถของอินนูลินต่อการทนทานต่อการย่อยและการถูกดูดซึมในท้องและลำไส้เล็กของมนุษย์ โดยใช้วิธีศัลยกรรมสร้างทางผ่านเข้าไปในลำไส้เล็กตอนปลายโดยผ่านผนังช่องท้อง (ileostomy) ของอาสาสมัคร พบว่าอินนูลิน (ความเข้มข้น 10, 17, 30 กรัม) ที่ถูกปล่อยออกมาจากลำไส้เล็กมีปริมาณถึงร้อยละ 86-88 แสดงให้เห็นว่าในทางปฏิบัติอินนูลินไม่สามารถถูกย่อยได้ในลำไส้เล็กของมนุษย์ และการสูญเสียอินนูลินเล็กน้อยระหว่างการเดินทางผ่านลำไส้เล็กอาจเนื่องมาจากการถูกหมักโดยแบคทีเรียที่ส่วนปลายสุดของลำไส้เล็ก (ileum) ซึ่งจำนวนแบคทีเรียในผู้ที่ผ่าตัดเปิดลำไส้เล็กส่วนปลายจะมากกว่าในคนปกติ เป็น 100 เท่า

นอกจากนี้การบริโภคอินนูลินช่วยให้อุจจาระมีความอ่อนนุ่มและถ่ายได้ง่ายขึ้นเนื่องจากเพิ่มมวลจุลินทรีย์และปริมาณน้ำในเซลล์ของแบคทีเรีย ดังนั้นอินนูลินจึงช่วยปรับปรุงการระบาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ที่มีอาการท้องผูก มีรายงานว่าอินนูลิน 1 กรัมที่บริโภคเข้าไปจะช่วยเพิ่มมวลอุจจาระ (bulking capacity) 1.2-2.1 กรัม นอกจากนั้น คุณสมบัติในการหมักได้ของอินนูลินโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ จะช่วยเสริมการป้องกันเยื่อผิวของลำไส้และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับกระเพาะอาหารและลำไส้ เพราะจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคจะมีจำนวนลดลงและลำไส้เคลื่อนไหวได้สะดวกขึ้น

2) อินูลินช่วยในการทำงานของระบบทางเดินอาหารเป็นปกติ

อินูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในแกนตะวันจัดเป็นเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble fiber) กล่าวคือเมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะละลายน้ำ มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ทำให้อุจจาระมีลักษณะนิ่ม มีมวล และจะถูกขับเคลื่อนออกไปตามลำไส้ใหญ่ได้อย่างง่ายดาย เช่นเดียวกันกับใยอาหารที่ได้จากพืชชนิดอื่น ทำให้ระบบขับถ่ายเป็นปกติ และจากการที่อินูลินถูกหมักในลำไส้ใหญ่จะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซมีเทน ในปริมาณมาก หากรับประทานมากเกินไปจะทำให้ท้องอืด มีลมในช่องท้อง รู้สึกไม่สบายท้องได้ ควรรับประทาน 15-20 กรัมต่อวัน (พัชรภรณ์, 2553)

3) อินูลินเป็นพรีไบโอติก

พรีไบโอติก (prebiotic) คือ ส่วนประกอบในอาหารที่ไม่ถูกย่อยและดูดซึมในระบบทางเดินอาหารตอนบน และมีผลดีต่อสุขภาพ เนื่องจากเมื่อไม่สามารถถูกย่อยโดยน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก จะผ่านไปที่ลำไส้ใหญ่ในสภาพที่สมบูรณ์และกลายเป็นอาหารของโปรไบโอติก (probiotics) โดยโปรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์สุขภาพในกลุ่ม *Bifidobacteria* ซึ่งพบได้มากกว่า *Lactobacilli* และทำให้สภาวะในลำไส้ใหญ่เป็นกรดมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันเกิดการลดจำนวนของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เช่น กลุ่ม *Clostridium* จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ทำให้เกิดอาการเป็นพิษ มีอาการท้องเดิน นอกจากนี้ยังสามารถสร้างสารพิษที่มีผลต่อระบบประสาท มีผลต่อเอนไซม์ที่สร้างสารก่อมะเร็งและทำให้เกิดกลิ่นรุนแรงในอุจจาระ การส่งเสริมการเจริญเติบโตของ *Bifidobacteria* จึงมีผลดีต่อสุขภาพโดยตรงในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค พรีไบโอติกที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลที่ต่อกันเป็นสายสั้น ๆ โดยส่วนใหญ่จะเติมในนมผง และโยเกิร์ต (สิริพันธุ์, 2553)

ส่วนผสมอาหารที่จัดว่าเป็นพรีไบโอติกจะต้องมีมาตรฐานดังนี้

(Kolida *et al.*, 2002)

(ก) ไม่ถูกไฮโดรไลซ์หรือถูกดูดซึม ในบริเวณทางเดินของกระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก

(ข) ถูกย่อยได้โดยแบคทีเรียบางชนิดที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ใหญ่เช่น *bifidobacteria* และ *lactobacilli* ซึ่งถูกกระตุ้นให้เจริญเติบโต และเกิดเมตาบอลิซึมได้

(ค) ต้องสามารถช่วยเปลี่ยนแปลงจำนวนสัดส่วนของกลุ่มจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ (colonicmicroflora) โดยช่วยสนับสนุนชนิดที่เป็นประโยชน์ เช่นเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์บางประเภทขณะเดียวกันช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ซึ่งเป็นอันตราย

การศึกษาของ Gibson (1995) พบว่า อินูลินที่ทดลองในสิ่งมีชีวิต (*in vivo*) สามารถปรับสัดส่วนชนิดของแบคทีเรีย โดยกระตุ้นการเจริญของ *bifidobacteria* และยังลดจำนวน *bacterids*, *fusobacteria* และ *clostridia* โดย *bifidobacteria* จะไปแข่งขันการใช้สับสเตรทหรือไปแย่งเกาะที่เยื่อผิวภายในลำไส้ หรือไปกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้อินูลินยังช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุและสังเคราะห์วิตามินบี

จากการทดลองของ Menne *et al.*, (2000) พบว่าโอลิโกฟรุคโตสชนิด GFn สามารถเป็นพรีไบโอติกในมนุษย์ได้ดีพอ ๆ กับ fructans ชนิด Fn และการเพิ่มจำนวน *bifidobacteria* แสดงคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพในมนุษย์

ดังนั้นอินูลินจึงมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก ซึ่งสามารถสรุปพฤติกรรมของอินูลินในทางเดินกระเพาะอาหารและลำไส้ของมนุษย์ พบว่าอินูลินเมื่อผ่านระบบการย่อยอาหารของมนุษย์เริ่มตั้งแต่ในปาก พบว่า ไม่ถูกไฮโดรไลซ์จากเอนไซม์ในปาก เมื่อผ่านไปถึงกระเพาะอาหารก็ไม่ถูกไฮโดรไลซ์จากกรดในกระเพาะอาหารและไม่ถูกดูดซึมในนี้ จากนั้นเมื่อ

มาถึงลำไส้เล็กก็ไม่ถูก *Bifidobacteria* ไฮโดรไลซ์จากเอนไซม์ในลำไส้เล็กและไม่ถูกดูดซึมในนี้ เมื่อมาถึงลำไส้ใหญ่จะถูกหมักโดยแบคทีเรียบางชนิดเช่น *bifidobacteria* และ *lactobacilli* การหมักนี้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เพราะไม่พบอินูลินและโอลิโกฟรุคโทสในอุจจาระที่ปล่อยออกมา (จีพหทัย, 2549)

4) อินูลินช่วยลดระดับไขมันในเลือด

อินูลินมีผลช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลง โดยจากการศึกษาในสัตว์ทดลอง (หนูและกระต่าย) ที่ได้มีการให้อินูลินและฟรุคโตโอลิโกแซคคาร์ไรด์ร้อยละ 10 ผสมในอาหาร พบว่า ระดับคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ ในเลือดลดลงทั้งในสภาวะอดอาหาร (fasting state) และในสภาวะให้อาหาร (fed state)

โดยการศึกษาในมนุษย์ พบว่า การศึกษาของ Balcazar *et al.* (2003) (อ้างถึงใน พัชรารณ, 2553) ได้มีการให้อินูลินในขนาด 7 กรัมต่อวันเป็นเวลา 4 สัปดาห์ในอาสาสมัครที่มีภาวะอ้วนจะมีระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง และมีระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสูง พบว่าระดับคอเลสเตอรอลรวม ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (low density lipoprotein, LDL) ไลโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำมาก (very low density lipoprotein, VLDL) และไตรกลีเซอไรด์ในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงแม้ว่าจะมีหลายการศึกษาที่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ของระดับไตรกลีเซอไรด์ และระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของอาสาสมัครทั้งนี้เนื่องจากผลดังกล่าวจะเกิดได้ดีในอาสาสมัครที่มีภาวะไขมันในเลือดสูง และอาสาสมัครที่เป็นเบาหวานชนิดที่ไม่พึ่งอินซูลินมากกว่าอาสาสมัครสุขภาพดี

ซึ่งผลการลดระดับคอเลสเตอรอลเกิดจากการที่อินูลินถูกเปลี่ยนแปลงโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในลำไส้ใหญ่ได้เป็นกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid) ซึ่งได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid) กรดบิวทีริก (butyric acid) และที่สำคัญคือ กรดโพรปิโอนิก (propionic acid)

5) อินูลินช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และ โรคหัวใจ

อินูลินช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เนื่องจากการที่อินูลินเป็นสารที่ไม่สามารถย่อยได้ในทางเดินอาหารของมนุษย์และจัดเป็นสารอาหารประเภทที่มีค่าดัชนีน้ำตาลที่ต่ำ (low glycaemic index food) เมื่อรับประทานเข้าไปแล้ว จะทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดหลังจากการกินเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ไม่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเหมือนน้ำตาลกลูโคส ทำให้ระดับน้ำตาลและระดับอินซูลินในเลือดสม่ำเสมอไม่แกว่งเหมือนอาหารที่ค่าดัชนีน้ำตาลที่สูง และอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลที่ต่ำจะทำให้มีความรู้สึกอิ่มนานขึ้น อาการหิวจะช้าลง ดังนั้นอินูลินจึงเหมาะสำหรับคนที่เป็เบาหวาน หรือน้ำตาลในเลือดสูงประกอบกับอินูลินให้พลังงานที่ต่ำ 1-2 Kcal/g จึงเหมาะกับคนที่ควบคุมน้ำหนัก สามารถป้องกันโรคอ้วนได้ อันส่งผลตามมาถึงการลดลงของความเสี่ยงของการเกิดโรคแทรกซ้อนต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และผลในการควบคุมระดับน้ำตาลอาจจะเกิดจากขั้นตอนการสร้างกลูโคสที่ตับ คือ เมื่ออินูลินถูกเปลี่ยนแปลงโดยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ได้เป็นกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid) ตัวที่สำคัญคือ กรดโปรปิโอนิก (propionic acid) ซึ่ง โปรพิโอเนต (propionate) จะถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นเมทิลมาโลนิลโคเอ (methylmalonyl CoA) และ ซัคซินิลโคเอ (succinyl CoA) ซึ่งจะไปยังยังเอนไซม์ไพรูเวตคาร์บอกซิเลส (pyruvate carboxylase) อันจะส่งผลต่อกระบวนการสร้างกลูโคส (gluconeogenesis) (นิมิตร และสนั่น, 2549 ; พัชราภรณ์, 2553)

6) อินูลินช่วยลดอุบัติการณ์ในการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

อินูลินจัดเป็นใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำ ช่วยเพิ่มการเคลื่อนไหวของระบบทางเดินอาหาร ช่วยให้การขับถ่ายเป็นไปอย่างปกติ เป็นการลดการกักเก็บและหมักหมมของเสียในลำไส้ ลดโอกาสการดูดซับสารพิษจากของเสียเข้าสู่ร่างกาย นอกจากนี้ความเป็นกรดของสารพวกกรดไขมันสายสั้น ได้แก่ กรดอะซิติก กรดบิวทิริก และกรดโปรปิโอนิก ที่ได้จากการหมักย่อยอินูลินในลำไส้ใหญ่จะสามารถลำจำนวนแบคทีเรียก่อโรคที่สร้างสารก่อมะเร็ง ซึ่งแบคทีเรียก่อโรคมะเร็งโปรตีนที่สูงทำให้เกิดสารประกอบจำพวกไนโตรจีนัส (nitrogenous compound) ที่เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งลำไส้ได้

ดังนั้นการที่อินูลินสามารถเพิ่มจำนวน *Bifidobacteria* และ *Lactobacillus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดที่ดีต่อสุขภาพนี้จะมีเอนไซม์สลายโปรตีนกลุ่มอะโซรีดักเตส (azoreductase) ไนโตรรีดักเตส (nitroreductase) ไนเตรตรีดักเตส (nitratereductase) และเบต้ากลูโคโรนิคเตส (β -glucuronidase) ที่ต่ำ จึงสลายโปรตีนให้เกิดสารพิษกลุ่มแอมโมเนีย อินโดล (indoles) และฟีนอล (phenols) ลดลง สารประกอบจำพวกไนโตรจินัสลดลงทำให้โอกาสที่สารพิษเหล่านี้จะก่อให้เกิดการหลุดลอกของเยื่อผนังลำไส้ใหญ่อันเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ลดลง จึงช่วยลดอุบัติการณ์ในการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ (พัชรภรณ์, 2553)

ค. การประยุกต์ใช้อินูลินในผลิตภัณฑ์อาหาร

อินูลินเป็นส่วนผสมอาหารถูกพัฒนาขึ้นมาใหม่ที่ถูกประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารด้วยเหตุผลคุณสมบัติเฉพาะตัว คือ

1) การใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน

Güven *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาผลของการทดแทนไขมันด้วยอินูลินในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตไขมันต่ำ โดยผลิตโยเกิร์ตที่มีการเติมอินูลินร้อยละ 1, 2 และ 3 เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าการเติมอินูลินในสัดส่วนที่แตกต่างกันจะไม่มีผลต่อความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณกรด (titrable acidity) ปริมาณอะซิตาลดีไฮด์ (acetaldehyde) ปริมาณกรดไขมันอิสระที่ระเหยได้ (volatile free fatty acid) ของโยเกิร์ต เมื่อมีการเพิ่มอายุการเก็บ แต่การเพิ่มอินูลินจะทำให้ความคงตัวของเคิร์ดเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าการเติมอินูลินในโยเกิร์ตจะไม่มี ความแตกต่างของคะแนนความชอบต่อเนื้อสัมผัสและความมีเนื้อ (body) เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม แต่จะมีผลทำให้คะแนนความชอบต่อสีและลักษณะปรากฏลดลง ดังนั้นปริมาณการเติมอินูลินในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจะต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งพบว่าปริมาณที่เหมาะสมคือการเติมที่ระดับร้อยละ 1 ให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งไม่ลดไขมันและไม่มีการเติมอินูลิน

จุฑารัตน์ (2549) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของไอศกรีมวานิลลาสดไขมันที่ใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน พบว่า การเติมอินูลินช่วยปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้มีการยอมรับมากขึ้น แต่ปริมาณและขนาดของอินูลินที่ต่างกันมีผลให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสดังกล่าวแตกต่างกัน โดยความเรียบเนียน ความแน่นเนื้อ ความเคลือบมันในปาก และความเหนียวหนืดในปากเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของอินูลินที่เพิ่มขึ้น แต่ที่ความเข้มข้นเดียวกันอินูลินสายยาว (HP) ให้ความเรียบเนียน ความแน่นเนื้อ ความเคลือบมันในปาก และความเหนียวหนืดในปากมากกว่าอินูลินสายสั้น (GR) การใช้อินูลินสายสั้น (GR) ร้อยละ 3 และสายยาว (HP) ร้อยละ 3 ร่วมกันให้ความเรียบเนียน ความแน่นเนื้อ ความเคลือบมันในปาก และความเหนียวหนืดในปากไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมไขมันร้อยละ 9 จึงช่วยปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส ความเคลือบมันในปาก และความชอบโดยรวมให้มีการยอมรับสูงใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรควบคุม แต่การยอมรับด้านกลิ่นรสด้อยกว่าสูตรควบคุมไขมันร้อยละ 9

รวีพร และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาผลของการเติมอินูลินต่อคุณภาพทางกายภาพ และสมบัติทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ โดยเติมอินูลินที่ผ่านการละลายน้ำแล้วในสูตรไส้กรอกไก่โดยใช้แทนเนื้อไก่ในปริมาณร้อยละ 2.5, 3.75 และ 5.0 โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งไม่เติมอินูลิน พบว่า ไส้กรอกไก่ไขมันต่ำที่เติมอินูลินมีค่าแรงเคี้ยวและค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณความชื้น ค่า a_w ค่าสี L^* a^* b^* และการยอมรับรวมมีค่าไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ดังนั้นจึงสามารถใช้อินูลินในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสรวมทั้งการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำได้

2) การใช้อินูลินเพื่อเพิ่มเส้นใยอาหาร

Henry *et al.* (2005) ได้ทำการทดลองเติมอินูลินในขนมปัง (bread) เพื่อศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานแก่ร่างกายโดยการเพิ่มใยอาหารที่ละลายน้ำจากอินูลิน และข้าวโอ๊ต ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง โคนทำการผลิตขนมปัง 4 สูตร คือ ตัวอย่างขนมปังที่มีการเติมอินูลินในปริมาณร้อยละ 2, 2.5, 3 และ 3.5 พบว่า จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ และเคมีของตัวอย่างขนมปัง คือ โปรตีน ไขมัน น้ำตาล พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของปริมาณโปรตีน ไขมัน

และน้ำตาลของขนมปังที่มีการเติมอินูลิน เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม และผลของความชื้นในอากาศ มีค่าต่ำเนื่องจากตัวอย่างมีการเก็บไว้ 7 วัน ก่อนที่จะมีการวิเคราะห์ผล การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น *Salmonella* *Coaguase Positive Staphylococci* *Bacillus cereus* และ *Coliforme* มีระดับที่ต่ำกว่าที่กำหนดที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับตัวอย่างมาตรฐาน ซึ่งการวิเคราะห์โยอาหาร พบว่า เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากโยอาหาร 25 มิลลิกรัม ซึ่งค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีความแปรปรวนร้อยละ 25-47 อาจเนื่องมาจากส่วนของไส้ไก่ที่เนื้อไก่ที่ใช้คนละส่วนกัน หรือมาจากไก่คนละตัวจึงทำให้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีความแปรปรวน การวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัสของตัวอย่างขนมปัง เมื่อทำการเปรียบเทียบตัวอย่างขนมปังที่เติมโยอาหาร และที่ไม่มีการเติมโยอาหาร พบว่า ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เกิดขึ้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสในขนมปัง และเมื่อทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ตัวอย่างขนมปังที่มีการเติมอินูลินร้อยละ 2 มีความชอบปานกลาง ต่อลักษณะสี และมีความชอบมากในตัวอย่างอื่น และมีความชอบมากต่อลักษณะสี รสชาติ และกลิ่น ของตัวอย่างขนมปังทั้ง 4 สูตร และผู้บริโภคมีความพอใจ และยอมรับผลิตภัณฑ์ถึงร้อยละ 70 จากผลการทดลองสามารถใช้อินูลินที่ปริมาณร้อยละ 2 ซึ่งสามารถให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดีไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม

Brennan *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษาผลของการเติมอินูลินต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้า โดยทำการทดลองเติมอินูลินในพาสต้าที่ระดับร้อยละ 2.5, 5, 7.5 และ 10 ในพาสต้า พบว่า การเติมอินูลินในพาสต้าจะมีผลทำให้ค่าน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น แต่จะทำให้ค่าการพองตัวลดลง แต่การสูญเสียจากการหุงต้มนั้นไม่มีความแตกต่างกับตัวอย่างควบคุม และการเติมอินูลินในพาสต้ายังส่งผลทำให้ค่าการดูดซับน้ำของพาสต้าลดลงด้วย และเมื่อพิจารณาถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของพาสต้า พบว่า การเพิ่มปริมาณอินูลินไม่มีผลต่อค่าความเหนียว และความยืดหยุ่นของพาสต้า เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมอินูลิน แต่การเพิ่มปริมาณอินูลินในพาสต้านั้นจะทำให้ความแข็งของพาสต้าลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้การเติมอินูลินในพาสต้ายังมีผลทำให้ค่าดัชนีน้ำตาลลดลงด้วย ซึ่งพบว่า การเติมอินูลินในพาสต้าทำให้อัตราการย่อยแป้งในร่างกายลดลง ซึ่งทำให้ปริมาณน้ำตาลลดลงด้วย และจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยที่มีภาวะของโรคเบาหวาน

3) การประยุกต์ใช้ในอาหารสำหรับผู้ป่วย

Dahl *et al.* (2005) ได้ทำการทดลองเติมอินูลินในเครื่องดื่มน้ำผลไม้เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณใยอาหารในผลิตภัณฑ์ และศึกษาด้วยการยอมรับผลิตภัณฑ์ ด้านความคงตัว และด้านรสชาติ โดยทำการผลิตเครื่องดื่มน้ำผลไม้ที่มีการเพิ่มความข้นหนืดด้วยแป้งคัดแปร และเครื่องดื่มน้ำผลไม้ที่มีการเพิ่มความข้นหนืดด้วยแป้งคัดแปรและอินูลิน พบว่า การเติมอินูลินมีผลกระทบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำผลไม้ไม่มากนัก และเมื่อพิจารณาถึงความชอบ พบว่า กลุ่มผู้ทดสอบที่เป็นนักศึกษา และบุคลากรในมหาวิทยาลัยไม่สามารถแยกความแตกต่างของตัวอย่างน้ำผลไม้ทั้ง 2 ได้ แต่กลุ่มผู้ทดสอบที่เป็นผู้ป่วยที่มีภาวะการกลืนลำบากสามารถแยกความแตกต่างได้ และมีความชอบต่อน้ำผลไม้ที่มีการเพิ่มใยอาหารด้วยอินูลิน เพราะผลิตภัณฑ์ให้ความรู้สึกชุ่มชื้นภายในปากและทำให้กลืนได้ง่ายขึ้นด้วย และจากลักษณะของอินูลินที่เป็นใยอาหารจึงทำให้น้ำหนักอุจจาระเพิ่มขึ้นและทำให้ขับถ่ายได้ง่ายขึ้น ช่วยลดการใช้ยาถ่ายในผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าว

1.5 การใช้ประโยชน์ของแก่นตะวัน

1.5.1 การใช้ประโยชน์ในด้านอาหาร

แก่นตะวันจัดเป็นพืชที่มีใยอาหารสูง มีอินูลิและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ ซึ่งเป็นอาหารของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ จัดเป็นพรีไบโอติก จะมีผลช่วยลดไขมันในเลือด ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวาน และโรคหัวใจและหลอดเลือด ลดอุบัติการณ์ในการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

แก่นตะวันมีรสชาติคล้ายเห็ดหรือมันแกว สามารถใช้รับประทานเป็นผักสด หรือใช้ปรุงเป็นอาหาร ปัจจุบันแก่นตะวันมีจำหน่ายทั้งในรูปแบบปอกเปลือกมาแล้วเสร็จและชนิดที่ไม่ปอกเปลือก ซึ่งสามารถนำมาปรุงเป็นอาหารในเมนูต่าง ๆ ได้ เช่น ยำ ผัด แกง สลัด หรือใช้ทำขนม เป็นต้น (พัชรภรณ์, 2553)



แก่งตะวันที่ปอกเปลือก



แก่งตะวันที่ไม่ได้ปอกเปลือก

ภาพที่ 4 แก่งตะวันที่จัดจำหน่าย

ที่มา: คัดแปลงจาก นิรนาม (2552)

1.5.2 การใช้ประโยชน์ในด้านพลังงานทดแทน

แก่งตะวันสามารถใช้เป็นพืชพลังงานที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากเป็นพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง มีแป้งเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง (ในรูปของอินูลิน) มีสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตเอทานอลอย่างเพียงพอ และกระบวนการผลิตไม่ยุ่งยาก จากการศึกษาโดยนำหัวแก่งตะวันไปใช้ผลิตเอทานอลโดยใช้ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* พบว่า หัวแก่งตะวันสด 1 ตัน สามารถผลิตเอทานอลที่บริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 ได้ 100 ลิตร ซึ่งสูงกว่าอ้อย 1 ตัน ที่สามารถหมักเป็นเอทานอลได้ประมาณ 65-70 ลิตร และแม้ว่าหัวมันสำปะหลัง 1 ตัน ให้เอทานอลสูงถึง 160 ลิตร แต่อ้อยและมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมน้ำตาลและแป้ง และเนื่องจากวัตถุดิบทั้งสองชนิดมีอายุการเก็บเกี่ยวค่อนข้างยาว อ้อยพร้อมตัดเมื่ออายุ 12-15 เดือน มันสำปะหลังมีอายุเก็บเกี่ยว 8-12 เดือน ส่วนแก่งตะวันมีอายุการเก็บเกี่ยวที่สั้นเพียง 90-120 วัน หรือ 3-4 เดือน (สนั่น และคณะ, 2551)

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิภาติ (2551) ได้ทำการทดลองผลิตเค้กเนยไขมันต่ำที่มีการเติมผงแแกนตะวัน และผงอินูลินที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี พบว่า ค่าความหนืดของแป้งเหลว (batter) ลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของผงแแกนตะวัน และผงอินูลินอย่างมีนัยสำคัญ เค้กที่เสริมผงแแกนตะวัน และผงอินูลิน มีปริมาณไขมันร้อยละ 6.51-10.29 ต่ำกว่าเค้กสูตรควบคุมที่มีไขมันเต็มร้อยละ 16.65 และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 22.54-31.14 สูงกว่าเค้กสูตรควบคุมร้อยละ 18.48 อย่างมีนัยสำคัญ และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า การเติมอินูลินร้อยละ 20 เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ โดยค่าทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากเค้กสูตรควบคุมไขมันเต็ม

