บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขนมปัง

ขนมปังเป็นอาหารที่ทำจากแป้งสาลีที่ผสมกับน้ำ ยีสต์ และเกลือเป็นส่วนประกอบหลัก นอกจากนี้ยังมีการใช้ส่วนผสมอื่นๆเพื่อแต่งสี รสชาติและกลิ่น แตกต่างกันไปตามแต่ละประเภทของขนมปัง เช่น ไขมัน ไข่ น้ำตาล นมผง เป็นต้น และขึ้นอยู่กับแต่ละประเทศที่ทำ โดยนำส่วนผสมมานวดให้เข้ากันและนำไปอบ ขนมปังมีหลายประเภท เช่น ขนมปังฝรั่งเศส ขนมปังแซนด์วิช ขนมปังซอฟต์โรลล์ ขนมปังหวาน ขนมปังไรน์ เป็นต้น

2.1.1 ประเภทของขนมปัง (จิตธนา และ อรอนงค์, 2546)

ขนมปังที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปจะมีรูปแบบต่างๆ เช่น มีลักษณะเป็นแท่ง ก้อนกลม หรือเป็นแถว (loaf) แต่หากจะแบ่งชนิดขนมปังตามปริมาณไขมันที่ใช้เป็นส่วนผสมสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.1.1.1 ขนมปังฝรั่งเศส ขนมปังอิตาเลียน และขนมปังเวียดนาม ขนมปังชนิดนี้จะมีลักษณะผิวและเนื้อค่อนข้างแข็ง ทำจากโดที่มีปริมาณไขมันต่ำประมาณ 0-3 เปอร์เซ็นต์

2.1.1.2 ขนมปังปอนด์หัวกะโหลก ขนมปังแซนด์วิช ขนมปังชนิดนี้จะมีเนื้อละเอียดนุ่ม ทำจากโดที่มีปริมาณไขมันปานกลางประมาณ 3-6 เปอร์เซ็นต์

2.1.1.3 ขนมปังซอฟต์โรลล์ (soft rolls) เป็นขนมปังที่มีเนื้อค่อนข้างนิ่ม นิยมทำเป็นก้อนเล็กๆ มากกว่าที่จะทำเป็นแท่งยาวๆ มีปริมาณไขมันประมาณ 6-12 เปอร์เซ็นต์

2.1.1.4 ขนมปังหวาน (sweet dough) โดที่ทำขนมปังหวานจะมีสูตรที่เข้มข้นกว่าโดที่ทำขนมปังจืดโดยมีปริมาณน้ำตาล นม ไขมัน และไข่สูงกว่าขนมปังจืด มีไขมัน 12-24 เปอร์เซ็นต์

2.1.2 ขนมปังซอฟต์โรสล์ (soft rolls)

ขนมปังประเภทนี้มักจะมีขนาดเล็ก และกลม ซึ่งนิยมจัดเป็น side dish คือเอาไว้ทานเคียงคู่กับอาหารจานหลัก หรือมักจะถูกจัดวางไว้ในตะกร้า รูปแบบของการรับประทานจะแตกต่างกันไป หรือใช้เป็นลักษณะของขนมปังแซนวิส โดยการตัดขวางและใส่ไส้ตรงกลาง ขนมปังประเภทนี้ส่วนมากแล้วทำจากโดที่มีความเข้มข้นของส่วนผสมค่อนข้างสูง ปกติจะทำจากโดที่มีน้ำตาลและไขมันมากกว่าขนมปังฝรั่งเศส และขนมปังแซนวิส ปริมาณไข่อาจจะเพิ่มขึ้น หรือไม่

ใช้ไข่ก็ได้ แป้งที่ใช้จะเป็นแป้งที่มีความแข็งปานกลาง ขนมปังที่อบได้จะมีรสหวาน นุ่ม และมีเนื้อละเอียด

ขนมปังประเภทนี้มักมีชื่อเรียกที่หลากหลายขึ้นอยู่กับส่วนผสม วิธีการขึ้นรูปก่อนการอบ ขนาด ท้องถิ่น และการใช้งาน เช่น

แฮมเบอเกอร์ (hamburger) โดชนิดนี้จะมีน้ำหนักประมาณ 50 กรัม นำมาคลึงให้เป็นก้อนกลมๆ วางลงบนถาดอบที่ทาไขมัน เมื่อสุกจะมีลักษณะครึ่งทรงกลม นิยมนำมาตัดขวางและใส่ไส้ คล้ายกับการทำแซนวิส

แบ็บส์ (Baps) จะมีเนื้อขนมปังที่นุ่ม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-6 นิ้ว โดจะมีส่วนผสมที่เป็นไขมัน เช่น น้ำมันหมูหรือเนย ชาวสกอตแลนด์จะกินเป็นอาหารเช้า

ดินเนอร์โรลล์ (dinner roll) ขนมปังชนิดนี้จะมีขนาดเล็ก มีรสหวาน โดจะมีน้ำหนักประมาณ 20 กรัม สูตรการทำก็จะใช้สำหรับทำโรลล์โดยทั่วไป ชาวอเมริกันจะเสิร์ฟมาพร้อมกับมื้ออาหารแบบ hot rolls

ปาร์กเคอร์เฮาส์โรลล์ (parker house roll) โดที่คลึงเป็นก้อนกลมนำมารีดให้ปลายด้านหนึ่งทับปลายอีกด้านหนึ่ง ใช้ฝ่ามือกดให้ติดกันและทิ้งให้ขึ้น แล้วนำเข้าอบ เมื่อขนมปังออกมาจากเตาควรจะรับประทานทันที โดยทาเนยขณะร้อนๆ จะทำให้ได้ขนมปังที่อร่อย (Jarrett, 1986)

2.1.3 ส่วนผสมขนมปัง

2.1.3.1 แป้งสาลี

แป้งสาลีเป็นแป้งหลักที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เนื่องจากมีสมบัติเฉพาะที่แป้งชนิดอื่นไม่มี ซึ่งจะประกอบด้วยโปรตีนที่สำคัญ 2 ชนิด คือ กลูเตนินและไกลอะดิน (glutenin and gliadin) เมื่อผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วจะเกิดสารที่มีลักษณะยืดหยุ่นเหนียวยืดเป็นยางเรียกว่ากลูเตน (gluten) ซึ่งจะใช้เป็นเกณฑ์บอกถึงความเหมาะสมที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ แป้งสาลีที่ผลิตออกจำหน่ายใช้สำหรับการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยทั่วไปมี 3 ชนิดคือ แป้งขนมปัง แป้งอเนกประสงค์ และแป้งเค้ก สำหรับแป้งที่ใช้ทำขนมปังนั้นจะเป็นแป้งที่มีโปรตีนมากกว่า 10.5 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี มีการดูดซึมน้ำได้สูงและทนต่อการผสม ซึ่งแป้งที่นิยมใช้ในการทำขนมปังจะมี 2 ชนิดคือ แป้งขนมปังที่มีโปรตีนสูง 12-14 เปอร์เซ็นต์ โม่จากแป้งสาลีชนิดแข็งจำพวก hard red spring หรือ hard red winter ใช้ในการผลิตขนมปังจืด ขนมปังหวาน ผลิตภัณฑ์ที่หมักด้วยยีสต์ทุกชนิด ชนิดที่สองคือแป้งอเนกประสงค์ที่มีโปรตีนสูงปานกลาง 10-11 เปอร์เซ็นต์ เป็นแป้งที่ได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดอ่อนและชนิดแข็งเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม ในการทำผลิตภัณฑ์หลายชนิด

เช่น ขนมปังจืดและหวาน เค้กบางชนิด ปาท่องโก๋ บะหมี่ เพสตรี สารที่ทำให้ขึ้นฟูสำหรับแป้งชนิดนี้สามารถใช้ได้ทั้งยีสต์และผงฟู (จิตธนา และ อรอนงค์, 2546)

