หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งชนิดอื่น

สำหรับความคิดที่จะนำเอาแป้งชนิดอื่น ๆ มาผสมกับแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ (bakery product) นั้น ได้เริ่มมีมาตั้งแต่สมัยยุคกลาง (middle age) แล้ว ในการใช้แป้งชนิดอื่น ๆ ทดแทนแป้งสาลีนั้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์จากแป้งสาลีแต่ละชนิดต้องการลักษณะพิเศษเฉพาะตัวของแป้งสาลีในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นชนิดและอัตราส่วนของแป้งที่ใช้ทดแทนในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจึงแตกต่างกัน รายงานจากการศึกษาที่ผ่านมาแล้วพบว่ามีการใช้แป้งชนิดอื่น ๆ แทนแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบต่าง ๆ เช่น ขนมปัง คุกกี้ พาย บะหมี่ เป็นต้น แป้งที่นำมาใช้ศึกษาเพื่อทดแทนแป้งสาลีนี้มีหลายชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวบาร์เลย์ แป้งข้าวไรน์ แป้งข้าวฟ่าง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11) พบว่าในผลิตภัณฑ์ขนมปังนั้นสามารถเติม non wheat flour เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวฟ่าง ในอัตราส่วนต่างๆ กันรวมแล้วได้สูงถึง 40% (12) และเมื่อมีการเติมแป้งมันสำปะหลังลงไปในระดับ 30% พบว่าปริมาตรของขนมปังจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังสูงขึ้น (5) ในผลิตภัณฑ์บิสกิตนั้นเมื่อมีการเติมแป้งมันสำปะหลังลงไปในระดับ 25% จะมีผลต่อ dough handling property (11) ในผลิตภัณฑ์พายร่วน และบะหมี่สามารถใช้แป้งมันสำปะหลังทดแทนแป้งสาลีได้ร้อยละ 50 และ 40 ตามลำดับ (4)

2.2 คุณสมบัติทั่วไปของแป้ง (13, 26)

แป้ง (starch) เป็นคาร์โบไฮเดรทที่สะสมอยู่ในพืช พบทั้งในเมล็ด ผล ราก ลำต้น และใบของพืชพวกธัญญพืช ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวเจ้า และข้าวสาลี และในพืชที่ไม่ใช่ธัญญพืช ได้แก่ มันสำปะหลัง มันฝรั่ง และ arrowroot เป็นต้น แป้งจากพืชแหล่งต่าง ๆ นั้นจะมีคุณสมบัติรวม ๆ ใกล้เคียงกัน แต่จะแตกต่างกันในคุณสมบัติเฉพาะตัวบางอย่าง ซึ่งทำให้แป้งแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกัน เมื่อทำการทดสอบแป้งจากแหล่งต่าง ๆ โดยกล้องจุลทรรศน์ แป้งแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติปรากฏทางกายภาพ (physical appearance) แตกต่างกัน ได้แก่

ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้ง (size and shape of the granule) นอกจากนี้แล้วคุณสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ได้แก่ swelling, gelatinization temperature, retrogradation และ viscosity of paste ก็ยังแตกต่างกันไปในแป้งแต่ละชนิด

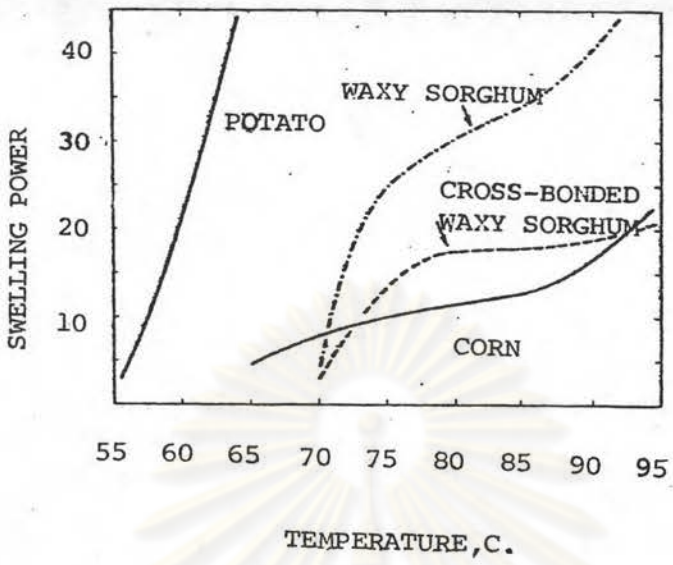
2.2.1 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้ง (size and shape of granule)

เม็ดแป้ง (starch granules) จากพืชแหล่งต่าง ๆ กันจะมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน ขนาดของเม็ดแป้งนั้นจะระบุเป็นไมครอน ซึ่งจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 2-150 ไมครอน แป้งข้าวเจ้าจะมีขนาดของเม็ดแป้งเล็กที่สุดอยู่ในช่วง 3-8 ไมครอน และมีรูปร่างแบบ polygonal shape แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดจะมีขนาดอยู่ในช่วง 12-15 ไมครอน แป้งมันสำปะหลังจะมีรูปร่างกลม (round shape) ในขณะที่แป้งข้าวโพดจะมีรูปร่างแบบกลม หรือ polygonal สำหรับ wheat starch นั้น ขนาดของเม็ดแป้งจะมีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่คือ มีรูปร่างทรงกลมขนาดเล็ก (small spherical) ซึ่งมีขนาดประมาณ 10 ไมครอน และรูปร่างคล้ายเม็ดถั่วขนาดใหญ่ (larger lentil shape) มีขนาดประมาณ 35 ไมครอน

2.2.2 Swelling and Gelatinization

เม็ดแป้ง (starch granule) เป็น spherocrystal ซึ่งไม่ละลายในน้ำเย็น เมื่อส่วนผสมของแป้งในน้ำ (slurry) ได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิวิกฤต (critical temperature) ที่เรียกว่า gelatinization temperature พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ที่ยึดเม็ดแป้งไว้ด้วยกันจะเริ่มแตกออก ทำให้เม็ดแป้งนั้นเริ่มพองตัว (swell) มีขนาดใหญ่กว่าเดิมหลายเท่าตัว เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดนั้นมีการเรียงตัวของผลึก (crystalline) ในเม็ดแป้งแตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อเกิด gelatinization จะให้ swelling pattern หรือ pattern of viscosity แตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1 Swelling patterns of the various granular starches when heated in water medium

ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัว (swelling behavior) ของแป้งแต่ละชนิดนั้นจะขึ้นกับ strength คุณสมบัติของแป้ง,ขนาด,องค์ประกอบ และการกระจายตัวของ micellar structure ภายในเม็ดแป้ง ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวจะเป็นผลเนื่องมาจากอัตราส่วนของ amylose ต่อ amylopectin ซึ่งมีความแตกต่างกันในแง่ของ molecular weight, moloecular distribution, degree of branching, ความยาวระหว่างย่างของ center branch ใน amylopectin (length of the center branch in the amylopectin) นอกจากนี้แล้วสิ่งปลอมปน (impurity) ก็มีผลต่อการเกิด swelling เช่นกัน ตารางที่ 1 เป็นตารางแสดง gelatinization range ของแป้งแต่ละชนิด

ตารางที่ 1 : gelatinization range ของแป้งชนิดต่าง ๆ (13)

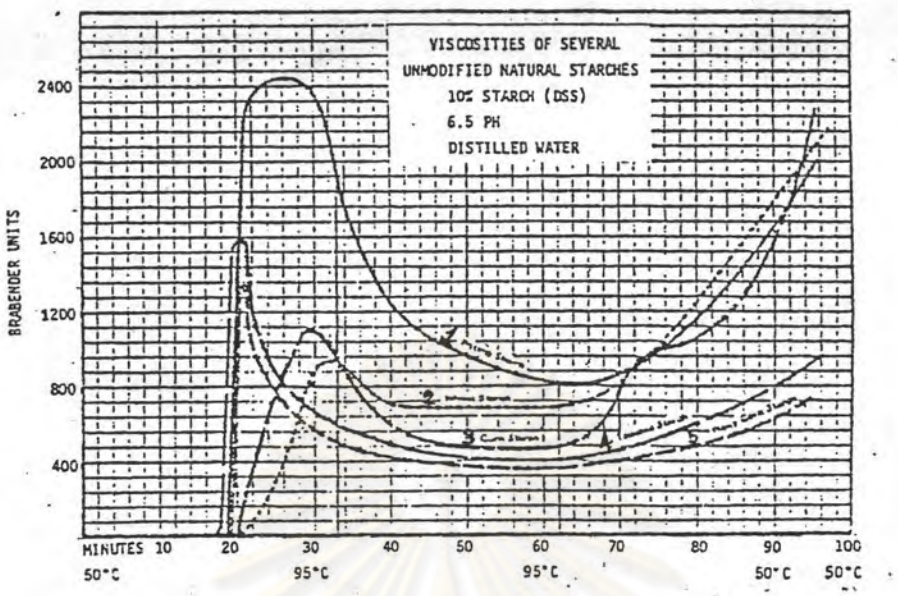
Corn	62°-70°C
Waxy maize	62.5°-72°C
Sorghum	68°-75°C
Waxy sorghum	67.5°-74°C
Manine potato	59°-67.5°C
Idaho potato	56°-67°C
Dominican tapioca	58.5°-70°C

ช่วงกว้างของ gelatinization temperatue นั้น จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของแป้ง root starch และ waxy corn starch จะเกิด gelatinization ที่อุณหภูมิต่ำกว่า cereal starch ในแป้งทุกชนิด gelatinization จะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิไม่เกินกว่า 95°C (203°F)

