บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมปังโฮลวีต

ภาพที่ 2.1 ขนมปังโฮลวีต

1. ขนมปังโฮลวีต

ขนมปังโฮลวีต มีส่วนผสมของธัญพืชโฮลวีต ที่ผ่านการขัดสีน้อย มีเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีคุณค่าทางโภชนาการ มีเส้นใยอาหารสูงช่วยป้องกันโรคท้องผูกทำให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถช่วยป้องกันโรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และโรคเบาหวานได้ ขนมปังโฮลวีตถือว่าเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน ร่างกายจะค่อย ๆ ดูดซึม เพื่อเปลี่ยนแปลงมาใช้เป็นพลังงาน จึงเหมาะสำหรับผู้ที่เป็นเบาหวานอีกด้วย นอกจากนี้ ขนมปังโฮลวีตยังมีวิตามินบี ที่ช่วยบำรุงผิวพรรณ และเหมาะสำหรับคนที่กำลังลดน้ำหนัก แทนที่จะเลือกกินขนมปังขาว ให้ลองมากินขนมปังโฮลวีตแทน ก็จะสามารถช่วยลดน้ำหนักได้ เพราะว่าขนมปังโฮลวีต 1 แผ่น ให้พลังงาน 10 กิโลแคลอรี ในขณะที่ขนมปังขาว 1 แผ่น ให้พลังงานถึง 100 กิโลแคลอรี (ตารางที่ 2.1)

ถ้ารับประทานขนมปังโฮลวีตเป็นอาหารมื้อเช้า จะช่วยทำให้ร่างกายค่อยๆ ย่อยอาหารอย่างช้าๆ และทำให้มีพลังงานในการทำงานไปจนถึงเวลาอาหารมื้อกลางวันได้อย่างที่ไม่หิวมากนัก ในเมล็ดธัญพืช (Grain) จำพวกข้าวต่างๆ จะมีส่วนประกอบสำคัญได้แก่ (1) รำข้าว (bran) เป็นส่วนที่หุ้มด้านนอกเมล็ดข้าว เป็นแหล่งเส้นใย และน้ำมันรำข้าว มีวิตามินอี สารต้านอนุมูลอิสระ (2) จมูกข้าว (Germ) จมูกข้าวเป็นจุดอยู่ด้านข้างของเมล็ดข้าว และอยู่ค่อนไปทางปลายเมล็ด จมูกข้าวเป็นแหล่งวิตามิน, เกลือแร่ (ในรำข้าวและจมูกข้าวจะมีสารคุณค่าพืชผักอีกหลายชนิด เช่นกัน (3) เมล็ดข้าวด้านใน (Endosperm) หรือ "ข้าวขาว" มีโปรตีน และมีแป้งมาก ทั้งหมดเรียกว่า Whole Grains ซึ่งเป็นที่มาของคำว่า Whole-Wheat โฮลวีต ที่หมายถึง ขนมปังที่ทำมาจากแป้งข้าวสาลี ที่ไม่มีการขัดสีทำลายสารอาหาร แต่คนส่วนใหญ่ชอบกินข้าวขัดสี (Refined Rice) หรือข้าวขาว (White Rice) ซึ่งเป็นข้าวที่ขัดเอาสารอาหารออกไปจนหมดทำให้ได้รับแป้งมากเกิน ผลแทรกซ้อนจากการกินข้าว

ขาว หรือขนมปังขาวมากเกินไป ทำให้ความเสี่ยงต่อโรคเรื้อรัง เช่น เบาหวาน, โรคเส้นเลือดหัวใจอุดตัน, โรคอ้วน, ท้องผูก, ริดสีดวงทวาร ฯลฯ เพิ่มขึ้น ธัญพืชครบส่วน เช่น ข้าวกล้อง หรือขนมปังโฮลวีต ช่วยป้องกันเบาหวาน การศึกษาสุขภาพพยาบาลและบุคลากรสุขภาพ (Nurses' Health Study & Health Professionals Follow-up Study) พบว่า คนที่กินธัญพืชครบส่วน เทียบเท่าการกินเส้นใยธัญพืช 7.5 กรัมต่อวัน หรือเทียบเท่าข้าวโอ๊ตวันละ 1 ถ้วย และขนมปังโฮลวีต 2 แผ่น หรือข้าวกล้องประมาณ 3.5 ทัพพี มีความเสี่ยงต่อโรคเบาหวานลดลง 30 % เมื่อเทียบกับคนที่กินเส้นใยธัญพืชน้อยที่สุด (น้อยกว่า 2.5 กรัมต่อวัน) โดยปัจจัยที่ลดความเสี่ยงต่อโรคเบาหวาน ได้แก่ การกินธัญพืชเป็นอาหารเช้า ส่วนปัจจัยที่เพิ่มความเสี่ยงต่อโรคเบาหวาน ได้แก่ น้ำอัดลม (โคล่า), ขนมปังขาว, ข้าวขาว, มันฝรั่งทอดหรือต้ม (Baking Industry Research Trust. n.d.)

วารสารสมาคมแพทย์อเมริกัน (JAMA) และโภชนาการคลินิกอเมริกัน (AJ Clinical Nutrition) ตีพิมพ์ผลการศึกษาสุขภาพพยาบาล (NHS) ในปี 2542 ว่า คนกินธัญพืชครบส่วนประมาณ 2.5 ส่วนบริโภค (ประมาณ 2.5 ทัพพี) ต่อวัน ช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคเส้นเลือดหัวใจอุดตันลง 30 % เมื่อเทียบกับคนที่กินธัญพืชครบ ส่วนน้อยที่สุดคือ 1 ส่วนบริโภค (1 ทัพพี) ต่อสัปดาห์ (Baking Industry Research Trust. n.d.)

การกินธัญพืชครบส่วน ช่วยเพิ่มเส้นใยในทางเดินอาหาร ป้องกันโรคท้องผูกได้ดีมาก ลดแรงเบ่งในการถ่ายอุจจาระ และลดโรคลำไส้โป่งเป็นถุงยื่น (Diverticulums) ซึ่งบางครั้งเกิดการอักเสบหรือแตกได้คล้ายไส้ติ่งอักเสบ งานวิจัย 40 ชิ้นระบุว่า การกินธัญพืชครบส่วนอย่างสม่ำเสมอ มีส่วนช่วยลดความเสี่ยงมะเร็งช่องปาก, กระเพาะอาหาร, ลำไส้ใหญ่, ถุงน้ำดี และรังไข่ จากการศึกษาติดตามสุขภาพพยาบาลสหรัฐฯ (NHS) ไม่พบว่า เส้นใย (ไฟเบอร์) ลดมะเร็งโดยตรง แต่น่าจะเป็นผลจากสารอาหารที่มีอยู่ในธัญพืชครบส่วน เช่น วิตามิน, เกลือแร่, กรดโฟลิค, ไฟโทเอสโทรเจน ฯลฯ การกินธัญพืชครบส่วน ให้ผลดีกว่ากินเส้นใยอัดเม็ด เพราะข้าวกล้องไม่ได้มีเพียงแป้งกับเส้นใย แต่มีทั้งแป้ง, โปรตีน, วิตามิน, เกลือแร่, สารต้านอนุมูลอิสระ และสารคุณค่าพืชผักนานาชนิด การศึกษาติดตามสุขภาพพยาบาลสหรัฐฯ (NHS) พบว่า ผู้หญิงที่กินธัญพืชครบส่วน จะควบคุมน้ำหนักได้ดีกว่าคนที่กินธัญพืชขัดสี เช่น ข้าวขาว, ขนมปังขาว ฯลฯ (Baking Industry Research Trust. n.d.)

ขนมปังโฮลวีต เป็นแหล่งของสารอาหารทั้งโปรตีน วิตามิน เกลือแร่ ใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต แต่มีปริมาณไขมันและโคเลสเตอรอลต่ำ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าขนมปังขาว (White Bread) มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนใกล้เคียงกับขนมปังธัญชาติ/ขนมปังโฮลมีล (WholeMeal Bread) ซึ่งขนมปังโฮลมีลนั้น จะมีส่วนของใยอาหารทั้งที่ละลายน้ำได้และละลายน้ำไม่ได้สูง และยังผลิตจากแป้งที่ไม่ได้ฟอกสี ดังนั้นหากผู้บริโภคนิยมรับประทานขนมปังขาวก็ควรเสริมในส่วนของใยอาหารจากเมล็ดพืชหรือธัญชาติอื่น ในประเทศนิวซีแลนด์มีการกำหนดให้ขนมปังโฮลมีลต้องประกอบด้วยแป้งโฮลมีล (WholeMeal Flour) อย่างน้อยร้อยละ 90 ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณกลูเตนในขนมปัง ทำให้ขนมปัง มีความยืดหยุ่น และปริมาตรต่ำ หากมีการบริโภคขนมปัง 100 กรัมต่อวัน ผู้บริโภคจะได้รับสารอาหาร(ร้อยละ) โดยเฉลี่ย ดังตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่าขนมปังเป็นแหล่งของสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ทั้งนี้ปริมาณสารอาหารขึ้นอยู่กับชนิด และขนาดของขนมปังด้วย (Baking Industry Research Trust. n.d.)

ขนมปังโฮลวีต มีวิตามินบี ซึ่งจะช่วยบำรุงผิวพรรณ มีใยอาหารสูงมากและดีต่อระบบขับถ่าย มีธาตุเหล็ก สังกะสีสูงกว่าขนมปังขาวและช่วยบำรุงเลือด ช่วยดูดซึมแคลเซียมได้เป็นอย่างดี เมื่อกินขนมปังโฮลวีตแล้วร่างกายจะค่อยๆดูดซึมอย่างช้าๆค่อยๆปล่อยพลังงานออกมาทีละนิด ทำให้อิ่มนาน ทำให้สมองทำงานได้ดีอย่างต่อเนื่อง แต่ถ้ารับประทานขนมปังขาวร่างกายจะย่อยเร็วเปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้อย่างรวดเร็ว เมื่อร่างกายสะสมมากๆ น้ำตาลจะเปลี่ยนกลับมาเป็นความอ้วน และที่สำคัญขอบขนมปังมีสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเกิดจากกระบวนการอบ ไม่ควรตัดทิ้ง (Baking Industry Research Trust, n.d.)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสารอาหาร (ร้อยละ) โดยเฉลี่ยของขนมปัง 100 กรัม

สารอาหาร	ชนิดของขนมปัง					
	ขนมปังขาว	โฮลมีล	ข้าวสาลีผสมข้าวไรน์	มัลติเกรน	ขนมปังอิตาเลียน	ข้าวสาลีผสมข้าวโอ๊ต
โปรตีน (g)	7.30	8.10	9.10	8.80	9.60	9.60
ไทอามีน (mg)	0.33	0.66	0.84	0.30	0.14	0.40
ไนอะซีน (mg)	1.60	2.10	2.10	2.00	1.60	1.60
ไรโบฟลาวิน (mg)	0.09	0.16	0.19	0.12	0.03	0.10
เหล็ก (mg)	1.00	1.70	1.70	1.40	1.40	2.10
แคลเซียม (mg)	40	33	40	39	40	48
พลังงาน (Kcal)	216	198	207	230	232	222

ที่มา: Baking Industry Research Trust. (n.d.)