อัครชัย (2555) ได้พัฒนากรรมวิธีการผลิตแป้งอินูลิน และอินูโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ทางอุตสาหกรรม โดยศึกษากระบวนการผลิตแป้งอินูลิน และอินูโลโอลิโกแซ็กคาไรด์จากแแกนตะวันที่เหมาะสม กระบวนการผลิตแป้งอินูลินแบบเปียกโดยใช้ความร้อนในการสกัด และผสมแอลกอฮอล์จนได้ความเข้มข้นสุดท้ายร้อยละ 70 สำหรับการตกตะกอน ให้ผลได้ของแป้งอินูลินที่สูงกว่าการสกัดด้วยน้ำร้อนเพียงอย่างเดียว พบว่าการใช้เอนไซม์ผสมในการผลิตอินูโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ให้ผลได้ของอินูโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ สูงกว่าการใช้เอนไซม์เดี่ยว และสามารถเตรียมน้ำเชื่อมอินูโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้โดยใช้การระเหยที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ภายใต้อากาศดัน 27 มิลลิเมตรปรอท การผลิตอินูโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ผงได้โดยใช้การทำแห้งแบบพ่นฝอยที่มีการเติมมอลโทเด็กซ์ทรินร้อยละ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ลงในสารละลายอินูโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ เพื่อเป็นสารช่วยทำแห้ง และควบคุมลมร้อนที่เข้าและออกจากเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส และ 75-86 องศาเซลเซียส

ดวงใจ และคณะ (2556) ได้พัฒนาบะหมี่สดโดยการเติมแแกนตะวันผง โดยศึกษาดำรับที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่สดผสมแแกนตะวันผง โดยแปรอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแแกนตะวันผงเป็น 100:0, 90:10, 85:15 ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความแข็งของสีเหลือง ด้านกลิ่นรสของแแกนตะวันผง ด้านความเหนียว และความนุ่ม พบว่า บะหมี่สดผสมแแกนตะวันผงอัตราส่วน 10:90 ได้คะแนนทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูงสุด เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแแกนตะวันผง มี

ร้อยละของความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเป็น 8.42, 8.14, 0.30, 5.28 และ 73.63 ตามลำดับ และบะหมี่สดผสมผงแก่นตะวันอัตราส่วน 10:90 เป็น 21.57, 9.76, 0.71, 2.42, 1.36 และ 66.79 ตามลำดับ

2. ขนมไทย (Thai Dessert)

ขนมไทยเป็นขนมที่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยสืบทอดจากบรรพบุรุษ ซึ่งถ่ายทอดกันในการครอบครัวให้กับลูกหลาน เป็นขนมที่มีทั้งความหวาน มัน มีกลิ่นหอม และมีความสวยงามที่เป็นลักษณะเฉพาะของขนมแต่ละชนิด ต้องใช้ความประณีตบรรจง ความละเอียดอ่อน ความอดทน และสมาธิในการทำ ซึ่งแสดงถึงความตั้งใจในการทำขนม การเรียกชื่อขนมเพื่อให้ความหมายในตัวขนมชนิดนั้น ๆ เช่น ขนมชั้น เป็นขนมที่มีลักษณะเป็นชั้น ๆ (รัมภา, 2552)

ขนมไทย ยังแสดงถึงเอกลักษณ์ และวัฒนธรรมประจำชาติ ที่บ่งบอกถึงความละเอียดอ่อน ความประณีตบรรจง และความอดทน หัวใจสำคัญของการทำขนมอยู่ที่ความคิดสร้างสรรค์ คัดแปลงให้เข้ากับขนบธรรมเนียมประเพณี และวัฒนธรรมการกินของไทย โดยขนมไทยส่วนใหญ่มีวัตถุดิบอยู่ในประเทศ ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว แป้งมัน น้ำตาลที่ใช้ทำขนมมีหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีเอกลักษณ์ที่ใช้ทำขนมแตกต่างกัน เช่น น้ำตาลทรายขาว ใช้ทำตะโก้ วุ้น ลูกชุบน้ำเชื่อมขนม น้ำตาลโตนด น้ำตาลมะพร้าว นิยมใช้ทำขนมหม้อแกง สังขยา นอกจากนี้ยังมีมะพร้าวซึ่งใช้ทั้งมะพร้าวอ่อน มะพร้าวทึนทึก และมะพร้าวห้าว มะพร้าวอ่อนนิยมนำเป็นส่วนผสมในขนมมะพร้าวทึนทึกนิยมนำมาฝอยโรยหน้า หรือใช้คลุกขนม ส่วนมะพร้าวห้าวนิยมนำมาเป็นกะทิใช้ทำขนมต่าง ๆ รวมทั้งใช้ทำอาหารคาวด้วย (อบเชย, 2548)

2.1 ความหมายของขนมไทย

คำว่า “ขนม” ตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ได้อธิบายว่า ขนม (ขะ-หุนม) เป็นนาม หมายถึง ของกินที่ไม่ใช่กับข้าว มักปรุงด้วยแป้งหรือข้าว กะทิ และน้ำตาล ของหวาน ทางเหนือเรียกว่า ข้าวหนม

ขนมไทย หมายถึง ขนมที่มีส่วนผสมหลักคือ แป้ง น้ำตาลและมะพร้าว นำมาประกอบเป็นขนมไทยด้วยวิธีการต่าง ๆ และทำให้เกิดเป็นขนมไทยมากมายหลากหลายประเภท แต่ละประเภทจะมีความหมายในทางที่ดีเป็นสิริมงคล ซึ่งใช้ในงานประเพณีหรือเทศกาลต่าง ๆ (อบเชย, 2554)

2.2 ความเป็นมาของขนมไทย

ขนมไทยแบบดั้งเดิมนั้นนิยมใช้แป้ง น้ำตาล และมะพร้าว เป็นองค์ประกอบหลักในการทำ ข้าวหรือแป้งเป็นเนื้อขนม น้ำตาลเป็นเครื่องปรุงที่ให้รสหวาน มะพร้าวช่วยให้มีความหวานมัน ในสมัยสุโขทัยจากไตรภูมิพระร่วงได้กล่าวถึงชื่อ “ขนมต้ม” เป็นครั้งแรก ขนมต้มแต่โบราณเป็นเพียงแป้งข้าวเหนียวปั้นเป็นก้อน สอดไส้ด้วยก้อนน้ำตาลอ้อยสีน้ำตาลเข้ม แล้วจึงนำไปต้มจนขนมสุก

สมัยกรุงศรีอยุธยา ขนมไทยได้รับอิทธิพลทางวัฒนธรรมตะวันตก โดยเริ่มมีการทำขนมไทยแบบตะวันตกที่ใช้ไข่เป็นส่วนประกอบหลัก ตั้งแต่สมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช ได้รับอิทธิพลจากชาวโปรตุเกส โดยมารีกีมาร์ หรือท้าวทองกีบม้า ภรรยาของเจ้าพระยาวิชาเยนทร์ ชาวโปรตุเกส ได้เข้ารับราชการในสมเด็จพระเพทราชา เป็นพนักงานกำกับเครื่องหวาน ทำขนมในราชสำนัก คือ ขนมทองหยิบ ทองหยอด ฝอยทอง ขนมทองโปร่ง ทองพลุ ขนมฝิง ขนมฝรั่ง ขนมจิง ขนมไข่เต่า ขนมทองม้วน ขนมลำปำนิ ขนมหม้อแกง ขนมเหล่านี้ได้แบบอย่างมาจากฝรั่ง แต่ก็พัฒนาให้สอดคล้องกับวัตถุดิบ ตามรสนิยมของไทย และได้รับการพัฒนาเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน (จริยา, 2549 ; นลิน, 2553 ; อบเชย, 2554)

2.3 ประเภทของขนมไทย

การแบ่งประเภทของขนมไทยมีหลายวิธีด้วยกัน ขึ้นอยู่กับความนิยมของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน เช่น แบ่งตามรสชาติ (ทัศนีย์, 2548) แบ่งตามส่วนผสมหลัก (ธนศักดิ์, 2554) แบ่งตาม

วิธีการทำ แบ่งตามลักษณะของขนม (พัชรนันท์, ม.ป.ป.) โดยทั่วไปแล้วประเภทของขนมไทยอาจแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ

2.3.1 แบ่งตามรสของขนม (ทัศนีย์, 2548) ได้แก่

- ก. ขนมประเภทหวาน ได้แก่ ทองหยิบ ทองหยอด เป็นต้น
- ข. ขนมประเภทหวานมัน ได้แก่ สังขยา ข้าวเหนียวแก้ว มะพร้าวแก้ว เป็นต้น
- ค. ขนมประเภทมันเค็ม ได้แก่ ข้าวต้มผัดไส้กล้วย ข้าวเหนียวมูลหน้าปลาแห้ง
- ง. ขนมประเภทน้ำ ได้แก่ กล้วยบวชชี ขนมบัวลอย ชำหริ่ม เป็นต้น

2.3.2 แบ่งตามส่วนผสมหลัก (ชนศักดิ์, 2554) ได้แก่

ก. ขนมที่ทำจากไข่ ได้แก่ ฝอยทอง เม็ดขนุน ทองหยิบ ทองหยอด ทองเอก สังขยา หม้อแกง เป็นต้น

ข. ขนมที่ทำจากแป้ง

- 1) แป้งข้าวเหนียว ได้แก่ ขนมต้ม ขนมเหนียว ขนมบัวลอย เป็นต้น
- 2) แป้งข้าวเจ้า ได้แก่ ขนมทราย ลอดช่อง ขนมเรไร ขนมถ้วย เป็นต้น
- 3) แป้งถั่ว ได้แก่ ขนมเบี้องไทย ชำหริ่ม ขนมเทียนแก้ว เป็นต้น
- 4) แป้งสาลี ได้แก่ ขนมฝรั่ง ขนมหน้าवल กรอบเค็ม เป็นต้น

5) แป้งมากกว่า 1 ชนิด ได้แก่ ขนมกล้วย ข้าวเหนียวอ่อน เป็นต้น

ค. ขนมที่ทำจากวุ้น ได้แก่ วุ้นผลไม้ วุ้นไข่ วุ้นกะทิ เป็นต้น

2.3.3 แบ่งตามกรรมวิธีการทำ ได้แก่

ก. ขนมประเภทเชื่อม ได้แก่ กล้วยเชื่อม เผือกเชื่อม มันสำปะหลังเชื่อม เป็นต้น

ข. ขนมประเภทกวน ได้แก่ ลูกชุบ ทองเอก เสน่ห์จันทร์ เป็นต้น

ค. ขนมประเภทเปียก ได้แก่ ข้าวเหนียวเปียก เต้าส่วน เป็นต้น

ง. ขนมประเภหนึ่ง ได้แก่ สังขยา ขนมชั้น ปุยฝ้าย เป็นต้น

จ. ขนมประเภททอด ได้แก่ ขนมกง ขนมทองพลุ กรอบเค็ม เป็นต้น

ฉ. ขนมประเภทอบ ได้แก่ ขนมผิง ขนมดอกท้อหวาน ขนมโสมนัส เป็นต้น

ช. ขนมประเภทฉาบ ได้แก่ กล้วยฉาบ เผือกฉาบ มะพร้าวแก้ว เป็นต้น

ฉ. ขนมประเภทต้ม ได้แก่ ไข่หวาน กล้วยบวชชี ขนมถั่วแปบ เป็นต้น

ญ. ขนมประเภทลอยแก้ว ได้แก่ ผลไม้ลอยแก้วต่าง ๆ ข้าวแช่ เป็นต้น

ฎ. ขนมประเภทแช่อิ่ม ได้แก่ มะม่วงแช่อิ่ม พักทองแช่อิ่ม เป็นต้น

ฏ. ขนมประเภตน้ำกะทิ ได้แก่ ข้าวเหนียวทุเรียน ช่าหริ่ม ทับทิมกรอบ เป็นต้น

2.3.4 แบ่งตามลักษณะทั่วไป (พัชรนันท์, ม.ป.ป.) ได้แก่

ก. ขนमประเภทเหลว ได้แก่ ขนमครองแครง ขนमไข่เต่า ขนमปลากริม
ขนมบัวลอย ขนมซ่าหริ่ม ขนมพวงน้ำกะทิ หรือลอยแก้วต่าง ๆ

ข. ขนमประเภทแข็งกรอบ ได้แก่ ขนमฝิง ขนमฝรั่ง ขนमลำป้านี
ขนมฝอยทอง ขนमतองเอก ขนमतองม้วน ขนมคินสอพอง ขนมห้านวล ขนมคอกจอก

ค. ขนमประเภทเปียก ได้แก่ ขนมครก ขนמד้วง ขนมต้มแดง ต้มขาว ขนม
เหนียว ขนมพันตอง ขนมสอดไส้ ขนมถั่วแปบ ขนมโศ

ง. ขนमประเภทกึ่งแข็งกึ่งเปียก ได้แก่ ขนมชั้น ขนมเปียกปูน ขนมหม้อแอง
ขนมน้ำดอกไม้ ขนมถั่วยตะไล ขนมทราย

จะเห็นได้ว่าประเภทของขนมตามที่กล่าวมานี้ เมื่อทำเสร็จแล้วต้องมีการเก็บรักษา
อย่างถูกสุขลักษณะ เนื่องจากขนมมีหลายชนิด การเก็บรักษาจึงต้องแตกต่างกันไป ซึ่งในการเก็บ
รักษาขนมนั้นสามารถแยกการเก็บขนมได้ วิธีเก็บขนมโดยทั่วไปมี 2 วิธีดังนี้

วิธีที่ 1 ขนมที่เก็บระยะสั้น เช่น ขนมประเภทเหลว ขนมประเภทเปียก และขนม
ประเภทกึ่งแข็งกึ่งเปียก ขนมประเภทเหล่านี้จะบูด และเสียง่าย หากไม่เก็บไว้ในที่เหมาะสม และ มี
วิธีที่ถูกต้องแล้วก็จะทำให้ขนมเสียได้เร็วขึ้น ดังนั้นในการเก็บขนมจึงควรปฏิบัติดังนี้

1. ไม่ควรให้น้ำหยดลงบนขนม โดยเฉพาะขนมที่ทำจากไข่ เมื่อถูกน้ำจะขึ้นราได้เร็ว

2. ขนมบางชนิดควรเก็บไว้ในที่มิดชิดไม่ให้ถูกอากาศนาน เช่น ขนมปุยฝ้าย ขนมสาเก
ขนมเต่า เป็นต้น เพราะขนมจำพวกนี้จะแห้งแข็งไม่น่ารับประทาน ควรเก็บใส่ถุงพลาสติก ถ้วย
พลาสติก หรือขวดโหลที่มีฝาปิดมิดชิด

3. ขนมอบางชนิดที่มีมะพร้าว หรือกะทิเป็นส่วนผสม ควรจะอุ่นอยู่เสมอ เช่น
 กรองแครงกะทิ ขนมอบัวลอย ขนมอบัฒ ขนมอบัฒแดง ต้มขาว เป็นต้น

วิธีที่ 2 ขนมอบที่ต้องเก็บในระยะยาว เช่น ขนมอบึง ขนมอบทองม้วน ขนมอบกล้วยกวน กระจยา
 สารท ขนมอบทองเอก ขนมอบสำปันนี้ เป็นต้น ขนมอบชนิดเหล่านี้ สามารถเก็บได้เป็นเวลานาน แต่หากเก็บ
 ไม่ถูกต้องก็จะเสีย และขึ้นราได้เร็ว ควรเก็บไว้ในถุงขวดโหลที่แห้งมีฝาปิดมิดชิด อาจจะบรรจุใส่
 ถุงพลาสติก หรือกล่องพลาสติก ปิดฝาให้มิดชิดกันอากาศเข้า สามารถยืดเวลาเก็บขนมอบได้นาน

2.4 วัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบขนมอบไทย

วัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบขนมอบไทยหลัก ๆ ได้แก่ แป้ง น้ำตาล มะพร้าว ซึ่งแบ่งออก
 ได้ดังนี้

2.4.1 แป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชชั้นสูง พบในคลอโรพลาสต์ (ในใบ)
 และในส่วนที่พืชใช้เป็นแหล่งกักเก็บอาหาร เช่น เมล็ด และหัว มนุษย์ได้รับแป้งจากพืชแตกต่างกัน
 ไปตามภูมิประเทศในโลก ทางด้านทวีปอเมริกาเหนือและกลางจะมีข้าวโพดและข้าวสาลีเป็นแหล่ง
 ให้แป้งที่สำคัญ ทางยุโรปจะมีมันฝรั่ง และแถบเอเชียกับแอฟริกาจะมีข้าวและมันสำปะหลัง เป็นต้น
 แต่ที่สำคัญ และมีการใช้กันทั่วโลก คือ แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี และแป้งมันสำปะหลัง
 แป้งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในทางโภชนาการของมนุษย์ อาหารทั้งหมดส่วนใหญ่จะมีแป้งเป็น
 องค์ประกอบหลักของทุกชนชาติ

แป้ง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ (1) แป้งฟลาว (flour) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิต
 จากวัตถุดิบทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง ข้าวโพด มันสำปะ
 หลัง มันฝรั่ง และมันเทศ เป็นต้น โดยนำ วัตถุดิบมาโม่ บด หรือ ตี จนละเอียดมากดังนั้น
 ส่วนประกอบของแป้งฟลาวจึงประกอบด้วยสารอาหารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในวัตถุดิบดั้งเดิมทั้งหมด คือ

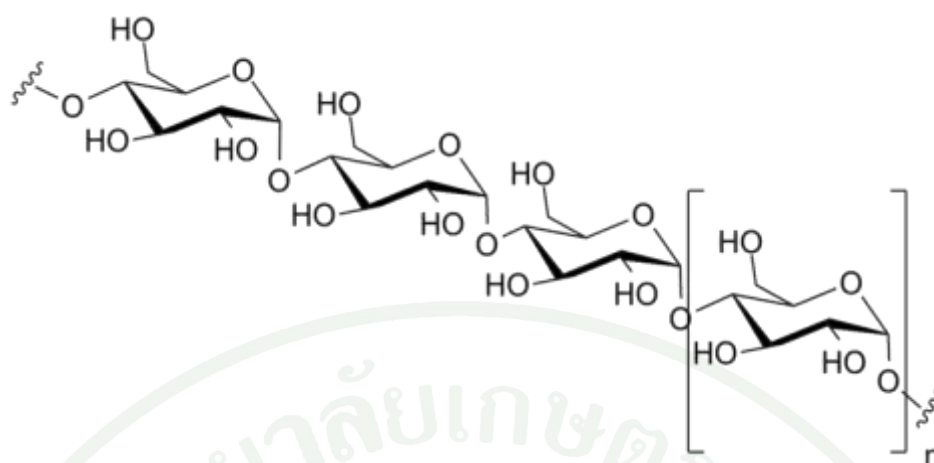
คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใย และแร่ธาตุ ต่าง ๆ และ (2) แป้งสตาρχ (starch) เป็นผลิตภัณฑ์แป้งที่ผลิตจากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตแป้งฟลาว แต่มีกรรมวิธีการผลิตที่แยกเอาส่วนที่เป็นสารอาหารคาร์โบไฮเดรต โดยมีสารอาหารอื่นปะปนมาน้อยที่สุด ดังนั้นแป้งสตาρχจึงประกอบด้วยสารอาหารที่เป็นคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามคนไทยนิยมเรียกแป้งฟลาว และแป้งสตาρχ รวมกันว่า “แป้ง” หรือ “ผลิตภัณฑ์แป้ง” ซึ่งแป้งทั้ง 2 ประเภท มีส่วนประกอบทางเคมีต่างกัน ส่งผลให้คุณสมบัติแตกต่างกันไปด้วย (อรพิน, 2533)

ก. องค์ประกอบของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ($C_6H_{10}O_5$)_n แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส ซึ่งประกอบด้วย anhydroglucose unit เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ glucosidic linkage ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ทางด้านตอนปลายของสายพอลิเมอร์ มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่แอลดีไฮด์ (aldehyde group) เรียกว่า reducing end group แป้งประกอบด้วย พอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น เรียกว่า อะมิโลส และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง เรียกว่า อะมิโลเพกติน แป้งจากแหล่งต่างกันจะมีอัตราส่วนของอะมิโลส และอะมิโลเพกตินแตกต่างกัน ทำให้คุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน (กล้าณรงค์, 2550)

1) อะมิโลส (amylose)

อะมิโลส เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วย กลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4 glucosidic linkage แป้งจากธัญพืชที่มีปริมาณอะมิโลสสูงประมาณร้อยละ 28 แป้งจากราก และหัวมีปริมาณอะมิโลสต่ำประมาณร้อยละ 20 น้ำหนักโมเลกุลของอะมิโลสอยู่ในช่วง 10^5 - 10^6 ดาลตัน ซึ่งอะมิโลสในแป้งแต่ละชนิดมีน้ำหนักโมเลกุล หรือระดับขั้นการเกิดพอลิเมอร์ (degree of polymerization, DP) ของอะมิโลสแตกต่างกัน (กล้าณรงค์, 2550) อะมิโลสมีคุณสมบัติที่ไม่ละลายน้ำ แต่เมื่ออยู่ในน้ำสายยาวของโมเลกุลอะมิโลสจะสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลอะมิโลสข้างเคียงเกิดเป็นสายยาวกู่ขนานคล้ายตาข่าย และมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำน้อยลงและสามารถตกตะกอนได้ (ชนิดา, 2551)



ภาพที่ 5 โครงสร้างอะมิโลส

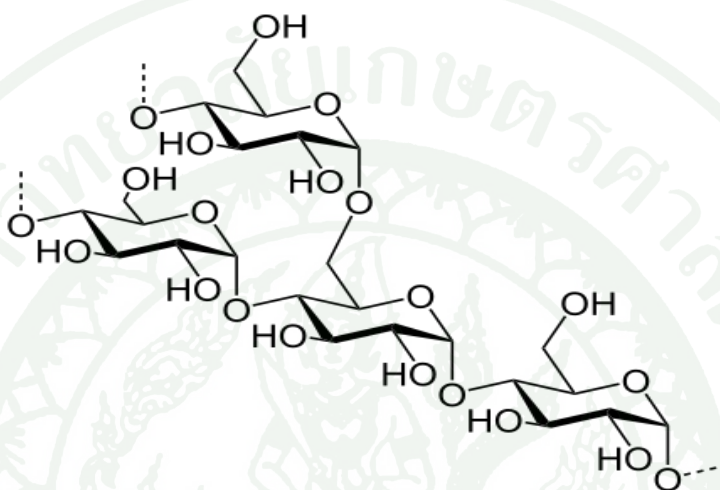
ที่มา: ดัดแปลงจาก Wikipedia (2009)

อะมิโลสสามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีน และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ เช่น บิวทานอล (butanol) กรดไขมัน (fatty acid) สารลดแรงตึงผิว (surfactant) ฟีนอล (phenol) และไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) สารประกอบเชิงซ้อนเหล่านี้จะไม่สามารถละลายในน้ำ โดยอะมิโลสจะพันเป็นเกลียว (helix coil) ล้อมรอบสารประกอบอินทรีย์ นอกจากนี้ อะมิโลสที่รวมตัวกับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงินซึ่งใช้เป็นลักษณะที่บ่งบอกถึงแป้งที่มีองค์ประกอบของอะมิโลส (กล้าณรงค์, 2550)

2) อะมิโลเพกติน (amylopectin)

อะมิโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคสส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4 glucosidic linkage และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น มีขนาดโมเลกุล (DP) อยู่ในช่วง 10 - 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,6 glucosidic linkage หน่วยกลูโคสที่มีพันธะ α -1,6 glucosidic linkage มีอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณหน่วยกลูโคสในอะมิโลเพกตินทั้งหมด ขนาดโมเลกุลของอะมิโลเพกตินในแป้งแต่ละชนิดจะเท่ากันประมาณ 2 ล้านหน่วย อะมิโลเพกตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของอะมิโลส

คือ $10^7 - 10^9$ คาลตัน และมีอัตราของการคืนตัวต่ำ เนื่องจากอะมิโลเพกตินมีลักษณะโครงสร้างเป็น กิ่ง อะมิโลเพกตินมีความสำคัญมากกว่าอะมิโลสทั้งด้านโครงสร้าง หน้าที่และการนำไปใช้ ดังนั้น เมื่อมีปริมาณอะมิโลเพกตินเพียงอย่างเดียวสามารถรวมตัวเพื่อสร้างเม็ดแป้งได้ปริมาณอะมิโลส และอะมิโลเพกตินที่แตกต่างกันทำให้คุณสมบัติของแป้งแตกต่างกัน



ภาพที่ 6 โครงสร้างของอะมิโลเพกติน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Wikipedia (2008)

ตารางที่ 3 สมบัติของอะมิโลส และอะมิโลเพกติน

สมบัติ	อะมิโลส	อะมิโลเพกติน
โครงสร้างโมเลกุล	สายยาว	สายแขนง
การเกิดสีกับไอโอดีน	สีน้ำเงิน	สีแดง
การดูดกลืนแสงของ iodine complex	650 ไมโครเมตร	540 ไมโครเมตร
iodine affinity	ร้อยละ 19-20	น้อยกว่าร้อยละ 1
จำนวนน้ำตาลกลูโคสในสาย	100-10,000	20-30

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สมบัติ	อะมิโลส	อะมิโลเพกติน
degree of polymerization (จำนวนน้ำตาลกลูโคสในโมเลกุล)	100-10,000	10,000-100,000
ความสามารถในการละลายน้ำ	ไม่ละลายน้ำ	ละลายน้ำ
ความคงตัวในสารละลาย	เกิด retrogradation	คงตัว
การเปลี่ยนเป็นน้ำตาลมอลโตสโดย เอนไซม์เบต้า-อะมิเลส	ร้อยละ 70	ร้อยละ 55

ที่มา: คัดแปลงจาก นิธิยา (2551)