2.1.3.2 เกลือป่น

เกลือที่เติมลงในขนมปังจะทำหน้าที่ให้รสชาติ และช่วยเน้นรสชาติของส่วนผสมอื่นให้เด่นชัดขึ้น และควบคุมกระบวนการหมักโดยให้ผลทางออสโมติกแก่เซลล์ยีสต์ ทำให้มีผลต่ออัตราการหมัก ถ้ามีแรงดันออสโมติกสูงขึ้นอัตราเร็วในการเกิดการหมักด้วยยีสต์จะลดลง เนื่องจากยีสต์ขาดน้ำแล้วไปมีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) กล่าวคือ ถ้าใช้เกลือมากเกินไปจะขัดขวางกระบวนการหมักไม่ให้เป็นไปอย่างเหมาะสม แต่ถ้าไม่ใส่เกลือในก้อนแป้งเลยจะทำให้การหมักเป็นไปอย่างรวดเร็วเกินไปจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อหยาบและรสชาติไม่ดี (ศิริลักษณ์, 2525)

2.1.3.3 ยีสต์

ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งมีหน้าที่หลักในขนมปังคือ ช่วยให้เกิดการสร้างก๊าซภายในโด ปรับสภาพโดให้เหมาะสมและให้กลิ่นรสแก่ขนมปัง ยีสต์ที่ผสมในโดจะเริ่มเจริญเติบโตเมื่อมีน้ำและอากาศจากการผสม มีอาหารคือน้ำตาลและสารอาหารอื่นจากโด ทำให้ยีสต์เพิ่มจำนวนมากขึ้น พร้อมกันนี้เอนไซม์ต่างๆในยีสต์จะแปรสภาพสารอาหารโดยเฉพาะน้ำตาลให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแอลกอฮอล์ ดังสมการ

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ยีสต์}} 2CO_2 + 2C_2H_5OH$$

โดยสภาพที่เกิดขึ้นนี้จะอยู่ในสภาพที่ไม่มีอากาศ เรียกว่าการะบวนการหมัก ซึ่งทำให้ภายในโดมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดันให้โดเกิดการขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดโครงสร้างและลักษณะเนื้อของโด พร้อมทั้งให้กลิ่นของแอลกอฮอล์ ขณะที่ความร้อนยังไม่แผ่กระจายเข้าสู่โดมากนัก ยีสต์จะยังทำงานเป็นเหตุให้โดเกิดการขึ้นฟูในเตาอบอีกระยะหนึ่ง จนความร้อนกระจายทั่วก้อนโดทำให้ยีสต์ตายและขนมปังคงรูปร่าง เกิดเป็นกลิ่นรสที่เฉพาะตัวกับผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคพอใจ (อรอนงค์, 2532)

2.1.3.4 น้ำ

น้ำเป็นส่วนสำคัญในการทำขนมปังเนื่องจากน้ำจะช่วยในการรวมตัวของโปรตีนในแป้งสาลีให้เกิดเป็นกลูเตน ที่จะกลายเป็นโดที่มีความนุ่ม ยืดหยุ่นดี น้ำที่จะใช้ได้ดีควรเป็นน้ำทีมีความกระด้างปานกลาง จะช่วยควบคุมความหนืดและอุณหภูมิของโดให้เหมาะสมต่อการทำ

งานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดก๊าซในกระบวนการหมัก ช่วยละลายส่วนผสมอื่นๆ เช่น เกลือ น้ำตาล เมื่อรวมกับโดแล้วกลายเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำเข้าอบน้ำมีส่วนทำให้สตาร์ชเกิดเจลเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น กลูเตนเกิดการขยายตัว และเปลี่ยนสภาพจากดิบเป็นสุกทำให้ขนมปังเกิดโครงร่างที่มีลักษณะเป็นพองน้ำคงรูปไว้ได้ น้ำที่ยังเหลือจะส่งผลให้ขนมปังนุ่มและยืดอายุการเก็บให้นานขึ้น กล่าวคือถ้าเก็บขนมปังในภาชนะบรรจุที่ไม่เหมาะสม จะทำให้ขนมปังแห้งจากการระเหยของน้ำออกจากภายในเนื้อขนมปัง หรือขนมปังแฉะจนขึ้นราเพราะมีความชื้นในเนื้อขนมปังมากเกินไป ก็จะทำให้ขนมปังนั้นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (จิตธนา และคณะ, 2552)

2.1.3.5 ไขมัน

ไขมันจะเป็นตัวช่วยให้ขนมปังมีความอ่อนนุ่ม ให้กลิ่นรสที่ดี ช่วยในการกักเก็บก๊าซที่เกิดขึ้น โดยทำให้กลูเตนมีความแน่นจนอากาศเข้าไม่ได้ ทำให้ปริมาตรและเปลือกนอกของขนมปังดีขึ้น และช่วยในการหล่อลื่นกลูเตนโดยทำให้ก้อนแป้งยอมให้ก๊าซที่ช่วยในการขึ้นฟูสามารถแพร่กระจายและขยายตัวได้สะดวกขึ้น เป็นผลให้ขนมปังมีปริมาตรเพิ่มขึ้น แต่ถ้าใส่ไขมันในปริมาณที่มากเกินไปก็จะทำให้เนื้อขนมปังแน่นไม่ฟูขึ้นได้ปริมาตรเล็กกว่าปกติ เนื่องจากไขมันทำให้ก้อนแป้งผสมมีลักษณะหนักกว่าปกติก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจึงไม่สามารถดันให้ขึ้นฟูได้ (อรอนงค์, 2532)

2.1.3.6 น้ำตาล

ปริมาณน้ำตาลที่เติมลงในผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับชนิดของขนมปังนั้นๆ น้ำตาลเติมลงไปในปริมาณที่เหมาะสมจะเป็นแหล่งอาหารสำหรับยีสต์ในกระบวนการหมัก แต่ถ้าใช้ในปริมาณสูงเกินไปกลับจะไปขัดขวางกระบวนการนี้ด้วยผลทางออสโมติกต่อเซลล์ยีสต์ น้ำตาลนอกจากจะให้รสชาติแก่ขนมปังแล้วยังมีผลต่อความนุ่มของเนื้อใน ช่วยให้หลังการอบสามารถเก็บกักความชื้นไว้ได้ เนื่องจากน้ำตาลซูโครสที่เติมลงในก้อนโดเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส น้ำตาลฟรุคโตสดูดความชื้นได้ดีมากจึงสามารถกักความชื้นไว้ได้ ทำให้ขนมปังนุ่มนานและยืดอายุการเก็บได้นานขึ้น หน้าที่อีกประการหนึ่งคือในระหว่างการอบจะทำให้ผิวนอกของขนมปังเกิดเป็นสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard) และคาราเมลไลเซชั่น (caramelization) (ศิริลักษณ์, 2525)

2.1.3.7 นม

โดยทั่วไปแล้วนมที่นำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ขมมปังจัดเป็น 3 พวกด้วยกัน

1) นมสด เป็นของเหลวที่มีทั้งชนิดมีไขมันเต็ม คือ นมสดบริสุทธิ์ และปราศจากไขมัน หรือเรียกว่าหางนม

2) นมข้น นมสดที่นำมาระเหยความชื้นออก มีทั้งชนิดนมข้นหวานที่เติมน้ำตาลลงไปประมาณ 41 เปอร์เซ็นต์ และนมข้นจืดที่ไม่มีการเติมน้ำตาล

3) นมผง ได้แก่ นมสดที่มีไขมันเต็ม และหางนมสดที่ปราศจากไขมัน

นมมีบทบาทต่อขนมปังคือ ช่วยเพิ่มความทนทานในการผสมของโด ทำให้ระยะเวลาการหมักยาวนานขึ้น นมจะลดความเป็นกรดให้ต่ำลง ทำให้เกิดกลิ่นหอม และลดความเปรี้ยวลง นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองทองสวย เนื่องจากปริมาณโปรตีนและน้ำตาลในนม ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของขนมปังทำให้เนื้อขนมปังนุ่มสม่ำเสมอ สามารถหั่นเป็นแผ่นได้ดี และเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้ขนมปังอีกด้วย (อุสาห์, 2537)