2. ส่วนผสมที่สำคัญของขนมปังมีดังนี้ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

"ขนมอบ" หมายถึง อาหารหวานที่มีส่วนผสมของแป้งสาลีที่ทำให้สุกด้วยความร้อนจากไอน้ำ หรือไฟ ส่วนคำว่า "เทคโนโลยี" หมายถึง การนำเอาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในศิลปะแขนงต่างๆ ดังนั้น "เทคโนโลยีขนมอบ" จึงหมายถึงการนำเอาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการประกอบการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบนั่นเอง

การทำขนมอบยังไม่มีหลักฐานหรือแหล่งสืบค้นใดๆ ที่ยืนยันได้แน่นอนว่า ใครเป็นคนแรกที่ทำขนมปัง แต่มีเรื่องเล่าต่อ ๆ มาว่า เมื่อประมาณ 3000 ปีก่อนคริสตกาล ชาวสวิสในยุคหินที่อาศัยอยู่ตามทะเลสาบ ได้ใช้ครกตำข้าวสาลีแล้วนำไปผสมน้ำ เทส่วนผสมนี้ลงไปบนหินร้อน เพื่อให้สุก ผลที่ได้คือขนมปังขึ้นฟูโดยไม่ตั้งใจ ประวัติที่ยอมรับสืบเนื่องกันมาอีกเรื่องก็คือ พวกทาสในสมัยราชวงศ์อียิปต์ได้ผสมก้อนแป้งที่ลืมไว้ลงในแป้งที่ผสมเสร็จใหม่ ๆ ผลที่ได้ คือ ขนมปังจะเบาและมีรสชาติอร่อย

การทำขนมปังได้แพร่หลายจากอียิปต์ไปสู่ภูมิภาคแถบเมดิเตอร์เรเนียนในกลุ่มเยรูซาเล็มโบราณ รวมทั้งเมืองที่อยู่บนเส้นทางการค้าขายของชาวตะวันออกกลาง ในยุคขนมปังนี้ขนมปังจะมีขนาดเล็กแบน ไม่ขึ้นฟู ซึ่งจะคล้ายกับขนมปังโรลในปัจจุบัน

ขนมปัง เป็นอาหารที่ทำจากแป้งสาลีที่ผสมกับน้ำและยีสต์ หรือผงฟู นอกจากนี้ยังมีการใช้ส่วนผสมอื่นๆ เพื่อแต่งสี รสชาติและกลิ่น แตกต่างกันไปตามแต่ละประเภทของขนมปัง และแต่ละประเทศที่ทำ โดยนำส่วนผสมมาตีให้เข้ากันและนำไปอบ ขนมปังมีหลายประเภท เช่น ขนมปังฝรั่งเศส ขนมปังแซนด์วิช ขนมปังหวาน ขนมปังไรน์ หรือแม้กระทั่ง เพรทเซล (Pretzel) ของขึ้นชื่อประเทศเยอรมนี เป็นต้น (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2556)

แป้งสาลี ขนมปังเกิดจากโปรตีนของแป้งสาลีที่มีชื่อว่า กลูเต็น โปรตีนชนิดนี้มีอยู่สูงในข้าวสาลี มีปริมาณโปรตีนสูง อยู่ระหว่างร้อยละ 12.5 - 14 โม่จากข้าวสาลีชนิดแข็งพวก Hard Red Spring หรือ Hard Red Winter ใช้ทำขนมปัง และผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์ ลักษณะของแป้งมีความหยาบ เมื่อถูด้วยมือจะรู้สึกระคายมือ มีสีครีม ไม่ขาว เมื่อกดนิ้วลงบนแป้ง แป้งไม่เกาะตัวกัน ในขณะที่ข้าวเจ้าที่คนไทยรับประทานในทุกวันมีกลูเต็นอยู่น้อยมาก นี่จึงเป็นสาเหตุว่าทำไม ข้าวเจ้าจึงไม่สามารถนำมาทำขนมปังได้

น้ำ น้ำเป็นส่วนผสมที่จัดว่ามีราคาถูกที่สุดในการทำขนมอบ เป็นวัตถุดิบที่สำคัญรองจากแป้งสาลี และขาดไม่ได้ เนื่องจากน้ำมีหน้าที่รวมตัวกับโปรตีนในแป้งให้เกิดเป็นกลูเต็น น้ำมีอินทรีย์สารและเกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำในปริมาณที่ต่างกัน สำหรับน้ำที่มีความกระด้างปานกลางจะใช้ได้ดีในการทำขนมปัง ดังนั้นในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่น้ำที่นิยมใช้คือ “น้ำประปา” เนื่องจากเป็นน้ำที่มีความกระด้างปานกลาง 50-100 ppm มีแร่ธาตุในปริมาณที่เหมาะสม Gluten จับตัวกันพอเหมาะโดว์ที่ได้ไม่แข็ง หรืออ่อนตัวจนเกินไป

ยีสต์ ยีสต์จะถูกเติมลงไปในขนมปังเพื่อให้ขนมปังพองฟู เพราะยีสต์จะกินน้ำตาลที่อยู่ในแป้งและผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ทำให้ขนมปังมีรูปร่างเป็นก้อน ยีสต์ที่ใช้ในการทำขนมปังมีหลายรูปแบบ ทั้งแบบสด และแบบผงเป็นต้น การใช้ยีสต์ที่ถูกต้องจะต้องทำการปลุกยีสต์เสียก่อนโดยการละลายน้ำในอุณหภูมิประมาณ 38 องศาเซลเซียส การใช้ยีสต์จึงทำได้ยากกว่า แต่ให้ผลดีที่จะให้เนื้อขนมปังและรสชาติดีกว่าการใช้ผงฟู ยีสต์ที่ใช้โดยทั่วไป คือ *Saccharomyces Cerevisiae*

เกลือ ที่ใช้ในเบเกอรี่นั้นเป็นเกลือป่นละเอียด ประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 99 ส่วนที่เหลือคือ ความชื้น คลอไรด์ และซัลเฟตอื่น ๆ ช่วยควบคุมการทำงานของยีสต์ในผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์ ควบคุมอัตราการหมัก ถ้าเกลือมากเกินไปการหมักจะช้าลง ถ้าเกลือน้อยเกินไปการหมักจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ยีสต์ใช้น้ำตาลที่มีในโดว์มากเกินไป ทำให้สีของผิวขนมปังซีด ไม่เป็นสีเหลืองน้ำตาลตามต้องการ และช่วยให้กลูเต็นในโดว์มีกำลังในการยืดตัว แข็งแรงขึ้น เพราะเกลือไปยับยั้งการทำงานของ Proteolytic Enzyme นอกจากนี้เกลือยังมีคุณสมบัติ ionic strength ช่วยการจับตัวของกลูเต็น ทำให้กลูเต็นแข็งแรงขึ้น ขนมปังจะมีความเหนียวมากขึ้น

3. ประเภทของขนมปัง (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2556)

ขนมปังสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ซึ่งขึ้นอยู่กันไขมันที่ใช้เป็นส่วนผสม

3.1 ขนมปังผิวแข็ง (Hard Bread) เป็นขนมปังที่มีปริมาณของไขมันต่ำประมาณ 0 – 3 % และมีน้ำตาลประมาณ 0 - 2 % มีลักษณะเปลือกของขนมปังค่อนข้างแข็งเช่น ขนมปังฝรั่งเศส ดินเนอร์โรล ขนมปังขาไก่ เป็นต้น

3.2 ขนมปังปอนด์ (Loaf Bread) มีปริมาณไขมัน 3 - 6 % ปริมาณน้ำตาล 10 - 14 % รสชาติจืดเช่น ขนมปังหัวกะโหลก ขนมปังแซนวิช เป็นต้น

3.3 ขนมปังซอฟบัน (Soft Bun) เป็นขนมปังที่มีปริมาณไขมัน 6 - 12 % ปริมาณน้ำตาล 10 - 14 % เนื้อนุ่ม มีความหวานเล็กน้อย นิยมทำเป็นขนมปังหวานมีไส้หรือไม่มีก็ได้ เช่น ขนมปังไส้ไก่ ขนมปังซอฟบัน ขนมปังลูกเกด ขนมปังหมูหยอง เป็นต้น

3.4 ขนมปังหวาน (Sweet Dough) มีปริมาณของไขมัน 12 - 14 % ปริมาณน้ำตาล 16 - 22 % เนื้อของขนมปังค่อนข้างหวานได้แก่ ขนมปังมะพร้าว ขนมปังไส้ผลไม้ชนิดหวานต่าง

4. วิธีทำแป้ง Dough สำหรับทำผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยีสต์ (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2556)

วิธีการทำก้อนแป้งสำหรับทำขนมปังและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยีสต์อื่น ๆ มีดังนี้

4.1 วิธีผสมครั้งเดียว (Straight Dough Method)

วิธีนี้ใช้กันทั่วไป เพราะสะดวกในการทำ โดยการผสมส่วนผสมต่าง ๆ ที่จะใช้พร้อมกันทุกอย่าง แล้วนวดแป้งจนเรียบเนียน และนำไปหมักเพียงครั้งเดียว ให้ขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 ½ -2 ชั่วโมง การผสมวิธีนี้จำเป็นต้องมีการไล่ลม

4.2 วิธีผสม 2 ครั้ง (Sponge and Dough Method)

วิธีนี้มีการผสมและการหมัก 2 ครั้ง ครั้งแรกผสมแป้งส่วนหนึ่งประมาณ 70-80 % ของน้ำหนักแป้งทั้งหมดในสูตรกับยีสต์และน้ำประมาณ 55 % ของน้ำหนักแป้งที่ใช้ เมื่อหมักสปันจ์ได้ที่แล้วจึงนำมาผสมครั้งที่ 2 กับแป้งส่วนที่เหลือและส่วนผสมทั้งหมด เช่น ไข่ นม ฯลฯ กับเติมน้ำอีกประมาณ 55 % ของน้ำหนักแป้งที่เหลือ จนส่วนผสมทั้งสองเข้ากันได้ดี

4.3 วิธีทุ่นเวลา (No-Time Dough)

วิธีนี้ใช้เวลาในการหมักน้อย เพราะสามารถลดเวลาในการหมักลงประมาณ 2 ชั่วโมง คือ หลังจากผสมแล้วไม่ต้องนำไปหมักเพียงแต่พักไว้ประมาณ 15 นาทีจึงนำมารีดและปั้นเป็นรูป

5. ขั้นตอนการผลิต (อุสาห์ เจริญวัฒนา, 2537)

5.1 การผสมแป้ง (Mixing)

การผสมแป้ง ช่วยให้ส่วนผสมเข้ากันได้ดีและช่วยให้กลูเต็นในแป้งที่ถูกผสม จนถึงจุดที่จะใช้ได้ ซึ่งสังเกตได้จากการที่แป้งจะรวมตัวกันเป็นก้อน แห้ง ไม่เหนียวติดมือ หรือเครื่องผสมมีความเหนียวแน่น นุ่ม สามารถดึงยืดให้เป็นแผ่นบาง ๆ ได้ไม่ขาดง่าย การผสมแป้งนี้ถ้าผสมน้อยเกินไปคือยังไม่ได้ที่จะทำให้แป้งมีความยืดหยุ่นน้อย ส่วนการผสมแป้งนานจนเกินไปก็จะทำให้ก้อนแป้งเริ่มนิ่มเหลว แฉะ เมื่อดึงขึ้นมาจะติดมือเป็นสายทำให้ก้อนแป้งขาดได้ง่าย เพราะการผสมนานเกินไปจะทำให้กลูเต็นในก้อนแป้งฉีกขาดทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาตรต่ำ และร่วน ส่วนระยะเวลาในการผสมจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง อุณหภูมิของก้อนแป้ง ชนิดของเครื่องผสม

ในการผสมจะแบ่งส่วนผสมเป็น 3 ส่วน คือ

(1) ของแห้ง ได้แก่ แป้ง ยีสต์แห้งชนิดผง นมผง ฯลฯ ยกเว้น น้ำตาลทราย และเกลือ

(2) ของเหลว ได้แก่ น้ำ นมข้นจืด ไข่ไก่ น้ำตาลทราย และเกลือ

(3) ไขมัน ได้แก่ เนย และน้ำมันต่าง ๆ

5.2 การหมักแป้งหลังการผสม (Fermentation)

หลังจากแป้งถูกผสมแล้ว ควรพักก้อนแป้งไว้ระยะหนึ่ง ซึ่งจะนานเท่าใด ขึ้นอยู่กับวิธีการทำผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิของก้อนแป้ง ชนิดของแป้งและปริมาณของส่วนผสม

