บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บะหมี่

บะหมี่ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเส้นทำจากแป้งสาลีอย่างเดียว หรืออาจผสมกับแป้งชนิดอื่น โดยอาจผ่านกระบวนการทำให้แห้ง และสุก ที่อุณหภูมิและความดันที่เหมาะสม เพื่อให้เก็บได้นาน และสามารถรักษาคุณภาพ กลิ่น และรสชาติ ของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532) บะหมี่เริ่มทำขึ้นครั้งแรกในประเทศจีนเมื่อประมาณ 1,200 ปี ที่ผ่านมา จากนั้นก็แพร่หลายไปทั่วแถบภูมิภาคเอเชีย ทำให้บะหมี่มีการผลิตหลายรูปแบบ เช่นในประเทศญี่ปุ่นได้ดัดแปลงบะหมี่จากจีนกลายเป็นบะหมี่ญี่ปุ่นหรือที่เรียกกันว่า อุด้ง (Udon) บะหมี่ยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยใช้เทคโนโลยีการแช่แข็ง และบรรจุภัณฑ์เข้ามาร่วมเพื่อพัฒนา และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นบะหมี่จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมบริโภคกันทั่วโลก

2.1.1 ชนิดของบะหมี่

เกณฑ์ที่ใช้จำแนกชนิดบะหมี่มีหลากหลาย เช่น ส่วนประกอบที่เติม กระบวนการผลิต รูปร่าง ความหนาของเส้น และปริมาณความชื้น เป็นต้น แต่โดยทั่วไปสามารถแบ่งประเภทบะหมี่ได้แก่ บะหมี่ทำด้วยมือ (Dough stretching type) บะหมี่ที่ขึ้นรูปแผ่น และการตัดเส้น (Dough sheeted & cut type) และบะหมี่ที่ผลิตจากกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน (Extrusion) เช่น พาสต้า (Dough extrusion type) นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งชนิดของบะหมี่ตามกระบวนการการผลิต สามารถแบ่งลักษณะของบะหมี่ 6 ชนิด ได้แก่

2.1.1.1 บะหมี่สด

ทำได้จากการผสมแป้งสาลีกับน้ำ และส่วนผสมอื่น ได้แก่ สารละลายเบส ไข่ เกลือ และอาจใส่สีเหลืองที่ใช้ใส่อาหารลงไป ผสมจนเป็นโดเรียบเนียน มีความชื้นประมาณร้อยละ 35 และพักไว้ 10-20 นาที นำมารีดให้มีความหนาประมาณ 1.5-2.0 มิลลิเมตร ตัดเป็นเส้นกลมหรือแบน ขนาดเล็กหรือใหญ่ หรืออาจทำเป็นแผ่นบาง เรียกว่า แผ่นเกี๊ยว บะหมี่สดจัดเป็นบะหมี่ที่ยังดิบอยู่นิยมทำเพื่อบริโภคทันที หรือ 1-2 วัน โดยก่อนบริโภคต้องนำมาลวกหรือต้มให้สุก และนำมาปรุงรสตามความนิยมของคนในท้องถิ่น

2.1.1.2 บะหมี่สุก

เมื่อนำบะหมี่สดมาลวกให้ผิวนอกของเส้นสุก เพื่อเป็นการทำลายจุลินทรีย์ และช่วยให้เก็บได้หลายวันขึ้น ควรคลุกด้วยน้ำมันเพื่อไม่ให้เส้นติดกันง่าย บะหมี่สุกนี้จะมีความชื้นประมาณร้อยละ 50 เมื่อต้องการบริโภคก็นำมาลวกให้สุกทั้งหมดอีกครั้ง แล้วปรุงรสตามชอบ

2.1.1.3 บะหมี่แห้ง

เพื่อช่วยให้สามารถเก็บบะหมี่สดไว้ได้นานยิ่งขึ้น จึงได้มีการพัฒนากระบวนการโดยนำบะหมี่สดมาทำให้แห้งด้วยการตากแดดอย่างช้าๆ หรือนำเข้าตู้อบควบคุมความร้อนให้ค่อยๆสูงขึ้นอย่างเหมาะสม เพื่อให้เส้นบะหมี่แห้งลงช้าๆ จากความชื้นร้อยละ 35 ลดลงเหลือร้อยละ 8-10 วิธีการทำแห้งแบบนี้จะต้องระมัดระวังมาก เพื่อป้องกันไม่ให้เส้นบะหมี่แห้งเปราะ และแตกหักง่าย จึงต้องทำเป็นลำดับ 3 ขั้นตอน โดยขั้นที่ 1 ลดความชื้นของเส้นบะหมี่จากร้อยละ 35

ลดลงเหลือร้อยละ 24 ด้วยการอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 72-77 เพื่อกระจายความชื้นในเส้นให้สม่ำเสมอ ขั้นตอนที่ 3 จะควบคุมอุณหภูมิของตู้อบให้อยู่ระหว่าง 25-28 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 78-72 จนกระทั่งบะหมี่แห้งมีความชื้นเพียงร้อยละ 8-10

2.1.1.4 บะหมี่ทอด

วิธีการทอดเป็นการลดความชื้นของบะหมี่สด เพื่อให้เก็บได้นานขึ้นอีกวิธีหนึ่งที่รวดเร็วกว่าการทำแห้งโดยความร้อน และเมื่อต้องการบริโภคจะต้มบะหมี่สุกได้เร็วกว่าบะหมี่แห้งธรรมดา จึงเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบันโดยเพิ่มเติม และดัดแปลงกรรมวิธีต่อไปเป็นบะหมี่ทอดสำเร็จรูป

2.1.1.5 บะหมี่แห้งสำเร็จรูป

กรรมวิธีการทำบะหมี่แห้งสำเร็จรูปนี้ ปรับปรุงจากการทำบะหมี่สด โดยนำมาผ่านไอน้ำให้สุกขั้นหนึ่งก่อน แล้วจึงนำมาจับรวมเป็นก้อนขนาดเหมาะสม ทำให้แห้งโดยวิธีการอบในตู้อบควบคุมอุณหภูมิ เมื่อแห้งดีแล้วจะมีความชื้นเหลืออยู่ร้อยละ 10-13 นำมาบรรจุซองพร้อมกับซองใส่เครื่องปรุงทั้งในรูปผง หรือน้ำมัน ผลิตภัณฑ์นี้จะเก็บได้นานเป็นปี เมื่อต้องการบริโภคก็นำมาต้มให้สุกเพิ่มขึ้น ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงพร้อมทั้งเติมเนื้อ และผักตามชอบ

2.1.1.6 บะหมี่ทอดสำเร็จรูป

เป็นวิธีที่นิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากเก็บได้นาน และนำมาบริโภคง่ายเพียงลวกน้ำร้อนเดือด 3-5 นาที หรือต้มโดยใช้เวลาสั้นกว่าบะหมี่แห้งสำเร็จรูป ปรุงรสได้หลายรส ทำโดยนำบะหมี่สดมาอบไอน้ำร้อน จับเส้นให้เป็นกลุ่มมีขนาด และน้ำหนักคงที่เหมาะสมต่อการบริโภค 1ชาม นำบะหมี่ที่ได้ไปทอดในน้ำมันร้อนเดือด ด้วยการจุ่มให้น้ำมันท่วมเส้นบะหมี่ทั้งหมด เมื่อสุกทำให้สะเด็ดน้ำมัน ทิ้งให้เย็น บรรจุในซองรวมกับซองเครื่องปรุงต่างๆ บะหมี่ชนิดนี้ความชื้นเพียงร้อยละ 5-8 จึงเก็บได้นานโดยไม่มีกลิ่นเหม็นหืน จึงทำให้นิยมบริโภคแพร่หลายกันทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศในแถบเอเชีย

2.1.2 หน้าที่ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตบะหมี่

2.1.2.1 แป้งสาลี

แป้งสาลีเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้าวสาลี มีแหล่งกำเนิดอยู่ในเขตเอเชียตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ บริเวณตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศอิหร่าน อิรัก ตุรกี ซีเรีย เลบานอน อิสราเอล และจอร์แดน ข้าวสาลีมีปลูกอยู่ทั่วโลก แบ่งแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญออกเป็นเขตได้ดังนี้ คือ เขตประเทศรัสเซีย เขตประเทศในทวีปยุโรป เขตทวีปอเมริกาเหนือ เขตทวีปอเมริกาใต้ เขตตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันตกของทวีปออสเตรเลีย เขตภาคเหนือ และภาคกลางของสาธารณรัฐประชาชนจีน เขตภาคเหนือของประเทศปากีสถาน และอินเดีย โดยจะมีการปลูกในระดับความสูงของพื้นที่ระดับน้ำทะเล ไปจนถึงในระดับความสูงมากกว่า 4,500 เมตร และจากเส้นศูนย์สูตรไปจนถึงแถบขั้วโลก พื้นที่ปลูกข้าวสาลีประมาณร้อยละ 90 เป็นชนิดที่นำไปใช้ประโยชน์ในการทำขนมปัง โดยเมล็ดข้าวสาลีมีองค์ประกอบ ดังนี้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทั้งเมล็ดหนัก 100 กรัม

องค์ประกอบทั้งเมล็ดหนัก (100 กรัม)	**ปริมาณ (กรัม)**
คาร์โบไฮเดรต	69-72
น้ำ	11-14
โปรตีน	8-16
ไขมัน	1.7-4.0
เส้นใย	2-3
ขี้เถ้า	1.5-1.87

ที่มา : พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ และคณะ (2544)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบในแป้งข้าวสาลีหนัก 100 กรัม

องค์ประกอบในแป้งข้าวสาลีหนัก (100 กรัม)	**ปริมาณ (กรัม)**
คาร์โบไฮเดรต	74-76
โปรตีน	10-12
ไขมัน	1-1.20
เส้นใย	0.3-0.4
ขี้เถ้า	0.3-0.5
น้ำ	12.0-12.40

ที่มา : พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ และคณะ (2544)

ข้าวสาลีมีกรดอะมิโนไลซีน และธรีโอนินต่ำ รวมทั้งไอโซลิวซีน และวาลีน เป็นแหล่งวิตามิน และเกลือแร่ที่สำคัญ สามารถนำไปแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ในหลายรูปแบบทั้งที่เป็นขนมปัง ขนมอบ และก๋วยเตี๋ยว เป็นต้น นอกจากนี้แป้งสาลียังเป็นองค์ประกอบหลักในการทำบะหมี่ ซึ่งมีปริมาณถึงร้อยละ 90-95 ในสูตร ดังนั้นลักษณะของบะหมี่ทั้งทางกายภาพ และเคมี จึงมีผลมาจากแป้งเป็นส่วนใหญ่

คุณภาพของบะหมี่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลักที่สำคัญของแป้ง ได้แก่ สตาร์ช โปรตีน รงควัตถุให้สี และเอนไซม์ รวมถึงวิธีการโม่แป้ง (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532) ดังนี้

1) โปรตีน

มีความสำคัญต่อความยืดหยุ่นซึ่งมีผลจากปริมาณโปรตีน และคุณภาพกลูเตนที่ดีทำให้เส้นบะหมี่คงตัว มีลักษณะในการกัดเคี้ยวที่ดี ความเหมาะสมของปริมาณโปรตีนของบะหมี่แต่ละอย่างมีความแตกต่างกันออกไป เช่น บะหมี่จีนต้องการโปรตีนร้อยละ 10-12 ส่วนบะหมี่ญี่ปุ่นหรืออุด้งต้องการโปรตีนร้อยละ 9-10 โดยหน้าที่สำคัญของโปรตีน คือ กลูเตน ส่งผลต่อการให้ความยืดหยุ่นในบะหมี่ ปริมาณโปรตีนของแป้งสาลีส่งผลต่อสีของบะหมี่ และลักษณะเนื้อสัมผัสโดยเฉพาะความแข็ง (Hardness) (Toyokawa *et al*., 1989 ; Park *et al*., 2003) นอกจากนี้

ปริมาณโปรตีนของบะหมี่มีผลโดยตรงต่อการอุ้มน้ำของโดในบะหมี่ โดยการอุ้มน้ำของโดที่เหมาะสมจะทำให้โดเกิดความคงตัว บะหมี่ที่ได้จึงมีคุณภาพดี ซึ่งการอุ้มน้ำของโดยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของแป้งด้วย เช่น ความเสียหายที่มีในแป้ง และความละเอียดของเม็ดแป้งอีกด้วย (Park. *et al*., 2003) ถ้าในแป้งมีเอนไซม์โปรตีเอส จะทำให้คุณภาพของบะหมี่ลดลงเนื่องจากการย่อยสลายโปรตีน ทำให้คุณสมบัติของกลูเตนเสียไป ทั้งนี้เนื่องมาจากข้าวสาลีเกิดการงอกในขณะเก็บรักษา

2) สตาร์ชของแป้งสาลี

เป็นองค์ประกอบหลักที่มีในแป้งมากที่สุด ประมาณร้อยละ 67 ดังนั้นสตาร์ชจึงเป็นโครงร่างของบะหมี่ โดยมีความสัมพันธ์กับกลูเตนทำให้เกิดโด สตาร์ชมีผลต่อเส้นบะหมี่เมื่อสุก โดยสตาร์ชที่มีความหนืดสูงจะช่วยให้เส้นบะหมี่มีความยืดตัวดี และเหนียว ซึ่งปริมาณอะไมโลสของแป้ง มีความสัมพันธ์กับความแข็ง (Hardness) และความยืดหยุ่น(Springiness) (Baik & Lee, 2003) ลักษณะของสตาร์ชที่ดี ขึ้นอยู่กับปริมาณเอนไซม์ในแป้ง คือ อัลฟา-อะไมเลส (Alpha-amylase) เกิดการย่อยสตาร์ช ทำให้คุณสมบัติของสตาร์ชเสื่อมเสียไป บะหมี่ที่ได้จึงมีคุณภาพไม่ดี โดยเอนไซม์ดังกล่าวจะพบมากในแป้งสาลีที่มีการเก็บรักษานาน และเกิดการงอกขึ้น

