

เบเกอรี่รักฤดูฝน



รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรบุษ ดาษศิริโชติ

เบเกอรี่รักลูกเตน

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรนุช ฉายศิริโชติ

เบเกอร์ไร่กุลเตน

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรณัฐ ฉายศิริโชติ

ราคา 300 บาท

จัดทำเป็นฉบับ E-Book ครั้งที่ 1 เดือนเมษายน พ.ศ. 2569

หนังสือเล่มนี้สงวนสิทธิ์ตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ พุทธศักราช 2558
ห้ามผู้ใดพิมพ์ซ้ำ ลอกเลียน ส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้
ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ นอกจากจะได้รับการอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรเท่านั้น

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

ธีรณัฐ ฉายศิริโชติ.

เบเกอร์ไร่กุลเตน.--กรุงเทพฯ : โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์, 2569.

262 หน้า.

1. เบเกอร์ไร่. 2. กุลเตน. I. ชื่อเรื่อง.

641.865

ISBN (e-book) 978-616-631-518-9

พิมพ์ที่ โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์

113/13 ซอยวัดสุวรรณคีรี ถนนบรมราชชนนี

แขวงอรุณอมรินทร์ เขตบางกอกน้อย

กรุงเทพมหานคร 10700

คำนำพิมพ์ปรับปรุงครั้งที่ 1

เบเกอรี่หรือขนมอบเป็นอาหารที่ผู้บริโภคนิยมกันมานาน ส่วนผสมในเบเกอรี่มักใช้แป้งข้าวสาลีเป็นหลักและอาจมีแป้งอื่นร่วมด้วย องค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญในแป้งข้าวสาลีคือ กลูเตน ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งซึ่งช่วยให้เกิดโครงสร้างและเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์ กลูเตนนี้นอกจากจะพบในแป้งข้าวสาลีแล้วยังพบในแป้งข้าวอื่นได้ ผู้บริโภคทั้งชาวต่างชาติและชาวไทยที่มีอาการแพ้ข้าวสาลี แพ้กลูเตน และโรคเซลิแอคนั้นมีจำนวนไม่น้อย อาการของโรคเหล่านี้มีลักษณะคล้ายกัน เช่น ท้องอืด อาหารไม่ย่อย มีผลต่อการอักเสบตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และยังมีผลต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของผู้ป่วยด้วย ผู้บริโภคกลุ่มนี้จึงไม่สามารถรับประทานอาหารที่มีกลูเตนในส่วนผสมรวมถึงผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ด้วย ทั้งนี้ในการผลิตเบเกอรี่ปลอดหรือไร้กกลูเตนนั้นอาจมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแตกต่างกับเบเกอรี่ทั่วไปที่มีแป้งข้าวสาลีซึ่งมีทั้งได้รับและไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

หนังสือ เบเกอรี่ไร้กกลูเตน เล่มนี้ ผู้เขียนได้ปรับปรุงและเพิ่มเติมเนื้อหาให้ทันสมัยและครอบคลุมมากขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันของผู้บริโภคที่แพ้กลูเตน รวมถึงแนวโน้มการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่กำลังเติบโตอย่างต่อเนื่อง ผู้เขียนได้เพิ่มเติมข้อมูลจากงานวิจัยและประสบการณ์การสอนที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการปรับสูตรและเทคนิคการผลิตเบเกอรี่ไร้กกลูเตนให้มีคุณภาพและเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทั่วไปมากขึ้น พร้อมทั้งขยายรายละเอียดในด้านโภชนาการ วัตถุดิบทางเลือก การใช้สารช่วยปรับปรุงคุณภาพ ตลอดจนข้อจำกัดในการผลิต แนวทางการเก็บรักษาและการจัดจำหน่าย เพื่อให้ผู้อ่านสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทั้งในเชิงวิชาการและเชิงธุรกิจ

ผู้เขียนหวังว่าการปรับปรุงครั้งนี้จะช่วยให้หนังสือเล่มนี้เป็นแหล่งข้อมูลที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นสำหรับนักศึกษา บุคลากรด้านอาหารและโภชนาการ นักวิจัย ผู้ประกอบการ และผู้สนใจทั่วไปที่ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไร้กกลูเตนให้มีคุณภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้ดียิ่งขึ้น หากผู้อ่านมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ผู้เขียนยินดีรับฟังเพื่อใช้ในการพัฒนาหนังสือในอนาคตต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรณัฐ ฉายศิริโชติ

2569

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	(1)
สารบัญ	(3)
สารบัญภาพ	(5)
สารบัญตาราง	(9)
บทที่ 1 บทนำ	1
การแพ็กกูเทน	1
ตลาดของเบเกอร์รี่กูเทน	6
กูเทน	7
กูเทนในผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่	19
ผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่กูเทน	24
สรุป	25
บทที่ 2 ส่วนผสมในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่กูเทน	27
แป้ง	27
สารช่วยยืดเกาะ	38
สิ่งที่ช่วยให้ขึ้นฟู	40
ส่วนผสมอื่นที่ใช้ในการทำเบเกอร์รี่กูเทน	43
คุณภาพและการเก็บรักษาส่วนผสม	53
สรุป	57
บทที่ 3 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่กูเทน	59
อุปกรณ์การชั่งและการตวง	59
อุปกรณ์การเตรียม	61
อุปกรณ์และเครื่องมือการผสม	63
อุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์	67
อุปกรณ์และเครื่องมือการอบ การหุงต้ม และการทำให้เย็น	70
อุปกรณ์สำหรับการตกแต่ง	80
การป้องกันการปนเปื้อนกูเทน	81
สรุป	83

บทที่ 4	คูกี้และเค้กไร้กลูเตน	85
	คูกี้ไร้กลูเตน	85
	เค้กไร้กลูเตน	94
	หน้าเค้ก	107
	สรุป	108
บทที่ 5	ขนมปังไร้กลูเตน	109
	ลักษณะของขนมปังไร้กลูเตน	109
	ควิกเบรดไร้กลูเตน	110
	ยีสต์เบรดไร้กลูเตน	116
	หน้าขนม	127
	สรุป	128
บทที่ 6	เพสตรีไร้กลูเตน	129
	ซูเพสตรีไร้กลูเตน	129
	พายร้อนไร้กลูเตน	134
	พายชั้นไร้กลูเตน	141
	ไส้ขนม	150
	สรุป	151
บทที่ 7	ข้อจำกัด การเก็บรักษา และการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไร้กลูเตน	153
	ข้อจำกัดของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไร้กลูเตน	153
	การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไร้กลูเตน	159
	การจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไร้กลูเตน	168
	สรุป	175
	บรรณานุกรม	177
	ภาคผนวก	197
	ภาคผนวก ก ตำรับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไร้กลูเตน	199
	ภาคผนวก ข ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 348) พ.ศ. 2560	241
	เรื่อง การแสดงฉลากอาหารไม่มีกลูเตน	
	ดัชนี	247

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	แบบจำลองการเกิดกลูเตน	7
1.2	แบบจำลองส่วนประกอบสำคัญของเมล็ดธัญพืชหรือธัญชาติ	9
1.3	เมล็ดข้าวสาลี	9
1.4	ลักษณะแป้งขนมปัง แป้งข้าวสาลีเอนกประสงค์ แป้งเค้ก และแป้งโฮลวีต (จากซ้ายไปขวา)	11
1.5	ลักษณะของเมล็ดข้าวไรย์ (ก) แป้งข้าวไรย์ (ข) และแป้งข้าวไรย์สีดํา (ค)	12
1.6	ลักษณะเมล็ดข้าวตริทิเคลี	14
1.7	ลักษณะของเมล็ดข้าวบาร์เลย์ (ก) และแป้งข้าวบาร์เลย์ (ข)	16
1.8	ลักษณะของเมล็ดข้าวมอลต์ (ก) ผงข้าวมอลต์ (ข) และผงมอลต์สกัด (ค)	17
1.9	ลักษณะของเมล็ดสเปลต์ (ก) และแป้งสเปลต์ (ข)	18
1.10	ลักษณะของเมล็ดคามุต (ก) และแป้งคามุต (ข)	18
1.11	ลักษณะของกลูเตนจากแป้งข้าวสาลี	21
1.12	ลักษณะโครงสร้างของกลูเตนที่ได้จากการนวดแป้งข้าวสาลีกับน้ำ	22
1.13	ลักษณะการยืดตัวสามารถซึ่งเป็นฟิล์มบางของก้อนโดจากแป้งข้าวสาลี	22
1.14	ลักษณะของขนมปังที่มีโครงสร้างจากกลูเตนในแป้งข้าวสาลี	23
1.15	ตัวอย่างสัญลักษณ์ปลอดกลูเตนรูปแบบต่าง ๆ	25
2.1	แบบจำลองโครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพกทิน	27
2.2	ตัวอย่างแป้งจากธัญชาติ	31
2.3	ตัวอย่างแป้งจากพืชตระกูลถั่ว	33
2.4	ตัวอย่างแป้งจากพืชหัว	35
2.5	ตัวอย่างแป้งจากผล	37
2.6	ตัวอย่างสารช่วยยัดเกาะที่มักใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไร้กลูเตน	40
2.7	กระบวนการทำงานหรือการหมักของยีสต์	41
3.1	อุปกรณ์การชั่งและการตวง	61
3.2	ตัวอย่างมิดแบบต่าง ๆ	62
3.3	เชิงพลาสติกที่แยกสีตามการใช้งาน	63