สถานที่ใช้หมักก้อนแป้งควรสะอาด ปราศจากกลิ่นโดยทั่วไปจะมีห้องหมักเฉพาะที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 36 ^{0}C และมีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70-78% เพื่อป้องกันผิวหน้าของก้อนโดว์ไม่ให้เปียกหรือแห้งกินไป ซึ่งเป็นผลต่อผลิตภัณฑ์ที่อบออกมาได้ ถ้าไม่มีห้องหมักอาจใช้ผ้าขาวบางชุบน้ำบิดหมาดหรือผ่านแผ่นพลาสติก เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำในโดว์ระเหยสู่อากาศภายนอกทำให้ผิวโดว์แห้งได้

การหมักมีจุดประสงค์เพื่อการเก็บก๊าซที่เกิดขึ้น และกระจายก๊าซไปยังโครงสร้างที่เป็นยางเหนียวในโดว์ ในช่วงแรกยีสต์ใช้อาหารจากน้ำตาลกลูโคส ซูโครส และมอลโทส ผลพลอยได้จากการหมักคือแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ระยะเวลาในการหมักโดว์มีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ทำ โดยการหมักโดว์ที่ถูกต้องคือมีระยะเวลาการหมัก และปริมาณของยีสต์ที่เหมาะสม เป็นผลให้ขนมปังมีกลิ่นหอมของยีสต์ชวนรับประทาน มีรสชาติดี มีคุณภาพลักษณะขนมปังที่ดีทั้งปริมาณและคุณภาพ สำหรับโดที่หมักนานเกินไปมักแฉะ อ่อนตัว และแห้งเร็ว เนื้อของขนมปังจะร่วน ปริมาณต่ำ และมีรูปร่างไม่สวยงาม เมื่อนำมาทำรูปร่างต้องใช้แป้งโรยหน้าในระหว่างการชั่งและปั้นรูป ทำให้แป้งมีมากเกินไป เป็นให้มีกลิ่นรสไม่ดี สีของเปลือกขนมปังจะซีด ส่วนโดที่หมักเร็วเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณลดลง เพราะโดยังไม่ขึ้นเต็มที่ สีของเปลือกนอกจะเข้ม กลิ่นรสไม่ดี เนื้อในผลิตภัณฑ์จะมีสีเทาไม่ขาว มีโพรงใหญ่และร่วน ทำให้มีคุณภาพไม่ดีเช่นกัน

การทดสอบ โดยการใช้นิ้วกดลงไปในก้อนโดว์ลึกประมาณ 2-4 เซนติเมตร

ถ้าใช้นิ้วที่กดลงไปถูกดันมาขึ้นจนเหลือรอยนิ้วจางๆ บนก้อนโดว์ แสดงว่าก้อนโดว์นั้นพร้อมที่จะไล่ลมได้แล้วได้แล้ว

ถ้ารอยนิ้วกดมาดันขึ้นจนมาเห็นรอยที่กดลงไป แสดงว่ายังไม่พร้อมที่จะไล่ลมต้องหมักต่ออีก

ถ้ารอยนิ้วกดลงไปไม่ถูกดันกลับขึ้นมาเป็นรอยนิ้วบุ๋มอยู่ในก้อนโดว์ แสดงว่าหมักนานเกินไป

5.3 การไล่อากาศออกจากโดว์ (Punching) เป็นการลดปริมาของก้อนโดว์ที่หมักเพื่อทำให้โดว์มีอุณหภูมิเท่ากันหมดทั้งก้อนไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีมากเกินไปออก และเพื่อนำอากาศบริสุทธิ์ให้เข้าไปแทนและช่วยให้กลูเต็นที่ขยายตัวออกเป็นโครงสร้างมีการพักตัวพร้อมที่จะขยายใหม่ได้โครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น

โดยปกติการลดปริมาณของก้อนโดว์หมักครั้งแรกจะกระทำเมื่อหมักโดว์ไปได้แล้วประมาณร้อยละ 80% ของเวลาที่ใช้หมัก การไล่อากาศออกจากโดนั้นไม่ควรทำหลายครั้ง เพราะถ้าลดบ่อยๆ จะทำให้แป้งที่หมักนั้นเหนียว แป้งแต่ละชนิดมีเวลาในการหมักที่อุณหภูมิเหมาะสมต่างกันขึ้นอยู่กับธรรมชาติของแป้ง สูตรที่ใช้ และระยะเวลาการผสมก่อนนำมาหมัก

5.4 การตัดแบ่งน้ำหนัก (Scaling)

การตัดแบ่งโดว์ให้เป็นชิ้น น้ำหนักเท่าๆ กัน และมีขนาดพอเหมาะกับความต้องการเพื่อให้ได้ขนมปังที่มีรูปร่างดี เพราะถ้าแบ่งน้ำหนักเท่าๆ กันแล้วจะทำให้การอบเป็นไปอย่างสม่ำเสมอโดยใช้เวลาเท่ากัน ขนาดน้ำหนักของก้อนโดว์ที่ตัดแบ่งจะต้องสัมพันธ์กับขนาดของถาดหรือพิมพ์ เพราะมีผลต่อลักษณะเนื้อ และความสวยงามของขนมปัง โดยคำนวณจาก; น้ำหนักของโดว์ (g) = (ปริมาณของพิมพ์ หรือน้ำหนักน้ำที่เต็มพิมพ์) x 0.24 ในปกติเมื่ออบขนมปังแล้วจะมีน้ำหนักที่เสียไปร้อยละ 10 ดังนั้นถ้าต้องการน้ำหนักที่ต้องการควรตัดน้ำหนักเพิ่มจากที่คำนวณได้อีกร้อยละ 10 การตัดแบ่งโดว์นั้น ถ้าทำปริมารน้อย อาจทำได้ด้วยมือโดยใช้แผ่นโลหะตัดก้อนโดว์ให้เป็นก้อน แล้วชั่งแต่ละก้อนให้มีน้ำหนักเท่าๆ กัน ด้วยเครื่องชั่ง ถ้าทำปริมาณมาก ควรใช้เครื่องแบ่งก้อนโดว์ให้เป็นก้อนๆโดยการปรับเครื่องให้ตัดให้มีน้ำหนักตามต้องการ

5.5 การคลึงกลม (Rounding) เมื่อตัดแบ่งก้อนโดว์ให้เป็นก้อนที่น้ำหนักและขนาดตามต้องการแล้ว นำมาคลึงให้เป็นก้อนกลม ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จำเป็นเพราะ

5.5.1 เป็นการทำให้ก้อนโดว์ที่ถูกตัดแบ่งมามีผิวเรียบทั้งก้อน ป้องกันมิให้ก๊าซหนีออกไปได้ทางผิวที่ถูกตัด เป็นผลให้โดว์สามารถเก็บก๊าซได้ดี

5.5.2 เมื่อตัดแบ่งโดว์ออกมานั้น โครงสร้างของกลูเต็น เรียงไม่เป็นระเบียบไม่เหมาะสมที่จะนำมาปั้นเป็นรูป จึงต้องคลึงให้กลม ผิวเรียบ ตึง และ เนียน

5.6 การพักโดว์ (Intermediate proof/Benching)

หลังจากคลึงกลมแล้วควรพักโดประมาณ 8 – 15 นาที ระยะเวลาขึ้นอยู่กับสภาพของโดว์และสภาพของบริเวณที่ผลิต ทั้งนี้เนื่องจากโดว์ที่ถูกตัดแบ่งน้ำหนักจะสูญเสียก๊าซไปบ้าง ดังนั้นเพื่อให้โดว์ทนต่อแรงกดในช่วงการทำรูปร่างโดยไม่ทำให้ผิวฉีกขาด และโครงสร้างเซลล์เสียไป จึงต้องมีการพักเพื่อคลายตัวจากการถูกตัดและคลึงก่อนที่จะทำรูปร่างต่อไป

การทำรูปร่าง (Molding/Makeup and Panning) เมื่อพักโดว์จนได้ที่แล้ว จะนำมาปฏิบัติดังนี้

5.6.1 รีด (อาจใช้ไม้คลึงแป้ง หรือเครื่อง หรือมือในกรณีที่ก้อนโดว์มีขนาดเล็ก) โดยจะทำให้ก้อนโดว์เป็นแผ่นหนา-บางตามต้องการอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้เพื่อไล่ฟองก๊าซที่เกิดขึ้น และทำให้ฟองก๊าซในก้อนโดว์มีขนาดใกล้เคียงกัน

5.6.2 ม้วนให้แน่นเป็นรูปร่างตามต้องการเช่น ท่อนกลม ถักเปีย ห่อไส้ เป็นต้น

5.6.3 วางบนถาดหรือพิมพ์ที่มาไขมันเพื่อกันขนมปังติดถาดหรือพิมพ์เมื่ออบสุกแล้วโดยวางด้านที่เป็นตะเข็บไว้ด้านล่าง

5.7 การทำรูปร่าง (Molding / Makeup and Panning) เมื่อพักโดว์จนได้ที่แล้วจะนำมาปฏิบัติ ดังนี้

5.7.1 รีด (อาจใช้ไม้คลึงแป้ง หรือเครื่อง หรือมือในกรณีที่ก้อนโดว์มีขนาดเล็ก) โดยจะทำให้ก้อนโดว์เป็นแผ่นหนา-บางตามต้องการอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้เพื่อไล่ฟองก๊าซที่เกิดขึ้น และทำให้ฟองก๊าซในก้อนโดว์มีขนาดใกล้เคียงกัน

5.7.2 ม้วนโดว์ให้แน่นเป็นรูปร่างตามต้องการเช่น ท่อนกลม ถักเปีย ห่อไส้ เป็นต้น

5.7.3 วางบนถาดหรือพิมพ์ที่มาไขมันเพื่อกันขนมปังติดถาดหรือพิมพ์เมื่ออบสุกแล้วโดยวางด้านที่เป็นตะเข็บไว้ด้านล่าง

5.8 การพักโดว์ก่อนอบ หรือการหมักครั้งสุดท้าย (Proofing)

เมื่อทำรูปร่างของขนมปังนำใส่พิมพ์หรือถาดแล้ว ควรหมักโดว์นี้ไว้ในห้องหรือตู้ที่ควบคุมอุณหภูมิหรือความชื้น โดยมีอุณหภูมิ 95 องศาฟาเรนไฮต์ (35 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 เป็นการพักหรือหมักโดว์ครั้งสุดท้าย ใช้ระยะเวลาในการพักหรือหมักนี้ประมาณ 45-60 นาที กรณีที่ไม่มีตู้หมัก ให้ใช้แผ่นพลาสติกหรือผ้าขาวบางชุบน้ำคลุมโดว์ในระหว่างการหมัก

วัตถุประสงค์ของการพักหรือหมักครั้งนี้เพื่อให้ดูมีปริมาตรเพิ่มขึ้นหลังจากที่ได้ไล่ก๊าซออกไปแล้วตอนรีดโดว์ก่อนทำรูปร่าง โดยยีสต์จะได้อากาศใหม่เข้าไป ทำให้กำลังในการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดว์จะยืดตัวห่อหุ้มก๊าซใหม่ที่เกิดขึ้นไว้ ทำให้เนื้อขนมปังที่ได้โปร่ง ไม่แน่นและมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังนั้นในขณะที่หมักโดว์ขั้นนี้แสดงว่ายีสต์ยังคงทำปฏิกิริยาอยู่ และจะเร็วขึ้นเพราะอุณหภูมิที่ใช้ในการพักตัวครั้งสุดท้ายนี้สูงกว่าครั้งแรก การตรวจดูว่าโดว์ที่พักนี้ได้ที่พร้อมนำเข้าอบได้ ทำได้โดยใช้นิ้วมือแตะลงไปเบาๆ บนโดที่ขึ้นเกือบเต็มพิมพ์หรือเกือบเท่าตัว ถ้ามีรอยนิ้วติดอยู่จางๆ เมื่อยกนิ้วขึ้นแสดงว่า พักได้ที่แล้ว นำเข้าอบได้