- เอนไซม์ในแป้งจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

มีผลต่อลักษณะความคงตัวของบะหมี่ และมีผลต่อสีของบะหมี่ด้วย โดยเอนไซม์โพลีฟีนอล ออกซิเดส (Polyphenol oxidase) ที่มีในแป้งจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับไทโรซีน หรือสารฟีนอลอื่นในแป้ง กลายเป็นสีน้ำตาลซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยเฉพาะบะหมี่ญี่ปุ่นซึ่งเส้นมีสีขาว

- รงควัตถุที่ให้สีของแป้ง

คือ ฟลาโวน (Flavones) จะทำปฏิกิริยากับสารละลายเบสที่เติมลงในส่วนผสม จะให้บะหมี่ที่มีสีเหลืองเป็นลักษณะสำคัญของบะหมี่จีนที่ผู้บริโภคยอมรับ ถ้าแป้งมีสารให้สีมากเกินไป โดยเฉพาะแป้งที่มีส่วนของรำหรือคัพภะปน จะทำให้บะหมี่ที่ได้มีสีเหลืองเข้มได้ง่ายขึ้น

- วิธีการโม่แป้ง

มีส่วนทำให้คุณลักษณะของบะหมี่แตกต่างกันออกไป ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยการโม่แป้งที่เหมาะสมจะได้แป้งที่มีสตาร์ชเสียหายน้อย มีขนาดแป้งสม่ำเสมอ ช่วยให้การดูดซึมน้ำของแป้งดี โดมีความยืดหยุ่นพอเหมาะ ถ้าการโม่ไม่ดีทำให้สตาร์ชเสียหายมาก และแป้งมีขนาดเล็กเกินไป จะมีผลทำให้แป้งดูดซึมน้ำมาก เอนไซม์เข้าทำลายสตาร์ชได้ง่าย โครงร่างของโดไม่แข็งแรง ความยืดหยุ่นไม่ดี ทำให้เส้นบะหมี่ที่ได้ไม่เหนียว สามารถสรุปได้ว่าแป้งที่เหมาะสมในการทำบะหมี่ ต้องเป็นแป้งที่โม่จากข้าวสาลีที่มีลักษณะทางเคมี และกายภาพดี ไม่เกิดการงอก เมื่อนำมาโม่เป็นแป้งเกิดการเสียหายของสตาร์ชน้อย ขนาดของแป้งเหมาะสมสม่ำเสมอ มีอัตราการสกัดต่ำ และไม่มีรำหรือคัพภะปน

2.1.2.2 น้ำ

น้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญมากในการทำบะหมี่ กลูเตนในแป้งสาลีจำเป็นต้องใช้น้ำ เพื่อให้เกิดการผสมขึ้นแผ่นเป็นโด และทำหน้าที่ละลายส่วนผสมต่างๆ ทำให้ส่วนผสมกระจายตัวได้ดี ปริมาณน้ำที่เติมจะบ่งบอกคุณภาพของโด คือ ความคงตัวและความยืดหยุ่น

ถ้าปริมาณน้ำในส่วนผสมน้อยไป โครงร่างของบะหมี่จะไม่แข็งแรง มีลักษณะร่วนและโปร่ง ทำให้เส้นบะหมี่แข็งและขาดง่าย แต่ถ้าปริมาณน้ำมากเกินไป โดจะแฉะ เหนียวติดมือ รีดไม่ได้ เมื่อตัดเป็นเส้นจะติดกันง่าย ดังนั้นปริมาณน้ำต้องเหมาะสมด้วย นอกจากนี้คุณภาพของน้ำที่เกี่ยวกับความเป็นกรด-ด่าง มีผลต่อบะหมี่ที่ได้ ซึ่งน้ำอ่อนเป็นน้ำที่มีแร่ธาตุน้อยเหมาะกับการทำบะหมี่ โดยน้ำที่มีแร่ธาตุของแคลเซียม และแมกนีเซียมปนอยู่ จะมีผลต่อการดูดซึมน้ำของแป้งไม่สม่ำเสมอ โครงร่างโดไม่เนียน จึงได้เส้นบะหมี่ที่ไม่ดี ส่วนน้ำที่มีธาตุเหล็กปนอยู่ด้วยจะส่งผลต่อสีของบะหมี่ โดยมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลหรือมีสีเขียวปน ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2.1.2.3 เกลือ

เกลือในการผลิตบะหมี่มีปริมาณเกลือ ร้อยละ 0-8 ซึ่งเกลือจะช่วยในการป้องกันไม่ให้กลูเตนแฉะ ทำให้โดมีความคงตัวในการขึ้นรูป รวมถึงป้องกันเอนไซม์ที่จะมาย่อยโปรตีนและยับยั้งการเกิดราและยีสต์

2.1.2.4 ไข่

ไข่ทำให้เกิดสีในบะหมี่ และช่วยเสริมให้โดแข็งแรง ยืดหยุ่นได้ดี ปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของบะหมี่ โดยเฉพาะคุณลักษณะทั้งหมดของการกัดครั้งแรก (First chew) เช่น ความแข็ง (Hardness) การเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness) ความแน่น (Denseness) และความเป็นแป้งระหว่างฟัน (Janto *et al*., 1998)

2.1.2.5 สารละลายด่าง

สารละลายด่างที่ใส่ในบะหมี่ ได้แก่ Na_2HSO_4 , $NaCO_3$, NaOH, KCO_3, CaOH ซึ่งด่างเหล่านี้จะใช้ในปริมาณร้อยละ 0.5 - 2.0 โดยอยู่ในรูปของสารละลาย เรียกว่า คานซุย (Kansui) ซึ่งทำให้โดเกิดความแข็งแรง และให้ความยืดหยุ่น ทำให้บะหมี่มีความแน่น ให้คุณภาพที่ดีในการรับประทาน นอกจากนี้ยังมีผลต่อลักษณะการต้มหรือลวกบะหมี่ ช่วยให้มีเนื้อสัมผัสดี ทนต่อการต้มได้นานโดยไม่เปื่อยง่าย เส้นบะหมี่มีความเหนียว ยืดหยุ่นดีกว่าเส้นบะหมี่ที่ไม่มีส่วนประกอบของด่าง รวมถึงการมีความเป็นด่างสูงจะเกิดปฏิกิริยากับเม็ดสีในแป้ง (Flavonoid) ทำให้เกิดสีเหลืองขึ้นในบะหมี่ และบะหมี่ที่มี Kansui ต่างชนิดกัน ไม่ส่งผลต่อความแตกต่างในความสว่าง และสีเหลืองของบะหมี่ แต่ส่งผลกับคุณสมบัติทางรีโอโลจี (Rheological properties) ของโด เนื่องจากเป็นการเพิ่มพฤติกรรมการชอบของแข็งในโด ทำให้บะหมี่เกิดการสูญเสียจากการทำให้สุก (Cooking loss) สูง (Shiau & Yeh, 2001)

2.1.2.6 ส่วนประกอบอื่น

ส่วนประกอบอื่นๆ ที่ใส่ลงไปเพื่อเพิ่มคุณภาพของบะหมี่ในกระบวนการผลิต เช่น อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) สารที่ช่วยในการคงตัว (Stabilizer) สารช่วยในการปรับปรุงสี (Coloragent) แป้งถั่วเหลือง (Soy flour) และแป้งดัดแปร (Modified starch) เป็นต้น บางประเทศอาจมีการเติมสารช่วยในการเก็บรักษา (Preservative) เช่น โพแทสเซียมซอร์เบท โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมคาร์บอเนต เป็นต้นโดยเฉพาะประเทศที่นิยมบริโภคบะหมี่สดหรือสุก

คนไทยรู้จักการใช้ประโยชน์จากลูกตาลมานานแล้ว แต่การนำไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะในปัจจุบัน ซึ่งลูกตาลเป็นผลไม้ที่คนไทยรู้จักนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งลูกตาลอ่อน ลูกตาลเฉาะ ลูกตาลยี และจาวตาล แต่ค่านิยมเหล่านี้ได้ค่อยๆเลือน

หายไป สิ่งที่หลงเหลือ อยู่ในปัจจุบันจึงมีแต่ขนมตาล และจาวตาลเท่านั้น โดยในเนื้อตาลสุกมีคุณค่าทางโภชนาการหลายชนิด เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม ฟอสฟอรัส และใยอาหาร (กรมอนามัย, 2530) สีของเนื้อลูกตาลมีสีเหลือง และมีกลิ่นรสเฉพาะของตาล จะช่วยสร้าง คุณลักษณะเด่นเฉพาะตัวให้กับผลิตภัณฑ์ และเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลทางการเกษตร (ลาวรรณ์ บัวสาย, 2551) ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเนื้อตาลสุก ที่นำไปผ่านกระบวนการทำแห้งและทำให้เป็นผง มาทดแทนแป้งสาลีซึ่งเป็นส่วนผสมหลักในผลิตภัณฑ์บะหมี่สด เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร

2.2 ลูกตาล

2.2.1 ความสำคัญของลูกตาล

ลูกตาลเป็นผลไม้ที่คนไทยคุ้นเคยมานาน พบเห็นได้ทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย ปลูกกันมากในจังหวัดเพชรบุรี สงขลา สุพรรณบุรี และอยุธยา ตาลโตนดเป็นพืชพันธ์พื้นเมืองของทวีปเอเชียตอนใต้ พบขึ้นแพร่กระจายทั่วไปในประเทศอินเดีย ศรีลังกา กัมพูชา ไทย พม่า ลาว มาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ มีพบปลูกบ้างในประเทศทางอากาศอบอุ่น เช่น มลรัฐฮาวาย และฟลอริด้า ตอนใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา ตาลโตนดมีชื่อสามัญทางภาษาอังกฤษว่า Palmyra palm และมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Borassus flabillifer linn* เป็นพืชที่จัดอยู่ในตระกูลปาล์ม (Palmaceae) เช่นเดียวกับมะพร้าว จาก ชิด สละ สาคู ระกำ อินทผาลัม (นฤมล เหลืองนภา, 2533) ประเทศไทย เรียกชื่อต่างกันตามท้องถิ่น ทางภาคกลาง เรียกว่าต้นตาล ทางภาคใต้ เรียกว่าตาลโตนด ทางภาคเหนือ เรียกว่า ปลีตาล ปัจจุบันประเทศที่ปลูกตาลกันมาก ได้แก่ ประเทศไทย พม่า กัมพูชา อินเดีย นิวกินี และควีนแลนด์ เป็นต้น (บุญมา นิยมวิทย์ และพะยอม อัตถวิบูลย์กุล, 2547)

2.2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของตาล

ตาลที่พบทั่วไปในประเทศไทยมี 2 พันธุ์ คือ ตาลไข่ และตาลหม้อ (นิดดา หงส์วิวัฒน์, 2541) ตาลไข่จะมีลูกยาวรี เปลือกหนา เนื้อน้อย สีเหลืองอ่อน มีกลิ่นน้อย และมีรสไม่หวานมากนัก ส่วนตาลหม้อมีลูกกลมป้อม เนื้อตาลมาก เปลือกบาง สีเหลืองจัด กลิ่นหอม และรสหวานเข้ม เป็นคุณสมบัติที่เด่นกว่าตาลไข่ ตาลทั้ง 2 พันธุ์มีลักษณะทั่วไปเหมือนกัน ลำต้นจะสูงคล้ายต้นมะพร้าว เปลือกลำต้นขรุขระเป็นวงซ้อนกัน มีรอยก้านเป็นวงติดลำต้น ใบมีลักษณะคล้ายพัดสีเขียวเข้ม เพศผู้และเพศเมียแยกกันอยู่คนละต้น จึงเรียกว่าตาลต้นผู้ และตาลต้นเมีย ตามชนิดของดอก ช่อดอกจะแทงออกมาจากลำต้นระหว่างกาบใบตาลผู้ มีดอกเล็ก และยาวเรียวคล้ายงวงช้าง ส่วนตาลต้นเมียจะมีก้านดอกใหญ่ และมีลูกติดรอบด้านซึ่งจะกลายเป็นผลต่อไป ก้านดอกที่มีผลติดอยู่จะเรียกว่า ทะลายผล ตาลแต่ละต้นจะมี 4-5 ทะลายผล แต่ละทะลายจะมี 15-30 (บุญมา นิยมวิทย์ และ พะยอม อัตถวิบูลย์กุล, 2547)

ตาลโตนดเป็นตาลลำต้นเดี่ยว ความสูงตั้งแต่ 25-30 เมตร ใบมีลักษณะคล้ายใบพัด สีเขียวเข้ม เป็นพืชที่มีดอกแบบไม่สมบูรณ์ คือ ดอกเพศผู้ และดอกเพศเมีย ผลตาลโตนดมีลักษณะกลม เมื่ออ่อนจะมีสีเขียว เมื่อแก่จะมีสีม่วงเข้มเกือบดำ เมื่อผลสุกจะมีสีเหลือง สดใสและมีกลิ่นหอม มีสารแคโรทีนอยด์ ต้นตาลโตนดสืบพันธุ์ได้ 2 ทาง คือ ทางเมล็ด และการตอน แต่นิยมปลูกโดยเมล็ดมากกว่า