3.4	อุปกรณ์และเครื่องมือการผสม	66
3.5	อุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เบเกอรี่	69
3.6	ลักษณะการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	71
3.7	เตาอบสำหรับเบเกอรี่แบบต่าง ๆ	74
3.8	เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิในเตาอบ	75
3.9	ลักษณะหม้อต้มและหม้อ 2 ชั้น	75
3.10	ถาดและพิมพ์สำหรับอบ	78
3.11	อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับถาดและพิมพ์สำหรับอบ	79
3.12	ตะแกรงพักขนม	79
3.13	แปรงที่ใช้ในการทำเบเกอรี่	80
3.14	อุปกรณ์สำหรับการตกแต่ง	81
3.15	เครื่องปั่นขนมปัง และเครื่องทำวาฟเฟิล	82
4.1	ลักษณะของเนยสดและน้ำตาลทรายก่อนตีฟูและที่ตีขึ้นฟูแล้ว	89
4.2	ลักษณะของไข่ทั้งฟองและไข่ขาวที่ตีกับน้ำตาลทรายจนขึ้นฟู	90
4.3	วิธีการเตรียมพิมพ์สำหรับอบคุกกี้ที่ส่วนผสมเหลวคล้ายเค้ก	91
4.4	การตรวจสอบการสุกของเค้กไว้กู่เตนที่มีไขมันเป็นส่วนผสมหลัก	99
4.5	วิธีการนำเค้กออกจากพิมพ์	99
4.6	ลักษณะการคว่ำพิมพ์เค้กขณะรอให้เย็น	103
5.1	ตัวอย่างคริกเบรดไว้กู่เตน	110
5.2	ตัวอย่างอีสต์เบรดไว้กู่เตน	116
5.3	ขนมปังน้ำผึ้งไว้กู่เตน	117
5.4	ลักษณะฟองก๊าซที่เกิดขึ้นจากการทดสอบอีสต์แห้งชนิดผงที่ไม่เสื่อมคุณภาพ	119
5.5	ลักษณะโดเปรี้ยวและอีสต์เบรดไว้กู่เตนที่ใช้โดเปรี้ยวเป็นส่วนผสม	123
6.1	ตัวอย่างรูปร่างของเปลือกชูเพสตรี	129
6.2	ลักษณะเปลือกพายร้อนไว้กู่เตนประเภทต่าง ๆ	135
6.3	ลักษณะเปลือกพายขึ้นไว้กู่เตน	141
6.4	ขั้นตอนการวางและห่อไขมันระหว่างชั้นแบบอังกฤษ	144
6.5	ขั้นตอนการวางและห่อไขมันระหว่างชั้นแบบฝรั่งเศส	145
6.6	ขั้นตอนการรีดแบบสก็อต	146

ภาพที่

หน้า

6.7	ขั้นตอนการพับทบ 3 หรือพับ 3 ทบ	146
6.8	ขั้นตอนการพับทบ 4 หรือพับ 4 ทบ	147
6.9	ตัวอย่างรูปร่างของพายชั้นไร้กลูเตน	148
7.1	แบบจำลองแสดงการคั้นตัวของเจล	162
7.2	ประเภทของบรรจุภัณฑ์แบ่งตามลำดับการบรรจุ	164
7.3	ลักษณะของซองบรรจุวัตถุดิบซึบออกซิเจน วัตถุดิบซึบความชื้น และ วัตถุดิบปลดปล่อยไอเอทานอล	167
7.4	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์และสัญลักษณ์ผลิตภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ	170
7.5	ผังแสดงการตรวจสอบเพื่อการกล่าวอ้างของผลิตภัณฑ์ไร้หรือปลอดกลูเตน	171

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตัวอย่างตารางแสดงการตรวจสอบรายการวัตถุดิบไร่กล้วยเตน	54
4.1	ปริมาณส่วนผสมต่อพืชมพ์ อุณหภูมิการอบ และเวลาที่ใช้อบเค้ก ที่มีไข่เป็นส่วนผสมหลัก	102
7.1	การบรรจุในสภาพตัดแปรรบรยากาศสำหรับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และอายุการเก็บรักษา	168

บทที่ 1

บทนำ

เบเกอรี่ (Bakery) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ขนมอบต่าง ๆ ที่มีแป้งข้าวสาลีเป็นส่วนผสมหลัก ซึ่งแป้งข้าวสาลีมีโปรตีนสำคัญคือ กลูเตน (Gluten) ที่ทำหน้าที่ให้โครงสร้าง ความยืดหยุ่น และช่วยให้ผลิตภัณฑ์คงรูป กลูเตนยังพบในเมล็ดพืชหรือธัญชาติชนิดอื่น เช่น ข้าวไรย์ และข้าวบาร์เลย์ เป็นต้น การรับประทานอาหารที่มีกลูเตนนั้นอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่มีอาการแพ้ได้ ผู้ที่มีอาการแพ้ อาจแสดงอาการไม่พึงประสงค์ เช่น ผื่นคัน จาม ท้องอืด และท้องเสีย บางรายอาจมีอาการรุนแรง หมดสติ และเสียชีวิตได้ อาการเหล่านี้เกิดได้ทั้งวัยเด็กและวัยผู้ใหญ่ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งจำนวนผู้ป่วยและระดับความรุนแรงของอาการ แพทย์จะให้การรักษาโดยพิจารณาตามอาการของผู้ป่วยและประเภทของอาการแพ้กลูเตนพร้อมทั้งให้คำแนะนำในการปรับพฤติกรรมบริโภคอาหาร หนึ่งในแนวทางสำคัญคือ การหลีกเลี่ยงอาหารที่มีกลูเตนเป็นส่วนผสม ด้วยเหตุนี้ ผู้ป่วย ผู้มีภาวะแพ้กลูเตน รวมถึงผู้บริโภค ที่ให้ความสำคัญต่อสุขภาพ จึงมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารและเบเกอรี่ไร้กลูเตนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ตลาดผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไร้กลูเตนมีแนวโน้มการเติบโตอย่างต่อเนื่อง มีการผลิตทั้งในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรม ซึ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไร้กลูเตนนั้นจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบทดแทน มีกระบวนการผลิตที่เหมาะสมเพื่อให้ได้คุณภาพที่ใกล้เคียงกับเบเกอรี่ทั่วไป รวมทั้งการป้องกันการปนเปื้อนของกลูเตนจากส่วนผสม อุปกรณ์ เครื่องมือ หรือสภาวะการผลิตของเบเกอรี่ทั่วไปและอาหารชนิดอื่น เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้

การแพ้กลูเตน

การแพ้กลูเตนเป็นความผิดปกติของร่างกายจากการรับประทานอาหารที่มีกลูเตน มักเรียกกันทั่วไปว่า การแพ้กลูเตน ซึ่งการแพ้กลูเตนอาจเกี่ยวกับการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย หรือในบางกรณียังไม่พบความเกี่ยวข้องที่ชัดเจนกับระบบภูมิคุ้มกัน โดยโรคและภาวะแพ้ที่มีกลูเตนเกี่ยวข้องที่กล่าวถึงกันมากมี 3 ชนิด คือ

(1) โรคเซลิแอค (Celiac disease) เป็นภาวะที่ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายมีความไวต่อกลูเตน (Gluten hypersensitivity) เป็นโรคแพ้กลูเตนชนิดแรก ๆ ที่มีการรายงาน โรคนี้มีมานานหลายศตวรรษแล้ว จากหลักฐานทางโบราณคดีของเมืองโคซา ประเทศอิตาลี ในปี ค.ศ. 2008 มีการพบโครงกระดูกของหญิงวัย 18-20 ปี ซึ่งมีชีวิตอยู่ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 1 โดยมีร่องรอยการป่วยจากการขาดสารอาหารและการเจริญเติบโตชะงัก ทั้งยังตรวจพบยีนที่สัมพันธ์กับโรคเซลิแอค และความเสียหายที่เกิดจากโรคดังกล่าว และตั้งแต่ศตวรรษที่ 20 มีความก้าวหน้าในการรักษาโรคนี้