ถ้ารอยนิ้วหายไปเมื่อยกนิ้วขึ้น หรือถูกดันขึ้นมาจนหายไปแสดงว่า โดว์ยังคลายตัวหรือพักไม่เต็มที่ ต้องพักต่อไป ขนมปังหลังอบจะมีปริมาตรต่ำ อาจแตกด้านข้าง เปลือกแข็งกระด้าง

ถ้าแตะแล้วรอยนิ้วจมลึกลงไปไม่ถูกดันกลับ แสดงว่าพักนานเกินไป ขนมปังที่ได้หลังจากอบจะมีลักษณะไม่ดีนัก มีสีซีด เนื้อหยาบ ฟองอากาศโต กลิ่นรสไม่ดี มีกลิ่นหมัก

5.9 การอบ (Baking)

การอบเป็นขั้นตอนสุดท้ายโดยความร้อนจะทำให้โดว์สุกได้ที่ ในขณะทำการอบสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 Initial Stage เมื่อขนมปังเข้าสู่เตาอบ การหมักของโดว์ยังคงดำเนินการอยู่ ช่วงแรกของการอบ ยีสต์จะผลิตก๊าซเพิ่มขึ้นรวดเร็ว ทำให้ขนมปังจะมีการพอง ขยายตัวอย่างรวดเร็ว ดังนั้นช่วงการอบ 10 นาทีแรก เรียกว่า “Oven Spring”

ขั้นที 2 Intermediate Stage ในขั้นนี้มีสิ่งที่เกิดขึ้น ดังนี้

(1) ที่อุณหภูมิ 110 องศาฟาเรนไฮต์ (43 องศาเซลเซียส) ยีสต์จะค่อยๆ ลดการทำงานลง

(2) ที่อุณหภูมิ 130 องศาฟาเรนไฮต์ (54 องศาเซลเซียส) ยีสต์จะตายและ Starch เริ่มเกิด Gelatinizeเอนไซม์ที่ย่อยแป้งเร่งการทำงานที่อุณหภูมิแป้งสุก

(3) ที่อุณหภูมิ 149 - 194 องศาฟาเรนไฮต์ (65 - 95 องศาเซลเซียส) Gluten เริ่มเปลี่ยนแปลงเป็นการแข็งตัวที่อุณหภูมิ 165 องศาฟาเรนไฮต์ (74 องศาเซลเซียส) ทำให้น้ำที่ Gluten ดูดซับไว้เคลื่อนตัวออกมยัง Starch ช่วยให้ Starch เกิด Gelatinize ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นและดำเนินต่อไปจนกระทั่งการอบสิ้นสุด แอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจะระเหยไปหมดเมื่อถูกความร้อน ภายนอกก้อนโดว์ มีอุณหภูมิสูงกว่าภายในก้อนโดว์ จึงทำให้น้ำระเหยออกทำให้เกิดผิวแข็งด้านนอก

ขั้นที่ 3 Final Stage ในขณะนี้ที่บริเวณผิวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโน รวมถึงการเกิด Caramelization ของน้ำตาลซูโครสที่อุณหภูมิสูง ทำให้ผิวขนมปังเกิดสีน้ำตาล

5.9.1 สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบขึ้นอยู่กับประเภทของขนมปัง ได้แก่

5.9.1.1 ขนมปังผิวแข็ง – Lean Breads โดยทั่วไปอบที่อุณหภูมิ 400 – 425 องศาฟาเรนไฮต์ (205-220 องศาเซลเซียส)

5.9.1.2 ขนมปังฝรั่งเศส – French Breads อบที่อุณหภูมิ 425 – 475 องศาฟาเรนไฮต์ (220 - 245 องศาเซลเซียส)

5.9.1.3 ขนมปังที่มีปริมาณน้ำตาลและไขมันสูง – Rich Products อบที่อุณหภูมิ 350 - 400 องศาฟาเรนไฮต์ (175 - 205 องศาเซลเซียส)

5.9.2 ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิของเตาอบและระยะเวลาในการอบ

5.9.2.1 ขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ ถ้าขนมปังมีขนาดใหญ่ต้องใช้อุณหภูมิปกติที่กำหนดไว้ เพื่อป้องกันเปลือกนอกไหม้ก่อนที่เนื้อขนมปังด้านในจะสุก ถ้าขนมปังมีขนาดเล็กต้องเพื่ออุณหภูมิให้สูงขึ้น เพื่อให้เปลือกนอกและเนื้อในของผลิตภัณฑ์สุกพร้อมกัน

5.9.2.2 ปริมาณของน้ำตาลที่มีอยู่ในโดว์ ถ้าสูตรมีปริมาณน้ำตาลสูงจะต้องลดอุณหภูมิให้ต่ำลงเพื่อไม่ให้เปลือกนอกไหม้เร็วเกินไป ถ้าปริมาณน้ำตาลน้อยควรเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเพื่อให้เปลือกนอกมีสีน้ำตาล

5.9.2.3 การใช้ไอน้ำในเตาอบ ขนมปังบางชนิดต้องการความชื้นในขณะอบ เช่น ขนมปังฝรั่งเศสและขนมปังที่ต้องการให้เปลือกนอกแข็ง ถ้าไอน้ำที่ใช้มากเกินไปจะไม่ดีทำให้เปลือกนอกของขนมปังมันและเหนียว ปริมาณไอน้ำที่เหมาะสมในการอบระยะแรกควรมีความดันต่ำกว่า 10 ปอนด์

5.10 การทำให้เย็น (Cooling) การเก็บ และการบรรจุหีบห่อ (Storing and Packaging)

เมื่ออบจนขนมปังสุกแล้วต้องนำขนมปังออกจากพิมพ์ทันที เพื่อป้องกันไม่ให้มีการอบต่อ โดยอาศัยความร้อนที่เหลืออยู่จากพิมพ์ จนขนมปังที่ได้ต้องทิ้งไว้ให้เย็นลงเพื่อลดอุณหภูมิภายในเนื้อขนมปัง ช่วงการทำให้ขนมปังเย็น Starch ที่สุกแล้วได้รวมกับโปรตีนจะค่อยๆ แข็งตัว ทำให้ขนมปังไม่เสียรูปจากนั้นจึงบรรจุใส่ถุง

การทำให้ขนมปังเย็นควรทำให้อุณหภูมิค่อยๆ ลดลงและควบคุมความชื้นเพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นระเหยจากผิวขนมปังเร็วเกินไป ทำให้ผิวขนมปังย่น ดังนั้นการทำให้เย็นทำได้ 2 วิธี คือ

5.10.1 ปล่อยให้เย็นตามธรรมชาติ ซึ่งต้องใช้เวลานาน

5.10.2 วางจนขนมปังไว้ในห้องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 72 – 78 องศาฟาเรนไฮต์ (22 - 25.5 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 และใช้เวลา 1.5 – 2 ชั่วโมง

การหั่นขนมปัง ควรให้ขนมปังมีอุณหภูมิลดลงถึง 80 – 100 องศาฟาเรนไฮต์ (27 - 27.8 องศาเซลเซียส) หรือต่ำกว่านั้นจึงหั่น ทำให้ได้ขนมปังที่หั่นมีความเรียบสม่ำเสมอ ถ้าหั่นขนมปังที่ยังร้อนทำให้ขนมปังที่ได้ไม่เรียบสม่ำเสมอ

5.11 การเก็บและบรรจุหีบห่อ (Storing and Packaging) การบรรจุหีบห่อ มักใช้ถุงพลาสติก Propylene หรือกระดาษชุบไข ไม่ควรบรรจุถุงจนกว่าขนมปังจะเย็น เพราะถ้าบรรจุขนมปังที่ยังร้อนจะเกิดไอน้ำ ทำให้ผิวขนมปังแฉะและมีผลทำให้ขนมปังเสียเร็ว และควรเก็บผลิตภัณฑ์ที่ได้ในห้องที่มีสภาพไม่แห้งหรือชื้นเกินไป และมีความเย็นพอเหมาะไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 48 ชั่วโมงก่อนถึงมือผู้บริโภค

6. ขนาดพิมพ์

พิมพ์ มีอิทธิพลโดยตรงต่อคุณภาพของขนมปังทั้งลักษณะภายนอก และภายในการม้วนแผ่นแป้งให้ได้ความยาวพอดีกับความยาวของพิมพ์ สำหรับขนมปังแซนด์วิชพิมพ์ที่ใช้ควรมีความกว้าง

และความสูงใกล้เคียงกันจะทำให้ได้ขนมปังที่มีขนาดดี บางครั้งผู้ทำยังไม่มีความชำนาญในเรื่องการใช้พิมพ์ ใส่ก้อนแป้งมากหรือน้อยเกินไปในพิมพ์ (อุสาห์ เจริญวัฒนา, 2537)

การใส่พิมพ์ ให้ชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณหาน้ำหนัก 25 % ของน้ำหนักที่ชั่งเต็มพิมพ์ หลักการเลือกใช้พิมพ์ ควรตัดก้อนแป้งให้เหมาะสมกับปริมาตรของพิมพ์

1. อัตราส่วนของปริมาตรของพิมพ์กับน้ำหนักก้อน Dough จะขึ้นกับชนิดของขนมปังที่ทำ สภาพของก้อนแป้งและส่วนผสมที่ใช้รวมทั้งชนิดของแป้งสาลีที่ใช้

2. การใส่ Dough มากเกินไปสำหรับพิมพ์จะทำให้เนื้อขนมปังแน่น มีเนื้อโผล่พ้นพิมพ์ออกมามากเกินไป

3. การใช้ก้อน Dough น้อยเกินไปสำหรับพิมพ์ จะทำให้เกิดโพรงหรือเนื้อขนมปังหยาบเป็นรูใหญ่ และขนมปังมีขนาดเล็กหรือรูปร่างอาจผิดไปจากพิมพ์

7. การควบคุมอุณหภูมิระหว่างการทำขนมปัง

การเปลี่ยนแปลงทุก ๆ อย่างที่เกิดขึ้นในการทำขนมปัง มีผลมาจากอุณหภูมิของก้อนแป้งขั้นตอนต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยาและทางเคมีจะเกิดอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียง 10 องศาฟาเรนไฮต์ อาจมีผลทำให้ปฏิกิริยาบางอย่างเปลี่ยนไปถึงสองเท่า การควบคุมอุณหภูมิจึงมีความสำคัญในการทำขนมปัง เพื่อให้ได้ขนมปังที่มีคุณภาพดีควรคำนึงถึง

8. การทำงานของยีสต์

การทำขนมปัง ต้องใช้ยีสต์เป็นหลักในการทำให้ขึ้นฟู การหมักโดยยีสต์จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การควบคุมอุณหภูมิควรทำในขณะผสม Dough เพราะความร้อนจะเกิดขึ้นในก้อนแป้งระหว่างการผสม การนวดผสมโดยเร็วจะทำให้เกิดความร้อนได้มากกว่าการนวดผสมช้า ก้อนแป้งขนาดใหญ่จะเก็บกักความร้อนได้มากกว่า และสามารถรักษาอุณหภูมิที่สูงกว่าก้อนแป้งขนาดเล็ก

9. การทำขนมปัง

การพัก Dough ที่มีขนาดใหญ่ ควรมีอุณภูมิให้สูงขึ้น เพื่อช่วยให้การผลิตก๊าซของยีสต์และการขยายตัวของก้อนแป้งที่ม้วนไว้เร็วขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 89.6 – 104 องศาฟาเรนไฮต์ และควรรักษาอุณหภูมิ และความชื้นให้สม่ำเสมอ ทำให้ได้ขนมปังที่ดีและมีคุณภาพ

10. การอบ

การอบ เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำขนมปัง มีอุณหภูมิที่ใช้ 180 – 250 องศาเซลเซียส เวลาในการอบระหว่าง 15 – 60 นาที ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของขนมปัง รวมทั้งชนิดขนาดของเตาอบ อุณหภูมิที่ใช้อบควรควบคุมให้เหมาะสมกับชนิดของขนมอบที่อบ อุณหภูมิของเตาอบที่สูงเกินไป เปลือกขนมจะไหม้เร็ว และยังทำให้ขนมปังมีขนาดเล็ก ลักษณะที่อบสุกมีสีเหลืองทอง มีปริมาตรขึ้นเต็มพิมพ์อบ