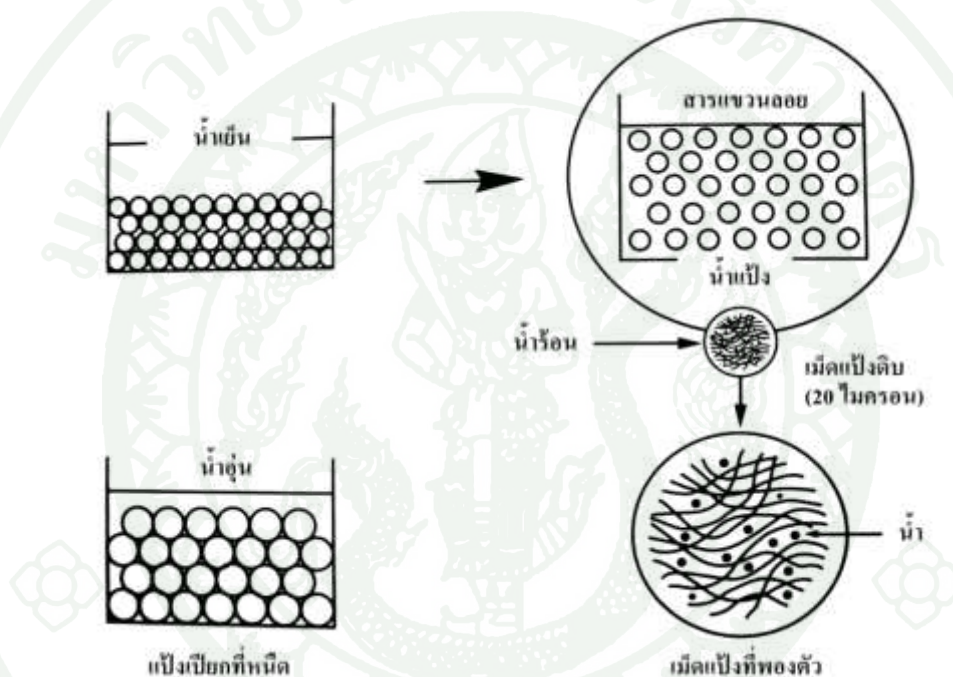
ข. คุณสมบัติของแป้ง

อัตราส่วนของอะมิโลสต่ออะมิโลเพกตินจะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ความหนืดที่ได้หลังจากเย็นลง แป้งที่มีอะมิโลสสูงจะมีอุณหภูมิในการพองตัวสูงกว่าปกติ อะมิโลสเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ดี และเมื่อต้มในน้ำเดือดจะมีความหนืดน้อยกว่า แต่ข้นกว่าอะมิโลเพกติน เมื่อทิ้งให้เย็นอะมิโลสจะคืนตัว (retrogradation) ได้ ส่วนแป้งที่มีอะมิโลเพกตินจะไม่เกิดการคืนตัว ดังนั้นแป้งต่างชนิดกันจะมีอะมิโลสแตกต่างกันทั้งปริมาณ และน้ำหนักโมเลกุล ซึ่งจะทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารแตกต่างกัน

1) การเกิดเจลในเซชัน (gelatinization)

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxy group) จำนวนมากยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน จึงมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห (micelles) ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้ทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนกับ

สารละลายน้ำแป้ง พันธ์ไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากทำให้เกิดความหนืดปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาตินในเซชัน (gelatinization) เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดความหนืด มักจะเรียกจุดนี้ว่า อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) หรือเวลาที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting time) ซึ่งจะแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด (กล้าณรงค์, 2550)



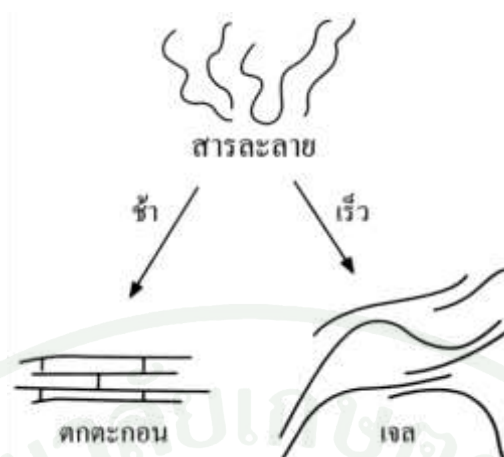
ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม

ที่มา: ดัดแปลงจาก กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล (2550)

2) การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation)

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้ว ถ้ามีการให้ความร้อนต่อไปจะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่ และแตกออก โมเลกุลของอะมิโลสขนาดเล็กจะกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นลงโมเลกุลของ อะมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจับเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติโครงสร้างใหม่ที่สามารอุ้มน้ำ และไม่มีการคูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเป็นเจล เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) หรือการคืนตัว (setback) เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงไปอีกลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมานอกเจล ซึ่งเรียกว่า syneresis ปรากฏการณ์ทั้งสองนี้จะทำให้เจลมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น (กล้าณรงค์, 2550)

การคืนตัวของแป้งเปียก และสารละลายแป้งทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น มีลักษณะขุ่นและทึบแสง เกิดขึ้นส่วนที่ไม่ละลายน้ำในแป้งเปียกที่ร้อน เกิดการตกตะกอนของอนุภาคแป้งที่ไม่ละลาย ทำให้เกิดเจลและโมเลกุลน้ำถูกบีบออกมานอกเจล ในการคืนตัวของแป้งเมื่อเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ จะเกิดการตกตะกอน เมื่อเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดเจลขุ่น



ภาพที่ 8 กลไกการคั่นตัวของแป้ง

ที่มา: ดัดแปลงจาก กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล (2550)

ค. แป้งที่ใช้ในการทำขนมไทย

แป้งในการประกอบอาหาร ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืชที่สะสมแป้งไว้ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของเมล็ด ส่วนของลำต้น ส่วนของหัว และส่วนของรากใต้ดิน สามารถนำมาผลิตเป็นแป้งชนิดต่าง ๆ ได้มากมายหลายชนิด (อัจฉรา, 2556) แป้งนั้นเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการทำขนมไทยที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักของขนมไทยแทบทุกประเภท ซึ่งมีอยู่หลายชนิด ดังนี้

1) แป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้า เป็นแป้งที่ได้จากผลิตผลจากเมล็ดข้าวเจ้า นิยมนำมาทำขนมไทยมากทั้งในอดีตจนถึงปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

(ก) แป้งข้าวเจ้าสด คือ การนำเมล็ดข้าวเจ้า แช่น้ำประมาณ 3-6 ชั่วโมง หรือแช่ค้างคืน จากนั้นนำไปโม่ด้วยเครื่องมือให้ละเอียด ใส่ลงในถุงผ้าดิบผูกให้แน่น ทบด้วยของหนัก ทั้งไว้จนน้ำแห้ง จึงนำแป้งนั้นมาทำขนมไทยชนิดต่าง ๆ ตามต้องการ ในปัจจุบันนิยมใช้แป้ง

ข้าวเจ้าแห้งมากกว่าเนื่องจากแป้งข้าวเจ้าสดหาซื้อได้ยากหรือหาซื้อไม่ได้ต้องทำเอง ข้าวเจ้าที่ใช้ในการทำแป้งควรเลือกใช้ข้าวเจ้าเนื้อแข็ง เช่น ข้าวเจ้าพันธุ์เส้าไห้ จะได้เนื้อแป้งในปริมาณมาก

(ข) แป้งข้าวเจ้าแห้ง คือ แป้งที่ได้จากแป้งที่โม่ทับน้ำให้แห้งแล้วนำมาตากแดด ประมาณ 2-3 วัน นำไปบดให้ละเอียดร่อนด้วยที่ร่อนแป้ง เก็บใส่ถุงหรือภาชนะปิดฝา ให้สนิทไว้ใช้ทำขนมไทยชนิดต่าง ๆ ตามต้องการ ในโรงงานอุตสาหกรรมใช้กรรมวิธีผลิตที่มีคุณภาพด้วยเครื่องจักร แบ่งบรรจุเป็นถุงตามขนาดที่นิยมใช้

ลักษณะที่ดีของแป้งข้าวเจ้า คือ เนื้อขาวละเอียด ไขมันจับดูจะรู้สึกเหมือนเม็ดทรายละเอียดไม่เป็นมันลื่น ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่ในแป้ง ไม่มีตัวแมลง หรือเป็นรังหนอนอยู่ในเนื้อแป้ง

ลักษณะของแป้งเมื่อผ่านความร้อน แป้งข้าวเจ้าหลังผ่านความร้อนจะมีลักษณะเป็นวุ้นขุ่น นุ่ม และเป็นเจลคงตัว (อัจฉรา, 2556)

2) แป้งข้าวเหนียว

แป้งข้าวเหนียว เป็นแป้งที่ได้จากผลิตผลจากเมล็ดข้าวเหนียวทั้งข้าวเหนียวสีดำหรือสีม่วง และข้าวเหนียวสีขาว นิยมนำมาทำขนมไทยที่ต้องการความเหนียวมาก แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

(ก) แป้งข้าวเหนียวสด คือ การนำเมล็ดข้าวเหนียว แช่น้ำประมาณ 3-6 ชั่วโมง หรือแช่ค้างคืนจากนั้นนำไปโม่ด้วยเครื่องโม่ให้ละเอียดใส่ลงในถุงผ้าดิบ ผูกปากให้แน่น ทับด้วยของหนักทิ้งไว้จนน้ำแห้ง จึงนำแป้งนั้นมาทำขนมไทยชนิดต่าง ๆ ตามต้องการ ในปัจจุบันนิยมใช้แป้งข้าวเหนียวแห้งมากกว่าเนื่องจากแป้งข้าวเหนียวสดหาซื้อได้ยาก หรือหาซื้อไม่ได้ต้องทำเอง ข้าวเหนียวที่ใช้ในการทำแป้งควรเลือกใช้ข้าวเหนียวเนื้อแข็ง เนื่องจากจะได้เนื้อแป้งในปริมาณมาก

(ข) แป้งข้าวเหนียวแห้ง คือ แป้งที่ได้จากแป้งที่ม่ทับน้ำให้แห้งแล้ว นำมาตากแดด ประมาณ 2-3 วัน นำไปบดให้ละเอียดร่อนด้วยที่ร่อนแป้งเก็บใส่ถุงหรือภาชนะปิดฝา ให้สนิทไว้ใช้ทำขนมไทยชนิดต่าง ๆ ตามต้องการ ในโรงงานอุตสาหกรรมใช้กรรมวิธีผลิตที่มีคุณภาพด้วยเครื่องจักร แบ่งบรรจุเป็นถุง

ลักษณะที่ดีของแป้งข้าวเหนียว คือ เนื้อแป้งขาวละเอียด ใช้นิ้วจับดูจะรู้สึกเนื้อละเอียด และเป็นมัน แตกต่างจากแป้งข้าวเจ้า ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปน ไม่มีตัวแมลง หรือเป็นรังหนอนอยู่ในเนื้อแป้ง

ลักษณะของแป้งเมื่อผ่านความร้อน แป้งข้าวเหนียวหลังผ่านความร้อนจะมีลักษณะ ข้นข้น และเหนียวหนืด (อัจฉรา, 2556)

3) แป้งมัน

แป้งมัน หรือแป้งมันสำปะหลัง เป็นแป้งที่ผลิตผลจากมันสำปะหลัง นำมาปอกเปลือกล้างให้สะอาด นำมาปั่นให้ละเอียดผสมกับน้ำแล้วกรองเอากากออก ทิ้งให้ตกตะกอน เทใส่ถุงผ้าดิบผูกปากให้แน่น ทับด้วยของหนักทิ้งไว้จนแห้ง จึงนำแป้งไปทำขนมไทยชนิดต่าง ๆ ตามต้องการ ในโรงงานอุตสาหกรรมใช้กรรมวิธีผลิตที่มีคุณภาพด้วยเครื่องจักร แบ่งบรรจุเป็นถุง

ลักษณะที่ดีของแป้งมัน คือ เนื้อแป้งขาวละเอียด ใช้นิ้วจับดูจะรู้สึกเนื้อลื่นเป็นมัน ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่ในเนื้อแป้ง

ลักษณะของแป้งเมื่อผ่านความร้อน แป้งมันหลังผ่านความร้อนจะมีลักษณะใส และเหนียวหนืด นิยมนำไปผสมกับแป้งชนิดอื่นเพื่อให้แป้งมีลักษณะที่ต่างไปจากเดิม เช่น ผสมกับแป้งข้าวเจ้า เพื่อช่วยลดความกระด้างของขนม (อัจฉรา, 2556)

4) แป้งท้าวยายม่อม

แป้งท้าวยายม่อม เป็นแป้งที่ได้จากหัวท้าวยายม่อม ซึ่งมีลักษณะกลมคล้ายกับหอมหัวใหญ่ ล้างให้สะอาดปอกเปลือกออกให้หมด นำไปฝนด้วยกระต่ายจิ้งให้ละเอียด แล้วแช่น้ำทิ้งไว้หลาย ๆ วัน โดยถ่ายน้ำที่แช่ทุกวัน ประมาณ 1-2 สัปดาห์นำมาทับน้ำให้แห้งแล้วนำไปตากแดดจนแห้ง และนำไปบดให้ละเอียดเก็บใส่ภาชนะให้มิดชิด แป้งท้าวยายม่อมมีราคาค่อนข้างแพง เพราะมีขั้นตอนการทำที่ยาก และสามารถเก็บหัวท้าวยายม่อมได้ปีละครั้ง

ลักษณะที่ดีของแป้งท้าวยายม่อม คือ เนื้อแป้งสีขาวสะอาด ใช้นิ้วจับดูจะรู้สึกมีความลื่น เม็ดหยาบจับตัวกันเป็นสีเหลี่ยมเล็ก ๆ ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปน และไม่มีตัวแมลงอยู่ในเนื้อแป้ง

ลักษณะของแป้งเมื่อผ่านความร้อน แป้งท้าวยายม่อมหลังผ่านความร้อนจะมีลักษณะใส และเหนียวหนืด นิยมนำไปผสมกับแป้งชนิดอื่น เพื่อให้ได้แป้งที่มีลักษณะใสเป็นประกาย และมีความเหนียวเพิ่มขึ้น (อัจฉรา, 2556)

5) แป้งถั่วเขียว

แป้งถั่วเขียว เป็นแป้งที่ทำจากเมล็ดถั่วเขียวและเปลือกออกให้หมด แช่น้ำให้นุ่มประมาณ 1-2 ชั่วโมง นำไปโม่ให้ละเอียด ใส่ถุงผ้าดิบทับน้ำให้แห้ง นำไปตากแดดให้แห้ง จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดร่อนด้วยที่ร่อนแป้ง เก็บใส่ภาชนะให้มิดชิด

ลักษณะที่ดีของแป้งถั่วเขียว คือ เนื้อแป้งขาวสะอาดจับดูมีความมัน ลื่น ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปน

ลักษณะของแป้งเมื่อผ่านความร้อน แป้งถั่วเขียวหลังผ่านความร้อนจะมีลักษณะแข็งคงตัว สีค่อนข้างใส (อัจฉรา, 2556)

6) แป้งสาลี

แป้งสาลี เป็นแป้งที่ทำจากเมล็ดข้าวสาลี ลักษณะเป็น ผงสีขาว เมื่อทำให้สุกจะมีลักษณะร่วนเหลว ไม่อยู่ตัว คุณภาพของแป้งสาลีขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวสาลี ซึ่งทำให้ได้ลักษณะของขนมต่างกัน แป้งสาลียังแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ตามคุณสมบัติของแป้ง แป้งสาลีที่นิยมใช้ในขนมไทยมี 2 ชนิดคือ

(ก) แป้งสาลีเอนกประสงค์ คือ แป้งที่ทำจากข้าวสาลีชนิดหนัก และชนิดเบาผสมรวมกัน มีโปรตีนร้อยละ 9-10 มีสีขาวนวล ลักษณะหยาบไม่มาก ให้ความเหนียวพอควร

(ข) แป้งสาลีสำหรับทำเค้ก คือ แป้งที่ทำจากข้าวสาลีชนิดเบา มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 6-9 สีขาว เนื้อแป้งละเอียด เมื่อนำมาผสมน้ำจะดูดซึมน้ำได้น้อย ได้ก้อนแป้งที่เหนียวติด

ลักษณะที่ดีของแป้งสาลี คือ เนื้อขาวละเอียด ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่ในแป้ง ไม่มีตัวแมลง หรือเป็นรังหนอนอยู่ในเนื้อแป้ง

ลักษณะของแป้งเมื่อผ่านความร้อน แป้งสาลีหลังผ่านความร้อนจะมีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นออกเหลือง นุ่ม และเป็นเจลค่อนข้างอยู่ตัว (อัจฉรา, 2556)

1.4.2 น้ำตาล

น้ำตาล คือ สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน และให้พลังงานแก่ร่างกาย ในทางเคมีสามารถแบ่งน้ำตาลออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส เป็นต้น และอีกประเภท คือ น้ำตาลหลายชั้น (oligosaccharide) เป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยวที่จับกันด้วยพันธะ glycosidic ตั้งแต่ 2-10 โมเลกุล ที่รู้จัก

กันดี คือ น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครส ซึ่งมีสูตรเคมี $C_{12}H_{22}O_{11}$ จัดเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ ประกอบด้วย น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุคโตส พืชสามารถสังเคราะห์แสงสร้างน้ำตาลกลูโคส และเก็บสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืชในรูปของแป้ง แต่มีพืชหลายชนิด เช่น อ้อย มะพร้าวตาลโดนด หรือพืชหัว เช่น หัวผักกาดหวานที่มีน้ำย่อยพิเศษสามารถเปลี่ยนส่วนหนึ่งของน้ำตาลกลูโคสเป็นน้ำตาลฟรุคโตส และทำการสังเคราะห์น้ำตาลทั้งสองชนิดนี้เป็นน้ำตาลซูโครส (อบเชยและขนิษฐา, 2554) ทำให้พืชเหล่านี้ถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาล

ก. ชนิดของน้ำตาล (อัจฉรา, 2556)

1) น้ำตาลทรายดิบ

น้ำตาลทรายดิบ คือ ผลึกซูโครสที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ เป็นเกล็ดใสสีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลเข้ม ตามสีของกากน้ำตาลที่หุ้มรอบผลึก มีความชื้นปานกลาง เกล็ดน้ำตาลจะเกาะกันไม่ร่วน ผลิตจากอ้อยโดยตรง ใช้ปูนขาวเป็นสารฟอกสีของน้ำอ้อย และยังไม่มีความบริสุทธิ์พอที่จะบริโภคได้

2) น้ำตาลทรายขาว

น้ำตาลทรายขาว คือ ผลึกซูโครสที่มีความบริสุทธิ์สูง เป็นเกล็ดใส สีขาวถึงสีเหลืองอ่อน มีกากน้ำตาลเกาะอยู่เล็กน้อย มีความชื้นเล็กน้อย เกล็ดน้ำตาลร่วนไม่เกาะติดกัน ใช้กำมะถัน หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารฟอกสี

3) น้ำตาลสีรำ

น้ำตาลสีรำ คือ น้ำตาลทรายขาวทั่วไป เป็นเกล็ดเล็กใส เล็กกว่าน้ำตาลทรายดิบ สีน้ำตาลอ่อนเนื่องจากสีของน้ำตาลไหม้ หรือสีของกากน้ำตาล มีความชื้นน้อยกว่าน้ำตาลทรายดิบ ผลิตจากน้ำเชื่อม หรือน้ำตาลทรายแดง

4) น้ำตาลทรายแดง

น้ำตาลทรายแดงมีลักษณะเป็นผงละเอียดคล้ายทราย หรืออาจจับตัวกันเป็นก้อน มีสีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลเข้ม มีความชื้นสูง มีกลิ่นน้ำตาลไหม้ ผลิตจากอ้อยโดยตรง

5) น้ำตาลทรายอัดเม็ด

น้ำตาลทรายอัดเม็ด คือ น้ำตาลทรายที่มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยม ผลิตจากการอัดน้ำตาลทรายขาวให้เป็นก้อน

6) น้ำตาลกรวด

น้ำตาลกรวด คือ น้ำตาลที่มีลักษณะเป็นก้อนหลายเหลี่ยมคล้าย สีขาวใส ผลิตจากน้ำเชื่อมจากอ้อย โดยผ่านกระบวนการตกผลึกอย่างช้าเป็นเวลาหลายวัน

7) น้ำตาลมะพร้าว และน้ำตาลโตนด

น้ำตาลมะพร้าว และน้ำตาลโตนด คือ น้ำตาลที่มีลักษณะเป็นก้อนเหนียว มีความหนืดสูง สีน้ำตาลอ่อน ถึงเข้ม มีความชื้นมาก ผลิตจากต้มมะพร้าว หรือคั้นตาล การเรียกชื่อน้ำตาลชนิดนี้มักเรียกตามภาชนะที่บรรจุ เช่น ถ้าบรรจุในปื๊บจะเรียกว่า น้ำตาลปื๊บ หรือถ้านำมาตกหยอดเป็นก้อนแล้วนำมาประกบกันเรียกว่า น้ำตาลงบ

ข. คุณสมบัติของน้ำตาล (อบเชย และ ขมิ้นชัน, 2555)

1) ความหวานของน้ำตาล

น้ำตาลเป็นสารให้รสหวานตามธรรมชาติ โดยเปรียบเทียบความหวานของกลูโคสซึ่งถือว่าเท่ากับ 100 ฟรุคโตสเป็นน้ำตาลที่หวานที่สุด รองลงมาได้แก่ ซูโครส และกลูโคสตามลำดับ โดยทั่วไปในการปรุงอาหารนิยมใช้น้ำตาลซูโครส หรือน้ำตาลทราย ในอาหารและขนมไทยนั้นมักนิยมใช้น้ำตาลมะพร้าวในการปรุงรส

2) การละลายของน้ำตาล

น้ำตาลทั่วไปสามารถละลายน้ำได้ร้อยละ 30-80 ปริมาณที่ละลายจะขึ้นกับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการละลายของน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยน้ำตาลฟรุคโตสเป็น น้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด รองลงมา คือ ซูโครส กลูโคส มอลโทส และแล็กโทส ตามลำดับ

3) การเกิดสีน้ำตาล

เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี ได้แก่ ปฏิกิริยาการเกิดสารคาราเมล (caramelization) ระยะแรกการเกิดสารน้ำตาลคาราเมล น้ำตาลจะสูญเสียน้ำไปหนึ่งโมเลกุล เกิดน้ำตาลที่เรียกว่า น้ำตาลแอนไฮโดร (anhydro sugar) กรณีของซูโครสเมื่อถูกความร้อนประมาณ 200 องศาเซลเซียส ผลึกของซูโครสจะละลายพร้อมทั้งเดือดเป็นฟอง และจะหยุดเมื่อเวลาผ่านไป 35 นาที สารเคมีที่เกิดขึ้นในระยะนี้จะไม่หวานแต่จะมีรสขม หลังจากที่ได้เดือดเป็นฟองในระยะเวลาผ่านไป 55 นาที จะเกิดสารคาราเมลแลน (caramelan) ซึ่งมีรสขม สารสีน้ำตาลคาราเมล ถูกนำมาใช้ในการแต่งสีซีอิ๊วดำ ซีอิ๊วหวาน แต่งสีน้ำตาลคaramel ประเภทโคล่า และชาชี่

4) ปฏิกริยาเมลลาร์ด (mallard reaction)

การเกิดสารสีน้ำตาลในอาหารจะเร็วขึ้น หากอาหารมีไนโตรเจน โดยเฉพาะสารประเภทเอมีน ปฏิกริยาเริ่มต้นเป็นปฏิกริยาระหว่างกลุ่มคาร์บอนิลของน้ำตาล (-CO) และกลุ่มอะมีน (-NH₂) เกิดอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 112 องศาเซลเซียส หรือที่ pH สูงกว่า 7 ของกรดอะมิโนมักจะเกิดขึ้นในอาหารแห้ง หรือเข้มข้นมีปริมาณน้ำน้อย

5) การดูดความชื้น และการเก็บรักษาความชื้น

โดยน้ำตาลมีผลต่อเนื้อสัมผัสของอาหาร น้ำตาลแต่ละประเภทมีความสามารถในการดูดความชื้นต่างกัน โดยฟรุกโทสดูดความชื้นได้ดีมาก รองลงมาคือ กลูโคส ซูโครส มอลโทส และแล็กโทส ตามลำดับ ซึ่งมีผลต่อความนุ่มและความชุ่มชื้นของอาหาร การเก็บรักษาความชื้นเกี่ยวข้องกับการดูดความชื้น การเก็บรักษาความชื้นหมายถึงการที่น้ำตาล สามารถยึดความชื้นไว้ไม่คายออกสู่บรรยากาศ มีประโยชน์ในการช่วยให้ขนมอบไม่แห้งแข็ง

1.4.3 มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชในวงศ์ปาล์ม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* L.