โดยในช่วงปี ค.ศ. 1940 ดร.วิลเลม ดิค แสดงให้เห็นว่าข้าวสาลีเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดโรคนี้และได้พัฒนาอาหารปลอดหรือไร้อาหารสาลีซึ่งพัฒนาต่อมาจนเป็นอาหารไร้กลูเตนในปัจจุบัน (Beyond Celiac Organization, 2024) โรคนี้เกิดจากการแพ้ภูมิตัวเอง (Autoimmune) เกิดเมื่อร่างกายสร้างภูมิต้านทานหรือสารต่อต้านกลูเตนที่รับเข้าไป สารต่อต้านกลูเตนจะทำลายเยื่อบุผนังลำไส้เล็ก ทำให้มีผลต่อระบบการย่อยอาหาร และทำให้การดูดซึมสารอาหารผิดปกติ ไม่สามารถดูดซึมสารอาหารที่บริเวณลำไส้เล็กได้ การดูดซึมสารอาหารบางชนิด เช่น ธาตุเหล็ก และวิตามินบางชนิดทำได้น้อยลงหรือไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ ผู้ป่วยจะไม่เกิดอาการทันทีหลังการรับประทานอาหารที่มีกลูเตนเป็นส่วนผสม อาจเกิดอาการท้องเสีย และหากเป็นมาก ผู้ป่วยอาจมีน้ำหนักลด ขาดสารอาหาร อุดจากระที่ซับซ้อนมีลักษณะเป็นเมือกไขมัน เป็นผลให้เกิดภาวะเรื้อรังอื่น เช่น ภาวะโลหิตจางเพราะขาดธาตุเหล็ก รวมถึงหากไม่ได้รับการวินิจฉัยหรือไม่ได้รับการรักษาจะมีผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว และถ้าป่วยเป็นโรคอื่นหรือมีภาวะแทรกซ้อนอาจทำให้เสียชีวิตได้ โรคนี้พบได้ในทุกช่วงวัย แต่มักพบในวัยเด็กมากกว่าวัยผู้ใหญ่ ผู้ป่วยต้องหลีกเลี่ยงกลูเตนทั้งหมดอย่างเคร่งครัด

(2) ภาวะแพ้ข้าวสาลี (Wheat allergy) เป็นการแพ้อาหารอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับภูมิคุ้มกันเฉพาะที่ตอบสนองต่อโปรตีนหลายชนิดในข้าวสาลีซึ่งมีทั้งกลุ่มอัลบูมิน (Albumin) ที่ละลายน้ำได้ กลุ่มโกลบูลิน (Globulin) ที่ละลายในสารละลายเกลือเจือจาง กลุ่มไกลอะดีน (Gliadin) และกลุ่มกลูเตนิน (Glutenin) ที่ละลายในสารละลายแอลกอฮอล์ เมื่อผสมแป้งข้าวสาลีกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม โกลอะดีนและกลูเตนินจะรวมตัวกันทำให้เกิดกลูเตน ร่วมกับบทบาทของโปรตีนชนิดอื่นในข้าวสาลีทำให้เกิดภาวะแพ้ข้าวสาลี โดยส่วนใหญ่จะต้านทานการย่อยในระบบทางเดินอาหารและอาจเกิดลมพิษจากการสัมผัสได้ นอกจากการรับประทานข้าวสาลีแล้ว อาการแพ้ในบางกรณีอาจเกิดจากการสูดดมแป้งข้าวสาลีด้วย หากเริ่มแพ้ในวัยเด็กอาจหายเองได้เมื่อโตขึ้น แต่หากแพ้ในวัยผู้ใหญ่มักเป็นการแพ้ขั้นรุนแรงและบางรายอาจเสียชีวิตได้ อาการแพ้ที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายคลึงกับโรคเซลิแอคที่เกี่ยวข้องเฉพาะกับกลูเตน แต่ไม่พบการทำลายของเยื่อบุผนังลำไส้เล็ก การแพ้นี้มีแนวโน้มแสดงอาการภายในเวลาสั้น อาจมีอาการเป็นผื่น คัน จาม และถ้าระดับการแพ้รุนแรงมาก หลอดลมจะบวมหายใจไม่ออก และเป็นผลให้เสียชีวิตได้ นอกจากนี้ในบางรายยังพบการแพ้เมื่อรับประทานอาหารที่มีข้าวสาลีและแป้งข้าวสาลีร่วมกับปัจจัยเสริม เช่น มีการออกกำลังกายร่วมด้วยจึงเกิดอาการแพ้ ผู้แพ้ข้าวสาลีบางรายยังมีโอกาสแพ้ข้ามกลุ่ม (Cross-reactivity) ซึ่งจะแพ้ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรย์ ข้าวโอ๊ต และลูกเดือยได้ถึงร้อยละ 20 (มงคัล สมพรรัตน์พันธ์, ม.ป.ป.)

(3) ภาวะไวต่อกลูเตนที่ไม่ใช่โรคเซลิแอค (Non-celiac gluten sensitivity, NCGS) หรือในบางครั้งเรียกว่า ภาวะไม่ทนต่อกลูเตน (Gluten intolerance) หรือมีความอดทนต่ออาหารชนิดนั้นต่ำเมื่อรับประทานอาหารนั้นเข้าไปทำให้แสดงอาการ ซึ่งเป็นกลุ่มอาการที่พบบ่อยของภาวะการแพ้ที่เกี่ยวข้องกับกลูเตน มีรายงานการอุบัติของภาวะนี้ตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1970 และมีอัตราการเกิด

เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ภาวะนี้จะมีอาการคล้ายโรคเซลิแอค ลักษณะอาการมีทั้งท้องอืด ท้องเฟ้อ ท้องเสีย ท้องผูก คลื่นไส้ มีนงง เหนื่อยล้า ปวดหัว ปวดข้อ และชาที่แขน ขา นิ้วมือ แต่มีความรุนแรงน้อยกว่าโรคเซลิแอค ไม่ส่งผลให้เกิดการอักเสบของผนังลำไส้เล็ก แต่เมื่อเกิดอาการแล้วจะเกิดหลายชั่วโมงหรือหลายวันหลังจากรับประทานอาหารที่มีกลูเตนเป็นส่วนผสม ภาวะนี้ไม่พบการแสดงออกของภูมิคุ้มกันที่ชัดเจน ยังไม่มีสารโมเลกุลที่บ่งชี้ทางชีวภาพ (Biomarker) เฉพาะที่ใช้ในการวินิจฉัย ผู้ป่วยจะได้รับการวินิจฉัยหลังการประเมินและตัดสาเหตุที่เกิดจากโรคเซลิแอคและภาวะแพ้ข้าวสาลีออกแล้ว

1. ปัจจัยที่มีผลต่อการแพ้กลูเตน

แม้สาเหตุการแพ้ที่เกี่ยวข้องกับกลูเตนจะไม่ทราบชัดเจนนัก แต่มีหลายปัจจัยที่อาจมีผลต่อการพัฒนาไปสู่อาการแพ้กลูเตนได้

1.1 ระบบภูมิคุ้มกัน (Immunological response) ร่างกายของแต่ละคนจะมีระบบการตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันต่างกัน ทำให้แสดงอาการแพ้ของกลูเตนที่แตกต่างกันด้วย

1.2 พันธุกรรม (Genetics) ผู้แสดงอาการแพ้กลูเตนอาจมีรหัสพันธุกรรมใกล้เคียงกับผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันทำลายตัวเองซึ่งถูกกระตุ้นด้วยกลูเตนที่รับประทาน

1.3 การอักเสบของเยื่อบุผนังลำไส้เล็ก (Small intestinal mucosal inflammation) ทำให้มีการดูดซึมผิดปกติ เนื่องจากเยื่อบุผนังลำไส้ทำงานผิดปกติ ส่งผลให้สารอาหารบางชนิดดูดซึมได้น้อยลง จึงอาจส่งผลต่อภาวะทางโภชนาการในระยะยาว เช่น การเจริญเติบโตช้า โลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก หรือการขาดวิตามิน เป็นต้น