11. ลักษณะที่ผิดปกติที่เกิดขึ้นกับขนมปัง

ขนมปังที่มีลักษณะผิดปกติไปนั้นเป็นการยากที่จะบอกได้ว่าเกิดขึ้นจากอะไรบ้าง เนื่องจากมีสิ่งประกอบหลายประการที่ทำให้ขนมปังผิดปกติ เช่น

11.1 แป้งสาลีมีอยู่หลายระดับ และมีความแตกต่างกันในด้าน

11.1.1 คุณภาพและปริมาณกลูเต็น ซึ่งเป็นโปรตีนอย่างหนึ่ง

11.1.2 สีของแป้งก็แตกต่างกัน แป้งที่เก็บรักษาไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งหรือใส่สารฟอกสีบางอย่างลงไปย่อมขาวกว่าแป้งที่โม่ออกมาใหม่ ๆ

11.1.3 ปริมาณน้ำตาลมอลโทสในแป้งแตกต่างกัน

11.1.4 กลิ่นแปลกปลอมของแป้งที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ถ้าหากนำแป้งไปเก็บรักษาปะปนกับวัตถุดิบอื่น ๆ เช่น ไขมัน เครื่องเทศ เป็นต้น

11.1.5 อาจจะมีชิ้นส่วนของเมล็ดพืชอื่น ๆ ปะปนอยู่ตั้งแต่การโม่แป้ง

11.2 ปริมาณ และคุณภาพของวัตถุดิบอื่น ๆ ที่นำมาเป็นขนมปังก็อาจจะเป็นสาเหตุให้ขนมปังที่ได้ผิดปกติ เช่นเดียวกัน

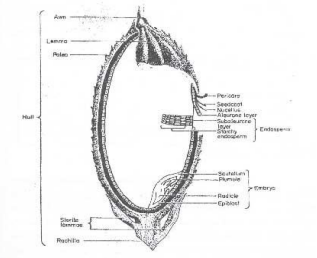
11.3 การผิดพลาดในระหว่างกระบวนการผลิตตั้งแต่ขั้นของการผสมจนถึงอบได้ขนมปังอาจจะมีการผิดพลาดในขั้นตอนใด ๆ ก็ได้

2.2 ข้าวกล้องหอมมะลิ

อาหารการกินของคนเราสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับสุขภาพและความแข็งแรง แต่ไหนแต่ไรมา คนไทยกินข้าวซ้อมมือ ใช้กรรมวิธีในการตำข้าวเปลือกในครกกระเดื่อง ฝัดข้าวในกระด้งเอาเปลือกออก ร่อนจนเหลือแต่เมล็ดข้าว จึงเรียกว่าข้าวซ้อมมือ ซึ่งเป็นรูปแบบของข้าวกล้องในกรรมวิธีแบบโบราณที่ยังคงมีเส้นใยอาหาร สารอาหารครบถ้วนกว่า 20 ชนิด ชีวิตคนสมัยนั้นๆ จึงปกติสุข ไม่มีโรคร้ายๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคความดัน โลหิตสูง โรคอ้วน โรคลำไส้ และโรคมะเร็งต่างๆ จนกระทั่งเทคโนโลยีโรงสีข้าวเข้าสู่สังคมเกษตรกรรม ข้าวซ้อมมือที่มีเนื้อนุ่ม มีกลิ่นหอม มีกากข้าว สีเหลืองน้ำตาลหม่นมัว ก็ถูกแทนที่ด้วยข้าวสารขาว ถูกขัดสีถึง 3 รอบจนขาวสะอาดปราศจากเยื้อหุ้มข้าว (อรพิน ภูมิภมร, 2533)

2.2.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวประกอบไปด้วยส่วนประกอบใหญ่ๆ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ห่อหุ้มเรียกว่าแกลบและส่วนที่รับประทานได้เรียกว่า ข้าวกล้อง ดังในแสดงภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้อง
ที่มา : Juliano (1980)

2.2.1.1 แกลบ (Hull) แกลบเป็นเปลือกของเมล็ดข้าว มีลักษณะเป็นเปลือกแข็ง ผิวหยาบ แยกเป็นสองฝา ประกบหุ้มเมล็ดข้าวกล้องตามแนวยาวด้วยเปลือกใหญ่ (Lemma) และเปลือกเล็ก (Palea) ส่วนของแกลบนี้มีประมาณร้อยละ 18-24 โดยน้ำหนักข้าวเปลือก แกลบอุดมไปด้วยสารซิลิกา (Silica) ซึ่งมีอยู่สูงถึงร้อยละ 18.8-22.3 และมีลิกนิน (Lignin) อยู่ร้อยละ 9-20 ของข้าวกล้อง เมื่อกะเทาะเปลือกออกจะได้ข้าวกล้อง ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้บริโภคเป็นอาหาร เมล็ดข้าวกล้องประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญได้แก่ เยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด เยื่อแอลูโรน คัพภะและเอนโดสเปิร์น

2.2.1.2 เยื่อหุ้มผล (Pericarp) เยื่อหุ้มผลประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้นด้วยกัน คือชั้นใน ชั้นกลาง ชั้นนอก เยื่อหุ้มผลมีลักษณะเป็นเส้นใย ผนังเซลล์ประกอบด้วย โปรตีน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส นอกจากนี้ก็มีแร่ธาตุต่างๆ และไขมันสะสมอยู่

2.2.1.3 เยื่อหุ้มเมล็ด (Seed coat) และชั้นเยื่อโปร่งใส เยื่อหุ้มเมล็ดส่วนนี้ประกอบด้วยไขมันสูง เป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์บางรูปร่างยาวรีอาจมีแถวเดียวหรือสองแถวหรือมากกว่า เซลล์ชั้นในมีสารให้สีอยู่ด้วย เยื่อหุ้มเมล็ดมีสมบัติในการป้องกันมิให้น้ำเข้าสู่ภายในเมล็ด ส่วนชั้นเยื่อโปร่งใส จะติดอยู่กับชั้นเปลือกหุ้มเมล็ด มีลักษณะโปร่งใส ในชั้นทั้งสองนี้นอกจากจะมีสารให้ให้สีแล้วยังประกอบด้วย โปรตีน แร่ธาตุ เซลลูโคส และไขมัน

2.2.1.4 เยื่อแอลูโรน (Aleurone Layer) เยื่อแอลูโรนอยู่ต่อจากเยื่อหุ้มเมล็ดห่อหุ้มส่วนที่เป็นแป้งและคัพภะ ส่วนนี้จะประกอบด้วยโปรตีนและไขมันสูง เป็นชั้นที่สำคัญประกอบไปด้วยองค์ประกอบทางเคมีหลายชนิด มีไขมัน โปรตีน แร่ธาตุ นอกจากนี้ยังมีน้ำตาลรวมทั้งอุดมไปด้วยวิตามิน เช่น ไนอาซีน เป็นต้น ภายในเซลล์แอลูโรนยังมีเมล็ดแอลูโรน (Aleurone Graine) ขนาดเล็กอยู่มากมาย ซึ่งภายในเมล็ดเป็นกรดไนตริก หรือเกลือโปรแตสเซียม และแมกนีเซียม รวมทั้งโปรตีนด้วย

2.2.1.5 เนื้อเมล็ด (Endosperm) เป็นส่วนที่เป็นข้าวสาร อยู่ชั้นในสุดของเมล็ด ประกอบด้วยแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก คือร้อยละ 84-93 โดยน้ำหนักแห้งและมีโปรตีนอยู่บ้าง แป้งข้าวสามารถแยกองค์ประกอบย่อยได้เป็น 2 ชนิด คือ อะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพกติน (Amylopectin)

2.2.1.6 คัพภะ (Embryo) คัพภะอยู่ติดกับส่วนที่เป็นแป้งทางด้านเปลือกใหญ่ เป็นส่วนที่เจริญเป็นต้นอ่อน ของเมล็ดหรือจุดกำเนิดของต้น จึงอยู่ด้านฐานใกล้รอยต่อของเมล็ด มีชั้นแอลูโรน หรือชั้นเปลือกหุ้มเมล็ดล้อมรอบอยู่ภายในคัพภะแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนสกูลเทลลัม (Scutellum) ซึ่งเป็นเกาะป้องกันอยู่ระหว่างเนื้อเมล็ดกับคัพภะ และส่วนของคัพภะที่พร้อมจะเจริญเป็นต้นอ่อนและรากพืชต่อไป ทำให้ส่วนคัพภะนี้อุดมไปด้วยสารอาหาร แร่ธาตุและวิตามิน เพื่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะโปรตีนและไขมันมีมากในคัพภะ และวิตามินบี 1 มีมากในส่วนสกูล เทลลัม (อรพิน ภูมิภมร, 2533, น. 34)

2.2.2 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้อง

2.2.2.1 คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตในข้าวกล้องแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือแป้ง เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และน้ำตาลอิสระแป้ง มีปริมาณสูงสุดร้อยละ 90 ของน้ำหนักข้าวมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 7-33 ของน้ำหนักแห้ง ส่วนอะไมโลเพกติน เป็นส่วนประกอบหลักของข้าวเหนียว ทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้ามีขนาดเมล็ดแป้งใกล้เคียงกัน

1) แป้ง เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็คคาไรด์ที่พบมากที่สุดในเนื้อเมล็ดข้าวร้อยละ 90 จึงมีผลต่อคุณภาพข้าวมากที่สุด

2) เฮมิเซลลูโลส พบมากในรำละเอียด รำข้าวขาว และจมูกข้าว ข้าวกล้องมีเฮมิเซลลูโลสอยู่ร้อยละ 1.43-2.08 และข้าวขาวมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสอยู่ร้อยละ 0.61-1.09

3) เซลลูโลส ส่วนใหญ่พบในชั้นรำ รำละเอียดมีเซลลูโลสอยู่ร้อยละ 62 ในจมูกข้าวมีเซลลูโลสอยู่ร้อยละ 4 ในรำข้าวขาวมีอยู่ร้อยละ 7 และข้าวขาวมีอยู่ร้อยละ 27 ของน้ำหนักข้าว

4) น้ำตาลอิสระ พบมากในจมูกข้าวและเนื้อแป้ง ประกอบด้วยน้ำตาลซูโครสและน้ำตาลราฟิโนส โดยมีน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุตโตสเล็กน้อย ข้าวกล้องมีน้ำตาลอิสระอยู่ร้อยละ 0.83-1.36 ของน้ำหนักข้าวกล้อง

2.2.2.2 โปรตีน

โปรตีนเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่มากรองจากแป้ง โดยโปรตีนในข้าวกล้องมีร้อยละ 7.1-8.3 ส่วนในข้าวขาวมีร้อยละ 6.3-7.1 ซึ่งแตกต่างตามพันธุ์ เนื้อเยื่อชั้นนอกของข้าวกล้องจะอุดมไปด้วยอัลบลูมิน (Albumin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่สามารถได้ในด่าง และโปรลามิน (Prolamin) เป็นโปรตีนที่สามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์ สัดส่วนของอัลบูมิน และโกลบูลินของเมล็ดข้าวจะมีมากที่สุด ในผิวนอก และลดลงเรื่อยๆ จนถึงกึ่งกลางส่วนกลูเตลินจะมีมากตรงกลางเมล็ด และอัลบูลินจะพบมากในชั้นของเนื้อเยื่อแอลูโลนมากกว่าที่จะพบในเอนโดสเปิร์ม (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, น. 36)