มะพร้าวเป็นพืชที่มีประโยชน์ในบรรดาพืชเศรษฐกิจเขตร้อน เพราะแทบทุกส่วนของต้นมีประโยชน์ทั้งสิ้น มะพร้าวประกอบด้วยส่วนที่บริโภคได้ร้อยละ 72 และบริโภคไม่ได้ร้อยละ 28 เนื้อมะพร้าวที่สุกแก่เต็มที่มีความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร และเถ้า คิดเป็นร้อยละ 46.30, 4.08, 37.29, 11.29, 3.39 และ 1.03 ตามลำดับ ในเนื้อมะพร้าว 100 กรัม ประกอบด้วยวิตามินบีหนึ่ง 150 หน่วยสากล (IU) วิตามินซี 1 มิลลิกรัม วิตามินอี 0.2 มิลลิกรัม และวิตามินเอเล็กน้อย นอกจากนี้โปรตีนในมะพร้าวมียุคค่าทางอาหารสูง มะพร้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งจากใบมะพร้าว ลำต้น จาวมะพร้าว ผลมะพร้าว หรือแม้แต่กะลามะพร้าว สำหรับผลมะพร้าวนั้นส่วนที่สำคัญ คือ เนื้อมะพร้าวแก่ ซึ่งเป็นที่มาของกะทิ และเนื้อมะพร้าวที่คั้นกะทิแล้วยังสามารถนำมาทำเป็นมะพร้าวแห้งเพื่อสกัดเป็นน้ำมันมะพร้าวได้

มะพร้าวจัดเป็นวัตถุดิบที่สำคัญของการทำขนมไทยเป็นอย่างมาก เพราะขนมไทยแทบทุกชนิดต้องใช้กะทิ ที่คั้นจากมะพร้าว หรือซูดเป็นเส้นสำหรับตกแต่งขนม มะพร้าวที่นิยมใช้ในการทำขนมไทย (ชนศักดิ์, 2554) ได้แก่

ก. มะพร้าวอ่อน

มะพร้าวอ่อนเป็นมะพร้าวที่เปลือกขาวอ่อน เนื้อข้างในนุ่ม นิยมนำน้ำและเนื้อมาใช้เป็นส่วนประกอบในการทำขนมไทย น้ำมะพร้าวทำเป็นวุ้นมะพร้าว เนื้อมะพร้าวหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ในสากุเปือก ข้าวเหนียวเปียก รวมมิตร หรือใช้ทั้งผลทำสังขยามะพร้าวอ่อน ถ้าใช้เป็นมะพร้าวน้ำหอม จะทำให้มีกลิ่นรสที่ดี (ขนิษฐา, 2548)

ข. มะพร้าวทึนทึก

มะพร้าวทึนทึก เป็นมะพร้าวกลางแก่กลางอ่อน เนื้อเริ่มแข็ง มีความมันเพิ่มขึ้น เปลือกค่อนข้างเหลือง กะลาเป็นสีดำ นิยมนำมาซูดเป็นเส้นไว้สำหรับทำไส้ขนม เช่น กวนกับน้ำตาลมะพร้าว หรือน้ำตาลโตนด หรือซูดฝอยไว้เคล้าเกลือ โรยหน้าขนมต่าง ๆ (ขนิษฐา, 2548 ; จริยา, 2549)

ค. มะพร้าวห้าว

มะพร้าวห้าว หรือมะพร้าวแก่ เป็นมะพร้าวที่ผิวมีสีน้ำตาลเข้ม หรือดำ นิยมนำมาซูดใช้ในการคั้นกะทิ เพื่อใช้ในการขนมประเภทต่าง ๆ ซึ่งกะทิที่ได้จะมีลักษณะดังนี้ (จริยา, 2549)

1) กะทิสด ได้จากการซูดมะพร้าวแล้วนำมาคั้น จะได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เข้มข้นเรียกว่า “หัวกะทิ” ส่วนที่เจือจางเรียกว่า “หางกะทิ”

2) กะทิสำเร็จรูป ได้จากการผลิตกะทิเชิงอุตสาหกรรม บรรจุในถุงพลาสติก
กล่องกระดาษ หรือกระป๋องอะลูมิเนียม สามารถเลือกใช้แทนกะทิสดได้

ง. มะพร้าวกะทิ

มะพร้าวกะทิเป็นลักษณะของมะพร้าวชนิดหนึ่ง ลูกมะพร้าวจะหนัก เมื่อ
เขย่าจะไม่ได้ยินเสียงน้ำลูกขลิกลึก (รัมภา, 2552) เนื้อมะพร้าวมีลักษณะเนื้อหนาฟู ขรุขระคล้ายผิว
มะกรูด อ่อนนุ่มชุ่มน้ำ หรือเหลวเป็นครีม รสชาติหวานมัน น้ำมะพร้าวข้นเป็นยาง (ณรงค์, 2549)
นิยมใช้ในขนมประเภทน้ำ เช่น ทับทิมกรอบ บัวลอย น้ำแข็งไส เป็นต้น (จริยา, 2549)

1.5 สีนํามาใช้ในการทำขนมไทย

การใช้สีในการทำขนมไทยเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้ขนมชนิดนั้น ๆ มีความสวยงาม
น่ารับประทาน และสามารถดึงดูดความสนใจจากผู้คนได้ ซึ่งสีที่นำมาใช้ในการทำขนมไทย มี 2
ชนิด คือ สีที่ได้จากธรรมชาติ และสีสังเคราะห์ ดังนี้ (จริยา, 2549; รัมภา, 2552; อบเชย, 2554)

1.5.1 สีที่ได้จากธรรมชาติ เป็นสีที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เหง้า ดอก ผล เมล็ด
แก่น ราก รวมถึงแมลง

ก. สีแดง ได้จากพืชและแมลง ได้แก่

- 1) ผาง เป็นพืชยืนต้น โดยใช้ส่วนของแก่นนำมาต้มกับน้ำ
- 2) ครั่ง เป็นแมลงตัวเล็ก ๆ ที่มักอาศัยอยู่ตามต้นก้ามปู ต้นโพและกิ่งไม้
นำมา ครั่งจะขับสารเรซิน (resin) ที่มีสีแดงคล้ำ ผิวของครั่งขรุขระและแข็ง โดยใช้ครั่งล้างให้
สะอาดแล้วทุบแช่กับน้ำ ประมาณ 16 ชั่วโมง แต่ถ้านำไปตากแดดสีจะออกแดงสดมากยิ่งขึ้น

3) ดอกกระเจี๊ยบ โดยใช้ส่วนของกลีบที่หุ้มผล แกะกลีบออกมาตากให้แห้ง
นำไปต้มกรองด้วยผ้าขาวบาง

ข. สีเหลือง ได้จากเหง้าและดอกไม้ ได้แก่

- 1) ขมิ้นสด โดยปอกเปลือกขมิ้น โขลกให้ละเอียดใส่น้ำคั้น
- 2) เกสรดอกคำฝอย โดยต้มกับน้ำร้อน กรองเอากากออก
- 3) หญ้าฝรั่น เป็นเกสรตัวเมียของดอกไม้จากต่างประเทศ โดยต้มกับน้ำร้อน
กรองเอากากออก ถ้านำไปคั่วหรืออบก่อนจะช่วยให้สีออกมามากขึ้น
- 4) ดอกกรรณิการ์ เป็นดอกไม้ที่มีขนาดเล็กดอกสีขาว โดยใช้หลอดดอกที่มี
นำไปคั้นกับน้ำเล็กน้อย
- 5) ผลตาล โดยใช้ผลสุก นำมาปอกเปลือกด้านนอกออกล้างให้สะอาด
นำมายีเอาแต่เนื้อสีเหลือง ใสลงในถุงผ้าขาวนวลหรือทับด้วยของหนักให้สะเด็ดน้ำ
- 6) ผลพิททอง โดยใช้เนื้อพิททอง นำไปนึ่งให้สุกเอาแต่ส่วนเนื้อพิททองมายี
หรือบดให้ละเอียด

ค. สีเขียว ได้จากใบเตย โดยเลือกใบเตยหอมใบใหญ่ สีเขียวเข้มและมีกลิ่น
หอม นำใบเตยล้างให้สะอาด หั่นแล้วนำไปโขลกหรือปั่นกับน้ำให้ละเอียด คั้นเอาเฉพาะน้ำแล้ว
กรองด้วยผ้าขาวบางก่อนนำไปใช้

ง. สีนํ้าเงิน ได้จากดอกอัญชัน โดยการนำดอกอัญชันล้างน้ำให้สะอาด ใช้
กรรไกรหรือมีดตัดส่วนกลีบสีนํ้าเงิน ใส่นํ้าเล็กน้อยคั้นให้กลีบช้ำ แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง

จ. สีม่วง ได้จากดอกไม้และเมล็ดพืช ได้แก่

- 1) ดอกอัญชัน โดยใช้น้ำคั้นดอกอัญชันผสมกับน้ำมะนาวเล็กน้อย
- 2) ข้าวเหนียวดำ โดยใช้แป้งข้าวเหนียวดำเป็นส่วนผสมในขนม

ฉ. สีดำ ได้จากดอกไม้ เมล็ดพืช และการเผาเปลือกไม้ ได้แก่

- 1) ดอกดิน เป็นพืชขนาดเล็กไม่มีใบ โดยใช้ดอกผสมกับแป้ง แล้วทำให้สุก
จะได้ขนมที่มีสีดำ
- 2) ถั่วดำ โดยใช้เมล็ดถั่วต้มหรือนึ่งให้สุก บดให้ละเอียด นำไปผสมกับแป้ง
ทำขนม หรือทำไส้ขนม
- 3) กาบมะพร้าวและใบตาลแห้งเผา โดยนำไปเผาไฟให้ดำ นำมาโขลกผสม
กับน้ำ แล้วกรองด้วยผ้าขาวบางหลาย ๆ ครั้ง

ช. สีน้ำตาล ได้จากเมล็ดพืช

- 1) กาแฟ โดยใช้กาแฟชงกับน้ำร้อน ตามความต้องการ
- 2) โกโก้ โดยทำเช่นเดียวกับกาแฟ

1.5.2 สีสังเคราะห์ เป็นสีที่เกิดจากการสังเคราะห์สีทางเคมี เพื่อใช้เป็นสีเลียนแบบสี
จากในธรรมชาติ สีสังเคราะห์มี 2 ชนิด คือ สีน้ำ และสีผง

3. การทำแห้ง (dehydration)

การทำให้แห้ง หรือการกำจัดน้ำ (drying) เป็นการใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุม เพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ออกจากอาหาร โดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดของแข็งในการอบแห้งแบบระเหิด (freeze drying) คำจำกัดความนี้จะไม่รวมถึงการกำจัดน้ำออกจากอาหารด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น การแยกโดยทางกล การทำให้ขึ้นโดยการใส่เมมเบรน การระเหยและการอบ เนื่องจากในกระบวนการเหล่านี้จะมีการกำจัดน้ำน้อยกว่าการทำให้แห้ง วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำ คือ การยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity, a_w) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการมักจะต่ำพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

นอกจากนั้นการลดน้ำหนัก และปริมาณของอาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและขนส่ง เพิ่มความหลากหลาย และความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม การทำแห้งทำให้เกิดการสูญเสียทั้งคุณภาพการบริโภค และคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบเครื่องทำแห้ง คือ การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำอาหารแต่ละชนิดให้แห้ง โดยมีการสูญเสียคุณภาพการบริโภค และคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่สุด ตัวอย่างอาหารแห้งที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมที่สำคัญได้แก่ น้ำตาลคาเฟอีน นม มันฝรั่ง แป้ง ถั่ว ถั่วลิสง ส่วนผสมสำหรับทำขนมปัง อาหารเข้าประเภทที่ทำมาจากธัญพืช ไข่ และเครื่องเทศ (วิลโลว์, 2552)

3.1 การถ่ายเทความร้อนและมวลสาร

ในการทำแห้งจะต้องมีการให้พลังงานแก่อาหาร ทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วเคลื่อนย้ายออกจากอาหาร แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนจากธรรมชาติ และกระแสลมที่พัดผ่านอาหารทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำ เนื่องจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิไม่ได้สูงนัก และกระแสลมธรรมชาติไม่สูงพอ ทำให้การตากแห้งต้องใช้เวลาานาน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเครื่องอบที่มีการให้พลังงานความร้อนในปริมาณที่ควบคุมได้ และมีอุปกรณ์ในการ

เคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากผิวอาหาร การถ่ายเทความร้อนและมวลสารเกิดได้เร็ว อาหารจึงแห้งได้เร็วขึ้น การถ่ายเทความร้อน และมวลสารระหว่างการอบแห้งทำได้หลายวิธีดังนี้ คือ

3.1.1 การให้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่ผ่านอาหาร กระแสลมร้อนทำหน้าที่ให้ความร้อนและเคลื่อนย้ายไอน้ำ การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เป็นแบบการพาความร้อน (convection)

3.1.2 การแผ่อาหารเป็นชั้นบาง ๆ บนพื้นผิวที่ให้ความร้อน อาหารได้รับความร้อนแบบการนำความร้อน (conduction) ทำให้ไอน้ำกระจายตัวได้ดี อาหารจึงแห้งในเวลาสั้น ๆ อาจมีระบบดูดอากาศออกจากผิวอาหาร ซึ่งทำให้สามารถลดความชื้นได้ต่ำลงอีก หรือไม่ต้องใช้อุณหภูมิอาหารที่สูงนัก

3.1.3 การให้ความร้อนแก่อาหารในเครื่องอบด้วยการนำความร้อน หรือการแผ่รังสี ร่วมกับการดูดอากาศที่มีไอน้ำออกไปควบแน่นข้างนอก

3.1.4 การปรับสภาพความดัน และอุณหภูมิให้น้ำในอาหารเป็นของแข็งที่ระดับต่ำกว่าจุดรวมสามสถานะ (triple point) แล้วให้พลังงานความร้อน หรือลดความดันลงอีกทำให้เกิดการระเหิด น้ำเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นไอโดยตรง วิธีการนี้เรียกว่าการทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง (freeze drying หรือ lyophilization)

3.2 การเคลื่อนที่ของน้ำ

การเคลื่อนที่ของน้ำเมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากภายในชั้นอาหารออกมาที่ผิว มี 2 วิธี คือ

3.2.1 การเคลื่อนที่ด้วยแรงผ่านช่องแคบ (capillary force) เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเซลล์โปรง มีช่องว่างระหว่างเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นทางแคบ ๆ เกิดแรงดันของน้ำขึ้นมาตามท่อ การเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นได้สะดวกรวดเร็ว แต่จะหยุดเมื่อน้ำในทางแคบ ๆ นั้นขาดตอนลง

3.2.2 การเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (diffusion) ผ่านเซลล์ เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเนื้อแน่น ไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ที่ต่อเนื่องเป็นทางแคบ ๆ หรือเกิดในอาหารที่อบแห้งไประยะหนึ่งที่แรงผ่านช่องแคบหมดไปแล้ว น้ำจะต้องแพร่ผ่านเซลล์จึงเคลื่อนที่ได้ช้า

เมื่อน้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารแล้วจึงระเหยกลายเป็นไอ เคลื่อนย้ายออกไปกับกระแสลม หรือถูกดูดออกไปด้วยระบบสุญญากาศ (สุคนธ์ชื่น, 2552)

3.3 อัตราการทำแห้ง

ลักษณะการเคลื่อนย้ายของน้ำในอาหารมีผลต่ออัตราการทำแห้ง (การสูญเสียน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา) ถ้าอาหารมีเนื้อโป่ง การเคลื่อนที่เป็นแบบการไหลผ่านช่องแคบ (capillary flow) น้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารได้เร็วกว่าการระเหยกลายเป็นไอ จึงทำให้ผิวอาหารเปียกชุ่มด้วยน้ำ การระเหยของน้ำเกิดขึ้นอย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ จึงเรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ ต่อมาเมื่อการไหลผ่านช่องแคบหมดไป น้ำต้องเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ที่ช้าลงมากจนมาที่ผิวไม่เพียงพอ ผิวอาหารจึงแห้ง การระเหยเกิดขึ้นได้ช้าลง อัตราการทำแห้งจึงลดลง เรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง อาหารที่มีเนื้อแน่น น้ำเคลื่อนที่จากภายในขึ้นอาหารได้ช้า จึงมีเฉพาะช่วงอัตราการทำแห้งลดลง การทำแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่อความชื้นของอากาศในเตาสมดุลกับความชื้นของอาหาร หรือค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเท่ากับค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) ของอาหารคูณ 100 และเรียกความชื้นของอาหารขณะนั้นว่า ความชื้นสมดุล

3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

การทำแห้ง คือ การเคลื่อนย้ายน้ำออกจากอาหาร ปัจจัยใด ๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายนี้จึงมีผลต่ออัตราเร็วการทำแห้ง ได้แก่

3.4.1 ธรรมชาติของอาหาร อาหารเนื้อโป่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบ ซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นอาหารเนื้อโป่งจึงแห้งได้เร็วกว่าอาหาร

เนื้อแน่น อาหารที่มีน้ำตาลสูงจะเหนียวเหนอะหนะกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า อาหารที่มี
การลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งได้เร็วขึ้น

3.4.2 ขนาดและรูปร่าง จะมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น รูปร่างเหมือนกัน ขนาด
เล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่
สัมผัสกับอากาศที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ ถ้าชิ้นเล็กมากทับถมกัน การระเหยเกิดได้
เฉพาะที่ผิวสัมผัสกับอากาศจึงเกิดได้ช้าทั้ง ๆ ที่พื้นที่ต่อน้ำหนักมาก

3.4.3 ตำแหน่งของอาหารในเตา น้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัส
กับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำจะระเหยได้ดีกว่า

3.4.4 ปริมาณอาหารต่อถาด ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่าง
ไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อน หรือได้รับความร้อนจากถาดแล้ว แต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่าน
ชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

3.4.5 ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากจะรับ
ไอน้ำเพิ่มได้น้อย จึงมีผลในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่

3.4.6 อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่ม
ความสามารถในการรับไอน้ำ จึงมีผลต่อการทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ และอุณหภูมิที่
สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้น จึงมีผลต่อการอบในช่วงอัตราการทำแห้งลดลงด้วย

3.4.7 ความเร็วของลมร้อน ลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย เมื่อ
ความเร็วลมเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนย้ายได้ดีขึ้น การเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเต็มที่ที่ความเร็วลม 244 เมตรต่อวินาที
นอกจากนั้นความเร็วลมทำให้เกิดกระแสนปั่นป่วนของอากาศในเตา อากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น
(สิวลี, 2551)

3.5 การป้องกันการเกิดสีน้ำตาล

การเกิดสีน้ำตาลของอาหารแห้งเกิดได้จากเอนไซม์ และจากปฏิกิริยาเคมี ในกรณีแรก ป้องกันได้โดยการลวกทำลายเอนไซม์ ใช้เวลาและอุณหภูมิที่เพียงพอในการทำลายเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) หรือแคทาเลส (catalase) ซึ่งทดสอบได้โดยใช้สารละลาย guaiacol และ ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ตามลำดับ ส่วนในกรณีหลัง ป้องกันได้โดยใช้สารประกอบซัลเฟอร์

สารประกอบซัลเฟอร์ช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีของอาหารโดยทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) ทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอนิล (carbonyl group) ของโปรตีน โปรตีนจึงไม่สามารถรวมตัวกับน้ำตาลเกิดปฏิกิริยาต่อไปเป็นสารสีน้ำตาล นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เป็นสารฟอกสีอีกด้วย สารประกอบซัลเฟอร์อาจได้จากการเผาถ่านแต่จะควบคุมปริมาณได้ยาก จึงนิยมใช้เป็นสารละลายโซเดียมหรือโพแทสเซียมหรือเมตาไบซัลไฟต์ ปริมาณการใช้ 2000 ppm. เพียงพอในการป้องกันการเปลี่ยนสีระหว่างการทำแห้ง มีการสูญเสียระหว่างการทำแห้งและการประกอบอาหารจนเหลือประมาณ 50-100 ppm. เมื่อบริโภค แต่การใช้มากเกินไปจะทำให้สีของอาหารซีดลง และมีกลิ่นซัลเฟอร์ ข้อเสียของสารประกอบซัลเฟอร์ คือ ทำลายวิตามินบี และทำให้เกิดการแพ้ในบางคน (สุคนธ์ชื่น, 2552)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบในการทดลอง

1.1 วัตถุดิบสำหรับทำแกงตะวันผง

1) หัวแกงตะวันสด สายพันธุ์ #2 จากสถานีวิจัยเพชรบูรณ์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนา
ระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 วัตถุดิบสำหรับทำขนมไทย

- 1) แป้งข้าวเจ้า (ตราช้างสามเศียร บริษัท โรงเส้นหมี่ขอสง จำกัด)
- 2) แป้งมันสำปะหลัง (ตราปลาไทย 5 ดาว บริษัท อี ที ซี เอียบตงจัน จำกัด)
- 3) แป้งถั่วเขียว (ตราต้นสน บริษัท สิทธิพันธ์ จำกัด)
- 4) แป้งท้าวยายม่อม (ตราปลาไทย 5 ดาว บริษัท อี ที ซี เอียบตงจัน จำกัด)
- 5) แป้งสาลีชนิดเบา (ตราพัดโปก บริษัท ยูไนเต็คฟลาวมิลล์ จำกัด)
- 6) น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด)
- 7) ไข่ไก่ เบอร์ 1 (ตรา ซีพี บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน))

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

- 2.1 อุปกรณ์เครื่องครัวพื้นฐานในห้องปฏิบัติการอาหาร
- 2.2 ที่ใส่ผัก
- 2.3 ตู้อบแห้ง (Tray dryer) รุ่น BWS
- 2.4 เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง

2.5 ถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน (Polyethylene)

2.6 ตะแกรงร่อนแป้ง ขนาด 80 และ 100 เมช

2.7 เครื่องร่อนแป้ง Analysensieb Test Sieve ยี่ห้อ FRITSCH GmbH

3. เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

3.1 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1 เครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab รุ่น Color Flex)

3.1.2 เครื่องวัดค่าความหนืด (Rapid Viscosity Analyzer ยี่ห้อ Newport Scientific รุ่น RVA-Super 3)

3.1.3 เครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร (Texture Analyser รุ่น TA.XT.plus)

3.1.4 เครื่องวัดค่า a_w (Aqua Lab รุ่น 4)

3.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.2.1 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ความชื้น

3.2.2 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ไขมัน

3.2.3 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน

3.2.4 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์เยื่อใย

3.2.5 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์เถ้า

4. อุปกรณ์สำหรับประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

- ตัวอย่างอาหารที่ใช้ทดสอบ
- กล้องพาสติกใสใส่ตัวอย่าง

- ซ้อนพลาสติกขนาดเล็ก

4.2 ใบรายงานผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9 - Hedonic Scaling Test ใน
ภาคผนวก ก

4.3 แบบสอบถาม

5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล

5.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

5.2 โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิธีการ

1. ศึกษากระบวนการผลิตแก่นตะวันผง

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้แก่นตะวัน โดยทำความสะอาดคัดแยกสิ่งปลอมปนออก ปอกเปลือก และหั่นเป็นแผ่นบาง ๆ หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ด้วยที่ไสผัก แช่ในสารละลายที่แตกต่างกัน คือ 1. น้ำกลั่น 2. สารละลายกรดซิตริก (citric acid) ร้อยละ 0.5 (วิภาวี, 2551) 3. สารละลาย โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ (potassium metabisulfite) ร้อยละ 0.05 ล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการทำแห้ง ด้วยตู้อบแห้ง (tray dryer) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส อบจนกระทั่งแก่นตะวันมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 นำไปบดด้วยเครื่องบดผสม แล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช เป็นแก่นตะวันผง นำแก่นตะวันผงที่ได้ บรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน ปิดผนึกด้วยความร้อน และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2. ศึกษาองค์ประกอบของแก่นตะวันผง

นำแก่นตะวันผงที่ได้จากการผลิตมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี โดยวิเคราะห์ทางเคมีและวิเคราะห์ทางกายภาพ ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ทางเคมี นำแก่นตะวันผงทำการวิเคราะห์ทางเคมี (AOAC, 2000) ดังนี้

- 2.1.1 ปริมาณความชื้น
- 2.1.2 ปริมาณโปรตีน
- 2.1.3 ปริมาณไขมัน
- 2.1.4 ปริมาณเยื่อใย
- 2.1.5 ปริมาณเถ้า
- 2.1.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

2.2 วิเคราะห์ทางกายภาพ นำแก่นตะวันผงที่ได้จากกระบวนการผลิต ทำการวิเคราะห์ทางกายภาพ ดังนี้

2.2.1 ค่า a_w

2.2.2 ค่าสีในระบบ CIE $L^* a^* b^*$ โดยใช้เครื่อง Hunter Lab

2.2.3 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง โดยใช้เครื่อง Rapid Visco Analyzer

(RVA)

3. ศึกษาการเสริมแก่นตะวันผงในขนมไทย

ศึกษาดำรับพื้นฐาน และกรรมวิธีการผลิตขนมไทย โดยการคัดเลือกจากขนมที่มีขายทั่วไป และมีวิธีการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก คือ 1. ประเภทวน ได้แก่ ขนมลิ่มกลิ้ง 2. ประเภทนึ่ง ได้แก่ ขนม น้ำดอกไม้ม และ 3. ประเภทอบ ได้แก่ ขนมไข่

3.1 คัดเลือกดำรับพื้นฐาน

3.1.2 ขนมลิ่มกลิ้ง

ศึกษาดำรับพื้นฐานขนมลิ่มกลิ้ง โดยใช้ดำรับเบื้องต้นจำนวน 3 ดำรับ โดยดำรับที่ 1 จากอบเชย (2554) ดำรับที่ 2 จากเสาวฤทธิ์ (2547) ดำรับที่ 3 จากจรรยา (2555) โดยนำดำรับมาปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ใช้แผนการทดลอง RCBD (Randomized Complete Block Design) ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบจำนวน 20 คน โดยทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale) เพื่อใช้เป็นดำรับพื้นฐานในการทำการทดลองต่อไป

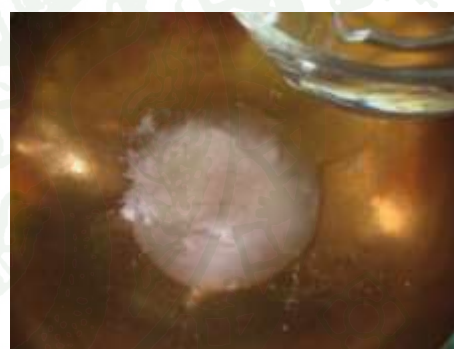
ตารางที่ 4 ดำรับขนมลิ้มกลิ่น

ส่วนผสม (กรัม)	ดำรับที่ 1 อบเชย (2554)	ดำรับที่ 2 เสาวฤทธิ์ (2547)	ดำรับที่ 3 จริยา (2555)
แป้งข้าวเจ้า	60	60	100
แป้งท้าวยายม่อม	7.5	5	-
น้ำตาลทราย	135	265	60
น้ำลอยดอกมะลิ	700	750	175

วิธีการผลิต



1. นำแป้งทั้ง 2 ผสมเข้าด้วยกัน



2. เติมน้ำลงไป คนให้ละลาย แล้วตั้งไฟปานกลาง คนพอขึ้น



3. เติมน้ำตาลทราย กวนจนละลาย



4. ตักใส่พิมพ์

ภาพที่ 9 วิธีการผลิตขนมลิ้มกลิ่น

3.1.2 ขนมน้ำดอกไม้

ศึกษาดำรับพื้นฐานขนมน้ำดอกไม้ โดยใช้ดำรับเบื้องต้นจำนวน 3 ดำรับ โดยดำรับที่ 1 จากอบเชย (2554) ดำรับที่ 2 จากรัมภา (2547) ดำรับที่ 3 จากฤทัย (2555) นำดำรับมาปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยใช้แผนการทดลอง RCBD (Randomized Complete Block Design) ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบจำนวน 20 คน โดยทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale) เพื่อใช้เป็นดำรับพื้นฐานในการทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 5 ดำรับขนมน้ำดอกไม้