1.4 พฤติกรรมการบริโภค (Consumption behavior) สำหรับผู้ที่รับประทานอาหารในกลุ่มที่มีกลูเตนเป็นส่วนผสม เช่น ขนมอบ พาสตา (Pasta) และเครื่องดื่มในปริมาณมากหรือเป็นเวลานาน ทำให้มีแนวโน้มเสี่ยงต่ออาการแพ้กลูเตนได้สูง เนื่องจากโอกาสที่มีปริมาณกลูเตนที่เข้าสู่ร่างกายและเกิดการหมักด้วยแบคทีเรียและยีสต์ภายในระบบทางเดินอาหารทำให้เกิดก๊าซและสิ่งตกค้างในร่างกายได้

1.5 โรคประจำตัว (Underlying disease) ภาวะการแพ้มักแสดงอาการอย่างชัดเจนและเกิดขึ้นง่ายในผู้ที่มีโรคประจำตัว โดยเฉพาะผู้ป่วยโรคเซลิแอคและผู้ป่วยที่มีประวัติการแพ้ข้าวสาลีมาก่อน

2. การวินิจฉัยอาการแพ้กลูเตน

ผู้แพ้กลูเตนอาจสังเกตได้ว่าตนเองมีอาการที่คล้ายคลึงกับภาวะแพ้กลูเตนหรืออาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการแพ้เมื่อบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของกลูเตน แต่เพื่อให้แน่ใจควรไปพบแพทย์ แพทย์จะทำการซักประวัติและอาการที่เกิดขึ้น จากนั้นจะให้ผู้ป่วยรับประทานอาหารที่มีกลูเตนเป็นส่วนผสมเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ร่วมกับการตรวจทางผิวหนัง (Skin pick test) โดยหยดน้ำยาโปรตีนสกัดบนท้องแขนแล้วใช้เข็มสะกิดที่ผิวหนังเพื่อทดสอบปฏิกิริยาภูมิแพ้ และตรวจเลือดเพื่อหาภูมิคุ้มกันเฉพาะ (Blood test for specific IgE) ของอาหารที่สงสัยโดยตรวจสอบระบบภูมิคุ้มกันทั้งโรคเซลิแอคและภูมิแพ้ข้าวสาลีที่แสดงอาการใกล้เคียงกัน หากไม่ได้เป็นโรคดังกล่าว แพทย์จะให้ผู้ป่วย

ลองงดอาหารที่มีกลูเตนเป็นส่วนผสมเป็นเวลา 6 สัปดาห์เช่นกัน และสังเกตอาการอีกครั้ง ถ้าอาการเหล่านี้เกิดน้อยลงและหายไป แพทย์จะให้ผู้ป่วยรับประทานอาหารที่มีกลูเตนอีกครั้งก่อนสังเกตอาการและสรุปผลอาการแพ้กลูเตน

3. การรักษาและการป้องกันการแพ้กลูเตน

การรักษาและการป้องกันการแพ้กลูเตนนั้นยังไม่มีวิธีการรักษาและการป้องกันที่แน่นอน แพทย์จะให้การรักษาตามอาการที่เกิดขึ้นและมีคำแนะนำให้ผู้แพ้กลูเตนปรับพฤติกรรมกรรมการบริโภคเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดอาการแพ้กลูเตน ได้แก่

(1) ควรหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารที่มีกลูเตนเป็นส่วนผสมรวมถึงผลิตภัณฑ์อื่นที่มีกลูเตนเป็นส่วนประกอบ เช่น เครื่องดื่มที่ผ่านการหมักจำพวกเบียร์และไวน์ เครื่องปรุงรส และเครื่องสำอาง เป็นต้น ควรรับประทานอาหารและผลิตภัณฑ์ที่ระบุว่า ไร้กลูเตน (Gluten free) ก่อนบริโภคควรอ่านข้อมูลและฉลากโภชนาการให้ละเอียด และหารับประทานอาหารที่มีกลูเตนโดยไม่ตั้งใจให้ต็ม่น้ำตามมาก ๆ เพื่อชะล้างและเจือจางปริมาณกลูเตนในร่างกาย

(2) การบริโภคอาหารไร้กลูเตนควรปรึกษานักโภชนาการหรือนักกำหนดอาหาร ไม่เช่นนั้นอาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการขาดสารอาหารและภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (Hyperglycemia) อาหารที่บริโภคควรมีไขมันต่ำ มีใยอาหารสูง รวมถึงควรเป็นอาหารที่มีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตประเภทโมเลกุลสายสั้นที่ย่อยยากในปริมาณน้อย (Low fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides and polyols diet or Low-FODMAP diet) เช่น เนื้อสัตว์ เนื้อปลา เต้าหู้ ข้าวกล้อง นมปราศจากแล็กโทส มะนาว และส้ม เป็นต้น และเสริมในมื้ออาหารด้วยอาหารที่มีโพรไบโอติก (Probiotics) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในส่วนผสม

(3) ควรแยกพื้นที่ระหว่างอาหารที่มีกลูเตนเป็นส่วนผสมกับอาหารไร้กลูเตน รวมถึงภาชนะและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของกลูเตน ดังนั้นหากผู้บริโภคกลุ่มนี้ต้องการรับประทานอาหารที่ร้านต่าง ๆ จะต้องสอบถามถึงส่วนผสมของอาหารและแจ้งผู้ประกอบการก่อนทุกครั้ง

(4) ควรเข้ารับการตรวจภาวะโลหิตจาง ภาวะคอเลสเทอรอลสูง และภาวะขาดสารอาหารอย่างสม่ำเสมอตามที่แพทย์นัดหมาย

(5) ในผู้ป่วยที่แพ้รุนแรงควรพกบัตรประจำตัวที่แสดงการแพ้ แพทย์อาจมีคำแนะนำให้พกยาฉีดเอพิเนฟริน (Epinephrine) เมื่อกรณีฉุกเฉิน และหากมีการฉีดยา ผู้ใกล้ชิดต้องรีบพาผู้ป่วยไปพบแพทย์ทันที

4. สถานการณ์การแพ้กลูเตน

โรคและภาวะการแพ้ที่เกี่ยวข้องกับกลูเตนนั้นยังไม่ทราบอัตราการระบาดแน่ชัดจากการคาดการณ์พบว่า จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคเหล่านี้เริ่มมีเพิ่มขึ้นและมักเกี่ยวข้องกับโรคเซลิแอคเป็นส่วนใหญ่โดยจำนวนผู้ป่วยที่เป็นโรคเซลิแอคมีประมาณร้อยละ 1 ของจำนวนประชากรโลก ซึ่งผู้ป่วยโรคนี้อายุ 83-95 อยู่ในประเทศพัฒนาแล้ว ความชุกของโรคนี้อายุถึงร้อยละ 1.4 ของประชากรที่ศึกษาจำนวน 275,818 คน (Prashant et al., 2018) จากสถิติผู้ป่วยโรคเซลิแอคในปี ค.ศ. 2018 พบว่าชาวอเมริกาใต้มีจำนวนร้อยละ 0.4 ชาวแอฟริกันและชาวอเมริกาเหนือมีจำนวนร้อยละ 0.5 ชาวเอเชียมีจำนวนร้อยละ 0.6 ชาวยุโรปและชาวโอเชียเนียมีจำนวนร้อยละ 0.8 ซึ่งพบในวัยเด็กมากกว่าวัยผู้ใหญ่และในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย (Celiac Disease Foundation, 2023; Grand View Research, 2023) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าชาวอเมริกาเป็นโรคนี้อายุถึงร้อยละ 1 ของประชากรอเมริกาหรือคิดเป็น 1 ใน 133 คน (Beyond Celiac Organization, 2023) ส่วนชาวอินเดียตอนเหนือมีจำนวนร้อยละ 1.23 อินเดียตะวันออกเฉียงเหนือมีร้อยละ 0.87 และอินเดียตอนใต้มีจำนวนร้อยละ 0.1 ของประชากรอินเดีย (Kou et al., 2018) ในประเทศจีนพบว่า ผู้ป่วยชาวจีนที่มีอาการท้องเสียในปี ค.ศ. 2021 เป็นโรคนี้อายุถึง 0.27 (Wan et al., 2021) ในส่วนของประเทศไทยพบว่า จำนวนผู้ป่วยโรคนี้อายุถึงประมาณร้อยละ 0.3 ของประชากรไทย (เศรษฐศาสตร์ตลาดสด, 2564) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