เมล็ดข้าวกล้องมีปริมาณกลูเตลินในอัตราส่วนที่สูงกว่าโปรตีนชนิดอื่นและในส่วนของ กลูเตลินนี้ประกอบไปด้วยไนโตรเจนร้อยละ 16.8 ข้าวกล้องแม้จะมีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าธัญพืชชนิดอื่น แต่มีโปรตีนที่มีอยู่มีคุณค่าทางชีวภาพ (Biological value) และประโยชน์สุทธิ (Net protein utilization) สูงกว่าโดยโปรตีนของธัญชาติ นับว่ามีคุณภาพต่ำเนื่องจากมีปริมาณไลซีนอยู่น้อย อย่างไรก็ดีโปรตีนจากข้าวมีปริมาณไลซีนสูงกว่าธัญชาติอื่นและสามารถย่อยได้สมบูรณ์กว่าเนื่องจากมีเส้นใยแทนนินต่ำ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538, น. 37)

สารประกอบไนโตรเจน โปรตีนเป็นส่วนประกอบที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากแป้ง ในรำข้าวละเอียดมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 14 ในรำข้าวขาวมีอยู่ร้อยละ 83 ถ้าขาวมีโปรตีนอยู่สูงการกระจายตัวของโปรตีนจะมากขึ้น เนื่องจากโปรตีนจากส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าวมีอยู่ไม่เท่ากัน อัลบูมิน และโกบูลิน จะพบมากในข้าวกล้อง กลูเตนิน พบในข้าวกล้องและข้าวขาว ข้าวกล้องมี

ไลซีนสูง แต่มีกรดกลูตามิก ต่ำกว่าข้าวขาว นอกจากนี้แล้วยังพบว่าข้าวมีสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ เช่น ฮีสติดีน (Histidine) อะลามีน (Alanine) ออร์นิทีน (Ornithine) และไรโบนิวคลิอีก (Ribonucleic Acid) เป็นต้น

2.2.2.3 ไขมัน

ข้าวกล้องมีไขมันอยู่ร้อยละ 80 อยู่ในรำละเอียด และรำข้าวขาวมีอยู่ประมาณ 1 ใน 3 ของข้าวขาว ไขมัน มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก กรดปามิติก และกรดไมลิสโทเลอิกมีอยู่เล็กน้อย

2.2.2.4 เกลือแร่ในเมล็ดข้าวกล้อง (อรพิน ภูมิภมร, 2533)

ข้าวกล้องไม่ขัดขาวจะมีเยื่อข้าว ซึ่งเป็นเส้นใยอาหารห่อหุ้มเมล็ดข้าวอยู่ค่อนข้างมาก มีเส้นใยมากกว่าข้าวขาว 15 % และมีแหล่งสารอาหารและวิตามินต่างๆ มากมาย ได้แก่

1) แคลเซียม (Calcium) ทำหน้าที่สร้างกระดูกและฟัน ควบคุมการเต้นของหัวใจ ควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ ระบบประสาท ลดความดันโลหิตสูง ช่วยให้ไตทำงานปกติ

2) โพแทสเซียม (Potassium) ทำหน้าที่รักษาระดับการเต้นของหัวใจให้สม่ำเสมอ ลดความดันโลหิตสูง กระตุ้นการทำงานของไต

3) แมกนีเซียม (Magnesium) ทำหน้าที่ช่วยร่างกายให้ใช้แคลเซียม และวิตามินซีได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยกล้ามเนื้อหัวใจทำงาน

4) ฟอสฟอรัส (Phosphorus) ช่วยให้ร่างกายใช้ออกซิเจนจากกระแสเลือดแดงได้ดี

5) เหล็ก (Iron) เป็นส่วนสำคัญของเฮโมโกบินในเม็ดเลือดแดง ทำหน้าที่นำออกซิเจนจากปอดส่งไปยังเซลล์ต่างๆ ทั่วร่างกาย และยังสร้างภูมิต้านทานในเลือดด้วย

6) สังกะสี (Zinc) ทำหน้าที่ช่วยสร้างโปรตีน ช่วยการทำงานของกล้ามเนื้อ ช่วยรักษาเสถียรของเลือด พัฒนาระบบสืบพันธุ์ และฮอร์โมนในเพศชายเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

7) แมงกานีส (Manganese) ทำหน้าที่นำวิตามินบี 1 และวิตามินอี มาช่วยย่อยอาหาร ย่อยไขมันเป็นกรดอะมิโน ช่วยสร้างกระดูกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

8) ทองแดง (Copper) ทำหน้าที่ช่วยดูดซึมธาตุเหล็ก ช่วยนำวิตามินซีไปใช้สร้างกล้ามเนื้อ เซลล์ เม็ดเลือดแดง และกระดูก

9) ไอโอดีน (Iodine) ทำหน้าที่ช่วยพัฒนาต่อมไทรอยด์ เผาผลาญไขมันส่วนเกินควบคุมพลังงานในร่างกาย

10) ซีลีเนียม (Selenium) อยู่ในจมูกข้าวเป็นสารต้านอนุมูลอิสระตัวสำคัญ ช่วยให้การทำงานของระบบต่างๆ มีประสิทธิภาพช่วยปรับสมดุลของฮอร์โมนเอสโตรเจน ช่วยให้สตรีวัยทองยืดเวลาหมดประจำเดือน

ส่วนพิเศษของเมล็ดข้าวคือจมูกข้าว เยื่อหุ้มเมล็ด คงเหลือแต่แป้งข้าวขาว เมื่อหุงแล้ว สีข้าวขาวน่ารับประทาน เนื้อข้าวก็อ่อนนุ่มละมุน ความนิยมของผู้บริโภคเพิ่มขึ้นทันที ทำให้ข้าวสารขาวแทนที่ข้าวซ้อมมืออย่างรวดเร็ว จนกระทั่งวิถีการกินข้างของคนไทยเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งวิถีการกินข้าวของคนไทยเปลี่ยนไปหมด คนไทยเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์รับประทานข้าวขัดขาวแต่นั้นมาจนถึงปัจจุบัน พร้อมกับเริ่มเริ่มเจ็บป่วย

ข้าวกล้องเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนแบบสมบูรณ์ (Complete Complex Carbohydrates) ทั้งนี้เพราะข้าวกล้องเป็นแป้งจากธัญพืชที่ยังคงมีเยื้อข้าวซึ่งเป็นเส้นใยอาหารชั้นยอดห่อหุ้มตัวเมล็ดข้าวอยู่ค่อนข้างมาก เพราะกระบวนการขัดสีเพียงครั้งเดียว มีเส้นใยมากกว่าข้าวขาวถึง 15 เท่า กล่าวคือในข้าวกล้อง 100 กรัม มีเส้นใยอาหารถึง 2-3 กรัม แต่ในข้าวสารขาวมีเพียง 0.15 กรัมเท่านั้น

บทบาทเส้นใยในข้าวกล้องนี้แหละที่ไม่ธรรมดาเหมือนเส้นใยอื่นๆ เพราะเป็นเส้นใยที่ “ต้านโรคเบาหวาน” โดยตรงนอกจากนี้ข้าวกล้องยังเป็นแหล่งสารวิตามินต่างๆ มากมายถึง 20 ชนิด มากกว่าแห่งอาหารอื่น กล่าวคือ เป็นอาหารสุขภาพ ช่วยให้เราได้สารอาหารครบถ้วน ช่วยแก้ปัญหาท้องผูก รักษาสมดุลองค์รวมให้กับเรา กลายเป็นอาหารเสริมชั้นยอดที่ใช้ชงผสมกับเครื่องดื่ม

2.2.2.5. วิตามินในเมล็ดข้าวกล้อง

วิตามินส่วนใหญ่พบในส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว และจมูกข้าว ในข้าวสารไม่พบวิตามินเอ วิตามินซี และวิตามินดี และในรำข้าขาวพบวิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และไนอาซีน โดยพบวิตามินบี 1 ในรำละเอียด อยู่ร้อยละ 65 ในรำข้าวขาวอยู่ร้อยละ 13 ในข้าวขาวอยู่ร้อยละ 22 วิตามินบี 2 พบในรำละเอียดอยู่ร้อยละ 39 ในรำข้าวขาวอยู่ร้อยละ 8 และในข้าวขาวอยู่ร้อยละ 53 และไนอาซีน พบในรำละเอียดอยู่ร้อยละ 54 ในรำข้าวขาวอยู่ร้อยละ 13 และในข้าวขาวอยู่ร้อยละ 33 (สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว, 2550) ดังตารางที่ 2.2 และ 2.3

1) วิตามินเอ (Bata Carotene) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยในการเจริญเติบโต ซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่สึกหรอ ป้องกันโรคตาฟางตอนกลางคืน

2) วิตามินบี1 (Thiamine) ทำหน้าที่ช่วยย่อยคาร์โบไฮเดรต ทำให้เจริญอาหาร ช่วยการทำงานระบบประสาท ป้องกันโรคเหน็บชา (Beriberi)

3) วิตามินบี2 (Riboflavin) สร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยเซลล์หายใจเอาออกซิเจนจากกระแสเลือด ช่วยเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ถ้าขาดวิตามินบี2 ทำให้เป็นโรคปากนกกระจอก ริมฝีปากแห้ง แตกทำให้เกิดสภาวะโคเลสเตอรอลสูง (ไขมันสูง) สามารถอุดตันในเส้นเลือด เพราะวิตามินบี2 เป็นตัวขจัดโคเลสเตอรอลตัวร้ายออกไปจากกระแสเลือด

4) วิตามินบี3 (Niacin) กระตุ้นการหมุนเวียนของกระแสเลือด ลดไขมันในเลือด ลดความดันเลือดช่วยดูดซึมโปรตีน ไขมัน และน้ำตาล ถ้าขาดวิตามินบี3 ทำให้กระทบระบบทางเดินอาหาร เกิดการแสบคอ ท้องอืด แน่นท้อง คลื่นไส้

5) วิตามินบี5 (Pantothenic Acid) ช่วยสร้างเซลล์ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ พัฒนาประสาทส่วนกลาง ช่วยผ่อนคลาย

6) วิตามินบี6 (Pyridoxine) สร้างสารต้านอนุมูลอิสระ รักษาสมดุลของโซเดียม ฟอสฟอรัส และช่วยสร้างกรดอะมิโน

7) วิตามินซี (Ascorbic Acid) เป็นตัวสมานแผล รักษาฟัน กระดูก เหงือก ช่วยดูดซึมธาตุเหล็ก สร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มความแข็งแกร่งให้กับเส้นเลือด ป้องกันการเกิดสารมะเร็งจากไนเตรต

8) วิตามินดี ซึ่งอยู่ในแสงแดดเท่านั้น ทั้งนี้เพราะเมล็ดข้าวสามารถดูดพลังงานแสงอาทิตย์เก็บเอาไว้ได้ วิตามินดีทำหน้าที่ช่วยร่างกายดูดเอาแคลเซียม และฟอสฟอรัสมาสร้างกระดูก และฟัน ช่วยในการทำงานของหัวใจ ช่วยเสริมสร้างระบบประสาทส่วนกลาง

9) วิตามินอี ทำหน้าที่ช่วยกระจายออกซิเจนไปตามกระแสเลือด ชะลอความแก่ของเซลล์ ป้องกันแคลเซียมเกาะผนังหลอดเลือด (ทำให้เส้นเลือดเปราะและแตกง่าย)

10) กรดโฟลิก (Folic Acid) มีส่วนช่วยสร้าง DNA และ RNA ในเซลล์เม็ดเลือดแดง ซึ่งมี DNA และ RNA ทำหน้าที่สร้างเซลล์ตัวใหม่ขึ้นมาแทนที่เซลล์ตัวเก่าที่หมดอายุขัย ช่วยในการเจริญเติบโตของระบบสืบพันธุ์ทั้งหญิง และชาย

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการ ในตัวอย่างข้าวกล้อง 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	**หน่วยวัด**	
พลังงาน	361.35	กิโลแคลอรี่
ความชื้น	11.17	กรัม
โปรตีน	8.34	กรัม
ไขมัน	2.27	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	76.89	กรัม
ใยอาหาร	5.12	กรัม
เถ้า	1.33	กรัม
วิตามินบี1	0.26	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	5.69	มิลลิกรัม

ที่มา : สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว (2542)

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางอาหารระหว่างข้าวกล้องและข้าวขาว 100 กรัม

