บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวเกรียบเป็นอาหารขบเคี้ยว (snack food) ที่นิยมบริโภคทั่วไป โดยรับประทานเป็นอาหารว่างหรือเป็นของแกล้มคู่เครื่องดื่มประเภทต่าง ๆ ข้าวเกรียบมีแป้งเป็นส่วนประกอบหลักผสมด้วยเนื้อสัตว์หรือผลไม้ต่าง ๆ ซึ่งจะเรียกชื่อข้าวเกรียบตามวัตถุดิบนั้น ข้าวเกรียบที่ได้รับความนิยมมาก คือ ข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลา ซึ่งมีการผลิตในระดับโรงงาน ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ คือ การพองตัว ความกรอบ และรสชาติ

2.1. ข้าวเกรียบปลาและส่วนผสมหลัก

1. แป้ง นิยมใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากมีผลต่อการพองตัวดีกว่าแป้งชนิดอื่น อาจมีการผสมแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้าหรืออื่น ๆ ลงไป แป้งเหล่านี้นอกจากจะมีผลต่อการพองตัวแล้วยังมีผลต่อ ความสม่ำเสมอของผิว และการบิดงอม้วนตัว ทั้งนี้มีผลจากปริมาณอะไมโลส อะไมโลเพคติน โครงสร้างขนาดและรูปร่างของแป้ง พบว่าแป้งที่มีอะไมโลสสูงการเกิดเจลจะมีความหนืดมาก ส่งผลให้การพองตัวของข้าวเกรียบไม่ดี ส่วนแป้งที่มีอะไมโลเพคตินสูง การแตกตัวจะง่ายเมื่อทำเป็นข้าวเกรียบจะพองตัวได้มาก ปกติเม็ดสตาร์ชจะไม่ละลายในน้ำเย็น เมื่ออยู่ในน้ำอุ่นเม็ดสตาร์ชสามารถดูดน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย ซึ่งการพองตัวสามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้ โดยเม็ดสตาร์ชสามารถหดตัวลงได้เมื่อนำไปอบไล่น้ำออกหรือทำให้แห้ง แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นเรื่อย ๆ เม็ดสตาร์ชจะพองตัวมากขึ้นจนกระทั่งแตกได้เป็นสารละลายข้นหนืดเรียกกระบวนการนี้ว่าเจลาติไนเซชั่น ซึ่งเป็นส่วนผสมของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน และเมื่อปล่อยสารละลายนี้ให้เย็นลงจะเกิดเป็นเจล จึงใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืดให้กับผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด เมื่อทิ้งสตาร์ชหนืดข้นและใสนี้ให้เย็นตัวลง แป้งจะตกผลึกมีลักษณะแข็งกระด้างขึ้น แป้งไม่สามารถละลายน้ำได้อีก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า retrogradation ซึ่งสามารถเกิดได้ทั้งอะไมโลสและอะไมโลเพคติน สำหรับอัตราการเกิด retrogradation ขึ้นกับสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้ง (Fennema, 1996)

แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca flour) ผลิตโดยนำหัวมันสำปะหลังสดมาผ่านเครื่องร่อนให้ดินและทรายหลุดออก แล้วผ่านเข้าเครื่องล้าง เครื่องสับ ขูดหัวมัน และบดหัวมัน โดยใช้น้ำผสมตามลำดับ ซึ่งจะได้น้ำแป้งแล้วนำมาผ่านเครื่องกรองเพื่อแยกกากและน้ำแป้ง กากมันที่ได้จะนำไปตากแห้งเพื่อจำหน่ายต่อไป ส่วนน้ำแป้งจะถูกนำมาผ่านเครื่องฟอกและขจัดยางออกโดยใช้ไอกำมะถัน ทำให้ได้น้ำแป้งขาวบริสุทธิ์ แล้วนำไปผ่านเข้าเครื่องสลัดให้ข้น สลัดให้แห้ง แล้วผ่านเข้าเครื่องอบจะได้แป้งผงตามต้องการ (เจริญศักดิ์, 2532)

การแบ่งคุณภาพของแป้งมันสำปะหลัง ถูกกำหนดโดยผู้ผลิตและผู้ซื้อ แต่ละเกรดลักษณะพื้นฐานของคุณภาพไม่เหมือนกัน เพราะยังไม่มีการกำหนดเกรดเป็นทางการ ในการส่งออกเรียกว่า Grade A, B และ Special High Grade ในการซื้อขายคุณภาพหลักของแป้งที่ต้องบ่งให้ชัดเจนคือ ความชื้น ความเป็นกรด – ด่าง สี ขนาดของเม็ดแป้ง ซึ่งวัดด้วยอัตราการผ่านตะแกรงมาตรฐาน ส่วนประกอบที่เป็นเนื้อแป้ง เยื่อใย การเป็นเถ้าและที่สำคัญที่สุด คือ ความหนืดขั้นต่ำ (minimum viscosity) โดยทั่วไปแป้งมันสำปะหลังคุณภาพดีมักมีความหนืดอยู่ระหว่าง 650 – 670 Brabender Unit

ศิวาพร และ สลักจิต (2536) ศึกษาการนำแป้งข้าวฟ่างมาทดแทนแป้งมันสำปะหลังในการผลิตข้าวเกรียบข้าวฟ่าง พบว่าสูตรที่เป็นที่ยอมรับ คือ แป้งข้าวฟ่าง 50% แป้งมันสำปะหลัง 30% แป้งข้าวเหนียว 5% กุ้งหรือปลา 10% เครื่องเทศ 3.5% และเกลือ 1.5% กระบวนการผลิตที่เหมาะสม คือ นึ่ง 30 นาที แช่แข็ง 12 ชั่วโมง ข้าวเกรียบข้าวฟ่างควรมีความชื้นประมาณ 8% ก่อนทอดและทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิ 180^{0} ซ เป็นเวลา 15 วินาที