สำหรับภาวะแพ้ข้าวสาลีนั้น ข้าวสาลีเป็นหนึ่งในอาหารเฉพาะที่มีผู้แพ้จำนวนมากจากการสำรวจในช่วงปี ค.ศ. 2018-2019 ประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีจำนวนผู้แพ้ประมาณ 2.4 ล้านคน (Food Allergy Research & Education, 2024) และในช่วงปีดังกล่าวนี้ จำนวนผู้แพ้ข้าวสาลีในวัยเด็กมีประมาณร้อยละ 0.5 ของประชากรเด็ก และในวัยผู้ใหญ่มีจำนวนมากถึงร้อยละ 1.2 ของประชากรผู้ใหญ่ (Food Allergy & Anaphylaxis Connection Team, 2023) ส่วนในทวีปยุโรปนั้นพบว่า ข้าวสาลีเป็นอาหารที่กระตุ้นให้เกิดภาวะภูมิแพ้ชนิดรุนแรงและพบภาวะนี้บ่อยในวัยผู้ใหญ่ที่อาศัยอยู่ในยุโรปตอนกลาง (Kraft et al., 2021) และในส่วนของประเทศแถบเอเชีย นั้น จากการศึกษาในประเทศจีนมีการพบสารก่อภูมิแพ้ข้าวสาลีในผู้ป่วยที่เป็นภูมิแพ้ชาวจีนร้อยละ 7.30 โดยชาวจีนภาคเหนือมีอัตราการพบสารนี้มากกว่าชาวจีนภาคใต้ (Fengmei et al., 2023) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าผู้แพ้ข้าวสาลีในประเทศญี่ปุ่นและเกาหลีมักเกิดอาการแพ้รุนแรง ส่วนจำนวนผู้แพ้ข้าวสาลีในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีโอกาสเสี่ยงต่ออาการแพ้รุนแรง (Alison, Meera, and Bee, 2013)

ส่วนของภาวะไวต่อกลูเตนที่ไม่ใช่โรคเซลิแอคนั้น การสำรวจความชุกของภาวะนี้ทำได้ยากและยังไม่มีที่ยืนยันที่ชัดเจน เป็นเพียงการประเมินตนเองของผู้ป่วยซึ่งพบว่า อัตราการเกิดภาวะนี้ อยู่ระหว่างร้อยละ 0.49-14.9 ของประชากรทั่วโลก (Feliznando et al., 2021) ตัวอย่างจากการสำรวจมีดังนี้ ในปี ค.ศ. 2013 ประเทศอังกฤษมีผู้ป่วยร้อยละ 13 จากผู้เข้าร่วม 1,002 คน (Aziz, 2014) ในปี ค.ศ. 2020 ประเทศออสเตรเลียมีผู้ป่วยร้อยละ 13.9 จากผู้เข้าร่วม 1,322 คน (Potter et al.,

2020) และประเทศบราซิลมีผู้ป่วยร้อยละ 1.71 จากผู้เข้าร่วม 1,654 คน (Arámburo-Gálvez et al., 2020) และในปี ค.ศ. 2021 ประเทศปารากวัยมีผู้ป่วยร้อยละ 5.19 จากผู้เข้าร่วม 1,058 คน (Ontiveros et al., 2021)

ตลาดของเบเกอร์รี่กล้วยเตน

ผู้ป่วยจากโรคและภาวะการแพ้ที่เกี่ยวข้องกับกล้วยเตนนั้น แพทย์จะแนะนำให้หลีกเลี่ยงบริโภคอาหารที่มีกล้วยเตน และจากกระแสรักสุขภาพทำให้อาหารในกลุ่มกล้วยเตนเป็นที่ต้องการและมีแนวโน้มความต้องการที่เพิ่มขึ้น จากรายงานมูลค่าตลาดกลุ่มนี้มีมูลค่าที่ 5,900 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี พ.ศ. 2564 เมื่อเทียบกับในปี พ.ศ. 2553 ที่มีมูลค่าการตลาดที่ 2,500 ล้านดอลลาร์สหรัฐ คาดว่าอัตราการเติบโตต่อปีในช่วงปี พ.ศ. 2565-2573 อยู่ที่ร้อยละ 9.8 สอดคล้องกับข้อมูลทางสถิติของบริษัทสตาดิสต้า (Statista company) ที่คาดว่าภายในปี พ.ศ. 2575 การเติบโตของตลาดนี้ทั่วโลกจะสูงถึง 14,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ และผู้บริโภคประมาณร้อยละ 51 ของประชากรโลกจะเลือกบริโภคอาหารกล้วยเตนด้วยเหตุผลต่าง ๆ ทั้งด้านความปลอดภัยของอาหารและรูปแบบการดำเนินชีวิต (New Hope Network, 2023) โดยในปี พ.ศ. 2565 ผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่กล้วยเตนนี้นั้นมีส่วนแบ่งการตลาดอยู่ที่ร้อยละ 28.5 ซึ่งสูงกว่าผลิตภัณฑ์อาหารกล้วยเตนอื่น และคาดการณ์ว่าในช่วงปี พ.ศ. 2566-2573 ผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่กล้วยเตนและเบเกอร์รี่สุขภาพอื่นจะมีอัตราการเติบโตอยู่ที่ร้อยละ 11 โดยมีภูมิภาคอเมริกาเหนือเป็นตลาดที่ใหญ่ที่สุด ส่วนภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกเป็นตลาดที่เติบโตเร็วที่สุดในส่วนของผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่กล้วยเตนนี้นั้น ในปี พ.ศ. 2564 พบว่า ขนมปังกล้วยเตนมีส่วนแบ่งการตลาดเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 36.3 โดยในช่วงเวลาคาดการณ์นี้ ตลาดขนมปังกล้วยเตนยังคงครองตลาดเพราะสามารถตอบสนองความต้องการอาหารที่สะดวกและรวดเร็ว โดยเฉพาะในกลุ่มวัยทำงาน นอกจากนี้คาดว่าตลาดบิสกิตและคุกกี้เพื่อสุขภาพจะมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปีสูงเป็นอันดับสอง โดยความต้องการบิสกิตและคุกกี้ก็มีเพิ่มขึ้นในกลุ่มวัยเด็ก ดังนั้นผู้ผลิตจึงต้องปรับแต่งและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสนองต่อผู้ป่วย ผู้มีภาวะแพ้ที่เกี่ยวข้องกับกล้วยเตน และผู้ที่ต้องการอาหารสุขภาพด้วย (Grand View Research, 2023) ในส่วนตลาดอาหารกล้วยเตนในประเทศไทยนั้น สืบเนื่องจากการตระหนักรู้ถึงโรคที่เกี่ยวข้องกับกล้วยเตนและความต้องการอาหารสุขภาพที่เพิ่มขึ้นเป็นผลให้ตลาดอาหารกล้วยเตนรวมถึงผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่กล้วยเตนทั้งขนมปัง คุกกี้ เค้ก และเพสตรีทั้งที่ผลิตแบบโฮมเมดและการผลิตเชิงอุตสาหกรรมเติบโตและขยายตัวอย่างต่อเนื่องโดยนำเสนอทางเลือกที่หลากหลายและเข้าถึงได้ ในการพัฒนานี้มักต้องใช้วัตถุดิบและกระบวนการผลิตที่เหมาะสม ซึ่งแป้งถือเป็นส่วนผสมสำคัญ แป้งกล้วยเตนที่นำมาทำอาหารและผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่จึงมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้นด้วย (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2563) ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตข้าวเจ้าและข้าวเหนียวเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก ข้าวจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำคัญและเป็นอาหารหลักของคนไทย นอกจากนี้ ไทยยังปลูกมันสำปะหลังและข้าวโพดซึ่งเป็นพืชที่ไม่มีกล้วยเตน

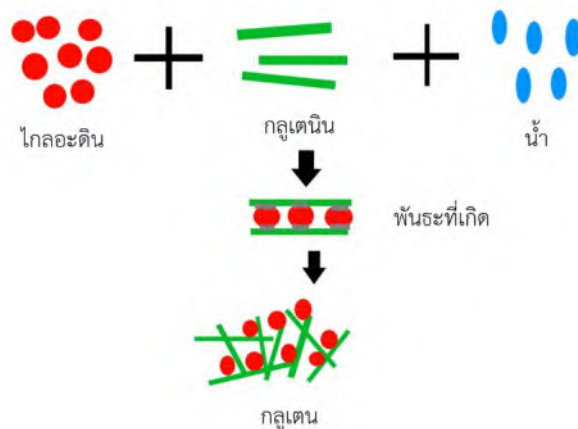
มีการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงแป้งที่ใช้เป็นส่วนผสมในเบเกอรี่ไว้กลูเตน ดังนั้นการผลิตเบเกอรี่กลุ่มนี้จึงช่วยสนับสนุนการใช้วัตถุดิบในประเทศ เป็นการลดต้นทุนได้เป็นอย่างดี และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัตถุดิบทางการเกษตรของไทยด้วย