2.2.3 Starch Consistency

viscosity จะใช้เป็นตัวบอกถึง consistency ของ starch paste การวัด starch paste viscosity ทำได้หลายวิธี การจะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของวิธีการนั้น brabender amylograph เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางเพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงของ viscosity ที่เกิดขึ้นใน heating cooking cooling cycle

brabender viscosity curves ของแป้งแต่ละชนิดนั้นเป็นลักษณะเฉพาะตัวของแป้งนั้น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2 pasting viscosity นั้นจะค่อย ๆ สูงขึ้นตามลำดับ จนกระทั่งถึงจุดสูงสุดหรือจุดยอด (peak) แล้วจะค่อย ๆ ลดลง อุณหภูมิที่ viscosity เริ่มต้นสูงขึ้นนั้นเรียกว่า pasting temperature



รูปที่ 2 Brabender viscosity curve ของแป้งที่ยังไม่ได้แปรสภาพชนิดต่าง ๆ 1. แป้งมันฝรั่ง 2. แป้งสาลี 3. แป้งข้าวโพด 4. แป้งมันสำปะหลัง 5. แป้ง waxy corn

2.2.4 Starch Retrogradation

เมื่อส่วนผสมของเม็ดแป้ง (starch granule) ได้รับความร้อนในระหว่างการอบนั้นเม็ดแป้งจะพองตัว (swell) และในระหว่างที่เกิดการพองตัวของเม็ดแป้งนั้น amylose ภายในเม็ดแป้งจะละลาย (leach out) ออกมาอยู่ในส่วนของน้ำที่ล้อมรอบเม็ดแป้งอยู่ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ gelatinized hot starch paste ประกอบด้วยเม็ดแป้งที่พองตัว (swollen granule) แขวนลอย (suspend) อยู่ในน้ำร้อน และมีโมเลกุลของ amylose แพร่กระจาย (disperse) อยู่โดยรอบโมเลกุลของ amylose นั้นจะยังคงอยู่ในสภาพที่ dispese นานตราบเท่าที่ starch paste ยังร้อนอยู่ และในสภาวะเช่นนี้ hot paste จะยังรักษาความสามารถในการไหลได้ (flow) มีความหนืด (viscous) แต่ไม่แข็ง (rigid) เมื่อ starch paste เย็น โมเลกุลของ amylose จะเคลื่อนที่เข้ามาเกาะกันเอง หรือเกาะกับส่วนที่แตกแขนง (branch) ของโมเลกุล amylopectin บนผิวของเม็ดแป้ง ดังนั้นจึงทำให้เม็ดแป้งที่พองตัวอยู่นั้นเกาะรวมกันเป็นร่างแห ปรากฏการณ์นี้ทำให้โมเลกุลของ amylose หลุด

ออกมาจากเม็ดแป้ง ปรากฏการณ์ที่เกิด recrystalization ของ gelatinized starch นี้เรียกว่า "Retrogradation" เมื่อเกิด retrogradation ขึ้นในผลิตภัณฑ์ขนมอบ (baked product) จะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิด crumb staling ขึ้น กล่าวคือ ลักษณะเนื้อของขนมจะอยู่ในสภาพที่แห้งแข็ง ลักษณะดังกล่าวนี้พบได้บ่อยในขนมปัง (staling of bread)

2.3 แป้งสาลี

ผลิตภัณฑ์จากแป้งสาลีมีแป้งสาลีเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งโปรตีนในแป้งสาลีนี้ (gluten protein) เป็นส่วนสำคัญในการให้ลักษณะและคุณสมบัติแก่ผลิตภัณฑ์ (14) เนื่องจากโปรตีนของแป้งสาลีมีลักษณะพิเศษที่ไม่เหมือนกับโปรตีนในแป้งชนิดอื่น แป้งสาลีเมื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์ขนมอบจะให้เนื้อขนมที่มีลักษณะฟูและเบา (low density baked product) และให้เนื้อขนมที่มีลักษณะของเซลละเอียดสม่ำเสมอ มีความนุ่มและลักษณะเนื้อยืดหยุ่นได้ (elastic texture) จะให้ก้อนแป้งที่มี machining property เหมาะสำหรับการผลิตโดยใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ (automatic processing) (15)

ส่วนประกอบที่สำคัญของแป้งสาลี ได้แก่ แป้ง (starch) โปรตีน ไขมัน เป็นต้น แต่องค์ประกอบที่สำคัญที่เป็นตัวกำหนดคุณภาพของแป้งสาลี คือ โปรตีน ทั้งปริมาณและคุณภาพของโปรตีนนั้นถือว่าเป็นปัจจัยแรกที่จะเป็นตัวกำหนดถึงความเหมาะสมในการที่จะนำแป้งไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในด้านของปริมาณโปรตีนนั้นจะสัมพันธ์กับ organic nitrogen ที่มีอยู่ในแป้งนั้น ๆ ในขณะที่คุณภาพของโปรตีนนั้นจะสัมพันธ์กับคุณสมบัติทาง physico chemical ของ gluten forming compoment ซึ่งได้แก่ glutenin และ gliadin เป็นหลัก

ปริมาณของโปรตีน (protein quantity) จะวัดโดย Kjeldahl nitrogen analysis ซึ่งเป็นค่าของ total nitrogen และ polymers ของamino acid ซึ่งเชื่อมต่อกับโปรตีน ในแป้งสาลีนั้นจะคูณ nitrogen content ด้วย 5.7 ค่าที่ได้จะเป็นค่าที่บ่งถึง crude protein

คุณภาพของโปรตีน (protein quality) นั้นจะสัมพันธ์กับปริมาณ gluten ที่มีอยู่ในแป้งนั้น การประเมินคุณภาพของโปรตีนนั้นจะทำโดยการวัดคุณสมบัติทาง rheological โดยเครื่องมือที่ใช้วัดคุณสมบัติทางกายภาพ (physical testing devices) ซึ่งการทดลองจะทำกับก้อนแป้ง (dough) ที่ผสมได้จากแป้งและน้ำ การบ่งถึงลักษณะ gluten ของโปรตีนนั้นจะทำโดยการวัด extensibility และ resistance to extension ของ dough และวัด

hydration time, maximum development time และ tolerance หรือ resistance to breakdown ในระหว่างการผสม การตรวจสอบที่ใช้ประเมินคุณสมบัติของ gluten development ของ dough ในระหว่างการผสมนั้น ทำได้โดยการใช้ farinograph, mixograph และ rheograph

แป้งสาลีสามารถจำแนกออกเป็นชนิดใหญ่ ๆ ได้ 3 ชนิด ตามชนิดของข้าวสาลีที่นำมาโม่ได้ดังนี้คือ

1. hard flour หรือ bread flour : โดยทั่วไปแล้วแป้งขนมปังจะเป็นแป้งที่มีโปรตีนมากกว่า 10.5% และเถ้าอยู่ในช่วง 0.4-0.5% เป็นแป้งที่โม่ได้จากข้าวสาลีชนิด hard wneat ที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำสูง (high absorption) และมี mixing tolerance ดี

2. soft flour หรือcake flour : โดยทั่วไปมีโปรตีนโดยเฉลี่ยประมาณ 7.5% - 9% และมีเถ้าต่ำกว่า 0.4% เป็นแป้งที่โม่จากข้าวสาลีชนิด soft wneat ที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำต่ำ (low absorption) และใช้เวลาสั้นในการผสม (short mixing time) มี mixing tolerance ต่ำ

3. medium flour หรือ all purpose flour เป็นแป้งที่มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างแป้งขนมปังและแป้งเค้ก โม่ได้จากข้าวผสมระหว่าง hard wheat และ soft wheat

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสาลีได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 เป็นตารางแสดงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งสาลีชนิดต่าง ๆ ที่ผลิตจากบริษัทแหลมทองสหการ จำกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 : แสดงองค์ประกอบทางเคมีของข้าวสาลี (16)

องค์ประกอบ	%
ความชื้น	8 - 12
โปรตีน	9 - 15
ไขมัน	20 - 22
เถ้า	1.8
แป้ง (คาร์โบไฮเดรท)	70
เส้นใย (cellulose)	2.0 - 2.5

ตารางที่ 3 : แสดงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแป้งสาลีชนิดต่าง ๆ *

	Hard Flour	Medium Flour	Soft Flour
Chemical property :			
Moisture (%)	13.3 -13.8	13.3 - 13.8	13.3 -13.8
Ash (% as is)	0.53- 0.58	0.48- 0.53	0.34- 0.40
Protein (% as is)	13.5 -14.1	10.0 - 10.5	8.3 - 9.0
Physical property :			
Water absorption (%)	62.0 -64.0	59.0 -62.0	55.0 -58.0
Dough development time (min)	8.0 -12.0	4.0 - 6.5	1.0 - 2.0
Dough stablility (min)	20.0 -30.0	7.0 -12.0	5.0 -10.0
Time to breakdown (min)	25.0 -30.0	9.0 -15.0	10.0 -15.0
Mixing tolerance index (B.U.)	15.0 -30.0	40.0 -80.0	40.0 -80.0
Resistance to extension (BU)	800-950	350-550	400-600
Extensiblility	120-145	160-180	120-135
Amylograph peak (max.viscosity;BU)	500-700	500-700	600-850

* ผลการวิเคราะห์แป้งของบริษัท แหลมทองสหการ จำกัด

2.4 แป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลังเป็น polymer ของ D-glucopyranose unit ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วย 1, 4-glucosidic bond และ 1, 6-glucosidic bond แต่ละ monomeric unit ประกอบด้วย 1-primary และ 2-secondary hydroxyl group ประกอบด้วย basic polymer 2 ตัว คือ amylose และ amylopectin amylose เป็น linear polymer ที่เชื่อมต่อกันด้วย 1, 4 bond ในขณะที่ amylopectin ประกอบด้วย 1, 4 bond ตรงจุดที่มีการแตกแขนง (branch appearance) แป้งมันสำปะหลังประกอบด้วย amylose คิดเป็นค่าเฉลี่ย 17% มีน้ำหนักโมเลกุลของ amylose และ amylopectin ประมาณ 210,000 และ 3×10^6 ตามลำดับ