สารอาหาร	หน่วย	ข้าวกล้อง	ข้าวขาว	ดีกว่า %
โปรตีน	กรัม	7.60	6.40	19
วิตามินบี1	มิลลิกรัม	0.34	0.07	385
วิตามินบี2	มิลลิกรัม	0.05	0.03	66
ไนอะซิน	มิลลิกรัม	0.62	0.11	463
กรดแพนโทเทนิค	มิลลิกรัม	1.50	0.25	81
กรดโฟลิค	มิลลิกรัม	20.00	3.00	455
เหล็ก	มิลลิกรัม	1.6	0.8	100
แคลเซียม	มิลลิกรัม	32.0	24.0	33
แมกนีเซียม	มิลลิกรัม	52.0	14.0	271
แมงกานีส	มิลลิกรัม	1.5	0.9	67
สังกะสี	มิลลิกรัม	1.9	1.5	27
โคบอลต์	ไมโครกรัม	4.2	0.9	367
ทองแดง	ไมโครกรัม	360	230	57
ซีลีเนียม	ไมโครกรัม	38.8	31.8	22
ไอโอดีน	ไมโครกรัม	2.2	2.0	10

ที่มา : สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร (2541)

2.3 แนวทางการผลิตขนมปังเพื่อสุขภาพและลดพลังงาน

ในการผลิตขนมปังเพื่อสุขภาพมักเป็นการลดปริมาณไขมันแล้วใช้สารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตมาทดแทนไขมันซึ่งจะให้พลังงานน้อยกว่า ทั้งนี้นักโภชนากรและนักกำหนดอาหารได้แนะนำเกี่ยวกับการบริโภคว่าคนที่มีน้ำหนักในเกณฑ์ปกติจะบริโภคขนมปังได้ 4-6 แผ่น การผลิตขนมปังเพื่อสุขภาพนั้นมีความสัมพันธ์กับต้นทุนการผลิต ซึ่งขนมปังเป็นอาหารอย่างหนึ่งที่สามารถเพิ่มส่วนผสมและยังสามารถใส่ไส้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ทำให้เกิดความสมดุลกับผู้บริโภคได้ และยังมีข้อควรปฏิบัติในการบริโภคที่ดี ได้แก่ (Baking Industry Research Trust, n.d.)

1. รับประทานอาหารให้มีความหลากหลายเพื่อความสมดุลของวิตามินและเกลือแร่
2. รับประทานธัญชาติ ผัก และผลไม้เพื่อให้ได้รับคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนและใยอาหาร
3. ลดการบริโภคไขมัน น้ำตาลที่ผ่านกระบวนการฟอกต่าง ๆ และแอลกอฮอล์

ทั้งนี้มีสิ่งที่ผู้ผลิตควรคำนึงถึง คือ (นภาวรรณ ส่งประเสริฐกุล, 2555)

1. การสื่อสารข้อมูลให้เป็นที่รู้จักและเกิดความตระหนักแก่ผู้บริโภคให้เกิดการยอมรับในผลิตภัณฑ์
2. การทำความเข้าใจความต้องการของผู้บริโภคในแต่ละกลุ่มเป้าหมาย
3. การทำความเข้าใจในเอกลักษณ์และวัฒนธรรมของแต่ละพื้นที่เป้าหมาย

การพิจารณาเลือกซื้อขนมปังเพื่อสุขภาพ (Dietriffic, 2003)

1. ขนมปังควรมีส่วนผสมของข้าวสาลีทั้งเมล็ด (Whole Wheat) หรือธัญชาติทั้งเมล็ด (Whole Grain)

2. ขนมปัง 1 แผ่นควรมีพลังงานเท่ากับหรือน้อยกว่า 100 กิโลแคลอรี่

3. ขนมปัง 1 แผ่นควรมีปริมาณโซเดียมเท่ากับหรือน้อยกว่า 225 มิลลิกรัม

4. ขนมปัง 1 แผ่นควรมีปริมาณใยอาหารอย่างน้อย 3 กรัม

5. หลีกเลี่ยงการใช้แป้งที่มีการปรับสภาพในส่วนผสม

6. ไม่มีส่วนผสมเหล่านี้หรือมีน้อยมาก ได้แก่

(1) ไขมันทรานส์ (Trans Fat) น้ำมัน หรือไขมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน (Hydrogenation) เพราะสิ่งเหล่านี้มีผลต่อการเพิ่มระดับโคเลสเตอรอลและการเกิดโรคหัวใจ

(2) สารให้ความหวาน ได้แก่ น้ำผึ้ง น้ำตาล น้ำเชื่อม รวมถึงสีจากน้ำตาลไหม้ (Caramel Coloring)

(3) สารถนอมอาหาร ทั้งสารกันรา สารกันบูด และสารกันเสียอื่น ๆ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชุติมา อัศวเสถียร, ดวงพร มรกตกาล และจิตนา ตั้งวชิรกุล (2547) ได้ทำการศึกษาการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ซาลาเปา ขั้นต้นทำการผลิตแป้งข้าวกล้องโดยวิธีโม่แห้ง พบว่า แป้งข้าวกล้องที่ผลิตได้มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้า ในปริมาณร้อยละ 12.00 8.39 4.07 1.28 และ 1.56 ตามลำดับ จากนั้นนำแป้งข้าวกล้องมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ซาลาเปา ปริมาณร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ของน้ำหนักแป้งในสูตร และวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของซาลาเปาที่ผลิตได้พบว่า ปริมาตรของซาลาเปามีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อมีการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลี ในปริมาณที่มากขึ้น อัตราการเกิดโดของแป้งจะลดลงเมื่อมีการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในซาลาเปามากขึ้น ซึ่งส่งผลถึงค่าแรงตัดขาดสูงสุดของซาลาเปา คือ การใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีปริมาณที่มากขึ้น ค่าแรงตัดขาดของซาลาเปาจะมีแนวโน้มลดลง จากการวัดค่าสีในรูปค่าสี R G และ B ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์พบว่า ค่าสีจะมีค่าลดลงเมื่อมีการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่มากขึ้น ส่วนผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ซาลาเปาที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้งได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด

สุดารัตน์ เจียมยั่งยืน (2551) ทำการศึกษาเรื่องผลการงอกต่อคุณสมบัติ และการเปลี่ยนแปลงทางคุณค่าอาหารบางประเภทของข้าวกล้องหอมมะลิไทย การศึกษานี้ได้กระบวนการงอกมาใช้กับกับข้าวกล้องหอมมะลิ โดยมีจุดประสงค์หลัก เพื่อศึกษาผลระยะเวลาการแช่ และระยะเวลาการเพาะเมล็ดมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอก และสมบัติต่างๆ ของข้าวกล้องหอมมะลิ พบว่า ข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการงอก และข้าวกล้องงอกมีค่าสีที่ไม่แตกต่างกัน ข้าวกล้องงอกมีการขยายด้านกว้าง มีความแข็งลดลง ข้าวกล้องที่ผ่านการงอกมีปริมาณโปรตีนลดลง มีปริมาณเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อปริมาณอะไมเลศลดลง ผลการทดสอบสมบัติทางเคมีของข้าวกล้อง พบว่า ข้าวงอกมีระยะทางไหลของแป้งสุกมากขึ้น (มีความคงตัวของเจล ลดลง) ข้าวกล้องงอกที่ผ่านการสุก

แล้ว ไม่มีจุลินทรีย์หลงเหลืออยู่ ผลการทดสอบพบว่าผู้ประเมินได้ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส เช่น สีเหลืองอ่อน การพองตัวของเมล็ด กลิ่นรำ กลิ่นไหม้ กลิ่นข้าวสาร ความหวาน และความนุ่มของข้าวหุงสุกมีคะแนนมากกว่า คุณลักษณะดังกล่าวของตัวอย่างควบคุมมีคะแนนรสชาติจืดเมื่อแรกเคี้ยว และกากที่เหลือจากรับประทานสูงกว่าข้าวกล้องงอก จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าความเหนียวของทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เทวี ทองแดง และพัชรินทร์ ภักดีฉนวน (2551) ศึกษากำลังในการพองตัวและความสามารถในการละลายของสตาร์ชข้าวไทย พันธุ์ กช6 พันธุ์หอมมะลิ และพันธุ์สุพรรณบุรี1 พบว่า สตาร์ชข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (กช6) มีกำลังในการพองตัวสูงที่สุด (33.54 – 34.92) และมีความสามารถในการละลายต่ำ (6.00 – 8.50 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบสตาร์ชกับข้าวพันธุ์อื่นกำลังพองตัวของสตาร์ชข้าวเหล่านั้นลดลงแบบเชิงเส้นเมื่อมีปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความสามารถในการละลายมีค่าลดลงเมื่อปริมาณอะไมโลสลดลง การพองตัวของเม็ดสตาร์ชเป็นผล เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนในโครงสร้างผลึกของเม็ดสตาร์ชถูกทำลาย จากนั้นโมเลกุลของน้ำเข้าจับกับหมู่ไฮดรอกซินอิสระ การมีปริมาณอะไมโลสในปริมาณมากช่วยเสริมให้อันตรกิริยาระหว่างโมโลกุลภายในเม็ดสตาร์ชมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น ทำให้การจับกันของโมเลกุลของน้ำกับหมู่ไฮดรอกซินที่เป็นอิสระในสายโมเลกุลของสตาร์ชมีค่าลดลงและทำให้พองตัวของเม็ดสตาร์ชต่ำลง แต่สตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลสสูงก็จะมีปริมาณอะไมโลสที่ละลายออกมาจากเม็ดสตาร์ชสูงด้วย

ทรงวุฒิ ทิอ่อน และปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา (2554) ได้ศึกษาปริมาณสูงที่สุดการใช้รำข้าวทดแทนแป้งสาลีสำหรับทำขนมปังแซนด์วิชที่ยังคงได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม โดยแปรผันปริมาณรำข้าวในการทดแทนแป้งสาลี 5 ระดับ ได้แก่ 0, 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นประเมินคุณภาพของขนมปังแซนด์วิชในด้านปริมาณออริซานอลและโทโคเฟอรอล ลักษณะของเซลล์ขนมปัง ปริมาตรจำเพาะ ลักษณะเนื้อสัมผัสซึ่งตรวจสอบด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส และประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส พบว่าขนมปังแซนด์วิชที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวเพิ่มขึ้นมีปริมาณออริซานอลเพิ่มขึ้น ลักษณะเซลล์ขนมปังมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ค่าความแข็ง และแรงที่ใช้การบดเคี้ยวมีค่าสูงขึ้น แต่ค่าแรงยึดเกาะระหว่างโมเลกุลชนิดเดียวกัน ค่าความสามารถเกาะรวมตัวกันและความยืดหยุ่นลดลง รวมถึงคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกคุณลักษณะมีค่าลดลงเช่นกันแต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยรำข้าวในปริมาณสูงสุดที่ยังคงได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม คือ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขนมปังแซนด์วิชดังกล่าวมีค่าความแข็ง และแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับขนมปังแซนด์วิชที่ทำจากแป้งสาลีด้วย