กลูเตน

ผู้ผลิตและผู้บริโภคผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไว้กลูเตนควรเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะ แหล่งที่มา รวมถึงหน้าที่ของกลูเตนในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่แต่ละประเภทเพื่อหลีกเลี่ยง ป้องกันการปนเปื้อน และ ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่นำส่วนผสมอื่นมาทดแทนกลูเตน โดยกลูเตนเกิดจากการรวมตัวของโปรตีน ไกลอะดินและกลูเตนิน โดยกลูเตนจะมีความเหนียว ยืดหยุ่น และไม่ละลายน้ำ มักพบในธัญชาติบางชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวไรย์ และข้าวบาร์เลย์ เป็นต้น

1. องค์ประกอบและคุณสมบัติของกลูเตน

เมื่อผสมแป้งที่มีกลูเตนกับน้ำจะเกิดการรวมตัวของโปรตีน 2 ส่วนคือ ไกลอะดิน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของโพรลามิน (Prolamin) จับรวมตัวกับกลูเตนินที่อยู่ในกลุ่มของกลูเตลิน (Glutelin) ทำให้เกิดกลูเตนดังภาพที่ 1.1 โดยเป็นโครงสร้างที่จับกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ไดซัลไฟด์ (Disulfide bond) และพันธะที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าพันธะโคเวเลนต์ เช่น พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) และพันธะไอออนิก (Ionic bond) เป็นต้น ซึ่งมีความสำคัญต่อการรวมตัวของกลูเตนและโครงสร้างของก้อนแป้งที่ผสมได้หรือที่เรียกว่า โด (Dough)



ภาพที่ 1.1 แบบจำลองการเกิดกลูเตน

ที่มา: Pastry Workshop. (2020)

โปรตีนไกลอะดินประกอบด้วยกรดอะมิโนที่มีกลูตามีน (Glutamine) และโพรลามิน ปริมาณมาก และมีกรดอะมิโนไลซีน (Lysine) รวมถึงกรดอะมิโนที่มีกำมะถันอื่นบ้างเล็กน้อย โปรตีนกลุ่มนี้ไม่ละลายในน้ำและน้ำเกลือ เมื่อผสมกับน้ำจะให้ความสม่ำเสมอ ความหนืด ความเหนียว

ความยืดหยุ่น และการยึดตัวของโด โปรตีนไกลอะดินนี้มีโพรลามีนเป็นองค์ประกอบจึงสามารถละลายในแอลกอฮอล์และสารละลายกรดเจือจาง มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามแหล่งที่มา เช่น ในข้าวสาลีเรียกว่า ไกลอะดิน ในข้าวบาร์เลย์เรียกว่า ฮอร์เดอิน (Hordein) และในข้าวไรย์เรียกว่า เซคาลินา (Secalina) เป็นต้น

ส่วนกลูเตนินนั้นเป็นส่วนที่ไม่ชอบน้ำ มีองค์ประกอบของกรดอะมิโนคล้ายกับไกลอะดินสามารถละลายได้ในส่วนสารละลายกรดและสารละลายต่าง (เบส) เจือจาง ทำหน้าที่ในการยึดตัวของโดและยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ ทำให้โดมีกำลังที่จะอุ้มก๊าซที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูไว้ได้ ให้ความแข็งแรงตัวกับกลูเตน

คุณสมบัติการยึดตัวของกลูเตนนี้เป็นหนึ่งในบทบาทสำคัญของแป้งข้าวสาลีในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ทำให้สามารถเก็บก๊าซที่เกิดจากส่วนผสมอื่น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการขยายตัวและเพิ่มปริมาณได้ ทำให้เกิดโครงสร้างและเนื้อสัมผัสเฉพาะ กลูเตนในแป้งข้าวสาลีจึงมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่าแป้งอื่นถึงแม้จะใช้แป้งอื่นที่มีกลูเตนมาผสมหรือทดแทนแป้งข้าวสาลีก็ตาม ทั้งแป้งข้าวไรย์และแป้งข้าวบาร์เลย์ก็พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีขนาดเล็กและยังมีผลต่อลักษณะของเค้ก คุกกี้ และขนมปังที่ไม่ดีเท่าการใช้แป้งข้าวสาลีทั้งหมดในส่วนผสม

2. แหล่งที่มาของกลูเตน

กลูเตนมักพบในธัญชาติบางชนิด ในที่นี้จึงขอกล่าวถึงส่วนประกอบสำคัญของธัญชาติโดยรวมดังภาพที่ 1.2 ดังนี้

(1) เปลือกหุ้มผล หรือแกลบ (Fruit coat or Hull or Husk) ส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ให้โครงร่าง (เส้นใย) เช่น เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) แร่ธาตุ (ถ้า) โปรตีน และไขมันเล็กน้อย

(2) รำ (Bran) จัดเป็นแหล่งที่ดีของใยอาหาร (Dietary fiber) แบ่งเป็นชั้นย่อย ๆ ได้แก่

(2.1) ชั้นนอกสุด คือ เยื่อหุ้มรังไข่ (Pericarp) เป็นส่วนหนึ่งของผนังรังไข่ อาจหลุดลอกไปในกระบวนการทำความสะอาดเปลือกและทำความสะอาด

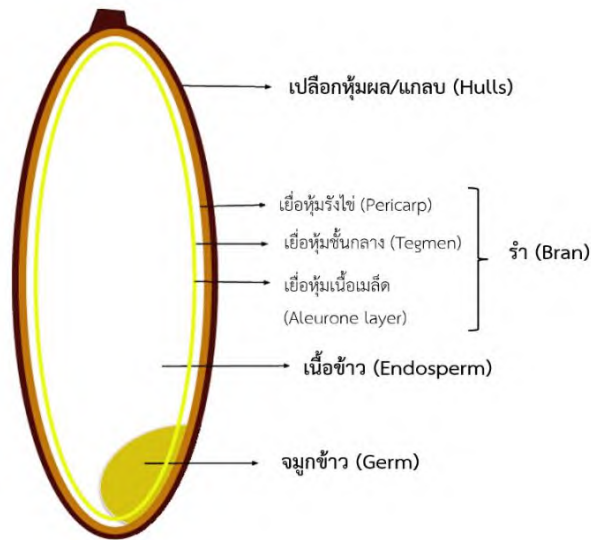
(2.2) เยื่อหุ้มชั้นกลาง (Tegmen) ประกอบด้วย เยื่อหุ้มเมล็ด (Testa or Seed coat) ที่มีสารให้สีจึงทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีต่าง ๆ ทั้งสีขาว แดง ม่วงแดง น้ำตาล ส้ม และดำ และเยื่อหุ้มไข่ (Hyaline layer or Nucellar) มีลักษณะโปร่งใส

(2.3) เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด (Aleurone layer) มีผนังเซลล์หนา มีองค์ประกอบทางเคมีของไขมัน โปรตีนแต่ไม่มีกลูเตน น้ำตาล และวิตามิน

(3) เนื้อข้าว หรือเอนโดสเปิร์ม (Endosperm) เป็นส่วนเนื้อในของเมล็ด เป็นส่วนที่มีปริมาณมากในเมล็ด มีสารอาหารส่วนใหญ่คือคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ที่มีแป้งหรือสตาร์ช (Starch) ในรูปของเม็ดแป้ง (Starch granule) อัดแน่นอยู่ในซึ่งมีโมเลกุลของอะไมโลส

(Amylose) และอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) เป็นส่วนประกอบ พืชแต่ละชนิดจะมีรูปร่างของเม็ดแป้งแตกต่างกัน มีทั้งแบบเหลี่ยม กลม และรี

(4) จมูกข้าว หรือคัพพะ (Germ or Embryo) เป็นส่วนที่จะเจริญเติบโตเป็นต้นอ่อน มักอยู่ด้านล่างของเมล็ด สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่เมื่อเมล็ดได้รับอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม มีสารอาหารปริมาณมากโดยเฉพาะโปรตีน ไขมัน วิตามินบี 1 และวิตามินอี



ภาพที่ 1.2 แบบจำลองส่วนประกอบสำคัญของธัญชาติ

ที่มา: ดัดแปลงจาก Aaron. (2020)