องค์ประกอบที่สำคัญของแป้งมันสำปะหลังได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 ดังนี้คือ

ตารางที่ 4 : องค์ประกอบของแป้งมันสำปะหลัง (16)

องค์ประกอบ	%
ความชื้น	9-18
โปรตีน	0.3-1.0
ไขมัน	0.1-0.4
เถ้า	0.1-0.8
แป้ง, เส้นใย	81-89

2.5 ผลิตภัณฑ์คุกกี้

คุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกรอบ ทำจาก แป้ง ไข่ บางครั้งมีการเติมเครื่องเทศหรือผลไม้แห้งต่าง ๆ ลงไป ซึ่งมีทั้งชนิดหวานและไม่หวาน คำว่าคุกกี้จะใช้เรียกผลิตภัณฑ์นี้ในประเทศอเมริกา ส่วนในประเทศอังกฤษนั้นจะเรียกว่าบิสกิต (17) สามารถสรุปลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่าคุกกี้หรือบิสกิต ได้ดังนี้

1. ประกอบด้วยส่วนผสมของธัญญพืช ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวโพด บาร์เลย์ ถั่วเหลือง และไรย์ เป็นต้น

2. มีความชื้นน้อยกว่า 5% ซึ่งหากมีการปรุงแต่งด้วย non-cereal product

เช่น ครีม ไอซิ่ง เยลลี่หรือแยม ความชื้นจากส่วนปรุงแต่งนี้จะไม่รวมอยู่ใน 5% ดังกล่าว

3. บิสกิต และคุกกี้ เป็นคำที่มีความหมายเดียวกัน และจะไม่เรียกผลิตภัณฑ์นั้นว่าบิสกิต เมื่อ 60% ของน้ำหนักรวมไม่ได้เป็นธัญญพืช (17)

แม้ว่าคุกกี้จะไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้รับประทานเป็นอาหารหลัก (staple food) เหมือนขนมปัง แต่คุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเด่นที่น่าสนใจหลายประการด้วยกันคือ คุกกี้เป็นอาหารรับประทานได้ง่าย และรสอร่อย (good eating quality) จึงได้รับความนิยมสูงในอาหารประเภท snack ด้วยกัน คุกกี้มีอายุการเก็บนานเนื่องจากมีความชื้นต่ำ ทำให้มีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมและกระจายไปอย่างแพร่หลายในปัจจุบันนี้ (18) ในประเทศไทยนั้นจะเห็นได้ว่าคุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมรับประทานกันมากอย่างหนึ่งในปัจจุบัน จึงมีการผลิตคุกกี้ออกจำหน่ายทั้งในรูปของอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เช่น ตามร้านเบเกอรี่ทั่ว ๆ ไป และในรูปของอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีกำลังการผลิตสูง หรือแม้แต่การทำรับประทานเองในครอบครัว จากการสำรวจเอกสารของแผนกสถิติ กรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม พบว่าโรงงานผลิตคุกกี้ที่ทำการจดทะเบียนไว้มีถึง 31 โรงงาน

การใช้ composite flour ในการผลิตคุกกี้หรือบิสกิตนั้นจะให้ผลดีกว่าการใช้ทำขนมปัง ทั้งนี้เพราะว่าการทำคุกกี้นั้นไม่ต้องอาศัยแป้งที่มีโปรตีนสูงมากเหมือนกับการทำขนมปัง ทำให้ตัดปัญหาเกี่ยวกับการใช้ synthetic gluten ออกไปได้ (7) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงให้ความสนใจที่จะศึกษาในผลิตภัณฑ์คุกกี้

2.5.1 กรรมวิธีในการผลิตคุกกี้

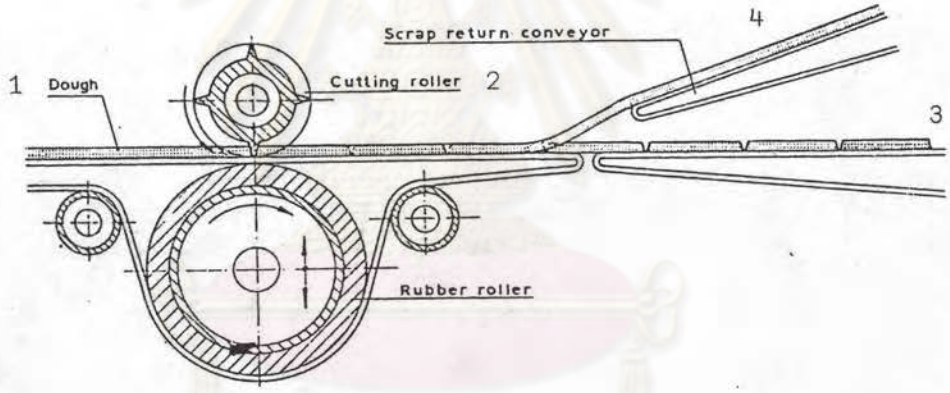
2.5.1.1 วิธีผสม (15)

วิธีการผสมที่ใช้ในการทำคุกกี้โดยทั่วไปนั้น จะใช้วิธีการตีครีม (creaming method) ซึ่งจะได้จากการตีไขมัน น้ำตาลทราย เกลือ และส่วนผสมปลีกย่อยอื่น ๆ (minor ingredients) เข้าด้วยกันก่อน จึงเติมไข่และของเหลวในสูตรลงไปผสมให้เข้ากัน หากมีการเติมสิ่งปรุงแต่งอื่น ๆ ลงไป ได้แก่ ถั่ว ลูกเกด ช็อคโกแลต เป็นต้น จะเติมลงไปในช่วงหลังสุดผสมให้เข้ากัน นอกจากนี้ก็มีวิธีการผสมแบบ single stage method โดยการใส่ส่วนผสมทุกอย่างลงในช่วงผสมแล้วผสมให้เข้ากัน อย่างไรก็ตามวิธีการผสมที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละโรงงานนั้น จะขึ้นอยู่กับการทดลองของผู้ผลิตแต่ละแห่ง

2.5.1.2 กระบวนการผลิต (12)

กระบวนการผลิตคุกกี้นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีใหญ่ ๆ ด้วยกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของก้อนแป้ง (dough) ที่ผสมได้ก่อนนำมาขึ้นรูป

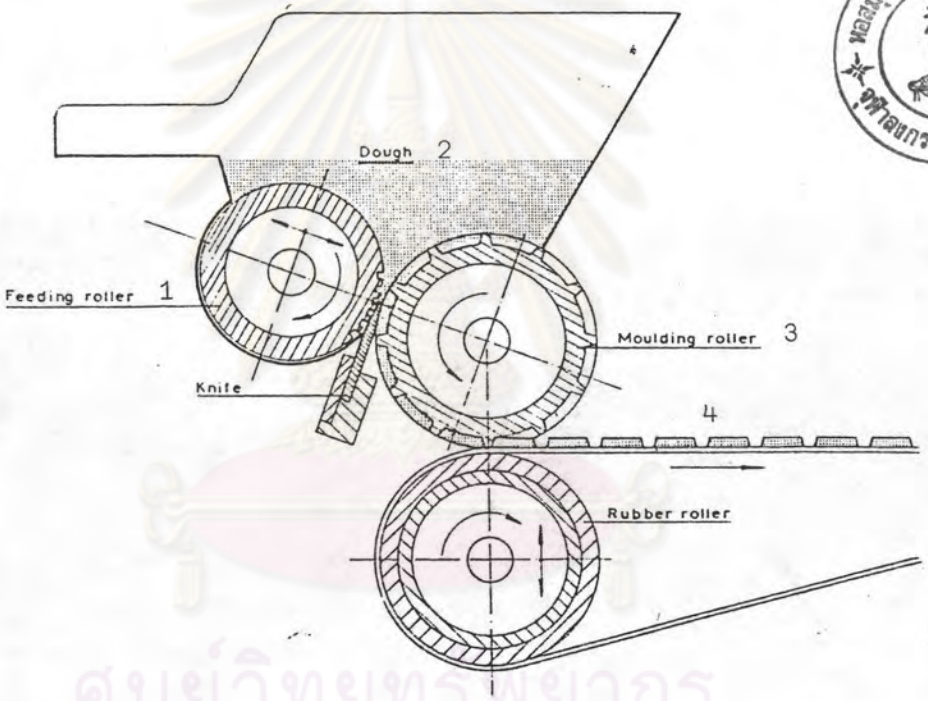
2.5.1.2.1 sheeting and cutting โดยวิธีนี้ก้อนแป้งที่ได้จะถูกผ่านไประหว่างลูกกลิ้ง และรีดออกเป็นแผ่นที่มีความหนาตามต้องการ จากนั้นจะมีแม่พิมพ์ (rotary cutter) มาตัดแบ่งออกเป็นรูปร่างตามต้องการ (ดังแสดงในรูปที่ 3) วิธีนี้เหมาะสำหรับก้อนแป้งที่มี tensile strength และ extensiblility ที่พอเหมาะ ซึ่งจะทำให้สามารถรีดออกเป็นแผ่นได้โดยไม่เกิดการฉีกขาด ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้กับก้อนแป้งที่มีการ develop ของ gluten อย่างเพียงพอ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมอยู่ในช่วงที่พอเหมาะ และมีปริมาณของไขมันต่ำ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3 : การผลิตคุกกี้แบบ sheeting and cutting, Dough (1) จะถูกรีดออกเป็นแผ่นและส่งผ่านไปยังแม่พิมพ์ ; cutting roller (2) แผ่นแป้งจะถูกตัดออกเป็นรูปร่างตามพิมพ์ (3) เศษแป้งที่เหลือจากการตัดจะถูกส่งกลับไปในถังผสมของชุด (batch) ต่อไป