ภาพที่ 2.1 ลักษณะของต้นตาลและทะลายตาล
ที่มา : จรุงศักดิ์ ธรรมรักษ์ (2551)

2.2.3 ประเภทของตาล

ที่พบทั่วไปในประเทศไทยมี 2 พันธุ์ คือ ตาลหม้อ และตาลไข่

2.2.3.1 ตาลหม้อ

ตาลหม้อมีลูกกลมป้อม เนื้อตาลมาก เปลือกบางสีเหลืองจัด กลิ่นหอมและรสหวานเข้ม เป็นคุณสมบัติที่เด่นกว่าตาลไข่ ผลอ่อนมีเปลือกสีเขียว เมื่อสุกตาลหม้อจะมีเปลือกด้านข้างผล จนถึงขั้วเป็นสีดำ บริเวณก้านมีสีเหลืองภายในมี 3-4 เมล็ด เมล็ดเหล่านั้นจะฝังตัวอยู่ในเนื้อเยื่อชั้น Mesocarp เมื่อผลสุกเนื้อเยื่อชนิดนี้จะอ่อนนุ่มมีกลิ่นหอม สีสดใส มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผล เฉลี่ยประมาณ 10 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร

2.2.3.2 ตาลไข่

ตาลไข่มีลูกยาวรี เปลือกหนาเนื้อน้อย สีเหลืองอ่อน มีกลิ่นน้อย และมีรสหวานไม่มากนัก มีขนาดเล็กกว่าตาลหม้อเล็กน้อย ผลอ่อนมีเปลือกสีเขียว เมื่อสุกจะมีสีเหลือง ภายในมี 3-4 เมล็ด เมล็ดเหล่านั้นจะฝังตัวอยู่ในเนื้อเยื่อชั้น Mesocarp เมื่อผลสุกเนื้อเยื่อชนิดนี้จะอ่อนนุ่มมีกลิ่นหอม สีสดใส ขนาดของผลจะเล็กกว่าตาลหม้อ

ภาพที่ 2.2 ลักษณะของลูกตาล
ที่มา : จรุงศักดิ์ ธรรมรักษ์ (2551)

2.2.4 การใช้ประโยชน์จากลูกตาล

ถึงแม้คนไทยจะรู้จักการใช้ประโยชน์จากลูกตาลมานานแล้ว แต่การนำไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะในปัจจุบัน ซึ่งลูกตาลเป็นผลไม้ที่คนไทยรู้จักนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งลูกตาลอ่อน ลูกตาลเฉาะ ลูกตาลยี และจาวตาล

2.2.4.1 ลูกตาลเฉาะ

เมื่อลูกตาลมีอายุมากขึ้นจะมีเปลือกสีเขียวมากขึ้น เป็นระยะที่เนื้อลูกตาลอ่อนจะมีความแก่มากขึ้น เนื้อจะเหนียวนุ่ม เหมาะสมที่จะนำมาทำไส้พายหรือลูกตาลลอยแก้ว ชาวสวนจะตัดลูกตาลจากต้นไปขาย หรือทำขนม วิธีการตัดตาลจากต้นจะต้องทำอย่างระมัดระวัง ต้องใช้เชือกผูกทะลายตาลไว้ แล้วหย่อนลงดินการปล่อยให้ลูกตาลตกจากต้นจะต้องทำให้เต้าตาลออก การเฉาะเอาเต้าตาลออกให้เริ่มด้วยการปาดหัวตาลด้วยมีดคมๆ สังเกตดูร่องพูตาล แล้วใช้มีดเฉาะบริเวณก้นพู ที่มีเต้าตาลอยู่ ตามด้วยเฉาะอีก 2 ข้างของพู ใช้มีดแงะเปลือกตาลให้หมด แคะเอาเต้าตาลออก วิธีนี้ทำได้สะดวกและรวดเร็ว แต่ผู้ปฏิบัติต้องมีความชำนาญในการใช้มีดมาก ก่อนนำเต้าตาลไปใช้ ต้องปอกเปลือกที่หุ้มเต้าตาลออกไป

ภาพที่ 2.3 ลักษณะของลูกตาลเฉาะ
ที่มา : จรุงศักดิ์ ธรรมรักษ์ (2551)

2.2.4.2 ลูกตาลยี

ลูกตาลเมื่อโตเต็มที่แล้วจะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10-20 เซนติเมตร ผิวเหลืองจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจนถึงดำ ขั้วยังมีสีเขียวเข้มจนถึงสีน้ำตาล บริเวณก้นเป็นปุ่มเล็กน้อย มีสีเหลืองจนถึงสีส้ม เรียกว่า ลูกตาลสุก คนโบราณมีวิธีตรวจสอบความสุกของผลตาลได้ง่ายเพียงแต่เอานิ้วมือกดลงบนผลตาล ถ้าผลตาลสุกจะยุบตัวลงตามแรงที่กด แสดงว่าผลตาลสุกได้ที่แล้วแกะเอาเปลือกสีดำออก จะพบเส้นใยและเนื้อสีเหลืองจนถึงสีส้มห่อหุ้มเมล็ดไว้ 3-4 เมล็ด ตรงกลางระหว่างเมล็ดจะมีแกนกลาง เป็นเส้นใยรวมกันเป็นกลุ่ม ชาวบ้านเรียกว่า ดีตาล เป็นส่วนที่เชื่อมระหว่างขั้วกับผล ดีตาลมีรสขมมากจะต้องกำจัดออกก่อนใช้ ผลตาลมีขนาดแตกต่างระหว่าง 600-2,000 กรัม ผลการวิเคราะห์พบว่าประกอบด้วยขั้วร้อยละ 3.2-7.5 เปลือกร้อยละ 4.7-6.7 เมล็ดร้อยละ 39.8-40.8 และกากใยรวมกับเนื้อร้อยละ 45.0-51.5 ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบของผลตาลสุกแยกตามขนาด

เนื้อตาลทั้งผล (กรัม)	ส่วนประกอบ (ร้อยละ)				
	ขั้วผล	เปลือก	เมล็ด	กากใย	เนื้อ
ต่ำกว่า 1,000	7.5	6.7	40.8	13.4	31.6
1,000-1,500	6.1	5.4	39.8	14.6	34.1
มากกว่า 5,000	3.2	4.7	40.6	17.2	34.3

ที่มา : บุญมา นิยมวิทย์ และพะยอม อัตถวิบูลย์กุล (2547)

2.2.5 การสกัดเนื้อตาลสุก

การสกัดเนื้อตาลสุกทำได้ 2 วิธี คือ

2.2.5.1 วิธีแรกโดยนำเอาตาลที่ปอกเปลือกแล้วมาขยำกับน้ำโดยตรง

วิธีนี้ใช้น้ำประมาณ 3 เท่า ของน้ำหนักลูกตาล เนื้อลูกตาลสุกจะถูกสกัดออกจนหมด ให้เนื้อตาลร้อยละ 33-40 ของน้ำหนักผล การใช้น้ำมากกว่านี้จะไม่เกิดประโยชน์แต่อย่างใด

2.2.5.2 วิธีที่สองจะต้องเฉือนเอากากใย และเนื้อออกมาก่อนแล้วนำมาขยำกับน้ำ

วิธีนี้จะนำเนื้อตาลมาขยำกับน้ำประมาณ 5 เท่า ของน้ำหนักลูกตาล ให้เนื้อตาลร้อยละ 38-43 ของน้ำหนักผล วิธีนี้สกัดออกได้ง่ายกว่า ปริมาณเนื้อจึงมากกว่า เนื้อตาลที่สกัดออกมาได้จะต้องผ่านตะแกรงเพื่อแยกกากใย และเศษผงออกให้หมด ส่วนน้ำสีเหลืองที่ได้เทลงบนผ้าขาวบาง หรือใส่ถุงผ้าแขวนไว้จนกว่าจะสะเด็ดน้ำ เป็นการแยกเนื้อตาลออกจากน้ำ เพื่อกำจัดความขมแล้วยังเป็นการหมัก *Candida krusei Saccharomyces spp. Kloeckera apiculate* ผลการวิเคราะห์พบว่าเนื้อตาลที่สะเด็ดน้ำแล้วมีค่า pH ระหว่าง 5.0-6.0 และน้ำตาลซูโครส 3.5 องศาบริกซ์ นอกจากนี้ยังพบว่ามีน้ำมัน และกรดด้วย (บุญมา นิยมวิทย์ และพะยอม อัตถวิบูลย์กุล, 2547)

ภาพที่ 2.4 วิธีการสะเด็ดน้ำของเนื้อตาล
ที่มา : จรุงศักดิ์ ธรรมรักษ์ (2551)

2.2.6 คุณค่าทางโภชนาการ

เนื้อผลตาลสุกประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 0.7 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 8.9 ไขมันร้อยละ 0.6 เยื่อใยร้อยละ 0.5 แคลเซียมร้อยละ 7 ฟอสฟอรัสร้อยละ 22 เหล็กร้อยละ 0.9 และมีความชื้นร้อยละ 89.4 ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อตาลสุก

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ(ร้อยละ)
คาร์โบไฮเดรต	8.9
โปรตีน	0.7
ไขมัน	0.6
เยื่อใย	0.5
แคลเซียม	7
ฟอสฟอรัส	22
เหล็ก	0.9
ความชื้น	89.4

ที่มา : กรมอนามัย (2530)

2.3 กระบวนการผลิตบะหมี่

บะหมี่ที่ผลิตตามแบบเอเชีย จะมีขั้นตอนหลักที่สำคัญ 3 ขั้นตอน (สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์, 2547; Kruger *et al.,* 1996) คือ

2.3.1 การผสม (Mixing)

เป็นการนำเอาสารละลายด่างมาผสมเข้ากับแป้ง ปกติจะมีเวลาการผสม 5-10 นาที และอุณหภูมิหลังการผสมต้องเท่ากับอุณหภูมิห้อง วัตถุประสงค์ของการผสม คือ เป็นการกระจายน้ำและส่วนประกอบต่างๆ ให้เข้ากันจนเกิดโด และพักโดอย่างน้อย 10-30 นาที เพื่อให้เกิดความสมดุลของน้ำในโด

2.3.2 การรีดให้เป็นแผ่นบาง (Sheeting)

เป็นการขึ้นรูปก้อนโด เพื่อเป็นการปรับความหนา ความชื้น และให้เกิดโครงร่างกลูเตน (Gluten network) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ 2 ตัวแปรสำคัญ คือ อัตราเร็วในการไหลผ่านของแผ่นโดผ่านเครื่องรีด และร้อยละของการลดขนาดของแผ่นโด

2.3.3 การตัดเส้น (Cutting)

การตัดแผ่นโดออกเป็นเส้นกลมหรือแบน ทำให้ได้ชนิดของบะหมี่แตกต่างกันออกไป โดยบะหมี่ที่ได้เริ่มแรกนั้น จะเป็นบะหมี่สด (Fresh noodle) ต่อมาได้พัฒนาการผลิตเพิ่มขึ้น โดยถ้านำบะหมี่สดมาลวกน้ำร้อนก่อนจำหน่ายให้ผู้บริโภค เรียกว่า บะหมี่เปียก (Wet noodle) หรือบะหมี่สุก ถ้านำบะหมี่สดมาตากแห้ง ก็จะได้บะหมี่แห้ง (Dry noodle) แต่ถ้านำบะหมี่สดมาทอด เรียกว่าบะหมี่ทอด (Fried noodle) เมื่อนำบะหมี่สดมาผ่านไอน้ำ และทำให้แห้งจะได้บะหมี่แห้งสำเร็จรูป

(Instant dry noodle) ถ้าผ่านไอน้ำแล้วนำมาทอด เรียกว่าบะหมี่ทอดสำเร็จรูป (Instant- fried noodle) (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532)

2.4 การประเมินคุณภาพบะหมี่สด

2.4.1 คุณภาพทางด้านสี (Color)

สีเป็นคุณลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งของบะหมี่ ซึ่งเป็นลักษณะปรากฏแรกที่ผู้บริโภคตัดสินใจที่จะยอมรับผลิตภัณฑ์นั้นๆ คุณลักษณะด้านสีมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติอื่นๆ อีกมากมาย อาทิ สีกับกลิ่นรสมีความสัมพันธ์กันโดยตรง ในผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปชนิดทอดสีที่ดูเข้มอาจจะทำให้ดูเหมือนกลิ่นรสชาติที่ไหม้ ส่วนสีที่อ่อนของผลิตภัณฑ์อาจดูเหมือนว่าผลิตภัณฑ์ไม่สุก (Good, 2002)