ตัวอย่างพืชที่มีกลูเตน ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวไรย์ ข้าวตริทิเคิลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวมอลต์ สเปลด์ และคามุต ดังนั้นอาหารและผลิตภัณฑ์ที่มีพืชเหล่านี้เป็นส่วนผสมจึงมีกลูเตนปนเปื้อนได้

2.1 ข้าวสาลี (Wheat) จัดเป็นแหล่งที่มาของกลูเตนมากกว่าข้าวชนิดอื่น เพราะมีการนำไปใช้ในอาหารและเครื่องปรุงรสต่าง ๆ เป็นพืชตระกูลหญ้าในเครือตริทิคัม (*Triticum*) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ ตริทิคัม อีสติวัม (*Triticum aestivum* L.) เปลือกเมล็ดมีสีน้ำตาล ด้านในมีเมล็ดแข็งมาก เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีน้ำตาลแดงเข้ม เมล็ดมีสีน้ำตาล ทรงรี มีร่องตรงกลาง ดังภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.3 เมล็ดข้าวสาลี

พันธุ์ข้าวสาลีที่เกี่ยวข้องและมักนำมาทำอาหารรวมถึงผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มี 3 พันธุ์ คือ

2.1.1 ตรีทิคัม ดูรัม (*Triticum durum* or *T. durum*) มีปริมาณโปรตีนสูงมากกว่าร้อยละ 14 บางคนเรียกว่า มาคาโรนท วีต (Macaront wheat) มักใช้ทำผลิตภัณฑ์เส้นกลุ่มพาสตา เช่น มะกะโรนี และสปาเกตตี เป็นต้น

2.1.2 ตรีทิคัม วุลกาเร (*Triticum vulgare* or *T. vulgar*) หรือตรีทิคัม อีสติคัม (*Triticum aestivum* or *T. aestivum*) มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูงอยู่ในช่วงร้อยละ 12-14 เมล็ดมีความแข็ง บางครั้งจึงเรียกว่า ข้าวสาลีชนิดแข็ง (Hard wheat) เมื่อทำเป็นแป้งแล้วมักใช้ทำขนมปัง รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นฟูจากยีสต์

2.1.3 ตรีทิคัม คอมแพคตัม (*Triticum compactum* or *T. compactum*) มีปริมาณโปรตีนต่ำ อยู่ในช่วงร้อยละ 8-10 เมล็ดมีความนุ่ม บางครั้งจึงเรียกว่า ข้าวสาลีชนิดอ่อน (Soft wheat) เมื่อทำเป็นแป้งแล้วมักใช้ทำเค้ก คุกกี้ และพายต่าง ๆ

นอกจากนี้ยังมีการแบ่งข้าวสาลีตามฤดูกาลที่ปลูกคือฤดูใบไม้ร่วงและฤดูใบไม้ผลิ ชื่อเรียกของข้าวสาลีจึงมีฤดูกาลอยู่ด้วย ได้แก่

(1) ข้าวสาลีที่ปลูกหรือหว่านในฤดูใบไม้ร่วง (Winter wheat) เป็นข้าวที่ปลูกในพื้นที่ที่ไม่หนาวมาก ข้าวจะเจริญเติบโตช้า ๆ และเมื่อถึงฤดูใบไม้ผลิ ข้าวที่หว่านนี้จะโตจนเก็บเกี่ยวได้ เมล็ดข้าวที่ปลูกมีทั้งชนิดแข็ง (Hard red winter wheat) และชนิดอ่อน (Soft red winter wheat) รวมถึงข้าวสาลีคุณภาพต่ำที่มีสีขาว (White winter wheat)

(2) ข้าวสาลีที่ปลูกหรือหว่านในฤดูใบไม้ผลิ (Spring wheat) เป็นข้าวที่ปลูกในพื้นที่ที่มีอากาศหนาวมาก และเก็บเกี่ยวก่อนถึงฤดูหนาว ข้าวเหล่านี้มีข้าวสาลีชนิดดูรัม (Durum white) ชนิดแข็ง (Hard red spring wheat) ชนิดอ่อน (Soft red spring wheat) และข้าวสาลีสีขาว (White spring wheat)

ข้าวสาลีที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นข้าวชนิดที่ปลูกในฤดูใบไม้ผลิ มีปริมาณโปรตีนไม่สูงมาก มักปลูกทางภาคเหนือตอนบน มักใช้ในการผลิตแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ อาจมีนำไปทำแป้งขนมปังได้แต่คุณภาพแป้งไม่ดีนัก ตัวอย่างพันธุ์ข้าวสาลีที่เหมาะสมกับการปลูก ได้แก่ พันธุ์สะเมิง 1 (INIA 66) และพันธุ์สะเมิง 2 (Sonora 64) ที่เป็นข้าวที่มีโปรตีนสูงอยู่ในช่วงร้อยละ 12-14 สามารถนำไปทำแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์และแป้งขนมปัง นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ฝาง 60 (#1015) พันธุ์แพร์ 60 (UP 262) พันธุ์อินทรี 1 (KU HR # 12) และพันธุ์อินทรี 2 (KU HR # 6) ซึ่งเป็นข้าวที่มีโปรตีนปานกลางอยู่ในช่วงร้อยละ 10-11 สามารถนำไปทำแป้งข้าวสาลีอเนกประสงค์ได้

องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดข้าวสาลี พบว่า ส่วนเนื้อเมล็ดมีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันมากกว่าแร่ธาตุและเส้นใย ส่วนรำมีเส้นใยสูง มีแร่ธาตุรองลงมา มีโปรตีนและไขมัน

น้อย และแทบไม่มีคาร์โบไฮเดรต ในส่วนของจมูกข้าวนั้นมีโปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุสูง มีเส้นใยเล็กน้อย และไม่มีคาร์โบไฮเดรต

เมล็ดข้าวสาลีมีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ รำ เนื้อเมล็ด และจมูกข้าว ในการผลิตแป้งเพื่อใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่โดยทั่วไปนั้นมักนำส่วนรำและจมูกข้าวออก มีการแบ่งชนิดของแป้งข้าวสาลีสำหรับการบริโภคได้ 3 ชนิดตามการใช้งานดังนี้

(1) แป้งขนมปัง (Bread flour) เป็นแป้งที่มีปริมาณโปรตีนสูงอยู่ระหว่างร้อยละ 12.5-14.0 ไม่จากข้าวสาลีชนิดแข็ง แป้งมีความหยาบ เมื่อถูด้วยมือจะรู้สึกกระคายมือ มีสีครีม ไม่ขาว มักใช้ทำขนมปัง และผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์ เช่น คราวชองต์ และเดนิชเพสตรี เป็นต้น

(2) แป้งข้าวสาลีเนกประสงค์หรือแป้งอเนกประสงค์ (All-purpose wheat flour or All-purpose flour) เป็นแป้งที่มีปริมาณโปรตีนสูงปานกลาง อยู่ระหว่างร้อยละ 10.0-11.0 ได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดแข็งกับชนิดอ่อนในสัดส่วนที่เหมาะสม มีขนาดเม็ดแป้งละเอียดกว่าและสีขาวกว่า แป้งขนมปัง ใช้ทำผลิตภัณฑ์หลายชนิด ซึ่งใช้เวลาในการนวดแป้งน้อยกว่าแป้งขนมปัง สามารถทำได้ทั้งขนมปัง เค้กบางชนิด พาย รวมถึงปาห้องโก้ และบะหมี่

(3) แป้งเค้ก (Cake flour) เป็นแป้งที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ อยู่ระหว่างร้อยละ 7.0-10.0 ไม่จากข้าวสาลีชนิดอ่อน เมื่อถูด้วยนิ้วมือจะรู้สึกอ่อนนุ่ม เนื้อแป้งเนียนละเอียด มีสีขาวกว่าแป้งขนมปัง และแป้งข้าวสาลีเนกประสงค์ สามารถนำมาทำคุกกี้ เค้ก รวมถึงซาลาเปา

นอกจากนี้ยังมีแป้งข้าวสาลีชนิดอื่นที่มักนำมาทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น แป้งโฮลวีต (Whole wheat flour) ซึ่งเป็นแป้งข้าวสาลีที่ไม่จากข้าวสาลีทั้งเมล็ด มีลักษณะหยาบคล้ายเกล็ด สีครีมจนถึงสีน้ำตาล มีสารอาหารและเส้นใยอาหารมาก มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นาน เนื่องจากมีส่วนของรำและจมูกข้าวที่มีองค์ประกอบของไขมันจึงเกิดกลิ่นหืนขึ้นได้ง่าย