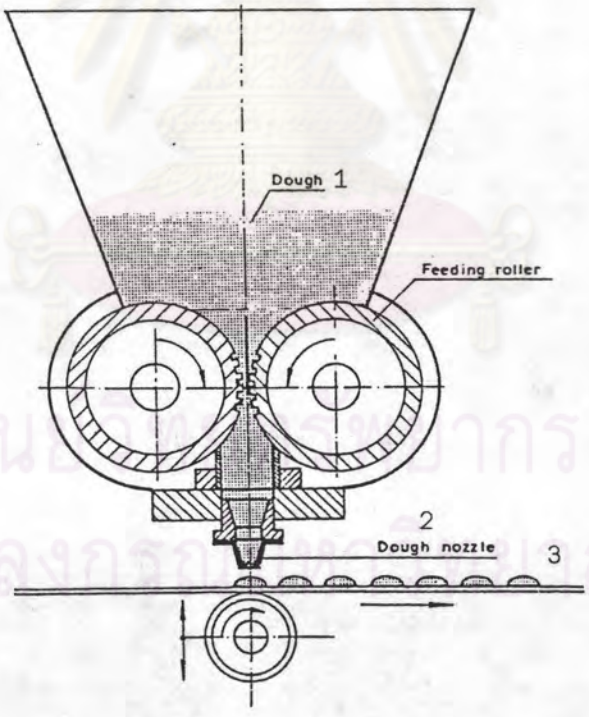
2.5.1.2.2 rotary moulding หลักการวิธีนี้คือ ก้อนแป้งที่ผสมได้จะถูกอัดผ่านแม่แบบ (mould) ซึ่งเจาะติดบนผิวของลูกกลิ้ง ก้อนแป้งที่ถูกอัดในพิมพ์นั้นจะถูกดูดออกมาโดยการ suction ลงบน oven band ดังแสดงในรูปที่ 4 ก้อนแป้งที่ถูกอัดในแม่พิมพ์นั้นจะมีลักษณะค่อนข้างร่วน มีความเกาะตัวกันน้อย และไม่เละ ปริมาณไขมันที่ใช้ในสูตรจะมีปริมาณค่อนข้างสูง ทำให้เกิดการ develop ของ gluten น้อยกว่า sheeting และ cutting วิธีนี้เหมาะที่จะใช้กับ non wheat dough



รูปที่ 4 : การผลิตคุกกี้แบบ rotary moulding,Feeding roller (1) จะอัด Dough (2) ผ่านไปยัง moulding roller (3) ซึ่งผิวของลูกกลิ้งจะเจาะเป็นลวดลายตามต้องการ คุกกี้ที่ถูกอัดอยู่ในแม่แบบจะถูก suction ลงบน Oven band (4) ส่งผ่านเข้าเตาอบต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.1.2.3 depositing ส่วนผสมที่ได้จะถูกหยอดลงบนตะแกรงของเตาอบ หรือบนถาด (ดังแสดงในรูป .5) วิธีนี้เหมาะกับลักษณะของก้อนแป้งที่มีความเกาะตัวกันน้อย ไม่จำเป็นต้องมี elasticity มีการ develop ของ gluten เพียงเล็กน้อย ปริมาณของไขมันและของเหลวที่มีอยู่ในสูตรจะเป็นตัวควบคุมลักษณะของก้อนแป้งที่ได้ ดังนั้นวิธีนี้จึงเหมาะที่จะใช้กับ non wheat dough เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตคุกกี้โดยวิธี depositing นั้น จะเทียบได้กับการทำคุกกี้โดยใช้ถุงบีบ (hand bagged cookie) สูตรที่ใช้ในการทำคุกกี้แบบ depositing นั้น ประกอบด้วย น้ำตาล 35-40% ไขมัน 65-75% ไข่ทั้งฟอง 15-25% แป้งที่ใช้ควรเป็น soft flour ที่ไม่ได้ผ่านการฟอก (unbleach soft flour) มีโปรตีนอยู่ในช่วง 8-8.5% และเถ้า 0.35-0.4% viscosity อยู่ในช่วง 40° M และ spread factor อยู่ในช่วง 7.9-8.0 แป้งที่ใช้จะต้องมีความสามารถในการอุ้มน้ำตาลและเนยในปริมาณสูงได้ โดยไม่ทำให้คุกกี้ที่ได้แผ่ขยายตัวมากไปในระหว่างอบ



รูปที่ 5 : การผลิตคุกกี้แบบ depositing, Dough (1) จะถูกกดผ่านหัวบีบ ; Dough nozzle (2) ลงบนตะแกรงของเตาอบ ได้คุกกี้ (3) ซึ่งมีลวดลายตามหัวบีบส่งไปอบต่อไป

012109

2.5.2 คุณสมบัติของแป้งที่ใช้ในการทำคุกกี้

แป้งเป็นวัตถุดิบพื้นฐาน (primary raw material) ที่ใช้ในการทำคุกกี้ แป้งจัดเป็น toughening หรือ structure building ingredient ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวก่อให้เกิดโครงสร้าง และช่วยทำหน้าที่อุ้มส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ น้ำตาล และเนย เป็นต้น แป้งที่ใช้ในการทำคุกกี้นั้นจะต้องมีคุณภาพที่เหมาะสม คำว่าคุณภาพนั้นหมายถึง แป้งที่สามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (14) คุกกี้สามารถผลิตได้จากแป้งสาลีหลายชนิดด้วยกัน ตั้งแต่ soft cookie flour (เป็นแป้งสาลีที่ได้จากการโม่ข้าวสาลีชนิด soft wheat) ถึง strong sponge flour (เป็นแป้งสาลีที่โม่ได้จากข้าวสาลีชนิด hard wheat) ความเหนียวของแป้งจะมีผลต่อคุณสมบัติของคุกกี้ที่ได้ ซึ่งความเหนียวของแป้งนั้นจะเกี่ยวข้องกับปริมาณและคุณภาพของ gluten forming protein ตารางที่ 5 เป็นตารางแสดงคุณสมบัติของแป้งในการทำคุกกี้และแครกเกอร์

ตารางที่ 5 : แสดงคุณสมบัติของแป้งที่ใช้ในการทำคุกกี้และแครกเกอร์ (13)

Type of flour	Protein	Ash	Viscosity $^{o}M^{a}$	Spread factor W/T[b]
Weak	7.0-8.0	0.38-0.42	20-40	8.5-10.0
Medium strength	8.0-9.0	0.40-0.44	40-55	7.5- 9.0
Strong	9.0-10.0	0.41-0.45	55-70	6.5- 8.0

a. degree Mac Michael

b. Cookie width to thickness ratio

ในการทำคุกกี้นั้นเมื่อแป้งที่ใช้มีโปรตีนสูงขึ้น จะมีผลทำให้การแผ่ขยายตัวของคุกกี้ (cookie spread) ลดลง และมีผลทำให้ลักษณะเนื้อของคุกกี้ที่ได้แข็ง ลักษณะเนื้อภายใน (internal grain) หยาบ รวมทั้งลักษณะของผิวหน้าด้านนอก (surface appearance) การใช้แป้งที่มีโปรตีนสูงในการทำคุกกี้ต้องใช้ shortening และน้ำตาลทรายในปริมาณที่สูงเพื่อให้ได้ลักษณะเนื้อของคุกกี้เป็นที่ยอมรับ โดยทั่วไปแล้วโปรตีนของแป้งที่เหมาะสมในการทำคุกกี้จะอยู่ในช่วง 7%-9.5% (15) การเลือกใช้แป้งสาลีที่จะนำมาผลิตคุกกี้นั้น บางครั้งผู้ผลิตจะใช้

แป้งแต่ละชนิดผสมกันในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการ (19) การทดสอบแป้งที่ใช้นั้นเหมาะสมในการทำคุกกี้หรือไม่ วิธีทดสอบที่ดีที่สุดคือ การทำ baking test

ในกรณีของการใช้แป้งผสม (composite flour) คุณสมบัติของแป้งสาลีที่เลือกใช้จะมีผลต่อการกำหนดอัตราส่วนของแป้งผสม และมีผลเกี่ยวเนื่องมายังลักษณะของก้อนแป้งที่ได้ Ruiter กล่าวไว้ว่า การใช้แป้งที่มีโปรตีนสูงทำให้สามารถเติม non wheat flour ลงไปได้ในปริมาณสูง (20) Tsen และคณะได้รายงานไว้ว่า การใช้แป้งสาลีชนิด hard wheat และแป้งผสมชนิดต่าง ๆ ในการทำคุกกี้ โดยการเติม sodium stearyl lactylate, sodium stearyl fumarate และ sucrose ester ในปริมาณ 0.5% ของน้ำหนักแป้ง จะช่วยปรับปรุงการแผ่ขยายตัวของคุกกี้ (spread of cookie) และ top grain โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของคุกกี้ที่มีปริมาณไขมันต่ำ (18)

ดังนั้นแป้งสาลีที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้แป้งสาลีที่มีโปรตีนสูง (hard flour) ด้วยเหตุผลที่ว่าต้องการเติมแป้งมันสำปะหลังลงไปในปริมาณมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.5.3 ส่วนผสมอื่น ๆ ที่ใช้ในการทำคุกกี้ (15)