บะหมี่เอเชียแบ่งเป็น 2 ชนิด (ตามส่วนผสม และสีของบะหมี่) บะหมี่ที่มีส่วนผสมของเกลือ เรียกว่า White salt noodle จะให้ลักษณะของบะหมี่ที่มีสีขาว พบในประเทศญี่ปุ่น บะหมี่ที่มีเบส เรียกว่า Yellow alkaline noodle ซึ่งจะให้ลักษณะบะหมี่ที่มีสีเหลือง เช่น บะหมี่จีนกวางตุ้ง (Cantonese noodle) และบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป พบในแถบประเทศจีนมาเลเซีย สิงคโปร์ อินโดนีเซีย ไต้หวัน ไทย และญี่ปุ่นด้วย (Kruger *et al.*, 1996) ถึงแม้ว่าแต่ละพื้นที่มีการยอมรับของสีแตกต่างกันไป แต่สีก็นับว่าเป็นตัวแปรอย่างหนึ่งของคุณภาพบะหมี่เพราะฉะนั้นการพัฒนาบะหมี่ในด้านสีที่ไม่พึงประสงค์จึงเป็นสิ่งสำคัญ เช่น สีน้ำตาล สีเทา หรือสีอื่นๆ ที่อยู่ในเฉดเข้ม สีเหลือง และความสว่างของบะหมี่ที่เกิดขึ้นไม่ได้ส่งผลมาจากความเป็นเบสอย่างเดียว แต่อาจขึ้นอยู่กับปริมาณรำข้าว ปริมาณโปรตีน เอนไซม์โปรตีเอส (Protease) และโพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase) ระดับการถูกทำลายของแป้งจากการโม่แป้ง ขนาดของอนุภาคแป้ง และการเติมสารฟอกสีในแป้ง จึงมีการศึกษามากมายถึงปัจจัยเหล่านี้ต่อการเกิดสีในบะหมี่ยกตัวอย่างเช่น

อิทธิพลของขนาดอนุภาคแป้งสาลี (Extraction) ที่มีการสกัดระดับต่างๆกัน และแป้งสาลีต่างชนิดกันต่อลักษณะของสีบะหมี่สดกวางตุ้ง (Raw catonese noodle) เป็นผลการศึกษาของ (Kruger *et al.*, 1996) โดยใช้แป้งสาลีหลักๆ 5 ชนิด ที่เจริญเติบโตในทางทิศตะวันตกของแคนาดา โดยมีความละเอียดของขนาดอนุภาคแป้งสาลี (Refinement) ต่างๆ กันที่ ร้อยละ 30 50 60 70 และ 75 ทำการวัดค่าสีในระบบ CIE L*a*b* พบว่า เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นตัวอย่างบะหมี่สดที่ทำจากแป้งสาลีชนิดต่างๆ ทั้งหมดจะมีค่า L* คือค่าความสว่างของบะหมี่ลดลง รวมทั้งค่าความสว่างจะเพิ่มขึ้นและมากกว่าเมื่อแป้งมีการสกัดน้อยลงเนื่องจากปริมาณเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส จะเพิ่มขึ้นเมื่อความละเอียดของอนุภาคแป้งมาก (High extraction milling) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนเป็นสีคล้ำขึ้น

อิทธิพลของปริมาณโปรตีน และเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่อการเปลี่ยนแปลงสีของโดบะหมี่ เป็นผลการศึกษาของ (Baik *et al.*, 2003) โดยพิจารณาค่าสีในด้านค่าความสว่าง (L*) ของบะหมี่ พบว่ามีความสัมพันธ์กันสูงกับปริมาณโปรตีน และเอนไซม์โพลีฟีนอล-ออกซิเดส ซึ่งปริมาณโปรตีนของแป้งสาลีเกี่ยวข้องกับส่วนของน้ำในโด ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของโดบะหมี่ ทำให้ความสว่าง และความขาวลดลงเมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น และการเติมแอสคอร์บิกแอซิดที่ระดับ 500 พีพีเอ็ม มีผลต่อการยับยั้งการเปลี่ยนแปลงสีได้

การประเมินคุณภาพทางด้านสีของบะหมี่ มีการใช้เครื่องมือในการวัดสี โดยมีชื่อเรียกเครื่องวัดสีแตกต่างกันไปตามผู้ผลิต ซึ่งใช้หลักการเดียวกันในการวัดค่าสี คือ การวัดค่าการสะท้อนแสงของวัตถุ (Reflection) เพื่อบอกเป็นตัวเลขของค่าสี ได้แก่ เครื่อง Labscan II Spectrocolorimeter ใช้ในงานวิจัยของ (Kruger *et al.*, 1996) เครื่อง Chromameter ใช้ในงานวิจัยของ (Morris *et al.*, 2000) และ (Corke *et al.*, 1999) เครื่อง Spectrophotometer ของบริษัท Minolta และเครื่อง Hunter colorimeter ใช้ในงานวิจัยของ (Collin & Pangloli, 1997) ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้โดยส่วนใหญ่มักทำการวัดค่าสีของบะหมี่สดในระบบ Hunter Lab หรือ CIE L*a*b* และทำการวัดค่าสีของบะหมี่ในลักษณะของแผ่นโด (Noodle sheet) ก่อนทำการตัดเป็นเส้น ซึ่งสะดวก และลดปัญหาความคลาดเคลื่อนจากการเตรียมตัวอย่างได้ดีกว่าการวัดค่าสีในลักษณะที่ตัดเป็นเส้นบะหมี่แล้ว สำหรับค่าสีที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของบะหมี่ ได้แก่ ค่าความสว่าง (Lightness หรือ Brightness) โดยพิจารณาจากค่า ค่า L หรือ L* และค่าสีเหลือง (Yellowness) โดยพิจารณาจากค่า b หรือ b* นอกจากนี้ในการประเมินคุณภาพในด้านสีของบะหมี่ พบว่า วิธีการที่เหมาะสม และการเตรียมตัวอย่างในการวัดคุณภาพด้านสีมีความจำเป็น เพื่อให้ผลที่ได้บอกความแตกต่างของตัวอย่างได้ ซึ่งการศึกษาของ (Morris *et al*., 2000) รายงานว่าวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการวัดคุณภาพด้านสีของบะหมี่สด จะทำการการวัดค่าในระบบ CIE L*a*b* และมีระยะเวลาที่พักบะหมี่ไว้ 24 ชั่วโมงหลังจากผลิตเสร็จจึงนำมาวัด นอกจากนี้วิธีการวัดควรใช้พื้นหลังเป็นแผ่นกระเบื้องสีขาว หรือสว่าง (White tile) และเตรียมตัวอย่างที่ใช้วัดในลักษณะของแผ่นโดที่ความหนา ในช่วง 1.5-2.0 มิลลิเมตร ทำให้การวัดคุณภาพด้านสีของบะหมี่สดมีประสิทธิภาพ โดยสามารถแยกความแตกต่างของตัวอย่างได้ดีที่สุด

2.4.2 คุณภาพลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture)

การประเมินคุณภาพทางกายภาพที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของบะหมี่ คือ คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่ที่ทำให้สุก (Cooked noodle) เป็นการรับรู้โดยแรงต้านของบะหมี่ไปจนถึงพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness) มีการใช้เครื่องมือที่มีชื่อเรียกหลากหลายแตกต่างกันไปตามผู้ผลิตเครื่องนั้นๆ แต่ล้วนแล้วมีหลักการในการวัดเดียวกัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับแรง (Force) ได้แก่ แรงกด (Compression) หรือแรงเฉือน (Shear) หรือแรงดึง (Tension) ที่ทำให้ตัวอย่างเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือเกิดการแตกหัก (Deformation) (McManuis, 2001; Bourne, 2002) โดยการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่ สามารถรวบรวมเครื่องที่ใช้ในการวัดเนื้อสัมผัสบะหมี่ในงานวิจัยต่างๆ ดังนี้ เครื่อง Instron universal testing ใช้ในงานวิจัยของ(Oh *et al*., 1983) เครื่อง Autograph S-100 ใช้ในงานวิจัยของ (Lii & Chang, 1981) และเครื่อง Texture Analyser XT2i ใช้ในงานวิจัยของ (Epsteint *et al*., 2002) ซึ่งวิธีการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่โดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการทดสอบ 4 วิธีหลักๆ คือ 1) การทดสอบด้วยวิธีการกด (Compression test) 2) การทดสอบด้วยวิธีการตัด (Cutting test) 3) การทดสอบด้วยการวัดเค้าโครงเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis [TPA]) ซึ่งวิธีการทดสอบด้วยการตัด (Cutting test) และ TPA นับว่าเป็นวิธีการกดเช่นเดียวกัน เนื่องจากในการตั้งสภาวะการทดสอบของเครื่องวัดเนื้อสัมผัสจัดอยู่ในประเภทการวัดแรงกด และ 4) การทดสอบด้วยวิธีการดึง (Tension test) โดยทำการทดสอบในเส้นบะหมี่สุก (Cooked noodle) และแต่ละวิธีจะใช้หัววัด และสภาวะในการทดสอบแตกต่างกันไป

รวมถึงพารามิเตอร์หรือค่าที่วัดได้จะบ่งบอกคุณภาพของบะหมี่ได้แตกต่างกัน ซึ่งมีการนำเสนองานวิจัยในการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่ด้วยวิธีการทดสอบ ดังนี้

2.4.2.1 วิธีการวัดเนื้อสัมผัสบะหมี่สดด้วยการกด (Compression test)

การศึกษาของ (Oh *et al*., 1983) ได้ทำการวัดคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่ที่ทำให้สุกที่ทำจากแป้งสาลีต่างๆ กัน โดยการใช้เครื่อง Instron universal testing ในการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยการทดสอบด้วยวิธีการกด (Compression test) โดยมีสภาวะที่ใช้ในการประเมิน คือ ความเร็วของหัววัดเท่ากับ 2.5 เซนติเมตร ต่อนาที กดลงบนตัวอย่างบะหมี่สุก 3 เส้น และมีระยะทางในการกดของหัววัดจนกระทั่งมีค่าความเครียด (Stress) เท่ากับ 1.3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เครื่องจึงจะทำการหยุดการกดของหัววัด ซึ่งพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ค่าแรงต้านการกด (Resistance to compression [RTC]) และชันในการกด (Compression slope [CS]) และผลจากการศึกษาพบว่า RTC มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านความแน่นเนื้อ (Firmness) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และความยากง่ายในการเคี้ยว (Chewiness) ($p \leq 0.01$) ขณะที่ CS ไม่มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสใดๆ

2.4.2.2 วิธีการวัดเนื้อสัมผัสบะหมี่สดด้วยการตัด (Cutting test)

นอกจากนี้การศึกษาของ (Oh *et al*., 1983) ยังทำการวัดคุณลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีการตัด (Cutting test) โดยมีสภาวะที่ใช้ในการประเมิน คือ ความเร็วของหัววัดเท่ากับ 55 เซนติเมตรต่อนาที กดลงบนตัวอย่างบะหมี่สุก 3 เส้น และมีระยะทางในการกดของหัววัดจนกระทั่งเส้นบะหมี่สุกขาดออกจากกัน ซึ่งพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธีนี้ ได้แก่ แรงตัดสูงสุด (Maximum cutting stress [MCS]) และงานจากการตัดทั้งหมด (Work to cut [WTC]) ผลการศึกษาพบว่าทั้ง MCS และWTC มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านความแน่นเนื้อ (Firmness) แต่ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับความยากง่ายในการเคี้ยว (Chewiness)

2.4.2.3 วิธีการวัดเนื้อสัมผัสบะหมี่สดด้วยการวัดเค้าโครงเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis [TPA])

การศึกษาของ (Epsteint *et al.,* 2002) ทำการวัดเนื้อสัมผัสของบะหมี่ญี่ปุ่น (White salt noodle) ด้วยวิธีการวัดเค้าโครงเนื้อสัมผัส (TPA) โดยใช้เครื่องมือ Texture analyzer XT2i และสภาวะที่ใช้ในการประเมินคือ ความเร็วของหัววัดเท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที กดลงบนตัวอย่างบะหมี่สุก 4 เส้น และมีระยะทางในการกดของหัววัดเท่ากับ ร้อยละ 70 ของความสูงตัวอย่าง ซึ่งพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ความแข็ง (Hardness) การเกาะติด (Adhesiveness) การเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness) ความยืดหยุ่น (Springiness) การคืนกลับ (Resilience) และความทนทานต่อการเคี้ยว (Chewiness) ผลการศึกษาพบว่า บะหมี่ที่ใช้แป้งสาลีปกติ มีแนวโน้มเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) การเกาะติด (Adhesiveness) และความทนทานต่อการเคี้ยว (Chewiness) สูง แต่มีความยืดหยุ่น (Springiness) การเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness) และการคืนกลับ (Resilience) น้อยมาก ส่วนบะหมี่ที่ใช้แป้งสาลีชนิดอะไมโล-

เพคตินสูง (Full waxy) พบว่ามีความนุ่ม (Softest) และเหนียว (Thickest) มากที่สุด รวมถึงการเกาะติด (Adhesiveness) และความทนทานต่อการเคี้ยว (Chewiness) สูงเช่นกัน

2.4.2.4 วิธีการวัดเนื้อสัมผัสบะหมี่สดด้วยวิธีการดึง (Tension test)

การศึกษาของ (Lii & Chang, 1981) ทำการวัดเนื้อสัมผัสของวุ้นเส้นจากแป้งถั่วแดง (Red bean starch noodle) เปรียบเทียบกับวุ้นเส้นถั่วเขียว (Mung bean starch noodle) ด้วยวิธีการดึง (Tension test) โดยเครื่อง Autograph S-100 และสภาวะที่ใช้ในการประเมินคือ ความเร็วของหัววัดเท่ากับ 20 มิลลิเมตรต่อนาที หัววัดจะทำการดึงจนกระทั่งเส้นขาดออกจากกัน ซึ่งพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธีนี้ ได้แก่ แรงดึง (Tensile strength) สามารถใช้บ่งบอกความยืดหยุ่นของเส้น (Elasticity) ผลการศึกษาพบว่า วุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วแดงมีค่าแรงดึง (Tensile strength) น้อยกว่าวุ้นเส้นถั่วเขียว