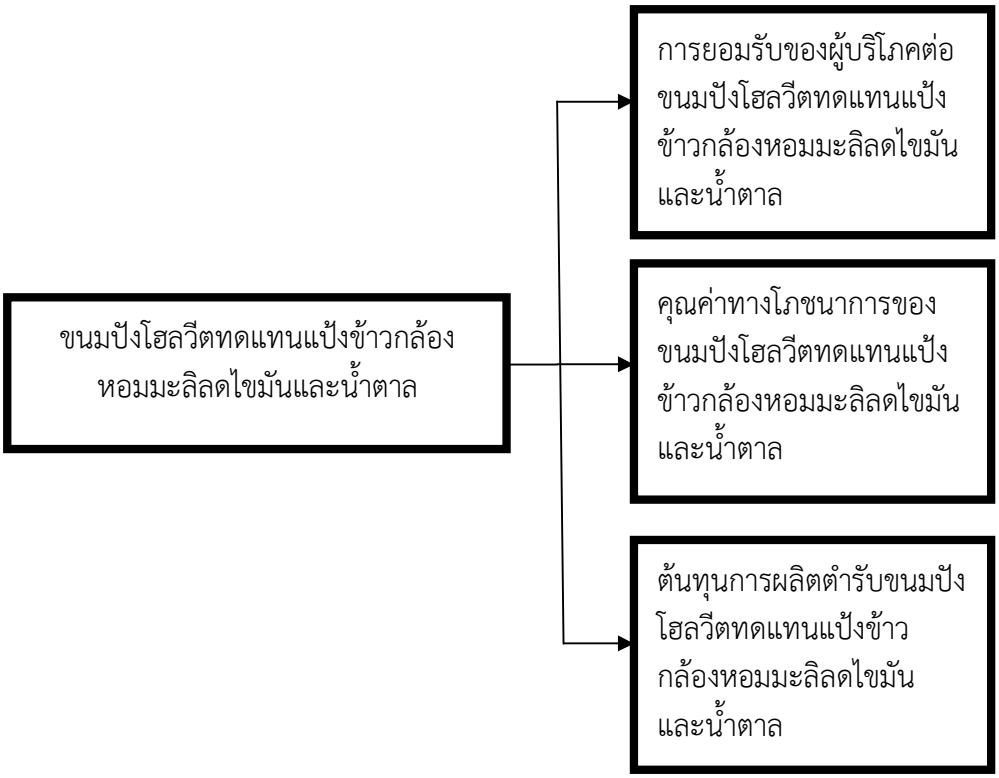
กนกวรรณ ตุ้นสกุล (2549) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์มัฟฟินที่มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับอาหารเช้าจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ ซึ่งเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผู้ที่รักสุขภาพและเพื่อลดปริมาณการนำเข้าแป้งสาลี ซึ่งผลการสำรวจตลาดและการสำรวจพฤติกรรมการบริโภค พบว่า มัฟฟินมีหลากหลายรสชาติ มีราคาตั้งแต่ 7 – 48 บาท มีน้ำหนัก 50 – 140 กรัม โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่ ให้ความสำคัญในเรื่องรสชาติ ความสดใหม่ และเนื้อสัมผัสของมัฟฟิน ซึ่งยี่ห้อที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด คือ ยามาซากิ ผู้บริโภคต้องการให้มัฟฟินมีสารอาหารร้อยละ 15 ของปริมาณสารอาหารที่ควรได้รับทั้งวัน ในการคำนวณคุณค่าทางโภชนาการและการปรับปรุง

คุณภาพคุณภาพด้านความนุ่มและความหวาน พบว่า สูตรที่เหมาะสมของมัฟฟินข้าวกล้องหอมมะลิ ประกอบด้วย แป้งข้าวกล้องร้อยละ 27.78 ผงฟู ร้อยละ 0.90 เกลือป่น ร้อยละ 0.25 เนยสด ร้อยละ 5.26 น้ำตาลทรายป่น ร้อยละ 3.70 แลคทิทอล ร้อยละ 4.55 ไข่แดง ร้อยละ 2.75 ไข่ขาว ร้อยละ 14.36 โยเกิร์ต ร้อยละ 14.99 นมผง ร้อยละ 4.86 งาดำอบ ร้อยละ 6.61 อินนูลิน ร้อยละ 2.73 อะซีซัลเฟรม เค ร้อยละ 0.052 โซเดียมเฟอรัสซิเตรท ร้อยละ 0.02 และน้ำร้อยละ 11.19 โดยมีกรรมวิธีการผลิตมัฟฟิน คือ ผสมส่วนที่เป็นของเหลวให้เข้ากันจากนั้นเทในส่วนผสมที่เป็นแห้ง คนให้เข้ากันอย่างเร็ว เทใส่พิมพ์ อบที่อุณภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ลักษณะปรากฏของมัฟฟินมีผิวหน้าแตกฟูเป็นโดม มีสีเทาดำ ซึ่งมาจากงาดำ ต้นทุนวัตถุดิบ 5.89 บาท พลังงาน 248 กิโลแคลอรี่ โปรตีน 7.90 กรัม ไขมัน 7.70 กรัม คาร์โบไฮเดรต 36.80 กรัม ใยอาหาร 4.60 กรัม แคลเซียม 168.30 มิลลิกรัม เหล็ก 2.61 กรัมและโคเลสเตอรอล 30.40 มิลลิกรัม ผู้บริโภคชอบคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง มัฟฟินที่บรรจุในกล่องพลาสติกใสปิดฝาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นาน 1 วันและอุณหภูมิแช่เย็นได้นาน 7 วัน

Greene and Bovell-Benjamin (2004) ได้ศึกษาเรื่องการนำแป้งมันเทศมาเสริมในขนมปังโฮลวีต พบว่า การศึกษาด้านคุณสมบัติ และประสาทสัมผัสของขนมปังเสริมแป้งมันเทศในปริมาณ 50 %, 55 %, 60%, และแป้งหวานมันฝรั่ง 65% ได้รับการประเมินปริมาณความชื้นของขนมปังระหว่างการเก็บรักษาค่าโปรตีนสูงสุดของขนมปังเสริมแป้งหวานมันฝรั่งในระดับที่ 50 คาร์โบไฮเดรตอยู่ที่ระหว่าง 18.2 % - 24.4 % เบต้าแคโรทีน มีปริมาณสูงที่สุดในระดับการเสริมที่ 65 % และแป้งหวานมันฝรั่ง 50 % ตามลำดับ ขนมปังมีลักษณะรูปร่างคล้ายคลึงกัน แต่มีวิตามินซี ที่ได้รับจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการเก็บรักษา ขนมปังในระดับ 65 % จะมีสีเหลืองส้ม การทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านคุณลักษณะแตกต่างกันในด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และรสชาติของขนมปังมันเทศหวาน ซึ่งการเพิ่มปริมาณแป้งมันเทศทำให้เบต้าแคโรทีนในขนมปังมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ทำให้โปรตีนมีปริมาณลดลง

Ryan, K.J. and C.L. Homco. Ryan. J.Jenson, K.L.Robbins, C. Prestat and M.S. Brewer (2002) พบว่า สามารถใช้แป้งถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีในขนมปังได้ 12 % โดยมีผลทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงขนมปังสูตรควบคุม เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงได้ทดลองนำแป้งข้าวกล้องที่มาจากกรรมวิธีการบดแห้งมาทดแทนแป้งโฮลวีตในผลิตภัณฑ์ขนมปัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งโฮลวีตบางส่วน รวมทั้งศึกษาสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ของขนมปังที่ได้

2.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 2.3 กรอบแนวคิดงานวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวิจัยเรื่องขนมปังโฮลวีตทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิลดไขมันและน้ำตาล ผู้วิจัยได้รวบรวมผลคะแนนที่ได้จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ได้ผลมาดำเนินงานการวิจัย ดังนี้

3.1 ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

1. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ และผู้บริโภคทั่วไป จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวนทั้งหมด 100 คน โดยวิธีการสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) กลุ่มตัวอย่างมี 2 กลุ่ม ได้แก่

1.1 กลุ่มตัวอย่างผู้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกตำรับขนมปังโฮลวีต ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ และหลักสูตร คหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานอกที่ตั้งสุพรรณบุรี จำนวน 30 คน

1.2. กลุ่มตัวอย่างผู้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสขนมปังโฮลวีตจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิลดไขมันและน้ำตาล ได้แก่ ผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 100 คน

3.2 เครื่องมือในการวิจัย

เก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบการยอมรับตำรับขนมปังโฮลวีตทดแทนแป้งข้าวกล้องหอมมะลิลดไขมันและน้ำตาล ซึ่งทำแบบทดสอบขึ้นจำนวน 3 ชุด ดังนี้ ประกอบด้วย

3.2.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (สำหรับนักศึกษาทางด้านสายอาหาร)

3.2.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้วิจัย และคำชี้แจงแบบทดสอบ

3.2.1.2 การให้คะแนนระดับการยอมรับ (การทดสอบผลิตภัณฑ์ ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับในตำรับพื้นฐานต่างๆ และตำรับพัฒนา ในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม) โดยวัดระดับความชอบ ออกเป็น 9 ระดับ (9-Point hedonic scale test) (กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจ คือ นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ จำนวน 30 คน)

3.2.1.3 ข้อเสนอแนะ

3.2.2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (สำหรับทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป)

3.2.2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้วิจัย และคำชี้แจงแบบทดสอบ

3.2.2.2 ข้อมูลทั่วไป

3.2.2.3 การให้คะแนนระดับความชอบ (การทดสอบผลิตภัณฑ์ ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี, กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส, และความชอบโดยรวม) โดยวัดระดับความชอบ ออกเป็น 9 ระดับ 9-Point hedonic scale test กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจ คือ ผู้บริโภคทั่วไป จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 100 คน

3.2.2.4 ข้อเสนอแนะ

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธี Hedonic scaling test (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2536) ผู้บริโภคจะได้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ตำรับ โดยกำหนดคะแนนระดับความชอบในแต่ละคุณลักษณะไว้ 9 ระดับ ดังต่อไปนี้

1	หมายถึง	ไม่ชอบ
2	หมายถึง	ไม่ชอบมาก
3	หมายถึง	ไม่ชอบปานกลาง
4	หมายถึง	ไม่ชอบเล็กน้อย
5	หมายถึง	เฉยๆ
6	หมายถึง	ชอบเล็กน้อย
7	หมายถึง	ชอบปานกลาง
8	หมายถึง	ชอบมาก
9	หมายถึง	ชอบมากที่สุด

3.3.1 การแปลผลข้อมูล

การแบ่งช่วงระดับคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ ออกเป็น 9 ระดับ ซึ่งสามารถแบ่งความกว้างของระดับชั้นคะแนนได้เท่ากับ 0.88 โดยความหมายของแต่ละระดับแบ่งได้ ดังนี้
(เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2536)

ไม่ชอบ	ระดับคะแนนในช่วง	1.00 – 1.88
ไม่ชอบมาก	ระดับคะแนนในช่วง	1.89 – 2.77
ไม่ชอบปานกลาง	ระดับคะแนนในช่วง	2.78 – 3.66
ไม่ชอบเล็กน้อย	ระดับคะแนนในช่วง	3.67 – 4.55
เฉยๆ	ระดับคะแนนในช่วง	4.56 – 5.44
ชอบเล็กน้อย	ระดับคะแนนในช่วง	5.45 – 6.33
ชอบปานกลาง	ระดับคะแนนในช่วง	6.34 – 7.22
ชอบมาก	ระดับคะแนนในช่วง	7.23 – 8.11
ชอบมากที่สุด	ระดับคะแนนในช่วง	8.12 – 9.00

3.3.2 การหาค่าร้อยละ, ค่าเฉลี่ย, และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการรวบรวมข้อมูล ดังสูตรการคำนวณ ดังนี้

3.3.2.1 สูตรการคำนวณหาค่าร้อยละ (%) (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2554)

$$P = \frac{f}{n} \times 100$$

เมื่อ P แทนค่าร้อยละ (%)
f แทนความถี่ที่ต้องการแปลงให้ค่าร้อยละ
n แทนคำนวณความถี่ทั้งหมด

3.3.2.2 สูตรการคำนวณหาค่าเฉลี่ย (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2554)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทนค่าเฉลี่ย
x แทนผลคะแนนรวมทั้งหมด
n แทนจำนวนคนทั้งหมด

3.3.2.3 สูตรการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2554)

$$\sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n}}$$

เมื่อ x แทนผลคะแนน
$\bar{x}$ แทนค่าเฉลี่ย
n แทนจำนวนคนทั้งหมด

3.3.3 การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบใช้สูตรการคำนวณได้จาก (ทิพาวรรณ เฟื่องเรือง, 2533)

$$\text{ต้นทุน (บาท)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำหนักที่ใช้ต่อตำรับ}}{\text{น้ำหนักวัตถุดิบ}} \times \text{ราคาวัตถุดิบ}$$