สมชาย และคณะ (2533) พบว่าคุณภาพโปรตีนของข้าวเกรียบทอดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วยแป้งผสมสูตร 1 ปริมาณ 10% (แป้งผสมสูตรที่ 1 ประกอบด้วย แป้งถั่วลิสงพร่องไขมัน แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม และแป้งงาพร่องไขมัน 40, 40 และ 20% ตามลำดับ) ข้าวเกรียบทอดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วยแป้งผสมสูตร 2 ปริมาณ 20% (แป้งผสมสูตร 2 ประกอบด้วยแป้งถั่วลิสงพร่องไขมัน แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม และแป้งงาพร่องไขมัน 25, 50 และ 25% ตามลำดับ) และข้าวเกรียบทอดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วยแป้งผสมสูตร 3 ปริมาณ 20% (แป้งผสมสูตร 3 ประกอบด้วยแป้งถั่วลิสงพร่องไขมัน แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม 50% เท่ากัน) มีคุณค่าทางโภชนาการดีขึ้นคือ มีปริมาณของกรดอะมิโนเมทไทโอนีน + ซีสตีน 74, 77 และ 66 มิลลิกรัม/กรัมของโปรตีนตามลำดับ ส่วนปริมาณของกรดอะมิโนทริปโตเฟนเท่ากับ 130, 140 และ 140 มิลลิกรัม/กรัมของโปรตีนตามลำดับ เปรียบเทียบกับข้าวเกรียบ

ทอดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีปริมาณของกรดอะมิโนเมทไทโอนีน + ซีสตีน และกรดอะมิโนทริปโตเฟนเท่ากับ 43 และ 50 มิลลิกรัม/กรัมของโปรตีนตามลำดับ

สมชาย และคณะ (2534) พบว่าข้าวเกรียบทอดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วยแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน 20% โดยน้ำหนัก และข้าวเกรียบทอดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วยแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม 20% โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับข้าวเกรียบทอดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 12.01, 10.93 และ 0.55% โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ คุณภาพของโปรตีนของข้าวเกรียบทอดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วยแป้งถั่วลิสงพร่องไขมัน 20% โดยน้ำหนักและข้าวเกรียบทอดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเสริมโปรตีนด้วยแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม 20% โดยน้ำหนัก มีปริมาณของกรดอะมิโนเมทไทโอนีน + ซีสตีน และกรดอะมิโนทริปโตเฟนอยู่ในช่วง 63 – 66 และ 120 – 150 มิลลิกรัม/กรัมของโปรตีนเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบทอดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวซึ่งมีค่าเท่ากับ 43 และ 50 มิลลิกรัม/กรัมของโปรตีน

Yu and Low (1992) ศึกษาการพรี - เจลาติไนเซชั่นแป้งมันสำปะหลังด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกที่มีผลต่อการขยายตัวของข้าวเกรียบปลาขณะทอด พบว่าแป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำในอัตราส่วน 70 : 30 แล้วนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกที่อุณหภูมิ 133.5, 143.6 และ 151.8°ซ จะมีอัตราการขยายตัวของข้าวเกรียบปลาเป็นเส้นตรงมากกว่าสูตรการทดลองอื่น ๆ และข้าวเกรียบปลาที่มีการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกที่อุณหภูมิ 133.5°ซ ได้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุด

2. ปลา มักใช้ในรูปของสด ปลาที่ใช้จะต้องมีคุณสมบัติเมื่อนวดแล้วจะเหนียวดี คือ ต้องมีปริมาณไมโอซินสูง เนื่องจากความเหนียวของเนื้อปลาจะทำให้แป้งเกาะตัวกันดีในขณะทำการปั้นเป็นก้อน โดยนำเนื้อปลาที่บดละเอียดแล้วมานวดกับเกลือ ปริมาณของเกลือที่ใช้ คือ 1.80 – 2.50% ของน้ำหนักแป้ง สำหรับปลาทุกชนิดที่ทำลูกชิ้นได้ก็นำมาเป็นส่วนผสมของข้าวเกรียบปลาได้ เช่น ปลาอินทรีย์ ปลาฉลาม ปลาดาบยาว ปลากราย และปลาหน้าดินอื่น ๆ ที่มีราคาถูก เช่น ปลาทรายแดง ปลาทรายขาว และปลาปากคม เป็นต้น สำหรับปริมาณเนื้อปลาที่ใช้นั้นแตกต่างกันตามสูตรของข้าวเกรียบปลา (สายใจ, 2543)

3. น้ำ ปริมาณน้ำมีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้งมาก ถ้าใช้น้ำมากเกินไปเม็ดแป้งจะแตกตัวได้มากทำให้ได้เจลที่เหนียว ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้น้ำน้อยเกินไปแป้งจะพองตัวน้อย เกิดเจลน้อย ได้ก้อนแป้งที่ร่วน กรอบ และเมื่อนำมาทอดจะไม่พองตัว (สายใจ, 2543)

4. เครื่องเทศที่นิยม คือ กระเทียมและพริกไทย การใส่พริกไทยลงในข้าวเกรียบมีผลทำให้การยอมรับของผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้น ข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลาใช้พริกไทยไม่เท่ากันขึ้นกับความชอบของผู้บริโภคด้วย ปริมาณที่ใช้อยู่ระหว่าง 0.6 – 2.0% ของน้ำหนักแป้งรวมกับปลา กระเทียมมีสารอัลลิอิน (alliin) ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นสารอัลลิซิน (allicin) เมื่อบดหรือขยี้ทำให้เกิดกลิ่นอย่างรุนแรงแต่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ปริมาณการใช้แต่ละสูตรจะแตกต่างกันไปขึ้นกับวัตถุดิบและความชอบ ถ้าข้าวเกรียบกุ้ง ข้าวเกรียบปลาจะใช้กระเทียม 0.5 – 10.0%

5. วัตถุปรุงแต่งรส ได้แก่ น้ำตาล เกลือและผงชูรส น้ำตาลมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งทำให้เม็ดแป้งพองตัวช้าลง ถ้าใส่น้ำตาลมากเกินไปจะทำให้แป้งเปียกไม่พองตัว ข้าวเกรียบที่ไม่พองตัวเมื่อนำไปทอดที่อุณหภูมิสูงอาจทำให้น้ำตาลไหม้ได้ส่งผลให้ข้าวเกรียบมีสีน้ำตาลเข้ม อย่างไรก็ตามข้าวเกรียบส่วนใหญ่ไม่มีการใส่น้ำตาล เกลือเป็นสารที่เพิ่มรสชาติให้กับข้าวเกรียบ เมื่อใส่เกลือลงในแป้งจะทำให้ความหนืดของแป้งเปียกและเจลลดลง ข้าวเกรียบที่มีการใส่กุ้งสดหรือปลาสด เกลือจะทำให้โปรตีนไมโอซินละลายออกมาทำให้ส่วนผสมมีความเหนียวมากขึ้น แต่การใส่เกลือมากเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นสูง ปริมาณเกลือที่ใช้ในข้าวเกรียบอยู่ระหว่าง 0.74 - 1.70% ของน้ำหนักแป้งรวมกับปลา

6. สี ไม่ควรใส่สีเกิน 300 ส่วนในล้านส่วน แต่ปริมาณที่พบในข้าวเกรียบอาจมากถึง 300 – 2,000 ส่วนในล้านส่วน สำหรับข้าวเกรียบกุ้งที่จำหน่ายในท้องตลาดมีการใส่สีน้ำตาลอมส้มหรือสีแสด เพื่อให้ดูสีคล้ายสีของกุ้ง ในปัจจุบันประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 66 พ.ศ. 2525 ห้ามใช้สีในข้าวเกรียบทุกชนิด

7. น้ำมันสำหรับทอด น้ำมันเป็นตัวนำความร้อน ทำให้ข้าวเกรียบพองตัว ช่วยหล่อลื่นไม่ให้ข้าวเกรียบติดภาชนะที่ใช้ทอด ทำให้เกิดสี และเพิ่มรสชาติให้ข้าวเกรียบด้วย น้ำมันจะสัมผัสกับข้าวเกรียบตลอดเวลาที่ทอด ฉะนั้นคุณสมบัติของน้ำมันที่ใช้จึงมีผลต่อคุณภาพของข้าวเกรียบมาก น้ำมันที่เหมาะสำหรับทอดจะต้องบริสุทธิ์ ไม่สลายตัวได้ง่าย ใช้อุณหภูมิ 160 - 180 °ซ ในการทอด อย่าใส่เกลือหรือเครื่องเทศในอาหารขณะทอด ควรทอดอาหารทีละน้อยถึงแม้ต้องทอดอาหารปริมาณมาก รักษาระดับน้ำมันที่ใช้ทอดให้คงที่ เลิกใช้น้ำมันทอดก่อนที่จะเกิดควัน เกิดฟอง กรองน้ำมันและล้างกะทะทุกวัน เมื่อเลิกใช้น้ำมันควรลดอุณหภูมิ และปิดฝามิให้น้ำมันได้รับแสงสว่างหรือแสงอุลตราไวโอเลต เลือกวัสดุที่ใช้ทำภาชนะในการทอดให้เหมาะสม เช่น เหล็กและทองแดงจะเร่งการเกิดออกซิเดชั่น (มณฑาทิพย์, 2535) ถึงแม้การทอดเป็นการลดความชื้นและเพิ่มน้ำมันในข้าวเกรียบแต่ก็ไม่ควรให้น้ำมันเหลืออยู่ในข้าวเกรียบมากนัก เพราะนอกจากผู้ผลิตจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมากแล้ว ยังทำให้ข้าวเกรียบมีผิวเยิ้มเหนียวเหนอะหนะไม่น่ารับประทาน

Vasanti et al. (1996) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการทอดผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว คือ อุณหภูมิของน้ำมัน 200°ซ เวลาที่ใช้ทอด 40 วินาที ความชื้นเริ่มต้นก่อนทอดที่เหมาะสม 15% โดยน้ำหนักแห้ง

ข้าวเกรียบที่จำหน่ายในท้องตลาดมีทั้งแบบสำเร็จรูป รับประทานได้ทันที และแบบกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งต้องนำมาทอดก่อนรับประทาน ข้าวเกรียบที่ผ่านการทอดแล้ว ต้องเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทไม่ให้อากาศเข้าได้ เพราะจะทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียความกรอบและเกิดปฏิกิริยาระหว่างไขมันกับออกซิเจนทำให้เกิดกลิ่นหืนได้

ไขมันและน้ำมันจะมีจุดหลอมเหลวแตกต่างกัน เนื่องจากมีผลึก (crystal form) มากกว่า 1 แบบที่เรียกว่า โพลิมอร์ฟลิซึม (polymorphism) มีลักษณะเป็นเส้นยาว สำหรับไตรกลีเซอไรด์จะมี 3 รูปแบบคือ α, β และ β' (Gutcho, 1973) ตัวอย่างของไขมันและน้ำมันที่มีผลึกเป็นแบบ β crystal ได้แก่น้ำมันถั่วเหลือง (soybean) น้ำมันหมู (lard) น้ำมันมะพร้าว (coconut oil) เนยที่ทำจากเมล็ดโกโก้ (cocoa butter) น้ำมันถั่วลิสง (peanut) น้ำมันข้าวโพด (corn) และน้ำมันดอกทานตะวัน (sunflower) ส่วนไขมันที่มีผลึกเป็นแบบ β' crystal ได้แก่น้ำมันเมล็ดฝ้าย (cottonseed) น้ำมันปาล์ม (palm) ไข (tallow) และน้ำมันเมล็ดผักกาด (rapeseed) โดยไขมันและน้ำมันที่มีผลึกเป็นแบบ β' crystal จะมีโมเลกุลขนาดเล็ก เนียนเรียบ หลอมเหลวง่าย (plasticity) มีความเสถียรต่อความร้อนสูง ในขณะที่ไขมันและน้ำมันที่มีผลึกเป็นแบบ β crystal จะมีโมเลกุลขนาดใหญ่ ไม่เนียนเรียบ ไม่มีความเสถียรต่อความร้อน (ตาราง 2.1)

ตาราง 2.1 ผลึกของไขมันและน้ำมันจากแหล่งต่าง ๆ กัน

β crystal	β' crystal
Soybean	Cottonseed
Lard	Palm
Coconut oil	Tallow
Cocoa butter	Rapeseed
Peanut	
Corn	
Sunflower	

ที่มา : Gutcho (1973)

น้ำมันปาล์ม น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันปาล์มที่ผ่านกระบวนการไฮโดรจีเนชั่น น้ำมันปาล์มสเตียรินจะมีความเสถียรต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและเสถียรต่อการทอดที่อุณหภูมิสูงเนื่องจากมีผลึกของไขมันแบบ β' crystal และมีสารกันหืนตามธรรมชาติ เช่น วิตามินอีปริมาณมาก (Gutcho, 1973) น้ำมันปาล์มถูกย่อยสลายได้ง่าย ร่างกายสามารถดูดซึมเอาไปใช้ประโยชน์ได้ดี คุณสมบัติที่สำคัญคือ สามารถยับยั้งโรคเส้นโลหิตตีบตัน ไม่มีผลกระทบต่อระดับโคเลสเตอรอลในร่างกายและความดันโลหิต นอกจากนี้น้ำมันปาล์มยังมีสารต่อต้านเนื้องอกและไม่กระตุ้นให้เกิดความรุนแรงของอาการในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทั้งในระยะเริ่มแรกและในระยะหลังของการเปลี่ยนแปลงเป็นมะเร็ง น้ำมันปาล์มเป็นแหล่งคุณค่าทางอาหารที่สำคัญเนื่องจากมีเบตา – แคโรทีน, โทโคฟีรอล (tocopherol) และโทโคไตรอีนอลส์ (tocotrienols) ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารที่ป้องกันกระบวนการออกซิเดชั่น พบว่าถ้าบริโภคอาหารที่มีเบต้า – แคโรทีน (β - carotein) ต่ำมากจะมีอัตราเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งที่ปอดและหลอดลมสูง ส่วนโทโคไตรอีนอลส์ (tocotrienols) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการแข็งตัวของเลือด ช่วยปรับและลดระดับโคเลสเตอรอลและเป็นตัวช่วยป้องกันการเกิดของสารที่ก่อมะเร็งในร่างกาย (วิภา, 2541)

น้ำมันปาล์มประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่น พบว่ากรดปาล์มมิติคไม่มีผลกระทบต่อระดับโคเลสเตอรอลในพลาสมาของคนปกติที่ได้รับโคเลสเตอรอลในระดับต่ำกว่าในระดับวิกฤติ (ปริมาณโคเลสเตอรอลในระดับวิกฤติมีค่าเท่ากับ 400 มิลลิกรัม/วัน) กรดปาล์มมิติคจะทำให้ระดับโคเลสเตอรอลในพลาสมาเพิ่มขึ้นในคนที่ได้รับโคเลสเตอรอลเกินระดับวิกฤติ หรือผู้ที่เป็นโรคโคเลสเตอรอลในเลือดสูงเท่านั้น จากข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าน้ำมันปาล์มเป็นแหล่งอาหารที่ให้พลังงานและมีราคาถูกซึ่งมีผลกระทบต่อเมตาบอลิซึมของโคเลสเตอรอลต่ำมาก (Khosla and Hayes, 1994)

2.2. คุณภาพของข้าวเกรียบปลา

2.2.1. คุณสมบัติของข้าวเกรียบปลา (อมรรัตน์ และ วิวัธน์, 2526)

1. มีปริมาณความชื้นต่ำ จึงดูดความชื้นได้รวดเร็ว ทำให้อาหารไม่กรอบ เหนียว

2. มีปริมาณไขมันสูง เนื่องจากทอดในน้ำมัน ถึงแม้น้ำมันมีส่วนช่วยเพิ่มรสชาติในการรับประทาน แต่ก็ก่อปัญหาในด้านการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเกิดการหืนได้ง่าย

3. มีความกรอบและเปราะบางแตกได้ง่าย ทำให้เสียรูป แตกหักได้ง่ายเมื่อถูกกดทับ

4. มีรสชาติเฉพาะ

5. มีกลิ่นหอมของข้าวเกรียบ ไม่มีกลิ่นหืนหรือกลิ่นแปลกปลอม

2.2.2. คุณลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาปรับปรุงคุณภาพข้าวเกรียบปลา

1. ข้าวกล้อง (Brown rice) เป็นข้าวที่ได้รับการกระเทาะเปลือกหุ้มเมล็ดออกเท่านั้น ยังไม่ถูกขัดสี มีลักษณะสีน้ำตาลแดง เนื่องมาจากรงควัตถุที่อยู่บริเวณเปลือกหุ้มเมล็ด ข้าวกล้องจึงเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวขาว หรือข้าวขัดสีมีคาร์โบไฮเดรตในปริมาณสูง อีกทั้งมีไทอะมีน (thiamine) และน้ำมันประมาณ 5 เท่าของข้าวขัดสี ในขณะที่ปริมาณเส้นใยอาหาร วิตามิน และเกลือแร่ เช่นไนอะซีน (niacin), ฟอสฟอรัส (phosphorus), โปตัสเซียม (potasium), เหล็ก (iron), โซเดียม (sodium) และไรโบฟลาวิน (riboflavin) มีมากกว่าประมาณ 2 – 3 เท่า (สายสนม, 2541)

ข้าวกล้องอุดมด้วยวิตามินและเกลือแร่ที่สำคัญต่อร่างกายแต่มีปริมาณโซเดียมต่ำ และไม่มีโคเรสเตอรอล (cholesterol) ปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องมีเพียง 7.2% (N x 5.95) ซึ่งต่ำกว่าข้าวขาว โปรตีนของข้าวกล้องประกอบด้วย โปรตีนกลูเตลิน (glutelin) หรือโอริเซนิน (oryzenin) ซึ่งมีปริมาณสูงสุดประมาณ 55 – 88% รองลงมาคือ โปรลามีน (prolamin) มีปริมาณ 1.6 – 20.6% ส่วนโปรตีนอัลบลูมิน (albumin) และกลูโบลิน (globulin) จะมีปริมาณต่ำมาก แต่คุณภาพโปรตีนในข้าวดีกว่าโปรตีนในธัญชาติชนิดอื่นเพราะมีชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูง ข้าวกล้องมีไขมัน 1.9% น้ำมันที่ผลิตจากส่วนนี้จัดเป็นน้ำมันบริโภคที่มีคุณภาพสูง สารประกอบอื่นที่อยู่ในส่วนของน้ำมันนี้มีผลดีในการป้องกันโรคและเสริมสร้างสุขภาพหลายด้านด้วยกัน คือน้ำมันในรำข้าวจะมีกรดไขมันอิ่มตัวเพียง 19% เท่านั้น แต่จะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงถึง 77% ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลเพียง 1 อัน (monounsaturated) คือกรดโอเลอิก 41% ส่วนอีก 36% เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลมากกว่า 1 อัน (polyunsaturated) ได้แก่ กรดลิโนเลอิก 34.3% และ กรดลิโนเลนิก 1.7% ส่วนที่เหลือ 4% คือส่วนที่ไม่ถูกสปอนนิไฟน์ (unsaponifiable matter) คือ ไขข้าว (rice wax) เลซิทิน (lecithin) และโอริซานอล (oryzanol) ซึ่งมีอยู่ในส่วนนี้ 20 - 30% เป็นส่วนที่มีคุณค่ามาก เนื่องจากทำหน้าที่เป็นสารกันหืนตามธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพช่วยลดปริมาณโคเลสเตอรอลในเลือดได้ และมีปริมาณสูงกว่าในพืชอื่น ๆ แต่ในกระบวนการรีไฟน์น้ำมันรำข้าวส่วนนี้จะถูกกำจัดออกไป แต่หากบริโภคข้าวกล้องจะได้รับส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพนี้อย่างสมบูรณ์ (สายสนม, 2541) ข้าวกล้องจะมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 3 – 6 เดือน การเสื่อมเสียของข้าวกล้องเกิดจากกลิ่นและรสที่ไม่พึงประสงค์เนื่องจากมีน้ำมันปริมาณมากซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาการเหม็นหืนได้สูง

2. ปลาดุกด้าน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Clarias batrachus* (Linnaeus) เป็นปลาไม่มีเกล็ด ไม่มีครีบไขมัน ความยาวของลำตัวมาตรฐานประมาณ 6 – 7 เท่าของความหนาของลำตัว มีหนวด 4 คู่ ด้านหลังลำตัวเป็นสีเทาปนดำหรือน้ำตาลปนดำ บริเวณส่วนท้องค่อนข้างขาว หรือบางครั้งพบว่ามีสีขาวตลอดลำตัว (ดุกเผือก) หรือพบมีจุดขาวบริเวณลำตัว (ดุกเอ็น) ตาอยู่ด้านบน อวัยวะเพศตัวผู้เป็นติ่งยาวยื่นออกมา ในเพศเมียจะมีอวัยวะเพศค่อนข้างกลมและสั้นกว่าในเพศผู้ (ชูศักดิ์, 2535)

ได้มีงานวิจัยที่นำปลามาทำข้าวเกรียบปลาดังนี้ ดวงใจ และ นงนุช (2533) ศึกษาการทำข้าวเกรียบปลานิล พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งมันสำปะหลังต่อเนื้อปลานิล คือ 65 : 35 ระยะเวลาในการนึ่งที่เหมาะสมคือ 60 นาที ได้ข้าวเกรียบปลานิลที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดและสภาวะในการอบแห้งที่เหมาะสมที่สุด คือที่อุณหภูมิ 50 – 65°ซ เวลา 180 นาที

ปราณิศา และคณะ (2541) พบว่าข้าวเกรียบทอดที่ผลิตจากโปรตีนของกุ้งที่ทำให้ตกตะกอนด้วยความร้อนก่อนผสมกับแป้งมีคะแนนความชอบและมีเปอร์เซ็นต์การพองตัวสูงกว่าข้าวเกรียบทอดที่ผลิตจากโปรตีนของกุ้งที่ไม่ผ่านความร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ศึกษาการใช้แป้งสาลีในอัตราส่วนต่าง ๆ กันทดแทนแป้งมันสำปะหลัง พบว่าไม่มีผลต่อความชอบด้านสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และพบว่าการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตเข้มข้น 0.5% และ 0.7% ทำให้สีของข้าวเกรียบเข้มขึ้นตามปริมาณการใช้ แต่จะไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนผลของการเก็บรักษาข้าวเกรียบหลังทอดโดยบรรจุถุงโพลิเอทิลีน พบว่าที่ระยะเวลา 9 วันผู้ทดสอบยังยอมรับ ส่วนที่ 12 วันจะไม่เป็นที่ยอมรับ

Rahman et al. (1995) ได้ศึกษาหาองค์ประกอบของไขมันจากปลาน้ำจืดจำนวน 20 ชนิดในมาเลเซีย พบว่ามีปริมาณไขมันน้อยกว่า 20% โดยน้ำหนัก มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลเพียง 1 อันปริมาณมากที่สุดคือ 17 – 53%, มีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวปริมาณ 15 – 43% และมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลมากกว่า 1 อันปริมาณ 12 – 25% ซึ่งเป็นโอเมก้า – 6 (omega – 6 fatty acid) ปริมาณ 2.43 - 26.2% และโอเมก้า – 3 (omega – 3 fatty acid) ปริมาณ 1 – 11% และปลาทั้งหมดมีอัตราส่วนของโอเมก้า – 3 / โอเมก้า – 6 น้อยกว่า 1 ยกเว้นปลา Siamese sepat มีอัตราส่วนของโอเมก้า – 3 / โอเมก้า – 6 เท่ากับ 3.38, ปลา Black siakap มีอัตราส่วนของโอเมก้า – 3 / โอเมก้า – 6 เท่ากับ 2.20 และปลา Tilapia มีอัตราส่วนของโอเมก้า – 3 / โอเมก้า – 6 เท่ากับ 1.26

2.2.3. ส่วนประกอบทางเคมีของข้าวเกรียบปลากึ่งสำเร็จรูป (ยังไม่ได้ทอด) คือ (บังอร, 2502)

1. โปรตีน	18 - 20%
2. ไขมัน	3 - 4%
3. คาร์โบไฮเดรท	68 - 72%
4. น้ำ	4 - 6%
5. เถ้า	2 - 4%
6. เส้นใยอาหาร	0%

2.3. วิธีการทำข้าวเกรียบปลา (บังอร, 2502)

นำเนื้อปลาที่บดละเอียดดีแล้วมานวดกับเกลือ ใช้เกลือประมาณ 1.8 - 2.5% เมื่อนวดเข้ากันดีแล้ว จึงเติมแป้งมันสำปะหลังลงไปเท่ากับน้ำหนักปลา เครื่องเทศที่ใช้ คือ กระเทียม 1.8 - 2.2% และพริกไทย 1.0 - 1.5% ของน้ำหนักปลารวมกับน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง ปั้นให้เป็นแท่งทรงกระบอก นึ่งให้สุก ทิ้งไว้ให้เย็น นำมาหั่นเป็นแว่นบาง ๆ แล้วตากแดดหรืออบให้แห้ง

Huafeng and Baochai (1998) พบว่าอาหารขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวที่มีปริมาณความชื้น 50% จะมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการอบแห้งคืออุณหภูมิ 70^{0}ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 50% ระยะเวลาอบแห้ง 2 ชั่วโมง (ปริมาณความชื้นจะลดลงเหลือ 20%) ถ้าระยะเวลาอบแห้ง 8 ชั่วโมง ควรจะใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 65^{0}ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 45% ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้น 8 – 9%

2.4. ภาชนะสำหรับบรรจุข้าวเกรียบปลา

2.4.1. องค์ประกอบที่สำคัญในการจะเลือกใช้วัสดุสำหรับบรรจุข้าวเกรียบปลา (สุพจน์, 2537)

1. คุณสมบัติของอาหารที่จะบรรจุ

2. คุณสมบัติของฟิล์มพลาสติกต่าง ๆ ที่สามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น

3. คุณสมบัติของฟิล์มพลาสติกในด้านการใช้กับเครื่องจักร เช่น ความสามารถในการปิดผนึก ความคงทนต่อความร้อนที่ใช้ในการปิดผนึกเป็นต้น

4. คุณสมบัติของฟิล์มพลาสติกในด้านความสวยงาม เช่น ความใส ความมันเงา คุณภาพการพิมพ์ เป็นต้น และความสะดวกในการเปิดถุงรับประทาน

5. แหล่งผลิตและราคา

2.4.2. คุณสมบัติที่สำคัญของภาชนะบรรจุที่จะนำมาบรรจุข้าวเกรียบปลา คือ

1. ป้องกันความชื้นได้ เนื่องจากข้าวเกรียบจะสามารถดูดความชื้นจากสิ่งแวดล้อมได้ง่าย ทำให้เหนียว ไม่กรอบ ในขณะเดียวกันปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นจะเร่งการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่าง ๆ ให้เร็วขึ้นด้วย เช่นการเกิดปฏิกิริยาของไขมันกับออกซิเจนในอากาศ นอกนั้นยังทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ Stanley and Griffin (1980) พบว่าถุงพลาสติกบรรจุอาหารขบเคี้ยวควรมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำประมาณ 0.4 กรัม / 1.6 ตารางเซนติเมตร / 24 ชั่วโมง ที่ 37.7 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 95% เช่นฟิล์มพลาสติกโพลิเอทธิลีน โพลิโพรพิลีน เป็นต้น

2. ป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ ข้าวเกรียบที่ผ่านกรรมวิธีการอบหรือทอดในน้ำมัน จะมีปริมาณไขมันสูง หากใช้ฟิล์มพลาสติกที่ไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้แล้วจะทำให้ไขมันหรือน้ำมันเกาะติดอยู่ที่ผิวนอกของถุง บางครั้งเกาะกันเป็นคราบไม่น่าดู พลาสติกที่สามารถป้องกันไขมันได้ดี เช่น ไอโอโนเมอร์ โพลิโพรพิลีน เป็นต้น

3. ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ ก๊าซออกซิเจนที่อยู่ในอากาศสามารถทำปฏิกิริยากับไขมันในอาหาร ทำให้เกิดการหืน เนื่องจากในการทอดข้าวเกรียบจะทอดแบบน้ำมันมาก ปริมาณน้ำมันในข้าวเกรียบอาจสูงถึง 35 – 40% และข้าวเกรียบมีผิวหน้าที่กว้าง จึงเกิดปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนได้ง่าย ปฏิกิริยาจะเกิดเองแบบต่อเนื่องตลอดเวลา เมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ การหืนโดยปฏิกิริยานี้จะเกิดเร็วขึ้นถ้าอยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง ความชื้นสูง ถูกแสงแดดและมีโลหะ เช่น ทองแดง หรือตะกั่ว (Fennema, 1996) การเกิดการหืนโดยปฏิกิริยานี้ทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายถูกทำลาย มีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการของไขมันและน้ำมันลดลงด้วย ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ฟิล์มพลาสติกที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำ ในขณะเดียวกันก็ไม่ควรเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง พร้อมกันนี้ก็ไม่ให้ถูกแสงแดด Stanley and Griffin (1980) พบว่าถุงพลาสติกที่เหมาะในการบรรจุข้าวเกรียบควรมีความสามารถสกัดกั้นออกซิเจนได้มากกว่า 1 มิลลิลิตร / 1.6 ตารางเซนติเมตร / 24 ชั่วโมง ที่ความดัน 1 บรรยากาศและอุณหภูมิ 23.8°ซ ฟิล์มพลาสติกที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซต่ำช่วยรักษากลิ่นอาหารไว้ได้ ป้องกันไม่ให้กลิ่นแปลกปลอมจากภายนอกถุงเข้ามาภายในอาหารได้อีกด้วย ตัวอย่างฟิล์มพลาสติกที่มีค่าการซึมผ่านของก๊าซต่ำ เช่น ไนลอน เป็นต้น

นอกจากคุณสมบัติของฟิล์มพลาสติกดังได้กล่าวมาแล้ว ควรคำนึงถึงคุณสมบัติของฟิล์มพลาสติกในด้านอื่น ๆ ที่จะนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เช่นคุณสมบัติในด้านใช้กับเครื่องจักร ซึ่งมักถูกกำหนดโดยเครื่องจักรที่มีอยู่แล้ว โดยจะครอบคลุมเกี่ยวกับความเร็วในการบรรจุและปิดผนึก อุณหภูมิและความดันในการปิดผนึกเป็นต้น ซึ่งฟิล์มไม่ควรขาดง่าย คือค่าการต้านแรงดึงขาดพอเหมาะ คุณสมบัติของฟิล์มพลาสติกในด้านความสวยงามเป็นองค์ประกอบที่ต้องการในเชิงการตลาด เพราะมีส่วนดึงดูดผู้บริโภค ฟิล์มพลาสติกที่มีความมันเงาสูง จึงมักใช้ประกบอยู่ภายนอกฟิล์ม สำหรับฟิล์มที่เคลือบด้วยไออะลูมิเนียม (Metallization) จะให้ความเงาของอะลูมิเนียมทำให้ผลิตภัณฑ์ดูมีระดับสูงขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่า นอกจากความมันเงาแล้วคุณภาพการพิมพ์ก็มีส่วนสำคัญเช่นกันต่อการเลือกใช้ชนิดของพลาสติก สำหรับคุณสมบัติสุดท้ายคือ คุณสมบัติด้านราคาอันสัมพันธ์กับแหล่งจัดหา จำนวนจัดซื้อในแต่ละครั้ง ระยะเวลาที่นำส่ง ฟิล์มพลาสติกที่แม้ว่าจะมีคุณสมบัติอื่น ๆ เหมาะสมแต่ถ้าราคาสูงหรือหาซื้อยาก ระยะเวลาในการจัดส่งนานย่อมก่อให้เกิดปัญหาให้กับผู้ผลิต

2.4.3. ชนิดของฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุข้าวเกรียบปลา (มยุรี, 2541)

1. ฟิล์มโพลิโพรพิลีน (Polypropylene) เป็นพลาสติกที่มีคุณสมบัติทนความร้อนได้สูงกว่าฟิล์มโพลิเอทธิลีน ใช้ผลิตถุงที่บรรจุของร้อนที่ขายตามท้องตลาดโดยทั่วไป ลักษณะโปร่งใส ผิวหน้าเป็นมันวาว ฝุ่นไม่เกาะติดง่าย มีความเหนียว ทนทานต่อสารเคมีได้ดี ไม่ว่าจะเป็นกรดด่าง ดูดซึมน้ำได้ต่ำมาก ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี (ฟิล์ม Oriented Polypropylene จะป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีกว่า Cast Polypropylene) ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ต่ำ (ฟิล์ม Oriented Polypropylene จะป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีกว่า Cast Polypropylene) ป้องกันการซึมผ่านของไขมันหรือน้ำมันได้ดี ทนทานต่อความร้อนสูง สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงถึง 120°ซ ต้านทานต่อรอยขีดข่วนและการพับสูง มีความคงรูป สามารถใช้กับเครื่องจักรได้ดี พิมพ์ได้สวยงาม ราคาถูก มีความปลอดภัย สามารถใช้กับอาหารและยาได้ แบ่งเป็น Biaxial Orientation Polypropylene หรือ Oriented Polypropylene (BOPP หรือ OPP) คือฟิล์มโพลิโพรพิลีนที่มีกระบวนการผลิตโดยการเป่า นิยมทำให้โมเลกุลจัดเรียงตัว (orientation) กันทั้ง 2 ทิศทาง คือในแนวขนานเครื่องและในแนวขวางเครื่อง และ Cast Polypropylene (CPP) คือฟิล์มโพลิโพรพิลีนที่ผลิตโดยกรรมวิธีการหล่อตามแบบ

2. แผ่นเมทัลไลซ์ (Metallized film หรือ Metallized aluminium) เป็นพลาสติกที่ถูกเคลือบด้วยไออะลูมิเนียม เช่น พลาสติก VMCPP (Vacuum Metallized Cast Polypropylene) คือพลาสติก Cast Polypropylene เคลือบด้วยไอของอะลูมิเนียม อะลูมิเนียมที่เคลือบบนผิวฟิล์มเหล่านี้จะหนาเพียง 30 นาโนเมตร หรือ 30 X 10^{-6} นิ้วเท่านั้น วิธีนี้จะปรับปรุงคุณสมบัติของพลาสติกให้ดีขึ้น คือ ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซดี ทั้งในสภาวะที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้ดีเยี่ยม ทึบแสง ป้องกันแสงผ่านเข้าไปภายในภาชนะบรรจุ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อผลิตภัณฑ์ ต้านทานการกัดกร่อนสูง ไม่เป็นพิษ ทนทานต่อไขมันหรือน้ำมัน เพิ่มความมันวาว สามารถเคลือบกับพลาสติกชนิดอื่น ๆ ได้ พิมพ์ได้สีสวยงาม ดึงดูดผู้บริโภค ราคาถูก

2.5. การใช้สารกันหืนในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ (สันติ, 2535)

สารป้องกันการหืนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือสารกันหืน (primary antioxidant) และสารเสริมสารกันหืน (synergists)

1. สารกันหืน เป็นสารที่ขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นโดยตรง อาจเกิดจากการให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูลกรดไขมันที่กำลังรับออกซิเจนอยู่ ซึ่งเป็นการตัดปฏิกิริยาลูกโซ่ สารกันหืนส่วนใหญ่จะสูญเสียคุณสมบัติระหว่างการอบและทอด ซึ่งได้แบ่งชนิดของสารกันหืนเป็น 2 ชนิดได้แก่ สารกันหืนสังเคราะห์ (synthesis antioxidant) และสารกันหืนตามธรรมชาติ (natural antioxidant)

1.1. สารกันหืนสังเคราะห์ ที่นิยมใช้มาก ได้แก่ บิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีอนีโซล (butylated hydroxyanisol หรือ BHA) บิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene หรือ BHT) เทอเจียรี บิวทิลไฮโดรควิโนน (tertiary butylhydroquinone หรือ TBHQ) และโพรพริล แกลเลต (propyl gallate หรือ PG) หลายประเทศอนุญาตให้ใช้สารกันหืนเหล่านี้ในปริมาณความเข้มข้นต่าง ๆ กัน เช่น FDA อนุญาตให้ใช้สารกันหืนเหล่านี้ชนิดเดียว หรือใช้ร่วมกันได้ในระดับความเข้มข้นไม่เกิน 0.02% หรือ 200 ส่วนในล้านส่วนต่อน้ำหนักของไขมันและน้ำมัน (by weight) สำหรับสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ใช้แต่ละชนิดไม่เกิน 0.01% หรือ 100 ส่วนในล้านส่วน

บิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีอนีโซล ใช้ได้ดีกับผลิตภัณฑ์อาหารทอดและอบ เมื่อใช้ร่วมกับบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีน, เทอเจียรี บิวทิลไฮโดรควิโนน หรือ โพรพริล แกลเลต จะช่วยเสริมให้มีคุณภาพสูงกว่าใช้ชนิดเดียว โดยเฉพาะบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีอนีโซลผสมกับบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีนละลายในน้ำมันพืชเพื่อใช้ป้องกันการหืนได้ดีในไขมันสัตว์ ได้มีการ

ทดลองในสัตว์ทดลองพบว่าถ้าใช้บิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีอนีโซลเกินปริมาณที่องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกากำหนดอาจมีอันตรายทำให้เกิดสารก่อมะเร็งและเนื้องอก ดังนั้นจึงนิยมใช้บิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีนแทนเพราะยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับอันตรายของบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีน

บิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีนใช้ได้ดีพอสมควรกับอาหารทอดและอบ และสามารถใช้ร่วมกับบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีอนีโซล, โพรพริล แกลเลต หรือเทอเจียรี บิวทิล ไฮโดรควิโนน

เทอเจียรี บิวทิลไฮโดรควิโนนใช้ได้ดีกับผลิตภัณฑ์ที่ทอดแล้ว แต่ใช้ไม่ได้ผลกับผลิตภัณฑ์อาหารหลังจากอบแล้ว โดยใช้ผสมกับกรดซิตริกในโพรพิลีน ไกลคอน (propylene glycol) ป้องกันการหืนในน้ำมันพืชและอาหารที่ทอดในน้ำมันพืช เช่น มันฝรั่งทอด กฎหมายอนุญาตให้ใช้ร่วมกับบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีอนีโซล หรือบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีนเท่านั้นในประเทศแคนาดาไม่อนุญาตให้ใช้สารชนิดนี้เพราะยังไม่แน่ใจในความปลอดภัย

โพรพริล แกลเลต ใช้กับไขมันสัตว์ได้ดี แต่จะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโลหะทำให้เกิดเป็นสีดำหรือม่วงเข้ม ซึ่งจะป้องกันได้โดยเติมสารที่ป้องกันการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของโพรพริล แกลเลต กับโลหะลงไปเพื่อไปรวมตัวกับอิออนของโลหะเช่น เหล็ก ทองแดง สารพวกนี้ได้แก่ กรดซิตริก กรดแอสคอบิคและเลซิติน เมื่อใช้โพรพริล แกลเลต ร่วมกับบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีอนีโซล และบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีนให้ผลในการป้องกันการหืนได้ดี แต่ไม่สามารถใช้ร่วมกับเทอเจียรี บิวทิลไฮโดร-ควิโนนได้

1.2. สารกันหืนตามธรรมชาติ

1.2.1. สารกันหืนที่พบจากแหล่งพืชธรรมชาติ

โทโคฟีรอล (Tocopherols) พบมากในน้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง ซอสถั่วเหลือง พบในพืชมากกว่าในสัตว์ เป็นสารที่ละลายได้ในน้ำมัน โทโคฟีรอลมีด้วยกัน 4 รูป คือ α, β, γ, δ โทโคฟีรอล แต่ละโครงสร้างแตกต่างกันที่ตำแหน่งของกลุ่มเมทธิลที่วงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) จะมี ฟีโนลิก ไฮดรอกซี ฟังก์ชั่น (phenolic hydroxy function) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการเกิดปฏิกิริยา มีกลไกการหยุดการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชั่นของกรดไขมันเหมือนกับสารกันหืนสังเคราะห์ โดยหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของฟรี แรดดิคอล (free radical) ให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่ไฮโดรเปอร์ออกซิ แรดดิคอล (hydroperoxyl radical) ซึ่งอนุพันธ์ของโทโคฟีรอลมีความคงตัวและทำให้ไม่เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ สำหรับ แอลฟา - โทโคฟีรอล คือ วิตามินอีในธรรมชาติ จากรายงานพบว่าถ้าใช้โทโคฟีรอลทั้งสี่จะให้ประสิทธิภาพในการป้องกันการหืนสูงกว่าเพราะโทโคฟีรอล

ชนิดหนึ่งจะป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชั่นของกรดไขมันจากแสง ในขณะที่อีกชนิดหนึ่งจะป้องกันปฏิกิริยาออโตออกซิเดชั่นของกรดไขมันในชั้นบรรยากาศ พบว่าถ้าใช้โทโคฟีรอลเติมในน้ำมันพืชจะทำให้น้ำมันพืชมีความเสถียรเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าเติมในไขมันสัตว์กลับจะเพิ่มความเสถียรมากขึ้น เพราะน้ำมันพืชส่วนใหญ่มีปริมาณโทโคฟีรอลค่อนข้างสูงอยู่แล้วและไม่เกิดสารเร่งการหืน (prooxidants) นอกจากนี้ยังพบว่าถ้านำเอาแอสคอร์บิลปาล์มิเตด (ascorbyl palmitate) ซึ่งเป็นเอสเทอร์ของกรดแอสคอบิคผสมกับ แอลฟา - โทโคฟีรอล จะป้องกันการหืนในน้ำมันพืชได้ผลดีมาก

1.2.2. สารกันหืนที่พบจากแหล่งเครื่องเทศและสมุนไพร

โรสแมรี่ (rosmary) สารสกัดจากพืชนี้เป็นสารกันหืนที่มีคุณภาพสูง ประกอบด้วยสารโรสมานอล (rosmanol) โรสมาริไดฟลีนอล (rosmaridiphenol) โรสมาริควิโนน (rosmariquinone) กรดโรสมารินิค (rosmarinic acid) และ คาร์โนซอล (carnosol) ซึ่งสามารถป้องกันการหืนเทียบเท่าหรือสูงกว่าบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีอนีโซลและพบว่าเมื่อใช้ร่วมกับโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต (sodium tripolyphosphate) จะช่วยป้องกันการหืนของเนื้อที่ใช้ทำสเต็คได้ดี อีกทั้งยังใช้เป็นสารกันหืนและป้องกันการสลายตัวของสีในอาหารว่าง มายองเนส สลัดเดรสซิ่ง น้ำมันจากผิวส้ม สัตว์ปีก เป็นต้น

ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เช่น เคอซิติน (quercitin) พบในพืช ใช้ป้องกันการหืนเนื่องจากสารโอเมก้า - 3 ในอาหารทะเลด้วย ปริมาณของฟลาโวนอยด์มีอยู่ในพืชค่อนข้างต่ำราคาจึงแพง สารบางชนิดในกลุ่มฟลาโวนอยด์ทำให้เกิดพิษและสารบางชนิดในรูปของไกลโคไซด์ (glycoside) ส่วนมากจะละลายน้ำ ไม่ละลายในน้ำมัน จึงไม่เป็นที่นิยมเพราะไม่สะดวกในการใช้

2. สารเสริมสารกันหืน คือสารประกอบที่ไม่มีคุณสมบัติการเป็นสารกันหืนเมื่ออยู่เพียงลำพัง แต่สามารถช่วยการทำงานของสารกันหืนให้ดีขึ้น สารพวกนี้อาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้ และมักมีคุณสมบัติเป็นกรดเช่น กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิค เลซิติน กรดฟอสฟอริค และกรดอะมิโนบางตัวในบรรดาสารเสริมสารกันหืนด้วยกันแล้ว กรดซิตริกมีประสิทธิภาพสูงสุดใช้ได้ดีกับน้ำมันพืช (เช่นน้ำมันปรุงอาหารหรือมาการีน) ส่วนกรดฟอสฟอริคช่วยรักษาสีในอาหารด้วย

Jamilan et al. (1998) ศึกษาการเติมสารกันหืนในน้ำมันปาล์มโอเลอินที่นิยมใช้ทอดข้าวเกรียบปลา สารกันหืนที่ใช้คือสารสกัดจากเปลือกของพืชตระกูลส้ม (citrus hystrix peel extract) ปริมาณที่ใช้คือ 2000 ส่วนในล้านส่วน และบิวทีเลทเตด ไฮดรอกซีโทลูอีน 200 ส่วนในล้านส่วน โดยสารกันหืนทั้ง 2 ชนิดจะถูกเติมลงไปในน้ำมันขณะทอด ผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากเปลือกของพืชตระกูลส้มสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันที่เป็นสาเหตุของการเกิดการเหม็นหืนได้

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University