น้ำตาล น้ำตาลเป็นตัวให้ความหวาน และยังมีผลทางด้าน tenderizing effect ต่อโปรตีนของแป้ง น้ำตาลทุกชนิดที่ใช้ในการทำคุกกี้นั้น มีผลในแง่ของการ lubricate batter ทำให้ส่วนผสมที่ได้ไหลได้ดีขึ้น นอกจากนี้น้ำตาลยังเป็นตัวช่วยควบคุมการแผ่ขยายของคุกกี้ (cookie spread) และสีของคุกกี้ที่ได้ น้ำตาลที่ใช้อาจใช้น้ำตาลเม็ดหรือน้ำตาลบดละเอียด ในกรณีที่ใช้น้ำตาลเม็ด จะให้การแผ่ขยายดีกว่าน้ำตาลบดละเอียด ทั้งนี้เพราะเมื่อนำเข้าอบมันจะละลายตัวและมีแรงดันที่จะให้คุกกี้ขยายตัวได้ดี แต่ถ้าน้ำตาลเม็ดหยาบไปก็จะทำให้การแผ่ขยายตัวไม่ดีนักเมื่อในสูตรมีปริมาณของเหลวต่ำ จึงควรใช้น้ำตาลบดละเอียดบางส่วนแทนน้ำตาลชนิดเม็ด เพราะถ้าใช้น้ำตาลชนิดเม็ดทั้งหมดเมื่อมีปริมาณของเหลวน้อยมันจะไม่ละลาย นอกจากจะทำให้การแผ่ขยายตัวไม่ดีแล้วยังทำให้โอกาสที่จะเกิดการไหม้น้ำตาล (caramelization) จะน้อย สีของคุกกี้ที่ได้จะซีด

Shortening มีผลต่อความนุ่มและความร่วนของคุกกี้ ไขมันจะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่น (lubricant) ป้องกันไม่ให้เกิดการ develop ของ gluten มากไปในช่วงของการขึ้นรูป และไขมันยังช่วยเพิ่มปริมาตรในระหว่างอบ เนื่องจากไขมันจะทำให้แก๊สซึ่งถูกดีอุ้มเข้าไปในระหว่างการผสม หรือแก๊สที่แตกตัวจากสารที่ทำให้เกิดการขึ้นฟู (leavening

agent) ที่เป็นส่วนประกอบนั้น ขยายตัวได้ง่าย ฟองอากาศไม่เสียดสีกันเองซึ่งการเสียดสีกันเองของฟองอากาศนั้น จะทำให้ฟองอากาศแตกและยุบตัว ชนิดของไขมันที่ใช้อาจอยู่ในรูปของไขมันพืช ไขมันจากสัตว์ หรือส่วนผสมของไขมันทั้งสอง ในกรณีที่ต้องการ bland flavor และต้องการให้มีอายุการเก็บนานจะใช้ regular shortening ไม่ควรใช้ emulsified type shortening แทน regular shortening เพราะจะทำให้คุกกี้แผ่ขยายตัวมาก (excessive spread) นอกเสียจากว่าจะมีการปรับสูตรเพื่อหักล้างผลที่จะเกิดขึ้น ส่วนบัตเตอร์และมาการีนนั้นจะใช้ในกรณีที่ต้องการกลิ่นหอม

ไข่ ไข่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ในด้าน emulsifying, leavening, tenderizing และ binding action นอกจากนี้ไข่ยังเป็นตัวให้สี คุณค่าทางอาหาร และกลิ่นรส ในแง่ของ emulsifying action เกิดจาก emulsifier ซึ่งมีอยู่ในไข่แดงคือ lecithin จะไปทำให้consistency ของ cookie dough เปลี่ยนไปในทางที่ลดความเหนียวลง ไข่แดงจะเป็นตัวให้สี กลิ่น รส และ shortness ซึ่งเกี่ยวกับไขมันที่มีอยู่ในไข่แดง และ emulsifying action ส่วนไข่ขาวจะมีผลต่อโครงสร้าง ซึ่งปรากฏออกมาในลักษณะเนื้อสัมผัส การใช้ไข่ทั้งฟอง (ไข่ขาวและไข่แดง) จะดีกว่าการใช้ไข่แดงเพียงอย่างเดียว เพราะได้ปริมาตรที่มากกว่าและมีฟองอากาศมากกว่า

นม นมที่ใช้ในการทำคุกกี้ อาจใช้ในรูปของนมผงหรือนมสด จะช่วยปรับปรุงกลิ่น รส สีผิวของขนม และคุณค่าทางอาหาร และช่วยควบคุมความยืนเหลวของส่วนผสมที่ได้เมื่อใช้ในรูปของนมสด

สารที่ทำให้เกิดการฟื้นฟู (leavening agents) จะทำหน้าที่ควบคุมการแผ่ขยายหรือขนาดของคุกกี้ ให้ปริมาตรและการฟื้นฟูซึ่งควบคุมกลิ่น และลีของคุกกี้ที่ได้ สารที่ช่วยให้เกิดการฟื้นฟูที่ใช้ในการทำคุกกี้อาจใช้อยู่ในรูปของ โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต (ammonium bicarbonate) และผงฟู (baking powder)

โซเดียมไบคาร์บอเนต ช่วยปรับปรุงการแผ่ขยายตัวของคุกกี้ เนื่องจากมีผลในแง่ weakening effect ต่อ gluten กล่าวคือ จะไปตัดทอนโครงสร้างของ gluten ให้สั้นลง ทำให้ง่ายต่อการที่จะถูกดันให้แผ่ขยายออกไป

แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต ช่วยปรับปรุงการแผ่ขยายของคุกกี้เช่นเดียวกับโซเดียมไบคาร์บอเนต ข้อดีของการใช้แอมโมเนียมไบคาร์บอเนตคือ จะแตกตัวหมดในระหว่างอบ และไม่ทิ้ง residue ไว้ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ทำให้ไม่มี after taste และยังช่วยให้ลักษณะ

เนื้อของคุกกี้ที่ได้โปร่ง

ผงฟู ช่วยให้เกิดการขึ้นฟูของคุกกี้ในระหว่างอบ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการขยายตัวของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่แตกตัวออกมาจากการทำปฏิกริยาของเกลือของกรด (acid salt) และโซเดียมไบคาร์บอเนตที่เป็นองค์ประกอบของผงฟูนั่นเอง

2.5.4 Cookie spread หมายถึง การแผ่ขยายตัว หรือการบานตัวของคุกกี้เมื่อนำเข้าอบ ค่า spread factor นั้นจะคำนวณได้จากความกว้างของคุกกี้ต่อความหนาของคุกกี้

spread variation ที่เกิดขึ้นจากการผลิตในแต่ละชุด (batch) นั้นอาจก่อให้เกิดผลเสียหายขึ้นมาได้ uneven spread จะก่อให้เกิดปัญหาในกรณีของการทำ cream sanwich cookie ซึ่งต้องการให้คุกกี้ 2 ชิ้นที่นำมาประกบกันมีขนาดเท่ากัน นอกจากนี้แล้ว uneven spread จะก่อให้เกิดปัญหาในการบรรจุหีบห่อ

การแผ่ขยายตัวของคุกกี้นั้นจะเป็นผลเนื่องมาจาก gluten ซึ่งเป็นตัวก่อให้เกิดโครงสร้างของคุกกี้นั้นถูกทำให้อ่อนตัวมาก (excessive softening) ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากน้ำตาลในสารละลาย หรือเป็นผลมาจาก $NaHCO_3$ หรือเป็นผลมาจากปริมาณ gluten ในแป้งมีน้อยไป หรือโดย excessively weaken gluten structure โดยการใช้สารเคมีบางตัวเติมลงไปในระหว่างกระบวนการผลิตแป้ง สาเหตุที่เกิดขึ้นบ่อย ๆ มักเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณน้ำตาลมีมากเกินไป หรือน้ำตาลละลายตัวเร็วเกินไป ซึ่งอาจแก้ไขโดยการลดปริมาณน้ำตาลหรือลดขนาดของเม็ดน้ำตาล (particle size) ที่ใช้ ในกรณีที่แป้งเป็น weak flour ที่มีปริมาณ gluten ต่ำ อาจแก้ไขโดยการผสมแป้งกับ strong flour ซึ่งถ้าเป็นผลเนื่องมาจาก $NaHCO_3$ ก็ควรลดปริมาณที่ใช้ลง นอกจากนี้แล้วอาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก human error ในการผสมส่วนผสม การปรับเครื่องจักร และการควบคุมเตา เป็นต้น

2.6 <u>Emulsifier</u> (17, 23)

emulsifier ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นมีบทบาทหลายอย่างด้วยกัน นอกจากจะทำหน้าที่เป็น stabilizing agent สำหรับ emulsion, foam และ suspension ซึ่งเป็นผลเนื่องจาก interface action แล้ว emulsifier ยังมีหน้าที่สำคัญในแง่ของ texture modifiers ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการทำปฏิกริยากับ polymer ได้แก่ starch และ protein emulsifier หลาย ๆ ตัวสามารถที่จะเกิด liquid crystalline phase ในน้ำ ทำให้

มันสามารถพองตัวได้หลายเท่าตัว เป็นผลทำให้โมเลกุลมี degree of molecular freedom สูง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปฏิกริยากับ starch components และ protein ได้

emulsifier ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ (bakery product) มีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งบทบาทของ emulsifier ในขนมอบแต่ละชนิดนั้นจะแตกต่างกันออกไป

- lecithin ใน cookie หรือ cracker dough, lecithin จะช่วยปรับปรุง consistency ซึ่งทำให้การทำงานของเครื่องจักรง่ายขึ้น โดยจะลดการเหนียวเกาะติดแน่นกับเครื่องจักรลง ในบางกรณีในสูตรที่มีการเติม lecithin อาจช่วยทำให้สามารถลดไขมันที่ใช้ให้น้อยลง อย่างไรก็ตาม lecithin จะไม่มีผลต่อความร่วน (flakiness) ความนุ่ม (tenderness) ในผลิตภัณฑ์ที่อบสุกแล้ว (finished bake product) การเติม lecthin ลงใน dough เพียงเล็กน้อยจะช่วยลด greasiness ของคุกกี้ที่มีไขมันสูง ๆ ได้