ภาพที่ 1.4 ลักษณะแป้งขนมปัง แป้งข้าวสาลีเนกประสงค์ แป้งเค้ก และแป้งโฮลวีต (จากซ้ายไปขวา)

อาหารที่มีข้าวสาลีและแป้งข้าวสาลีเป็นส่วนผสม ได้แก่

- (1) กลุ่มผลิตภัณฑ์ขนมอบทั้งขนมปัง เค้ก คุกกี้ และพายต่าง ๆ
- (2) กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารอื่น เช่น ข้าวคูคูส (Couscous) ซึ่งเป็นข้าวสาลีชนิดดูรัมที่บดเป็นเม็ดเล็ก ผลิตภัณฑ์พาสตา บะหมี่ และปาห้องโก้ เป็นต้น

(3) กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปซึ่งมักผสมแป้งข้าวสาลีเพื่อทำหน้าที่ให้ความชื้น ช่วยยึดเกาะ และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะอื่นตามที่ต้องการ เช่น ให้ความชื้นในซูป ซอส และเครื่องปรุงรส เป็นต้น

2.2 ข้าวไรย์ (Rye) เป็นพืชตระกูลหญ้าในเครือตริทิเซ (*Triticeae*) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ ซีเคลี ซีเรียล (*Secale cereale* L.) เป็นเมล็ดพันธุ์โบราณ มีสายพันธุ์ใกล้เคียงกับข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ มักปลูกเป็นพืชคลุมดินและอาหารสัตว์ มีต้นกำเนิดประมาณ 6,500 ปี ก่อนคริสต์ศักราช ในแถบเอเชียตะวันตกเฉียงใต้ และกระจายไปทั่วทวีปยุโรป ทวีปเอเชีย และทวีปอเมริกาเหนือ ปลูกในแถบอากาศหนาวและแห้งแล้งจนได้รับฉายาว่า เมล็ดพืชแห่งความยากจน (Grain of poverty) มักปลูกสลับกับพืชชนิดอื่น เพราะซากของต้นข้าวไรย์สามารถเป็นปุ๋ยที่ดีให้กับพืชอื่นได้ และหากปลูกในพื้นที่ที่อุดมสมบูรณ์จะเจริญเติบโตได้รวดเร็ว ในส่วนของประเทศไทยนั้นมีการปลูกข้าวไร้น้อยมาก ส่วนใหญ่มักปลูกในสถานีทดลอง ดังนั้นข้าวไรย์ที่บริโภคในไทยจึงมักเป็นข้าวที่นำเข้า โดยลักษณะเมล็ดข้าวมีหลายรูปแบบทั้งแบบแหลม เรียว ป้อม มีร่องตรงกลาง มีสีผิวมีทั้งสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล ดังภาพที่ 1.5ก และแป้งข้าวไรย์ ดังภาพที่ 1.5ข



ก. เมล็ดข้าวไรย์¹



ข. แป้งข้าวไรย์²



ค. แป้งข้าวไรย์สีดำ²

ภาพที่ 1.5 ลักษณะของเมล็ดข้าวไรย์ (ก) แป้งข้าวไรย์ (ข) และแป้งข้าวไรย์สีดำ (ค)

ที่มา: ¹Naturally Ella. (n.d.); ²Westpoint. (n.d.)

พันธุ์ข้าวไรย์มีกว่า 50 สายพันธุ์ การแบ่งประเภทของแป้งข้าวไรย์สามารถแบ่งตามฤดูกาลปลูกได้ 2 ฤดู คือ ข้าวไรย์ที่ปลูกในฤดูใบไม้ผลิ (Spring rye) และข้าวไรย์ที่ปลูกในฤดูหนาว (Winter rye) และยังแบ่งตามการนำไปใช้ประโยชน์ คือ

(1) ข้าวไรย์ที่ใช้ทำอาหารของมนุษย์ซึ่งมักใช้ในรูปของแป้งที่นำมาทำขนมปัง (Rye bread) หรือผสมกับข้าวสาลีและแป้งอื่นเพื่อทำอาหารต่าง ๆ

(2) ข้าวไรย์ที่เป็นเมล็ดจะนำมาเลี้ยงสัตว์ (Rye millet or Rye berry) และอาจนำมาเป็นส่วนผสมของอาหารเสริม

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวไรย์คล้ายกับข้าวสาลีโดยเฉพาะโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต แต่อาจแตกต่างกัน ดังนี้

(1) โปรตีน ในข้าวไรย์และแป้งข้าวไรย์ ประกอบด้วย ไกลอะดิน และกลูเตนิน แต่ปริมาณของกลูเตนินต่ำกว่าของข้าวสาลี ดังนั้นเมื่อนำมาผสมกับน้ำแล้วโดจะมีความเหนียวน้อยกว่าโดของแป้งข้าวสาลี หากนำมาทำขนมปังจะมีความยืดหยุ่นและกักเก็บก๊าซได้น้อยกว่าแป้งข้าวสาลี

(2) คาร์โบไฮเดรต ในข้าวไรย์จะคล้ายกับข้าวสาลี ซึ่งข้าวไรย์จัดเป็นแหล่งใยอาหารที่มีปริมาณสูงโดยเฉพาะเพนโตซาน (Pentosans) ที่มีคุณสมบัติดูดน้ำได้ดี ทำให้การรวมตัวที่ต้องการน้ำเป็นส่วนประกอบเกิดการยากขึ้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการกลูเตน เช่น ขนมปังจะมีความเหนียวและขนาดลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าวไรย์มีปริมาณใยอาหารสูงกว่าธัญชาติอื่นและจัดเป็นแป้งประเภทค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Low GI) ทำให้เมื่อรับประทานแล้วระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มน้อย

นอกจากนี้ข้าวไรย์ยังมีปริมาณโพแทสเซียมและฟอสฟอรัสสูง หากเป็นแป้งข้าวไรย์สีดํา (Dark rye flour) ที่ผลิตจากเมล็ดข้าวไรย์ที่ไม่ผ่านการขัดสีจะมีทั้งจมูกข้าวและรำข้าวจึงยังมีสารอาหารต่าง ๆ อยู่สูง ดังภาพที่ 1.5ค

อาหารที่มีข้าวไรย์และแป้งข้าวไรย์เป็นส่วนผสม ได้แก่

(1) กลุ่มผลิตภัณฑ์ขนมอบ ได้แก่ ขนมปัง ที่เด่นชัดคือ พัมเพอร์นิคเกิล (Pumpernickel) ที่ทำให้สุกด้วยการนึ่ง

(2) กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารอื่น เช่น ข้าวไรย์ที่รีดเป็นแผ่น (Rye flakes) ใช้ผสมในอาหารเข้าพวกซีเรียลและผสมในไส้ขนม

(3) เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ โดยใช้ข้าวไรย์ร่วมในการหมัก เช่น ยิน (Gin) วิสกี้ (Whisky) และเบียร์ (Beer) เป็นต้น

2.3 ข้าวตริทีกาลี (Triticale) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ ซีเคิลี ตริทีกัม (*Secale Triticum* L.) มีชื่อมาจากคำว่าตริทีกัม (*Triticum*) ของข้าวสาลีและซีเคิลี (*Secale*) ของข้าวไรย์ ซึ่งเป็นข้าวที่ผสมพันธุ์มาจากเกสรตัวเมียของข้าวสาลีและเกสรตัวผู้ของข้าวไรย์ที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการช่วงปลายศตวรรษที่ 19 ในประเทศสกอตแลนด์และเยอรมนี ข้าวนี้จะมีความทนทานต่อสิ่งแวดล้อม เมล็ดมีขนาดใหญ่และยาวกว่าเมล็ดข้าวสาลี แบ่งได้ 3 แบบ คือ

2.3.1 การผสมระหว่างพันธุ์ข้าวไรย์และข้าวสาลีชนิดอ่อน (Two-species octoploid)

2.3.2 การผสมระหว่างพันธุ์ข้าวไรย์และข้าวสาลีชนิดดุกริม (Two-species hexaploid)

2.3.3 การผสมระหว่างพันธุ์ข้าวไรย์ ข้าวสาลีชนิดอ่อน และข้าวสาลีชนิดดุกริม (Trispecies hexaploid)

ในอดีตมักใช้ข้าวนี้เป็นอาหารสัตว์ แต่ในปัจจุบันมีการพัฒนาสายพันธุ์ให้มีจุดเด่นคือโปรตีนรวมถึงปริมาณกลูเตนและวิตามินสูงกว่าข้าวสาลี สามารถนำมาผลิตขนมปัง ขนมอบ ขนมหวาน