ส่วนผสม (กรัม)	ดำรับที่ 1	ดำรับที่ 2	ดำรับที่ 3
	อบเชย (2554)	รัมภา (2552)	ฤทัย (2555)
แป้งข้าวเจ้า	120	90	100
แป้งมัน	7	-	-
แป้งท้าวยายม่อม	-	10	10
น้ำตาลทราย	150	125	130
น้ำลอยดอกมะลิ	450	250	250

วิธีการผลิต



1. ผสมแป้ง และน้ำตาลทรายเข้าด้วยกัน



2. เติมน้ำลงทีละน้อย คนจนน้ำตาลละลาย



3. นึ่งด้วยตะไกรให้ร้อน (10 นาที)



4. เทขนมใส่ถ้วย นึ่งจนสุก (15 นาที)



5. ขนมถ้วยดอกไม้

ภาพที่ 10 วิธีการผลิตขนมถ้วยดอกไม้

3.1.3 ขนมไข่

ศึกษาดำรับพื้นฐานขนมไข่โดยใช้ตำรับเบื้องต้นจำนวน 3 สูตร โดยตำรับที่ 1 จากทัศนีย์ (2532) ตำรับที่ 2 จากเขาวภา (2554) ตำรับที่ 3 จากโรงเรียนสอนการผลิตอาหารและขนมมาตรฐาน (ยูเอฟเอ็ม) (ม.ป.ป.) นำตำรับมาปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ใช้แผนการทดลอง RCBD (Randomized Complete Block Design) ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบจำนวน 20 คน โดยทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale) เพื่อใช้เป็นตำรับพื้นฐานในการทำการทดลองต่อไป

ตารางที่ 6 ตำรับขนมไข่

ส่วนผสม (กรัม)	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3
	ทัศนีย์ (2532)	เขาวภา (2554)	ยูเอฟเอ็ม (ม.ป.ป.)
แป้งสาลีชนิดเบา	150	125	250
น้ำตาลทราย	120	110	175
ไข่ไก่ (ฟอง)	5	-	2
ไข่เป็ด (ฟอง)	-	3	2
น้ำมันาว	5	-	-
กลิ่นวานิลลา	3	3	1
ผงฟู	5	-	5

วิธีการผลิต



1. ร่อนแป้ง และผงฟู พักไว้



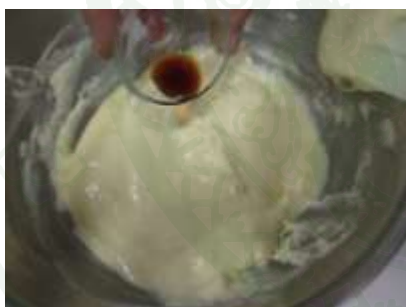
2. ตีไข่ไก่ และน้ำตาลทรายให้เข้ากัน



3. ตีจนไข่ขึ้นฟู



4. ใส่แป้ง คนตะล่อมเบา ๆ



5. เติมน้ำมะนาว และวานิลลา คนจนเข้ากัน



6. ตักหยอดใส่พิมพ์ และนำเข้าเตาอบ



7. ขนมไข่

ภาพที่ 11 วิธีการผลิตขนมไข่

3.2 นำขนมไทยตำรับพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกในข้อ 3.1 มาเสริมด้วยแก่นตะวันผง ร้อยละ 20, 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้ง ใช้แผนการทดลอง RCBD (Randomized Complete Block Design) ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบจำนวน 20 คน โดยทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบ โดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – Point Hedonic Scale)

3.3 ประเมินคุณภาพทางกายภาพของขนมไทยตำรับพื้นฐาน และขนมไทยเสริมแก่นตะวัน วัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b* โดยใช้เครื่อง Hunter Lab และวัดลักษณะสัมผัสของอาหาร ด้วยเครื่อง Texture Analyzer วัดค่าความแข็ง (Hardness) ค่าการยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความหนานทานในการบดเคี้ยว (Chewiness) ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness)

3.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมไทยตำรับพื้นฐาน และขนมไทยเสริมแก่นตะวันที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด ตามวิธี AOAC โดยหาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต

3.5 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) ปริมาณสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) ปริมาณซาลโมเนลลา (*Salmonella*) ปริมาณบาซิลลัส ซีเรียส (*Bacillus cereus*) และปริมาณเอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*)

4. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมไทยที่เสริมแก่นตะวันผงโดยใช้วิธี Central location test (CLT) ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมไทย ด้วยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 – point hedonic scale) กับกลุ่มบุคคลทั่วไปจำนวน 100 คน/ชนิดขนม

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบทางทางกายภาพ และเคมีใช้แผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Bonforoni การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Friedman Test of Ranking โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ

6. สถานที่การทําวิจัย

6.1 ห้องปฏิบัติการอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2 ทดสอบทางประสาทสัมผัส ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.3 สถานที่ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โรงอาหารกลาง 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. ระยะเวลาการทําวิจัย

การทดลองเริ่มตั้งแต่ พฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2557

ผลและวิจารณ์

1. ผลการศึกษากระบวนการผลิตแก่นตะวันผง

จากการศึกษากระบวนการผลิตแก่นตะวันผง โดยแช่แก่นตะวันในน้ำกลั่น สารละลายกรดซิตริก ร้อยละ 0.5 และสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ ร้อยละ 0.05 ดังภาพที่ 13 พบว่าการแช่แก่นตะวันในน้ำกลั่น และสารละลายกรดซิตริก ไม่สามารถยับยั้งเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase : PPO) ได้ดีพอ ส่วนการแช่แก่นตะวันในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ได้ดี ซึ่งเอนไซม์ PPO เป็นตัวเร่งการเกิดออกซิเดชันของ *o*-diphenols ไปเป็น *o*-quinones จะเกิดการรวมตัวกันเองหรือจับกับสารอื่น เช่น โปรตีนหรือน้ำตาลรีดิวซ์ ทำให้เกิดเป็นพอลิเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูงมีสีน้ำตาลหรือสีแดง (สมพิศ, 2554) การเกิดสีน้ำตาลมีผลโดยตรงต่อลักษณะปรากฏ โดยเฉพาะสีที่คล้ำเข้มขึ้นส่งผลต่อสีของแก่นตะวันผงหลังอบแห้งแล้ว



น้ำกลั่น



สารละลายกรดซิตริก



สารละลาย
โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์

ภาพที่ 12 แก่นตะวันอบแห้งหลังแช่สารละลายต่าง ๆ

2. ผลการศึกษาองค์ประกอบของแก่นตะวันผง

2.1 การวิเคราะห์ทางเคมีของแก่นตะวันผง ตามวิธีการของ AOAC (2000)

จากการการผลิตแก่นตะวันผงในข้อ 1 นำแก่นตะวันผงที่ผ่านการอบแห้ง และบดเป็นผง มาวิเคราะห์ทางเคมีของแก่นตะวันผงดังตารางที่ 7 พบว่า แก่นตะวันผงที่ผลิตได้มีปริมาณ ความชื้นร้อยละ 4.24 โปรตีนร้อยละ 9.66 ไขมันร้อยละ 0.05 เยื่อใยร้อยละ 4.58 เถ้ายร้อยละ 4.89 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 76.56

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของแก่นตะวันผง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)
ความชื้น	4.24
โปรตีน	9.66
ไขมัน	0.05
เยื่อใย (crude fiber)	4.58
เถ้า	4.89
คาร์โบไฮเดรต	76.56

2.2 การวิเคราะห์ทางกายภาพ นำแก่นตะวันผงที่ได้จากกระบวนการผลิต ทำการวิเคราะห์ทางกายภาพ ดังนี้

2.2.1 ค่า a_w

จากการวัดค่า a_w ของแก่นตะวันที่แช่ในสารละลายทั้ง 3 ชนิด อบแห้งและบดเป็นผง ดังตารางที่ 8 พบว่า แก่นตะวันผงที่ผ่านการแช่สารละลายน้ำกลั่น สารละลายกรดซิตริก และสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สารละลายแต่ละชนิดจึงไม่มี

ผลต่อค่า a_w ของแก๊นตะวันผง โดยสารละลายน้ำกลั่นมีค่า a_w อยู่ที่ 0.150 สารละลายกรดซิตริกมีค่า a_w อยู่ที่ 0.141 และสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ มีค่า a_w อยู่ที่ 0.160 ซึ่งมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 (วิลโล, 2546) จุลินทรีย์จึงไม่สามารถเจริญเติบโตได้

2.2.2 ค่าสี

จากการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสี วัดค่าสีในระบบ CIE $L^* a^* b^*$ โดยใช้เครื่อง Hunter Lab แก๊นตะวันที่แช่ในสารละลายทั้ง 3 ชนิด อบแห้งและบดเป็นผง ดังตารางที่ 8 พบว่า แก๊นตะวันที่แช่ในน้ำกลั่นมีค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 64.17, 0.90 และ 8.11 ตามลำดับ แก๊นตะวันที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกมีค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 72.32, 0.41 และ 4.79 ตามลำดับ และแก๊นตะวันที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ มีค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 89.92, 0.21 และ 8.45 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า แก๊นตะวันที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์ มีค่า L^* (ค่าความสว่าง) มากกว่าแก๊นตะวันที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก และในน้ำกลั่น ค่าความสว่างที่มีค่าใกล้เคียงกับ 100 หมายถึงตัวอย่างที่ได้จะมีสีขาว ทำให้การนำไปประกอบอาหารประเภทขนม จะไม่ส่งผลในด้านลักษณะปรากฏ ด้านสี ของผลิตภัณฑ์ให้เปลี่ยนไปมาก

ตารางที่ 8 ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพของแก๊นตะวันผง

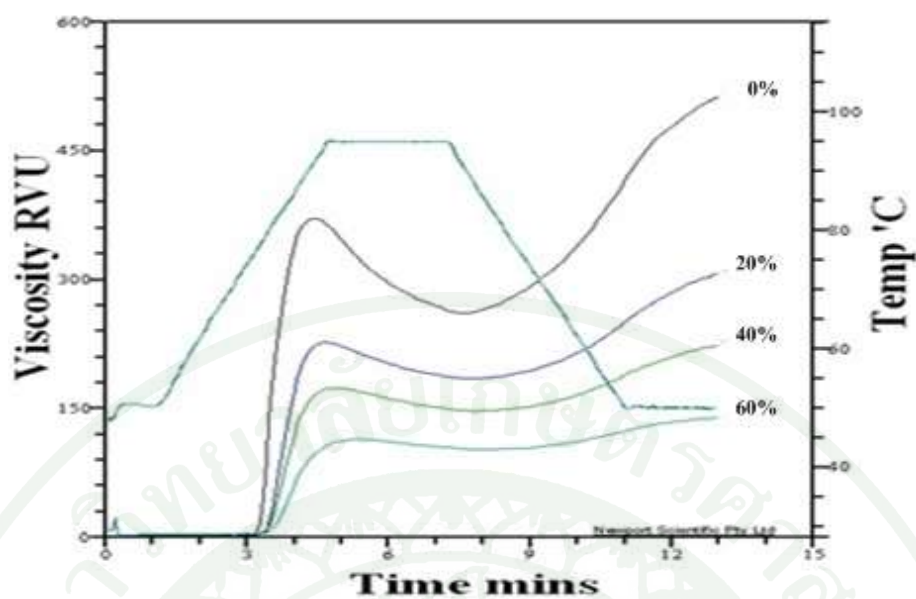
	สารละลาย		
	น้ำกลั่น	กรดซิตริก	โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟท์
ค่า a_w^{ns}	0.15 ± 0.02	0.14 ± 0.02	0.16 ± 0.01
ค่าสี L^*	64.17 ± 0.61^c	72.32 ± 0.38^b	89.92 ± 0.28^a
a^*	0.90 ± 0.98^a	0.41 ± 0.31^b	0.21 ± 0.06^c
b^*	4.11 ± 0.53^c	4.79 ± 0.25^b	8.45 ± 0.31^a

2.2.3 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง โดยใช้เครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

จากผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) พบว่า แก่นตะวันผงไม่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงความหนืดได้ ซึ่งตรงกับ Nottingham (2007) ได้กล่าวว่า แก่นตะวันมีปริมาณแป้งอยู่เพียงเล็กน้อย เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง RVA ไม่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงความหนืดได้

เมื่อนำแก่นตะวันผงไปผสมกับแป้งถั่วเขียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 แล้วทำการวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง RVA ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ความหนืดเป็นกราฟ และแสดงค่าอุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) ความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ความหนืดต่ำสุด (trough viscosity) ความแตกต่างของความหนืดสูงสุด และความหนืดต่ำสุด (breakdown) ความหนืดสูงสุดเมื่อแป้งเย็นตัวลง (final viscosity) การคงตัวของแป้ง (setback from trough) และเวลาที่เกิดค่าความหนืดสูงสุด (peak time) ของแป้งถั่วเขียว (ภาพที่ 13 ตารางที่ 9) แป้งข้าวเจ้า (ภาพที่ 14 ตารางที่ 10) และแป้งสาลี (ภาพที่ 15 ตารางที่ 11) พบว่า อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืดกับเวลาที่เกิดค่าความหนืดสูงสุดของแป้งทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับการเติมแก่นตะวันผง ส่วนค่าความหนืดสูงสุด ความหนืดต่ำสุด ความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและต่ำสุด ความหนืดสูงสุดเมื่อแป้งเย็นตัวลง การคงตัวของแป้ง ของแป้งทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มลดลงตามระดับการเติมแก่นตะวันผง

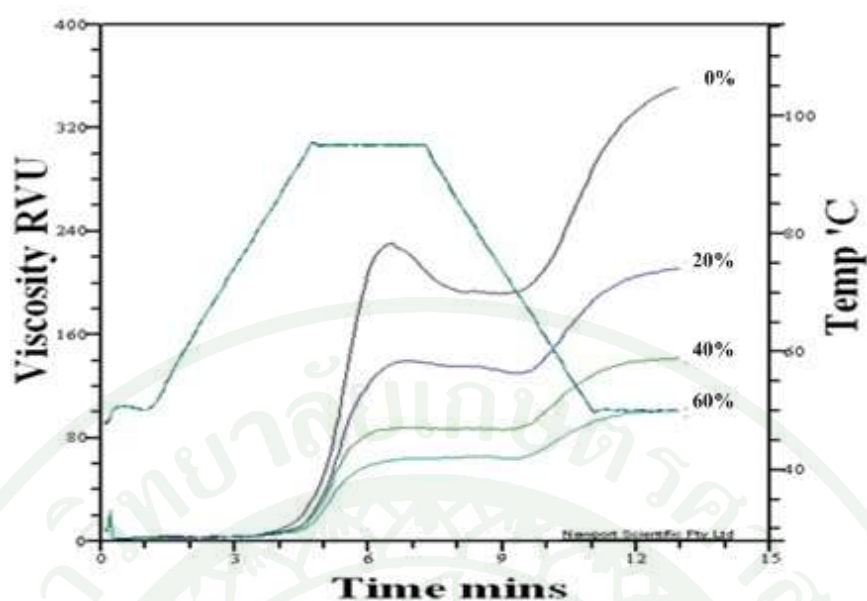
ซึ่งสอดคล้องกับ กฤติกา และสุนทรี (2556) ได้ศึกษาสมบัติด้านความหนืดของ แก่นตะวันผง โดยนำแก่นตะวันผงไปผสมกับแป้งข้าวโพดตัดแปรที่อัตราส่วน 0.02, 0.03, 0.05, 0.1 และ 0.2 กรัม ต่อแป้งข้าวโพดตัดแปร 2 กรัม พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแก่นตะวันผง มีผลทำให้ค่าความหนืดสูงสุด ความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและต่ำสุด ความหนืดสูงสุดเมื่อแป้งเย็นตัวลง และการคงตัวของแป้งมีแนวโน้มลดลง ส่วนเวลาที่เกิดค่าความหนืดสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 13 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเจ้าเติมแค้นตะวันผงที่ระดับต่างๆ
เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer

ตารางที่ 9 สมบัติความหนืดของแป้งข้าวเจ้าเติมแค้นตะวันผงที่วิเคราะห์ด้วย
เครื่อง Rapid Visco Analyzer

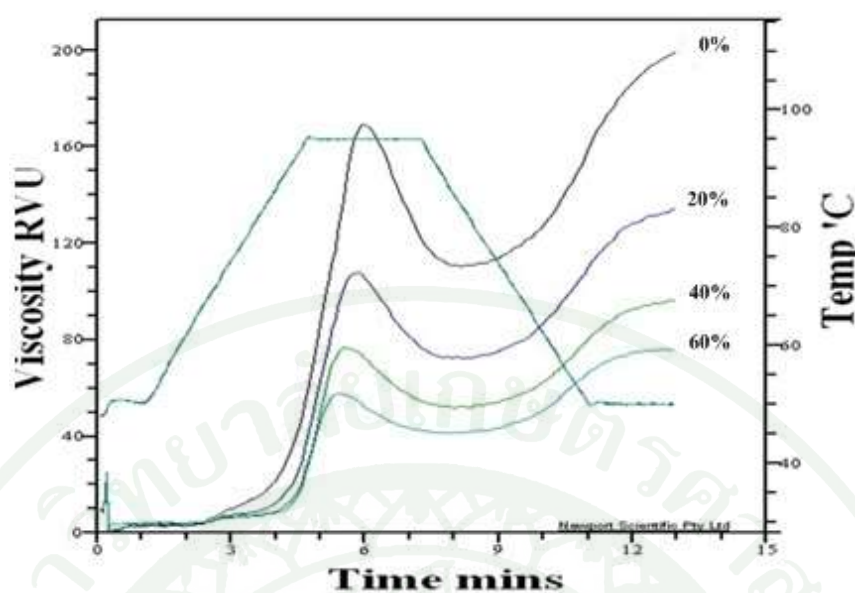
คุณสมบัติ	ระดับการเติมแค้นตะวันผง			
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 20	ร้อยละ 40	ร้อยละ 60
ความหนืดสูงสุด (RVU)	371.17	227.08	174	114.42
ความหนืดต่ำสุด (RVU)	260.92	184.58	146.92	102
ความแตกต่างของความหนืดสูงสุด และต่ำสุด (RVU)	110.25	42.50	27.08	12.42
ความหนืดสูงสุดเมื่อแป้งเย็น (RVU)	513.75	308.17	223.50	139.50
การคงตัวของแป้ง (RVU)	252.83	123.58	76.58	37.50
เวลาที่เกิดค่าความหนืดสูงสุด (min)	4.4	4.67	4.87	5.33
อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (°C)	75.85	78.45	78.45	80



ภาพที่ 14 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเจ้าเติมแก่นตะวันผงที่ระดับต่างๆ
เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer

ตารางที่ 10 สมบัติความหนืดของแป้งข้าวเจ้าเติมแก่นตะวันผงที่วิเคราะห์ด้วย
เครื่อง Rapid Visco Analyzer

คุณสมบัติ	ระดับการเติมแก่นตะวันผง			
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 20	ร้อยละ 40	ร้อยละ 60
ความหนืดสูงสุด (RVU)	230.58	139.75	88	64.83
ความหนืดต่ำสุด (RVU)	191.75	130	86.42	63.83
ความแตกต่างของความหนืดสูงสุด และต่ำสุด (RVU)	38.83	9.75	1.58	1
ความหนืดสูงสุดเมื่อแป้งเย็น (RVU)	352.33	210.83	141.75	101
การคงตัวของแป้ง (RVU)	160.58	80.83	55.33	37.17
เวลาที่เกิดค่าความหนืดสูงสุด (min)	6.53	6.87	6.80	7.80
อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (°C)	91.2	93.7	93.85	94.5



ภาพที่ 15 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งสาลีเติมแก่นตะวันผงที่ระดับต่างๆ
เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer

ตารางที่ 11 สมบัติความหนืดของแป้งสาลีเติมแก่นตะวันผงที่วิเคราะห์ด้วย
เครื่อง Rapid Visco Analyzer

คุณสมบัติ	ระดับการเติมแก่นตะวันผง			
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 20	ร้อยละ 40	ร้อยละ 60
ความหนืดสูงสุด (RVU)	160.25	107.75	76.75	57.75
ความหนืดต่ำสุด (RVU)	110.67	72.08	51.67	41.08
ความแตกต่างของความหนืดสูงสุด และต่ำสุด (RVU)	58.58	35.67	25.08	16.67
ความหนืดสูงสุดเมื่อแป้งเย็น (RVU)	199.75	134.42	96.42	76.17
การคงตัวของแป้ง (RVU)	89.08	62.33	44.75	35.08
เวลาที่เกิดค่าความหนืดสูงสุด (min)	5.93	5.87	5.53	5.4
อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (°C)	87.95	90.4	91.35	92.15

3. ผลการศึกษาการผลิตขนมไทย

3.1 การคัดเลือกตำรับพื้นฐานในการผลิตขนมไทย

3.1.1 ขนมลิ่มกลืน

จากการศึกษาการผลิตขนมลิ่มกลืนตำรับพื้นฐานจำนวน 3 ตำรับ จากนั้นนำขนมลิ่มกลืนไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม กับผู้ทดสอบ ดังตารางที่ 12 พบว่า ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของขนมลิ่มกลืนตำรับที่ 2 และ 3 มีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง และไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับตำรับที่ 1 ในด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม มีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เนื่องจากขนมลิ่มกลืนตำรับที่ 1 มีลักษณะปรากฏที่คงตัว และเนื้อสัมผัสที่นุ่มหนึบ ซึ่งแตกต่างกับตำรับที่ 2 มีลักษณะปรากฏที่ไม่คงตัว และมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม ส่วนในตำรับที่ 3 มีเนื้อสัมผัสที่แข็งกระด้าง จึงคัดเลือกตำรับที่ 1 เป็นตำรับพื้นฐานในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 12 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมลื้มกลืนตำรับพื้นฐาน

คุณลักษณะ	ขนมลื้มกลืน		
	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3
ลักษณะปรากฏ	7.75±0.63 ^a	7.10±0.55 ^b	6.10±0.78 ^c
สี ^{ns}	6.75±0.78	6.75±0.85	6.80±0.76
กลิ่น ^{ns}	6.35±0.48	6.20±0.52	6.35±0.58
รสชาติ	7.00±0.64 ^a	6.30±0.65 ^b	5.60±0.82 ^c
เนื้อสัมผัส	7.10±0.71 ^a	6.55±0.60 ^b	5.45±0.94 ^c
ความชอบรวม	7.35±0.58 ^a	6.55±0.68 ^b	6.40±0.88 ^b

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

3.1.2 ขนมน้ำดอกไม้ม

จากการศึกษาการผลิตขนมน้ำดอกไม้มตำรับพื้นฐานจำนวน 3 ตำรับ จากนั้นนำขนมน้ำดอกไม้มไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม กับผู้ทดสอบ ดังตารางที่ 13 พบว่า คุณลักษณะด้านสี รสชาติ และเนื้อสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้มทั้ง 3 ตำรับ มีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง ด้านกลิ่นมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏของตำรับที่ 2 และ 3 มีลักษณะปรากฏของการบวมของหน้าขนมที่ดีกว่าตำรับที่ 1 ในด้านความชอบรวม มีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยขนมน้ำดอกไม้มตำรับที่ 2 มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด จึงคัดเลือกตำรับที่ 2 เป็นตำรับพื้นฐานในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 13 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้ตำรับพื้นฐาน

คุณลักษณะ	ขนมน้ำดอกไม้		
	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3
ลักษณะปรากฏ	6.50±0.82 ^{ab}	7.40±0.88 ^a	7.75±0.96 ^b
สี ^{ns}	7.30±0.97	7.45±0.88	7.50±0.94
กลิ่น ^{ns}	6.45±0.99	6.80±1.15	6.80±0.95
รสชาติ ^{ns}	7.40±0.88	7.25±1.16	7.00±1.07
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.10±1.20	7.15±1.18	7.10±1.25
ความชอบโดยรวม	6.95±0.82 ^a	7.65±0.93 ^b	7.15±0.87 ^a

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

3.1.3 ขนมน้ำ

จากการศึกษาการผลิตขนมน้ำตำรับพื้นฐานจำนวน 3 ตำรับ จากนั้นนำขนมน้ำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม กับผู้ทดสอบ ดังตารางที่ 14 พบว่า คุณลักษณะด้านสี รสชาติ และเนื้อสัมผัสของขนมน้ำทั้ง 3 ตำรับได้รับคะแนนความชอบระดับชอบปานกลาง และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏของตำรับที่ 1 และ 2 มีได้รับคะแนนใกล้เคียงกัน ในด้านกลิ่น ตำรับที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบระดับปานกลาง ซึ่งมีคะแนนสูงกว่าตำรับที่ 2 กับตำรับที่ 3 โดยตำรับที่ 1 ใช้ไข่ไก่เป็นส่วนผสมหลักจะมีกลิ่นไข่ที่ผู้ทดสอบคุ้นเคยและยอมรับกลิ่นไข่ไก่ได้ แต่ส่วนสูตรที่ 2 ใช้ไข่ไก่ผสมไข่เป็ด และสูตรที่ 3 ใช้ไข่เป็ดทั้งหมด ผู้ทดสอบอาจไม่ยอมรับกลิ่นของไข่เป็ดที่ใช้ จึงคัดเลือกตำรับที่ 1 เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 14 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมไข่ตำรับพื้นฐาน

คุณลักษณะ	ขนมไข่		
	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3
ลักษณะปรากฏ	7.35±0.48 ^{ab}	6.95±0.75 ^b	6.40±0.59 ^c
สี ^{ns}	7.30±0.94	7.50±0.88	7.45±0.88
กลิ่น	7.05±0.82 ^a	6.30±0.73 ^b	5.95±0.60 ^c
รสชาติ ^{ns}	7.35±0.48	7.25±0.55	7.20±0.69
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.45±0.51	7.15±0.81	7.15±0.48
ความชอบโดยรวม	7.55±0.51 ^a	6.95±0.60 ^b	6.45±0.88 ^c

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

3.2 การเสริมแก่นตะวันผงในขนมไทย

3.2.1 การเสริมแก่นตะวันผงในขนมลิ่มกลืน

เมื่อนำแก่นตะวันผงที่ผลิตได้จากข้อ 1 มาเสริมลงในขนมลิ่มกลืนตำรับพื้นฐานที่ได้จากข้อ 3.1 โดยเสริมแก่นตะวันผงที่ระดับร้อยละ 20, 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้งข้าวเจ้าแล้ว นำขนมลิ่มกลืนเสริมแก่นตะวันผงที่ได้มาวิเคราะห์ทางกายภาพในด้านสี เนื้อสัมผัส และการยอมรับทางประสาทสัมผัส

1) ผลของการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีของขนมลิ่มกลืนเสริมแก่นตะวันผง

จากการวัดคุณภาพด้านสีเสริมแก่นตะวันผงในขนมลิ่มกลืนในระดับต่าง ๆ

ในระบบ CIE L* a* b* โดยใช้เครื่อง Hunter Lab ดังตารางที่ 18 พบว่า มีค่า L* a* b* ของทุกระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สีของขนมลื้มกลืนตำรับพื้นฐาน มีค่า L* a* ต่ำสุด และเมื่อเสริมแก่นตะวันผงลงในขนมลื้มกลืนเพิ่มขึ้น ค่า L* a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมแก่นตะวันผง และค่า b* เมื่อเสริมแก่นตะวันผงลงในขนมลื้มกลืนเพิ่มขึ้น ค่า b* มีแนวโน้มลดลงตามระดับการเสริม

ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีขนมลื้มกลืนเสริมแก่นตะวันผง

ค่าสี	ตำรับพื้นฐาน	ขนมลื้มกลืนเสริมแก่นตะวันผง (ร้อยละ)		
		20	40	60
L*	35.14±1.12 ^a	35.14±1.12 ^a	40.73±1.56 ^b	42.68±1.20 ^c
a*	-2.46±0.21 ^a	-2.73±0.09 ^a	-2.92±0.34 ^b	-3.34±0.26 ^c
b*	-10.12±0.64 ^a	-8.54±0.48 ^b	-7.17±0.84 ^c	-5.92±0.70 ^d

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c, d หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2) ผลของการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมลื้มกลืนเสริมแก่นตะวันผง

จากการวัดคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของขนมลื้มกลืนเสริมแก่นตะวันผงในระดับต่าง ๆ โดยใช้เครื่อง Texture Analyser ดังตารางที่ 19 พบว่า ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) และค่าความหนานหนืด (Chewiness) ของขนมลื้มกลืนที่เสริมแก่นตะวันผงแต่ละระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าที่วัดได้มีแนวโน้มลดลงตามระดับของการเสริมแก่นตะวันผง

ตารางที่ 16 ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมลิ่มกลืนเสริมแก่นตะวันผง

ค่าเนื้อสัมผัส	ค่ารับพื้นฐาน	ขนมลิ่มกลืนเสริมแก่นตะวันผง (ร้อยละ)		
		20	40	60
Hardness (g)	1530.04±134.99 ^a	1250.88±133.93 ^b	1035.37±65.20 ^c	871.19±89.25 ^d
Springiness (mm)	0.94±0.01 ^a	0.93±0.01 ^a	0.88±0.02 ^b	0.82±0.03 ^c
Cohesiveness (g/sec)	0.82±0.01 ^a	0.81±0.01 ^a	0.70±0.03 ^b	0.65±0.03 ^c
Chewiness (g/sec)	1194.01±100.19 ^a	941.96±94.79 ^b	640.35±64.80 ^c	473.54±63.41 ^d

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c, d หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

3) ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมลื้มกลืนเสริมแก่นตะวันผง

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมลื้มกลืนเสริมแก่นตะวันผงในระดับต่าง ๆ ดังตารางที่ 17 พบว่า คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่คุณลักษณะด้านกลิ่น และรสชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ขนมลื้มกลืนที่เสริมแก่นตะวันผงเพิ่มขึ้นในแต่ละระดับ จะมีลักษณะปรากฏที่อ่อนนุ่มมากขึ้น และมีกลิ่นของแก่นตะวันผงเพิ่มมากขึ้น คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของทุกปัจจัยคุณภาพอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยการเสริมแก่นตะวันผงร้อยละ 40 ได้รับความชอบโดยรวมมากกว่าการเสริมแก่นตะวันที่ร้อยละ 20 กับ 60 และมีคะแนนไม่แตกต่างกับขนมลื้มกลืนดำรับพื้นฐาน

ตารางที่ 17 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมลื้มกลืนเสริมแก่นตะวันผง

คุณลักษณะ	ดำรับพื้นฐาน	ขนมลื้มกลืนเสริมแก่นตะวันผง (ร้อยละ)		
		20	40	60
ลักษณะปรากฏ	7.15±0.74 ^{ab}	6.90±0.44 ^{bc}	6.85±0.48 ^c	6.25±0.55 ^d
สี	7.00±0.79 ^{ab}	6.90±0.71 ^b	6.50±0.73 ^c	6.30±0.76 ^d
กลิ่น ^{ns}	6.70±0.88	6.75±0.78	6.80±0.76	6.80±0.77
รสชาติ ^{ns}	6.15±0.87	6.30±0.72	6.45±0.77	6.35±0.70
เนื้อสัมผัส	7.15±0.71 ^a	6.80±0.69 ^{bc}	6.65±0.70 ^c	5.80±0.76 ^d
ความชอบโดยรวม	7.20±0.41 ^{abc}	6.95±0.51 ^b	7.30±0.67 ^c	6.50±0.55 ^d

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c, d หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

3.2.2 การเสริมแก่นตะวันผงในขนมเค้กน้ำดอกไม้

เมื่อนำแก่นตะวันผงที่ผลิตได้จากข้อ 1 มาเสริมลงในขนมเค้กน้ำดอกไม้ดำรับพื้นฐานที่ได้จากข้อ 3.1 โดยเสริมแก่นตะวันผงที่ระดับร้อยละ 20, 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า แล้วนำขนมเค้กน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผงที่ได้ มาวิเคราะห์ทางกายภาพในด้านสี เนื้อสัมผัส และการทดสอบทางประสาทสัมผัส

1) ผลของการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีของขนมเค้กน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผง

จากการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีของขนมเค้กน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผงในขนมเค้กน้ำดอกไม้ในระดับต่าง ๆ ในระบบ CIE L* a* b* โดยใช้เครื่อง Hunter Lab ดังตารางที่ 18 พบว่า ค่าสี L* a* b* ขนมเค้กน้ำดอกไม้ดำรับพื้นฐาน และขนมเค้กน้ำดอกไม้ที่เสริมแก่นตะวันผงทุกระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สีของขนมเค้กน้ำดอกไม้ได้มีการเสริมแก่นตะวันผงจะมีแนวโน้มไปทางสีเหลืองมากขึ้นตามระดับการเสริม

ตารางที่ 18 ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีของขนมเค้กน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผง

ค่าสี	ดำรับพื้นฐาน	ขนมเค้กน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผง (ร้อยละ)		
		20	40	60
L*	58.64±0.46 ^d	59.13±0.60 ^c	61.21±0.33 ^b	63.59±0.54 ^a
a*	-2.76±0.12 ^a	-2.66±0.31 ^b	-2.60±0.20 ^c	-2.58±0.11 ^d
b*	-6.49±0.78 ^a	-6.19±0.43 ^b	-5.87±0.84 ^c	-5.36±0.74 ^d

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c, d หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2) ผลของการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้เสริม แก่นตะวันผง

จากการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผงในระดับต่าง ๆ โดยใช้เครื่อง Texture Analyser ดังตารางที่ 19 พบว่า ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าการยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) และค่าความทนทานในการบดเคี้ยว (Chewiness) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าที่วัดได้มีแนวโน้มลดลงตามระดับการเสริมแก่นตะวันผง

3) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผง

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผงในระดับต่าง ๆ ดังตารางที่ 20 พบว่า คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในระดับชอบเล็กน้อย แต่คุณลักษณะด้านสี และรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสส่วนใหญ่ในระดับชอบปานกลาง การเสริมแก่นตะวันผงในขนมน้ำดอกไม้ในระดับที่เพิ่มมากขึ้นจะมีผลทำให้คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏเกิดการบวมของตัวขนมลดลง ด้านกลิ่นทำให้ขนมน้ำดอกไม้มีกลิ่นของแก่นตะวันผงเพิ่มมากขึ้น และด้านเนื้อสัมผัสทำให้มีลักษณะที่แข็งมากขึ้น

ตารางที่ 19 ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของขนม น้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผง

ค่าเนื้อสัมผัส	ค่าเริ่มต้น	ขนม น้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผง (ร้อยละ)		
		20	40	60
Hardness (g)	4523.86±832.71 ^a	4028.14±779.89 ^b	3725.74±485.12 ^c	3444.64±732.80 ^d
Springiness (mm)	0.66±0.12 ^a	0.65±0.11 ^b	0.64±0.04 ^c	0.63±0.06 ^d
Cohesiveness (g/sec)	0.65±0.04 ^a	0.58±0.07 ^b	0.56±0.04 ^c	0.54±0.06 ^d
Chewiness (g/sec)	1927.50±884.77 ^a	1684.19±779.98 ^b	1495.51±208.49 ^c	1239.96±128.28 ^d

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c, d หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 20 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผง

คุณลักษณะ	ค่ารับพื้นฐาน	ขนมน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผง (ร้อยละ)		
		20	40	60
ลักษณะปรากฏ	7.05±1.43 ^{ab}	7.15±0.91 ^a	7.10±1.12 ^a	6.15±1.34 ^b
กลิ่น	6.80±1.05 ^a	6.95±1.46 ^{bc}	7.05±1.23 ^b	6.50±1.10 ^c
สี ^{ns}	7.00±1.45	6.95±0.82	6.65±1.42	6.25±1.29
รสชาติ ^{ns}	6.75±1.37	6.85±1.18	6.90±1.29	6.30±1.68
เนื้อสัมผัส	7.45±1.19 ^a	7.10±1.20 ^{ab}	6.50±1.46 ^b	5.90±1.82 ^c
ความชอบโดยรวม	7.00±0.79 ^a	7.00±1.07 ^a	6.70±1.26 ^b	5.95±1.05 ^c

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

3.2.3 การเสริมแก่นตะวันผงในขนมไข่

เมื่อนำแก่นตะวันผงที่ผลิตได้จากข้อ 1 มาเสริมลงในขนมไข่ค่ารับพื้นฐานที่ได้จากข้อ 3.1 โดยเสริมแก่นตะวันผงที่ระดับร้อยละ 20, 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้งสาลี แล้วนำขนมไข่เสริมแก่นตะวันผงที่ได้ มาวิเคราะห์ทางกายภาพในด้านสี เนื้อสัมผัส และการทดสอบทางประสาทสัมผัส

1) ผลของการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง

จากการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผงในขนมไข่ในระดับต่าง ๆ ในระบบ CIE L* a* b* โดยใช้เครื่อง Hunter Lab ดังตารางที่ 21 พบว่า ค่าสี L* a* b* ขนมไข่ค่ารับพื้นฐาน และขนมไข่ที่เสริมแก่นตะวันผงทุกระดับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สีของขนมไข่ที่ได้หลังอบแล้วจะออกสีในโทนสีเหลือง

ตารางที่ 21 ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง

ค่าสี	ค่ารับพื้นฐาน	ขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง (ร้อยละ)		
		20	40	60
L* ^{ns}	71.20±2.23	70.29±1.61	69.67±1.61	69.18±2.97
a* ^{ns}	2.32±0.33	2.60±0.23	3.26±1.36	3.32±0.21
b* ^{ns}	26.75±0.71	27.15±0.71	27.56±0.46	27.70±0.27

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2) ผลของการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง

จากการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผงในระดับต่าง ๆ โดยใช้เครื่อง Texture Analyser ดังตารางที่ 22 พบว่า ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าการยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) และค่าความทนทานในการบดเคี้ยว (Chewiness) ของขนมไข่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความทนทานในการบดเคี้ยว (Chewiness) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมแก่นตะวันผง ส่วนค่าการยืดหยุ่น (Springiness) และค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) มีแนวโน้มลดลงตามระดับการเสริมแก่นตะวันผง

ตารางที่ 22 ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง

ค่าเนื้อสัมผัส	ค่าเริ่มต้น	ขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง (ร้อยละ)		
		20	40	60
Hardness (g)	1616.60±411.47 ^a	3430.36±704.58 ^{ab}	3917.47±1679.73 ^b	5979.84±2211.58 ^c
Springiness (mm)	0.90±0.02 ^a	0.89±0.01 ^{ab}	0.73±0.10 ^c	0.62±0.03 ^d
Cohesiveness (g/sec)	0.75±0.04 ^a	0.67±0.03 ^b	0.65±0.07 ^{bc}	0.60±0.02 ^c
Chewiness (g/sec)	1118.18±367.57 ^a	2090.55±619.29 ^{ab}	3110.30±575.50 ^b	3150.74±714.11 ^b

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b, c, d หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

3) ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผงในระดับต่าง ๆ ดังตารางที่ 23 พบว่า คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในระดับชอบปานกลาง แต่คุณลักษณะด้านสี กลิ่น และรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสส่วนใหญ่ในระดับชอบปานกลาง การเสริมแก่นตะวันผงลงในขนมไข่ ในระดับที่เพิ่มมากขึ้นมีผลให้คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏของขนมไข่เปลี่ยนแปลงไปตามระดับของการเสริม การขึ้นฟูของขนมไข่ลดลง สอดคล้องกับคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส เมื่อเพิ่มระดับการเสริมแก่นตะวันผงทำให้เนื้อสัมผัสของขนมมีความแน่นเหนียวมากขึ้น

ตารางที่ 23 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง

คุณลักษณะ	ตำรับพื้นฐาน	ขนมไข่ผสมแก่นตะวันผง (ร้อยละ)		
		20	40	60
ลักษณะปรากฏ	7.55±0.99 ^a	7.50±1.00 ^a	6.80±1.00 ^b	6.30±1.08 ^b
สี ^{ns}	7.25±1.06	7.45±1.14	7.15±1.30	7.20±1.36
กลิ่น ^{ns}	6.95±1.09	6.90±0.85	6.95±0.88	7.20±0.69
รสชาติ ^{ns}	7.10±0.93	7.05±1.07	7.05±0.77	6.89±0.99
เนื้อสัมผัส	7.20±1.54 ^a	7.10±1.33 ^a	6.40±1.25 ^b	6.20±1.57 ^b
ความชอบรวม	7.30±0.57 ^a	7.30±0.97 ^a	7.05±0.68 ^{ab}	6.55±1.05 ^b

หมายเหตุ สัญลักษณ์ a, b หมายถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

3.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมไทยเสริมแก่นตะวันผงที่ได้รับคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมลิ้มกลิ่นเสริมแก่นตะวันผงที่ได้รับคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ดังตารางที่ 24 พบว่า ขนมลิ้มกลิ่นเสริมแก่นตะวันผงร้อยละ 40 มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 71.04, 0.57, 0.69, 0.15, 0.69 และ 26.86 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของขนมลิ้มกลิ่นเสริมแก่นตะวันผง กับขนมลิ้มกลิ่นดำรับพื้นฐาน พบว่า ขนมลิ้มกลิ่นเสริมแก่นตะวันผงมีความชื้นลดลงร้อยละ 4.27 และมีโปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ที่เพิ่มมากที่สุดคือ เถ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 93.33 รองลงมาคือ ไขมัน และ เยื่อใยเพิ่มขึ้นร้อยละ 30.43

ตารางที่ 24 องค์ประกอบทางเคมีของขนมลิ้มกลิ่นเสริมแก่นตะวันผง

องค์ประกอบทางเคมี	ขนมลิ้มกลิ่น		
	ดำรับพื้นฐาน	เสริมแก่นตะวันผง ร้อยละ 40	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
ความชื้น	74.21	71.04	ลด 4.27
โปรตีน	0.17	0.57	เพิ่ม 70.17
ไขมัน	0.48	0.69	เพิ่ม 30.43
เถ้า	0.01	0.15	เพิ่ม 93.33
เยื่อใย (crude fiber)	0.48	0.69	เพิ่ม 30.43
คาร์โบไฮเดรต	24.65	26.86	เพิ่ม 8.11

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผงที่ได้รับคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ดังตารางที่ 25 พบว่า ขนมน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผงร้อยละ 40 มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 50.84, 2.59, 0.01, 0.60, 0.78 และ 45.18ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของขนมน้ำดอกไม้

เสริมแก่นตะวันผง กับขนม น้ำดอกไม้น้ำตาลพื้นฐาน พบว่า ขนม น้ำดอกไม้น้ำตาลเสริมแก่นตะวันผงมีความชื้นลดลงร้อยละ 1.66 และมีโปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ที่เพิ่มมากที่สุดคือ เยื่อใยเพิ่มขึ้นร้อยละ 37.17 รองลงมาคือ เถ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 18.33 และ โปรตีนเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.67

ตารางที่ 25 องค์ประกอบทางเคมีของขนม น้ำดอกไม้น้ำตาลเสริมแก่นตะวันผง

องค์ประกอบทางเคมี	ขนม น้ำดอกไม้น้ำตาล		
	น้ำตาลพื้นฐาน	เสริมแก่นตะวันผง ร้อยละ 40	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
ความชื้น	51.70	50.84	ลด 1.66
โปรตีน	2.21	2.59	เพิ่ม 14.67
ไขมัน	0.01	0.01	-
เถ้า	0.49	0.60	เพิ่ม 18.33
เยื่อใย (crude fiber)	0.48	0.78	เพิ่ม 37.17
คาร์โบไฮเดรต	45.11	45.18	เพิ่ม 0.15

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนม น้ำตาลเสริมแก่นตะวันผงที่ได้รับคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ดังตารางที่ 26 พบว่า ขนม น้ำตาลเสริมแก่นตะวันผงร้อยละ 20 มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 18.44, 14.14, 3.63, 1.48, 0.84 และ 61.61 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของขนม น้ำตาลเสริมแก่นตะวันผง กับขนม น้ำตาลพื้นฐาน พบว่า ขนม น้ำตาลเสริมแก่นตะวันผงมีความชื้นลดลงร้อยละ 13.67 และมีโปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ที่เพิ่มมากที่สุดคือ เยื่อใย ร้อยละ 50 รองลงมาคือ เถ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 27.03 และ ไขมันเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.85

ตารางที่ 26 องค์ประกอบทางเคมีของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง

องค์ประกอบทางเคมี	ขนมไข่		
	สูตรพื้นฐาน	เสริมแก่นตะวันผง ร้อยละ 20	ความแตกต่าง (ร้อยละ)
ความชื้น	21.36	18.44	ลด 13.67
โปรตีน	13.79	14.14	เพิ่ม 2.47
ไขมัน	3.49	3.63	เพิ่ม 3.85
เถ้า	1.08	1.48	เพิ่ม 27.03
เยื่อใย (crude fiber)	0.42	0.84	เพิ่ม 50
คาร์โบไฮเดรต	59.72	61.61	เพิ่ม 3.06

3.4 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง

จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง โดยตรวจวิเคราะห์ในด้านความสะอาดทั่วไปเกี่ยวกับสุขาภิบาล คือ ตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) ปริมาณซาลโมเนลลา (*Salmonella*) ปริมาณบาซิลลัส ซีเรียส (*Bacillus cereus*) และปริมาณเอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*) พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา และปริมาณสตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ปริมาณซาลโมเนลลา ปริมาณบาซิลลัส ซีเรียส และปริมาณเอสเชอริเชีย โคไล ของขนมไข่ที่ผลิตได้ทั้ง 3 ชนิด มีค่าอยู่ในระดับมาตรฐานที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2552) ฉบับที่ 1531 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมไข่ มาตรฐานเลขที่ มผช.1/2552 ในด้านจุลินทรีย์ คือ ในตัวอย่าง 1 กรัม จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน 1×10^6 โคโลนี สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ไม่เกิน 100 โคโลนี ยีสต์ ไม่เกิน 1×10^4 โคโลนี และรา ไม่เกิน 500 โคโลนี

ตารางที่ 27 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง

จุลินทรีย์	ขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง		
	ขนมลิ่มกลั่น	ขนมน้ำดอกไม้ม	ขนมไข่
Total plate count (CFU/g)	<10	<10	40
Yeast and mole (CFU/g)	<10	<10	10
<i>S. aureus</i> (CFU/g)	<10	<10	<10
<i>Salmonella</i> (e/25 g)	-	-	ไม่พบ
<i>B. cereus</i> (CFU/g)	<10	<10	<10
<i>E. coli</i> (MPN/g)	<3	<3	<3

หมายเหตุ: <10 หมายถึง ไม่พบโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

<3 หมายถึง ไม่พบการเจริญของเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ

8. ผลการยอมรับขนมไทยเสริมแก่นตะวันผงของผู้บริโภค (Consumer test)

จากการทดสอบการยอมรับได้คัดเลือกขนมไทยเสริมแก่นตะวันผงที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ ขนมลิ่มกลั่นเสริมแก่นตะวันผงร้อยละ 40 ขนมน้ำดอกไม้มเสริมแก่นตะวันผงร้อยละ 40 และขนมไข่เสริมแก่นตะวันผงร้อยละ 20 ทำการทดสอบกับผู้บริโภคอีกครั้ง โดยทำการทดสอบ ณ โรงอาหารกลาง 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ทดสอบเป็นเพศหญิงร้อยละ 56 เพศชายร้อยละ 44 โดยมีอายุไม่เกิน 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 18 ช่วงอายุ 21-25 ปี คิดเป็นร้อยละ 24 ช่วงอายุ 26-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 19 ช่วงอายุ 31-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 17 ช่วงอายุ 36-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 11 และอายุมากกว่า 41 ปี คิดเป็นร้อยละ 10 ด้านระดับการศึกษาต่ำกว่ามัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 2 ระดับมัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 3 ระดับ

อนุปริญญา (ปวส. ปวช.) คิดเป็นร้อยละ 4 ระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 68 สูงกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 23 ด้านรายได้ต่อเดือนของผู้ทดสอบ น้อยกว่า 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 47 ในช่วง 10,001-15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 13 ในช่วง 15,000-20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 16 ในช่วง 20,001-25,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 7 ในช่วง 25,001-30,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 5 ในช่วง 30,001-35,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 5 อยู่ในช่วง 35,001-40,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 6 และรายได้สูงกว่า 40,001 บาท คิดเป็นร้อยละ 1 ด้านอาชีพของผู้ทดสอบ เป็นอาชีพนักเรียนนักศึกษา ร้อยละ 59 ข้าราชการ ร้อยละ 26 พนักงานบริษัทเอกชน ร้อยละ 8 ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย ร้อยละ 5 และอาชีพอื่นๆ ร้อยละ 2

ตารางที่ 28 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภค

ข้อมูลพื้นฐาน		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ			
หญิง		56	56
ชาย		44	44
อายุ			
ไม่เกิน	20 ปี	18	18
	21-25 ปี	25	24
	26-30 ปี	19	19
	31-35 ปี	17	17
	36-40 ปี	11	11
มากกว่า	41 ปี	10	10
การศึกษา			
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา		2	2
มัธยมศึกษา		3	3
อนุปริญญา	(ปวช./ปวส.)	4	4

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ข้อมูลพื้นฐาน		จำนวน (คน)	ร้อยละ
ปริญญาตรี		68	68
สูงกว่าปริญญาตรี		23	23
รายได้			
น้อยกว่า	10000	47	47
	10001-15000	13	13
	15001-20000	16	16
	20001-25000	7	7
	25001-30000	5	5
	30001-35000	5	5
	35001-40000	6	6
	สูงกว่า 40001	1	1
อาชีพ			
นักเรียน/นักศึกษา		59	59
ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ		26	26
พนักงานบริษัทเอกชน		8	8
ธุรกิจส่วนตัว /ค้าขาย		5	5
อื่น ๆ		2	2

8.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง ทั้ง 3 ชนิด คือ ขนมลิ้มกลืน ขนมน้ำดอกไม้ม และขนมไข่ ดังตารางที่ 31 พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับ ในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และเนื้อสัมผัส ของลิ้มกลืน ขนมน้ำดอกไม้ม และขนมไข่ อยู่ในระดับชอบปานกลาง ในด้านกลิ่น ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับของขนมน้ำดอกไม้มใน

ระดับขอบปานกลาง ขนมลึ้มกลืน และขนมไข่อยู่ในระดับขอบเล็กน้อย ในด้านความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับขนมลึ้มกลืน และขนมน้ำดอกไม้มันที่ 7.06 และ 7.12 ตามลำดับ อยู่ในระดับขอบปานกลาง ส่วนขนมไข่ได้คะแนนการยอมรับที่ 7.52 อยู่ในระดับขอบเล็กน้อย

ตารางที่ 29 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง

คุณลักษณะ	ขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง		
	ขนมลึ้มกลืน	ขนมน้ำดอกไม้มัน	ขนมไข่
ลักษณะปรากฏ	7.27±0.17	7.04±0.90	7.00±0.22
สี	7.35±0.22	7.31±0.80	7.12±0.33
กลิ่น	6.90±0.35	7.21±0.40	6.98±0.90
รสชาติ	7.39±0.37	7.30±0.90	7.03±0.29
เนื้อสัมผัส	7.16±0.57	7.23±0.57	7.00±0.59
ความชอบโดยรวม	7.06±0.99	7.12±0.21	7.52±0.64

8.3 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง

จากการสอบถามของผู้บริโภคเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมไทยเสริมแก่นตะวันผงทั้ง 3 ชนิด คือ ขนมลึ้มกลืน ขนมน้ำดอกไม้มัน และขนมไข่ ดังตารางที่ 32 พบว่า ผู้บริโภคส่วนมากให้การยอมรับต่อขนมลึ้มกลืน ขนมน้ำดอกไม้มัน และขนมไข่ คิดเป็นร้อยละ 98 96 และ 67 ตามลำดับ ไม่ยอมรับ คิดเป็นร้อยละ 2 4 และ 3 ตามลำดับ โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้เหตุผลในการยอมรับขนมไทยเสริมแก่นตะวันผงทั้ง 3 ชนิด ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่