- mono and diglyceride ใช้เพื่อยับยั้ง starch retrogradation ซึ่งมีผลต่อการสูญเสียลักษณะเนื้อของขนมปัง (texture staling) คุกกี้ส่วนใหญ่จะไม่เกิดการสูญเสียประเภทนี้ เนื่องจากมีปริมาณความชื้นต่ำ

- calcium stearyl lactylate (CSL) นิยมใช้ปรับปรุงคุณภาพของก้อนแป้งในขนมที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์ mechanism ในการทำงานนั้นไม่กระจ่างชัดนัก เมื่อเติมลงไปในส่วนผสมของส่วนผสมจะช่วยปรับปรุง mixing tolerance, extensibility และ stability ของก้อนแป้ง นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเพิ่มปริมาตรเพื่อให้ได้เนื้อขนมที่มีความละเอียดขึ้น ปริมาณที่ใช้ 0.5% ของน้ำหนักแป้ง

- Sodium stearyl fumarate (SSF) เป็น emulsifier ที่อนุญาตให้ใช้ในขนมปังบางชนิดในปริมาณ 0.5% ของน้ำหนักแป้ง จะทำปฏิกริยากับ gluten ทำให้มีคุณสมบัติในการอุ้มแก๊สดีขึ้น นอกจากนี้ยังรวมตัวกับ amylose molecule ในระหว่างการอบ ทำให้ยับยั้งการเกิด retrogradation และ texture staling และมีส่วนในการปรับปรุงปริมาตรและลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ด้วย

- Sodium stearyl lactylate (SSL) เมื่อใช้ในการทำคุกกี้ มีผลต่อการปรับปรุงการแผ่ขยายของคุกกี้ (spread of cookie) ซึ่งจะให้ผลดีเมื่อเติมลงไปในส่วนของการตีเนยและน้ำตาล ปริมาณที่ใช้ 0.5% ของน้ำหนักแป้ง

2.7 วิธีตรวจสอบคุณภาพของแป้ง

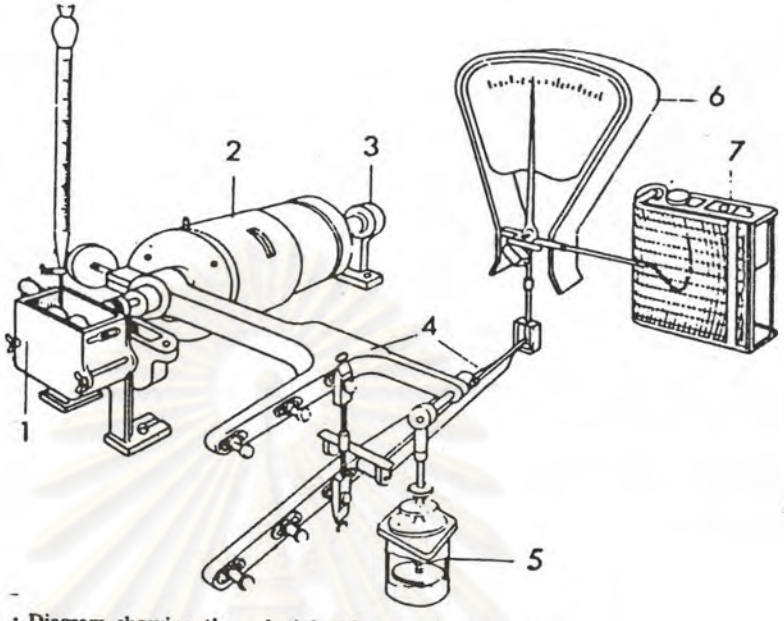
การตรวจสอบคุณภาพของแป้งนั้นแบ่งออกเป็น chmeical test, mechanical test และ baking performance test

2.7.1 Chemical test เป็นการวิเคราะห์และตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของแป้ง องค์ประกอบทางเคมีที่ตรวจสอบได้แก่ ความชื้น โปรตีน และเถ้า ซึ่งจะใช้วิธีวิเคราะห์ตาม A.O.A.C. (21)

2.7.2 mechanical test ใช้ในการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ (physical property) ของ gluten และคุณสมบัติทั่ว ๆ ไปของแป้ง การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ farinograph, extensograph และ amylograph โดยใช้วิธีทดสอบตามA.A.C.C. (22)

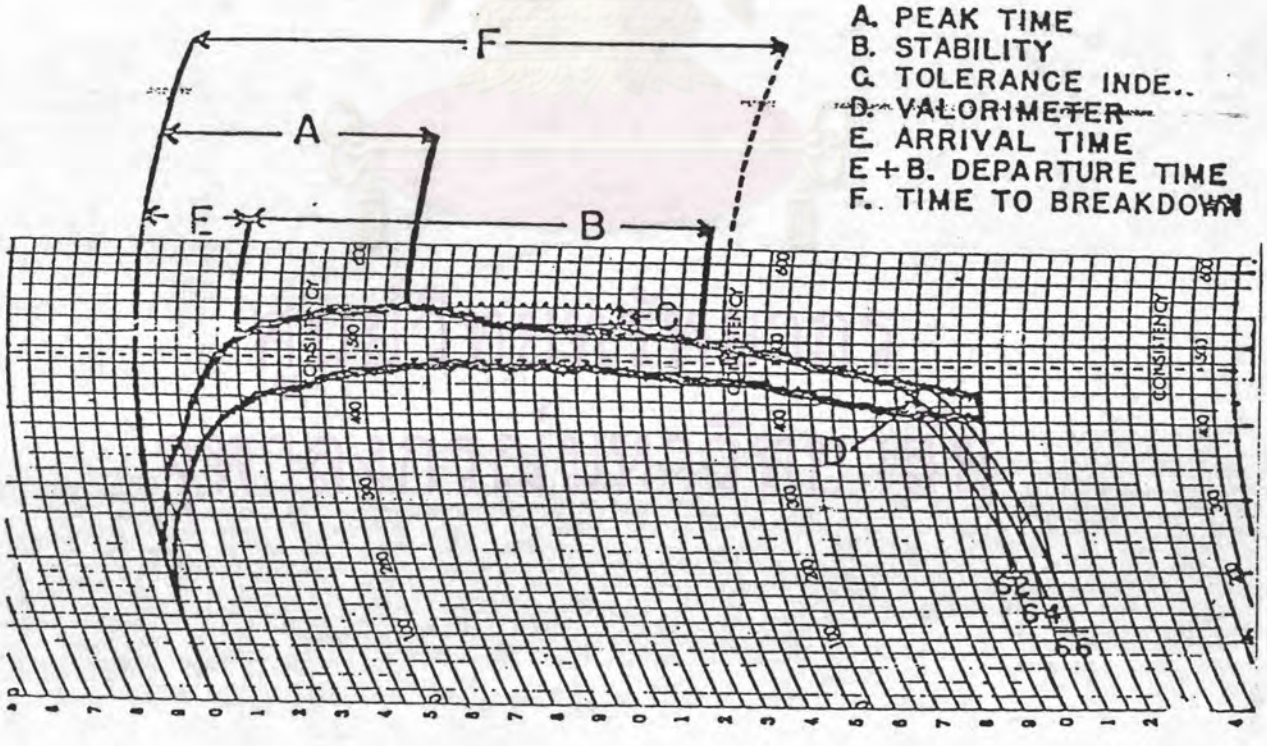
2.7.2.1 farinograph รูปที่ 6 เป็นแผนผังของเครื่องซึ่งประกอบด้วย อ่างผสม (mixing bowl) หมายเลข 1 ภายในมีใบพัดรูปตัว z 2 ตัว หมุนในทิศทางตรงกันข้ามด้วยความเร็ว 60 และ 90 รอบต่อนาที เมื่อเติมแป้งและของแห้งลงในอ่างผสมแล้วจะเริ่มเปิดให้เครื่องทำงาน จากนั้นจะเติมน้ำจาก buret ลงไป กำลังบิด (torque) ที่เกิดขึ้นบนแผ่นใบพัด จะทำให้ dynamometer หมายเลข 2 เกิดการหมุนซึ่งจะสัมพันธ์กับคานหมายเลข 4 และจะส่งผลไปยังหน้าปัดหมายเลข 6 และบันทึกออกมาเป็นกราฟหมายเลข 7 อ่างผสมจะถูกควบคุมอุณหภูมิโดยระบบ water-jacketed อ่างผสมจะมีความจุ 2 ขนาดคือ 300 และ 50 กรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6 : Diagram showing the principle of the Brabender Farinograph. (Courtesy Brabender OHG)

รูปที่ 7 CHARACTERISTICS OF THE FARINOGRAM



รูปที่ 7 เป็นรูปของ farinogram หรือ farinograph farinograph จะใช้ในการหาค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำของแป้ง (water absorption) นอกจากนี้ยังใช้บอกคุณสมบัติอื่น ๆ ของแป้งได้ ค่าต่าง ๆ ที่อ่านได้จากกราฟมีดังนี้คือ

- farinograph water absorption เป็นค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำของแป้งนั้น ๆ ซึ่งจะวัดได้จากปริมาณน้ำที่เติมลงไปเพื่อให้ได้ maximum consistency ที่ 500 B.U.