2.1.3.8 สารเสริมคุณภาพ

หน้าที่ของสารเสริมคุณภาพช่วยเพิ่มความคงตัวของโด คือ ทำให้แป้งสาลีมีคุณภาพในการเกิดก้อนแป้งดีขึ้น โดยจะเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของขนมปัง ทำให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงเก็บก๊าซได้ดีขึ้น โดยขนมปังเมื่ออบแล้วจะมีลักษณะเซลล์อากาศที่เล็กสม่ำเสมอ และช่วยเพิ่มปริมาตรให้กับขนมปัง

1) สารเคมีที่ใช้เสริมคุณภาพ ได้แก่ โพแทสเซียมโบรเมต(potassium bromate) โพแทสเซียมไอโอเดต(potassium iodate) กรดแอสคอร์บิก(ascorbic acid) และอะโซไดคาร์โบนาไมด์(azodicarbonamide) เป็นสารออกซิแดนท์ที่ใช้มากในอุตสาหกรรมขนมอบเพื่อเพิ่มปริมาตรของขนมปัง ซึ่งมีผลในการช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้นและเพิ่มความคงตัวของโด สารเสริมเหล่านี้จะทำปฏิกิริยาในอัตราที่แตกต่างกัน โพแทสเซียมโบรเมตจะทำปฏิกิริยาช้า กรดแอสคอร์บิกจะทำปฏิกิริยาเร็วปานกลาง ส่วนโพแทสเซียมไอโอเดตและอะโซไดคาร์โบนาไมด์จะทำปฏิกิริยาเร็วที่สุด (อณุชิด, 2545)

2) เอนไซม์ที่นำมาใช้ในการผลิตขนมปังมีจุดประสงค์เพื่อเสริมเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติในแป้งสาลีเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของขนมปัง เอนไซม์ที่มีการนำมาใช้ เช่น อะไมเลส(amylase) ช่วยทำให้กระบวนการหมักเกิดได้สูงสุดและป้องกันไม่ให้ขนมปังแห้งแข็ง และเก่าเร็ว โปรติเอส (protease) กลูตามิลทรานส์เฟอเรส (glutamyltransferase) และไดเพปทิเดส (dipeptidase) ช่วยในการปรับปรุงสมบัติด้าน rheology ทำให้โดมีความยืดหยุ่นดี ปรับปรุงปริมาตรของก้อนขนมปัง โครงสร้างของผิวนอกและรักษาความนิ่มของขนมปังระหว่างการเก็บรักษา เฮมิเซลลูเลส (hemicellulase) และเซลลูเลส (cellulose)ทำให้ขนมปังที่ได้มีความชื้นเพิ่มขึ้น (นิธิยา, 2551)

2.1.4 วิธีการผลิตขนมปัง

วิธีการผลิตขนมปังที่นิยมกันทั่วไปมี 3 วิธี คือ (จิตธนา และ อรอนงค์, 2546)

2.1.4.1 วิธีผสมครั้งเดียว (straight dough method) เป็นการผลิตขนมปังโดยการหมักขั้นตอนเดียว โดยการผสมส่วนผสมต่างๆที่ใช้ในสูตรประกอบด้วยแป้งสาลี ยีสต์ น้ำ น้ำตาล เกลือ ไข่ มาผสมรวมกัน แล้วจึงเติมไขมันหลังจากส่วนผสมส่วนแรกเข้ากันแล้วนวดต่อจนกระทั่งโดมีลักษณะแห้งและเรียบเนียน นำไปหมักในอุณหภูมิที่เหมาะสม แล้วนำมาไล่ลมตัดแต่งตามต้องการ หมักครั้งสุดท้าย แล้วจึงนำเข้าอบ

2.1.4.2 วิธีผสมสองครั้ง (sponge dough method) เป็นการผลิตขนมปังโดยมีขั้นตอนการผสมและการหมัก 2 ครั้ง คือการผสมครั้งแรกเป็นการผสมสปันจ์ จะประกอบด้วยแป้งสาลีร้อยละ 80 ของแป้งทั้งหมด น้ำ ยีสต์ และอาหารของยีสต์ (ถ้ามี) ผสมพอให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปหมักประมาณ 2-3 ชั่วโมงหรือนานกว่านั้น การผสมครั้งที่สองโดยนำส่วนผสมที่เหลือทั้งหมดรวมทั้งส่วนของสปันจ์ที่ผ่านการหมักแล้วผสมเข้าด้วยกัน จนมีลักษณะแห้งและเรียบเนียน ขั้นตอนนี้เรียกว่าขั้นการเป็นโด นำไปหมักอีกครั้งโดยใช้เวลาสั้นๆประมาณ 20-30 นาที

2.1.4.3 วิธีผสมแบบทุ่นเวลา (no-time dough method) การผสมขนมปังแบบทุ่นเวลาคือ หลังจากที่ผสมโดแล้ว สามารถนำมาม้วนใส่พิมพ์ได้โดยไม่ต้องผ่านการหมัก เพียงแต่นำโดที่ได้มาพักตัวหลังการผสมแล้วประมาณ 15 นาที แล้วนำมาตัดแบ่ง ชั่งน้ำหนัก รีด ม้วนใส่ในพิมพ์ที่ทาไขมัน แล้วหมักต่อในพิมพ์จนขึ้นเต็มพิมพ์พร้อมที่จะอบได้ การผสมวิธีนี้จำเป็นต้องใช้สารเคมีช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น เช่น การใช้โพแทสเซียมโบรเมตและกรดแอสคอร์บิกรวมกัน ปริมาณการใช้สารเสริมคุณภาพจะใช้ในระดับ 20-40 ส่วนในล้านส่วน ขึ้นอยู่กับชนิดของสารปรับปรุงคุณภาพในแต่ละตัว สารเสริมคุณภาพนี้จะมีผลทำให้เนื้อขนมปังมีความยืดหยุ่นดีขึ้น (Jones, และคณะ, 1974) ในการผลิตโดขนมปังแช่เยือกแข็งโดยวิธีผสมแบบทุ่นเวลาจะเติมอะโซไดคาร์โบนาไมด์และกรดแอสคอร์บิกในอัตราส่วน 15:150 ส่วนในล้านส่วน (สุนีย์, 2540) และวิธีการผสมแบบทุ่นเวลาจะต้องใช้เครื่องผสมที่มีอัตราเร็วของเครื่องสูง แต่สามารถลดเวลาในการทำได้เกือบ 2 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับวิธีผสมแบบสองครั้ง

2.1.5 ขั้นตอนการทำขนมปัง

2.1.5.1 การผสม การผสมโดเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ส่วนผสมทั้งหมดผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ในขณะทำการผสมจะทำให้โปรตีนในแป้งรวมตัวกับน้ำ เกิดเป็นกลูเตนขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ทำให้โดมีลักษณะแห้งเรียบเนียนเมื่อผสมได้ที่ หลังจากการผสมได้ที่แล้วควรหยุดการ

ผสมเพราะถ้าผสมต่อไปจะทำให้โดแฉะและร้อน เนื่องจากกลูเตนเกิดการฉีกขาด ซึ่งจะมีผลในการหมักและอบโดที่ผสมได้พอเหมาะจะมีคุณสมบัติในการอุ้มก๊าซและพองตัวเกิดเป็นโครงสร้างของขนมปัง ทำให้ขนมปังได้คุณภาพ

2.1.5.2 การหมักโด เมื่อผสมส่วนผสมต่างๆจนเป็นโดดีแล้ว จึงนำมาหมักไว้ระยะหนึ่งเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยเอนไซด์และยีสต์ ทำให้โดขึ้นฟูจากการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในโด การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญเริ่มจากการที่เอนไซม์ในแป้งสาลี คือ แอลฟา-อะมิเลส (α-amylase) และบีตา-อะมิเลส (β-amylase) ย่อยสตาร์ชให้เป็นเดกซ์ทริน (dextrin) และน้ำตาลมอลโทส โดยยีสต์ใช้น้ำตาลที่เกิดขึ้นเพื่อให้เกิดขั้นตอนการหมัก ได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พร้อมกับแอลกอฮอล์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักไม่ได้ทำให้เกิดเซลล์อากาศใหม่ แต่จะทำให้เซลล์อากาศที่เกิดขึ้นในช่วงการผสมขยายตัว ทำให้โครงสร้างของกลูเตนถูกดันให้ยืดขยาย ทั่วไปถือว่าการหมักเกิดขึ้นสมบรูณ์เมื่อปริมาตรเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของปริมาตรเดิม โดยลักษณะของโดก่อนหมักจะเหนียวและขาดง่าย แต่หลังจากการหมักเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมจนโดได้ที่แล้ว จะเหนียวน้อยลงและสามารถยืดตัวได้ดี (Kent, 1983)

2.1.5.3 การไล่อากาศ จากการหมักโดไว้ระยะเวลาหนึ่งจนโดมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัว หรือประมาณร้อยละ 80 เมื่อถึงระยะนี้จำเป็นที่จะต้องลดปริมาตรลง โดยนำไปไล่ลมออกและคลึงโดใหม่ เพราะขณะหมักเซลล์อากาศจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ การไล่ลมจะทำให้เซลล์อากาศเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ อุณหภูมิของก้อนโดเสมอกันทั้งก้อน นอกจากนี้การไล่ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ที่มากเกินไปออก และนำก๊าซบริสุทธิ์เข้ามาแทนที่จะมีผลให้ยีสต์ทำงานได้ดีขึ้นช่วยให้กลูเตนที่ขยายตัวออกเป็นโครงสร้างมีการพักตัวพร้อมที่จะขยายใหม่ได้โครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น

2.1.5.4 การม้วนโดและการใส่พิมพ์ หลังจากโดได้ที่แล้ว ก็นำมารีดเป็นครั้งสุดท้ายโดยอาจรีดด้วยลูกกลิ้งหรือเครื่องรีดให้ก้อนโดเป็นแผ่นหนาหรือบางตามต้องการ เสร็จแล้วจึงม้วนเป็นรูปตามต้องการ สำหรับการปั้นโดมีขั้นตอนดังนี้

1) โรยแป้งบนโต๊ะทำงานบางๆวางก้อนโดที่ตัดชั่งแล้วลงบนแป้งที่โรยไว้

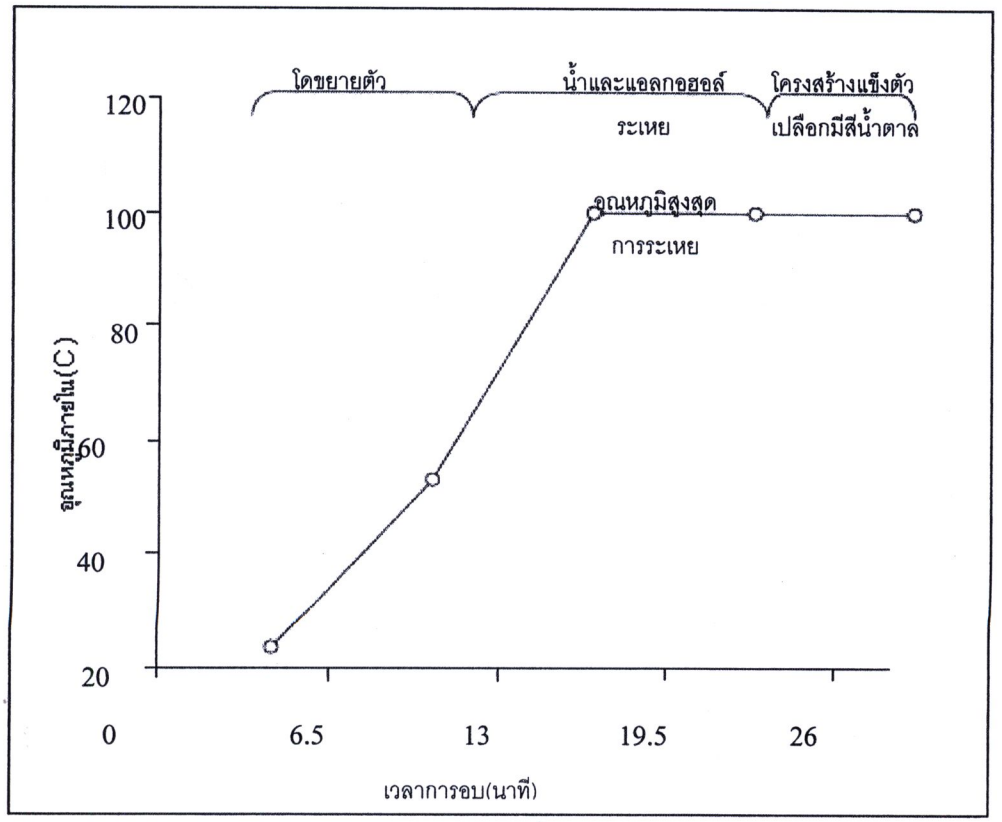
2) กดไล่อากาศออก ตัดหรือพับให้เป็นรูปแบบที่ต้องการ

3) วางใส่พิมพ์หรือภาชนะที่ทาด้วยไขมันบางๆ สม่ำเสมอเพื่อป้องกันขนมปังติดพิมพ์หลังการอบ

2.1.5.5 การพักครั้งสุดท้าย เนื่องจากโดที่ผ่านการไล่ลมเมื่อนำมาปั้นเป็นรูปร่างยังมีขนาดเล็กและแน่น จำเป็นต้องพักไว้อีกครั้งหนึ่งเพื่อให้โดพองตัวอีกครั้งโดยยีสต์จะได้รับอากาศใหม่เข้าไป ทำให้มีกำลังในการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดจะยืดตัวห่อหุ้มก๊าซใหม่ที่เกิดขึ้นไว้ ทำให้โดขึ้นฟูเป็นครั้งสุดท้ายก่อนอบ โดยจะมีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และเวลาให้เหมาะสมคือ 33-54 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60-90 (อรอนงค์, 2532)

2.1.5.6 การอบ เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการทำขนมปัง เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนสภาพของโดที่ยังดิบให้สุกด้วยความร้อน ระยะเวลาและระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆคือ ขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ต้องให้ความร้อนอย่างช้าๆ คือใช้อุณหภูมิต่ำแต่อบเป็นเวลานานเพื่อป้องกันมิให้เปลือกนอกไหม้ก่อนที่เนื้อในจะสุก ส่วนขนมปังที่มีขนาดเล็ก อุณหภูมิที่ใช้ในการอบต้องสูงขึ้นและใช้เวลาอบสั้นเพื่อให้เปลือกนอกและเนื้อในสุกพร้อมกัน ในสูตรที่มีน้ำตาลสูงจะต้องลดอุณหภูมิลง เพื่อที่จะไม่ให้เปลือกนอกไหม้เร็วจนเกินไป หรือถ้ามีน้ำตาลอยู่น้อยควรเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น เพื่อให้เปลือกขนมปังมีสีน้ำตาล ความสามารถในการเก็บความร้อนของเตาอบ ถ้าตู้อบร้อนช้าจะทำให้เนื้อในขนมปังขยายตัวมาก แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้เปลือกนอกไหม้เร็ว โดยเฉพาะตามขอบจะทำให้ขนมปังไม่ได้สัดส่วน

กระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับขนมปังขณะอบในการให้ความร้อนนั้นสีและลักษณะของโดเปลี่ยนไปจากสีขาวขุ่น นุ่ม เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างภายนอกแข็งแรง เปลือกนอกจะแห้งและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ภายในอ่อนนุ่ม โปร่งเบา และมีกลิ่นรสเกิดขึ้น ขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงของขนมปังระหว่างการอบ

ที่มา : Pomeranz and Shellenberger, 1971

1) การเปลี่ยนแปลงช่วงแรก อุณหภูมิของโดค่อยๆสูงขึ้น ความร้อนในช่วงแรกช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์และการเจริญเติบโตของยีสต์และแบคทีเรีย ให้เกิดกระบวนการหมักเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้โดขยายขนาดอย่างรวดเร็วหรือเรียกว่าการเกิด " oven spring" (Pomeranz and Shellenberger, 1971) ขณะเดียวกันจะเกิดชั้นบางๆของฟิล์มบนผิวด้านนอกของโด โดยการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะหยุดเมื่ออุณหภูมิภายในโดสูงขึ้นถึง 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากเซลล์ยีสต์จะค่อยๆตายลงที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส (ศิริลักษณ์, 2525)

2) การเปลี่ยนแปลงช่วงกลาง แป้งเริ่มเกิดเจลาติไนซ์ซึ่งเอนไซม์แอลฟา-อะมิเลส จะยังคงย่อยสตาร์ช ต่อจากนั้นจะหยุดทำงานที่อุณหภูมิระหว่าง 70-75 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิของโดสูงขึ้นแป้งจะเกิดการเจลาติไนซ์โดยจะดึงน้ำจากโด ทำให้กลูเตนเสียน้ำจึงทำให้เกิดการเสียสภาพ (denaturation) กล่าวคือจากสภาพของกลูเตนที่ยืดหยุ่นจะแข็งตัว เกิดโครงสร้างของเซลล์ที่มีรูพรุนกระจายทั่วทั้งก้อนขนมปัง เมื่ออุณหภูมิภายในโดสูงถึง 100

องศาเซลเซียส น้ำภายในเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอและระเหยออกไป ทำให้ส่วนของเปลือกขนมปังเริ่มแข็งตัว ณ จุดนี้ปริมาตรของขนมปังจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีก (จิตธนา และ อรอนงค์, 2546)

3) การเปลี่ยนแปลงช่วงสุดท้าย เมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงขึ้นถึง 110 องศาเซลเซียส ส่วนของผิวนอกแข็งตัว และจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเกิดจากปฏิกิริยา 2 แบบ คือปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard-type reaction) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโน จากการย่อยสตาร์ชเป็นเดกซ์ทรินโดยเอนไซม์ ทำให้ผิวขนมปังเกิดเป็นสีน้ำตาลไหม้และให้กลิ่นรสของขนมปัง ปฏิกิริยานี้จะมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกขนมปังมากซึ่งขึ้นอยู่กับการทำงานของยีสต์และปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในสูตรขนมปังเป็นหลัก และปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชั่น (Caramelization) ของน้ำตาลซูโครสที่อุณหภูมิสูง ปฏิกิริยานี้จะมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกขนมปังน้อยกว่า ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลที่มีในสูตร ระยะเวลาและระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ

2.1.6 การเสียและเสื่อมคุณภาพของขนมปัง

การเสื่อมเสียของขนมปังมีสาเหตุหลายประการที่สำคัญมีดังนี้

2.1.6.1 การเสียจากเชื้อรา ลักษณะที่เห็นได้ชัดคือเห็นมีเชื้อราอยู่บนขนมปัง โดยเชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ ถ้าหากสุขลักษณะในการผลิตขนมปังและการเก็บรักษาไม่ดีพอ ขนมปังมีลักษณะที่เชื้อราสามารถเจริญได้ดี เมื่อไรก็ตามที่ขนมปังสัมผัสกับบรรยากาศและถ้าหากความชื้นในบรรยากาศมีสูงเชื้อราก็จะเจริญเติบโตได้เร็วยิ่งขึ้น แต่ถ้าหากความชื้นในบรรยากาศต่ำเชื้อราก็จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ดังนั้นขนมปังที่เก็บรักษาในสภาพที่แห้งและสะอาดก็สามารถป้องกันการเสื่อมเสียจากเชื้อราได้

2.1.6.2 การเสียจากแบคทีเรีย ภายในเนื้อขนมปังจะมีลักษณะเหนียวและสีเปลี่ยนไปจากเดิม นอกจากนี้กลิ่นยังมีลักษณะคล้ายสับปะรดเน่า การเน่าเสียดังกล่าวเกิดจากขนมปังมีเชื้อแบคทีเรียปะปนอยู่ และสปอร์ของเชื้อแบคทีเรียที่สามารถทนต่อความร้อนในเตาอบ ดังนั้นถ้าเก็บขนมปังไว้นานหลังจากออกจากเตาอบประมาณ 12-36 ชั่วโมง จะทำให้เนื้อขนมปังเปลี่ยนสีและมีกลิ่นเน่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสปอร์ของเชื้อแบคทีเรียที่ปะปนอยู่ (จิตธนา และ อรอนงค์, 2546)

2.1.6.3 การเสื่อมคุณภาพ หรือความไม่สดในขนมปัง (bread staling) ขนมปังที่ออกมาจากเตาอบใหม่ๆ เป็นขนมปังที่มีคุณภาพดีที่สุด กล่าวคือ มีลักษณะภายนอกดี เปลือก

นอกแข็งกรอบสีน้ำตาล เนื้อขนมปังนุ่มสีขาว มีความยืดหยุ่นตัวดี เหนียวเป็นใยทำให้เมื่อเคี้ยวจะเหนียวเล็กน้อย มีกลิ่นหอมและรสชาติดี (อรอนงค์, 2532) หลังจากนั้นขนมปังที่ออกจากเตาจะค่อยๆเย็นตัวลงอย่างช้าๆ จนเกิดการคืนตัวของแป้ง และเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การเกิดความไม่สดในขนมปังขึ้นซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวไม่รวมการเปลี่ยนแปลงหรือการเสื่อมสภาพอันมีสาเหตุมาจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ทำให้ขนมปังเกิดการเปลี่ยนแปลงในส่วนของลักษณะเนื้อสัมผัส และสูญเสียกลิ่นรส สำหรับการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเนื้อสัมผัสจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือเนื้อใน และเปลือกนอกของขนมปัง

1) เปลือกนอก (bread crust) จะแข็งและเหนียว เกิดจากการที่ความชื้นเคลื่อนย้ายจากเนื้อในขนมปัง ที่มีความชื้นสูงไปยังเปลือกนอกที่มีความชื้นต่ำกว่า ขณะอบใหม่ๆ เปลือกขนมปังจะกรอบและมีความชื้นประมาณร้อยละ 2.5 เมื่อตั้งทิ้งไว้เปลือกจะดูดความชื้นจากเนื้อขนมปัง ทำให้ความกรอบลดลง แต่ความเหนียวเพิ่มขึ้น (Pomeranz และ Schellberger, 1971)

2) เนื้อในขนมปัง (bread crumb) จะแห้ง ร่วน เกิดสีขาวขุ่น การแห้งของเนื้อในขนมปังไม่ได้เกิดจากการสูญเสียความชื้นเท่านั้น เนื้อในขนมปังจะแน่นขึ้นถึงแม้ความชื้นจะไม่สูญหายไป การเกิดลักษณะเนื้อขนมปังที่แน่นขึ้นนี้เกิดจากการตกผลึกอีกครั้งของสตาร์ช เรียกว่า การเกิดรีโทรเกรเดชั่น (retrogradation) การเกิดปฏิกิริยานี้สามารสามารถผันกลับได้ ดังนั้นขนมปังที่นำมาอบใหม่อีกครั้งจะมีคุณภาพดีขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2539)

2.1.7 ปัจจัยที่ช่วยลดการเสื่อมคุณภาพของขนมปัง

2.1.7.1 การปรับปรุงสภาวะการเก็บรักษา เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและความชื้นในการเก็บรักษาขนมปังที่บรรจุในถุงพลาสติกธรรมดา วิธีที่เก็บได้นานที่สุดคือ การทำให้แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -20 องศาเซลเซียส ขนมปังจะคงความสดอยู่ได้นาน จนกว่าจะนำมาบริโภคจึงเพิ่มอุณหภูมิให้เท่าอุณหภูมิห้อง แล้วนำเข้าอบใหม่จะทำให้เนื้อขนมปังกลับมาสดใหม่อีกครั้ง หรือ จะเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส ก็จะป้องกันการเสื่อมเสียคุณภาพแต่อาจมีปัญหาเรื่องการเสื่อมเสียเนื่องจากความชื้นและเชื้อรา นอกจากนี้อาจใช้ภาชนะบรรจุแบบพิเศษทำด้วยพลาสติกไนลอน-โพลีโพรพิลีน(nylon-polypropylene) และภายในอัดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.1.7.2 การเติมสารเคมี เช่น กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) หรือเกลือของกรดนี้ กรดอะซิติก และกรดซอร์บิก ในปริมาณที่เหมาะสม จะช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 21 พ.ย. 2555
เลขทะเบียน 191053
เลขเรียกหนังสือ

และแบคทีเรีย สารเหล่านี้จะปรับสภาพขนมปังให้เป็นกรดซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (อรอนงค์, 2532)

2.1.8 การตรวจสอบคุณภาพขนมปัง (จิตธนา และคณะ, 2552)

การตรวจสอบคุณภาพของขนมปังทำได้โดยการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ขนมปังที่ได้จะนำมาประเมินโดยการให้คะแนน โดยพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ การให้คะแนนมักขึ้นกับการตัดสินใจของแต่ละบุคคล โดยอาจเปรียบเทียบกับขนมปังที่ยึดไว้เป็นมาตรฐาน การประเมินทางประสาทสัมผัสไม่สามารถบอกบอกคุณลักษณะที่แท้จริงได้ เนื่องจากผู้บริโภคที่แตกต่างกันไป คุณภาพที่ถือว่าดีแห่งหนึ่งอาจไม่ใช่คุณภาพที่ดีของผู้บริโภคอีกแห่งหนึ่ง การให้คะแนนปกติแล้วจะไม่มีแบบแผนตายตัว โดยปกติมักมีการให้คะแนนทั่วๆ ไปของขนมปังตามมาตรฐาน

2.1.8.1 ปริมาตรของก้อนขนมปัง

โดยทั่วไปจะมีความสัมพันธ์กันระหว่างน้ำหนักและปริมาตรของขนมปัง จะมีค่าเฉพาะค่าหนึ่งที่ทำให้ขนมปังมีเนื้อสัมผัสและลักษณะเนื้อขนมปังที่น่าพอใจ ปริมาตรจะวัดออกมาเป็นหน่วยลูกบาศก์เซนติเมตรโดยวิธีการแทนที่ด้วยเมล็ดพืชขนาดเล็ก เช่น เมล็ดฝิ่น เมล็ดแมงลัก เมล็ดงา เป็นต้น การพิจารณาปริมาตรของขนมปังต้องพิจารณารูปร่างของขนมปังด้วย ความกว้าง ความยาว ควรมีความสัมพันธ์กัน

2.1.8.2 สีของเปลือก

ปกติแล้วสีของเปลือกขนมปังมีตั้งแต่สีเหลืองทองเข้มตรงส่วนบน ของก้อนขนมปังหรือตรงส่วนที่เรียกว่า กะโหลก จนถึงสีเหลืองทองอ่อนของบริเวณด้านข้างของก้อนขนมปังสีของเปลือกนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการอบ และน้ำตาลที่เหลือในโด ดังนี้

1) ปริมาณน้ำตาลในโดจะขึ้นกับเวลาการหมัก ถ้าหมักนานเกินไปจะได้ขนมปังที่มีเปลือกสีซีด และเปราะเนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลอยู่น้อย ในทางกลับกันถ้าหมักยังไม่ดีลักษณะของเปลือกจะมีสีเข้ม แข็งและหนา

2) สภาพในการอบมีผลต่อสีของเปลือก เช่น ถ้าอบในเตาอบที่มีอุณหภูมิต่ำเกินไป จะได้เปลือกที่แข็งและมีสีไม่สดใส (dull color) อบในเตาอบที่ฉีดพ้นไอน้ำมากเกินไปจะได้เปลือกที่แข็ง เหนียวคล้ายยาง ลักษณะเป็นมันวาวมาก และการกระจายความร้อนในเตาอบไม่สม่ำเสมอจะได้เปลือกที่มีความหนา และสีของเปลือกไม่สม่ำเสมอ

2.1.8.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

เป็นการแสดงถึงความยืดหยุ่นหรือความนุ่มเนื้อของขนมปัง (elasticity or softness) วิธีการที่นิยมใช้ในการทดสอบคือ การทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งผู้ทดสอบมักจะเกิดความสับสนระหว่างการชิม โดยวิธีการทดสอบจะยึดหลักว่า เมื่อเข้าปากแล้วให้ความรู้สึกนุ่ม เหนียวหรือ มีความรู้สึกหยาบ ร่วน แต่ส่วนหนึ่งของความรู้สึกจะรวมถึงคุณภาพในการเคี้ยวของขนมปัง ขนมปังควรเคี้ยวแล้วมีความนุ่ม ยุ่ยง่าย ไม่รวมกันเป็นก้อนในปาก ซึ่งทำให้กลืนยาก และอีกวิธีหนึ่งคือ การทดสอบด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) จะใช้วัดอัตราการเกิดความแน่นแข็งของเนื้อในขนมปังโดยใช้หัววัด (probe) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาสมกดลงบนกลางแผ่นขนมปัง โดยกำหนดระยะทางคงที่และตั้งอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของหัววัด และระยะที่กดอัดลงบนขนมปังอย่างเหมาะสม รายงานผลเป็นค่าความแน่นแข็ง (firmness) ของเนื้อในขนมปัง ซึ่งค่าที่ได้ยิ่งต่ำแสดงว่าเนื้อในขนมปังยิ่งมีความนุ่มขึ้น

2.1.8.4 กลิ่น

คุณภาพของขนมปังนอกจากรูปร่าง เนื้อในของขนมปังแล้ว ยังขึ้นกับความรู้สึกที่เกิดจากกลิ่น (aroma) ที่บอกลักษณะของกลิ่นแป้ง (wheaty) กลิ่นยีสต์ กลิ่นเปรี้ยว (sour) กลิ่นอับ กลิ่นหืน (rancid) เป็นต้น

2.2 ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่แช่แข็ง

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้มีการพัฒนารูปแบบในการผลิต และรูปแบบการเก็บรักษาเพื่อรักษาคุณภาพให้มีลักษณะใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ใหม่ และวิธีหนึ่งที่ได้รับการพัฒนาคือการแช่เยือกแข็งเพื่อให้เก็บรักษาได้นานขึ้นและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในแง่ความสะดวกซึ่งจะพบผลิตภัณฑ์เบเกอรี่แช่เยือกแข็งได้ 2 ประเภท

1) ผลิตภัณฑ์ดิบ จะเป็นลักษณะของโดขนมปังที่ได้ทำเป็นก้อนหรือแผ่นมาแล้ว (sold in block) เวลาใช้จะรีดเป็นแผ่นอีกครั้งหนึ่งให้ได้ขนาดความหนาตามต้องการ โดยอาจจะมีการตัดแต่ง หรือทำรูปร่างเรียบร้อยแล้ว ผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็นชนิดเติมไส้ (filling) และไม่เติมไส้ (without filling) แต่ส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ผ่านการพักขึ้นเป็นสองเท่า เวลาใช้ต้องทำให้ขึ้นเป็นสองเท่าก่อนนำเข้าอบ

2) ผลิตภัณฑ์ที่อบสุกทำได้ 2 รูปแบบคือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำให้สุกในระยะสั้นๆมาก่อนหรือ อบสุกบางส่วนก่อนนำไปแช่แข็ง (part-baked frozen product) ซึ่งจะต้องนำมาทำให้สุกอีกครั้งตามกรรมวิธี ก่อนเสิร์ฟ และอีกรูปแบบหนึ่งคือผลิตภัณฑ์อบสุกพร้อมรับประทานแช่แข็งสามารถรับประทานได้ทันทีหลังจากละลายน้ำแข็งหรืออุ่นให้ร้อนอีกครั้งก่อนเสิร์ฟ (สุนีย์, 2540)

2.3 ขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็ง

ขนมปังอบสุกบางส่วน เป็นคำที่ใช้ในการอธิบายการผลิตขนมปังซึ่งเกี่ยวข้องกับการอบแบบ 2 ขั้นตอน ระหว่างการอบขั้นตอนแรกจะอบถึงจุดที่ก้อนโดถึงจุดคงรูป โดยยังไม่มีการสร้างสีของเปลือกขนมปังไม่สมบรูณ์ นำก้อนโดที่อบขั้นตอนที่หนึ่งมาพักให้เย็นลงนำไปบรรจุหีบห่อ แล้วเก็บรักษาด้วยความเย็น ก้อนโดที่อบในครั้งแรกเมื่อนำมาอบครั้งที่ 2 ในระหว่างการอบ เปลือกขนมปังจะแข็งขึ้นมีสี และกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของขนมปังเกิดขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้เทคนิคการผลิตแบบอบสุกบางส่วนแช่แข็ง เช่น โรลส์(rolls) แดนนิชเพสตรี (danish pastries) และ ครัวซอง (crosisants) (Kamel และคณะ, 1993)

2.3.1 การผลิต

ขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็งสามารถที่จะใช้วิธีการและส่วนผสมของการทำขนมปังแบบดั้งเดิมมาใช้ในการผลิตได้เลย หรืออาจมีการปรับปรุงเพิ่มเติมส่วนผสมเพื่อให้ได้ขนมปังที่มีลักษณะดีขึ้น เช่น การลดปริมาณน้ำในสูตรลงเพื่อให้โดมีความแข็งแรงมากขึ้น การเพิ่มส่วนของเนยขาวในสูตรจะมีผลต่อเนื้อสัมผัสของขนมปัง โดย Carr และ Tadini (2003) ศึกษาอิทธิผลของยีสต์ และเนยขาวต่อคุณภาพทางกายภาพและเนื้อสัมผัสขนมปังฝรั่งเศสอบสุกบางส่วนแช่แข็ง โดยพบว่าการเพิ่มปริมาณยีสต์และเนยขาวทำให้ขนมปังฝรั่งเศสมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เนื่องจากการกิจกรรมของยีสต์ แต่เมื่อนำไปแช่แข็งก่อนการอบซ้ำพบว่าปริมาตรของขนมปังลดลงอาจเป็นเพราะผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นไปทำลายโครงสร้างขนมปัง และการเติมเนยขาวในสูตรจะทำให้ความแน่นและการทนต่อการเคี้ยว (firmness และ chewiness) มีค่าลดลง ซึ่งมีผลทำให้ขนมปังนิ่มขึ้น

2.3.2 ขั้นตอนการอบ

ขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็งจะแบ่งการอบเป็น 2 ขั้นตอน การอบขั้นตอนแรกจะอบถึงจุดที่ก้อนโดถึงจุดคงรูปได้โดยยังไม่มีการสร้างสีของเปลือกขนมปัง การอบครั้งที่ 2 ในระหว่างการอบเปลือกของขนมปังจะแข็งขึ้นเกิดสีและกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของขนมปังเพิ่มมากขึ้น การทำขนมปังแบบสองขั้นตอนจะส่งผลต่อปริมาณความชื้นในระหว่างการอบครั้งแรกและการอบครั้งที่สองโดยที่ขนมปังที่ผ่านการอบสุกบางส่วนแล้วนำไปแช่แข็งจะมีความชื้นสูงกว่าขนมปังที่อบสุกเต็มที่ (full baked bread) ขนมปังอบสุกบางส่วนจะสูญเสียน้ำหนักจากการอบขั้นแรกและการเก็บรักษา ร้อยละ 13.5 และจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 22.5 เมื่ออยู่ในรูปขนมปังที่อบสุกเต็มที่สำหรับขนมปังฝรั่งเศส (Bonnardel และคณะ, 1990 อ้างอิงโดย Bent, 2007)

การอบขนมปังแบบสองขั้นตอนจะใช้วิธีการอบ ระยะเวลา และอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยที่ส่วนมากจะทำให้อุณหภูมิศูนย์กลางภายในก้อนโดของการอบสุกบางส่วนจะอยู่ที่ 84 องศาเซลเซียส สภาวะที่ใช้ในการอบสุกบางส่วนจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของเตาอบ ขนาดของขนมปัง และรูปร่างของโด อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบครั้งแรกจะทำให้ผลิตภัณฑ์ออกมาดี คือมีโครงสร้างภายในที่สมบรูณ์ ภายนอกมีการสร้างเปลือกและสีเพิ่มขึ้น (Bent, 2007) โดยระยะเวลาของการอบสุกบางส่วนที่มีผลทำให้คุณภาพดีที่สุดอยู่ในช่วง 74-86 เปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาการอบทั้งหมด สำหรับขนมปังที่มีน้ำหนัก 50 กรัม อุณหภูมิในการอบที่ 210 องศาเซลเซียส (Fik และ Surowka,2002)

2.3.3 การเก็บรักษา

ขนมปังอบสุกบางส่วนสามารถเก็บรักษาในสภาวะปกติ แช่เย็น หรือการแช่แข็งซึ่งอายุการเก็บรักษาก็จะแตกต่างกันตามวิธีการ โดยวิธีหนึ่งที่ช่วยยืดอายุขนมปังอบสุกบางส่วนคือการแช่แข็ง

Leuschner และคณะ (1997) ศึกษาวิธีการเก็บรักษาขนมปัง (Irish brown soda bread) ในสภาวะแช่เย็นที่ 5 องศาเซลเซียส และแช่แข็งที่ -10 องศาเซลเซียส หลังการทำละลายนำมาทดสอบทางด้านความแน่นแข็งของเนื้อและเปลือกของขนมปัง พบว่าในสภาวะแช่เย็นค่าความแน่นแข็งเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และมีอายุการเก็บ 15 วัน เนื่องจากเกิดเชื้อราภายหลังการเก็บวันที่ 15 ในสภาวะแช่แข็งระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ หลังการทำละลายพบว่าค่าความแน่นแข็งของขนมปังเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างการแช่เย็นและแช่แข็งพบว่าอัตราการเกิดความไม่สด (staling) ในขนมปังแช่แข็งจะช้ากว่าการเก็บรักษาแบบแช่เย็น

Vulicevic และคณะ (2003) ศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็ง 4 ชนิด คือ variety, white, multi-grain and rye bread พบว่าการทดสอบประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมยังสามารถยอมรับได้ที่อายุการเก็บในช่วง 12 - 20 สัปดาห์ และการทดสอบทางด้านเนื้อสัมผัสด้วยวิธีการ Texture Profile Analysis (TPA) คุณภาพจะลดต่ำลงที่ 8-16 สัปดาห์ ในตัวอย่างขนมปังทุกชนิด แต่ในด้านความชื้นของเนื้อและเปลือกขนมปัง ความยืดหยุ่น(springiness) และความรู้สึกในปาก (mouth-feel) ของผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน พบว่าคุณภาพของขนมปังเสื่อมลงหลังการเก็บเป็นเวลา 4 สัปดาห์

Bonnardel และคณะ (1990) อ้างอิงโดย Bent (2007) รายงานว่าขนมปังฝรั่งเศสอบสุกบางส่วนที่เก็บที่อุณหภูมิการแช่แข็งที่ -18 องศาเซลเซียส และเก็บในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท และใส่กล่องกระดาษแข็ง จะสามารถเก็บรักษาเป็นเวลา 7 สัปดาห์ โดยไม่มีการสูญเสียความชื้น

2.3.4 การอบซ้ำ

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหลังการอบซ้ำจะทำให้เปลือกของขนมปังแห้งและแข็งขึ้น มีสีเพิ่มขึ้น ขนมปังเกิดกลิ่นที่มาจากการอบ เนื้อของขนมปังกลับมามีลักษณะสดใหม่อีกครั้ง แต่ปริมาตรของขนมปังที่ได้สำหรับขนมปังฝรั่งเศสจะเล็กลงจากปริมาตรปกติประมาณ 13-15 เปอร์เซ็นต์ ในด้านของคุณภาพของขนมปังที่ได้หลังจากการอบซ้ำจะมีผลทำให้การเกิดความไม่สด (staling) ในขนมปังเร็วกว่าขนมปังที่อบแบบครั้งเดียว ดังนั้นควรบริโภคทันทีหลังจากออกจากเตาอบ (Bent, 2007) การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของขนมปังอบสุกบางส่วน หลังการอบซ้ำจะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดทำให้เกิดสีและกลิ่นส่งผลต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ดีกว่าขนมปังที่อบแบบขั้นตอนเดียว (Fik และ Surowka, 2002)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Fik และ Surowka (2002) ศึกษาผลของการอบสุกบางส่วนและการเก็บรักษาแบบแช่แข็งต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี TPA (texture profile analysis) ของขนมปัง โดยแบ่งการอบเป็น 2 ครั้ง การอบครั้งแรกจะใช้เวลา 35, 25 และ 15 นาที (คิดเป็น 100, 71 และ 43 เปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาการอบทั้งหมด) โดยอบที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส แล้วนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 และ -35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 สัปดาห์ หลังจากผ่านไปสัปดาห์ที่ 2 นำออกมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อบซ้ำที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 10 และ 20 นาทีตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าการอบครั้งแรกที่ 71 เปอร์เซ็นต์ของระยะเวลาการอบทั้งหมดได้รับคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสและการทดสอบด้วยวิธี TPA ไม่แตกต่างกันทั้ง 11 สัปดาห์ โดยมีคุณภาพรวมที่ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับขนมปังอบสุกเต็มที่ขั้นตอนเดียว (full-baking)

Barcenas และ Rosell (2006) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของขนมปังอบสุกบางส่วนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-25 องศาเซลเซียส) เปรียบ เทียบกับอุณหภูมิแช่เย็น(2 องศาเซลเซียส) พบว่าตัวอย่างขนมปังอบสุกบางส่วนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ แช่เย็น จะมีคุณภาพทางเคมีกายภาพดีกว่าตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่

แข็ง โดยมีปริมาตรจำเพาะสูงกว่า เนื้อขนมปังยังคงมีความนุ่มมากกว่า รวมถึงอัตราการเกิด staling ช้ากว่าขนมปังที่เก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง อย่างไรก็ตามผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ตัวอย่างขนมปังอบสุกบางส่วนเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นมีลักษณะปรากฏและกลิ่น ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง แต่มีคะแนนด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสต่ำกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมไฮดรอกซีโพรพิลเมธิลเซลลูโลส (hydroxypropyl-methyl cellulose (HPMC)) ในส่วนผสมขนมปังมีผลช่วยปรับปรุงคุณภาพทางเคมีกายภาพของขนมปังอบสุกบางส่วนในระหว่างการเก็บรักษา โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณ ภาพทางประสาทสัมผัส

Carr และคณะ (2005) ศึกษาลักษณะทางกายภาพ เนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปังฝรั่งเศสอบสุกบางส่วนแช่แข็ง (frozen part-baked french bread, FPBFB) โดยการทำขนมปัง FPBFB จะอบสุกบางส่วนที่ 250 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบ 7 นาที หลังจากทำให้เย็นลงนำไปแช่แข็งที่ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ทุกวันจะนำตัวอย่างออกมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง และนำไปอบซ้ำที่ 250 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบ 6 นาที แล้วนำมาวิเคราะห์ผลหลังจากพักไว้ 1 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ผลการทดลองพบว่าน้ำหนักและปริมาตรจำเพาะของ FPBFB กับตัวอย่างควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และปริมาตรจำเพาะของ FPBFB หลังจากการเก็บรักษาวันที่ 4 จะลดต่ำลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนและใช้วิธีทดสอบความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมด้านลักษณะปรากฏ ความรู้สึกจากการสัมผัสด้วยมือและความรู้สึกในปาก ผู้ทดสอบสามารถรับรู้ถึงความแตกต่างได้เล็กน้อยในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้วิธีทดสอบแบบ Hedonic scale 9 ระดับคะแนน เปรียบเทียบระหว่างขนมปังอบสุกบางส่วนแช่แข็งกับขนมปังที่ขายทั่วไป ผลการทดสอบพบว่า ตัวอย่างที่ได้จากการทดลองได้คะแนนรวมในทุกด้านดีกว่าขนมปังที่ขายอยู่ทั่วไป

Karaoglu และ Kotancilar (2006) ศึกษาผลของการอบสุกบางส่วนและการเติมสารกันรา (แคลเซียมโพรพิโอเนต) ต่อคุณภาพของขนมปังปอนด์ โดยการอบขนมปังครั้งแรกที่ 230 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 15 และ 20 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 7, 14 และ 21 วัน จากนั้นนำมาอบซ้ำอีกครั้งที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15, 10 และ 5 นาที ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าตัวอย่างขนมปังที่เติมแคลเซียมโพรพิโอเนตจะมีค่าความชื้นของเปลือก การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ ปริมาตรจำเพาะ ความสามารถในการดูดซึมน้ำ และความนุ่มของขนมปังลดลงอย่างมีนัยสำคัญในขณะที่ค่าความชื้นของเนื้อขนมปัง ปริมาณกรดทั้งหมด และค่าสี a เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้เติม

แคลเซียมโพรพิโอเนต นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาในการอบสุกบางส่วนมีผลต่อคุณภาพของขนมปังที่ได้หลังการอบซ้ำโดยที่การใช้เวลาในการอบสุกบางส่วน 10 นาที จะได้ขนมปังหลังการอบซ้ำที่มีความนุ่มสูงที่สุด การเก็บรักษาขนมปังอบสุกบางส่วนที่ระยะเวลานานขึ้น มีผลทำให้ขนมปังหลังการอบซ้ำมีค่าความชื้น และความนุ่มลดลงแต่มีการสูญเสียน้ำหนักหลังการอบและปริมาตรจำเพาะเพิ่มขึ้น

Lainez และคณะ(2008) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพ ประสาทสัมผัส และจุลินทรีย์ของขนมปังอบสุกบางส่วนในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 และ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่าตัวอย่างขนมปังอบสุกบางส่วนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส หลังจากอบซ้ำมีค่าความแข็งสูงกว่า และคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่ำกว่าตัวอย่างขนมปังอบสุกบางส่วนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าหลังจากวันที่ 9 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ขนมปังอบสุกบางส่วนมีการเจริญของราที่ผิวขนมปัง ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ตรวจไม่พบการเจริญของเชื้อราที่ผิวขนมปังตลอดระยะเวลา 28 วันของการเก็บรักษา