หากเปรียบเทียบกับราคาขนมไทยในท้องตลาด ขนมลึ้มกลืนผู้บริโภคร้อยละ 39 เห็นควรให้มีราคาอยู่ที่ 25 บาท ต่อขนมลึ้มกลืน 8 ชิ้น ผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้มันผู้บริโภคร้อยละ 45 เห็นควรให้มีราคาอยู่ที่ 25 บาท ต่อขนมน้ำดอกไม้มัน 8 ชิ้น และผลิตภัณฑ์ขนมไข่ผู้บริโภคร้อยละ 50 เห็นควรให้มีราคาอยู่ที่ 25 บาท ต่อขนมไข่ 5 ชิ้น

ตารางที่ 30 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบ และการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง

ข้อมูลพื้นฐาน	ร้อยละ
ยอมรับขนมลื้มกลืนเสริมแก่นตะวันผง นี้หรือไม่	
ยอมรับ	98
ไม่ยอมรับ	2
ขนมลื้มกลืนเสริมแก่นตะวันผง ควรมีราคาระดับใด เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของท้องตลาด	
ขนมลื้มกลืน 6 ชิ้น ราคา 25 บาท	36
ขนมลื้มกลืน 8 ชิ้น ราคา 25 บาท	39
ขนมลื้มกลืน 10 ชิ้น ราคา 25 บาท	25
ยอมรับขนมน้ำดอกไม้มเสริมแก่นตะวันผง นี้หรือไม่	
ยอมรับ	96
ไม่ยอมรับ	4
ขนมดอกไม้เสริมแก่นตะวันผง ควรมีราคาระดับใด เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของผลิตภัณฑ์ท้องตลาด	
ขนมน้ำดอกไม้ 6 ชิ้น ราคา 25 บาท	25
ขนมน้ำดอกไม้ 8 ชิ้น ราคา 25 บาท	45
ขนมน้ำดอกไม้ 10 ชิ้น ราคา 25 บาท	30
ท่านยอมรับขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง นี้หรือไม่	
ยอมรับ	97
ไม่ยอมรับ	3

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ข้อมูลพื้นฐาน	ร้อยละ
ท่านคิดว่า ขนมไข่เสริมแท่งตะวันผง ควรมีราคาระดับใด เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของท้องตลาด	
ขนมไข่ 4 ชิ้น ราคา 25 บาท	23
ขนมไข่ 5 ชิ้น ราคา 25 บาท	50
ขนมไข่ 8 ชิ้น ราคา 25 บาท	27

8.4 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อขนมไทย

จากการสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อขนมไทย ดังตารางที่ 33 พบว่า พฤติกรรมการบริโภคขนมไทยส่วนใหญ่ รับประทานขนมไทยน้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 56 รองลงมารับประทานขนมไทยนาน ๆ ครั้ง/แล้วแต่โอกาส คิดเป็นร้อยละ 27 และรับประทานขนมไทย 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 17

ผู้บริโภคเคยรับประทานขนมลิ้มกลิ่น ขนมน้ำดอกไม้ม และขนมไข่ คิดเป็นร้อยละ 82 91 และ 100 ตามลำดับ และไม่เคยรับประทานขนมลิ้มกลิ่น และขนมน้ำดอกไม้ม คิดเป็นร้อยละ 18 และ 9 ตามลำดับ สถานที่ผู้บริโภคซื้อขนมไทย คือ ร้านค้าทั่วไป คิดเป็นร้อยละ 34.64 ตลาดสด คิดเป็นร้อยละ 29.23 ซูเปอร์มาร์เก็ต คิดเป็นร้อยละ 12.74 หาบเร่/แผงลอย คิดเป็นร้อยละ 11.53 ร้านสะดวกซื้อ คิดเป็นร้อยละ 9.16 และอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 2.70

ผู้บริโภคไม่พบปัญหาในการรับประทานขนมไทย คิดเป็นร้อยละ 56 และผู้บริโภคพบปัญหาในการรับประทานขนมไทย คิดเป็นร้อยละ 44 โดยปัญหาที่พบคือ ไม่อร่อย คิดเป็นร้อยละ 26.14 มีความเลี่ยนมัน คิดเป็นร้อยละ 24.32 หวานจัด คิดเป็นร้อยละ 22.18 หายาก คิดเป็นร้อยละ 19.33 และราคาแพง คิดเป็นร้อยละ 8.03

ลักษณะของขนมไทยทั้ง 3 ชนิด คือ ขนมลิ่มกลืน ขนม น้ำดอกไม้ และขนมไข่ ที่
 ผู้บริโภครู้สึกว่าควรมีลักษณะ คือ ขนมลิ่มกลืนควรมีเนื้อเหนียว คิดเป็นร้อยละ 26.82 กลิ่นหอม คิด
 เป็นร้อยละ 26.67 สีสรรคสวยงาม คิดเป็นร้อยละ 24.18 เนื้อขนมใส คิดเป็นร้อยละ 18.59 และอื่นๆ
 คิดเป็นร้อยละ 3.74 ขนม น้ำดอกไม้ควรมีกลิ่นหอม คิดเป็นร้อยละ 23.76 รอยปุ่มชัดเจน คิดเป็นร้อย
 ละ 23.54 สีสรรคสวยงาม คิดเป็นร้อยละ 21.33 เนื้อเหนียว คิดเป็นร้อยละ 19.14 และมีความมันเงา
 คิดเป็นร้อยละ 12.23 ขนมไข่ควรมี เนื้อสัมผัสเบาฟู คิดเป็นร้อยละ 36.33 ผิวนอกนุ่มฟู คิดเป็นร้อย
 ละ 29.12 ผิวนอกกรอบ คิดเป็นร้อยละ 26.33 เนื้อสัมผัสเหนียวแน่น คิดเป็นร้อยละ 5.14 และอื่นๆ
 คิดเป็นร้อยละ 3.08

ผู้บริโภครู้สึกทั้งหมดเห็นด้วยกับการนำแก่นตะวันผงไปเป็นส่วนผสมในขนมไทย และ
 ผู้บริโภครู้สึกทั้งหมดอยากเห็นแก่นตะวันผงเป็นส่วนผสมในขนมชนิดอื่น โดยผู้บริโภครู้สึกอยากเห็นแก่น
 ตะวันผงเป็นส่วนผสมในขนมไทย ดังนี้ ขนมลูกชุบ คิดเป็นร้อยละ 14.17 ขนมบัวลอย คิดเป็นร้อย
 ละ 13.84 ขนมหม้อแกง คิดเป็นร้อยละ 11.23 ขนมชั้น คิดเป็นร้อยละ 10.23 ขนมกล้วยกับขนมกล้วย
 คิดเป็นร้อยละ 9.66 ขนมมัน คิดเป็นร้อยละ 9.50 ขนมลอดช่อง คิดเป็นร้อยละ 8.12 ขนมทองเอก
 คิดเป็นร้อยละ 7.54 ขนมต้มป็นฉี คิดเป็นร้อยละ 3.17 และอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 2.88

ตารางที่ 31 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อขนมไทย

ข้อมูลพื้นฐาน	ร้อยละ
ท่านรับประทานขนมไทยบ่อยเพียงใด	
มากกว่า 3-4 ครั้ง/สัปดาห์	0
3-4 ครั้ง/สัปดาห์	0
1-2 ครั้ง/สัปดาห์	17
น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	56
นาน ๆ ครั้ง/แล้วแต่โอกาส	27

ตารางที่ 31 (ต่อ)

ข้อมูลพื้นฐาน	ร้อยละ
ท่านเคยรับประทานขนมลื้มกลืน หรือไม่	
เคย	82
ไม่เคย	18
ท่านเคยรับประทานขนมน้ำดอกไม้ หรือไม่	
เคย	91
ไม่เคย	9
ท่านเคยรับประทานขนมไข่ หรือไม่	
เคย	100
ไม่เคย	0
ท่านเลือกซื้อขนมไทยจากสถานที่ใด	
ซูเปอร์มาร์เกต	12.74
ร้านสะดวกซื้อ	9.16
ร้านค้าทั่วไป	34.64
ตลาดสด	29.23
หาบเร่/แผงลอย	11.53
อื่นๆ	2.70
ท่านพบปัญหาในการรับประทานขนมไทย หรือไม่	
ไม่พบปัญหา	56
พบปัญหา	44
หวานจัด	22.18
มีความเลี่ยนมัน	24.32
ไม่อร่อย	26.14

ตารางที่ 31 (ต่อ)

ข้อมูลพื้นฐาน	ร้อยละ
หาซื้อยาก	19.33
ราคาแพง	8.03
อื่นๆ	0
ท่านคิดว่า ขนมหืมกลิ่น ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร	
สีสรรคสวยงาม	24.18
กลิ่นหอม	26.67
เนื้อเหนียว	26.82
เนื้อขนมใส	18.59
อื่นๆ	3.74
ท่านคิดว่า ขนมน้ำดอกไม้ ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร	
สีสรรคสวยงาม	21.33
กลิ่นหอม	23.76
เนื้อเหนียว	19.14
รอยบุ๋มชัดเจน	23.54
มีความมันเงา	12.23
อื่นๆ	0
ท่านคิดว่า ขนมไข่ ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร	
เนื้อสัมผัสเหนียวแน่น	5.14
เนื้อสัมผัสเบาฟู	36.33
ผิวนอกกรอบ	26.33
ผิวนอกนุ่มฟู	29.12
อื่นๆ	3.08

ตารางที่ 31 (ต่อ)

ข้อมูลพื้นฐาน	ร้อยละ
ท่านเห็นด้วยในการเติมแก่นตะวันผงลงในขนมไทย หรือไม่	
เห็นด้วย	100
ไม่เห็นด้วย	0
ท่านอยากเห็นแก่นตะวันผงเป็นส่วนผสมของขนมไทยชนิดอื่นหรือไม่	
ไม่อยากเห็น	0
อยากเห็นแก่นตะวันผงเป็นส่วนผสมในขนมชนิดอื่น	100
ขนมมัน	9.50
ขนมชั้น	10.23
ขนมกล้วย	9.66
ขนมถั่ว	9.66
ขนมบัวลอย	13.84
ขนมหม้อแกง	11.23
ขนมลูกชุบ	14.17
ขนมทองเอก	7.54
ขนมสัมปันนี	3.17
ขนมลอดช่อง	8.12
อื่นๆ	2.88

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลของการใช้แก่นตะวันผงในขนมไทย 3 ชนิด คือ ขนมลิ่มกลืน ขนมน้ำดอกไม้ และขนมไข่ โดยเสริมแก่นตะวันผงร้อยละ 20, 40 และ 60 ในขนม สรุปผลได้ดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์ขนมไทย โดยการนำแก่นตะวันสดแช่ในสารละลาย KMS ร้อยละ 0.05 ก่อนนำไปอบแห้ง โดยใช้ตู้อบลมร้อน สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการแช่แก่นตะวันในสารละลายน้ำกลั่น และสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 0.5
2. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของแก่นตะวันผง แก่นตะวันผงมีปริมาณความชื้นร้อยละ 4.24 โปรตีนร้อยละ 9.66 ไขมันร้อยละ 0.04 เส้นใยร้อยละ 4.58 เถ้าร้อยละ 4.89 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 76.56 ค่า a_w อยู่ที่ 0.16 และค่าสี L^* 89.92 a^* 0.21 b^* 8.45 และการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง แก่นตะวันผงไม่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงความหนืดได้
3. คัดเลือกตำรับขนมไทยทั้ง 3 ชนิด คือ ขนมลิ่มกลืน ขนมน้ำดอกไม้ และขนมไข่ ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางที่คะแนน 7.35, 7.65 และ 7.55 ตามลำดับ
4. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมสูตรไทยพื้นฐาน ทั้ง 3 ชนิด ขนมลิ่มกลืน ขนมน้ำดอกไม้ และขนมไข่ มีความชื้นร้อยละ 74.21, 51.70 และ 21.36 โปรตีนร้อยละ 0.17, 2.21 และ 13.79 ไขมันร้อยละ 0.48, 0.01 และ 3.63 เถ้าร้อยละ 0.01, 0.49 และ 1.08 ใยอาหารร้อยละ 0.48, 0.48 และ 0.42 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 24.65, 45.11 และ 59.72 ตามลำดับ
5. วิเคราะห์ทางกายภาพของขนมไทยตำรับพื้นฐานทั้ง 3 ตำรับ ด้านสีในระบบ $L^* a^* b^*$ ขนมลิ่มกลืน ขนมน้ำดอกไม้ และขนมไข่ มีค่าสี L^* 35.14, 35.21 และ 74.20 a^* -2.46, 0.94 และ

2.32 b* -10.12, 0.51 และ 26.75 ตามลำดับ ด้านเนื้อสัมผัสของ ขนมหลิมกลีน ขนมน้ำดอกไม้ม และ ขนมหั้ มีค่าความแข็ง (Hardness) 1530.04, 6845.68 และ 1616.60 ค่าการยืดหยุ่น (Springiness) 0.94, 0.71 และ 0.90 ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) 0.82, 0.71 และ 0.75 ค่าความทนทานในการบดเคี้ยว (Chewiness) 1194.01, 3097.92 และ 1118.18 ตามลำดับ

6. การเสริมแก่นตะวันผงในขนมหั้ โดยเสริมแก่นตะวันผงในระดับร้อยละ 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้ง ผู้ทดสอบให้การยอมรับในปริมาณการเสริมแก่นตะวันผงของขนมหลิมกลีน และขนมน้ำดอกไม้ม ในระดับการเสริมที่ร้อยละ 40 ส่วนขนมหั้ผู้ทดสอบให้การยอมรับในในระดับการเสริมที่ร้อยละ 20

7. วิเคราะห์ทางกายภาพของขนมหั้เสริมแก่นตะวันผง ทั้ง 3 ชนิด ด้านสีในระบบ L* a* b* ขนมหลิมกลีน ขนมน้ำดอกไม้ม และขนมหั้ มีค่าสี L* 35.14, 35.21 และ 74.20 a* -2.46, 0.94 และ 2.32 b* -10.12, 0.51 และ 26.75 ตามลำดับ ด้านเนื้อสัมผัสของ ขนมหลิมกลีน ขนมน้ำดอกไม้ม และขนมหั้ มีค่าความแข็ง (Hardness) 1035.37, 3725.78 และ 3430.36 ค่าการยืดหยุ่น (Springiness) 0.88, 0.66 และ 0.89 ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) 0.70, 0.56 และ 0.67 ค่าความทนทานในการบดเคี้ยว (Chewiness) 640.35, 1495.51 และ 2090.55 ตามลำดับ

8. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของขนมหั้เสริมแก่นตะวันผง โดยตรวจวิเคราะห์ในด้านความสะอาดทั่วไปเกี่ยวกับสุขาภิบาล ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา และปริมาณสตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ของขนมหั้ที่ผลิตได้ทั้ง 3 ชนิด มีค่าอยู่ในระดับมาตรฐานที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

9. ผลการยอมรับขนมหั้เสริมแก่นตะวันผงของผู้บริโภค โดยนำขนมหั้เสริมแก่นตะวันผงที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด คือ ขนมหลิมกลีนเสริมแก่นตะวันผงร้อยละ 40 ขนมน้ำดอกไม้มเสริมแก่นตะวันผงร้อยละ 40 และขนมหั้เสริมแก่นตะวันผงร้อยละ 20 ทำการทดสอบกับผู้บริโภค 100 คน ในด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบให้คะแนน

ความชอบโดยรวม ขนมหืมกลืน ขนมน้ำดอกไม้ และขนมไข่ ที่ 7.06, 7.12 และ 7.52 ตามลำดับ อยู่ในระดับชอบปานกลาง ในด้านความชอบ และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง ผู้บริโภคส่วนมากให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ต่อผลิตภัณฑ์ขนมหืมกลืน ขนมน้ำดอกไม้ และขนมไข่ คิดเป็นร้อยละ 98, 96 และ 97 ตามลำดับ ไม่ยอมรับ คิดเป็นร้อยละ 2, 4 และ 3 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1. การผลิตแก่นตะวันผงควรคำนึงถึง ระยะเวลาในกาแช่แก่นตะวันในสารละลาย และหลังการอบแห้ง ควรเก็บแบบบรรจุในถุงสุญญากาศ เนื่องจากแก่นตะวันผงดูดความชื้นในอากาศได้ดี ทำให้แข็งเป็นก้อนได้ง่าย
2. จากการทดลอง พบว่า การนำแก่นตะวันผงมาใช้เป็นส่วนผสมในขนมไทย สามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

1. ควรมีการนำแก่นตะวันผง ไปเป็นส่วนผสมในขนมไทยชนิดอื่น ๆ ให้หลากหลายยิ่งขึ้น
2. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาแก่นตะวันผง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 4.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กฤติกา โพธิ์เย็น และ สุนทรี สุวรรณสิขณน์. 2556. ผลของการลวกและการใช้กรดต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแก่นตะวันผง. น. 178-185 ใน เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ขนิษฐา พูลผลกุล. 2548. การประกอบอาหารไทย, น. 87. ใน คู่มือการประกอบธุรกิจร้านอาหารไทยในต่างประเทศ เล่มที่ 1 การประกอบอาหารไทย. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2552. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จริยา เดชบุญชร. 2549. ขนมไทยเล่ม 1. เพชรการเขียน, กรุงเทพฯ.

จุฑารัตน์ โกวิทยา. 2549. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของไอศกรีมวานิลลาสดไขมันที่ใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชนิดา หันสวาสดี. 2551. เกล็ดของแป้งและแป้งดัดแปร. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ชีพหทัย ชีพจำเป็น. 2549. อิทธิพลของอินูลินในลูกกวาดแบบแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณรงค์ โฉมเฉลา. 2549. มะพร้าวกะทิ: ความลึกกลับในธรรมชาติของผลไม้แห่งชีวิตที่มีรสชาติ
อันเลอเลิศ และช่วยเสริมสร้างสุขภาพทางเลือกใหม่ของเกษตรกรหัวก้าวหน้า.
เครือข่ายพืชปลูกพื้นเมืองไทย, กรุงเทพฯ.

ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์. 2553. แก่นตะวันพืชสารพัดประโยชน์. อาหาร (40) 4 : 274-276.

ดวงใจ มาลัย, ชูติมณฑน์ ชัยสวัสดิ์, สุพรรณษา จันทร์เพ็ญ และสุชานุช ไหมละเอียด. 2556.
การพัฒนาบะหมี่สดโดยการเติมผงแก่นตะวัน. ว. วิทย. กษ. 44 (2) (พิเศษ) : 269-272.

ทัศนีย์ โรจนไพบูลย์. 2532. คำรับชมของไทย. เจเนอรัลบุ๊กส์เซนเตอร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2548. ความรู้เรื่องอาหารไทย, น. 26. ใน คู่มือการประกอบธุรกิจร้านอาหาร
ไทยในต่างประเทศ เล่มที่ 1 การประกอบอาหารไทย. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ฤทัย เรืองธรรมสิงห์. 2555. การผลิตขนมไทย. ม.ป.ท.

ชนศักดิ์ ตั้งทองจิตร และ รัชวิทย์ อนันต์กิจพานิช. 2554. ขนมไทย. เพชรประกาย, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตปานนท์. 2551. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นิมิตร วรสุต และ สนั่น จอกลอย. 2549. อินนูลิน : สารสำคัญสำหรับสุขภาพในแก่นตะวัน.
แก่นเกษตร 34 (2) : 85-91.

นิรนาม. 2552. ผลิตภัณฑ์แก่นตะวัน. แหล่งที่มา:[http://www.kaentawan.com/index.php?lay=show
&ac=article&Id=5367599](http://www.kaentawan.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=5367599), 21 กันยายน 2555.

นลิน คูอมรพัฒนะ. 2553. เส้นทางขนมไทย. แสงแดด, กรุงเทพฯ.

ประภาส ช่างเหล็ก. 2554. การปลูก Jerusalem Artichoke บนพื้นที่สูง ณ สถานีวิจัยเพชรบูรณ์.

แหล่งที่มา: <http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch53/group06/prapas/jerusalem.html>,

14 มกราคม 2557.

_____, สนั่น จอกลอย, โอฟาร ตันทวิรุพห์, ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์, สุดประสงค์ สุวรรณเลิศ, ปราณี งามประสิทธิ์, วีระยุทธ แสนยากุล, วิศัล เขียวเสถียรพงศ์, เจรศักดิ์ แซ่ลี และเบญจารัตน์ ทองยี่น. 2553. การเติบโตและผลผลิต Jerusalem Artichoke บนพื้นที่สูง ณ สถานีวิจัยเพชรบูรณ์, น. 200-206 ใน เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พัชรภรณ์ อนวัชมงคล. 2553. การหาปริมาณสารสำคัญในแก่นตะวันสายพันธุ์ #2.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พัทธนันท์ พัวพันธ์สกุล. ม.ป.ป. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาขนมไทย รหัส 3404-2203. เชียงใหม่.

จิตรรา แดงปรก. 2553. การใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไขมันต่ำ. อาหาร (40) 1 : 37-40.

วิศาล บุญประกอบ. 2555. ศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนปลูกพืชแก่นตะวัน ในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์.

วิสกี (นามแฝง). 2550. แก่นตะวันบาน ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

แหล่งที่มา: <http://www.oknation.net/blog/vickie/2007/10/11/entry-2>, 14 กันยายน 2555.

วิไล รังสาทอง. 2552. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

รวีพร ศรีสำราญ, จีวีวรรณ พันธุ์ไชยศรี, ธนศ แก้วกำเนิด และวิจิตรา แดงปรก. 2553. ผลการเติม
 อินูลินต่อคุณภาพทางกายภาพและสมบัติทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ,
 น. 241-247. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยแม่โจ้. ประจำปี 2553
 มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

รัมภา ศิริวงศ์. 2552. **ขนมไทย เล่ม 1**. ดวงกมลพับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

สนั่น จอกลอย, พรเทพ ถนนแก้ว และ รัชณี พุทธา. 2551. แก่นตะวัน.
 เกษตรก้าวหน้า (21) 2 : 57-65.

สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2553. **โภชนศาสตร์เบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 6. สำนักพิมพ์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิวลี ไทยถาวร. 2551. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
 ราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

สาโรจน์ ศิริคันสนียกุล, ประภาส ช่างเหล็ก, พิลาณี ไวยถนอมสัจย์, ชัยภูมิ บัญชาศักดิ์,
 วีรวิทย์ เปี้ยคำภา, เกศศิณี ตระกูลทิวากร, วุฒินันท์ คงทัด และเบญจารัชต์ ทองยี่น. 2554.
การปลูกและการใช้ประโยชน์จากพืชแก่นตะวัน. แหล่งที่มา: [http://rdi.ku.ac.th/
 kasetresearch54/GroupEconomic/20-Saroj_siri/ template.html](http://rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEconomic/20-Saroj_siri/template.html), 14 กันยายน 2555.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2552. กระบวนการทำแห้ง. น.187-195. ใน จิตธนา แจ่มเมฆ และคณะ.
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เสาวภรณ์ วัจวรรณะ. 2547. **ขนมหวาน – ของว่างไทย 108 ชนิด**.
 ส่งเสริมอาชีพ OTOP, กรุงเทพฯ.

อบเชย วงศ์ทอง. 2548. ขนมหวานไทย, น. 153. ใน **คู่มือการประกอบธุรกิจร้านอาหารไทยในต่างประเทศ เล่มที่ 2 ตำรับอาหารไทย**. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

_____ และ ขนิษฐา พูนผลกุล. 2555. **หลักการประกอบอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 9. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อบเชย อิ่มสบาย. 2554. **ขนมไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. แสงแดด, กรุงเทพฯ.

อักรชัย ปรักกมะกุล. 2555. **การพัฒนาระบบวิธีการผลิตแป้งอินูลินและอินูไลโอไลโกแซ็กคาไรด์ทางอุตสาหกรรม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัจฉรา คลวิทยาคุณ. 2556. **การทดลองอาหาร**. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

AOAC. 2000 . **Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17th ed. AOAC, Inc., USA.

Wikipedia. 2008. **Amylopektin**. Available Source: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Amylopektin_Sessel.svg, November 20, 2012.

_____. 2009. **Amylose**. Available Source: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Amylose_3Dprojection.corrected.png, November 20, 2012.

Brennan, C. S., V. Kuri and C. M. Tudorica. 2004. Inulin-enrich pasta : effects on textural properties and starch degradation. **Journal of Food chemistry** 86: 189-193.

Franck, A. 2006. Inulin. pp. 335-352. In A.M. Stephen, G.O. Phillips and P.A. Williams., eds.
Food Polysaccharides and Their Applications. 2nd ed. Taylor and Francis Group, New
 York. Izzo, M.

Ellegard, L., H. Anderson and I. Bosaeus. 1997. Inulin and oligofructose do not influence
 the absorption of cholesterol or the excretion in ileostomy subjects.
European Journal of Clinical Nutrition. 51: 1-5.

Gibson, G.R. and M.B. Roberfroid. 1995. Dietary modulation of the human colonic microflora:
 introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition.** 125, 1401-1402.

Güven, M., K. Yasar, O. B. Karaca and A. A. Hayaloglu. 2005. The effect of inulin
 as a fat replacer on the quality of set – type low – fat yogurt manufacture.
International Journal of Dairy Technology. 50 (3): 180 – 184.

Henry, C., J. H. Castro and O. Holdefer. 2005. Bread stuffed and enriched with oats and inulin.
J. Chemical Engineering 1-6.

Kays, S. J. and S. F. Nottingham. 2007. **Biology and Chemistry of Jerusalem artichoke:**
Helianthus tuberosus L. CRC Press, New York.

Kolida, S., K. Tuohy and G. R. Gibson. 2002. Prebiotic effects of inulin and oligofructose.
British journal of nutrition. 87, Suppl. 2, S193-S197.

Menne, E., N. Guggenbuhl and M. Roberfroid. 2000. Fn-type chicory inulin hydrolysate
 has prebiotic effect in humans. **Journal of Nutrition.** 130: 1197-1199.

Narinder, K. and A.K Gupta. 2002. Application of inulin and oligofructose in health and nutrition. **Journal Bioscience**. 27 (7): 703-714.







แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic 9 point scale

ชื่อผู้ทดสอบ วันที่

ตัวอย่าง :

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างอาหารจากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบแต่ละ

คุณลักษณะของตัวอย่างให้ตรงกับความรู้สึกของท่าน และกรุณาบ้วนปากก่อนการทดสอบตัวอย่าง

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

9 = ชอบมากที่สุด

8 = ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย

5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

3 = ไม่ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์			
ลักษณะปรากฏ				
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่กรุณาตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ “ขนมไทยเสริมแก่นตะวันผง”

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง แบบสอบถามชุดนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลของการใช้แก่นตะวันผงในขนมไทย ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ สาขาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงใคร่ขอความกรุณาจากท่านในการ ตอบแบบสอบถาม ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบมาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัย และจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

ขอขอบพระคุณ

ดุสิต นุหลัน (ผู้วิจัย)

คำแนะนำ กรุณาใส่เครื่องหมาย / ลงใน () หน้าคำตอบที่เห็นว่าตรงกับข้อมูลของท่าน และเติมข้อความในช่องว่าง

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

() ชาย

() หญิง

2. อายุ

() ไม่เกิน 20 ปี

() 21-25 ปี

() 26-30 ปี

() 31-35 ปี

() 36-40 ปี

() มากกว่า 41 ปี

3. การศึกษาสูงสุด

() ต่ำกว่ามัธยมศึกษา

() มัธยมศึกษา

() อนุปริญญา /ปวช./ปวส. (

) ปริญญาตรี

() สูงกว่าปริญญาตรี

4. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน

() น้อยกว่า 10,000 บาท

() 10,001 - 15,000 บาท

() 15,001 - 20,000 บาท

() 20,001 - 25,000 บาท

() 25,001 - 30,000 บาท

() 30,001 - 35,000 บาท

() 35,001 - 40,000 บาท

() สูงกว่า 40,001 บาท

5. อาชีพ

() นักเรียน/นักศึกษา

() ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ

() พนักงานบริษัทเอกชน

() ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย

() อื่นๆ โปรดระบุ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมไทยเสริม
แก่นตะวันผง

1. กรุณาทดสอบตัวอย่าง "ขนมลื้มกลืนเสริมแก่นตะวันผง" แล้วให้คะแนนความชอบโดยทำ
เครื่องหมาย / ลงในช่องตามระดับคะแนนที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน

ปัจจัย	ไม่ ชอบ มาก ที่สุด 1	ไม่ ชอบ มาก 2	ไม่ ชอบ ปาน กลาง 3	ไม่ ชอบ เล็กน้อย 4	เฉยๆ 5	ชอบ เล็กน้อย 6	ชอบ ปาน กลาง 7	ชอบ มาก 8	ชอบ มาก ที่สุด 9
ลักษณะปรากฏ									
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
เนื้อสัมผัส									
ความชอบรวม									

2. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมลื้มกลืนเสริมแก่นตะวันผงนี้ หรือไม่

() ยอมรับ เพราะ

() ไม่ยอมรับ เพราะ

3. ท่านมีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ขนมลื้มกลืนเสริมแก่นตะวันผง ควรมีราคาระดับใด เมื่อเปรียบเทียบกับ
กับราคาของผลิตภัณฑ์อื่นท้องตลาด

() ขนมลื้มกลืน 6 ชิ้น ราคา 25 บาท () ขนมลื้มกลืน 8 ชิ้น ราคา 25 บาท

() ขนมลื้มกลืน 10 ชิ้น ราคา 25 บาท

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

4. กรุณาทดสอบตัวอย่าง "ขนม น้ำดอกไม้ เสริม แก่น ตะวัน พง" แล้วให้คะแนนความชอบโดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องตามระดับคะแนนที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน

ปัจจัย	ไม่ชอบมากที่สุด 1	ไม่ชอบมาก 2	ไม่ชอบปานกลาง 3	ไม่ชอบเล็กน้อย 4	เฉยๆ 5	ชอบเล็กน้อย 6	ชอบปานกลาง 7	ชอบมาก 8	ชอบมากที่สุด 9
ลักษณะปรากฏ									
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
เนื้อสัมผัส									
ความชอบรวม									

5. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ขนม น้ำดอกไม้ เสริม แก่น ตะวัน พงนี้ หรือไม่

() ยอมรับ เพราะ

() ไม่ยอมรับ เพราะ

6. ท่านมีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ขนมน้ำดอกไม้เสริมแก่นตะวันผง ควรมีราคาระดับใด เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของผลิตภัณฑ์ท้องตลาด

- () ขนมน้ำดอกไม้ 6 ชิ้น ราคา 25 บาท () ขนมน้ำดอกไม้ 8 ชิ้น ราคา 25 บาท
() ขนมน้ำดอกไม้ 10 ชิ้น ราคา 25 บาท

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

7. กรุณาทดสอบตัวอย่าง "ขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง" แล้วให้คะแนนความชอบโดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องตามระดับคะแนนที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน

ปัจจัย	ไม่ ชอบ มาก ที่สุด 1	ไม่ ชอบ มาก 2	ไม่ ชอบ ปาน กลาง 3	ไม่ ชอบ เล็กน้อย 4	เลขๆ 5	ชอบ เล็กน้อย 6	ชอบ ปาน กลาง 7	ชอบ มาก 8	ชอบ มาก ที่สุด 9
ลักษณะปรากฏ									
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
เนื้อสัมผัส									
ความชอบรวม									

8. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมไข่เสริมแก่นตะวันผงนี้ หรือไม่

() ยอมรับ เพราะ

() ไม่ยอมรับ เพราะ

9. ท่านมีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ขนมไข่เสริมแก่นตะวันผง ควรมีราคาระดับใด เมื่อเปรียบเทียบกับ
ราคาของผลิตภัณฑ์อื่นที่ตลาด

() ขนมไข่ 4 ชิ้น ราคา 25 บาท

() ขนมไข่ 6 ชิ้น ราคา 25 บาท

() ขนมไข่ 8 ชิ้น ราคา 25 บาท

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

1. ท่านรับประทานขนมไทยบ่อยเพียงใด

() มากกว่า 3-4 ครั้ง/สัปดาห์ ()

3-4 ครั้ง/สัปดาห์

() 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ () น้อยกว่า

1 ครั้ง/สัปดาห์

() นาน ๆ ครั้ง/แล้วแต่โอกาส

2. ท่านเคยรับประทานขนมลิ้มกลิ่นหรือไม่

() เคย

() ไม่เคย

3. ท่านเคยรับประทานขนมน้ำดอกไม้หรือไม่

() เคย

() ไม่เคย

4. ท่านเคยรับประทานขนมไข่ หรือไม

() เคย

() ไม่เคย

5. ท่านเลือกซื้อขนมไทยจากสถานที่ใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

() ซูเปอร์มาร์เก็ต () ร้านสะดวกซื้อ

() ร้านค้าทั่วไป

() ตลาดสด

() หาบเร่/แผงลอย

() อื่นๆ โปรดระบุ

6. ท่านพบปัญหาในการรับประทานขนมไทย หรือไม่

() ไม่พบปัญหา

() พบปัญหา

[] หวานจัด

[] มีความเลี่ยนมัน

[] ไม่อร่อย

[] หาซื้อยาก

[] ราคาแพง

[] อื่นๆ โปรดระบุ

7. ท่านคิดว่า ขนมลื้มกลิ่น ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

() สีสรรคสวยงาม () กลิ่นหอม

() เนื้อเหนียว () เนื้อขนมใส่ไม่ชุ่ม

() อื่นๆ โปรดระบุ

8. ท่านคิดว่า ขนมน้ำดอกไม ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

() สีสรรคสวยงาม () กลิ่นหอม

() เนื้อเหนียว () รอยนิ้วชัดเจน

() มีความมันเงา

() อื่นๆ โปรดระบุ

9. ท่านคิดว่า ขนมไข่ ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

() เนื้อสัมผัสเหนียวแน่น () เนื้อสัมผัสเบาฟู

() ผิวนอกกรอบ

() ผิวนอกนุ่มฟู

() อื่นๆ โปรดระบุ

10. ท่านเห็นด้วยในการเติมแก่นตะวันผงลงในขนมไทย หรือไม่

() เห็นด้วย เพราะ

() ไม่เห็นด้วย เพราะ

11. ท่านอยากเห็นแก่นตะวันผงเป็นส่วนผสมของขนมไทยชนิดอื่น หรือไม่

() ไม่อยากเห็น

() อยากเห็นแก่นตะวันผงเป็นส่วนผสมในขนมชนิดอื่น

[] ขนมมัน

[] ขนมชั้น

[] ขนมกล้วย

[] ขนมถั่ว

[] ขนมบัวลอย

[] ขนมหม้อแกง

[] ขนมลูกชุบ

[] ขนมทองเอก

[] ขนมสัมปันนี

[] ขนมลอดช่อง

[] อื่นๆ โปรดระบุ



ภาคผนวก ข
วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

1.1 อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ประมาณ 30-45 นาที หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก

1.2 ทำเหมือนข้อ 1 ซ้ำ จนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งติดกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

1.3 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนอย่างละเอียด ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในภาชนะสำหรับหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว

1.4 นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง

1.5 นำออกจากตู้อบไฟฟ้าแล้วใส่ในโถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก

1.6 อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 1 ชั่วโมง และทำซ้ำเช่นเดิมจนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม โดยแต่ละตัวอย่างทำ 3 ซ้ำ

1.7 คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ และหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

2. วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนใช้วิธี เจลหาคาล (AOAC, 2000)

2.1 ชั่งตัวอย่างอาหารบนกระดาดกรอง ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มีชนิดใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน

2.2 เติมสารเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม และกรดซัลฟริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร

2.3 นำไปย่อยบนเตาไฟในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใส ปล่อยให้เย็น

2.4 นำไปกลั่นโดยเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32 ปริมาตร 80 มิลลิลิตร

2.5 รองรับสิ่งที่กลั่นได้ด้วยร้อยละ 2 ของกรดบอริก 50 มิลลิลิตร

2.6 เติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด

2.7 กลั่นโดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดบอริก

2.8 กลั่นจนได้สารละลายในขวดจับแก๊สประมาณ 250 มิลลิลิตร

2.9 กลั่นต่ออีกประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

2.10 ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จะได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน

2.11 ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2.2-2.10

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) * N * 14 \text{ factor}}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็น มิลลิลิตร

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็น มิลลิลิตร

c = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็น นอร์มัล

w = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

factor = 6.25 (น้ำหนักกรัมสมมูลของไนโตรเจน = 14.007)

3. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

3.1 อบปีกเกอร์สำหรับหาไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 150 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

3.2 ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนัก ประมาณ 1-2 กรัม ท่อให้มิดชิด แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

3.3 นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในชอคเลต

3.4 เติมนิโตรเลียมอีเทอร์ลงในขวดหาไขมันปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตาให้ความร้อน

3.5 ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 45 นาที โดยปรับความร้อนให้หยดสารละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

3.6 ระเหยจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อย

3.7 นำปิกเกอร์ไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

3.8 ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิลิตร

การคำนวณ

$$\frac{\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} = \frac{100 * \text{น้ำหนักของไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

4. วิธีวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (Crude fiber) (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

4.1 เตา Fritted glass crucible ด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง รอนจนกระทั่งเย็นลงเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) แล้วจึงชั่งน้ำหนัก Crucible (เทคนิค 4 ตำแหน่ง) และจดบันทึกไว้

4.2 ชั่งตัวอย่างซึ่งผ่านการสกัดไขมันออกแล้ว (ประมาณ 1 กรัม) ลงใน Fritted glass crucible ที่ทราบน้ำหนักแล้ว จดบันทึกน้ำหนักตัวอย่างโดยละเอียด (เทคนิค 4 ตำแหน่ง)

4.3 วาง Fritted glass crucible บนอุปกรณ์ให้ความร้อนซึ่งต่อเข้ากับอุปกรณ์ควบแน่น แล้วเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่น

4.4 เติมกรดซัลฟริก (H_2SO_4) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 150 มิลลิลิตร และเปิดสวิทช์ ตั้งโปรแกรมให้ความร้อน

4.5 ต้มให้เดือดนาน 30 นาที

4.6 เมื่อครบเวลาปล่อยกรดออกโดยปรับวาล์วไปที่ “Vacuum”

4.7 ล้างด้วยน้ำร้อนประมาณ 40-50 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง (จนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นกรด)

5. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

5.1 เเผาด้วยกระบี่เบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปิดสวิทซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาตกลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

5.2 เเผาซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

5.3 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยกระบี่เบื้องเคลือบซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปเผาบน Hot plate ในตู้ควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผา ตั้งอุณหภูมิเตาเผาไว้ที่ 550 องศาเซลเซียส เเผาเป็นเวลา 6-8 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งตัวอย่างเป็นสีเทาขาว และปิดสวิทซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาตกลงก่อน แล้วนำถ้วยตัวอย่างออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก โดยในแต่ละตัวอย่างทำ 3 ซ้ำ

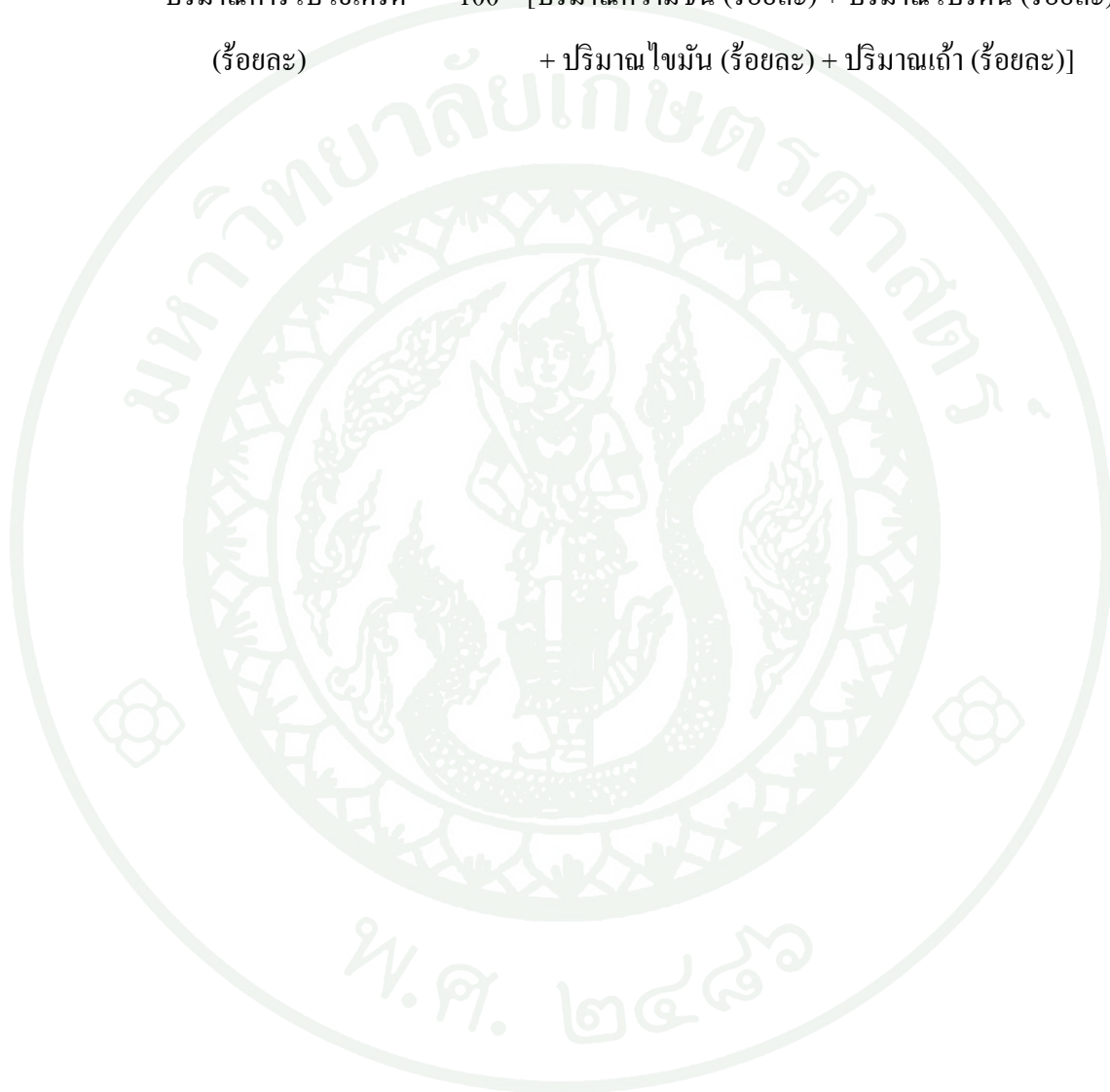
การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา} - \text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

6. วิธีคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1995)

ใช้การคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต} &= 100 - [\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} + \text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} \\ &\quad (\text{ร้อยละ}) + \text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} + \text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)}] \end{aligned}$$





การตรวจสอบทางจุลินทรีย์

1 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM online 2001)

1.1 ชั่งตัวอย่างมา 50 กรัม เติมสารละลาย 0.1 % Peptone water ปริมาตร 450 มิลลิลิตร ลงไปเพื่อให้ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1:10 ตีปนอาหารโดยใช้ stomacher เป็นเวลา 1 นาที ทำการเจือจางตัวอย่างให้ได้ 1:100 และ 1:1000

1.2 คูดตัวอย่างที่แต่ละความเข้มข้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในงานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้วความเข้มข้นละ 2 งาน

1.3 ทำการ Pour plate แล้วทิ้งไว้ให้อาหารแข็ง และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

1.4 นับจำนวนโคโลนีบนงานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 25-250 โคโลนี จดบันทึกโคโลนีที่นับได้ทั้งหมด และระดับความเจือจางที่นับได้ คำนวณ และรายงานผลเป็นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อตัวอย่าง 1 กรัม (CFU/g)

2 การตรวจวิเคราะห์ Coliforms, Fecal coliforms and *E.coli* โดยวิธีการหาค่า MPN (BAM online 2002)

2.1 ชั่งตัวอย่างมา 50 กรัม เติมสารละลาย 0.1 % Peptone water ปริมาตร 450 มิลลิลิตร ลงไปเพื่อให้ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1:10 ตีปนอาหารโดยใช้ stomacher เป็นเวลา 1 นาที ทำการเจือจางตัวอย่างให้ได้ 1:100 และ 1:1000

2.2 ปิเปตตัวอย่างอาหารครั้งละ 1 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางต่าง ๆ ใส่ในหลอด Lauryl sulfate tryptose broth : LSTB (พร้อมหลอดดักก๊าซ ที่ความเข้มข้น 1 เท่า) โดยใช้ระดับความเจือจางละ 3 หลอด

2.3 บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.4 ตรวจสอบการเจริญโดยสังเกตความขุ่นและการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ

2.5 นับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวก คือ หลอดที่ขุ่นและเกิดก๊าซอย่างน้อย $\frac{1}{4}$ ของหลอดดักก๊าซ

2.6 ใช้ loop ถ่ายตัวอย่างในหลอดที่ให้ผลบวก ลงในอาหาร Brilliant green lactose bile broth : BGLB พร้อมหลอดดักก๊าซ จำนวน 1 loop โดยถ่าย 1 หลอดที่ให้ผลบวกต่อหนึ่งหลอดของ BGLB เพื่อยืนยันว่าเป็นแบคทีเรียโคลิฟอร์มอีกที โดยดูจากการใช้น้ำตาลแลคโตสซึ่งเป็นน้ำตาลชนิดเดียวที่มีอยู่ในอาหาร BGLB แล้วสร้างก๊าซ

2.7 บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.8 ตรวจสอบการเจริญโดยสังเกตความขุ่นและการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ

2.9 นับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวก คือ หลอดที่ขุ่นและเกิดก๊าซอย่างน้อย $\frac{1}{4}$ ของหลอดดักก๊าซ

2.10 นำมาหาค่า MPN โดยนับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกในแต่ละระดับความเจือจางจากจำนวนหลอดที่ทดสอบทั้งหมด ตัวเลขที่ได้จะเป็นเลข 3 ตัว โดยเรียงผลของชุดความเข้มข้นที่มากที่สุดไปหาน้อยที่สุด

2.11 นำตัวเลขไปเทียบเคียงในตาราง MPN เพื่อหาค่า MPN ของแบคทีเรียโคลิฟอร์ม

2.12 ทำการตรวจวิเคราะห์ และหาค่า MPN ของแบคทีเรียฟีคัล โคลิฟอร์ม โดยใช้ loop ถ่ายตัวอย่างในหลอดที่ให้ผลบวกจากข้อ 5 ลงในอาหาร EC broth พร้อมหลอดดักก๊าซ จำนวน 1 loop โดยถ่าย 1 หลอดที่ให้ผลบวก ต่อหนึ่งหลอดของ EC broth

2.13 บ่มที่อุณหภูมิ 44.5 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.14 ตรวจดูการเจริญโดยสังเกตความขุ่น และการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ

2.15 นับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวก คือ หลอดที่ขุ่นและเกิดก๊าซอย่างน้อย $\frac{1}{4}$ ของหลอดดักก๊าซ

2.16 นำมาหาค่า MPN โดยนับจำนวนหลอดที่ให้ผลบวกในแต่ละระดับความเจือจางจากจำนวนหลอดที่ทดสอบทั้งหมด ตัวเลขที่ได้จะเป็นเลข 3 ตัว โดยเรียงผลของชุดความเข้มข้นที่มากที่สุดไปหาน้อยที่สุด

2.17 นำตัวเลขไปเทียบเคียงในตาราง MPN เพื่อหาค่า MPN ของแบคทีเรียฟีคัล โคลิฟอร์ม

2.18 ทำการตรวจวิเคราะห์และหาค่า MPN ของแบคทีเรีย *E.coli*

2.19 Streak เชื้อจากหลอด EC broth ทุกหลอดที่ให้ผลบวกลงอาหาร EMB agar (Eosin methylene blue agar)

2.20 บ่มที่อุณหภูมิ 37 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

2.21 สังเกตลักษณะโคโลนีผิวหน้าเรียบ แห้ง สีน้ำตาลอมดำ อาจมีเงาโลหะ (metallic sheen) ปรากฏ

2.22 เชื้อโคโลนีที่มีลักษณะดังกล่าวเลี้ยงบนอาหาร NA เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางชีวเคมี โดยทดสอบ IMViC Test และย้อมแกรมเพื่อดูลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphology) โดย *E.coli* จะให้ผลการทดสอบ IMViC Test เป็น ++-- หรือ --- และติดสีแกรมลบ ท่อนสั้น ไม่สร้างสปอร์

2.23 หาค่า MPN ของ *E.coli* โดยนับจำนวนหลอดที่ให้ลักษณะโคโลนีของ *E.coli* ใน EMB agar และให้ผลทดสอบ IMViC Test เป็น ++-- หรือ --- และติดสีแกรมลบ ท่อนสั้น ไม่สร้างสปอร์

2.24 นำตัวเลขที่ได้ไปเปิดตาราง MPN เพื่อหาค่า MPN ของ *E.coli*

3. การตรวจวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* (BAM online 2001)

3.1 ชั่งตัวอย่างมา 50 กรัม เติมน้ำละลาย 0.1 % Peptone water ปริมาตร 450 มิลลิลิตร ลงไปเพื่อให้ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1:10 ตีปั่นอาหารโดยใช้ stomacher เป็นเวลา 1 นาที ทำการเจือจางตัวอย่างให้ได้ 1:100 และ 1:1000

3.2 คูดตัวอย่างที่แต่ละความเข้มข้นปริมาตร 0.3, 0.3 และ 0.4 มิลลิลิตร ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Baird-Parker Egg Yolk-Tellurite Medium

3.3 ทำการ spread plate แล้วทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3.4 สังเกตลักษณะโคโลนีของ *S. aureus* บนอาหาร Baird-Parker Egg Yolk-Tellurite Medium ซึ่งจะมีสีเทา ดำ นูน กลม ขอบเรียบ มี Opaque zone แล้วล้อมรอบด้วย Clear zone 2-3 mm

3.5 ทำการทดสอบ Coagulase test โดยนำโคโลนีที่สงสัยเลี้ยงในอาหาร BHI 0.2 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง นำมาเติม coagulase plasma อีก 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มต่ออีก 6-24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาดูผลการแข็งตัวของ coagulase plasma

*** การอ่านผล : Negative ไม่มีการแข็งตัว

1 – Positive มีตะกอนเล็กน้อย

2 – Positive มีการ clot เล็กน้อย

3 – Positive มีการ clot มากขึ้น

4 – Positive มีการ clot ทั้งหมด คว้าหลุดแล้วไม่มีการไหลออกมา

3.6 คำนวณ และรายงาน *S. aureus* ต่อกรัม ของตัวอย่างอาหาร

4. การตรวจวิเคราะห์ *Bacillus cereus* (BAM online 2001)

4.1 ชั่งตัวอย่างมา 25 กรัม เติมน้ำละลาย 0.1 % Peptone water ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ลงไปเพื่อให้ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1:10 ตีปนอาหารโดยใช้ stomacher เป็นเวลา 1 นาที ทำการเจือจางตัวอย่างให้ได้ 1:100 และ 1:1000

4.2 คูดตัวอย่างที่แต่ละความเข้มข้นปริมาตร 0.3, 0.3 และ 0.4 มิลลิลิตร ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร MYP AGAR (Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar)

4.3 ทำการ spread plate แล้วทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.4 สังเกตลักษณะโคโลนีของ *Bacillus cereus* บนอาหาร Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar ซึ่งจะมีสีชมพู มี Opaque zone (โซนทึบแสง) ช่วงที่นับได้คือ 20-200 โคโลนี

4.5 จำนวน และรายงาน *B. cereus* ต่อกรัม ของตัวอย่างอาหาร (CFU/g)



ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ นายคุดิต บุหลั่น
 เกิดวันที่ วันที่ 5 สิงหาคม 2531
 สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัด เชียงใหม่
 ประวัติการศึกษา คศ.บ. (อาหารและโภชนาการ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 ตำแหน่งปัจจุบัน -
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน -
 ผลงานดีเด่นหรือรางวัลทางวิชาการ -
 ทู่นการศึกษาที่ได้รับ -