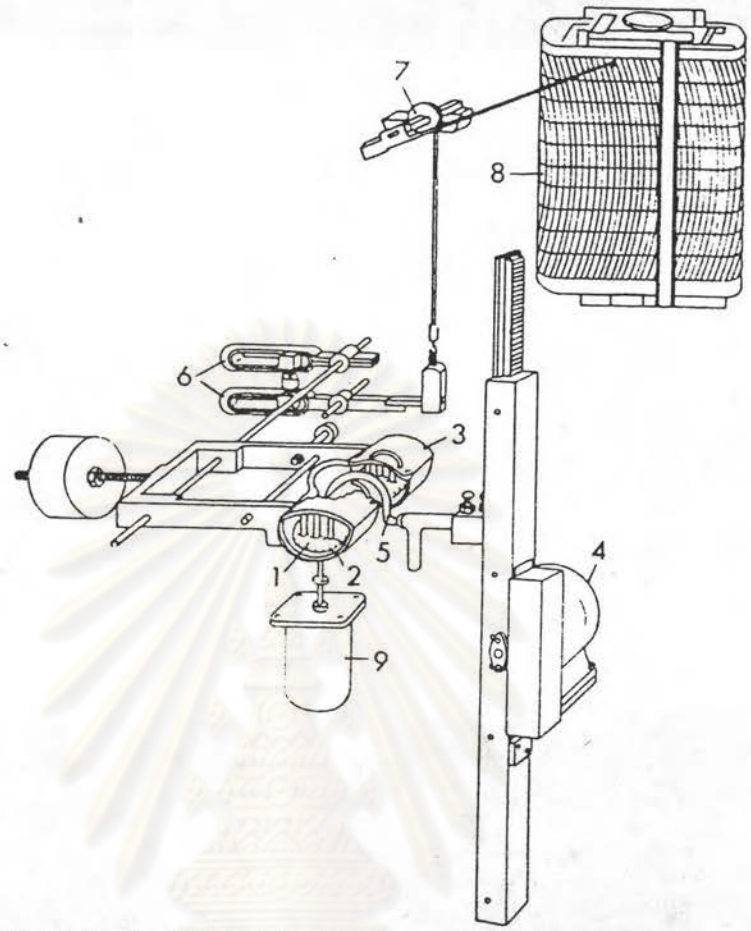
- dough development time หรือ peak time เป็นเวลาที่แสดงถึง optimum mixing time ซึ่งจะวัดจากจุดเริ่มต้นที่มีการเติมน้ำลงไปจนถึงจุดที่มี maximum consistency (จุดสูงสุดของกราฟ)

- stability เป็นเวลาที่วัดจากจุดที่กราฟมาสัมผัสเส้น 500 B.U. จนกระทั่งกราฟเคลื่อนพ้นจากเส้น 500 B.U. ในกรณีของแป้งที่มีโปรตีนสูงจะมี stability สูง

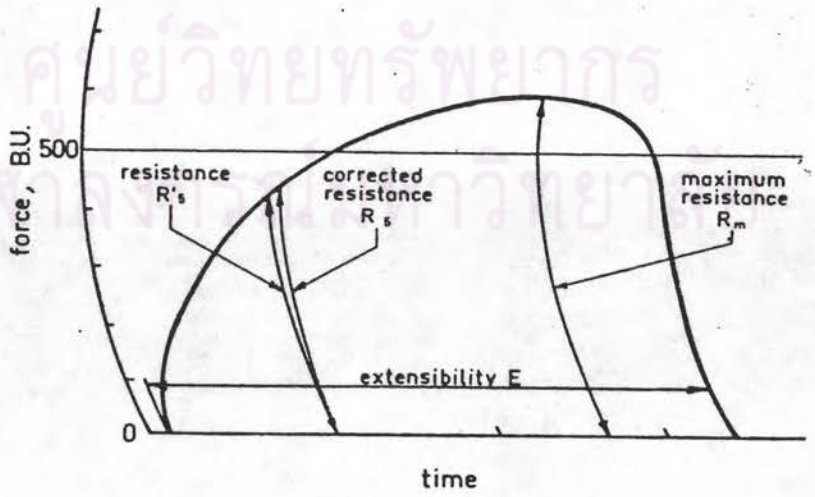
- departure time (DEP) เป็นเวลาที่วัดจากจุดเริ่มต้นของการเติมน้ำ จนกระทั่งกราฟเคลื่อนพ้นจากเส้น 500 B.U. สำหรับแป้งที่มีโปรตีนสูงจะมี departure time นานกว่าแป้งที่มีโปรตีนต่ำ

- mixing tolerance index (MTI) เป็นค่าความแตกต่างเป็น BUของจุดสูงสุดของกราฟกับจุดที่ผ่านการผสมไปแล้ว 5 นาที แป้งที่มีโปรตีนสูงจะมีค่า MTI ต่ำ แป้งที่มีโปรตีนต่ำจะมีค่า MTI สูง

2.7.2.2 extensigram หรือ extensograph เป็นตัวบันทึก load extension curve ของ dough เมื่อถูกดึงให้ยืดจนขาด extensigram ใช้ประเมินคุณภาพทั่วไปของแป้ง และโดยเฉพาะในกรณีที่มีการเติม improver เช่น bromate, iodate ก้อนแป้งที่มีฮัตราการดูดซึมน้ำที่พอเหมาะจากเครื่อง farinograph จะถูกนำมาตัดแบ่งออกเป็นก้อนขนาดก้อนละ 150 กรัม คลึงให้กลม แล้วผ่านเครื่องม้วนให้เป็นรูปยอนไม้ นำไปวางลงใน holder ที่มี clamp ยึดอยู่ เมื่อพักก้อนแป้งไว้เป็นเวลา 45 นาที แล้วจะนำมาดึงให้ยืดออกดังแสดงในแผนผังรูปที่ 8 ก้อนแป้งหมายเลข 1 ถูกยึดไว้ด้วย clamp หมายเลข 3 ซึ่งรองรับด้วย balance fork หมายเลข 2 มอเตอร์หมายเลข 4 ซึ่งเป็นตัวบังคับให้ตะขอหมายเลข 5 เริ่มทำงาน ตะขอจะเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วคงที่ดึงตรงกลางของก้อนแป้งให้ยืดออก แรงดึงที่เกิดขึ้นบนก้อนแป้งจะส่งผ่านไปยังคานหมายเลข 6 ส่งต่อไปยัง balance หมายเลข 7 และบันทึกออกมาบนกราฟหมายเลข 8



รูปที่ 8 Diagram showing the principle of the Brabender Extensigraph. (Courtesy Brabender OHG)



รูปที่ 9

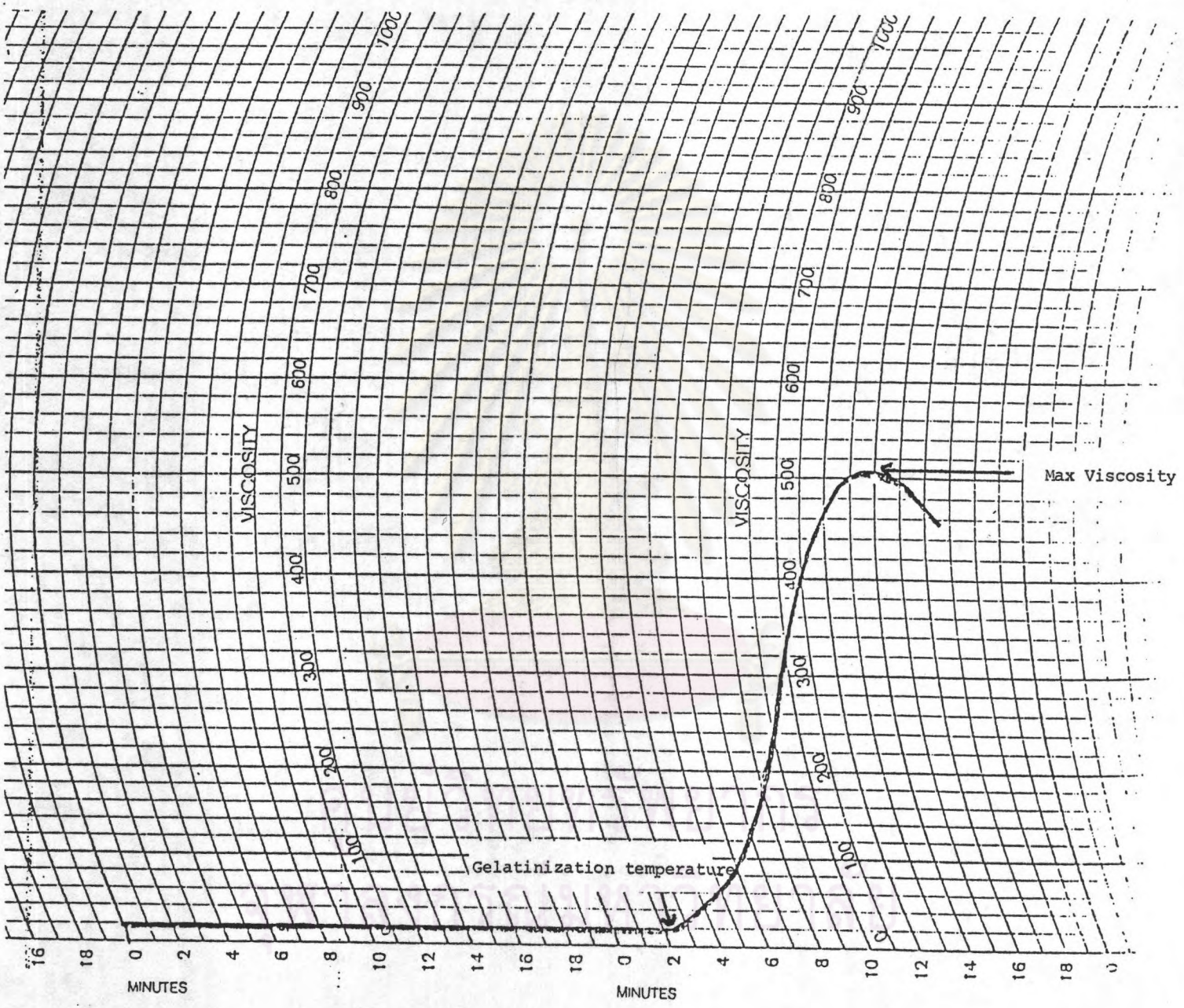
Characteristic of the Extensigram

- resistance to extension เป็นค่าที่ได้จากความสูงของกราฟมีหน่วยเป็นเซนติเมตร ซึ่งจะมีทั้ง maximum resistance (Rm) และ resistance ที่อ่านเมื่อกราฟเดินไปเป็นระยะ 5 เซนติเมตร (R_5)