2.4.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory)

การประเมินคุณภาพในการรับประทาน (Eating quality) โดยปกติอยู่บนพื้นฐานของการประเมินทางประสาทสัมผัส ซึ่งเกี่ยวข้องกับการยอมรับของผู้บริโภค ไม่ว่าจะเป็นคุณภาพทางด้านสี หรือ ลักษณะเนื้อสัมผัส ทั้งนี้เป็นเรื่องที่ยากสำหรับการประเมินโดยใช้เครื่องมือวัดเพื่อให้สัมพันธ์กับการกัด และการเคี้ยวของคน ดังนั้นการประเมินทางประสาทสัมผัสจึงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการวิเคราะห์คุณภาพของบะหมี่ (McManuis, 2001) มีการศึกษา และพัฒนาผลิตภัณฑ์บะหมี่มากมายทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพโดยการประเมินทางประสาทสัมผัสในแง่ความความชอบหรือการยอมรับ ส่วนใหญ่มักใช้วิธีการทดสอบแบบ 9-Point hedonic scale และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา ซึ่งเป็นวิธีการวัดและอธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ ซึ่งสามารถรวบรวมคุณลักษณะ ในการประเมินบะหมี่ด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา ดังนี้

Janto *et al.* (1998) ใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาในการทดสอบบะหมี่ โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 12 คน โดยรวบรวมคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาได้ทั้งหมด 8 คุณลักษณะ โดยที่ทำการประเมินและมีคำนิยาม ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 คุณลักษณะและคำนิยามในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของบะหมี่

คุณลักษณะ	คำนิยาม
สีเหลือง (Yellow color)	ความเข้มของสีเหลืองบนผิวบะหมี่
ความใส (Translucency)	ขนาดของแสงที่ส่องผ่านทะลุเส้นบะหมี่ได้
ความมันเงา (Shininess)	ขนาดของแสงสะท้อนจากพื้นผิวบะหมี่
ความเรียบของพื้นผิว (Surface smoothness)	ขนาดของรูพรุนบนผิวเส้นบะหมี่
ความแน่นเนื้อ (Firmness)	แรงที่ใช้ในการตัดเส้นให้ขาดออกจากกันด้วยฟันหน้า
ความยากง่ายในการเคี้ยว (Chewiness)	จำนวนครั้งในการเคี้ยวบะหมี่จนอยู่ในสถานะที่กลืนได้
การเกาะติดกันของเส้น (Surface stickiness)	ความสามารถในการแยกเส้นบะหมี่ 2 เส้นออกจากกัน
ความยืดหยุ่น (Elasticity)	ความสามารถในการคืนกลับเมื่อดึงเส้นบะหมี่ 1 เส้น

ที่มา : Janto *et al.* (1998)

Kovacs *et al*. (1997) ทำการศึกษาคุณภาพทางเคมี และกายภาพ เพื่อจะทำนายคุณภาพของพาสต้าที่สุกที่ทำจากแป้งสาลีดูรัม ซึ่งใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา โดยมีผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน ใช้สเกลแบบเส้น (Unstructured line scale) 15 เซนติเมตร ประเมินใน 3 คุณลักษณะ ซึ่งมีคุณลักษณะ และคำนิยาม ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 คุณลักษณะ และคำนิยาม ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของบะหมี่

คุณลักษณะ	คำนิยาม
ความแน่นเนื้อ (Firmness)	แรงที่ใช้ในการกดเส้นพาสต้า 4 เส้น ด้วยฟันกรามระหว่างการกัดครั้งแรก
ความยากง่ายในการเคี้ยว (Chewiness)	จำนวนการเคี้ยวตัวอย่าง 4 เส้น ด้วยฟันกรามในอัตราคงที่ จนสามารถที่จะกลืนได้
การเกาะติดฟัน (Adhesiveness of teeth)	ปริมาณตัวอย่างที่เกาะติดอยู่บนฟันหลังจากการเคี้ยวตัวอย่าง 4 เส้น

ที่มา : Kovacs *et al*. (1997)

นอกจากนี้ Janto *et al.* (1998) ได้พัฒนาคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะเนื้อสัมผัสของบะหมี่ โดยครอบคลุม 4 ขั้นในการประเมิน คือ 1) ลักษณะพื้นผิว ประเมินเส้นบะหมี่ 1-2 เส้นกดเส้นระหว่างริมฝีปาก 2) การเคี้ยวครั้งแรก ประเมินบะหมี่ 1-2 เส้นเคี้ยว 1-3 ครั้งด้วยฟันกราม 3) ขณะเคี้ยวประเมินเช่นเดียวกันกับการเคี้ยวครั้งแรก ยกเว้นจำนวนครั้งที่เคี้ยวเป็น 5-10 ครั้ง และ 4) ความรู้สึกตกค้างที่เหลือ (Expectoration) หลังจากการกลืน ซึ่งรวบรวมคุณลักษณะเนื้อสัมผัส ได้

ทั้งหมด 17 คุณลักษณะ และมีสเกลความเข้ม 0 จนถึง 15 โดยมีคุณลักษณะและคำนิยาม ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 คุณลักษณะและคำนิยามในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของบะหมี่

คุณลักษณะ	คำนิยาม
ความชุ่มชื้น (Wetness)	ปริมาณน้ำที่อยู่บนผิวบะหมี่
ความลื่น (Slipperiness)	ความสามารถในการดูดเส้นบะหมี่ให้เคลื่อนอย่างช้าๆ ผ่านริมฝีปากเข้าสู่ปาก
ความขรุขระอนุภาคเล็ก (Micro roughness)	ปริมาณอนุภาคเม็ดเล็กๆ บนผิวของบะหมี่
ความขรุขระอนุภาคใหญ่ (Macro roughness)	ปริมาณอนุภาคเป็นก้อนบนผิวของบะหมี่
การเคี้ยวครั้งแรก (First Chew)	
ความแข็ง/แน่นเนื้อ (Hardness/Firmness)	แรงที่ต้องการเพื่อกดตัวอย่างทั้งหมดขณะ เคี้ยว
การเกาะตัวรวมกัน (Cohesiveness)	ระดับที่ทำให้บะหมี่เปลี่ยนแปลงรูปร่างก่อนที่เกิดการแตกหักเป็นชิ้นๆ
การคืนตัวกลับ (Springiness)	ระดับที่ทำให้บะหมี่คืนตัวกลับเมื่อเทียบกับโครงสร้าง เริ่มต้นหรือความรู้สึกยืดหยุ่นระหว่างการเคี้ยว
ความรู้สึกถึงแป้งระหว่างฟัน (Starch between teeth)	ความรู้สึกที่รับรู้ถึงแป้งหรือความเหนียวของบะหมี่
แรงที่ถอนฟันออกจากบะหมี่ขณะเคี้ยว (Toothpull)	ความรู้สึกที่รับรู้ถึงแป้งหรือความเหนียวของบะหมี่ ระหว่างฟันหลังจากเคี้ยวแต่ละครั้ง

ที่มา : Janto *et al*. (1998)

ตารางที่ 2.7 (ต่อ) คุณลักษณะ และคำนิยามในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของบะหมี่

คุณลักษณะ	คำนิยาม
แรงที่ถอนฟันออกจากบะหมี่ขณะเคี้ยว (Toothpull)	แรงที่ใช้ในการถอนฟันกรามออกจากบะหมี่หลังจากการเคี้ยวแต่ละครั้ง
ขณะเคี้ยว (Chew Down)	
การเกาะตัวรวมกัน(Cohesiveness of mass)	ระดับที่ทำให้บะหมี่จำนวนมากขณะเคี้ยวรวมตัวกัน
ความเป็นแป้ง (Starchy matrix)	ปริมาณการรับรู้ถึงอนุภาคแป้งในน้ำลาย
ความแตกละเอียดของบะหมี่ (Integrity of noodle in matrix)	ปริมาณชิ้นของบะหมี่ และแป้งที่บดละเอียดเป็นลักษณะอาหารกึ่งแข็ง (Paste)
สภาวะของมวลบะหมี่ (Condition of mass)	ลักษณะของอนุภาคของเนื้อบะหมี่ที่เคี้ยว คือมีลักษณะเป็นก้อน หรือเม็ด หรืออนุภาคเล็กๆ หรือเหนียวเป็นก้อน
ขณะเคี้ยว (Chew Down)	
ผลละเอียด (Chalkiness)	ปริมาณผงละเอียดหรือความเป็นแป้งในปาก
ความเป็นฟิล์มเคลือบ (Sticky film)	ปริมาณการเกาะติดปาก
ความรู้สึกเป็นไขมันในปาก (Greasy mouthfeel)	ปริมาณน้ำมันหรือไขมันที่เคลือบบนเพดาน

ที่มา : Janto *et al*. (1998)

จากตารางที่ 2.5 2.6 และ 2.7 เป็นคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของเส้นบะหมี่ ที่รวบรวมได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอเฉพาะคำนิยาม และวิธีการประเมิน ยังขาดในส่วนของตัวอย่างอ้างอิง ซึ่งได้ให้รายละเอียดไว้ในบางงานวิจัยเท่านั้น รวมทั้งอาจไม่สามารถนำมาใช้จริงได้ เนื่องจากตัวอย่างที่ใช้อ้างอิงมีข้อจำกัดในด้านยี่ห้อหรือความเป็นไปได้ที่จะจัดหาได้แต่อย่างไรก็ดี ถ้าต้องการให้การทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนามีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ควรมีตัวอย่างอ้างอิงในแต่ละคุณลักษณะเพื่อควบคุม และปรับมาตรฐานของผู้ทดสอบ ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน และควรฝึกฝนผู้ทดสอบจนสามารถใช้สเกล และให้คะแนนแตกต่างกันน้อยที่สุดก่อนทำการทดสอบผลิตภัณฑ์จริง

คุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคต้องการ ได้จากการนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินคุณภาพจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา หาความสัมพันธ์กับความชอบของผู้บริโภค โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติขั้นสูงที่เรียกว่า การวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate analysis) แสดงความสัมพันธ์ในรูปแผนภาพความชอบ (Preference mapping) ทำให้บ่งชี้ได้ว่า

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาใดที่มีผลต่อความชอบของผู้บริโภค จากรายงานของ (Janto *et al*., 1998) พบว่าความชอบของผู้บริโภคมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับคุณลักษณะสีเหลือง และคุณลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านความแน่นเนื้อ (Firmness) ความยากง่ายในการเคี้ยว (Chewiness) ความยืดหยุ่น (Elasticity) และความเหนียวติดกันของเส้น (Stickiness) แต่มีอิทธิพลต่อความชอบของผู้บริโภคน้อยกว่าคุณลักษณะสีเหลือง นอกจากนี้มีงานวิจัยมากมายที่พยายามหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา กับคุณภาพที่ประเมินจากเครื่องมือ เพื่อที่จะใช้วิธีการวัดค่าทางเครื่องมือแทนการใช้วิธีการทางประสาทสัมผัสเนื่องจากวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีระยะเวลาในดำเนินการและค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง แต่อย่างไรก็ตามวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสยังมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการทดสอบ ทั้งนี้เพราะว่าคุณภาพที่ได้จากการประเมินทางประสาทสัมผัสเป็นกลไกที่ซับซ้อน ที่ไม่สามารถประเมินได้จากเครื่องวัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัสหรือความชอบ

2.5 การสูญเสียเนื่องจากการทำให้สุก (Cooking loss)

การสูญเสียจากการทำให้สุก (Cooking loss) เป็นการวัดปริมาณของแข็งที่เกิดการสูญเสียลงในน้ำที่ใช้ในการทำให้สุก การหาปริมาณของแข็งดังกล่าวนี้สามารถนำน้ำที่ใช้ในการทำให้สุกไปทำการระเหยน้ำออก หรือ การทำแห้งโดยการแช่แข็ง (Freeze drying) แล้วคำนวณสัดส่วนของแข็งที่ได้ สัดส่วนการสูญเสียจากการทำให้สุกนี้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพอย่างหนึ่งของบะหมี่ บะหมี่ที่มีคุณภาพดีต้องมีการสูญเสียจากการทำให้สุกน้อย เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัส คือ ความเหนียวติดกัน (Stickiness) ซึ่งบ่งชี้ถึงผิวสัมผัสของเส้นบะหมี่ ถ้ามีการสูญเสียจากการทำให้สุกสูงจะทำให้ผิวสัมผัสของเส้นบะหมี่เหนียวติดกัน ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยบะหมี่ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับควรมีสัดส่วนของการสูญเสียเนื่องจากการทำให้สุกต่ำกว่าร้อยละ 10 เป็นระดับที่ผู้บริโภคยอมรับ (Kruger *et al.,* 1996) นอกจากนี้อิทธิพลของการใช้ Kansui และกรดแลคติก ในการผลิตบะหมี่ส่งผลต่อการสูญเสียจากการทำให้สุกของบะหมี่ด้วย โดยปริมาณของ Kansui ที่สูงถึงร้อยละ 1 จะทำให้เกิดการสูญเสียจากการทำให้สุกเพิ่มสูงถึงร้อยละ 24 เพราะฉะนั้น ถ้าปริมาณ Kansui สูงเกินกว่าร้อยละ 0.5 ต้องใช้สารช่วยในการปรับปรุงคุณภาพ เช่น สารอิมัลซิไฟเออร์ หรือ น้ำมัน เพื่อลดการเหนียวติดกัน ส่วนปริมาณกรดแลกติกร้อยละ 0.5 เป็นสาเหตุของการเพิ่มการสูญเสียจากการทำให้สุกเช่นเดียวกัน ซึ่งสูงถึงร้อยละ75 (Shaiu & Yeh, 2001)

2.6 อายุการเก็บรักษาของบะหมี่

ระยะเวลาที่สามารถเก็บรักษาบะหมี่ให้มีคุณภาพดี เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของบะหมี่ บะหมี่สด และบะหมี่เปียกหรือสุก จะมีอายุการเก็บสั้นที่สุด คือเก็บได้เพียง 1-3 วัน ส่วนบะหมี่แห้ง ทั้งที่ทำโดยการอบหรือตากแดดหรือการทอด จะทำให้เก็บรักษาได้นานเป็นเดือน หรืออาจเป็นปีถ้าอยู่ในภาชนะที่เหมาะสม การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในบะหมี่ขณะเก็บรักษาแล้วทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ คือการเปลี่ยนสีของบะหมี่ บะหมี่เป็นเมือก มีเชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโต และการเกิดกลิ่นหืนของบะหมี่ การเปลี่ยนสีของบะหมี่ในขณะเก็บรักษานั้นเกิดจากเอนไซม์ในแป้งสารให้สีในแป้งทำปฏิกิริยากับด่าง และธาตุเหล็กที่มีในน้ำ สีที่เกิดจะเป็นน้ำตาลเข้มหรือเหลืองออก

เขียว ต่างไปจากสีเหลืองนวลของบะหมี่ปกติ การเปลี่ยนสีนี้ป้องกันได้โดยการเลือกแป้งที่ไม่มีเอนไซม์ มีสารให้สีในแป้งเหมาะสมกับด่างที่ใส่ และใช้น้ำอ่อนซึ่งมีแร่ธาตุปนอยู่น้อยสำหรับการเกิดเมือก และจุลินทรีย์ในบะหมี่สดและสุก มีสาเหตุจากความชื้นในบะหมี่สูง ถ้าเก็บในสภาพที่มีอากาศและอุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ก็จะเก็บไม่ได้นาน โดยจุลินทรีย์จะเจริญและเปลี่ยนสภาพบะหมี่ ทั้งสี กลิ่น และรสชาติ รวมทั้งสร้างเมือกจนผู้บริโภคไม่ยอมรับ ดังนั้นจึงมีการเติมสารช่วยในการเก็บรักษา ประเภทที่สามารถป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ได้ลงไปในบะหมี่สด เช่น โพแทสเซียมซอร์เบต โซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมคาร์บอเนต แต่วิธีที่จะทำให้เก็บรักษาบะหมี่ได้นานขึ้นมาก ก็คือการทำแห้ง เพื่อลดปริมาณความชื้นในบะหมี่ให้น้อยลงจนจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ จึงเป็นผลให้บะหมี่อบแห้ง หรือทอด มีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าบะหมี่สด และสุกมากการเหม็นหืนของบะหมี่มักจะเกิดขึ้นกับบะหมี่ชนิดทำให้แห้งโดยการทอด ซึ่งปริมาณน้ำมันที่ติดอยู่กับบะหมี่จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำมัน อุณหภูมิที่ใช้ทอด ระยะเวลาที่ทอดปริมาณโปรตีนในบะหมี่ และการทำให้สะเด็ดน้ำมัน ถ้าน้ำมันคุณภาพต่ำใช้ทอดหลายครั้งอุณหภูมิสูงไป ระยะเวลาทอดนาน โปรตีนในบะหมี่น้อย เวลาที่ใช้ในการสะเด็ดน้ำมันสั้น จะมีส่วนทำให้น้ำมันเหลืออยู่ในบะหมี่มากกว่าปกติ และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน จนเกิดกลิ่นเหม็นหืนได้เมื่อเก็บรักษาบะหมี่นั้นไว้นานๆ ปัญหานี้อาจป้องกันได้โดยใช้วิธีที่ถูกต้องเหมาะสมในการทอด น้ำมันที่ทอดคุณภาพดี และเติมสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant) ซึ่งเป็นสารที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ได้ตามกฎหมายอาหาร

2.7 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาบะหมี่สด

คุณภาพของอาหารส่วนใหญ่มักจะลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น การที่คุณภาพของอาหารลดลงหรือเกิดการเสื่อมเสียนั้น เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ออกซิเจน และแสง สามารถกระตุ้นกลไกปฏิกิริยาต่างๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะ และคุณภาพ รวมถึง สี กลิ่นรสรูปร่างลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณค่าโภชนาการ ส่งผลให้คุณภาพอาหารเปลี่ยนไป อยู่ในระดับที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคหรืออาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เพราะฉะนั้นคุณภาพผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ช่วงเวลาผลิตภัณฑ์จนถึงเวลาที่ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ถูกเรียกว่า อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นั้นๆ (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์, 2535)

อายุการเก็บรักษาบะหมี่ให้มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของบะหมี่ ซึ่งบะหมี่สดและบะหมี่เปียกหรือสุก จะมีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุด ส่วนบะหมี่แห้งโดยกระบวนการอบ ตากแดด หรือทอด สามารถเก็บรักษาได้นานเป็นเดือน หรือเป็นปีในภาชนะที่เหมาะสม สำหรับบะหมี่ในขณะเก็บรักษาที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ คือ การเปลี่ยนแปลงของสี บะหมี่มีจุลินทรีย์เติบโต เกิดเมือก และเกิดกลิ่นหืน (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532) สำหรับบะหมี่สดมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดังต่อไปนี้

2.7.1 การเปลี่ยนแปลงสีของบะหมี่สด

สีเป็นคุณลักษณะแรกที่ผู้บริโภคใช้ประเมินคุณภาพบะหมี่ การเปลี่ยนแปลงสีของบะหมี่ที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษานับว่าส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก ซึ่งมีสาเหตุมา จากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase) ในแป้ง สารให้สีในแป้ง คือ ฟลาโวน (Flavones) ทำปฏิกิริยากับเบส และแร่ธาตุในน้ำ ส่งผลให้สีที่เกิดขึ้นในบะหมี่มีสีน้ำตาลเข้มหรือเหลืองออกเขียว ซึ่งแตกต่างจากสีเหลืองออกนวลในสีของบะหมี่ปกติ ทั้งนี้สามารถป้องกันได้โดยเลือกแป้งที่ไม่มีเอนไซม์ มีสารให้สีเหมาะสมกับเบสที่เติม และใช้น้ำอ่อนในการผลิตบะหมี่ โดยเฉพาะบะหมี่สดจะกลับมามีสีคล้ำมากเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ถ้าแป้งมีส่วนของรำปน ทำให้มีปริมาณเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมาก และบะหมี่สดมีส่วนประกอบที่เป็นไข่เป็นผลทำให้สีจะคล้ำได้เร็วขึ้น เพราะส่งเสริมปริมาณโปรตีนและเอนไซม์ให้สูงขึ้น (Kruger *et al.,* 1996) ซึ่งมีงานวิจัยมากมายที่ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของบะหมี่ระหว่างการเก็บรักษา ดังนี้

Corke *et al.* (1999) ทำการศึกษาการวัดการเปลี่ยนแปลงสีของบะหมี่สดโดยระบบอัตโนมัติแบบต่อเนื่องที่เวลาต่างๆ ทำการวัดค่าสี L* a* b* ซึ่งบะหมี่สดจะมีสีคล้ำขึ้นในระหว่างการเก็บรักษามีความสัมพันธ์กับการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ทำให้ต้องควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพบะหมี่ จึงทำการวัดค่าสีแป้งสาลีที่ใช้ในการผลิตด้วยระบบดังกล่าวก่อนการผลิต

2.7.2 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากจุลินทรีย์

บะหมี่สดมีปริมาณความชื้นสูง ถ้าเก็บในสภาพที่มีอุณหภูมิ และสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้ระยะการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของบะหมี่ มีลักษณะของการเกิดเมือก เชื้อรา สี กลิ่น และรสชาติเปลี่ยนแปลงไปไม่เป็นที่ยอมรับ จึงมีการพัฒนากระบวนการผลิตบะหมี่ เช่น การทำแห้ง การใช้เทคโนโลยีการผลิตเช่น การแช่แข็ง การฆ่าเชื้อ และการบรรจุ รวมถึงการใช้สารช่วยในการเก็บรักษา เช่น โพแทสเซียมซอร์เบท โซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมคาร์บอเนต ทำให้อายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น Jianming (1998) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการทำลายเชื้อจุลินทรีย์โดยการฉายรังสีเพื่อรักษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของบะหมี่สด บะหมี่จะถูกฉายรังสีแกมม่าโคบอลต์ 60 และทดลองเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (18-24 องศาเซลเซียส) โดยประเมินปริมาณจุลินทรีย์ที่หลงเหลือ และความเป็นกรดของบะหมี่ในระยะเวลา 10 วัน พบว่าเมื่อปริมาณรังสีที่ถูกดูดซับ 8 KGy จะมีปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในบะหมี่ลดลง และค่าความเป็นกรดลดลงอยู่ในระหว่าง 6.2-5.0 เมื่อมีการดูดซับรังสีที่ 8-10 KGy จุลินทรีย์เกือบทั้งหมดถูกทำลายและบะหมี่มีความเป็นกรดโดยประมาณที่ 6.0 โดยลักษณะปรากฏ กลิ่น ยังคงดูสดใหม่ ภายในระยะเวลา 10 วัน จะเห็นได้ว่าบะหมี่สดมีการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา เพราะฉะนั้นการพัฒนาบะหมี่สดที่มีการยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น จำเป็นที่จะต้องใช้เทคโนโลยีผสมผสานกันหรือที่เรียกว่า Hurdle technology ควบคุมตั้งแต่ส่วนประกอบหรือสูตรในการผลิตบะหมี่ เช่น การใส่สารเพื่อลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ โดยในงานวิจัยนี้จะใช้โพพิลีนไกลคอล (Propylene glycol) เป็นต้น และควบคุมกระบวนการผลิต เช่น ผลิตในสภาวะปลอดเชื้อเพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ รวมไปถึงขบวนการสุดท้ายในการบรรจุ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้การปรับสภาวะบรรยากาศในการบรรจุเพื่อปรับสภาพให้ไม่เหมาะกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ นอกจากนี้

ควรควบคุมสภาวะในการเก็บรักษาด้วย โดยที่อุณหภูมิต่ำโอกาสที่จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้มากกว่าสภาวะที่อุณหภูมิสูง

2.8 การถนอมอาหาร

พรพล รมณ์นุกุล (2545) กล่าวว่า การถนอมอาหารมีประโยชน์ และความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของคนเราในปัจจุบันหลายประการ ถ้าหากไม่มีการถนอมอาหารประชากรของประเทศไทย และพลโลกจะต้องประสบปัญหาเกี่ยวกับอาหาร และโภชนาการเป็นอย่างมาก บางพื้นที่ของของประเทศไทย และของโลกจะต้องประสบปัญหาการขาดแคลนอาหาร ในทางตรงกันข้ามบางพื้นที่อาจประสบปัญหากับผลผลิตล้นตลาดในฤดูการผลิต ราคาผลผลิตตกต่ำ ผลผลิตเกิดการเน่าเสีย การบริโภคอาหารในชีวิตประจำวันไม่ได้รับความสะดวกประชาชนส่วนมากของบางภาคในประเทศที่ห่างไกลทะเล ประสบปัญหาโรคคอพอกที่เกิดจากการขาดสารไอโอดีน แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านการถนอมอาหารปัจจุบันเจริญมากขึ้น จึงทำให้ปัญหาต่างๆดังกล่าวมาแล้วลดลงอย่างมาก ซึ่งจากการศึกษา พบว่าประโยชน์ของการถนอมอาหารนั้นมีหลายประการ เช่น ช่วยบรรเทาความขาดแคลนอาหาร ช่วยให้เกิดการกระจายอาหาร เป็นต้น

2.8.1 หลักการถนอมอาหาร

การถนอมอาหารมีจุดประสงค์ที่สำคัญคือ ต้องการที่จะเก็บรักษาอาหารไว้ให้ได้นานที่สุด ซึ่งอาหารจะเก็บไว้ได้นานโดยไม่เน่าเสียก็ต้องหลีกเลี่ยงจุลินทรีย์ไม่ให้เจริญในอาหาร ดังนั้นการที่จุลินทรีย์ไม่สามารถก่อให้เกิดการเน่าเสียแก่อาหารที่ผ่านการถนอมอาหารไปแล้วนั้นมีหลักการดังต่อไปนี้

2.8.1.1 การแยกจำนวนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และอาหารเน่าเสีย โดยหลักการนี้เป็นการแยกจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และทำให้อาหารเน่าเสียออกจากอาหารด้วย เครื่องกรองจุลินทรีย์ (Microfiltration) หรืออาศัยแรงเหวี่ยง วิธีนี้เป็นการรักษารสชาติ กลิ่น และลักษณะที่ต้องการได้ดีกว่าการใช้ความร้อน

2.8.1.2 การลดกิจกรรมของเอนไซม์ และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และทำให้อาหารเสื่อมเสีย หลักการนี้เป็นการทำให้ กิจกรรมของเอนไซม์เกิดได้ช้าลง หรือเป็นการลดการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร ซึ่งอาจทำได้โดยการลดอุณหภูมิให้ต่ำลง การเปลี่ยนแปลง pH การลด Water Activity ของอาหาร การกำจัดออกซิเจน และการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์ต่อต้านจุลินทรีย์

2.8.1.3 การทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย และการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ การทำงานของหลักการนี้มุ่งที่จะทำลายจุลินทรีย์ ซึ่งอาจเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเพียงอย่างเดียว หรือจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ซึ่งทำได้โดยการใช้ความร้อน และการฉายรังสี

2.8.1.4 การส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ และเอนไซม์บางชนิด ซึ่งหลักการนี้เป็นการส่งเสริมให้จุลินทรีย์บางชนิดที่ไม่ทำให้เกิดโรค และไม่ทำให้อาหารเน่าเสียเจริญขึ้นในอาหาร และสร้างสารต่างๆ เช่น กรด แอลกอฮอล์ ก๊าซ ที่ทำให้สภาพแวดล้อม ไม่เหมาะสมในการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ทีทำให้อาหารเน่าเสีย จึงทำให้อาหารปลอดภัยในการบริโภค สามารถถนอมอาหารไว้ได้ ซึ่งทำได้โดยการหมักดอง

2.8.2 การถนอมรักษาอาหารโดยการอบแห้ง

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์ (2535) กล่าวว่า การอบแห้งเป็นการกำจัดความชื้นออกจากอาหาร วัตถุประสงค์ที่สำคัญในการอบแห้ง เพื่อเก็บรักษาถนอมผลิตภัณฑ์ให้มีอายุการเก็บนานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำ หรือความชื้นที่มีอยู่ในอาหารสูงๆ จะทำให้อาหารเน่าเสียง่าย ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ และจากปฏิกิริยาทางเคมี โดยพบว่าปริมาณความชื้นในอาหารที่จะป้องกันการเสื่อมเสียของอาหาร เนื่องจากจุลินทรีย์จะต้องดึงน้ำออกจนเหลือต่ำกว่าร้อยละ 10 หรือมี A_w ต่ำกว่า 0.6 ดังนั้น การดึงน้ำออกจากอาหารให้มีความชื้นลดลงจนพอเหมาะแก่อาหารแต่ละชนิดแล้ว จะทำให้อาหารนั้นสามารถเก็บรักษาได้นาน เนื่องจากพวกแบคทีเรีย และยีสต์จะเจริญได้ที่ความชื้นสูงกว่าร้อยละ 30 ส่วนเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ความชื้นน้อยกว่า 15 นอกจากนี้แล้วการอบแห้งยังเป็นการช่วยลดปริมาตรของผลิตภัณฑ์ เพื่อสะดวกในการขนส่งผลิตภัณฑ์บางชนิดในสภาพสดจะกินเนื้อที่ และการดูแลรักษาลำบาก แต่ในการอบแห้งจะส่งผลต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารในด้านต่างๆ เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ สี และคุณค่าทางโภชนาการ

การทำแห้งในปัจจุบัน นิยมใช้ตู้อบควบคุมความร้อนที่สามารถควบคุมความชื้นในการอบแห้ง โดยจะปรับอุณหภูมิ และความชื้นภายในตู้ให้เหมาะสม เพื่อให้เส้นบะหมี่ค่อยๆ แห้งลงอย่างช้าๆ ซึ่งความชื้นของบะหมี่สดจะลดลงจากร้อยละ 35 เหลือร้อยละ 8-10 วิธีการทำแห้งนี้ต้องระมัดระวังอย่างมาก เพื่อไม่ให้เส้นบะหมี่แห้งเปราะ และหักง่าย ซึ่งอุณหภูมิในการอบแห้งมีผลอย่างมากต่อคุณภาพของบะหมี่

2.8.2.1 ประเภทของการอบแห้ง

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก (2532) กล่าวว่า การอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) การอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูง เป็นการอบแห้งบะหมี่ที่ใช้อุณหภูมิสูง คือ ประมาณ 50 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2-3 ชั่วโมง โดยจะมีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นตลอดการอบแห้ง วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมอย่างมากในประเทศจีน แต่บะหมี่ที่ได้จะมีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร บะหมี่ที่ได้จะมีเส้นที่แตกหักจำนวนมาก

2) การอบแห้งด้วยอุณหภูมิปานกลาง โดยอบบะหมี่ในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 นาน 3-5 ชั่วโมง วิธีนี้จะได้บะหมี่ที่มีคุณภาพดีกว่าวิธีการอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูง

3) การอบแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำ วิธีนี้ใช้เวลาในการอบค่อนข้างนาน แต่บะหมี่ที่ได้จะมีคุณภาพดีกว่าการอบแห้งด้วยวิธีอื่นๆ โดยแบ่งขั้นตอนการอบแห้งเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 ลดความชื้นของเส้นบะหมี่จากร้อยละ 35 ลดเหลือร้อยละ 24 ด้วยการอบในตู้ที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70 เป็นเวลา 30-40 นาที ช่วงที่ 2 กระจายความร้อนในเส้นให้สม่ำเสมอด้วยการลดอุณหภูมิของตู้อบลงเป็น 28-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 72-77 นานประมาณ 5 ชั่วโมง ช่วงที่ 3 อบบะหมี่จนแห้ง โดยการลดอุณหภูมิในตู้อบลงอีกครั้งเป็น 25-28 องศาเซลเซียส และลดความชื้นสัมพัทธ์เป็นร้อยละ 68-72 จนกระทั่งบะหมี่มีความชื้นเพียงร้อยละ 8-10

2.8.3 กลไกการอบแห้ง

เมื่ออากาศร้อนถูกเป่าลงบนชิ้นอาหารที่เปียกชื้น ความร้อนจะถ่ายเทไปที่ผิวนอกของอาหาร ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอน้ำ (Latent heat of vaporization) จะทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำ และแพร่กระจายผ่าน Boundary film ของอากาศ และพาไอน้ำระเหยออกไป โดยมีอากาศแห้งเข้ามาแทนที่ ทำให้บริเวณที่ผิวนอกของอาหารจะมีความดันไอของไอน้ำลดลง เกิดความแตกต่างของความดันของน้ำระหว่างอากาศภายนอกกับความชื้นภายในชิ้นอาหาร จึงเป็นแรงขับให้น้ำจากภายในจะเคลื่อนย้ายออกมาที่ผิวนอกของอาหารได้ด้วยกลไกดังนี้

2.8.3.1 เคลื่อนที่โดย Capillary force โดยการแพร่กระจายของน้ำ เนื่องจากกตัวทำละลายมีความเข้มข้นต่างกันที่บริเวณต่างๆกันในชิ้นอาหาร

2.8.3.2 น้ำจะถูกดูดซับด้วยชั้นของตัวถูกละลายออกมาอยู่ที่ผิวนอกของอาหาร

2.8.3.3 ไอน้ำที่ระเหยออกไปในอากาศทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอ

การเลือกวิธีการ และเครื่องอบแห้งอาหาร

ในการที่จะเลือกกรรมวิธีที่ใช้ในการลดปริมาณความชื้น ปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ ชนิด และคุณสมบัติของอาหาร ลักษณะของผลิตภัณฑ์แห้งที่ต้องการ ความสามารถในการทำแห้งของเครื่องมือนั้น ตลอดจนสภาวะภายนอกที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งอาหาร ประกอบด้วยปัจจัย อุณหภูมิ ความชื้น บรรยากาศ และความเร็วลม นอกจากนี้อาจมีปัจจัยอื่น เช่น การกวน การแบ่งขนาดของชิ้นอาหาร การสัมผัสระหว่างผิวหน้าของอาหาร

2.8.4 เครื่องอบแห้งแบบถาด

เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) เป็นเครื่องอบแห้งแบบอยู่กับที่เหมาะสำหรับวัสดุชิ้นในรูปของแข็งที่ไม่สามารถอบแห้งแบบกองรวมกันในปริมาณมากได้

2.8.4.1 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาด

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์ (2535) กล่าวว่า หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบถาดโดยการทำให้อากาศร้อนแล้วให้ไหลผ่านวัสดุชิ้นในเครื่องอบแห้ง ลมร้อนที่เข้าไปจะระเหยเอาของเหลวออกจากวัสดุ การไหลของลมร้อนจะขนานกับถาดบรรจุวัสดุชิ้น หรือตั้งฉากกับตัวถาดก็ได้แล้ว แต่การออกแบบระบบการอบแห้งชนิดนี้ จะใช้ถาด หรือวัตถุอื่นที่สามารถให้ผลิตภัณฑ์อาหารสัมผัสกับอากาศร้อนเพื่อให้การทำแห้งดำเนินต่อไป การเคลื่อนที่ของอากาศเหนือผิวผลิตภัณฑ์ด้วยความเร็วค่อนข้างสูง เพื่อให้แน่ใจว่าการถ่ายเทมวล และความร้อนดำเนินไปด้วยประสิทธิภาพสูง ประสิทธิภาพของการอบแห้งแบบตู้ขึ้นกับพื้นที่ที่ใช้อบแห้ง โดยการอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่อยู่ใกล้กับทางเข้าของอากาศจะเกิดได้เร็วกว่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารที่อยู่ใต้กระแสลมจะสัมผัสกับอากาศที่มีความชื้นสูงกว่า ทำให้แห้งช้ากว่า ดังนั้นการหมุนถาด หรือการปรับทิศทางการไหลของลมจะช่วยปรับกระบวนการอบแห้งให้สม่ำเสมอขึ้น

นอกจากนี้แล้วประสิทธิภาพการทำงานของตู้อบยังขึ้นอยู่กับความหนาของอาหารที่จะอบแห้งในเครื่อง โดยพบว่าถ้าลมร้อนผ่านเข้าไปยังชั้นของอาหารที่ไม่หนาแน่นมาก พื้นที่ผิวสัมผัสของอาหารกับลมร้อนก็จะได้เกือบทุกด้าน โดยมีค่าเท่ากับความหนาเฉลี่ยของอาหารนั้น แต่ถ้าอาหารถูกวางอัดแน่นมากพื้นที่ผิวสัมผัสของชิ้นอาหารจะมีค่าเท่ากับพื้นที่ผิวของถาดที่บรรจุอาหารนั้น และมีความหนาเท่ากับความสูงของถาด

2.8.4.2 ผลของการทำแห้งต่ออาหาร

ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก (2532) กล่าวว่า ในการทำให้อาหารแห้งนั้น พบว่าจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิมหลายประการ ดังต่อไปนี้

การเหี่ยวย่น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำออกไปจากเซลล์ของอาหาร การป้องกันไม่ให้อาหารเหี่ยวย่นมากในขณะทำแห้ง อาจทำได้โดยรักษาความชื้นทั้งผิวนอก และข้างในอาหารให้ใกล้เคียงกัน ส่วนอุณหภูมิเริ่มต้นในการทำแห้งถ้าสูงเกินไปจะทำให้อาหารเหี่ยวย่นได้ง่าย

ความหนาแน่นรวม ถ้าอาหารถูกอบแห้งเร็วจนเกินไป จะทำให้อาหารมีค่าความหนาแน่นรวมน้อยกว่าพวกที่ถูกอบแห้งด้วยอัตราช้า ซึ่งความหนาแน่นรวมจะมีผลต่อปริมาณวัสดุที่ใช้ในการบรรจุหีบห่อของอาหาร

ความสามารถในการคืนตัว อาหารที่ถูกทำให้แห้งจะมีความสามารถในการคืนตัว แต่การคืนตัวอย่างช้าๆ หรือไม่สมบูรณ์เป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในอาหารอบแห้ง

การสูญเสียสารระเหย ในระหว่างที่น้ำกลายเป็นไอระเหยไปจากอาหารจะพาสารระเหยได้ไปด้วยในปริมาณที่ต่างๆกัน จนต้องมีการดักจับกลิ่นที่ระเหยออกไปกลับมายังอาหารอีก ในอุตสาหกรรมอาหารแห้งบางชนิด เช่น กาแฟสำเร็จรูป

การเกิดสีน้ำตาล การเกิดสีน้ำตาลของอาหารในระหว่างการทำแห้งเป็นปัญหาสำคัญ เนื่องจากจะทำให้คุณภาพของอาหารต่ำลง ปัจจัยที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลของอาหารในขณะทำให้อาหารแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิ และระยะเวลา ซึ่งถ้าอุณหภูมิที่ใช้สูง และระยะเวลาในการให้ความร้อนนาน จะทำให้อาหารเป็นสีน้ำตาลมากขึ้น นอกจากนั้นความชื้นของอาหารก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างการอบแห้งอาหารจะสูงที่สุด แต่ถ้าอาหารแห้งอย่างสมบูรณ์ การเกิดสีน้ำตาลจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ

Fellows (1990) กล่าวว่า ทางด้านการสูญเสียคุณค่าอาหารของการทำแห้งอาหารนั้น วิตามินที่สูญเสียมาก ได้แก่ วิตามินซี และวิตามินบี 1 ซึ่งมีการสูญเสียตั้งแต่เตรียมวัตถุดิบ การหั่นการลวก จนกระทั่งการระเหยน้ำออกจากอาหาร แต่ทางด้านวิตามินที่ละลายในไขมัน ซึ่งได้แก่ วิตามินเอ ดี อี และ เคนั้น พบว่าค่อนข้างจะคงสภาพได้ดีเป็นส่วนมากในอาหารที่ผ่านการทำแห้ง

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กนกอร แก่นวงษ์ (2548) ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณการเติมเอนไซม์ไลเปส และระยะเวลาการบ่มให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยาต่อคุณภาพด้านกายภาพ ปริมาณหมู่ซัลไฮดริล คุณภาพด้านประสาทสัมผัส และการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บะหมี่ญี่ปุ่นที่มีการเติมเอนไซม์ไลเปสร้อยละ 0-0.80 โดยน้ำหนักแป้ง และใช้ระยะเวลาการบ่มให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยานาน 0-5 ชั่วโมง พบว่าบะหมี่ที่เติมเอนไซม์ ร้อยละ 0.10-0.80 มีค่าความเป็นสีแดงลดลง ($p \leq 0.05$) ในขณะที่การเติมเอนไซม์เพียงร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักแป้ง สามารถทำให้บะหมี่มีค่าความเป็นสีเหลืองลดลง ($p \leq 0.05$) การเติมเอนไซม์มากกว่าร้อยละ 0.10 ขึ้นไปทำให้เส้นบะหมี่ญี่ปุ่นมีความสว่างของสีเส้นเพิ่มมากขึ้น ในช่วงการเติมเอนไซม์ ร้อยละ 0-0.80 พบว่าการบ่มให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยานานกว่า 1 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีแดง และเหลืองของเส้นบะหมี่ ในช่วงการเติมเอนไซม์ร้อยละ 0-0.15

พบว่าการบ่มให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยานาน 1 ชั่วโมง มีผลทำให้เส้นบะหมี่มีค่าความเป็นสีแดงลดลง ($p \leq 0.05$) การเติมเอนไซม์ร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักแป้งมีผลทำให้เส้นบะหมี่ญี่ปุ่นมีความเหนียวมากขึ้น ปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมที่สามารถเพิ่มความแน่นเนื้อ และความคงตัวของเส้นบะหมี่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 0.05-0.15 โดยน้ำหนักแป้ง โดยความแน่นเนื้อของบะหมี่จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเอนไซม์ที่มากขึ้น การบ่มให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยานานขึ้นมีผลทำให้ความเหนียว และความแน่นเนื้อของบะหมี่มีค่าลดลง

การเติมเอนไซม์เพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ปริมาณหมู่ซัลไฮดริลลดลง นั่นคือเกิดพันธะไดซัลไฟด์มากขึ้น ผลการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าบะหมี่ญี่ปุ่นที่เติมเอนไซม์ไลเปสร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักแป้ง เป็นบะหมี่ที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด เนื่องจากมีคะแนนความนุ่ม และความเหนียวกำลังพอดีการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางด้านกายภาพและจุลินทรีย์ของบะหมี่ญี่ปุ่น พบว่าความเหนียว และความแน่นเนื้อของเส้นบะหมี่ญี่ปุ่นทั้งที่เติมเอนไซม์ และไม่มีการเติมเอนไซม์มีค่าลดลง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 และ 4 วัน แต่การเติมเอนไซม์ไลเปสร้อยละ 0.10 โดยน้ำหนักแป้งทำให้เส้นบะหมี่ญี่ปุ่นมีความเหนียว และความแน่นเนื้อลดลงน้อยกว่าการไม่เติมเอนไซม์ และนอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา

Janto *et al*. (1998) ศึกษาความแตกต่างของชนิดแป้งสาลีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านเค้าโครงเนื้อสัมผัส 17 คุณลักษณะของบะหมี่สด (Fresh noodle) และบะหมี่เปียก (Wet noodle) ที่มีการผลิตตามแต่ละประเทศ ได้แก่ ไต้หวัน ไทย และมาเลเซีย วิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ (PCA) ผลจากการวิเคราะห์พบว่า บะหมี่สดไทยมีคุณลักษณะเนื้อสัมผัสมีความแข็งแน่น และการเกาะตัวรวมกันมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีลักษณะของแป้งระหว่างฟันและแรงที่ใช้ในการถอนฟันออกจากบะหมี่ที่เคี้ยวมากกว่าบะหมี่ของไต้หวัน และมาเลเซีย ส่วนบะหมี่ของไต้หวันมีลักษณะผิวสัมผัสเรียบ มีความยืดหยุ่นค่อนข้างสูง และบะหมี่ฮกเกี้ยนของมาเลเซียมีลักษณะนุ่มมาก ความแน่น การเกาะตัวรวมกัน และการเหนียวติดกันน้อย

ลาวรรณ์ บัวสาย (2551) ทำการศึกษาผลงานวิจัยเรื่อง การพัฒนากรรมวิธีการผลิตขนมเค้กจากเนื้อตาล มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษา กรรมวิธีการแปรรูปเนื้อตาลผง การผลิตขนมเค้กโดยใช้เนื้อตาลสด และเนื้อตาลผงเป็นส่วนประกอบ จากการทดลองพบว่า การใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อบแห้งเนื้อตาลเพื่อทำเป็นเนื้อตาลผงเหมาะสมที่สุด เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเค้กที่ใช้เนื้อตาลผงอบแห้งที่ อุณหภูมิ 50 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าสูตรที่ใช้เนื้อตาลผงอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ปริมาณร้อยละ7.5 ได้รับคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในทุกด้านสูงที่สุด และเมื่อนำไปเก็บรักษาในภาชนะบรรจุ 2 ชนิด คือ ถุงไนลอน และถุงฟอยด์ เป็นเวลานาน 6 เดือน เนื้อตาลผงในถุงฟอยด์แบบสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงค่าสี ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุอื่นๆ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณเชื้อราเพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่ำ และเมื่อนำเนื้อตาลผงมาผลิตเป็นขนมเค้กในทุกเดือน พบว่าได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุดในทุกเดือน ส่วนเนื้อตาลสดที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตขนมเค้ก พบว่าอัตราส่วนของเนื้อตาลสดร้อยละ 10 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดได้รับการยอมรับในทุกคุณลักษณะสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การ

เปรียบเทียบวิธีการเก็บรักษาขนมเค้กจากเนื้อตาลสด และเนื้อตาลผงใน 2 สภาวะ คือบรรยากาศปกติ และการเติมก๊าซไนโตรเจน พบว่าสภาวะปกติมีอายุการเก็บ 3 วัน ส่วนขนมเค้กที่บรรจุโดยเติมก๊าซไนโตรเจนมีอายุการเก็บ 4 วันที่อุณหภูมิห้อง การเปรียบเทียบวิธีการบรรจุแบบแอคตีฟ คือ การใช้สารดูดความชื้นและสารดูดซับออกซิเจนใส่ลงในภาชนะบรรจุ พบว่าการบรรจุขนมเค้กจากเนื้อตาลสดในถุงไนลอนร่วมกับการใช้สารดูดซับออกซิเจนสามารถยืดอายุการเก็บรักษาขนมเค้กได้นานถึง 8 วันที่อุณหภูมิห้อง

ลาวรรณ์ บัวสาย (2553) ได้ทำการศึกษา การยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อตาลสุกโดยการลดค่า A_w ร่วมกับการแช่แข็งเพื่อใช้ ในการผลิตขนมเค้กจากเนื้อตาล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาเนื้อตาลสุกโดยการใช้น้ำตาลร้อยละ 40 และ 50 เติมเกลือร้อยละ 0 2.5 5.0 7.5 และ 10 ของน้ำหนักเนื้อตาลสุกเป็น สารลดค่าปริมาณน้ำอิสระ (A_w) นำเนื้อตาลสุกไปประยุกต์ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เค้กเพื่อคัดเลือกสูตรที่ เหมาะสมในการผลิตขนมเค้กจากเนื้อตาล ศึกษาอายุการเก็บรักษาเนื้อตาลสดในสภาวะแช่แข็ง (-5 องศาเซลเซียส) ในภาชนะบรรจุ 2 ชนิด คือ ถุงฟอยด์ และถุงไนลอน จากการทดลองพบว่าเมื่อเติมน้ำตาลลงไปในเนื้อตาลสด ในอัตราส่วนของน้ำตาลร้อยละ 40 และเกลือร้อยละ 7.5 สามารถลดค่าปริมาณน้ำอิสระได้เหลือ 0.935 อัตราส่วนของน้ำตาลร้อยละ 50 และเกลือร้อยละ 7.5 สามารถลดค่า ปริมาณน้ำอิสระได้เหลือ 0.910 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวแปรควบคุมซึ่งมีปริมาณน้ำอิสระ 0.995 และอัตราส่วนดังกล่าวได้รับคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงมากที่สุดเมื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เค้ก และเมื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมมากที่สุดในการทำผลิตภัณฑ์เค้ก คือ สูตรที่ใช้เนื้อตาลสุกที่เติมน้ำตาลร้อยละ 50 และเกลือร้อยละ 7.5 โดยได้รับค่าคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด เท่ากับ 8.753 เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เค้กที่ใช้เนื้อตาลสุกที่เติมน้ำตาลร้อยละ 40 และเกลือร้อย ละ 7.5 โดยได้รับค่าคะแนนความชอบโดยรวม เท่ากับ 8.740 และเนื้อตาลสุกที่เติมน้าตาลร้อยละ 50 เติมเกลือร้อยละ 7.5 ของน้ำหนักเนื้อตาลสุกมีอายุการเก็บรักษานาน 2 เดือน ในภาชนะบรรจุทั้ง 2 ชนิด โดยที่มีค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกัน แต่ในภาชนะบรรจุชนิด เดียวกันระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานจะมีค่า pH และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลง

ภัทธิรา เลิศปฤงคพ (2549) ได้ทำการศึกษาวิธีการเก็บรักษาเนื้อตาลสุกโดยการลดค่า A_w ร่วมกับการแช่แข็ง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อตาลสุก การศึกษาครั้งนี้ได้นำเนื้อตาลสุกที่ยีแล้วผสมกับน้ำตาลทรายเพื่อลดค่า A_w บรรจุถุงพลาสติกชนิด LLDPE ผนึกแบบสุญญากาศ พาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 22 นาที แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 สัปดาห์ และตัวอย่างที่ลดค่า A_w ไม่พาสเจอร์ไรซ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ และระยะเวลาเท่ากัน พบว่าในสัปดาห์ที่ 0 เนื้อตาลสุกที่ไม่พาสเจอร์ไรซ์ กับพาสเจอร์ไรซ์ มีค่า A_w เท่ากับ 0.85 และ 0.77 ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.04 และ 4.06 สีเหลืองอมส้ม และเหลืองอมส้มเข้ม โดยมีค่า L* a* b* เท่ากับ 54.64 8.35 22.19 และ 47.37 4.57 11.37 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อตาลสุกที่ไม่ลดค่า A_w พบว่ามีสีเข้มกว่า โดยเนื้อตาลสุกมีค่า L* a* b* เท่ากับ 60.41 15.55 และ 37.27 ตามลำดับ ค่า A_w เท่ากับ 0.97 และความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.14 จากการเก็บรักษาเนื้อตาลสุกทั้ง 2 ตัวอย่างเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า A_w มีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 0.85-0.86 และ 0.77-0.85 ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 3.98-4.06 สีเหลืองคล้ำ เล็กน้อย จากการนำเนื้อตาลสุกที่เก็บ

รักษาทั้ง 2 ตัวอย่างในสัปดาห์ที่ 0 2 4 และ 6 มาทำขนมตาล ทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนเฉลี่ยความชอบรวมของขนมตาลที่ทำจากเนื้อตาลสุกที่ลดค่า A_w ไม่พาสเจอร์ไรซ์ ไม่มีความแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) คืออยู่ในระดับปานกลางถึงชอบมาก และคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมของขนมตาลที่ผ่านการลดค่า A_w พาสเจอร์ไรซ์ไม่มีความแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) คืออยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

มนัสนันท์ บุญทราพงษ์ กมลวรรณ แจ้งชัด อนุวัตร แจ้งชัด และ วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ (2541) ได้ทำการศึกษาคุณภาพของเนื้อตาลสุก และขนมตาลที่ผลิตจากเนื้อตาลสุกผ่านกระบวนการพาสเจอไรเซชัน การศึกษาคุณภาพเนื้อตาลสุก และการยืดอายุการเก็บของเนื้อตาลสุก พบว่าเนื้อตาลสุกที่ยีแล้วมีสีเหลืองอมส้ม โดยมีค่า L* = 51.00 a* = 31.71 และ b* = 81.41 มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 93.00 0.14 0.32 0.38 2.73 และ3.43 ตามลำ ดับ มีค่า pH 3.56 มีวิตามินซี แคลเซียม และฟอสฟอรัส 41.84 1.40 และ 11.20 มิลลิกรัมต่อเนื้อตาลสุกที่ยีแล้ว 100 กรัม ตามลำดับ มีปริมาณธาตุเหล็กน้อยมาก และมีเบต้าแคโรทีน 615 ไมโครกรัมต่อเนื้อตาลสุกที่ยีแล้ว 100 กรัม ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.74×10^7 โคโลนีต่อกรัม การพาสเจอร์ไรซ์เนื้อตาลสุกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 22 นาที สามารถทำลายจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ลดลงน้อยกว่า 250 โคโลนีต่อกรัม และพบว่าปริมาณโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เติมลงไป และ ค่า pH ของเนื้อตาลสุกพาสเจอร์ไรซ์ มีอิทธิพลต่อคุณภาพของเนื้อตาลสุก และขนมตาล เมื่อ pH ลดลงเป็น 2.8 ขนมตาลจะมีความแข็งและความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบเฉลี่ยของสี รสหวาน รสเปรี้ยว และกลิ่นตาลลดลง เนื้อตาลสุกพาสเจอร์ไรซ์ ที่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 200 พีพีเอ็ม และปรับ pH เป็น 2.8 มีอายุการเก็บอย่างน้อย 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส)

2.10 กรอบแนวคิดในการวิจัย