บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลิตภัณฑ์อาหารเส้น

ผลิตภัณฑ์อาหารเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตเป็นจำนวนมาก และใช้เป็นอาหารหลัก เช่นเดียวกับข้าวสาร และข้าวกล้อง ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นมีอยู่หลายชนิดทั้งก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก เส้นหมี่ และขนมจีน แล้วยังอาจรวมผลิตภัณฑ์ประเภทแผ่นใบเมี่ยงญวน ก๋วยจั๊บ หรือที่ทำเป็นอาหารหวาน เช่น ลอดช่อง เป็นต้น โดยมีหลักการแปรรูปคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันในบางขั้นตอน และลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้ วัตถุดิบที่ใช้มักจะเป็นข้าวหักที่มาจากข้าวอะไมโลสสูง นำมาโม่แบบเปียกเช่นเดียวกับการแปรรูปเป็นแป้งข้าว แล้วจึงให้ความร้อนแก่ก้อนแป้ง หรือนำแป้งต่อไปตามกรรมวิธีของแต่ละผลิตภัณฑ์ซึ่งให้ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น และรสชาติแตกต่างกัน (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550; งามชื่น คงเสรี, 2539)

โดยชนิดของอาหารเส้นสามารถแบ่งตามชนิดของแป้งหรือวัตถุดิบ และเรียกชื่อแตกต่างกันดังนี้ (พจน์ สัจจะ. 2540)

1. อาหารเส้นจากแป้งสาลี ได้แก่ บะหมี่ หมี่ซั่วของจีน เส้นราเมน และอุด้งของญี่ปุ่น รวมถึงเส้นโซบะที่มีสีน้ำตาลที่ทำจากเมล็ดบัควีต นอกจากนี้ยังรวมถึงเส้นพาสต้าที่มีรูปแบบต่าง ๆ กัน

2. อาหารเส้นจากแป้งข้าวเจ้า ซึ่งเรียกทั่วไปว่า “ก๋วยเตี๋ยว” ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ เส้นเล็ก และเส้นหมี่ เป็นต้น

3. อาหารเส้นจากแป้งชนิดอื่น ๆ ได้แก่ วุ้นเส้น ก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้จากแป้งถั่วเขียว และเส้นซิราตาจากมันเทศ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์บะหมี่จากแป้งสาลี

การผลิตบะหมี่นั้นได้เริ่มผลิตกันมานับเป็นเวลาหลายพันปีมาแล้ว สันนิษฐานกันว่าชาวจีนเป็นผู้ผลิตขึ้นก่อน ชาวจีนรู้จักวิธีการทำบะหมี่ จนเป็นที่นิยมในการบริโภคแพร่หลาย ไปยังประเทศต่าง ๆ ในเอเชีย ปัจจุบันมีการผลิตบะหมี่มากมายหลายชนิด สำหรับการผลิตบะหมี่ในประเทศไทยนั้นไม่ใครทราบแน่ชัดว่าเริ่มขึ้นเมื่อใด แต่เข้าใจว่าชาวจีนที่อพยพเข้ามาทำมาหากินในประเทศไทยได้นำเอาเทคนิคการผลิตเข้ามาด้วย บะหมี่ที่พบมากในประเทศ คือบะหมี่กวางตุ้ง บะหมี่แต้จิ๋ว และบะหมี่สกเกี้ยน โดยบะหมี่นิยมบริโภคเป็นอาหารหลักในมื้อกลางวันเป็นส่วนใหญ่ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บะหมี่ผลิตตามแบบของชาวเอเชียจะมีขั้นตอนหลักที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ การผสม การรีดให้เป็นแผ่นบาง ๆ และการตัดเป็นเส้น โดยบะหมี่ที่มีชื่อเรียกว่าบะหมี่สด (Fresh Raw Noodle) หากนำบะหมี่สดมาลวกน้ำร้อนก่อนขายให้ผู้บริโภคมีชื่อเรียกว่า บะหมี่เปียก (Wet Noodle) ถ้านำบะหมี่สดมาตากแห้งมีชื่อเรียกว่า บะหมี่แห้ง (Dry Noodle) แต่ถ้านำบะหมี่สดมาทอด เรียกว่า บะหมี่ทอด (Fried Noodle) เมื่อนำบะหมี่สดมาผ่านไอน้ำ และทำให้แห้งจะได้บะหมี่แห้งสำเร็จรูป (Instant Dry Noodle) ถ้าผ่านไอน้ำแล้วมาทอด เรียกว่า บะหมี่ทอดกึ่งสำเร็จรูป (Instant Fried Noodle) (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)

การจำแนกบะหมี่ (อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550)

1. บะหมี่สด

ทำได้โดยการผสมแป้งสาลีกับน้ำและส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ สารละลายเบส ไข่ และเกลือ ผสมจนเป็นโดเนียนเรียบ มีความชื้นประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ และพักโดไว้ 10-20 นาที นำมารีดให้มีความหนาประมาณ 1.5-2.0 มิลลิเมตร ตัดเป็นเส้น จัดเป็นเป็นบะหมี่ที่ยังดิบอยู่ โดยก่อนนำมาบริโภคต้องนำมาลวกหรือต้มให้สุกก่อน

2. บะหมี่สุก

เมื่อนำบะหมี่มาลวกให้ผิวนอกของเส้นสุก เพื่อเป็นการทำลายจุลินทรีย์ และช่วยให้เก็บได้นานวันขึ้น คลุกด้วยน้ำมันเพื่อไม่ให้เส้นติดกันง่าย บะหมี่สุกนี้จะมีความชื้นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อบริโภคก็นำมาลวกให้สุกทั้งหมดอีกครั้ง แล้วปรุงรสตามชอบ

3. บะหมี่แห้ง

เพื่อช่วยให้สามารถเก็บบะหมี่สดไว้ได้นานขึ้น จึงได้มีการพัฒนากรรมวิธีโดยนำบะหมี่สดมาทำให้แห้ง ด้วยการตากแดดอย่างช้า ๆ หรือการนำเข้าตู้อบควบคุมความร้อนให้ค่อย ๆ สูงขึ้นอย่างเหมาะสม เพื่อให้เส้นบะหมี่ค่อย ๆ แห้งลง จากความชื้น 35 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 8-10 เปอร์เซ็นต์ วิธีการทำแห้งนี้ต้องระมัดระวังมาก เพื่อไม่ให้เส้นบะหมี่แห้งเปราะหรือหักง่าย จึงต้องทำเป็นลำดับ 3 ขั้นตอน โดยขั้นตอนที่ 1 จะลดความชื้นของเส้นบะหมี่จาก 35 เปอร์เซ็นต์ ลงเหลือ 24 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30-40 นาที ขั้นที่ 2 จะลดอุณหภูมิของตู้อบลงเป็น 28-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 72-77 เปอร์เซ็นต์ เพื่อการกระจายความชื้นในเส้นให้สม่ำเสมอ ขั้นที่ 3 จะควบคุมอุณหภูมิของตู้อบให้อยู่ระหว่าง 25-28 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 68-72 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งบะหมี่มีความชื้นเหลือเพียง 8-10 เปอร์เซ็นต์

4. บะหมี่ทอด

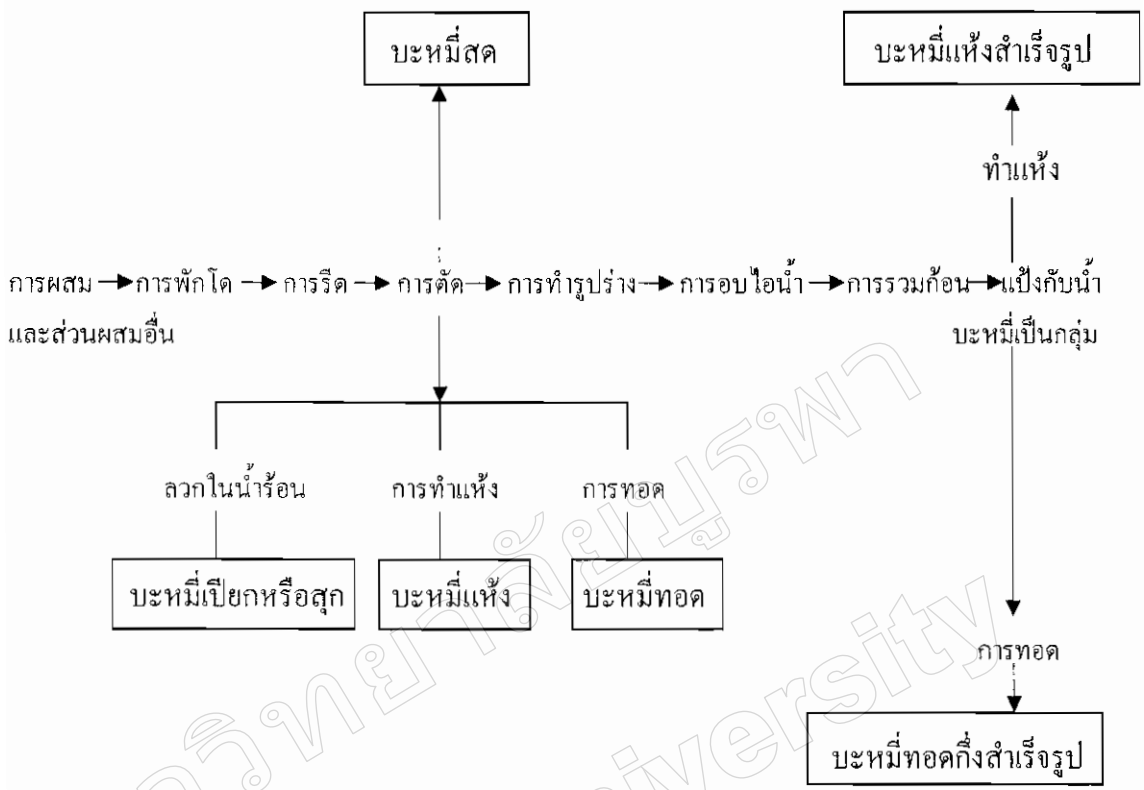
วิธีการทอดเป็นการลดความชื้นของบะหมี่สด เพื่อให้เก็บได้นานขึ้นอีกวิธีหนึ่ง ที่รวดเร็วกว่าการทำแห้งโดยใช้ความร้อน และเมื่อต้องการบริโภคจะสามารถต้มบะหมี่ให้สุกได้เร็วกว่าบะหมี่แห้งธรรมดา จึงเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเพิ่มเติมและดัดแปลงกรรมวิธีต่อไปเป็นบะหมี่ทอดสำเร็จรูป

5. บะหมี่แห้งสำเร็จรูป

กรรมวิธีการทำบะหมี่แห้งสำเร็จรูปนี้ปรับปรุงมาจากการทำบะหมี่สด โดยการนำมาผ่านไอน้ำให้สุกขั้นหนึ่งก่อน แล้วจึงนำมาจับรวมเป็นก้อนขนาดเหมาะสม ทำให้แห้งโดยวิธีการอบในตู้อบควบคุมอุณหภูมิ เมื่อแห้งดีแล้วจะมีความชื้นเหลืออยู่ 10-13 เปอร์เซ็นต์ นำมาบรรจุซองรวมกับซองเครื่องปรุงทั้งในรูปผงหรือน้ำมัน ผลิตภัณฑ์นี้จะเก็บได้นานเป็นปี เมื่อต้องการบริโภค ก็นำมาต้มให้สุกเพิ่มขึ้นปรุงรสด้วยเครื่องปรุง พร้อมทั้งเติมเนื้อและผักตามชอบ

6. บะหมี่ทอดสำเร็จรูป

เป็นวิธีที่นิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากเก็บได้นาน และนำมาบริโภคได้ง่าย เพียงลวกน้ำเดือด 3-5 นาที หรือต้มโดยใช้ระยะเวลาสั้นกว่าบะหมี่แห้งสำเร็จรูป ปรุงรสได้หลายแบบ รสชาติดี ทำโดยการนำบะหมี่สดมาอบไอน้ำร้อน จับเส้นให้เป็นกลุ่มขนาดและน้ำหนักคงที่ เหมาะสมต่อการบริโภค 1 ชาม นำไปทอดด้วยการจุ่มในน้ำมันท่วมเส้นบะหมี่ทั้งหมด เมื่อสุกทำให้สะเด็ดน้ำมันทิ้งให้เย็น บรรจุซองรวมกับซองเครื่องปรุงต่าง ๆ บะหมี่ชนิดนี้มีความชื้นเพียง 5-8 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถเก็บได้นานโดยที่ไม่มีกลิ่นหืน ทำให้เป็นที่นิยมบริโภคกันแพร่หลายทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศในแถบเอเชีย ลักษณะที่ดีของเส้นบะหมี่ทอดกึ่งสำเร็จรูป คือ คืนตัวได้เร็วเมื่อสัมผัสน้ำร้อน ทั้งนี้เพราะเส้นบะหมี่มีรูพรุนอยู่โดยทั่วไป รูพรุนนี้เกิดจากไอน้ำในขณะทอด ไอน้ำที่เกิดอย่างรวดเร็ว และทำให้เกิดความดันสูงจึงระเบิดผิวของบะหมี่ออกมา ทำให้เกิดรูพรุนดังกล่าว บะหมี่ชนิดนี้มีข้อเสียเก็บได้ไม่นาน เนื่องจากมีน้ำมันติดอยู่ที่ผิวมาก เมื่อสัมผัสกับอากาศจึงเกิดการหืนขึ้นอย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 2-1 กรรมวิธีการผลิตบะหมี่ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)

คุณสมบัติส่วนผสมของบะหมี่

1. แป้งสาลี

แป้งสาลีเป็นองค์ประกอบหลักของบะหมี่ ซึ่งปริมาณถึง 90-95 เปอร์เซ็นต์ในสูตร ดังนั้น ลักษณะของบะหมี่ทั้งกายภาพ และทางเคมีจึงมีผลมาจากแป้งเป็นส่วนใหญ่ แป้งที่เหมาะสมในการทำบะหมี่ ต้องเป็นแป้งที่โม่จากข้าวสาลีที่มีลักษณะทางเคมี และฟิสิกส์ดี และไม่เกิดการงอก เมื่อนำมาโม่ให้เป็นแป้งจะมีสตาร์ชเสียหาย (Damage Starch) น้อย ขนาดแป้งหรือเม็ดสตาร์ชเหมาะสม สม่ำเสมอ ไม่มีรำ และคัพภะปน เป็นแป้งที่มีองค์ประกอบทางเคมีได้สัดส่วน โดยเฉพาะปริมาณและคุณภาพของโปรตีนตรงตามลักษณะบะหมี่ที่ต้องการคือ บะหมี่จีนมีโปรตีนประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบะหมี่ญี่ปุ่นมีโปรตีน 9-10 เปอร์เซ็นต์ (สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ และคณะ, 2542)

องค์ประกอบสำคัญในแป้งซึ่งมีผลต่อลักษณะเส้นบะหมี่ ได้แก่ สตาร์ช โปรตีน เอนไซม์ และสี เนื่องจากสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลักที่มีในแป้งมากที่สุดประมาณ 67 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น สตาร์ชจึงเป็นโครงสร้างของเส้นบะหมี่ โดยมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับโปรตีนในรูปกลูเตน ความเหนียว และความยืดหยุ่นของบะหมี่จึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของกลูเตนเป็นส่วนใหญ่ เมื่อนำแป้ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

มานวดกับน้ำจนกลายเป็นโดเรียบเนียนสามารถรีดเป็นแผ่นและตัดเป็นเส้นได้ สตาร์ชมีผลต่อเส้นบะหมี่เมื่อสุก โดยสตาร์ชที่มีความหนืดสูงจะช่วยให้เส้นบะหมี่มีความยืดตัวดี ลักษณะเส้นเหนียวเคี้ยวได้ไม่ยุ่ย ผลจากปริมาณโปรตีน (10-14 เปอร์เซ็นต์) และคุณภาพของกลูเตนที่ดี ทำให้เส้นบะหมี่คงตัว มีลักษณะในการกัดและเคี้ยวดี ผู้บริโภคจะยอมรับบะหมี่เหลือง ซึ่งเกิดจากสารให้สีประเภทฟลาโวน (Flavones) ของแป้งทำปฏิกิริยากับสารละลายเบสที่เติมในส่วนผสม สีของฟลาโวนนี้อาจเปลี่ยนจากเหลืองใสเป็นสีน้ำตาลหรือสีเขียวปนได้ ถ้าในน้ำมีสารประเภทเกลือของธาตุเหล็กปนอยู่ ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นถ้าแป้งมีสารให้สีมากเกินไป ได้แก่ แป้งที่มีรำ และคัพภะปน จะมีโอกาสทำให้บะหมี่มีสีเหลืองเข้มไปได้ง่ายกว่าแป้งสกัดปริมาณต่ำ

2. น้ำ

ส่วนผสมสำคัญในการทำบะหมี่ คือ น้ำ ซึ่งต้องเติมลงไปเพื่อให้แป้งจับตัวกันเป็นก้อนโดที่มีความยืดหยุ่น และรีดเป็นแผ่นบาง ๆ ได้ น้ำมีผลต่อลักษณะของบะหมี่โดยตรง กล่าวคือถ้าใส่น้ำในส่วนผสมน้อยไป โครงร่างของบะหมี่จะไม่แข็งแรง จะร่วนและโปร่งทำให้เส้นบะหมี่แข็งและขาดง่ายแต่ถ้าใส่น้ำมากไป โดจะแฉะ เหนียวติดมือ รีดไม่ได้ ตัดเป็นเส้นก็จะติดกันง่าย ดังนั้นปริมาณน้ำที่เติมลงในสูตรควรจะเหมาะสมต่อชนิดของบะหมี่ ซึ่งโดยทั่วไปจะเติมประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นคุณภาพของน้ำที่ใช้ ก็มีความสำคัญต่อลักษณะของโดเช่นกัน เนื่องจากน้ำมีองค์ประกอบของแร่ธาตุสารอินทรีย์ และก๊าซบางชนิดปนอยู่ด้วยเสมอ ดังนั้นน้ำจึงมีส่วนให้สภาพของโดเปลี่ยนแปลงไป ถ้าน้ำมีแร่ธาตุ และสารอื่นปนมาก โดยเฉพาะแร่ธาตุ แคลเซียม เหล็ก และแมกนีเซียม จะมีผลให้การดูดซึมน้ำของแป้งไม่สม่ำเสมอ โดไม่เนียน จึงได้เส้นบะหมี่ที่ไม่ดี นอกจากนี้ เกลือของเหล็ก และทองแดงอาจทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้เกิดสีน้ำตาล และมีกลิ่นหืนเมื่อเก็บรักษาบะหมี่ไว้นาน ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค น้ำที่เหมาะสมในการทำบะหมี่ที่ดี จึงควรเป็นน้ำอ่อนมีแร่ธาตุ และสารอื่นเจือปนในปริมาณต่ำ แต่ถ้าน้ำอ่อนไปไม่มีอะไรเจือปนเลย ก็จะไม่ดีเพราะจะทำให้โดแฉะ มีความยืดหยุ่นตัวน้อยกว่าน้ำอ่อนที่เหมาะสม

น้ำเป็นส่วนผสมพื้นฐานที่ใช้ในการผลิตบะหมี่โดยทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย และเมื่อรวมตัวกับโปรตีนในแป้งสาลีทำให้เกิดลักษณะเป็นกลูเตน โดยทั่วไปจะมีการเติมน้ำลงไปในปริมาณร้อยละ 32-35 ซึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของแป้ง และอุปกรณ์ที่เครื่องมือที่ใช้ ปริมาณที่มากที่สุดที่สามารถเติมลงไปได้ โดยไม่ทำให้เกิดปัญหากับแผ่นโด คือร้อยละ 38 (Park & Kim, 1990)

Park and Kim (1990) กล่าวว่า โดที่เติมน้ำมากจนเกินไปจะมีผลทำให้แผ่นโดมีคุณภาพไม่ดีเมื่อรีดผ่านลูกกลิ้ง ในขณะที่ถ้าปริมาณน้ำน้อยเกินไปจะทำให้โดแข็ง และยากต่อการดึงยืด การเปลี่ยนแปลงปริมาณการดูดซับน้ำของโดจากปริมาณน้ำที่เหมาะสมมากกว่าร้อยละ 2-3 จะมีผลต่อ

การรีด การตัดเป็นเส้น และการทำแห้งบะหมี่ นอกจากนี้ปริมาณน้ำยังมีผลต่อคุณภาพของบะหมี่ในด้านต่าง ๆ เช่น สี และลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นต้น ซึ่งคุณภาพหลักของบะหมี่ที่เป็นตัวบอกการรับของผู้บริโภค คือ สี และความสว่างรวมไปถึงลักษณะเนื้อสัมผัส การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่มีความจำเป็น เนื่องจากปริมาณการดูดซับน้ำของแป้งสาลีในแต่ละสายพันธุ์นั้นแตกต่างกัน การใช้น้ำที่น้อยเกินไปทำให้อนุภาคแป้งไม่รวมตัวกัน แต่ถ้าใช้น้ำมากเกินไปจะก่อให้เกิดปัญหาในระหว่างการผสม และการผลิต (Hatcher, Kruger, & Anderson, 1999)

Hatcher et al. (1999) รายงานว่าปริมาณน้ำมีผลอย่างมากต่อค่าของบะหมี่ทั้งชนิดที่เติมเบส และชนิดที่เติมเฉพาะเกลือ ส่วนคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่าปริมาณน้ำมีผลมากต่อบะหมี่ชนิดที่เติมเฉพาะเกลือมากกว่าชนิดที่เติมเบส โดยปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านต่าง ๆ มีค่าลดลง และยังพบว่าปริมาณน้ำที่มากขึ้นมีผลทำให้ระยะเวลาในการหุงต้ม (Cooking Time) ลดลงด้วย

Choy, Hughes, and Small (2010) ศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งสาลีชนิดโปรตีนต่ำ (8.80 เปอร์เซ็นต์) พบว่าปริมาณน้ำ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ทำให้ได้ส่วนผสมที่เหนียว ได้โดที่มีเนื้อเนียน และเมื่อนำโดที่ได้มารีดเป็นเส้น พบว่าเส้นบะหมี่มีค่าความแข็ง ลดลง และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าเพิ่มขึ้น

3. เกลือ

ปริมาณเกลือที่ใส่ลงในสูตรการทำบะหมี่ เพื่อปรับสภาพน้ำให้เหมาะสมกับชนิดของบะหมี่ที่ต้องการ ซึ่งอาจจะใส่หรือไม่ใส่ก็ได้ เกลือมีผลโดยตรงต่อลักษณะของกลูเตนในโด ช่วยให้โดไม่แฉะเมื่อเป็นเส้นบะหมี่จะไม่ติดกัน นอกจากนี้ เกลือยังช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ประเภทย่อยโปรตีนช่วยให้โดคงความเหนียวและยืดหยุ่นอยู่ได้นาน และยังช่วยระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย รา และยีสต์ จึงทำให้สามารถเก็บรักษาบะหมี่ได้นาน

4. สารละลายเบส

ในการทำบะหมี่แบบจีน นิยมเติมสารละลายเบสซึ่งเป็นสารที่มีส่วนผสมของเบสหลายชนิด ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต โพแทสเซียมคาร์บอเนต ผสมกับไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต หรืออาจใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์โดยตรง ในปริมาณที่เหมาะสม (0.3 เปอร์เซ็นต์) สารละลายเบสนี้ทำให้ลักษณะโดเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมี โดยทางกายภาพ มีผลต่อลักษณะการอุ้มน้ำของโด และการดูดซึมน้ำของแป้งเพิ่มขึ้น ทำให้สตาร์ชในโดมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น ช่วยให้โดมีความแข็งแรงต่อการผสมได้มากกว่าเดิม โดมีความยืดตัวได้มากขึ้น ส่วนผลทางเคมีนั้นที่สำคัญคือ ทำให้ความเป็นเบสของโดเพิ่มขึ้น (pH 9 ถึง 10) ทำให้สีของบะหมี่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองจากปฏิกิริยาของเบสกับสารฟลาโวนในแป้ง

แป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้าเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวหักในขั้นการแปรรูปปฐมภูมิหรือการแปรรูปขั้นต้น ยังไม่สามารถนำมาบริโภคได้โดยตรงจะต้องนำแป้งข้าวไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร กึ่งอาหาร และไม่ใช่อาหารต่อไป โดยการนำข้าวหักมาทำความสะอาดด้วยชุดเครื่องทำสะอาด ได้แก่ การผ่านเครื่องแยกแม่เหล็ก เครื่องแยกหิน เพื่อขัดผิวข้าวหักให้สะอาด นำไปโม่เป็นแป้ง (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)

องค์ประกอบของแป้งข้าวเจ้าที่ได้ มีความชื้นร้อยละ 9.06 โปรตีนร้อยละ 4.01 เถ้าร้อยละ 0.25 ไขมันร้อยละ 0.23 เส้นใยหยาบร้อยละ 0.15 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 86.3 (พนอจิต ธัญญ - มงคลพงศ์, 2531) แป้งข้าวมีคุณสมบัติแตกต่างจากแป้งสาลี เนื่องจากแป้งสาลีมีโปรตีนประเภทที่ไม่ละลายน้ำซึ่งได้แก่ กลูเตนิน (Glutenin) และไกลอะดิน (Gliadin) เมื่อเติมน้ำลงไปในแป้งสาลี (ร้อยละ 60-65 ของปริมาณแป้ง) โปรตีนชนิดที่ไม่ละลายจะดูดน้ำไว้จำนวนมากจะได้เส้นใยกลูเตน (Gluten) ที่มีลักษณะยืดหยุ่นซึ่งเหมาะแก่ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ อาหารเส้น เช่น บะหมี่ สปาเกตตี แต่แป้งข้าวนั้นเม็ดแป้งจะไม่ละลายในน้ำเย็น เมื่อผสมแป้งกับน้ำเย็น แป้งจะกระจายทั่วไปในน้ำหากทิ้งไว้จะนอนก้น หากได้รับความร้อนแป้งที่กระจายอยู่ในน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลง เพราะเมื่อแป้งละลายน้ำและให้ความร้อน เม็ดแป้งจะพองขึ้น น้ำแป้งจะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นครึ่งแข็งครึ่งเหลว และเหนียว ใสขึ้น หรือการเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) ซึ่งสมบัติของแป้งข้าวที่เมื่อได้รับน้ำ และความร้อนทำให้แป้งข้าวเจ้าสามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้น เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ ขนมจีน เป็นต้น (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)

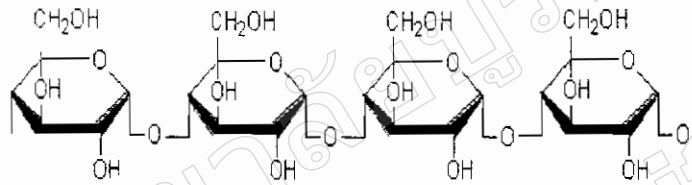
ลักษณะของแป้งข้าว

แป้งข้าวมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว ไม่จับกันเป็นก้อน ความชื้นไม่ควรเกิน 13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงจะพบเม็ดสตาร์ชขนาดเล็กประมาณ 2-9 ไมโครเมตร มีรูปทรงเป็นเหลี่ยมกระจายตัวอยู่และบางส่วนจับกันเป็นกลุ่ม แต่ละเม็ดสตาร์ชมีโครงสร้างทางเคมีที่ประกอบด้วยพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสเกาะเกี่ยวกันเป็นสายโซ่ยาว เรียกว่า อะไมโลส (Amylose) หากน้ำตาลกลูโคสมาเกาะเกี่ยวในรูปที่มีกิ่งก้านที่แตกแขนงไปคล้ายกับกิ่งไม้เรียกว่า อะไมโลเพกติน (Amylopectin) ทั้งสองพอลิเมอร์นี้จะเกาะเกี่ยวประสานกันอยู่อย่างแน่นหนาด้วยพันธะไฮโดรเจนสัดส่วนของอะไมโลส และอะไมโลเพกตินจะแตกต่างกันตามชนิดของแป้ง ซึ่งส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้ง และเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ผู้ใช้แป้งเป็นวัตถุดิบต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมเพื่อทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการ (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

องค์ประกอบของแป้งข้าว

1. อะไมโลส

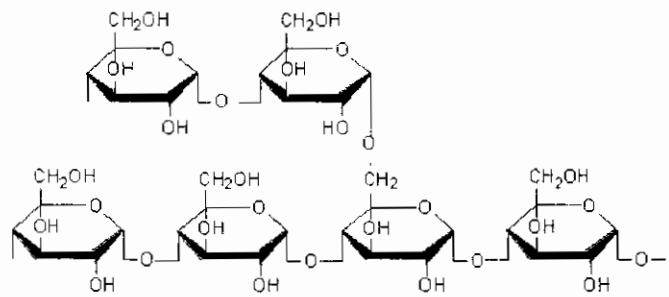
อะไมโลสเป็นพอลิเมอร์สายตรงประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4-Glucosidic Linkage (ภาพที่ 2-2) ซึ่งน้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลสอยู่ในช่วง 10^5-10^6 ดาลตัน อะไมโลสสามารถจับกับไอโอดีนโดยพันเป็นเกลียวล้อมรอบไอโอดีนได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของอะไมโลสและไอโอดีนที่มีสีน้ำเงิน โดยสีที่เกิดขึ้นจะผันแปรตามความยาวของสายอะไมโลสและจำนวนเกลียวของสายอะไมโลส



ภาพที่ 2-2 โครงสร้างของอะไมโลส (Royal society of chemistry, 2004a)

2. อะไมโลเพกทิน

อะไมโลเพกทินเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคสที่มีลักษณะเป็นกิ่งก้าน ประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคสสายตรงขนาดสั้นที่มีน้ำตาลกลูโคสประมาณ 10-60 หน่วย (Degree of Polymerization, DP เท่ากับ 10-60) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4-Glucosidic Linkage และเชื่อมต่อเป็นกิ่งก้านด้วยพันธะ α-1,6-Glucosidic Linkage (ภาพที่ 2-3)

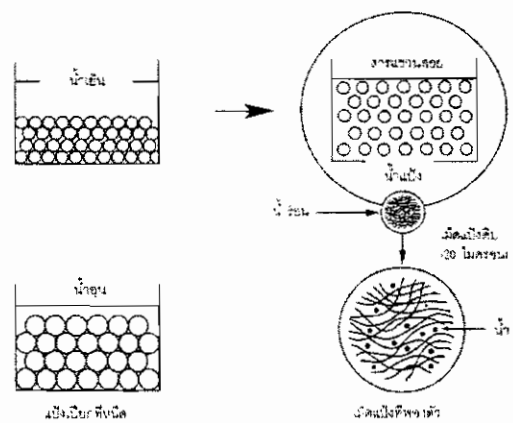


ภาพที่ 2-3 โครงสร้างของอะไมโลเพกทิน (Royal society of chemistry, 2004b)

สมบัติของแป้งข้าว (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

1. การเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization)

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl Group) จำนวนมาก ซึ่งยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน จึงทำให้แป้งมีสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแหในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้ทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง ส่งผลให้เม็ดแป้งดูดน้ำและพองตัว (ภาพที่ 2-4) โดยระยะแรกเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัดและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่สองเม็ดแป้งเกิดการพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหไมเซลล์ภายในเม็ดแป้งอ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลายลง เม็ดแป้งจึงดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นและเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่าการเกิดเจลาติไนเซชัน ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปจนเข้าสู่ระยะที่สาม รูปร่างเม็ดแป้งไม่แน่นอน การละลายของแป้งเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล โดยการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ได้ดีขึ้น รวมทั้งพร้อมที่จะถูกย่อยด้วยน้ำย่อยต่าง ๆ ได้ดีกว่า ซึ่งอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันจะแตกต่างกันไปตามชนิดและองค์ประกอบของแป้ง เช่น ปริมาณไขมัน สัดส่วนของอะไมโลส และอะไมโลเพกทิน และการจัดเรียงตัวและขนาดของแป้ง เนื่องจากการจัดเรียงตัวของอะไมโลส และอะไมโลเพกทิน ภายในเม็ดแป้งมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอ ทำให้เม็ดแป้งมีขนาดแตกต่างกันส่งผลให้แป้งแต่ละชนิดต่างมีลักษณะการเกิดเจลที่ต่างกันไปด้วย



ภาพที่ 2-4 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543)

Marshall and Wadsworth (1994) เปรียบเทียบการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งข้าวปกติ และแป้งข้าวที่ผ่านการสกัดโปรตีนออกด้วยการใช้สารละลายบัฟเฟอร์ หรือการย่อยด้วยเอนไซม์โปรตีนเอส โดยใช้เครื่องดิฟเฟอเรนเชียล สแกนนิง แคลอริมิเตอร์ พบว่า แป้งข้าวปกติมีอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนเซชัน คือ 78 องศาเซลเซียส สูงกว่าแป้งข้าวที่ผ่านการสกัดโปรตีนออกซึ่งมีอุณหภูมิการเกิดเจลลาติไนเซชันในช่วง 60-70 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าปริมาณโปรตีนมีผลต่อการพองตัวของสตาร์ชในแป้งข้าว

Jane et al. (1999) ตรวจสอบการเกิดเจลาติไนเซชันของสตาร์ชข้าวเหนียว และสตาร์ชข้าวเจ้า ด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเตอร์ พบว่า สตาร์ชข้าวเหนียวมี อุณหภูมิเริ่มต้น อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิสิ้นสุดของการเกิดเจลาติไนเซชัน 56.9 63.2 และ70.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ต่ำกว่าสตาร์ชข้าวเจ้าที่มีค่า 70.3 76.2 และ 80.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากโครงสร้างอะไมโลเพกทินของสตาร์ชข้าวเหนียว มีความยาวของสายโมเลกุลเฉลี่ยเท่ากับ 18.8 สั้นกว่าสตาร์ชข้าวเจ้าที่มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 22.7

2. การเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation)

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้วการให้ความร้อนต่อไปจะทำให้เม็ดแป้งพองตัวขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็กกระจัดกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เม็ดแป้งเย็นตัวลง โมเลกุลที่อยู่ใกล้กันเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติที่สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก เกิดเป็นลักษณะเป็นเจลเหนียว เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเกิดรีโทรเกร-เดชัน (Retrogradation) หรือการคืนตัว (Setback) เมื่อลดอุณหภูมิต่ำลงไปจะทำให้ลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างแน่นมากขึ้น ส่งผลให้โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในถูกบีบออกมานอกเจล

Chang and Lui (1991) ตรวจสอบการเกิดรีโทรเกรเดชันของเจลจากสตาร์ชข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 5 และ -18 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน ตรวจด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิงแคลอริมิเตอร์ พบว่าเจลจากสตาร์ชข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (ร้อยละ 25-33) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานการสลายพันธะการเกิดรีโทรเกรเดชัน 0.8 จูลต่อกรัม ต่ำกว่าเจลจากสตาร์ข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และ-18 องศาเซลเซียส ที่มีค่าพลังงาน 1.4 และ1.5 จูลต่อกรัม ตามลำดับ

Tako and Hizuburi (2000) ตรวจสอบกลไกลการเกิดรีโทรเกรเดชันของสตาร์ชข้าว ซึ่งมีอะไมโลส 18.8 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเตรียมส่วนผสมสตาร์ชข้าวในน้ำจาก 2.0 ถึง 4.0 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดเจลาติไนเซชัน แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 และ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาตรวจสอบลักษณะการเกิดรีโทรเกรเดชัน พบว่าในช่วงแรกโมเลกุลของอะไมโลสอาจเกาะ

เกี่ยวกันเองภายในโมเลกุลอะไมโลสระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ของน้ำตาลจากกลูโคสลำดับหนึ่ง กับออกซิเจนของน้ำตาลกลูโคสลำดับต่อไป และเกิดการเกาะเกี่ยวกันระหว่างโมเลกุลกลูโคสที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของโมเลกุลอะไมโลเพกทิน ต่อมาเกิดการเกาะเกี่ยวกันระหว่างโมเลกุลอะไมโลส กับโมเลกุลอะไมโลเพกทินทั้งลักษณะภายในโมเลกุลอะไมโลส และเกาะเกี่ยวเชื่อมต่อกับโมเลกุลอะไมโลเพกทินทั้งสองด้าน

ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งข้าว

ประเทศไทยมีผลผลิตข้าวเป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญ แต่ละปีจะมีผลผลิตข้าวประมาณ 20-22 ล้านตันข้าวเปลือก ผลผลิตที่ได้จะนำมาใช้บริโภคภายในประเทศ ประมาณ 12.5-12.7 ล้านตัน ส่วนที่เหลือจะส่งออกปริมาณ 7.9-9.3 ล้านตันข้าวเปลือกหรือ 5.2-6.0 ล้านตันข้าวสาร คิดเป็นมูลค่าปีละ 48,627-60,619 ล้านบาท การส่งออกข้าวจะส่งออกในรูปของเมล็ดข้าวโดยมีการแบ่งชั้นคุณภาพตามมาตรฐานข้าว ในมาตรฐานนี้ สัดส่วนของข้าวหักปนจะมีอัตราส่วนสูงตามการต่ำลงของชั้นหรือชนิดข้าว จากภาวะการค้าในปัจจุบันตลาดโลกมีการแข่งขันรุนแรงขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มข้าวคุณภาพต่ำ ดังนั้น รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมการผลิตข้าว คุณภาพดีเพื่อการส่งออก ในการผลิตข้าวคุณภาพดีจำเป็นต้องแยกข้าวหักออกหากการสีข้าวมีข้าวหักประมาณร้อยละ 10 ในแต่ละปีจะมีข้าวหักประมาณ 2 ล้านตัน ซึ่งปริมาณข้าวหักนี้ หากนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นสินค้าอุตสาหกรรมเกษตร สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าข้าวหักให้สูงขึ้นได้ และยังช่วยขยายการใช้ประโยชน์จากข้าวให้กว้างขวางอีกด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้าหากนำมาทดแทนแป้งสาลีในการทำผลิตภัณฑ์บะหมี่ได้ในปริมาณสูงก็จะช่วยให้ลดการนำเข้าของแป้งสาลี (สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์, วิภา สุโรจนะเมธากุล, รัศมี ศุภศรี และพัชรี ตั้งตระกูล, 2542) และได้แนวทางในการพัฒนาแป้งข้าวให้มีคุณสมบัติเหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผู้บริโภคจะได้รับประโยชน์ เพราะผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาจากข้าวได้รับการยอมรับว่ามีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี เพราะข้าวประกอบไปด้วยโปรตีนที่ไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ และย่อยง่าย มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย และมีส่วนไขมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ และอุดมไปด้วยสารยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (Antioxidant) ที่พบในธรรมชาติ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550) ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่ทำมาจากแป้งข้าวเจ้า เช่น ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ เป็นต้น พบว่า ปริมาณอะไมโลสในแป้งข้าวเจ้ามีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้นที่ได้ อาหารเส้นควรผลิตจากข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสไม่น้อยกว่าร้อยละ 27-28 (น้ำหนักแห้ง) แป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าร้อยละ 27 เมื่อนำมาทำก๋วยเตี๋ยวจะได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีความเหนียวและความคงตัวดี ให้ความรู้สึกในการเคี้ยว (Chewiness) ที่ดีเป็นที่พอใจของผู้ชิม (เสนอ ร่วมจิต, 2552) แต่อย่างไรก็ตามการใช้แป้งข้าวในการผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นแทนแป้งสาลีทำให้คุณภาพด้อยลง เนื่องจากแป้งข้าวไม่มีกลูเตนจึงเกิดเป็นโดที่ไม่แข็งแรง การใช้แป้ง

ข้าวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์อาหารเส้นนั้นนิยมทำให้แป้งข้าวเกิดเจลาติไนซ์บางส่วน เช่น การนึ่งแป้งให้สุกบางส่วน มีกรรมวิธีโดยปั้นแป้งเป็นก้อนให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20-25 เซนติเมตร แต่ถ้าเป็นการทำในโรงงาน นิยมใช้วิธีนึ่งแป้งแทนการต้ม ใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง หรือให้แป้งสุกบางส่วนคือ ให้แป้งสุกเข้าไปประมาณ 27-37 เปอร์เซ็นต์ของก้อนแป้งทั้งหมด ไม่ควรให้แป้งสุกมากเกินไป เพราะแป้งอาจเหนียวมากจนยากต่อการเป็นเส้น (ภควัฒน์ เดชชีวะ, 2547) หรือผสมแป้งพรีเจลาติไนซ์ โดยการให้ความร้อนในสภาวะที่มีน้ำมากเกินพอ จนสตาร์ชเกิดเจลาติไนซ์ และทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้ง อาจใช้เครื่องทำแห้งแบบสเปรย์ (Spray Drier) หรืออาจใช้เครื่องเอ็กซ์-ทรูด หลังจากนั้นบดให้ละเอียดก่อนนำไปใช้ ซึ่งแป้งพรีเจลาติไนซ์ที่ได้สามารถกระจายตัวในน้ำเย็นในอุณหภูมิปกติ และให้ความข้นหนืดได้ทันที (Whistler & Bemiller, 1999) โดย Hsu (1984) ผลิตพาสต้าจากแป้งข้าวเจ้า พบว่าการใช้แป้งข้าวพรีเจลาติไนซ์ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง สามารถช่วยปรับปรุงโด และลักษณะเส้นพาสต้าให้มีความยืดหยุ่น Sozer (2009) เตรียมโดพาสต้าจากแป้งข้าวเจ้า โดยพบว่าผสมแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ช่วยปรับปรุงคุณภาพโด และเนื้อสัมผัสพาสต้าจากแป้งข้าวมีความยืดหยุ่น

โปรตีนถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชที่นิยมนำมาบริโภค และใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในระดับอุตสาหกรรมได้มีการนำถั่วเหลืองมาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย เช่น น้ำนมถั่วเหลือง เต้าหู้ เต้าฮวย ผลิตเป็นโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ซึ่งเป็นโปรตีนจากถั่วเหลืองมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วน ซึ่งร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ดี ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ มีปริมาณสูง 35-38 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี ร่างกายสามารถย่อยได้ง่าย มีกรดอะมิโนไลซีนสูง แต่มีเมทไทโอนีน และซีสทีน ค่อนข้างน้อย (Bacon & Lambert, 1990)

โปรตีนถั่วเหลืองสกัด

โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีนสูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง มีกรดอะมิโนที่จำเป็น (ตารางที่ 2-1) โปรตีนถั่วเหลืองสกัด ผลิตได้จากการสกัดแยกโปรตีนออกจากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน หรือกากถั่วเหลืองที่ได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง และการสกัดน้ำมัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นโปรตีนที่มีความบริสุทธิ์สูง สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาหารได้หลากหลายประเภท โดยทั่วไปการผลิตโปรตีนถั่วเหลืองสกัดสามารถผลิตได้จากถั่วเหลืองทั้งเมล็ด ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีส่วนผสมของไขมันอยู่ด้วย แต่ในทางอุตสาหกรรมจะผลิตจากถั่วเหลืองจากการสกัดน้ำมันถั่วเหลือง กรรมวิธีการผลิตสามารถทำได้หลายวิธี โดย

อาศัยตัวทำละลายในการสกัด ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้สารละลายด่างหรือเกลือเป็นตัวทำละลาย เช่น การผลิตโปรตีนสกัดที่ใช้ในการค้า จะใช้สารละลายด่างช่วงพีเอช 7 ถึง 10 ในการสกัดและทำการตกตะกอนที่จุดไอโซอิเล็คตริค (Isoelectric Point) พีเอช 4.5 หรือการผลิตโปรตีนโดยใช้สารละลายเกลือในการสกัด ซึ่งอาศัยความแรงของประจุเป็นตัวแยก นอกจากนี้ยังสามารถใช้เมมเบรน (Membrane) (Hensley & Lawhon. 1979)

ตารางที่ 2-1 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Kola et al., 1985)

Essential Amino Acid	**Soy Protein Isolate**
Histidine	28
Isoleuxine	49
Leucine	82
Lysine	64
Methionine	26
Phenylalanine	92
Threonine	38
Tryptopha	14
Valine	50

การใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองสกัดในผลิตภัณฑ์อาหารเส้น

เปรมวดี ฉายะปัญจะ (2543) ศึกษาการเสริมแป้งถั่วในบะหมี่อบแห้ง โดยการทดแทนแป้งถั่วเปรียบเทียบกัน 2 ชนิด คือ แป้งถั่วลิสง และแป้งถั่วเขียวซีก ปริมาณ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง พบว่าสามารถใช้แป้งถั่วลิสงทดแทนแป้งสาลีได้ 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งถั่วเขียวซีกสามารถทดแทนได้ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยพิจารณาจากปริมาณโปรตีนที่สูง และคะแนนการยอมรับที่ดี มีกลิ่นถั่วหลังการต้มสุกน้อย

นวภรรณ ทองพันธ์ (2551) ได้ศึกษาการพัฒนาบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนถั่วเหลือง 4 ชนิดได้แก่ แป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มทั้งที่ผ่านกระบวนการความร้อนต่ำ (LHFF) และให้ความร้อนสูง (HHFF) แป้งถั่วเหลืองชนิดพร่องไขมัน และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด พบว่า เส้นบะหมี่สูตรแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มทั้งชนิดมีสีที่เข้มขึ้น เส้นเปราะขาดง่าย แข็ง ขาดความยืดหยุ่น และมีเนื้อสัมผัสที่สาก เส้นบะหมี่สูตรแป้งถั่วเหลืองชนิดพร่องไขมัน เส้นจะเหนียว ขณะที่เส้นบะหมี่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สูตรโปรตีนถั่วเหลืองสกัด เส้นจะนิ่มและมีสีเหลืองอ่อน เมื่อพิจารณาคะแนนลักษณะทั่วไป และความชอบโดยรวม พบว่าสูตรโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีคะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย ขณะสูตรที่เหลือมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ

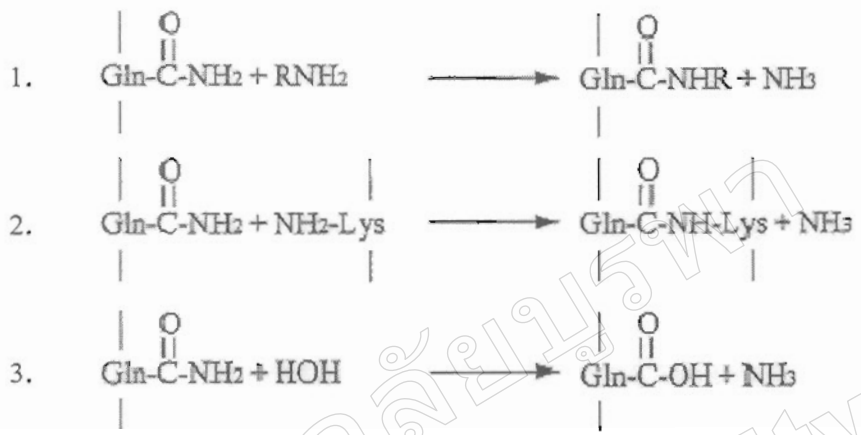
Gan, Ong, Wong, and Easa (2009) ได้ศึกษาผลของน้ำตาลไรโบส เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ต่อคุณภาพทางกายภาพ และความสามารถในการย่อยสตาร์ชของบะหมี่เหลือง พบว่า บะหมี่ที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ไรโบส และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส มีเนื้อสัมผัสที่แข็งแรงสูงขึ้น รวมทั้งยังมีค่า Glycemic Index ต่ำสุดอีกด้วย

Sudha, Rajeswari, and Rao (2011) ศึกษาการเติมแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (Defatted Soy Flour) ปริมาณ 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง ในบะหมี่ทอดกึ่งสำเร็จรูปจากแป้งสาลี พบว่าปริมาณแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความแข็งของบะหมี่เพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น และน้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้น

เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (Transglutaminase, TGase)

เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (Transglutaminase, TGase) มีชื่อตามระบบว่า Proteinglutamine:amine γ-glutamyltransferase และชื่อตามรหัสคือ EC 2.3.2.13 เอนไซม์ทรานส์-กลูตามิเนสมีหมู่ซีสเตอีนที่ช่วยให้เกิดปฏิกิริยากับ γ-carboxyamide ของอนุมูลกลูตามีนในโปรตีน เกิดเป็น γ-glutamyl thioester และปลดปล่อยแอมโมเนีย หลังจากนั้น γ-glutamylthioester จะทำปฏิกิริยากับหมู่เอมีนเกิดเป็นพันธะ isopeptide หรือพันธะ γ-glutamylpolyamide (Greenberg, Birckbichler, & Rice, 1991) ในกรณีที่ไม่มีเอมีน น้ำสามารถทำหน้าที่เป็นตัวรับหมู่ acyl เป็นผลให้กลูตามีนเปลี่ยนเป็นกรดกลูตามิก (Folk & Chung, 1973) นอกจากนี้กลุ่ม primaryamino ที่มีไลซีน หรือพอลิเอมายด์สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับส่วนปลายของกลูตามีนเกิดเป็นพันธะ ε-(γ-glutamyl) lysine ระหว่างโปรตีนหรือ γ-glutamyl polyamide เป็นผลให้เกิดพันธะโควาเลนท์ที่มีความคงตัวและทนต่อการย่อยสลาย (Greenberg et al., 1991) เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสก่อให้เกิดการเชื่อมประสานของโปรตีนโดยพันธะโควาเลนท์ทั้งในและนอกโมเลกุล ภาพที่ 2-5 แสดงปฏิกิริยาซึ่งเร่งโดย TGase ในสภาวะที่มีตัวรับหมู่ acyl แตกต่างกันไป (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2543; Motoki & Seguro, 1998)

จากการศึกษาคุณสมบัติและการทำงานของ TGase ที่พบจากแหล่งต่าง ๆ พบว่า TGase ทำงานได้ดีในช่วง pH ประมาณ 5-8 อุณหภูมิที่เหมาะสมไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส และสูญเสียแอคติวิตี้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูง



ภาพที่ 2-5 การทำงานของเอนไซม์ทรานส์กลูทามิเนสในสภาวะที่มีตัวร่วมทำปฏิกิริยาต่าง ๆ กัน

1) ปฏิกิริยาการย้ายหมู่ acyl โดยมีหมู่ primary amine เป็นตัวรับ

2) การเกิดพันธะเชื่อมโยงระหว่างกลูตามีนกับไลซีนในโปรตีน

3) ปฏิกิริยา deamidation โดยมีน้ำเป็นตัวร่วมปฏิกิริยา

ผลของการเชื่อมพันธะ G-L ต่อสมบัติทางหน้าที่ของโปรตีน

การเชื่อมพันธะ G-L ทั้งภายในและระหว่างสายเปปไทด์ โดยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของโปรตีน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีประโยชน์อย่างมากต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความสามารถในการเกิดเจล

โปรตีนไม่สามารถเกิดเจลตามธรรมชาติ เมื่อผ่านการทำปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจะมีความสามารถในการเกิดเจลได้ ตัวอย่างเช่น สารละลายเคซีนซึ่งเป็นโปรตีนจากนมจะเกิดเจลได้หลังจากการเชื่อมพันธะ G-L นอกจากนี้ถ้าเป็นโปรตีนที่สามารถเกิดเจลได้โดยการให้ความร้อน เช่น โปรตีนถั่วเหลือง และไมโอซิน ซึ่งเป็นโปรตีนจากเนื้อสัตว์ การเชื่อมพันธะ G-L โดยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจะมีผลทำให้โปรตีนดังกล่าวเกิดเจลได้ โดยไม่ต้องใช้ความร้อน ความแข็งแรงของเจลโปรตีนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับปริมาณของพันธะ G-L ที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม การเชื่อมพันธะ G-L ในโปรตีนมากเกินไป ก็มีผลทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลงได้เช่นเดียวกัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. ความหนืด

โปรตีนที่ผ่านการเชื่อมพันธะ G-L โดยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจะมีขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้น มีผลทำให้สารละลายของโปรตีนดังกล่าวมีความหนืดสูงขึ้น ความหนืดของสารละลายโปรตีนจะสูง หรือต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณของพันธะ G-L ที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถควบคุมสภาวะของการเกิดปฏิกิริยา อุณหภูมิ และความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ใช้

3. ความเสถียรต่อความร้อน

เนื่องจากพันธะ G-L ในโปรตีนที่เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเป็นพันธะโควาเลนต์ เจลของโปรตีนดังกล่าวจึงมีความเสถียรต่อความร้อนสูง โดยปกติเจลของเจลาติน (Gelatin) จะทำให้ได้เจลที่ทนต่อความร้อนสูงได้ถึง 120 องศาเซลเซียส โดยไม่เกิดการหลอมเหลวกลับคืน

4. ความสามารถในการอุ้มน้ำ

ความสามารถในกรอุ้มน้ำจองเจลจากโปรตีนเป็นสมบัติที่ต้องการในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เจลของโปรตีนที่ผ่านการเชื่อมพันธะ G-L โดยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี สามารถใช้ลดปัญหาการแยกตัวของน้ำ (Syneresis) ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภทได้เป็นอย่างดี เช่น โยเกิร์ตที่ผลิตจากน้ำนมที่ผ่านการทำปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีขึ้น และสามารถป้องกันการแยกตัวของน้ำในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้

การนำเอนไซม์ทรานกลูตามิเนสไปใช้ในผลิตภัณฑ์เส้น

เปรมวดี ฉายาปัญจะ (2543) ศึกษาการเสริมแป้งถั่วในบะหมี่อบแห้ง โดยการทดแทนแป้งถั่วเปรียบเทียบกัน 2 ชนิด คือ แป้งถั่วลิสง และแป้งถั่วเขียวซีก พบว่าสามารถใช้แป้งถั่วลิสงทดแทนแป้งสาลีได้ 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งถั่วเขียวซีกสามารถทดแทนได้ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยพิจารณาจากปริมาณโปรตีนที่สูง และคะแนนการยอมรับที่ดี มีกลิ่นถั่วหลังการต้มสุกน้อย จากนั้นมีการปรับปรุงคุณภาพหลังการต้มให้ดีขึ้น โดยการใช้เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ระดับ 0.05 0.1 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง พบว่าการเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ระดับ 0.1 เปอร์เซ็นต์ในบะหมี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยถั่วลิสง และบะหมี่ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยถั่วเขียวซีก มีคะแนนด้านความเหนียว และความนุ่มอยู่ในระดับที่เหมาะสม และมีคะแนนการยอมรับสูง

Wu and Corke (2005) ศึกษาผลของคุณภาพบะหมี่แห้ง โดยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเสที่ระดับเอนไซม์ต่างกันต่อบะหมี่ที่ทำจากแป้งคุณภาพดี และแป้งคุณภาพต่ำ พบว่าเมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีผลทำให้บะหมี่ทั้ง 2 ประเภทมีค่าแรงดึงขาด (Tensile Force) ค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความคงทนต่อการแยกตัวของเนื้อ (Gumminess) เพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่

สูญเสียระหว่างการต้มสุกไม่แตกต่างกัน แต่น้ำหนักที่ได้หลังการต้มลดลงเมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส

Aalami and Leelabathi (2008) ศึกษาผลของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่อคุณภาพของสปาเกตตีที่ระดับ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง พบว่าเมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม และน้ำหนักที่ได้หลังการต้มลดลง และเมื่อนำเส้นสปาเกตตีส่องกล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่ามีโพรงอากาศลดลง และโครงสร้างแน่นขึ้น

Gan, Ong, Wong, and Easa (2009) ศึกษาผลการใช้น้ำตาลไรโบส เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสจากจุลินทรีย์ และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ต่อคุณภาพทางกายภาพ และความสามารถการย่อยของสตาร์ชของบะหมี่เหลือง พบว่าบะหมี่ที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสร่วมกับการใช้น้ำตาลไรโบสในแป้งที่ทดแทนด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัด กับบะหมี่ที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในแป้งที่ทดแทนด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ทำให้ค่าความต้านทานการดึงขาด และค่าความยืดหยุ่นได้สูงกว่า บะหมี่ที่ทดแทนด้วยโปรตีนถั่วสกัดร่วมกับไรโบส และในตัวอย่างที่ทดแทนด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัดอย่างเดียว

สารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549)

สารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ หมายถึง สารที่สามารถละลายหรือกระจายในน้ำร้อนหรือน้ำเย็น และให้สารละลายที่มีลักษณะหนืด สารบางชนิดมีคุณสมบัติให้ความหนืด รักษาความคงตัว ช่วยให้น้ำ และน้ำมันเข้ากันได้ดีหรือจับน้ำ และช่วยให้สารแขวนลอยได้ดีอีกด้วย

การใช้ประโยชน์ของไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์ถูกนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอื่น ๆ ด้วย การนำพอลิแซ็คคาไรด์กัมชนิดใดมาใช้ทำหน้าที่ในผลิตภัณฑ์อาหารใด ขึ้นอยู่กับสมบัติเฉพาะของกัมชนิดนั้น ๆ ผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจใช้กัมมากกว่าหนึ่งชนิดมาผสมกันเพื่อให้ได้สมบัติเฉพาะในการทำหน้าที่สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ไอศกรีมจะใช้คาร์ราจีแนนผสมกับโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นสารเพิ่มความคงตัว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

หน้าที่ของไฮโดรคอลลอยด์

ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้นำไฮโดรคอลลอยด์มาใช้ประโยชน์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของอาหารตามสมบัติของไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ซึ่งจะทำหน้าที่ได้แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ ที่นิยมใช้กันมาก คือ ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด อิมิซิไฟอิงเอเจนต์ และสารที่ทำให้เกิดฟิล์ม (Film Forming Agent) การทำหน้าที่ดังกล่าวของไฮโดร - คอลลอยด์จะสัมพันธ์กับความหนืดของสารละลายที่ใช้ ซึ่งจะผันแปรตามความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ด้วย ปริมาณการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในหน้าที่ดังกล่าวรวมกันประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ของไฮโดรคอลลอยด์ที่นำมาใช้ประโยชน์ทั้งหมด สำหรับหน้าที่อื่น ๆ ใช้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

สมบัติทั่วไปของไฮโดรคอลลอยด์

1. การกระจายตัวในน้ำ (Dispersibility In Water)

ไฮโดรคอลลอยด์ส่วนใหญ่ละลายได้ดีในน้ำร้อน มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น เช่น กัมอะราบิก และกัมบางชนิดละลายได้บ้างในตัวทำละลายอินทรีย์ การที่ไฮโดร - คอลลอยด์ มีความสามารถในการละลาย หรือการกระจายตัวได้ในน้ำผันแปรแตกต่างกัน เรียกว่า Degree of Solubility ซึ่งปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง คือ อุณหภูมิและความเข้มข้น พอลิแซ็กคาไรด์กัมส่วนใหญ่ละลายได้ดีที่ความเข้มข้นประมาณ 1 - 2 เปอร์เซ็นต์ อนุพันธ์เซลลูโลสบางชนิดสามารถละลายได้ที่ความเข้มข้นสูง ๆ เนื่องจากมีความหนืดต่ำ ส่วนกัมอะราบิกและลาร์ชกัมละลายได้สูงถึง 50 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การละลายของไฮโดรคอลลอยด์ส่วนใหญ่ต้องใช้ความร้อน จึงจะทำให้เกิดการไฮเดรชั่นมากที่สุด เช่น โลคัสต์บีนกัม และทรากาแคนต์ การละลายหรือการทำให้พอลิแซ็กคาไลด์กัมกระจายตัวในน้ำ ต้องทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อไม่ให้กัมเกาะตัวเป็นก้อน การที่กัมเกาะตัวกันได้เนื่องจากกัมเหล่านี้มีสัมบัติเป็นโฮโดรฟิลิก จึงดูดน้ำได้อย่างรวดเร็ว และเกาะตัวกันเป็นก้อน ข้อควรปฏิบัติเพื่อไม่ให้พอลิแซ็กคาไรด์กัมเกาะกันเป็นก้อน มีหลายวิธีดังนี้

ก. ทำให้กัมกระจายตัวในแอลกอฮอล์หรืออะซีโตน หรือน้ำเชื่อม หรือกลีเซอรีนจำนวนเล็กน้อยแล้วจึงเติมน้ำลงไป

ข. ผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ ที่เป็นของแข็ง เช่น น้ำตาล หรือน้ำตาลไอซิง เสียก่อนแล้วจึงเติมน้ำลงไป หรือนำไปเติมลงในส่วนผสมอื่นที่เป็นของเหลว

ค. ค่อย ๆ เติมกัมลงในน้ำอย่างช้า ๆ โดยการร่อนผ่านตะแกรงลงบนผิวน้ำ

ง. เติมน้ำเย็นลงไปในกัมเพียงเล็กน้อยพอให้กัมเปียกทั่วกัน แล้วคนให้เข้ากันดี หลังนั้นจึงค่อย ๆ เติมน้ำร้อนลงไปเพื่อให้กัมละลายได้ดีขึ้น

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

2. ความหนืด (Viscosity)

พอลิแซ็กคาไรด์กัมเมื่อละลายในน้ำ จะได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น และสารละลายของกัมแต่ละชนิดจะมีความหนืดแตกต่างกัน ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายกัม ได้แก่

ก. ธรรมชาติของพอลิแซ็กคาไรด์กัม

ข. อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ละลาย

ค. ความเข้มข้นของสารละลาย สารละลายกัมแต่ละชนิดจะให้ความหนืดสูงที่สุดที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เช่น ลาร์ชกัม และกัมอะราบิก จะให้ความหนืดสูงเมื่อมีความเข้มข้น 10-20 เปอร์เซ็นต์ แต่ทรากาแคนต์ โลคัสต์บีนกัม และกัวร์กัมจะให้ความหนืดสูงสุดเมื่อมีความเข้มข้นเพียง 1 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

ระยะเวลาที่ใช้ในการละลายก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายกัม ตัวอย่างเช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและกัวร์กัม เมื่อละลายในน้ำจะได้สารละลายที่มีความหนืดสูงสุดอย่างรวดเร็ว ตรงกันข้ามกับทรากาแคนต์จะละลายน้ำได้อย่างช้า ๆ จึงต้องใช้เวลานานในการละลาย เพื่อให้สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงสุด

3. การเกิดเจล (Gel Formation)

พอลิแซ็กคาไรด์กัมบางชนิด เช่น เพกติน อะการ์ สตาร์ช แอลจิเนต และคาร์ราจีแนน สามารถเกิดเจลได้ภายใต้ภาวะที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น เพกตินจะเกิดเจลได้ดีในน้ำร้อนที่มีน้ำตาลและกรด จึงนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมผลิตแยมและเจลลี ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อเรียบ และเป็นเจลที่แผ่ออกได้ (Spreadable gel) สำหรับเพกตินที่มีหมู่เมทอกซิลน้อยจะเกิดเจลได้ดีเมื่อมีแคลเซียมและไม่มีน้ำตาล

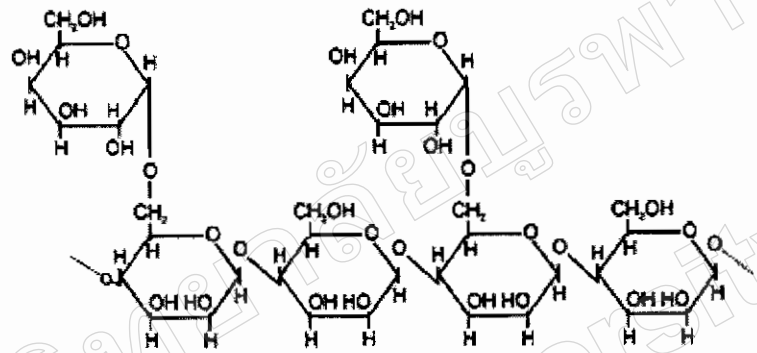
กัวร์กัม (Guar Gum)

กัวร์กัมได้จากส่วนเนื้อในเมล็ดพืชตระกูลถั่ว Cyamosid tetragonolobus โครงสร้างโมเลกุลของกัวร์กัม (ภาพที่ 2-6) เป็นพอลิเมอร์สายยาวของกาแล็กโทแมนแนนมีน้ำหนักโมเลกุล 220,000-250,000 ดาลตัน ในโมเลกุลประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนสที่ต่อกันด้วยพันธะ β(1→4) และมีแขนงของน้ำตาลกาแล็กโทส หนึ่งโมเลกุลต่อทุก ๆ 2 โมเลกุลของน้ำตาลแมนโนส เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ (1→6) ทำให้อัตราส่วนของน้ำตาลแมนโนสต่อกาแล็กโทสเป็น 2:1 แสดงว่ากัวร์กัมมีแขนงของน้ำตาลกาแล็กโทสมากกว่าโลคัสต์บีนกัม

กัวร์กัมไม่สามารถเกิดเจลได้ แต่อุ้มน้ำ และกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง และจะให้ความหนืดสูงสุดภายในเวลา 2 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะอุ้มน้ำได้มากขึ้น และมีความหนืดเพิ่มขึ้น นิยมใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว และช่วยอุ้มน้ำ

327368

ความหนืดของสารละลายกัวร์กัมจะขึ้นกับอุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส เวลา ความเข้มข้น การคน และขนาดของอนุภาค เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลายกัวร์กัมจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากกัวร์กัมจะไม่แตกตัวเป็นอิออน และทนต่อการเป็นกรด-เบสได้ในช่วงกว้าง คือ พีเอช 4-10 โดยที่ความหนืดไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถเติมอิเล็กโทรไลต์ได้เป็นจำนวนมาก แต่ถ้ามีความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์สูงกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลต่อการอุ้มน้ำ และการเกิดเจล กัวร์กัมจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงที่สุดที่ความเป็นกรด-เบส 7.5-9.0



ภาพที่ 2-6 สูตรโครงสร้างโมเลกุลของกัวร์กัม (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549)

การใช้กัวร์กัมในผลิตภัณฑ์อาหารเส้น

สิริชัย ส่งเสริมพงษ์ และคณะ (2543) ได้พัฒนากรรมวิธีการผลิตเส้นขนมจีนแห้งกึ่งสำเร็จรูป โดยการคัดเลือกชนิดของข้าวแล้วนำไปหมัก บด และแยกแป้งนำแป้งมาผสมกับน้ำแล้วนึ่งให้สุก นวดแป้งที่สุกแล้วนำอัดเป็นเส้นด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกแล้วอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถคืนรูปในน้ำเดือดในเวลา 7-8 นาที ต่อมาในปี พ.ศ. 2545 สิริชัย ส่งเสริมพงษ์ และคณะ ได้วิจัยเพื่อปรับปรุงให้เส้นขนมจีนแห้งสามารถคืนรูปได้เร็วกว่าเดิม โดยการทดลองเติมสารประกอบไฮโอรคอลลอยด์หลายชนิด ผลการทดลองพบว่า การใช้กัวร์กัมผสมลงในปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งชื้นเริ่มต้น สามารถทำให้เส้นขนมจีนแห้งสามารถคืนรูปด้วยการต้มในน้ำเดือด 3 นาที

Ngadi and Yu (2004) ได้ศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณภาพทางด้านอื่น ๆ ของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โดยเติมกัวร์กัม 0-0.37 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง พบว่าเมื่อใช้กัวร์กัมในปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดสูงขึ้นและช่วยลดปริมาณน้ำมันในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Jarnsuwan and Thongngam (2011) ศึกษากัวร์กัมปริมาณ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนัก ที่เติมในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปจากแป้งสาลี พบว่า เมื่อปริมาณกัวร์กัมเพิ่มขึ้นทำให้น้ำหนักที่ได้หลังการต้มมีเพิ่มขึ้น และบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปมีค่าความแข็งลดลง

การทอด (Frying)

การทอด หมายถึง การนำชิ้นอาหารใส่ลงในน้ำมันขณะร้อนผิวนอกของอาหารจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำที่เป็นส่วนประกอบหลักในอาหารระเหยกลายเป็นไอ ผิวนอกของอาหารจะแห้ง ซึ่งมีลักษณะคล้ายการอบหรือการย่าง การระเหยของน้ำจะค่อย ๆ เคลื่อนที่เข้าไปด้านในของชิ้นอาหาร ทำให้ผิวนอกมีลักษณะเป็นเปลือกแห้งหุ้มชิ้นอาหารไว้ ผิวนอกของอาหารจะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนเท่า ๆ กับน้ำมัน และอุณหภูมิภายในชิ้นอาหารก็เพิ่มขึ้นถึง 100 องศาเซลเซียส วัตถุประสงค์รองคือ การถนอมอาหาร โดยการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ เอนไซม์ และลดค่าวอเตอร์ - แอคทิวิตี้ที่ผิวอาหาร หรือตลอดชิ้นอาหาร (วิไล รังสาดทอง, 2546)

วิธีการทอดทางอุตสาหกรรมที่สำคัญซึ่งจำแนกโดยการถ่ายโอนความร้อนได้เป็น 2 วิธี คือ

1. การทอดแบบน้ำมันตื้น (Shallow Frying) เป็นการทอดที่ใช้ปริมาณน้ำมันน้อย หรือเพียงใช้น้ำมันเคลือบบนผิวกระทะป้องกันไม่ให้อาหารติดกระทะเท่านั้น วิธีนี้เหมาะสำหรับอาหารที่มีอัตราส่วนไม่ให้อาหารติดกระทะเท่านั้น วิธีนี้เหมาะสำหรับอาหารที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง เช่น เบคอน ไข่ เบอร์เกอร์ และพายชนิดต่าง ๆ

2. การทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep-fat Frying) เป็นการทอดอาหารในน้ำมันปริมาณมาก โดยอาหารที่ทอดจะจมลงไปในน้ำมัน การทอดวิธีนี้เหมาะกับอาหารทุกรูปร่าง อาหารที่ได้จากการทอดแบบน้ำมันท่วมนี้จะมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างจากวิธีการทอดแบบแรก คือ มีลักษณะกรอบฟู มีสี กลิ่น และรสชาติเฉพาะตัวที่เกิดจากน้ำมันที่ใช้ในการทอด ทำให้อาหารน่ารับประทานมากขึ้น

กระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วม

กระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นกระบวนการในการทำให้อาหารสุกด้วยการจุ่มอาหารลงในน้ำมันร้อนที่มีปริมาตรของน้ำมันมากจนท่วมชิ้นอาหาร โดยอุณหภูมิในการทอดต้องสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ (Farkas, 1994) ซึ่งสามารถใช้ได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 130 ถึง 180 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการทอด คือ อุณหภูมิช่วง 170 ถึง 190 องศาเซลเซียส (Bouchon, 2002)

กระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วมเกี่ยวข้องทั้งกับการถ่ายโอนความร้อน และการถ่ายโอนมวลสาร การถ่ายโอนความร้อนในการทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นทั้งการพาความร้อนในน้ำมันร้อน และการนำความร้อนสู่ภายในอาหาร เมื่อวางอาหารลงในน้ำมันร้อน อุณหภูมิที่ผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และน้ำจะระเหยกลายเป็นไอ ผิวหน้าของอาหารจึงเริ่มแห้ง แนวระนาบการระเหยจะเคลื่อนที่เข้าไปในอาหาร และเกิดเปลือกนอกขึ้นอุณหภูมิที่ผิวอาหารจะเพิ่มขึ้นจนเท่ากับอุณหภูมิของน้ำมันร้อน และอุณหภูมิภายในจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ถึง 100 องศาเซลเซียส ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำมันร้อนและอาหาร และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่ผิวจะเป็นตัวควบคุมการถ่ายโอนความร้อน ค่าการนำความร้อนของอาหารเป็นตัวควบคุมอัตราการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในอาหาร (วิไล รังสาดทอง, 2546)

การทอดแบบน้ำมันท่วมทำให้อาหารมีลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสเฉพาะตัว คือ ลักษณะกรอบนอก นุ่มใน ภายหลังการทอดโครงสร้างของอาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจนสามารถแบ่งองค์ประกอบของชิ้นอาหารได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนเปลือกนอก (Crust) ซึ่งมีลักษณะแห้งกรอบ มีรูพรุน และมีน้ำมันเกาะอยู่ อีกส่วนหนึ่ง คือส่วนภายใน (Core) จะมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าและยังคงมีความชุ่มชื้นอยู่ การเกิดเปลือกนอกของผลิตภัณฑ์ทอดเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอาหารภายหลังจากการสัมผัสกับน้ำร้อนในขณะทอด ส่งผลให้องค์ประกอบต่าง ๆ เช่น สตาร์ชเกิดการเจลาติไนซ์ภายในเซลล์ โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติทำให้โครงสร้างเซลล์อ่อนตัวลง น้ำภายในเซลล์เปลี่ยนเป็นไอน้ำ และระเหยออกไปจากอาหารและเกิดการดูดซับน้ำมันเข้าไปแทนที่ (Pedreschi, Leon, Kaack. & Granby, 2005) เปลือกนอกของอาหารทอดที่มีลักษณะรูพรุนประกอบด้วยท่อคาปิลลารีขนาดต่าง ๆ น้ำและไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกจากท่อคาปิลลารีช่องใหญ่ก่อนและถูกแทนที่ด้วยน้ำมันในระหว่างหรือภายหลังการทอด ความชื้นจะเคลื่อนที่ผ่านผิวอาหารและฟิล์มบาง ๆ ของน้ำมัน ความหนืดและความเร็วของการเคลื่อนที่ของน้ำมันเป็นตัวกำหนดความหนาของฟิล์ม ซึ่งมีผลต่ออัตราการถ่ายโอนมวลและความร้อน ความแตกต่างของความดันไอระหว่างความชื้นภายในอาหารและน้ำมันจะเป็นตัวขับเคลื่อนความชื้นคล้ายกับในกรณีการทำแห้งด้วยลมร้อน (วิไล รังสาดทอง, 2546; Farkas, 1994)