- extensibility เป็นความยาวของ curve มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

2.7.2.3 Amylograph เป็นการวัด viscosity ของแป้ง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจาก suspension ของแป้งได้รับความร้อนภายใต้สภาวะที่ควบคุมไว้ แป้งจะเกิด gelatinization เป็นผลทำให้ suspension ที่ได้มีความยืนหนืดขึ้น ทำให้ viscosity สูงขึ้น รูปที่ 10 เป็นรูปแสดง amylogram ซึ่งจากกราฟสามารถอ่านค่า gelatinization temperature และ viscosity ของ starch paste ที่ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 10 : amylogram ของแป้งสาลี

2.7.3 baking performance test เนื่องจากการวัดคุณสมบัติทาง physical และ chemical ของแป้งนั้น ไม่สามารถระบุลงไปได้อย่างเด็ดขาดถึงความเหมาะสมที่สุดของการนำแป้งนั้นไปผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ การตรวจสอบนั้นเป็นเพียงแนวทางที่จะชี้แนะถึงความเป็นไปได้ของการนำแป้งนั้นไปผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และเป็นที่ประจักษ์แล้วว่า เกณฑ์ในการตัดสินคุณภาพของแป้งนั้นจะรวมทั้งการตรวจสอบทางด้าน physical, chemical และการทำ baking performance test

baking performance test นั้น จะเป็นการประเมินคุณภาพของแป้งภายใต้สภาวะของการทดลองที่เหมือนกับที่ผู้ผลิตนำแป้งนั้นไปใช้ผลิตผลิตภัณฑ์นั้นจริง ๆ baking test นั้น ไม่เพียงแต่จะใช้ประเมินผลขั้นสุดท้ายของการนำแป้งไปใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ แต่ยังใช้ในการประเมินผลของขบวนการผลิตที่มีต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้

2.8 Baking Quality of Cookie Flour (22)

เป็นวิธีที่ดีที่สุดที่ใช้ในการประเมินผลของแป้งที่ใช้ในการทำคุกกี้ ซึ่งจะใช้วิธี AACC Method 10-50 D ดังมีรายละเอียดที่แสดงไว้ในข้อ 3.3

2.9 อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ หมายถึง ช่วงเวลาหลังจากการผลิตไปถึงการนำมาบริโภค โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพเป็นที่น่าพอใจ มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ เช่น องค์ประกอบของอาหาร กรรมวิธีการผลิต วิธี การบรรจุ และสภาวะที่ใช้ระหว่างการขนส่งหรือเก็บรักษา ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ เวลา ความชื้น และออกซิเจน

2.9.1 อายุการเก็บของคุกกี้ (shelf life of cookie) (17, 27)

คุกกี้มีหลายชนิดด้วยกัน บางชนิดมีส่วนประกอบของน้ำตาลสูง บางชนิดมีส่วนประกอบของไขมันสูง บางชนิดมีส่วนประกอบของไส้ครีมหรือน้ำตาลฟอนแดนท์ประกบเป็นไส้กลางอยู่ อย่างไรก็ตาม คุณลักษณะที่สำคัญของคุกกี้ทุกชนิดคือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำมาก เพื่อที่จะป้องกันไม่ให้คุกกี้ดูดความชื้นจากอากาศ ภาชนะบรรจุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของความชื้น จึงเป็นสิ่งที่ต้องการและเนื่องจากว่าคุกกี้ทุกชนิดมีส่วนประกอบของไขมัน วัสดุที่มีคุณสมบัติกันการซึมเยื้อนของไขมัน (grease proof) ก็เป็นสิ่งที่ต้องการ นอกจากนี้แสงสว่างอาจเป็นเหตุที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของคุกกี้ และเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปฏิกริยาการเกิดออกซิเดชั่นของ

ไขมัน (fat oxidation) ในกรณีของคุกกี้ที่มีส่วนประกอบของผลไม้จะเกิดราขึ้นได้ง่าย และคุกกี้ที่มีส่วนประกอบของถั่วต่าง ๆ นั้น จะเกิดกลิ่นหืนได้ง่าย (rancidification)

ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่มีผลทำให้อายุการเก็บของคุกกี้สั้นลงนั้นจะเกี่ยวข้องกับความชื้น และการเกิดกลิ่นหืนของไขมันที่เป็นส่วนประกอบ (oxidative rancidity of the fat content) ภาชนะบรรจุที่ใช้จึงควรมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและอากาศได้ดี อย่างไรก็ตาม แม้ว่าภาชนะบรรจุจะสามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้ (moisture proof wrapper) และ rancidity จะถูกยับยั้งโดยการใช้ antioxidant ในผลิตภัณฑ์หรือในภาชนะบรรจุ หรือแม้ว่าจะใช้วัสดุหีบห่อที่สามารถกันการซึมผ่านของแสงอุลตร้าไวโอเล็ตได้ก็ตาม คุกกี้จะยังคงเกิดการสูญเสียรสชาติได้ (stale taste) ที่ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ผู้ผลิตหลาย ๆ รายในอเมริกาเหนือจะกำหนดอายุการเก็บสูงสุดของคุกกี้อยู่ในช่วง 90 วัน แม้ว่าจะมีคุกกี้บางชนิดสามารถเก็บได้นานถึง 150 วัน เช่น โซดาแครกเกอร์ ซึ่งจะเริ่มสูญเสียรสชาติหลังจาก 100 วันไปแล้ว โดยปกติแล้วไม่มีผู้ผลิตรายใดต้องการให้ผลิตภัณฑ์ค้างอยู่ในสต๊อคเกิน 60 วัน แต่ต้องการให้ผู้บริโภคได้รับผลิตภัณฑ์ที่ใหม่สดเสมอ

2.9.2 ภาชนะบรรจุและชนิดของวัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ (package type and packaging materials) ภาชนะบรรจุนอกจากจะช่วยเรื่องการบรรจุ การขนส่ง และการจำหน่ายแล้ว หน้าที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ ภาชนะบรรจุต้องช่วยป้องกันผลิตภัณฑ์จากสิ่งแวดล้อมภายนอกซึ่งไม่ต้องการคุณสมบัติด้วย คุณสมบัติดังกล่าวนั้นจะแตกต่างกันไปตามชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้

ภาชนะบรรจุง่าย ๆ สำหรับคุกกี้นั้นอาจประกอบด้วย ถุงกระดาษที่มีแผ่นฟิล์มเคลือบด้านนอกและปิดผนึกให้แน่น นอกจากนี้แล้วคุกกี้ยังอาจถูกบรรจุในกล่องกระดาษที่มีฟิล์มปิดหุ้มโดยรอบอีกชั้นหนึ่ง ภาชนะบรรจุบางชนิดอาจเป็น polystyrene ที่ถูกขึ้นรูปเป็นลักษณะถาดและใช้ cellophane ปิดหุ้มโดยรอบ ภาชนะบรรจุอื่น ๆ อาจเป็นกระป๋อง (tin boxes) กล่องกระดาษที่มีการเจาะรู เพื่อให้มองเห็นผลิตภัณฑ์ภายในและมีฟิล์มหุ้มอยู่ (window - paperboard boxes, direct film overwraps)

วัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุสำหรับคุกกี้ได้แก่ เซลโลเฟนที่กันความชื้นได้ (moisture proof cellophane) ฟิล์มโพลีโปรไปลีนเคลือบด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ (coated oriented polypropylene aluminium foil laminates) โพลีสไตรีน (polystyrenes)

wax glassines และ corrugated glassine โพลีไวนิลิดีนคลอไรด์เคลือบด้วยเซลโลเฟน (polyvinylidene chloride coated cellophane) มีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นได้ดีเยี่ยม มีความใสและเหมาะที่จะทำการปิดผนึกโดยความร้อน (gloss and heat seal - ability) และเป็นฟิล์มที่มีความเหนียวปานกลาง สำหรับโพลีเอทธิลีนนั้น (polyethylene) เป็นฟิล์มที่มีราคาถูก มีความเหนียวปานกลางและมีความใสปานกลาง มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้ดี แต่กันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ไม่ดีนัก (27)

2.9.3 การติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของคุกกี้ในระหว่างเก็บ

เนื่องจากความชื้นและการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันที่เป็นองค์ประกอบเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่ออายุการเก็บของคุกกี้ ดังนั้นในระหว่างการเก็บนั้นจะติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ และติดตามการเกิดกลิ่นหืนที่เป็นผลเนื่องมาจากปฏิกริยาออกซิเดชั่นของไขมันนั้นโดยการหาค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value)

2.10 <u>คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับประสาทสัมผัสของผู้บริโภค</u> (Organoleptic - properties) (28)

การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นั้น ส่วนมากใช้วิธีการให้คะแนนแบบ hedonic scale ซึ่งเป็นการตัดสินผลิตภัณฑ์โดยอาศัยจิตใต้สำนึกในแง่ของความชอบ วิธีนี้เข้าใจง่ายและผู้ทดสอบไม่จำเป็นต้องมีประสบการณ์ นอกจากนี้แล้ว hedonic scale ยังเป็นวิธีที่สามารถบอกได้ว่าผู้ทดสอบมีความยอมรับในผลิตภัณฑ์หรือไม่ และยังบอกได้ว่าผู้ทดสอบนั้นยอมรับหรือไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์นั้นมากน้อยแค่ไหน โดยผู้ทดสอบจะประเมินความยอมรับที่มีต่อผลิตภัณฑ์ตามลักษณะที่กำหนดให้ ซึ่งค่าความยอมรับในผลิตภัณฑ์นั้นสามารถเปลี่ยนออกมาเป็นตัวเลข และตัวเลขนั้นสามารถนำมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติได้โดย Analysis of Variance

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย