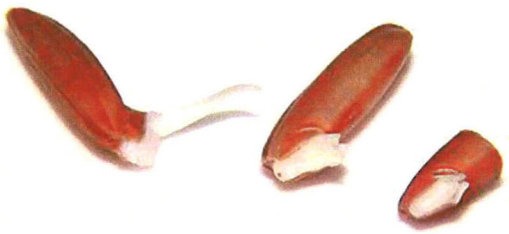
บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 ข้าวกล้องงอก



ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice หรือ "GABA-rice") ถือเป็นนวัตกรรมหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจาก ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice) เป็นการนำข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการงอก ซึ่งโดยปกติแล้ว ในตัวข้าวกล้องเองประกอบด้วยสารอาหารจำนวนมาก เช่น ใยอาหาร กรดไฟติก (Phytic acid) วิตามินซี วิตามินอี และ GABA (gamma aminobutyric acid) ซึ่งช่วยป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน และช่วยในการควบคุมน้ำหนักตัว เป็นต้น เมื่อนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเพื่อทำให้งอก จะทำให้ข้าวกล้องมีสารอาหาร โดยเฉพาะ GABA เพิ่มขึ้น ซึ่งนอกจากจะได้ประโยชน์จากการที่มีปริมาณสารอาหารที่สูงขึ้นแล้วยังทำให้ข้าวกล้องงอกที่หุงสุกมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม รับประทานได้ง่ายกว่าข้าวกล้องธรรมดาอีกด้วย จึงง่ายแก่การหุงรับประทานได้โดยไม่ต้องผสมกับข้าวขาวตามความนิยมของผู้บริโภค

จากการศึกษาทางกายภาพและทางชีวเคมีพบว่า "เมล็ดข้าว" ประกอบด้วย เปลือกหุ้มเมล็ด หรือ แกลบ (Hull หรือ Husk) ซึ่งจะหุ้มข้าวกล้อง ในเมล็ดข้าวกล้องประกอบด้วย จมูกข้าวหรือคัพภะ (Germ หรือ Embryo) รำข้าว (เยื่อหุ้มเมล็ด) และเมล็ดข้าวขาวหรือเมล็ดข้าวสาร (Endosperm) สารอาหารในเมล็ดข้าวประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบหลัก โดยมีโปรตีน วิตามินบี วิตามินอี และแร่ธาตุที่แยกไปอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าว นอกจากนี้ ยังพบสารอาหารประเภท ไขมันซึ่งพบได้ในรำข้าวเป็นส่วนใหญ่ ข้าวเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีการเจริญเติบโตจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี การเปลี่ยนแปลง จะเริ่มขึ้น เมื่อน้ำได้แทรกเข้าไปในเมล็ดข้าว โดยจะกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวเกิดการทำงาน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอก (malting) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อย (oligosaccharide) และน้ำตาล

รีดิวซ์ (reducing sugar) นอกจากนี้ โปรตีนภายในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยให้เกิดเป็นกรด อะมิโนและเปปไทด์ รวมทั้งยังพบการการสะสมสารเคมีสำคัญต่าง ๆ เช่น แกมมาออริซานอล (gamma-orazynol) โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโค ไตรอีนอล (tocotrienol) และโดยเฉพาะ **สารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด (gamma-aminobutyric acid)** หรือที่รู้จักกันว่า **"สารกาบา"(GABA)**

2.1.1 GABA

GABA เป็นกรดอะมิโนที่ผลิตจากกระบวนการ decarboxylation ของกรดกลูตามิก (glutamic acid) กรดนี้จะมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท(neurotransmitter) ในระบบประสาทส่วนกลาง นอกจากนี้ GABA ยังถือเป็นสารสื่อประสาทประเภทสารยับยั้ง (inhibitor) โดยจะทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้น ซึ่งช่วยทำให้สมองเกิดการผ่อนคลายและนอนหลับสบาย อีกทั้งยังทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นต่อมไร้ท่อ (anterior pituitary) ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต (HGH)ทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อ ทำให้ กล้ามเนื้อเกิดความกระชับ และเกิดสาร lipotropic ซึ่งเป็นสารป้องกันการสะสมไขมัน

จากการศึกษาในหนู พบว่า การบริโภคข้าวกล้องงอกที่มีสาร GABA มากกว่าข้าวกล้องปกติ 15 เท่า จะสามารถป้องกันการทำลายสมอง เนื่องจาก สารเบต้าอไมลอยด์เปปไทด์ (Beta-amyloid peptide) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคสูญเสียความทรงจำ (อัลไซด์เมอร์) ดังนั้น จึงได้มีการนำสาร GABA มาใช้ในวงการแพทย์เพื่อการรักษาโรคเกี่ยวกับระบบประสาทต่างๆ หลายโรค เช่น โรควิตกกังวล โรคนอนไม่หลับ โรคลมชัก เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีผลการวิจัยด้านสุขภาพกล่าวว่า ข้าวกล้องงอกที่ประกอบด้วย GABA มีผลช่วยลดความดันโลหิต ลด LDL (Low densitylipoprotein) ลดอาการอัลไซเมอร์ ลดน้ำหนัก ทำให้ผิวพรรณดี ตลอดจนใช้บำบัดโรคเกี่ยวกับระบบประสาทส่วนกลางได้

2.2 ขนมหวาน

ขนมหวานของไทยแต่เดิมเรียก " ข้าวนม " " เข้าหนม " " ข้าวหนม " ล้วนเป็นคำอันเป็นที่มาของคำว่า "ขนม" ซึ่งมีผู้สันทัดกรณีหลายท่านตั้งข้อสันนิษฐานไว้ เริ่มตั้งแต่คำแรก "ข้าวนม" ที่นักคหกรรมศาสตร์หลายท่านบอกต่อ ๆ กันมาว่าน่าจะมาจากคำคำนี้ เนื่องจากขนมมีอิทธิพลมาจากอินเดียที่ใช้ข้าวกับนมเป็นส่วนผสมสำคัญที่สุดในการทำขนมแต่ก็ไม่น่าจะเป็นไปได้ เนื่องจากนมไม่มีบทบาทสำคัญในขนมไทยเลย ขนมไทยใช้มะพร้าวหรือกะทิทำต่างหาก สำหรับ "เข้าหนม" นั้น พระราชวรวงศ์เธอ กรมหมื่นจรัสพรปฏิญาณได้ทรงตั้งข้อสันนิษฐานไว้ว่า "หนม" เพี้ยนมาจาก "เข้าหนม" เนื่องจาก "หนม" นั้นแปลว่าหวาน แต่กลับไม่ปรากฏความหมายของ"ขนม" ในพจนานุกรมไทย มีเพียงบอกไว้ว่าทางเหนือเรียกขนมว่า "ข้าวหนม" แต่ถึงอย่างไรก็ไม่พบความหมายของคำว่า "หนม" ในฐานะคำท้องถิ่นภาคเหนือเมื่ออยู่โดด ๆ ในพจนานุกรมเช่นกัน อีกข้อสันนิษฐานหนึ่งก็นับว่าน่าสนใจไม่น้อย คำว่า "ขนม" อาจมาจากคำในภาษาเขมร

ว่า "หนม" ที่หมายถึงอาหารที่ทำมาจากแป้ง เมื่อลองพิจารณาดูแล้วพบว่าขนมส่วนใหญ่ล้วนทำมาจากแป้ง ทั้งนั้น โดยมีน้ำตาลและกะทิเป็นส่วนผสม ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า "ขนม" เพี้ยนมาจาก "ขนม" ในภาษาเขมรก็เป็นได้ไม่ว่าขนมจะมีรากศัพท์มาจากคำใดหรือภาษาใด ขนมก็ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในสังคมไทย ด้วยฐานะของขนมไทยอย่างเต็มภาคภูมิ และคนไทยเองก็ได้ชื่อว่าเป็นชนชาติหนึ่งที่ชอบกินขนมเป็นชีวิตจิตใจหลักฐานเก่าแก่ที่สุดที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างขนมไทยกับคนไทยก็คือวรรณคดีมรดกสุโขทัย เรื่องไตรภูมิพระร่วง ซึ่งกล่าวถึงขนมต้มที่เป็นขนมไทยชนิดหนึ่งไว้ขนมไทยเริ่มแพร่หลายมากขึ้นในสมัยอยุธยา ดังปรากฏข้อความในจดหมายเหตุหลายฉบับ บางฉบับกล่าวถึง "ย่านป่าขนม" หรือตลาดขนม บางฉบับกล่าวถึง "บ้านหม้อ" ที่มีการปั้นหม้อ และรวมไปถึงกระทะ ขนมเบื้อง เตาและรังขนมครก แสดงให้เห็นว่าขนมครกและขนมเบื้องนั้น คงจะแพร่หลายมากจนถึงขนาดมีการปั้นเตาและกระทะขาย บางฉบับกล่าวถึงขนมชะมด ขนมกงเกวียนหรือขนมกง ขนมครก ขนมเบื้อง ขนมลอดช่อง จนถึงสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช อันถือได้ว่าเป็นยุคทองของการทำขนมไทย ดังที่จดหมายเหตุฝรั่งโบราณได้มีการบันทึกไว้ว่า การทำขนมในสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราชนั้นเจริญรุ่งเรืองมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อชาวโปรตุเกสอย่างท่านผู้หญิงวิชาเยนทร์หรือบรรดาศักดิ์ว่า ท้าวทองกีบม้า ผู้เป็นต้นเครื่องขนมหรือของหวานในวัง ได้สอนให้สาวชาววังทำของหวานต่าง ๆ โดยเฉพาะได้นำไข่ขาวและไข่แดงมาเป็นส่วนผสมสำคัญอย่างที่ทางโปรตุเกสทำกัน ขนมที่ท่านท้าวทองกีบม้าทำขึ้นและยังเป็นที่นิยมจนถึงปัจจุบันก็ได้แก่ ขนมทองหยิบ ทองหยอด ฝอยทอง ขนมหม้อแกง และรวมไปถึง ขนมทองโปร่ง ขนมทองพลุ ขนมสำปันนี ขนมไข่เต่า ฯลฯ ล่วงจนถึงสมัยรัตนโกสินทร์ จดหมายเหตุความทรงจำของกรมหลวงนริน ทรเทวี ผู้ทรงเป็นพระเจ้าน้องยาเธอในสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช กล่าวไว้ว่าในงานสมโภชพระแก้วมรกตและฉลองวัดพระศรีรัตนศาสดาราม ได้มีเครื่องตั้งสำรับหวานสำหรับพระสงฆ์ ๒,๐๐๐ รูป ประกอบด้วย ขนมไส้ไก่ ขนมฝอย ข้าวเหนียวแก้ว ขนมผิง กล้วยฉาบ ล่าเตียง หรุ่ม สังขยา ฝอยทอง และขนมตะไล ในกาพย์ห่อโคลงเห่เรือชมเครื่องคาวหวาน บทพระราชนิพนธ์ในพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย ได้กล่าวชมเครื่องหวานหรือขนมไทยหลายชนิดด้วยกัน อาทิ ข้าวเหนียวสังขยา ขนมลำเจียก ขนมทองหยิบ ขนมทองหยอด ขนมผิง ขนมรังไร ขนมช่อม่วง ขนมบัวลอย ฯลฯ ในสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้มีการพิมพ์ตำราอาหารออกเผยแพร่ การทำขนมไทยก็เป็นหนึ่งในตำราอาหารไทยนั้น จึงนับได้ว่าการทำขนมไทยและวัฒนธรรมขนมไทย เริ่มมีการบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษรอย่างมีระบบระเบียบในสมัยรัชกาลที่ ๕ นี้เอง แม่ครัวหัวป่าก์เป็นตำราอาหารไทยเล่มแรก ประพันธ์โดยท่านผู้หญิงเปลี่ยน ภาสกรวงศ์ ในตำราอาหารไทยเล่มนี้ปรากฏรายการสำรับของหวานเลี้ยงพระอันประกอบด้วย ขนมทองหยิบ ขนมฝอยทอง ขนมหม้อแกง ขนมหันตรา ขนมถ้วยฟู ข้าวเหนียวแก้ว ขนมลืมกลืน วุ้นผลมะปราง ฯลฯ แสดงให้เห็นว่าคนไทยนิยมทำขนมใช้ในงานบุญ ซึ่งก็เป็นแบบแผนต่อเนื่องกันมาตั้งแต่สมัยอยุธยา

2.3 ขนมบัวลอย

"บัวลอย" เป็นขนมไทยที่คงไม่มีคนไทยคนไหนที่ยังไม่เคยทาน แป้ง กะทิ น้ำตาล 3 ส่วนประกอบหลักของขนมไทยแบบดั้งเดิม ไม่ว่าจะผ่านไปนานขนาดไหน บัวลอยก็ยังคงประกอบด้วย 3 ส่วนประกอบนี้ บัวลอยมีประวัติความเป็นมาอย่างไรนั้น ผมยังสืบหาไม่ได้แน่ชัด แต่ในกาพย์เห่ชมเครื่องคาวหวาน (พระราชนิพนธ์ในรัชกาลที่ ๒) บรรยายถึงบัวลอยไว้ว่า

"รังไรโรยด้วยแป้ง	เหมือนนกแกล้งทำรังรวง
โอ้อกนกทั้งปวง	ยังยินดีด้วยมีรัง
ทองหยอดทอดสนิท	ทองม้วนมิดคิดความหลัง
สองปีสองปิดบัง	แต่ลำพังสองต่อสอง
งามจริงจ่ามงกุฎ	ใส่ชื่อดุจมงกุฎทอง
เรียนร่ำคำนึงปอง	สอึ้งน้องนั้นเคยยล
บัวลอยเล่ห์บัวงาม	คิดบัวกามแก้วกับตน
ปลั่งเปล่งเคร่งยุคล	สถนนุชดุจประทุม"

2.4 เต้าฮวย

เต้าฮวยนมสด เป็นอาหารหวานที่ดัดแปลงมาจากเต้าฮวยที่รับประทานร่วมกับน้ำขิง แต่เต้าฮวยไม่เป็นที่นิยมของเด็กรุ่นใหม่ เนื่องจากมีกลิ่นและรสของขิง เต้าฮวยแบบดั้งเดิมที่เรารู้จักกันนั้นทำมาจากน้ำนมถั่วเหลืองล้วนๆ ซึ่งบางคนอาจไม่ชอบกลิ่นของน้ำนมถั่วเหลืองมากนักจึงมีการนำนมสดมาใช้แทน และยังทำให้รสชาติดีขึ้นด้วย เต้าฮวยนมสดจึงเป็นที่นิยมมากกว่า โดยเต้าฮวยนมสดนั้นมีลักษณะคล้ายกับเต้าหู้จึงถูกเรียกติดปากว่า "เต้าหู้นมสด" แต่ความจริงแล้วไม่ได้เป็นเต้าหู้ แต่เป็นนมสดผสมกับนมข้นแล้วนำไปต้มกับผงวุ้น หรือเจลาติน และมีการใช้แป้งมาเป็นสารช่วยในการทรงตัว จึงทำให้ดูมีลักษณะคล้ายกับเต้าหู้ (นิรนาม[1], มปก.) เต้าฮวยนมสดได้มีการนำสูตรมาพัฒนาอย่างหลากหลายจนเป็นที่นิยมของผู้บริโภคสามารถรับประทานได้ทุกโอกาส และเหมาะกับทุกวัยไม่ว่าจะเป็นเด็ก ผู้ใหญ่ และผู้สูงอายุกันมาจนถึงปัจจุบัน

เต้าหู้นมสด หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากนม วุ้นหรือเจลาตินอย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกัน และน้ำตาลหรืออาจเติมส่วนประกอบอื่นเพื่อปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น กาแฟ วานิลา ชาเขียว และอาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น ผัก ผลไม้ ธัญพืช บรรจุในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ปิดสนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้ และควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) เต้าหู้นมสดมีอายุการเก็บค่อนข้างสั้น ในการยืดอายุการเก็บตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอนุญาตให้สามารถใช้วัตถุกันเสีย โดยให้ใช้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด แต่การใช้วัตถุกันเสียนั้นไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ในด้านความปลอดภัย

การศึกษาการยืดอายุการเก็บเต้าหู้นมสดให้นานขึ้นด้วยการใช้ไคโตซานซึ่งได้จากสารสกัดธรรมชาติเป็นสารกันเสียซึ่งมีรายงานในด้านความปลอดภัยจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ

2.5 ลอดช่อง

ลอดช่อง.. .เป็นขนมไทยแท้โบราณชนิดดั้งเดิม ขนมที่มีกินกันทั่ว ทุกท้องถิ่นแผ่นดินสยาม มักจะนิยมที่จะทำในงานมงคลต่างๆ เช่น งานแต่งงาน เป็นต้น ซึ่งตามหลักโบราณนั้น ขนมลอดช่องจะเสริฟพร้อมกับขนมอีกสามอย่าง ที่ตามประเพณีเรียกว่า **กินสี่ถ้วย** คือการทำขนมสี่อย่าง ได้แก่ **ไข่กบ นกปล่อย บัวลอย อ้ายตื้อ** โดยขนมแต่ละอย่างจะมีความหมายต่างๆกันไป ซึ่งแต่ก่อนมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า **นกปล่อย** โดยชื่อขนมลอดช่องนี้ มาจากขั้นตอนในการทำขนม คือขั้นตอนการกดแป้งให้ออกจากพิมพ์ เพราะลักษณะเฉพาะของตัวลอดปรี๊ดออกมา คล้ายกับมูลหรือขี้นกที่ปล่อยถ่าย มีลักษณะเป็นเส้นๆ ยาวประมาณ 2.0 - 2.5 นิ้ว หรืออ้วนๆ สั้นๆ ขึ้นอยู่กับตัวพิมพ์ที่ใช้ในการกดแป้ง ขนมลอดช่อง แต่ผมจะพูดถึงเฉพาะขนมลอดช่อง ซึ่งมีความหมายว่า ให้คู่บ่าวสาวมีความรักยืนยาว เมื่อมีอุปสรรคใดๆ ก็ให้สามารถผ่านพ้นอุปสรรคต่างๆไปได้ด้วยดี ขนมลอดช่องที่อร่อยนั้น ตัวลอดช่องจะต้องมีลักษณะเหนียว หนึบ หอมใบเตย และมีกลิ่นน้ำปูนใส ส่วนน้ำกะทิต้องคั้นจากมะพร้าวสดๆ และใช้น้ำน้อยในการคั้น ก็จะได้หัวกะทิที่สด มันและหอม ส่วนน้ำตาลนั้นเราสามารถใช้น้ำตาลมะพร้าว หรือน้ำตาลปี๊บ ก็ได้ เคล็ดลับในการทำขนมลอดช่องนั้น มีอยู่สองอย่าง คือตัวแป้งต้องกวนให้สุก และเวลากดเป็นเส้นตัวแป้งต้องร้อน อย่าทิ้งให้แป้งเย็น น้ำกะทิให้ใช้มือละลายน้ำตาลให้เข้ากัน และไม่ต้องตั้งไฟและมาเรียกกันว่า ลอดช่อง เมื่อใดไม่มีบันทึกไว้ในสมุดข่อย การทำลอดช่องยังมีการผลิตโดยใช้ข้าวเจ้าผสมกับสีสมุนไพรที่ได้จากธรรมชาติในท้องถิ่น ถือว่าปลอดภัยแต่ก็มีปัญหาเนื่องจากขั้นตอนการผลิตที่ไม่สะอาดพอ อีกทั้งประเทศไทยเป็นประเทศเมืองร้อนอาจเป็นสาเหตุทำให้ลอดช่องไม่สามารถเก็บไว้ได้ นาน...เกิดการเน่าเสียเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

ดร.น้ำทิพย์ วงษ์ประทีป จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก ได้ร่วมกับ กลุ่มผู้ผลิตลอดช่องชุมชน ชาวหนองกระดิ่ง ตำบลหนองกระดิ่ง อำเภอคีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย พัฒนาคุณภาพลอดช่องเป็นอาหาร ที่มีความสะอาดปลอดภัย สร้างเอกลักษณ์และมีคุณค่า ทางโภชนาการจากสมุนไพรให้แตกต่างจากลอดช่องทั่วไป ลอดช่องสมุนไพรมีวัตถุดิบที่ใช้ประกอบด้วย ข้าวเจ้า, น้ำ, น้ำปูนใส, น้ำสมุนไพร เช่น น้ำใบเตย, น้ำฝาง, น้ำมะตูม และน้ำดอกคำฝอย อุปกรณ์ที่ต้องใช้หม้อ, กะละมัง, ไม้พาย, ตัวกดลอดช่องและเตา ส่วนขั้นตอนการทำขั้นตอนแรกนำข้าวไปแช่น้ำและหมักจนข้าวยุ่ย จากนั้นนำไปผึ่งแดดให้แห้ง ขั้นตอนที่สอง นำสมุนไพรต่างๆ แช่น้ำปูนใส ใช้ไม้พายคนให้ทั่วเพื่อสกัดสีและตัวยาจากนั้นนำมากรอง ด้วยผ้าขาวบางจะได้น้ำสมุนไพรสีต่างๆ และขั้นตอนสุดท้ายคือ การทำตัวลอดช่อง นำข้าวหมักที่แห้งนวดกับน้ำ ก่อนนำไปผสมกับน้ำสมุนไพร เพื่อทำเป็นน้ำแป้ง และกรองผ่านผ้าขาวบาง ให้นำน้ำแป้งที่ได้ไปตั้งไฟปานกลาง กวนด้วยไม้พายจนแป้งสุก ขึ้นมันวาวและเหนียวได้ที่ จึงเทแป้งผ่านตัวกดลอดช่อง ลงสู่น้ำเย็นที่รองอยู่ด้านล่าง เท่านี้ก็

จะได้ลอดช่องสมุนไพร ที่มีสีสันสวยงามตามสีสมุนไพร โดยสีเขียวเกิดจากสมุนไพรใบเตย สีชมพูได้จากสีของไม้ฝาง สีส้มที่เกิดจากสีมะตูม สีเหลืองได้จากดอกคำฝอย ที่สำคัญการผลิตอาหารที่ดี ต้องใช้วัตถุดิบที่เป็นข้าวเจ้าท่อนปลอดสารพิษ น้ำสมุนไพรที่ไม่มีการใช้สารเคมีและอุปกรณ์การผลิตที่สะอาด เป็นปัจจัยหลักที่สามารถดึงดูดใจผู้บริโภคเป็นครัวของโลกตามนโยบายของรัฐฯ อีกทั้งยังมีสรรพคุณทางยาช่วยบำรุงหัวใจทำให้ชุ่มชื่น บำรุงโลหิต แก้ท้องร่วง-ท้องเสีย บำรุง

2.6 แป้งข้าวเหนียว

แป้งข้าวเหนียว (Glutinous rice flour) ได้จากข้าวสารเหนียว แป้งข้าวเหนียวที่สุกจะข้นเหนียวแต่ไม่ใส่ (อบเชย และขนิษฐา, 2547)

แป้งข้าวเหนียวถือเป็นหัวใจหลักในการทำขนมบัวลอย ข้าวเหนียวที่ดีนั้น ต้องเป็นข้าวเหนียวใหม่ที่มีกลิ่นหอม แต่โบราณจะใช้ข้าวเหนียวใหม่แช่น้ำไว้ 1 คืน ก่อนนำมาโม่พร้อมกับน้ำอีกเล็กน้อย เพื่อให้ได้น้ำแป้งข้นๆ จึงกรองเอาน้ำออกด้วยผ้าขาวบางที่ทับซ้อนหลายชั้น บิดจนน้ำออกหมดเหลือแต่เนื้อแป้งจึงนำมาใช้ (ณัฐพงศ์, 2549)

2.6.1 ส่วนประกอบของแป้ง

อบเชย และขนิษฐา (2547) ได้กล่าวของส่วนประกอบของแป้งว่า แป้งเป็นโมเลกุลใหญ่จัดอยู่ในพวกของน้ำตาลหลายชั้น ประกอบด้วยกลูโคสหลายหน่วยมาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวแบ่งชนิดของโมเลกุลตามลักษณะการเชื่อมโยงของกลูโคสเป็น 2 ชนิด

2.6.1.1 อะมิโลส (amylose) ประกอบด้วยกลูโคสเกาะกันเป็นเส้นเดียว จะมีลักษณะเป็นวุ้นเหมือนแป้งสุก

2.6.1.2 อะมิโลเพคติน (amylopectin) ประกอบด้วยกลูโคสเกาะกันเป็นแขนง เมื่อแป้งสุกจะมีลักษณะเหนียวเกาะกันแน่นแต่ไม่เป็นวุ้น

ข้าวเหนียวตามลักษณะส่วนประกอบทางเคมี มีอะมิโลสเป็นส่วนประกอบทางเคมีประมาณร้อยละ 0-2 จึงทำให้ข้าวเหนียวเมื่อนึ่งสุกจะนุ่มและเกาะตัวกันเป็นก้อนปั้นได้

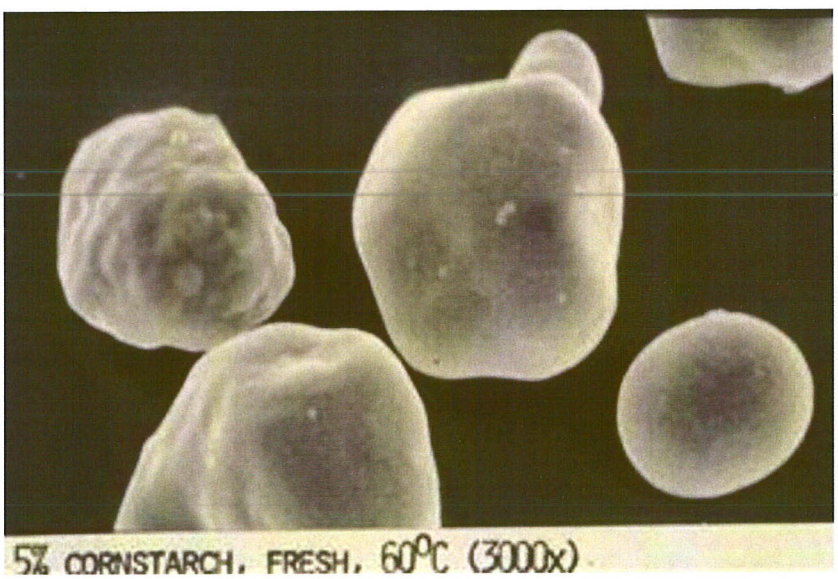
ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างระหว่างอะมิโลส และอะมิโลเพคติน

อะมิโลส	อะมิโลเพคติน
1. ละลายน้ำได้ดีกว่า	1. ละลายน้ำได้น้อยกว่า
2. เมื่อต้มในน้ำหนืดข้นน้อยกว่าแต่ขุ่นกว่า	2. หนืดข้นมากกว่าและใส
3. ให้สีน้ำเงินแก่กับไอโอดีน	3. ให้สีแดงม่วงและสีน้ำตาล
4. ประกอบด้วยโมเลกุลที่ต่อกันเป็นเส้นตรง	4. โมเลกุลต่อกันคล้ายกิ่งไม้
5. ประกอบด้วยกลูโคส 200-2,100 หน่วย	5. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
6. ต้มแล้วทิ้งไว้จับเป็นวุ้น	6. ไม่จับตัวเป็นวุ้น

ที่มา: เข็มทอง, 2538

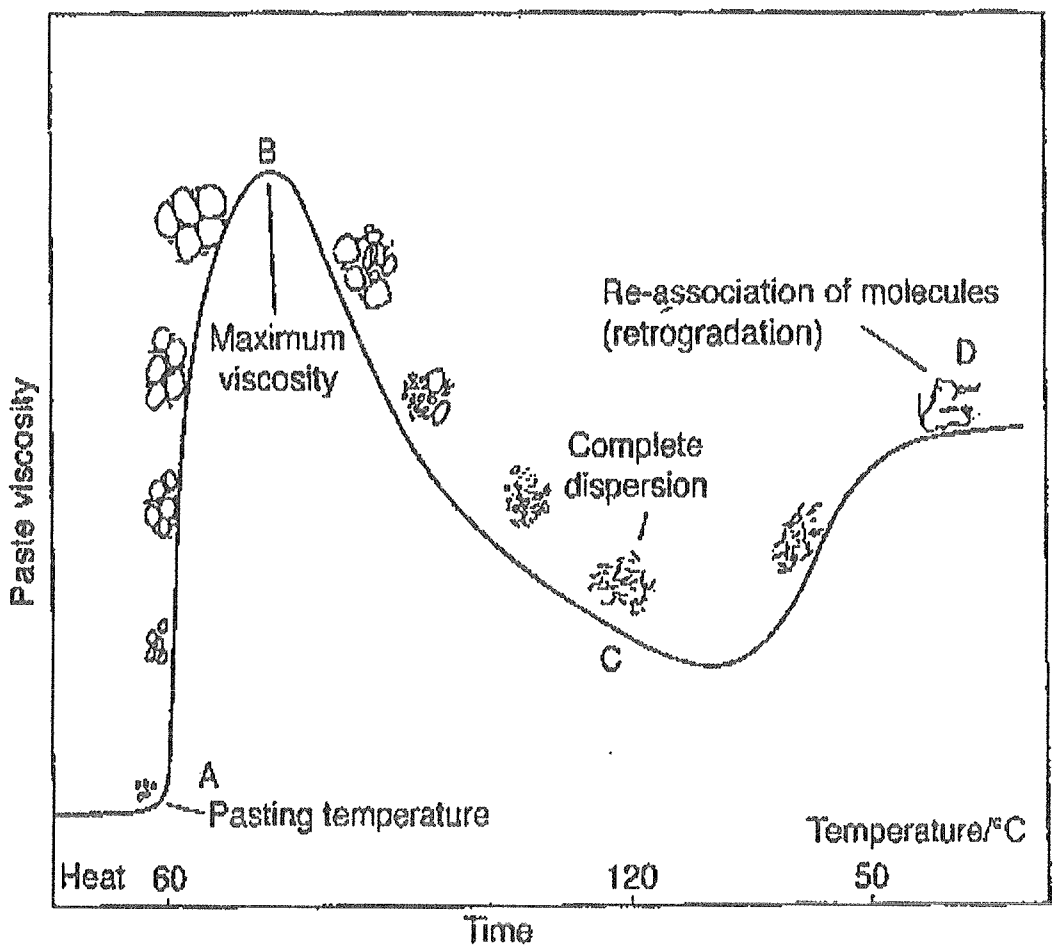
2.6.2 การเกิดเจลาติไนเซชั่น(Gelatinization)

การเกิดเจลาติไนซ์ คือ การที่เม็ดแป้ง (starch granule) ดูดน้ำและพองตัว เนื่องมาจากความร้อนหรือสารเคมี จนการพองตัวและความหนืดเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุด ซึ่งไม่สามารถคืนสภาพได้



ภาพที่ 2.1 อุณหภูมิที่แป้งเกิดการเจลลาติไนซ์เรียกว่า gelatinization temperature หรือ pasting temperature

การเจลลาติไนซ์ เป็นการสุกของแป้ง ซึ่งเกิดจาการให้ความร้อนอาหารที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบ เกิดในการให้อาหารสุกด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การต้ม การนึ่ง การทอด การอบ การทำให้สุกด้วย เอกซ์ทรูเดอร์ ไมโครเวฟ เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 Relational Words:Rapid visco amylograph, retrogradation

ที่มา: Food Network Solution (มปป.)

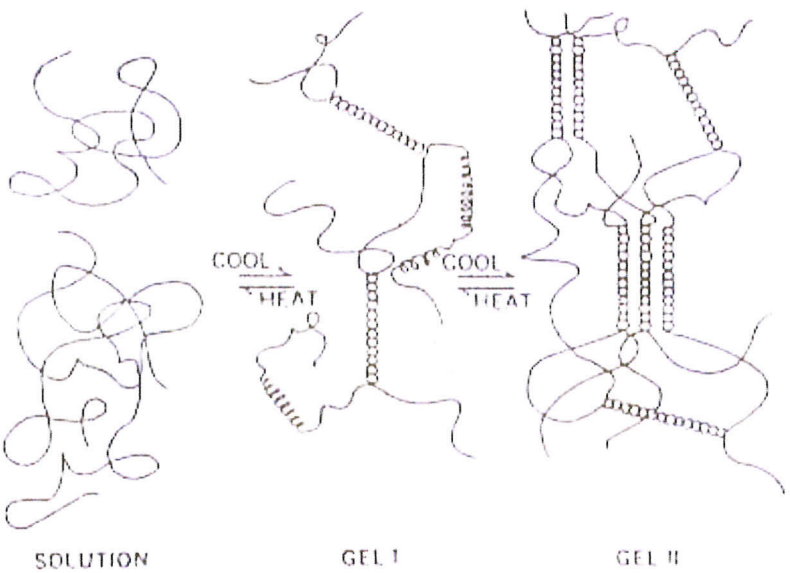
โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ที่ชอบน้ำอยู่ ดังนี้มันจึงสามารถรับน้ำเข้าไว้ในโมเลกุลได้ตามสัดส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ ซึ่งภายใต้สภาวะปกติแป้งจะมีปริมาณความชื้นร้อยละ 12-14 แต่เมื่อเติมน้ำลงไปน้ำจะซึมผ่านเข้าไปในเม็ดแป้งโดยไม่รบกวนอนุภาคของเม็ดแป้ง และปริมาณน้ำที่เม็ดแป้งรับได้สูงสุดคือ ปริมาณร้อยละ 30 การพองตัวของเม็ดแป้งนี้จะไม่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุล จนกระทั่งของผสมนั้นได้รับความร้อนสูงพอที่จะทำลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล จากนั้นเม็ดแป้งจึงจะแสดงการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏให้เห็นอุณหภูมิที่เม็ดแป้งเกิดการเปลี่ยนแปลงนี้ประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส เรียกว่าช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์ ช่วงนี้เม็ดแป้งยังคงมีสภาพอยู่ได้โดยไม่แตกออก แต่ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 100 องศาเซลเซียส หรือมีการกวนอย่างรุนแรงจนเม็ดแป้งแตกออก โมเลกุลของแป้งก็จะรวมเข้ากับตัวกลางที่ล้อมรอบอยู่ทำให้เกิดลักษณะของเหลวข้นของแป้ง (Starch Paste) (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งชนิดต่างๆ

ชนิดแป้ง	ปริมาณอไมโลส (ร้อยละ)	อุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์ (ซ)
ข้าวสาลี	26	43-65
ข้าวบาเลย์	22	56-62
ข้าวโพด	28	62-70
ข้าวโอ๊ต	27	56-62
ข้าวเจ้า	18	61-78
ข้าวเหนียว	1	55-65
ข้าวฟ่าง	25	69-75
มันฝรั่ง	23	58-66

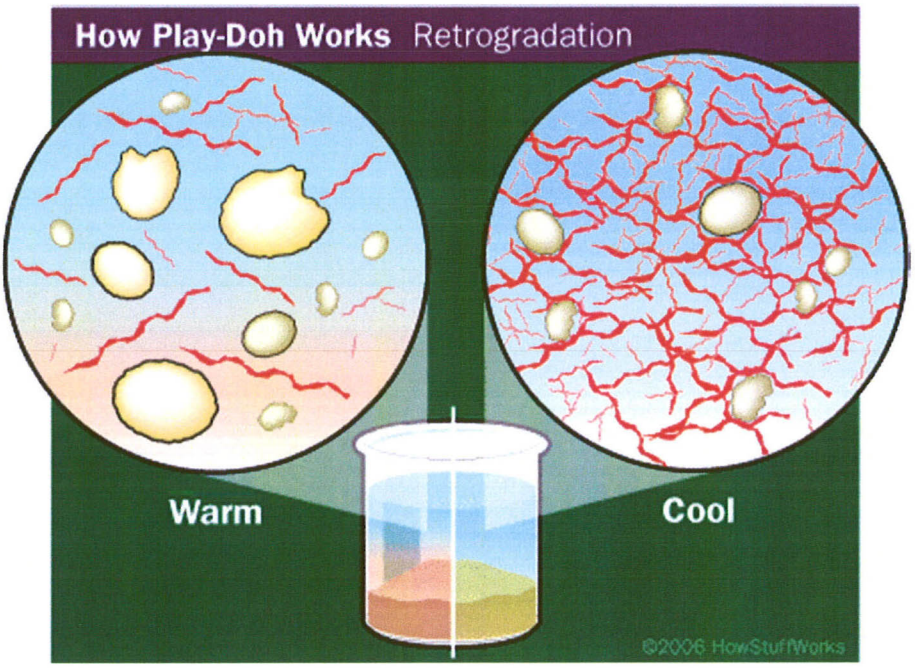
ที่มา : ดัดแปลงจาก Hadziyev (1987)

การเกิดเจล เมื่อตั้งส่วนผสมของแป้งซึ่งเป็นของเหลวข้นไว้ โดยปราศจากการรบกวน จะทำให้เกิดพันธะระหว่างโมเลกุลของแป้ง และสร้างร่างแหสามมิติขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งโมเลกุลของอมัยโลส ซึ่งโมเลกุลเหล่านี้จะมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลผ่านพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำ ไกลโคเจน ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรต และโครงสร้างมีสาขามากจะไม่เกิดเจล ส่วนโมเลกุลของอไมโลเพคตินจะเกิดพันธะระหว่างโมเลกุลได้ยาก ยกเว้นเมื่อแป้งมีความข้นเกินร้อยละ 30 จึงจะทำให้โมเลกุลซึ่งมีสาขาของอมัยโลสเพคตินนั้นรวมยึดเข้าด้วยกันได้ แต่แป้งโดยทั่วไปมีอมัยโลสเป็นส่วนประกอบอยู่ ก็จะสามารถเกิดเจลได้ดีแม้จะมีอมัยโลสที่ความเข้มข้นต่ำ (อัญชลินทร์ และผศ.ทศพร, มปป.)



การเกิดรีโทรเกรเดชั่น (Retrogradation) สามารถเกิดได้ทั้งในเจลและสารแขวนลอยซึ่งจะมีความข้นหนืดสูง เมื่อถูกทำให้เย็นอย่างรวดเร็วจะเกิดเป็นการรวมกลุ่มของโมเลกุลแป้งที่แน่นมากขึ้น เกิดเป็นผลึกเล็กๆ และตกตะกอนทำให้สมบัติของเจลเปลี่ยนแปลงไป โดยปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลต่อการเกิดรีโทรเกร

เดชั่นก็คืออุณหภูมิกับขนาดและรูปร่างโมเลกุลของแป้ง ซึ่งอุณหภูมิที่เกิดรีโทรเกรเดชั่นได้เร็วมากที่สุดจะอยู่ช่วง 0 องศาเซลเซียส



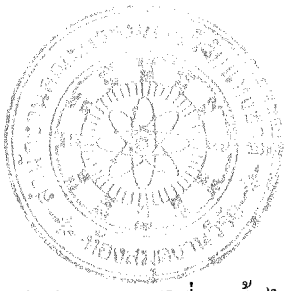
ที่มา: http://gumunbah.pbworks.com/w/page/8665289/7 (มปป.)

2.6.3 การเลือกซื้อแป้งข้าวเหนียว

ในปัจจุบันที่เครื่องจักรผลิตแป้งผงสำเร็จให้ใช้ได้อย่างสะดวกสบาย จึงจำเป็นต้องระวังในการเลือกซื้อ เพราะอาจได้แป้งที่เก่าจะทำให้แป้งมีกลิ่นเหม็นอับ ทำให้ขนมมีกลิ่นไม่น่ารับประทาน การเลือกซื้อแป้งจำเป็นต้องดูวัน เดือน ปีที่ผลิต การบรรจุหีบห่อที่มิดชิด แป้งที่ใหม่เมื่อดมจะไม่มีกลิ่นอับ และต้องไม่มีไข่แมลงหรือตัวมอด (ณัฐพงศ์, 2549)

2.7 แป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้าเป็นแป้งที่ทำมาจากเมล็ดข้าวเจ้า มีสีขาว เนื้อละเอียดจับดูแล้วสากมือเล็กน้อย ถูกน้ำแล้วจะแข็งตัว เมื่อทำให้สุกจะมีสีขาวขุ่นและมีกลิ่นหอม ถ้าทิ้งให้เย็นจะอยู่ตัวเป็นก้อน ร่วน ไม่เหนียว จึงเหมาะที่ใช้ในการประกอบอาหารที่ต้องการความอยู่ตัว ร่วน ไม่เหนียวหนืด เช่น ใช้ทำขนมกล้วย ขนมขี้หนู เส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นขนมจีน เป็นต้น (ศรีนวล, 2535)



2.7.1 ชนิดของแป้งข้าวเจ้า มีอยู่ 3 ชนิด

1. แป้งเก่า เป็นแป้งที่ทำจากข้าวค้างปี มีคุณสมบัติที่ดูดน้ำได้ดี เหมาะที่จะทำขนมที่ใช้น้ำเป็นส่วนผสม เช่น ขนมน้ำดอกไม้ ขนมทราย เป็นต้น

2. แป้งใหม่ เป็นแป้งที่ทำจากข้าวใหม่ แป้งชนิดนี้จะดูดน้ำได้น้อย เพราะจะมีความชื้นในตัว เหมาะที่จะขนมได้หลายประเภท

3. แป้งสด เป็นแป้งที่โม่ทับน้ำ เหมาะที่ทำขนม ที่ดูดน้ำมาก ถ้าใช้แป้งสดจะทำให้ขนมนั้นไม่แห้ง เช่น ครองแครงกะทิ

2.7.2 คุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้า

แป้งข้าวเจ้าเมื่อทำให้สุกโดยวิธีกวน เมื่อเย็นแล้วจะแข็ง วิธีการทำให้แห้ง คือ ใส่น้ำมันพืชลงไปนิดหน่อยในส่วนผสมของแป้งแล้วจึงกวน (มณเฑียร, 2541) แป้งข้าวเจ้าสามารถจัดตามปริมาณอะไมโลส ได้เป็น ข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำร้อยละ 12-27 ข้าวเจ้าอะไมโลสปานกลางร้อยละ 20-25 และข้าวอะไมโลสสูงมีมากกว่าร้อยละ 27 ถึงแม้จะเป็นข้าวพันธุ์เดียวกัน ความแตกต่างของปริมาณอะไมโลส อาจอยู่ในช่วงร้อยละ 4-5 ตามแหล่งที่ปลูก ข้าวไทยมีปริมาณอะไมโลสตั้งแต่ต่ำจนถึงสูงอัตราส่วนขององค์ประกอบอะไมโลสและอะไมโลเพกตินแตกต่างตามชนิดของพันธุ์ข้าว

แป้งข้าวเจ้ามีลักษณะเป็นเกล็ดเล็กๆ เหลี่ยมบ้างกลมบ้าง ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเมล็ดข้าวประกอบไปด้วย ส่วนประกอบย่อย 2 ส่วน คือ อะไมโลสและอะไมโลเพกติน อะไมโลส คือ โมเลกุลที่ประกอบขึ้นจากหน่วยกลูโคสที่มีโครงสร้างแบบเส้นตรง ในขณะที่อะมิโลสเพคตินประกอบด้วยหน่วยกลูโคสเช่นกัน แต่มีโครงสร้างแบบแยกเป็นกิ่งก้าน (ศรีนวล, 2535) ได้ระบุถึงคุณสมบัติของแป้งไว้ดังนี้

1. แป้งกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น เนื่องจากเป็นผงละเอียด เมื่อนำผสมกับน้ำเย็นจะไม่ละลายน้ำ แต่จะกระจายในน้ำเย็นทำให้น้ำขุ่น ซึ่งจะใช้ในการเตรียมแป้งเพื่อผสมในอาหารที่เป็นของเหลวร้อนไม่ให้แป้งเกาะเป็นก้อน การที่แป้งไม่ละลายในน้ำเย็นยังเป็นผลดีต่อกระบวนการผลิตคือ ให้ได้แป้งที่สะอาดบริสุทธิ์

2. แป้งช่วยป้องกันความชื้นไม่ให้สัมผัสอาหาร โดยใช้แป้งนวดในการทำบะหมี่ ขนมปัง ใช้เคลือบผิวอาหารในการทำหมากฝรั่ง ลูกกวาดต่างๆ ใช้เป็นตัวป้องกันอาหารจับเป็นก้อน ทำให้อาหารเก็บได้นาน เช่นการใช้แป้งข้าวโพดผสมในน้ำตาลปน (icing sugar) ป้องกันน้ำตาลจับเป็นก้อน

3. แป้งช่วยให้อาหารมีความเข้มข้น หนืด หรือเหนียว การใช้แป้งข้าวโพด แป้งสาลีทำให้น้ำของอาหารมีความเข้ม ไม่คืนตัวง่ายเช่น ซุปน้ำข้นกระเพาะปลาเป็นต้น ส่วนแป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง จะทำให้อาหารข้นเหนียวหนืด เช่น เต้าส่วน ราดหน้า เป็นต้น

4. แป้งช่วยให้อาหารมีเนื้อนุ่มหรือเหนียว ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง ส่วนผสมและวิธีการประกอบอาหารมีดังนี้

244073

- อาหารที่มีลักษณะนุ่มร่วน จะใช้แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี เช่น ขนมผักกาด ขนมถ้วยตะไล นอกจากนี้การใช้น้ำมันผสมในแป้งคลุกเคล้าให้เข้ากันจะได้อาหารลักษณะนุ่มร่วน เช่น ขนมกลีบลำดวน

- อาหารที่มีลักษณะเหนียว เช่น ขนมชั้น กะละแม ขนมเหนียว หรือใช้แป้งข้าวเจ้าแทนก็ได้ แต่ต้องพยายามนวดหรือกวนนานๆ เพื่อให้เม็ดข้าวแตกตัวมากที่สุด

5. แป้งช่วยให้อาหารมีลักษณะอยู่ตัว เมื่อนำแป้งไปผสมกับน้ำแล้วผ่านความร้อนจะได้อาหารที่อยู่ตัวมีลักษณะเหนียว เช่น ก๋วยเตี๋ยว วุ้นเส้น จะได้อาหารลักษณะกรอบแข็ง เช่น ขนมกรอบเค็ม ปาท่องโก๋ เป็นต้น

2.7.3 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวเจ้า

การบดหรือการโม่แป้งข้าวเจ้าในประเทศไทยแบ่งออกเป็นกรรมวิธีได้ 3 วิธี คือ

1. วิธีการโม่แห้ง เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดในการผลิตแป้ง เพราะเพียงแต่ป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องบดหรือเครื่องโม่เท่านั้นก็จะได้แป้งออกมา แต่แป้งที่ได้จากกรรมวิธีนี้มาคุณภาพต่ำ เพราะมีความสะอาดไม่เพียงพอ เม็ดแป้งค่อนข้างหยาบ ไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน

2. วิธีการโม่น้ำ วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด คือ นำวัตถุดิบมาทำความสะอาดโดยใช้เครื่องจักรก่อนที่จะนำไปล้างน้ำและแช่ให้นิ่ม เพื่อง่ายต่อการโม่เป็นน้ำแป้ง ต่อจากนั้นน้ำแป้งก็จะถูกแยกน้ำออกก่อนที่จะถูกบดแห้งด้วยลมร้อนต่อไป แป้งที่ได้กรรมวิธีนี้จะมีคุณภาพดีและสามารถเก็บไว้ได้นาน เหมาะแก่การทำขนมชนิดต่างๆ ได้ดีทั้งนี้เนื่องจากแป้งชนิดนี้มีความละเอียดและมีคุณภาพสม่ำเสมอ ไม่มีกลิ่นเหม็นสาบหรือเหม็นหืน

2.7.4 องค์ประกอบทางเคมีของแป้ง

แป้งประกอบด้วนคาร์บอนร้อยละ 44.40 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.20 และออกซิเจนร้อยละ 49.40 ของน้ำหนักโมเลกุลโดยส่วนใหญ่ อยู่ในรูป 2-0-glucose นอกจากนี้จะเป็นโปรตีนและไขมัน Pentosan และคุณค่าทางโภชนาการของแป้งข้าวเจ้า 100 กรัม ประกอบด้วย ความชื้น 11.8 กรัมคาร์โบไฮเดรต 80.4 กรัม โปรตีน 6.4 กรัม ไขมัน 0.8 กรัม เส้นใย0.3 กรัม และพลังงาน 365 กิโลแคลอรี (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2530)

2.7.5 อุณหภูมิแป้งสุก

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำแป้งให้สูงขึ้น แรงที่เกาะกันระหว่างโมเลกุลของแป้งจะอ่อนตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำมากขึ้น และเม็ดแป้งสูญเสียระเบียบการจัดตัวภายใน อุณหภูมินี้เรียกว่า "อุณหภูมิแป้งสุก" และปรากฏเช่นนี้เรียกว่า "การสุกของแป้ง" (gelatization) (ณรงค์และอัญชนีย์, 2528) ทำให้แป้งกลายเป็นเจลและเปลี่ยนแปลงลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งแสงได้แบ่งอุณหภูมิแป้งข้าวสุกเป็น 3 ประเภทดังนี้

ตารางที่ 2.3 อุณหภูมิแป้งข้าวสุกเป็น 3 ประเภท

อุณหภูมิแป้งสุก (องศาเซลเซียส)	ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก
ต่ำกว่า 70	ต่ำ
70 - 75	ปานกลาง
มากกว่า 75	สูง

(งามชื่น, 2532) ได้ศึกษาคุณภาพข้าวและข้าวสุก รายงานว่า ข้าวเหนียวที่มีคุณภาพดีควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ เมื่อหุงต้มแล้วจะได้ข้าวสุกที่อ่อนนุ่ม ในทำนองเดียวกันข้าวอะไมโลสต่ำควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ เนื่องจากในระหว่างการต้ม เมล็ดข้าวจะดูดน้ำเข้าไปด้วยทำให้ความชื้นในเมล็ดสูงขึ้นหากข้าวอะไมโลสต่ำ อุณหภูมิแป้งสุกปานกลางหรือสูงทำให้ข้าวสุกมีลักษณะแฉะ สำหรับข้าวอะไมโลสปานกลางหรือสูงจะไม่เกิดปัญหาดังกล่าว

2.8 น้ำตาล

2.8.1 น้ำตาล

น้ำตาล คือ สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีรสหวาน ให้พลังงานกับร่างกาย น้ำตาลสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ น้ำตาลชั้นเดียว (monosaccharide) เช่น กลูโคส ฟรุกโทส เป็นต้น น้ำตาลสองชั้น (disaccharide) เช่น น้ำตาลทรายหรือซูโครส (sucrose) ที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสกับน้ำตาลฟรุกโทส และน้ำตาลหลายชั้น (oligosaccharide) คือน้ำตาลที่ประกอบด้วยสายกลูโคสที่มีขนาดความยาวอยู่ในช่วง 2-10 โมเลกุล (อบเชย, 2544) วัตถุดิบที่ใช้ผลิตน้ำตาลได้แก่ อ้อย, เมเปิล, ปาล์มชนิดต่าง ๆ และบีทรูท น้ำตาลที่ผลิตในประเทศไทยส่วนใหญ่ทำจากอ้อย น้ำตาลที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมลูกกวาดและขนมหวาน ได้แก่ น้ำตาลทราย ประกอบด้วย น้ำตาลอินเวอร์ท, เถ้า, ความชื้น และสารอินทรีย์ที่ไม่ใช่ซูโครส ร้อยละ 0.002, 0.002, 0.01 และ0.001 ตามลำดับ (สิริ, 2544)

คุณสมบัติของน้ำตาลที่สำคัญมีดังนี้ (สิริ, 2544)

2.8.1.1 ความหวานน้ำตาล น้ำตาลเป็นสารให้รสหวานตามธรรมชาติ จากการเปรียบเทียบความหวาน ฟรุกโทส เป็นน้ำตาลที่หวานที่สุด รองลงมาได้แก่ ซูโครส และกลูโคส ตามลำดับ โดยทั่วไปในการปรุงอาหารนิยมใช้น้ำตาลซูโครส หรือน้ำตาลทราย

2.8.1.2 การละลายของน้ำตาล น้ำตาลทั่วไปละลายน้ำได้ร้อยละ 30-80 ปริมาณที่ละลายขึ้นกับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการละลายของน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยน้ำตาลฟรุคโทส เป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด รองลงมาคือซูโครส กลูโคส มอลโทส และแล็กโทส ตามลำดับ

2.8.1.3 การเกิดสีน้ำตาล เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี ได้แก่ เมื่อน้ำตาลได้รับความร้อนจนอุณหภูมิไม่เกิน 132 องศาเซลเซียส และมีค่า pH 5-5.5 ผลึกของซูโครสถูกไฮโดรไลซิส อย่างช้า ๆ ได้น้ำตาลกลูโคส และฟรุคโทส ถ้าลด pH ให้ต่ำกว่า 3.5 ในขณะให้ความร้อน น้ำตาลจะเกิดการไฮโดรไลซิส ร้อยละ 50 ของปริมาณทั้งหมด เมื่อให้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่สูงกว่า 150 องศาเซลเซียส ในสภาวะน้ำน้อย น้ำตาลเกิดการสูญเสียน้ำไปหนึ่งโมเลกุล เกิดน้ำตาลที่เรียกว่า น้ำตาลแอนไฮโดร (anhydro sugar) จะได้สารคาราเมแล็น (caramelan) มีรสขม สีน้ำตาล ใช้แต่งสีในซีอิ้วดำ ซีอิ้วหวาน และน้ำอัดลมประเภทโคล่า เรียกว่า ปฏิกิริยาการเคี้ยวไหม้ หรือ คาราเมลไลเซชั่น (caramelization) นอกจากนี้การเกิดสีน้ำตาลยังเกิดจาก ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Mallard reaction) เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารคาร์บอนิล (-CO) ของน้ำตาลรีดิวซิง กับสารประเภทอะมีน (-NH_2) ของกรดอะมิโน ซึ่งปฏิกิริยาเมลลาร์ด เกิดอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงกว่า 112 องศาเซลเซียส หรือที่ pH สูงกว่า 7

2.8.1.4 การดูดความชื้น และการเก็บรักษาความชื้นโดยน้ำตาลมีผลต่อเนื้อสัมผัส การดูดความชื้น น้ำตาลแต่ละประเภทมีความสามารถในการดูดความชื้นต่างกัน โดยฟรุกโทส ดูดความชื้นได้ดีมาก รองลงมาคือ กลูโคส ซูโครส มอลโทส และแล็กโทส ตามลำดับ ซึ่งมีผลต่อความนุ่ม และความชุ่มชื้นของอาหาร การเก็บรักษาความชื้น เกี่ยวข้องกับการดูดความชื้น การเก็บรักษาความชื้นหมายถึงการที่น้ำตาลสามารถยึดความชื้นไว้ไม่คายออกสู่บรรยากาศ มีประโยชน์ในการช่วยให้ขนมอบ ไม่แห้งแข็ง

2.8.2 น้ำเชื่อม

น้ำเชื่อมเป็นสารละลายชนิดเข้มข้น มีน้ำเป็นตัวทำละลาย และมีน้ำตาลเป็นตัวถูกละลายที่รวมเป็นเนื้อเดียว เนื่องจากน้ำตาลเป็นสารที่ตกผลึกได้ทำให้ความสามารถในการละลายจำกัด น้ำตาลที่มีขนาดผลึกต่างกันจะละลายได้เร็วช้าต่างกันด้วย น้ำตาลที่มีผลึกขนาดเล็กจะละลายได้เร็วกว่าน้ำตาลที่มีผลึกขนาดใหญ่ ทั้งนี้เพราะมีปริมาณพื้นผิวหน้ามากกว่า ในการละลายในน้ำ น้ำตาลจะดูดความร้อน โดยความร้อนยิ่งสูง น้ำตาลจะละลายได้มากขึ้น (ศิริลักษณ์, 2522)

คุณสมบัติของน้ำเชื่อมมีดังนี้ (ณรงค์ และอัญชนีย์, 2528; Pennington, 1990)

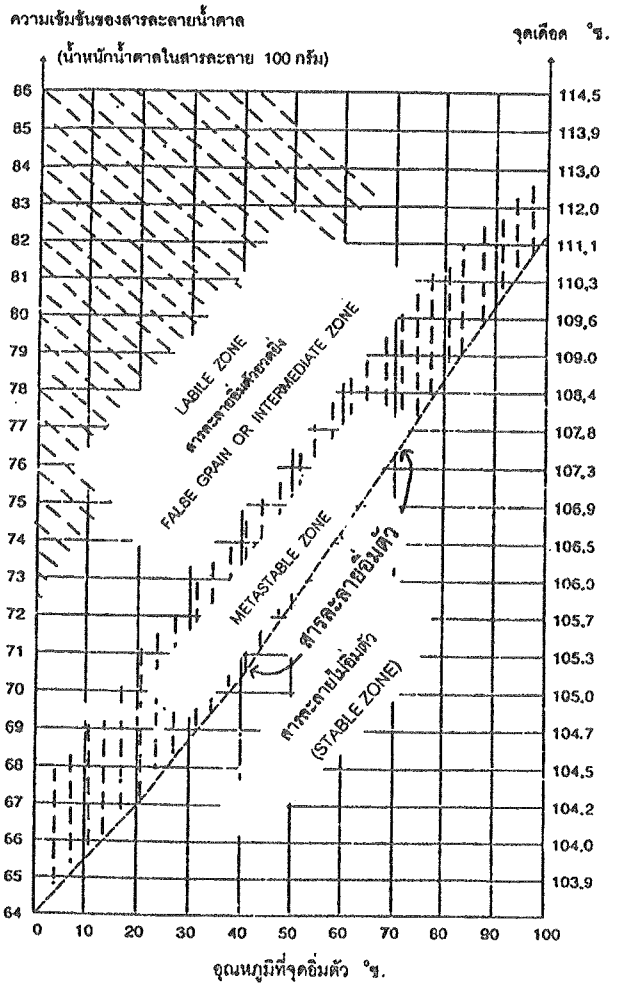
2.8.2.1. ความดันไอของตัวทำละลายจะลดต่ำลง แม้ว่าความดันไอรวมของสารละลายจะสูงขึ้น ในน้ำเชื่อมความดันไอจะขึ้นอยู่กับโอกาสที่โมเลกุลน้ำที่จะระเหย ไปจากผิวหน้าน้ำเชื่อมสู่บรรยากาศเหนือน้ำเชื่อมนั้น ในภาชนะปิดความดันไอนี้จะถึงขีดสูงสุด ณ อุณหภูมิหนึ่งซึ่งอัตราความเร็วในการระเหยกลายเป็นไอ และในการที่โมเลกุลของน้ำจะคืนกลับลงสู่น้ำเชื่อมนั้นจะเท่ากัน ความดันสูงสุด ณ อุณหภูมิหนึ่งก็คือความดันไอของน้ำเชื่อมนั้นน้ำระเหยได้ช้ากว่า จึงมีแรงดันไอต่ำกว่า

2.8.2.2 สารละลายน้ำตาลที่มีจุดเดือดเพิ่มสูงขึ้น จะมีจุดเยือกแข็งลดต่ำลง ความสัมพันธ์ของจุดเดือดกับจุดเยือกแข็งของสารละลายน้ำตาล เป็นสัดส่วนกัน หมายความว่า ที่ความดันบรรยากาศ 1 โม

ลของน้ำตาล ในน้ำ 1 กิโลกรัม จุดเดือดเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส และจุดเยือกแข็งลดลง 2 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น จุดเดือดเพิ่มสูงขึ้น และ จุดเยือกแข็งลดต่ำลง เช่นน้ำเชื่อมซูโครสที่ร้อยละ10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90.8 มีจุดเดือดเท่ากับ 100.4, 100.6, 101.0, 101.5, 102.5, 103.0, 106.5, 112.0 และ 130.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ยกเว้นว่าถ้าตัวละลายระเหยได้ง่ายกว่าตัวทำละลายจุดเดือดจะต่ำลง ในการผลิตอาหารแต่ละประเภทจะใช้จุดเดือดและความเข้มข้นของน้ำเชื่อมต่าง ๆ กัน

2.8.2.3 น้ำเชื่อมมีแรงดันออสโมติคจะสูงขึ้นมากกว่าน้ำตาลทราย โดยเมื่อสารละลายน้ำตาลทราย มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น แรงดันออสโมติคจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่ออุณหภูมิของสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น แรงดันออสโมติคเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย

2.8.2.4 การเกิดผลึกน้ำตาล มี 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นแรก ช่วงก่อนการเกิดนิวคลีเอชั่น ซึ่งเป็นช่วงสั้น ๆ จากนั้นขั้นที่ 2 ได้แก่ การเกิดนิวคลีเอชั่น (nucleation) มี2 แบบ คือ เกิดนิวคลีไอเองได้ที่ความเข้มข้นของน้ำตาลสูง (homogeneous nucleation) และเกิดจากสารอื่นช่วยให้เกิดนิวคลีไอ (heterogeneous nucleation) เช่น ฝุ่น ผลึกเก่า หรือการสั่นสะเทือน เป็นต้น จากภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาล และอุณหภูมิ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดนิวคลีเอชั่นโซนต่าง ๆ ได้แก่ ช่วงที่ไม่มีการตกผลึก เรียกว่า stable zone ช่วงที่ไม่สามารถเกิดนิวคลีไอเองได้ แต่ถ้ามีผลึกตกค้าง ผลึกสามารถโตได้ เรียกว่า metastable zone จากนั้นเป็นช่วงที่เกิดนิวคลีไอได้ ถ้ามีการคนสารละลาย เรียกว่า false grain zone และช่วงที่เกิดนิวคลีไอเองได้ เรียกว่า labile zone ขั้นที่ 3 คือการเติบโตของผลึก (crystal growth) ที่ความเข้มข้นของสารละลายสูง อุณหภูมิ และความหนืดต่ำ สารละลายสามารถเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบเกิดผลึก (crystalline) แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำ ความหนืดสูง โมเลกุลไม่สามารถเคลื่อนที่มาจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบเพื่อเกิดเป็นผลึก สารละลายน้ำตาลเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพยาง (rubber) จนเมื่อลดอุณหภูมิจนถึง อุณหภูมิที่เรียกว่า glass transition temperature(Tg) สารละลายน้ำตาลเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพแก้ว (glass) ซึ่งเป็นสภาวะไม่เสถียร เมื่อมีปริมาณน้ำ ความชื้น และอุณหภูมิสูงระหว่างการเก็บ มีปริมาณนิวคลีไอปะปน หรือมีปริมาณสารขัดขวางการตกผลึกน้อย เช่นกลูโคสไซรัป น้ำตาลสามารถเปลี่ยนจากสภาวะอสัณฐาน เป็นผลึก เรียกว่า devitrification (สิริ, 2544)



ภาพที่ 2.3 โซน ของการตกผลึกที่ความเข้มข้นของสารละลายของน้ำตาลซูโครส และอุณหภูมิต่าง ๆที่บรรยากาศปกติ (ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท)

ที่มา : Hartel and Shastry (1991)

2.9 กะทิ

กะทิ คือ ส่วนที่ได้จากการคั้นมะพร้าวขูด ถ้าต้องการหัวกะทิแท้ ๆ อาจบีบโดยไม่เติมน้ำหรือบางทีก็เติมน้ำเล็กน้อย แล้วแต่ว่าจะต้องการหัวกะทิข้นเพียงใด กะทิที่คั้นจากน้ำเย็นจะเก็บไว้ได้ไม่นานก็จะมีกลิ่นบูด ถ้าคั้นด้วยน้ำร้อนหรืออุ่นน้ำกะทิให้ร้อนใกล้จะเดือดก็อาจจะเก็บกะทินั้นไว้ได้นานขึ้นเล็กน้อย กะทิถ้าต้มจะข้นขึ้น ถ้าตั้งไฟไว้นานกะทิจะแตกมัน ด้วยเหตุที่มะพร้าวขูดหรือกะทิเสียง่ายจึงมีการขูดและคั้นกะทิเมื่อเวลาที่ต้องการใช้ซึ่งนับว่ายุ่งยาก ขณะนี้ได้มีการเก็บรักษากะทิโดยการระเหยน้ำออก ผ่านการต้มฆ่าเชื้อ เติมสารกันบูดแล้วบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท (พานิชย์, 2544)

2.9.1 ลักษณะทั่วไปของกะทิ

กะทิจะได้จากการคั้นมะพร้าวที่ขูดออก และอาจเติมน้ำหรือไม่เติมน้ำก็ได้ เพราะมีลักษณะเป็นอิมิลชั่น ชนิดน้ำมันในน้ำ ซึ่งหมายถึงลักษณะของน้ำมันจะกระจายอยู่ในสารละลายน้ำ และถูกล้อมรอบ สภาพดังกล่าวเกิดจากระบบที่มีแรงดึงระหว่างผิว ระหว่างโมเลกุลของน้ำและไขมันต่ำลง เพราะมีโปรตีนเป็นตัวลดแรงดึงระหว่างผิวกะทิอิมิลซิฟายเออร์โดยธรรมชาติ ได้แก่ ฟอสโฟไลปิด ได้แก่ เลซิธิน และเซพาลิน อยู่ในกะทิ เลซิธินเป็นอิมิลซิฟายเออร์ชนิดหนึ่งสามารถทำให้อิมิลซิฟายเออร์มีความคงตัวเพิ่มขึ้นได้ ขณะที่ลดขนาดของเม็ดไขมันลง สารเหล่านี้สามารถทำให้ไขมันในกะทิมีสมบัติเปียกน้ำ กระจายตัวไหลได้ และละลายได้ แต่ถึงแม้ว่าจะมีเลซิธินในกะทิก็ยังไม่สามารถทำให้กะทิอยู่ตัวได้ เนื่องจากกะทิมีปริมาณไขมันอยู่มาก เมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีน ความเข้มข้นของโปรตีนระหว่างผิวเม็ดไขมันกับน้ำมีไม่มากพอที่จะป้องกันการรวมตัว โดยที่การแยกตัวของชั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ 5 – 10 ชั่วโมง จนกระทั่งแยกชั้นสมบูรณ์ในเวลา 24 ชั่วโมง ถ้าเราลดอุณหภูมิของกะทิลงมาถึง 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จะสามารถปั่นเอาหัวกะทิออกมาได้ และถ้าล้างหัวกะทิด้วยน้ำประปา สารละลายเกลือและน้ำกลั่น เพื่อกำจัดโปรตีน น้ำตาล เกลือแร่ ที่ละลายอยู่ออกไประบบอิมิลชั่นจะเปลี่ยนจากชนิดน้ำมันในน้ำเป็นน้ำในน้ำมัน (ระริน, 2540)

2.9.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของกะทิ (กรผกา, 2539)

2.9.2.1 ความแก่อ่อนของมะพร้าว มะพร้าวที่ยังอ่อนมีปริมาณน้ำตาลสูง และไขมันต่ำ เมื่อนำมาสกัดน้ำกะทิจะได้กะทิที่มีความมันน้อย แต่มะพร้าวที่แก่เกินไปปริมาณโปรตีนจะลดลงเนื่องจากถูกใช้ไปกับกระบวนเมตาโบลิซึม (metabolism)

2.9.2.2 วิธีการบีบคั้นกะทิ การใช้แรงขนาด 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว บีบเนื้อมะพร้าวจะได้ปริมาณน้ำกะทิมากที่สุด และมีประสิทธิภาพถึงร้อยละ 90 – 95 การใช้แรงน้อยได้น้ำกะทิปริมาณน้อยและมีปริมาณไขมัน และโปรตีนต่ำ การคั้นน้ำกะทิเพื่อให้ได้ปริมาณมาก และคุณภาพที่ สม่ำเสมอ ควรใช้เครื่องบีบมากกว่าการคั้นด้วยมือ

2.9.2.3 ปริมาณน้ำที่ใช้ อุณหภูมิในการคั้น และระยะเวลาในการผสมมะพร้าวกับน้ำ ความเข้มข้นของน้ำกะทิจะเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการผสมนานขึ้น และเพิ่มเล็กน้อยตามอุณหภูมิของน้ำที่ใช้สกัด การสกัดจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อผสมเนื้อมะพร้าวขูดกับน้ำที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ก่อนคั้นเป็นเวลา 15 – 20 นาที

2.9.3 การเสื่อมเสียของกะทิ

การเสื่อมเสียของกะทิที่เกิดจากจุลินทรีย์ เพราะกะทิเป็นแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ เหมาะแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียทุกชนิด ได้แก่การปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ในกลุ่ม Bacillus, Achromobacter, Microbacterium, Micrococcus, Brevibacterium และโคลิฟอร์มบางชนิด ส่วนการเสื่อมเสียทางกายภาพ ได้แก่การแยกชั้นของอิมัลชัน ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ไม่เป็นที่ยอมรับ (Seow และ Gwee, 1997)

2.9.4 คุณสมบัติทางกายภาพ

กะทิมีความหนาแน่นและความเป็นกรด – ด่าง จะมีค่าแปรผกผันกับอุณหภูมิ ส่วนค่าแรงตึงผิวและความหนืดสูงขึ้นตามอุณหภูมิจนถึง 60 องศาเซลเซียส เป็นผลมาจากโมเลกุลโปรตีนเกิดการเสียสภาพ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแล้วเกิดการรวมตัวกันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าแรงตึงผิวและความหนืดลดลง และที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โปรตีนจะมีการรวมตัวกันมากที่สุด โปรตีนของกะทิทั้งหมด เช่น อัลบูมิน โกลบูมิน เป็นต้น (สุวรรณ, 2516) กรดไขมันในกะทิส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก ทำให้น้ำมันชนิดนี้แข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องเล็กน้อย (ณรงค์ และอัญชนีย์, 2528)

2.9.5 กะทิผงและกรรมวิธีการผลิตกะทิผง

กะทิผง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำกะทิสดมาทำให้แห้งเป็นผง ซึ่งเมื่อผสมน้ำแล้วสามารถนำไปใช้ได้ทันที กะทิผงมีลักษณะเป็นผงร่วน ปราศจากสิ่งแปลกปลอมใด ๆ มีสีและกลิ่นตามธรรมชาติของกะทิ และละลายได้ดีในน้ำ มีความชื้น และกรดไขมันอิสระ ร้อยละไม่เกิน 2 และ 0.9 ตามลำดับ มีปริมาณไขมัน และโปรตีนไม่น้อยกว่า ร้อยละ 60 และ 9 ตามลำดับ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2528)

วิธีการที่นิยมนำมาใช้ผลิตกะทิผง คือ การทำแห้งด้วยเครื่องพ่นฝอย (spray drying) ด้วยการเติมวัตถุเจือปนอาหาร เช่น มอลโตเด็กซ์ติน (maltodextrin) เคซีน หรือหางนมผง ลงในกะทิที่สกัดได้ ผสมให้เข้ากันนำมาพาสเจอไรซ์ และทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenized) ก่อนนำไปทำแห้งด้วยวิธีการพ่นฝอย ทำให้เย็นทันที แล้วบรรจุในถุงอะลูมิเนียม หรือกระป๋อง มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 4 เดือนที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สาเหตุในการเสื่อมเสียของกะทิผง ส่วนใหญ่เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การจับตัวเป็นก้อน และสูญเสียความสามารถในการละลายน้ำ (wettability) (Seow และ Gwee, 1997)

2.9.6 การเสียของอาหารประเภทที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ

การเสียที่สำคัญของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบ ได้แก่

2.9.6.1 การเกิดไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

การเกิดไฮโดรไลซิสเป็นปฏิกิริยาการย่อยสลายของน้ำมันหรือไขมัน ทำให้เกิดกลีเซอรอล โมโนกลีเซอไรด์ ไตรกลีเซอไรด์ และกรดไขมันอิสระ โดยปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้นถ้ามีน้ำหรือเอนไซม์อยู่ด้วย หรืออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงหรือความชื้นสูง เช่น การทอดอาหารที่มีความชื้นสูง การเกิดไฮโดรไลซิสของน้ำมันหรือไขมันเป็นสาเหตุทำให้

1. จุดเกิดควันของน้ำมันต่ำลง
2. เกิดฟองระหว่างการทอด
3. เกิดการกัดกร่อนของอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการแปรรูปอาหาร เนื่องจากมีกรด ไขมันอิสระเกิดขึ้น
4. เกิดรสขมหรือกลิ่นคล้ายสบู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าน้ำมันที่ใช้เป็นน้ำมันมะพร้าวหรือน้ำมันปาล์ม

สำหรับปัญหาการเสียเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสนี้ ไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้วัตถุกันหืน แต่อาจแก้ไขได้ด้วยการใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดี และกระบวนการแปรรูปที่เหมาะสม

2.9.6.2 การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation)

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นการเสียจากปฏิกิริยาทางเคมีที่สำคัญ และพบบ่อยที่สุดในอาหารประเภทน้ำมันและไขมัน และอาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบ เป็นข้อจำกัดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่กล่าวมีอายุการเก็บสั้นลง การเกิดออกซิเดชันขึ้นในกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้น ปัจจัยที่มีส่วนในการทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดเร็วขึ้นหรือช้าลง ได้แก่ ชนิดของกรดไขมัน แสง อุณหภูมิ ออกซิเจน โลหะ เอนไซม์ และรังสี เป็นต้น

2.9.6.3 ปฏิกิริยาการเกิดรีเวอร์ชัน (Reversion)

ปฏิกิริยาการเกิดรีเวอร์ชัน เป็นปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดกลิ่นคล้ายสี (painty odor) หรือกลิ่นคล้ายหญ้า (grassy odor) โดยมากมักจะเกิดในน้ำมันถั่วเหลือง สำหรับกลไกในการเกิดของปฏิกิริยานี้ยังไม่พบสาเหตุแน่ชัด แต่สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลนิก หรือกรดลิโนเลอิกที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืช

2.9.6.4 การเกิดโพลิเมอไรเซชัน (Polymerization)

การเกิดโพลิเมอไรเซชัน เป็นปฏิกิริยาที่ทำให้มีการจับตัวกันระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยจะเกิดขึ้นเมื่อไขมันหรือน้ำมันได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง ๆ เป็นเวลานาน ๆ เช่น ในน้ำมันที่ใช้ในการทอด เป็นต้น

2.10 วุ้น

วุ้นเป็นกัมที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเล ที่ไม่ละลายในน้ำเย็น ละลายได้ในน้ำร้อนเมื่อแข็งตัวให้เจลมีลักษณะแข็งแรงยืดหยุ่นได้ดี เนื่องจากคุณสมบัติที่วุ้นสามารถเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิละลายมาก จึงทำให้มีการนำวุ้นไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมาก นิยมใช้กันมากในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน เป็นต้น (ศิวาพร, 2535)

วุ้นประกอบด้วย 2 ส่วน คือ อากาโรส และอากาโรเพกติน อากาโรสเป็นโซ่โมเลกุลของน้ำตาลD-galactoseสลับกับ 3,6-anhydro-L-galactoseและอาจมีกิ่งเป็น 6-0-methyl-D-galactose ส่วนอากาโรเพกตินเป็นโซ่โมเลกุลที่ประกอบด้วย D-galactoseและ 3,6-anhydro-L-galactoseมีกรดไพรูวิกเกาะอยู่ที่ตำแหน่ง C-4 และ C-6 นอกจากนี้ยังมีกลุ่มซัลเฟตเอสเทอร์เกาะอยู่ด้วย วุ้นสามารถเกิดเจลได้ถ้าละลายในน้ำร้อนแล้วปล่อยให้เย็นเป็นเจลที่แตกต่างไปจากสารโพลีแซคคาร์ไรด์อื่นๆ กล่าวคือเจลที่อุณหภูมิต่ำกว่า 40-50 องศาเซลเซียส ลักษณะของเจลที่ได้ใสแข็งกรอบ

ในประเทศไทยนิยมทำวุ้นจากสาหร่าย(Agar-Agar) มาทำขนม เช่น วุ้นหน้ากะทิ วุ้นลาย วุ้นชั้น วุ้นสาหร่ายทำมาจากสารเหนียวที่มีอยู่ในสาหร่ายทะเล มีคุณสมบัติจับตัวเป็นวุ้นที่หยุ่นได้ มีลักษณะใส

วุ้นมีขายในท้องตลาดมี 2 ลักษณะ คือ เป็นเส้นและเป็นผง ชนิดเป็นผงมักจะผ่านกระบวนการทำให้ขาวและบดละเอียด ไม่ว่าจะเป็นวุ้นชนิดใด การนำมาใช้ควรชั่งน้ำหนัก ดีกว่าวิธีการตวงวุ้น ชนิดมีเส้นมักมีขายเป็นกำๆ ส่วนวุ้นผงจะมีขายโดยตรงบรรจุซองขนาดต่างๆ ที่ฉลากบอกวิธีใช้ไว้ด้วย(ณรงค์, 2538)

2.11 นมข้นหวาน

เป็นนมที่เติมน้ำตาลลงไปแล้วทำให้นมข้นขึ้น มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ 45% เป็นเนื้อนมแท้ๆไม่เกิน 30% ที่เหลือเป็นส่วนของน้ำ นมข้นหวานไม่เหมาะที่จะใช้เลี้ยงทารก เพราะเมื่อนำมาชงให้ทารกต้องผสมน้ำ จึงได้เนื้อนมน้อย ไขมัน และโปรตีน มีอยู่เพียงจำนวนน้อย นมข้นหวานเหมาะสำหรับชงกับน้ำชา กาแฟ หรือเครื่องดื่มอื่น ทา และจิ้มขนมปัง หรือทำขนมปัง

2.12 นมข้นจืด

การใช้ประโยชน์ของนมข้นจืดนอกจากใช้เติมในเครื่องดื่มพวกกาแฟ ชา ช็อกโกแลต หรือเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมอบต่างๆ แล้วยังสามารถมาเติมน้ำอีกหนึ่งเท่า เพื่อใช้เป็นนมสดพร้อมดื่มได้ จุดประสงค์การผลิตนมข้นจืดคือ เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์นมที่มีคุณค่าซึ่งมีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ และเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งนมสด ปัจจุบันนี้นมข้นจืดที่จำหน่ายในประเทศไทยมิได้ผลิตโดยการ

ระเหยน้ำออกไปส่วนหนึ่ง แต่เป็นการผลิตจากนมผงในรูปการคืนรูป นมข้นจืดที่บรรจุกระป๋องมักมีกลิ่นนมต้มที่รุนแรง(จิตติมา และคณะ, 2545)

ตารางที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบของนมชนิดต่างๆ

ชนิด	น้ำ(%)	ไขมันเนย (%)	โปรตีน (%)	แลคโทส (%)	แร่ธาตุ (%)	น้ำตาลทราย (%)
นมบริสุทธิ์	88.00	3.50	3.25	4.50	0.75	0.00
นมผงมีไขมัน	1.50	27.50	27.00	38.00	6.00	0.00
นมสดระเหย	72.00	8.00	7.50	10.50	1.75	0.00
นมข้นหวานมีไขมัน	31.00	8.00	7.75	10.50	1.75	41.00
นมข้นปราศจากไขมัน	91.00	เล็กน้อย	3.50	4.75	0.75	-
นมผงปราศจากไขมัน	2.50	1.50	36.00	51.50	8.00	-
นมสดระเหยปราศจากไขมัน	72.00	เล็กน้อย	11.00	14.50	2.50	-
นมข้นหวานปราศจากไขมัน	29.00	เล็กน้อย	11.00	14.50	2.50	43.00

ที่มา: จิตธนา และอรอนงค์, 2546

2.13 การแช่แข็ง

การแช่แข็งเป็นการถนอมอาหารวิธีหนึ่ง ซึ่งสามารถเก็บรักษาอาหารได้เป็นเวลานานและมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าการแช่เย็น โดยเฉพาะการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์จะเกิดได้ช้ามาก (ไพบูลย์,2529)

2.13.1 ทฤษฎีการแช่เยือกแข็ง

หมายถึง การนำอาหารมาแช่เย็นจนแข็ง ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง โดยทั่วไปนิยมใช้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า เพื่อให้น้ำที่อยู่ภายในอาหารกลายเป็นผลึกน้ำแข็งไม่ว่าจะเป็นอาหารสดหรืออาหารสำเร็จรูป ซึ่งจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้นานโดยที่อาหารคงสภาพใกล้เคียงกับอาหารสดการแช่แข็งเป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

2.13.2 การแช่แข็งอาหารแบ่งได้เป็น 2 วิธี

2.13.2.1 การแช่แข็งแบบช้า (Slow freezing)

คือ การทำให้อาหารแข็งตัวที่อุณหภูมิประมาณจุดเยือกแข็ง หรือ ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสอย่างช้าๆ โดยใช้เวลาประมาณ 3-72 ชั่วโมง การแช่แข็งวิธีนี้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในเนื้ออาหารจะมีขนาดใหญ่ จึงไปดันหรือทิ่มแท่งผนังเซลล์ของอาหาร เช่น เนื้อสัตว์ ผัก และผลไม้ ให้เกิดความบอบช้ำและฉีกขาด เป็นผลให้อาหารเมื่อนำมาละลายน้ำแข็งมีลักษณะเละ ชุ่มน้ำ เนื่องจากของเหลวภายในเซลล์ไหลออกมามาก ซึ่งประกอบไปด้วยสารอาหาร วิตามิน และเกลือแร่ต่างๆ

2.13.2.2 การแช่แข็งแบบเร็ว (Quick freezing)

คือ การทำให้น้ำในอาหารกลายเป็นน้ำแข็งอย่างรวดเร็วโดยใช้อุณหภูมิต่ำ -17.8 ถึง-45.6 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาอันสั้นไม่เกิน 30 นาที วิธีนี้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็กละเอียด ไม่ทำให้เซลล์ของอาหารบอบช้ำมากนัก การแช่แข็งแบบนี้จึงไม่ทำลายเซลล์อาหารมากเหมือนการแช่แข็งแบบช้า และเป็นวิธีที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร การแช่แข็งแบบเร็วนี้ทำได้หลายวิธี เช่น การจุ่มอาหารในสารให้ความเย็นโดยตรง การใช้ลมเป่าลงบนอาหาร เป็นต้น (ปิยธิดา,2548)

2.13.3 การเกิดผลึกของน้ำ

การเกิดผลึกของน้ำ คือ การรวมตัวกันอย่างมีระเบียบ ภายในส่วนที่เป็นของแข็ง (solid phase) ซึ่งเกิดจากน้ำหรือจากสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายอยู่ การจะเกิดผลึกได้นั้นต้องประกอบด้วยสองปรากฏการณ์ที่เกิดอย่างต่อเนื่องกันคือ เริ่มด้วยการก่อนิวเคลียสผลึก (nucleation) แล้ว ตามด้วยการเพิ่มขนาดของผลึก (crystal growth)

2.13.4 การก่อนิวเคลียสผลึก

คือ การที่โมเลกุลของน้ำมารวมตัวกันอย่างมีระเบียบจนเป็นอนุภาคเล็กๆขึ้น ซึ่งขนาดของอนุภาคในช่วงนี้เรียกว่า ขนาดวิกฤต (critical size) จนเมื่อสภาวะเหมาะสมคือ ระดับอุณหภูมิลดต่ำลงถึงจุดความเย็นยิ่งยวดยิ่ง (supercooling) ซึ่งจะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งการก่อนิวเคลียสจะเกิดได้ 2 แบบ คือ homogeneous nucleation จะเกิดขึ้นในน้ำบริสุทธิ์เท่านั้นไม่เกี่ยวข้องกับการแช่เยือกแข็งอาหาร อีกแบบคือ heterogeneous nucleation เกิดขึ้นในการแช่เยือกแข็งเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตทั่วๆไป จะเกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของน้ำเรียงตัวกันเป็นอนุภาคเล็กๆและเกิดสภาวะที่เหมาะสมขึ้นที่ผิวหน้าของอนุภาคนั้น

2.13.5 การเพิ่มขนาดผลึก

เป็นการเกิดต่อเนื่องมาจากการก่อนิวเคลียสผลึก การเพิ่มขนาดของผลึกน้ำแข็งจะเกิดได้ที่อุณหภูมิใกล้ๆกับจุดหลอมเหลว โดยโมเลกุลของน้ำจะเคลื่อนตัวไปเกาะอยู่กับนิวเคลียสผลึกที่ก่อตัวแล้วมีมากกว่าผลึกที่ก่อนิวเคลียสผลึกขึ้นใหม่ เพราะโมเลกุลของน้ำในสภาวะที่เป็นของเหลวมีขนาดเล็กจะเคลื่อนที่ได้ในอัตราเร็วสูง และจะหยุดลงเมื่อกระทบกับผิวหน้านิวเคลียสผลึกดังปรากฏ ดังกล่าว ขนาดของผลึกน้ำแข็งในอาหารแช่เยือกแข็ง มีความสำคัญที่เกี่ยวพันไปถึงคุณภาพของอาหารแช่แข็งเป็นอย่างมาก

2.13.6 ปัจจัยที่ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็ง

ผลึกน้ำแข็งจะเกิดขึ้นเกิดจากปัจจัยดังนี้

1. อัตราเร็วในการแช่เยือกแข็ง
2. อุณหภูมิของตัวอย่าง

3. ลักษณะตามธรรมชาติของเซลล์

(คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร,2539)

2.13.7 ผลของการแช่เยือกแข็งต่ออาหาร

การแช่เยือกแข็งมีผลกระทบต่อคุณภาพของอาหารโดยตรง คือ ทำให้เซลล์ของเนื้อเยื่อแตก เนื่องจากเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อการแช่เยือกแข็งเกิดขึ้นอย่างช้าๆ การแช่เยือกแข็งจะมีผลน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงของสารสี รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร

อาหารที่อยู่ในรูปอิมัลชันเมื่อนำไปแช่เยือกแข็งจะทำให้ความคงตัวลดลง บางครั้งอาจจะทำให้โปรตีนตกตะกอนออกจากสารละลาย ตัวอย่างเช่น การแช่เยือกแข็งน้ำนม ทำให้เป็นข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์จากน้ำนม

อาหารประเภทผักและผลไม้จะมีความทนทานต่อการเสียหายจากการแช่เยือกแข็งได้น้อยกว่าเนื้อสัตว์ เนื่องจากโครงสร้างของเนื้อเยื่อและเซลล์มีความแตกต่างกัน เนื้อเยื่อสัตว์จะมีโครงสร้างยืดหยุ่นมากกว่าเนื้อเยื่อพืชทำให้ขยายตัวออกได้ระหว่างการแช่เยือกแข็ง ขณะที่เซลล์ของเนื้อเยื่อพืชจะแตกออกเมื่อน้ำภายในเซลล์กลายเป็นผลึกน้ำแข็ง ความรุนแรงของเซลล์พืชจะแตกมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นและอัตราของการถ่ายเทความร้อน

อัตราของการแช่เยือกแข็งมีอิทธิพลต่อเนื้อเยื่อพืช หากการแช่เยือกแข็งกระทำอย่างช้าๆ ทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดโตขึ้นในช่องว่างระหว่างเซลล์ ซึ่งจะทำให้เซลล์พืชที่อยู่รอบๆ มีโครงสร้างเปลี่ยนไปและทำลายผนังเซลล์ที่อยู่ข้างเคียง นอกจากนี้ผลึกน้ำแข็งยังมีความดันไอต่ำกว่าบริเวณภายในเซลล์ ทำให้มีน้ำเคลื่อนย้ายจากภายในเซลล์ออกมายังผลึกน้ำแข็ง ทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ขึ้นในช่องว่างระหว่างเซลล์และเซลล์พืชจะเหี่ยวลง และเซลล์จะถูกทำลายอย่างถาวรเมื่อความเข้มข้นของตัวถูกละลายภายในเซลล์เพิ่มขึ้น

เมื่อนำอาหารแช่เยือกแข็งมาหลอมละลาย เซลล์ไม่สามารถคืนรูปและแต่งได้เหมือนเดิม อาหารจะมีเนื้อนิ่ม มีของเหลวจากภายในเซลล์ไหลออกมาเนื่องจากผนังเซลล์ถูกทำลายแต่หากกระบวนการแช่เยือกแข็งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นภายในเซลล์และช่องว่างระหว่างเซลล์จะมีขนาดเล็ก จะมีผลเสียหายต่อผนังเซลล์น้อยมาก และไม่เกิดความแตกต่างระหว่างความดันไอด้วย เซลล์ไม่เหี่ยวลง หรือมีการสูญเสียน้ำออก จากเซลล์เพียงเล็นน้อยเท่านั้น ลักษณะเนื้อของอาหารแช่เยือกแข็งจะยังคงเหมือนเดิมมาก ทำให้อาหารแช่เยือกแข็งที่ได้มีคุณภาพดีและเมื่อนำไปหลอมละลายก็จะมีลักษณะปรากฏที่ดีด้วย(นิธิยา,2544)

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบการแช่แข็งแบบช้าและการแช่แข็งแบบเร็ว

การแช่แข็งแบบช้า	การแช่แข็งแบบเร็ว
1. ผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่กว่า	1. ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กกว่า
2. กระบวนการเมแทบอลิซึมเกิดอย่างช้าๆ	2. หยุดกระบวนการเมแทบอลิซึม
3. ใช้เวลานานกว่า	3. ใช้เวลาน้อยกว่า
4. เมื่อนำอาหารไปละลายน้ำแข็ง อาหารจะเสียคุณค่าทางโภชนาการมากกว่า	4. เมื่อนำอาหารไปละลายน้ำแข็ง อาหารจะเสียคุณค่าทางโภชนาการน้อยกว่า
5. เซลล์ต่างๆ ถูกทำลายมากกว่า	5. เซลล์ต่างๆ ถูกทำลายน้อยกว่า

ที่มา : ปิยธิดา(2548)

2.13.8 การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง

ภาชนะบรรจุสำคัญผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง ควรมีคุณสมบัติป้องกันการสูญเสียความชื้น และสะดวกต่อการสะดวกต่อการขนส่ง โดยทั่วไปการบรรจุอาหารแช่แข็งควรคำนึงถึงข้อกำหนดต่อไปนี้

2.13.8.1 ห้องบรรจุต้องสะอาด สามารถป้องกันการปนเปื้อนได้

2.13.8.1 ต้องบรรจุทันที เวลาที่ใช้จากกระบวนการผลิตถึงช่วงการบรรจุไม่ควรเกิน 1 ชั่วโมง

2.13.8.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการบรรจุและพนักงานบรรจุต้องสะอาดและระวังการปนเปื้อน คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์แช่แข็งมีดังนี้

- เป็นวัสดุที่คงตัวในสภาพที่อุณหภูมิต่ำได้ดี
- เป็นวัสดุที่ไม่ยอมให้สิ่งต่อไปนี้ผ่านได้สะดวกน้ำ ไอน้ำ ออกซิเจน สารมีกลิ่นและแสง
- เป็นวัสดุที่เหนียวและแข็งแรง พอที่จะรับปริมาณส่วนขยายจากการเปลี่ยนจากสภาวะจากของเหลวเป็นของน้ำแข็ง ในกรณีมีการห่อผลิตภัณฑ์ก่อนแช่แข็ง
- เป็นวัสดุที่ยอมให้การถ่ายเทความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์ เป็นไปได้ด้วยดีถ้ามีการบรรจุผลิตภัณฑ์ก่อนแช่แข็ง
- ไม่เป็นวัสดุที่มีกลิ่นและรสแปลกปลอม ไม่เป็นพิษต่อผลิตภัณฑ์อาหาร
- เป็นวัสดุที่ทนต่อความร้อน
- เป็นวัสดุที่ทนทานและสะดวกต่อการขนย้าย

2.13.9 การเก็บรักษาอาหารแช่แข็ง

2.13.9.1 ห้องเย็นต้องมีอุณหภูมิไม่สูงกว่า -18 องศาเซลเซียส และควบคุณให้มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส

2.13.9.2 ห้องนั้นต้องมีเนื้อที่เพียงพอ มีการหมุนเวียนของอากาศดีทั่วถึง

2.13.9.3 ต้องรักษาความสะอาดภายในห้องเย็น และความเป็นระเบียบ

2.13.9.4 การหมุนเวียนของอาหารแช่แข็งที่เก็บรักษาต้องคำนึงถึงสิ่งที่เข้าเก็บก่อน ต้องนำออกก่อน (first in – first out) (พรพิมล, 2545)

2.13.10 ผลการเก็บรักษาอาหารแช่เยือกแข็ง

การเก็บรักษาอาหารแช่เยือกแข็ง ยิ่งลดอุณหภูมิให้ต่ำลง ยิ่งลดอัตรา การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางชีวเคมีน้อยลง เพราะกระบวนการแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษาไม่ได้ทำลาย activity ของเอนไซม์ และผลของจุลินทรีย์ก็มีความผันแปรไปตามอุณหภูมิด้วย การเก็บรักษาอุณหภูมิระหว่าง -4 ถึง -10 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อการเกิด lethat effect ต่อจุลินทรีย์มากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ (ระหว่าง -15 ถึง -30 องศาเซลเซียส)

สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาอาหารแช่เยือกแข็งโดยทั่วไป คือ ประมาณ –18 องศาเซลเซียส จะมีการสูญเสียคุณภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและอาหารบางชนิดอาจเกิดจาก activity ของเอนไซม์ด้วย และการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะเกิดได้เร็วขึ้น เมื่อความเข้มข้นของตัวถูกละลายสูงขึ้นรอบๆผลึกน้ำแข็ง ทำให้ Water activity ลดลง นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนค่าพีเอชและ redox potential ด้วย ถ้าเอนไซม์ไม่ถูกทำลายขณะที่เซลล์เมมเบรนถูกทำลายด้วยผลึกน้ำแข็ง จะทำให้เอนไซม์เข้าไปทำปฏิกิริยากับตัวถูกละลายที่อยู่ภายในและมีความเข้มข้นมากขึ้นตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของอาหารแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา มีดังนี้

2.13.10.1 การเสื่อมสลายของสารสี

ระหว่างการเก็บรักษาอาหารแช่เยือกแข็ง ประเภทผักสีเขียว คือสารสีเขียวหรือคลอโรฟิลล์จะค่อยๆ สลายตัวอย่างช้าๆ ไปเป็นสีน้ำตาลของฟีโอไฟตินถึงแม้ผักจะผ่านการลวกแล้วก็ตาม ส่วนในผลไม้อาจมีการเป็นพีเอชเนื่องจากของเหลวภายในเซลล์มีความเข้มข้นมากขึ้น เมื่อเย็นจัดเกลือของสารบางชนิดจะมีการละลายลดลงและตกตะกอน เมื่อพีเอชของเซลล์พืชเปลี่ยนไปจะทำให้สีของแอนโทไซยานินเปลี่ยนไปด้วย

2.13.10.2 การสูญเสียวิตามิน

วิตามินที่ละลายได้ดีในน้ำ เช่น วิตามินซีและกรดแพนโททีนิกจะสูญเสียไปได้ถึงแม้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งก็ตาม หาอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีการสูญเสียวิตามินซีเพิ่มขึ้น 6 – 20 เท่าในผัก และ

30 – 70 เท่าในผลไม้ ส่วนการสูญเสียวิตามินชนิดอื่นๆส่วนใหญ่จะเกิดจากของเหลวที่ไหลออกมา โดยอาหารประเภทเนื้อสัตว์และเนื้อปลา

2.13.10.3 Activity ของเอนไซม์ที่เหลืออยู่

ผักหรือผลไม้ที่ผ่านการลวกไม่เพียงพอจะยังคงมี เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเหลืออยู่ ซึ่งทำให้ผักและผลไม้ลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ หากยังมีเอนไซม์ลิโพออกซิจิเนสจะทำให้กลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติจากลิพิด ส่วนเอนไซม์ที่ย่อยสะลายโปรตีนและลิพิดในเนื้อสัตว์ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน

2.13.10.4 ออกซิเดชันของลิพิด

ปฏิริยานี้สามารถเกิดขึ้นได้อย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิ – 18 องศาเซลเซียส (นิธิยา,2544)

2.13.10.5 การเกิดผลึกใหม่ (Recrystallization)

ถ้าอุณหภูมิในขณะเก็บไม่คงที่ จะทำให้ขนาดของผลึกน้ำแข็งใหญ่ขึ้น ซึ่งจะทำให้คุณภาพของอาหารลดลงเหมือนที่พบในการแช่แข็งแบบช้า

2.13.10.6 การไหม้เนื่องจากความเย็นจัด(Freezer burn)

เป็นลักษณะตำหนิที่เกิดขึ้นกับอาหารแช่แข็งที่มีภาชนะบรรจุไม่เหมาะสม โดยจะเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของลิตภัณฑ์เป็นรอยไหม้และมีสีน้ำตาลเกิดขึ้น ถ้าเป็นเนื้อสัตว์จะเห็นได้ชัดคือผิวมีสีแดงเข้มออกน้ำตาล ลักษณะคล้ายไหม้ทำให้ดูไม่น่ารับประทาน สาเหตุเกิดจากน้ำจากผิวหน้าของอาหารได้ระเหยออกไปมาก แต่ไม่ได้เป็นปัญญาเนื่องจากจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารด้วยวัสดุที่ป้องกันการระเหยของน้ำ หรือนำอาหารไปผ่านกระบวนการเคลือบผิวหน้าให้แข็งตัวเสียก่อน เรียกว่า เกลสซิ่ง(glazing)(ปิยธิดา,2548)

2.13.11 การขนส่งอาหารแช่แข็ง

การขนส่ง เป็นขั้นตอนสำคัญที่ต้องรักษาระดับอุณหภูมิ ของอาหารแช่แข็ง ไม่ให้สูงขึ้น จึงต้องขนส่งด้วยรถขนส่งห้องเย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะอายุการเก็บรักษาปลาแช่แข็งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บ (อุณหภูมิของห้องเย็น) เช่น ปลาที่จับได้ใหม่ๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จะเก็บได้นาน 8 เดือน แต่ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จะเก็บได้เพียง 1 เดือน การที่อุณหภูมิสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลานานเท่าไรจะเป็นผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการขนส่งผลิตภัณฑ์แช่แข็งจากโรงงานแช่เย็นก็ดี ท่าเรือก็ดี ไปยังร้านขายปลีกมักมีปัญหาเรื่องอุณหภูมิเสมอ

โดยทั่วไปการขนส่งด้วยรถห้องเย็นนานที่สุดประมาณ 30 ชั่วโมง และเมื่อถึงปลายอุณหภูมิของคอนเทนเนอร์(Container) ไม่ควรเกิน -18 องศาเซลเซียส ควรจะเป็น -20 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า

อย่างไรก็ตาม เพื่อหลีกเลี่ยงการเสื่อมสภาพระหว่างการขนส่ง ควรปฏิบัติดังนี้

1. ระยะเวลาในการขนส่งสินค้าควรสั้นที่สุด
2. ควรทิ้งระยะห่างระหว่างผลิตภัณฑ์กับผนังคอนเทนเนอร์
3. ไม่ควรประหยัดเรื่องฉนวน
4. การปิดเปิดประตูถ้าจำเป็นให้มีน้อยที่สุด

(มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช,2539)

2.13.12 ข้อดีและข้อเสียของอาหารแช่เยือกแข็ง

2.13.12.1 อาหารแช่แข็งมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าอาหารที่ถนอมโดยการใช้อุณหภูมิสูงเพราะความร้อนจะทำลายวิตามินในอาหารเกือบหมด

2.13.12.2 อาหารแช่แข็งมีลักษณะคล้ายอาหารสดมากกว่า อาหารที่ถนอมโดยวิธีอื่นจึงทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์สูงตามไปด้วย แม้ว่าจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตที่สูงก็ตาม แต่ก็คุ้มกับผลที่ได้รับ

2.13.12.3 อาหารแช่แข็งที่มีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าอาหารแห้งหรืออาหารกระป๋องมาก

2.13.12.4 ห้องหรือตู้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์รวมทั้งการขนส่งจะต้องใช้ห้องแช่แข็ง จะเก็บในอุณหภูมิปกติเหมือนผลิตภัณฑ์อื่นๆไม่ได้

2.13.12.5 ผลิตภัณฑ์แช่แข็งอาจสูญเสียภาชนะไปพร้อมกับผลึกน้ำแข็งที่ละลายได้ โดยเฉพาะใช้วิธีแช่แข็งที่ไม่มีประสิทธิภาพ (ลาวัลย์,2542)

2.13.13 การคืนสภาพของอาหารแช่แข็ง

การคืนหรือการละลายน้ำแข็ง คือ การให้ความร้อนแก่อาหารแช่แข็งเพื่อให้น้ำแข็งละลาย ส่วนการแช่แข็งนั้น คือ การดึงความร้อนในอาหารออกให้เกิดผลึกน้ำแข็งในอาหาร กระบวนการทั้งสองนี้ คือ การย้อน จะมีความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอาหารกับเวลา การละลายอาหารแช่แข็งใช้เวลานานกว่าการแช่แข็งกับธรรมชาติของน้ำ

การละลายน้ำแข็งตามธรรมชาติ จะเกิดการละลายที่ผิวหน้าอาหารก่อน ในทันทีที่อาหารเป็นน้ำแข็งหมด ความร้อนจะส่งผ่านและเปลี่ยนอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็วจึงปรากฏการละลายที่ผิวหน้าอาหารอย่างเร็ว แต่เมื่อผิวหน้าเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำ น้ำก็จะหน่วงเหนี่ยวการส่งผ่านและเปลี่ยนอุณหภูมิของอาหารให้ช้าลง ยิ่งเวลาผ่านไป ชั้นของน้ำก็จะหนามากขึ้น จะยิ่งชะลอการส่งผ่านความร้อน ทำให้การละลายเริ่มช้าลง

2.13.13.1 วิธีการคืนสภาพ

- ใช้การหมุนเวียนของน้ำเย็น ทำได้โดยการนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่แข็ง แช่ลงในภาชนะที่มีน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส โดยให้น้ำนั้นมีการหมุนเวียนตลอดเวลา เพื่อช่วยให้

การถ่ายเทความร้อนเป็นไปได้เร็วขึ้น และช่วยรักษาอุณหภูมิของผิวหน้าอาหารไม่ให้สูงเกินไป แต่วิธีนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียอาหารบางชนิดที่ละลายน้ำได้

- ใช้เตาอบ นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านวิธีการหุงต้ม โดยการอบให้สุกไปพร้อมกันกับการคืนสภาพ แล้วพร้อมที่จะนำไปรับประทานเลย

- การใช้กระแสไฟฟ้าผ่านอิเล็กโทรด ทำได้โดยการนำอาหารที่ผ่านการแช่แข็งไปแช่ลงในของเหลวที่เป็นตัวกลาง ซึ่งมักจะเป็นน้ำโดยมีแผ่นอิเล็กโทรด 2 แผ่นจุ่มอยู่ โดยต่ออยู่กับวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความต่างศักดิ์ 380 โวลต์ มีสวิทซ์ปิดเปิดได้อัตโนมัติ เพื่อควบคุมไม่ให้เกิดความร้อนสูงเกินไป นับว่าเป็นวิธีที่เหมาะสม อีกวิธีหนึ่งเพราะอัตราการคืนตัวโดนวิธีนี้จะเร็วกว่าวิธีแรกถึง 3 เท่า

- การใช้ไมโครเวฟ เป็นการอาศัยความร้อนที่เกิดขึ้นจากช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระดับไมโครเวฟ ประหยัดเวลาและเนื้อที่ได้มาก

2.13.13.2 วิธีการคืนสภาพที่เหมาะสม

การคืนสภาพของอาหารแช่แข็งแบ่งออกเป็น 2 วิธี

1. การคืนสภาพแบบเร็ว (Fast thawing)
2. การคืนสภาพแบบช้า (Slow thawing)

การคืนสภาพแบบที่รวดเร็วนั้น จะให้อาหารคืนสภาพที่มีคุณภาพดีกว่าการใช้เวลานาน การคืนสภาพที่เหมาะสม คือ วิธีที่เร็วที่สุด แต่อุณหภูมิไม่สูงเกินไปจนเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวหน้าหรือในอาหารเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ในระดับครัวเรือนนิยมใช้ไมโครเวฟคืนสภาพของอาหารแช่แข็ง เนื่องจากเตาไมโครเวฟนั้นให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่เข้าสู่อาหาร โมเลกุลของน้ำแข็งทั้งภายในและที่ผิวหน้าอาหารจะได้รับการกระตุ้นให้สั่นไหว เกิดความร้อนขึ้นพร้อมกัน การละลายน้ำแข็งจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์กว่า (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช,2539)

2.14 ไมโครเวฟ

พลังงานจากรังสีไมโครเวฟเป็นพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ความถี่ 2,450 MHz หรือ 915 MHz การให้ความร้อนด้วยตู้อบไมโครเวฟแตกต่างจากการให้ความร้อนด้วยเครื่องอบธรรมดา คือ เครื่องอบธรรมดาให้พลังงานความร้อนโดยเปลวไฟแบบเตาแก๊สหรือความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้อาหารสุกโดยการถ่ายเทความร้อน 3 วิธี คือ การนำ การพา และการแผ่รังสี แต่ตู้อบไมโครเวฟทำให้อาหารสุกโดยคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูงถึง 2,450 ล้านรอบ/วินาที ทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารสั่นสะเทือนและชนโมเลกุลอื่น ๆ ต่อไป จนเกิดเป็นพลังงานจลน์ และพลังงานจลน์นี้เองจะกลายสภาพเป็นพลังงานความร้อน จึงทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็วกว่าการประกอบอาหารด้วยระบบอื่น ๆ

อาหารส่วนใหญ่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังมีเกลือแร่ชนิดต่าง ๆ ละลายอยู่ เช่น โซเดียมคลอไรด์ โปแตสเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมคลอไรด์ เกลือแร่ที่ละลายในน้ำนี้จะแตกตัวอยู่ในรูปที่มีประจุ อะตอมของโซเดียม โปแตสเซียมและแคลเซียม จะมีประจุบวกหรือที่เรียกว่า แคทอิออน เนื่องจากแคทอิออนจะเกาะติดแคโทด (ขั้วลบ) ส่วนคลอรีนจะมีประจุลบหรือที่เรียกว่า แอนอิออน โดยแอนอิออนจะเกาะติดกับแอโนด (ขั้วบวก) หรือเกาะติดแผ่นโลหะที่มีประจุบวก

อาหารหรือวัตถุใด ๆ ก็ตามซึ่งมีประจุจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในสนามไฟฟ้านั่นคือ เกิดการเปลี่ยนแปลงในตู้ไมโครเวฟซึ่งมีสนามไฟฟ้าด้วย โครงสร้างโมเลกุลของน้ำมีอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอมเกาะติดกับออกซิเจนอะตอมด้วยมุม 105^0 ไฮโดรเจนอะตอมที่มีประจุบวก 1 ประจุ ส่วนออกซิเจนอะตอมมีประจุลบ 2 ประจุ เราเรียกโมเลกุลที่มีลักษณะดังกล่าวว่า ไดโพล (dipole) หรือโมเลกุลไดโพล ไดโพลในสนามแม่เหล็กเปรียบเสมือนเข็มของเข็มทิศไฟฟ้าและทำตัวในสนามไฟฟ้าเหมือนเข็มของเข็มทิศแม่เหล็ก ก่อนที่จะมีการทำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้น โมเลกุลของน้ำในอาหารจะมีทิศทางกระจัดกระจาย

ส่วนโมเลกุลซึ่งอยู่ในรูปของแข็ง เช่น น้ำแข็งซึ่งถูกล็อคโดยโครงสร้างของผลึกน้ำแข็งจะไม่สามารถหมุนไปตามทิศทางของสนามไฟฟ้าได้ จึงไม่เกิดการชนกัน ในขณะที่โมเลกุลของก๊าซหรือไอไม่มีความหนาแน่นพอที่จะเกิดการเสียดสีกันจนเกิดความร้อนได้

ปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างคลื่นไมโครเวฟกับโมเลกุลที่มีขั้ว เช่น น้ำ เป็นกลไกหลักที่ทำให้เกิดความร้อนในการใช้คลื่นไมโครเวฟกับอาหารทั่วไปยกเว้นอาหารที่มีความเข้มข้นของเกลือสูง เช่น แฮม

คลื่นไมโครเวฟไม่ใช้ความร้อน แต่เป็นรูปแบบหนึ่งของพลังงาน แต่คลื่นไมโครเวฟจะเปลี่ยนไปเป็นความร้อนโดยการทำให้อนุภาคหรือโมเลกุลที่มีขั้วเสียดสีกันและเกิดความร้อนขึ้น เมื่อคลื่นไมโครเวฟซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมากถึง 2,450 ล้านรอบ/วินาที พุ่งเข้าหาอาหารจากทุกทิศทุกทางโดยรอบของผนังตู้ด้านในแล้วแผ่กระจายไปยังอาหาร จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขั้วไฟฟ้าอย่างรวดเร็วในอาหาร ขั้วของน้ำจะเปลี่ยนทิศทางตามการเปลี่ยนแปลงทิศทางในสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดการเสียดสีกันของโมเลกุลภายในอาหาร พลังงานจะเคลื่อนย้ายไปยังอิออนและอะตอมหรือโมเลกุลใกล้เคียง ก่อให้เกิดความร้อนขึ้นและอาหารสุกอย่างรวดเร็วคล้ายกับการถูมือไปมาเร็ว ๆ จะทำให้รู้สึกร้อนขึ้นมาทันที

ไมโครเวฟเดินทางเป็นเส้นตรงเหมือนแสง ถูกสะท้อนกลับเมื่อกระทบโลหะ เคลื่อนที่ผ่านอากาศสามารถทะลุผ่านภาชนะที่ทำด้วยแก้ว พลาสติก กระดาษ หรือไม้ได้ หรือถูกดูดซับโดยส่วนประกอบในอาหารซึ่งมีน้ำเป็นส่วนใหญ่ ถ้าคลื่นไมโครเวฟถูกสะท้อนกลับหมดหรือทะลุผ่านวัตถุโดยไม่มีการดูดซับวัตถุหรืออาหารนั้นก็จะไม่ร้อน อาหารจะร้อนขึ้นเมื่อมีการดูดซับคลื่นหรือพลังงานไว้ ในการให้ความร้อนแก่อาหารจะทำให้คลื่นสูญเสียพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าไป ค่าลอสแฟคเตอร์เป็นค่าที่ชี้บอกการสูญเสียพลังงานไมโครเวฟในการเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในอาหารหรือบอกว่า คลื่นถูกดูดซับไว้มากน้อยแค่ไหน

วัตถุดิบที่ดูดซับคลื่นไมโครเวฟได้มาก คือ วัตถุที่มีการเคลื่อนที่ภายในโมเลกุลมากกว่าวัตถุอีกชนิดหนึ่ง เรียกลักษณะดังกล่าวว่า ความหลวม (lossy) ระดับความหลวมนี้จะแปลผันกับคลื่นความถี่ อุณหภูมิและคุณลักษณะของวัตถุ ถ้าวัตถุมีความหลวมมาก วัตถุจะดูดซับพลังงานไมโครเวฟได้มาก นั่นคือวัตถุจะร้อนมาก

การถ่ายเทความร้อนในอาหารเกิดจากการนำความร้อนด้วย แก้ว กระดาษ และโพลิเมอร์ที่ใช้ในการบรรจุมีค่าลอสแฟคเตอร์ต่ำ คือโปร่งใสหรือไม่ดูดซับคลื่นไมโครเวฟจึงไม่ร้อน ส่วนโลหะจะสะท้อนคลื่นไมโครเวฟได้ เนื่องจากอาหารมีส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งไม่สม่ำเสมอ รูปแบบการทำให้ร้อนโดยไมโครเวฟจึงต่างกันด้วย (วิไล, 2545)

2.14.1 องค์ประกอบอาหารกับไมโครเวฟ

อาหารต่าง ๆ มีส่วนประกอบที่แตกต่างกันมากรวมทั้งส่วนประกอบที่จำเป็นต้องใช้ในการปรุงแต่งอาหาร เช่น เกลือ น้ำตาล น้ำมัน แป้ง ล้วนแต่มีผลที่แตกต่างกันไป เมื่อนำมาหุงต้มด้วยไมโครเวฟซึ่งควรจะต้องศึกษาเพื่อสามารถใช้ได้อย่างถูกต้อง ในกรณีของอาหารโปรตีนจากเนื้อสัตว์ที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอยู่เป็นปริมาณสูงจะมีความเหนียวมากเมื่อนำมาหุงต้มด้วยไมโครเวฟเพราะเป็นการให้ความร้อนอย่างรวดเร็วเกินไปจนพวกเนื้อเยื่อเกี่ยวพันไม่มีโอกาสที่จะสลายตัวได้เลยจึงมักจะเหนียวกว่าการใช้วิธีให้ความร้อนแบบดั้งเดิม อาหารประเภทไข่ที่กระเทาะเปลือกออกแล้วจะหุงต้มด้วยไมโครเวฟได้อย่างรวดเร็วเช่น การทำไข่ตุ๋น ไข่ลวก หรือสังขยาจะใช้ไมโครเวฟได้ดี แต่ถ้าเป็นไข่ทั้งฟองแล้วห้ามใช้เพราะจะมีการระเบิด น้ำตาลที่ใช้ปรุงแต่งรสชาติอาหาร การเคี่ยวน้ำเชื่อมหรือการทำลูกกวาด ลูกอมจะไม่มีปัญหาจะเกิดความร้อนได้รวดเร็วด้วยไมโครเวฟ แต่สำหรับเกลือแกง และเกลือในรูปอื่น ในรูปของเกลือแร่ต่าง ๆ เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนต ที่อยู่ในน้ำและในอาหารจะทำให้การดูดซับคลื่นไมโครเวฟได้ต่ำ มีผลให้เกิดความร้อนได้ช้ากว่า (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2543)

2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พัชรี ตั้งตระกูล(2549) จากสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ทำการศึกษาหาพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมและสภาพการผลิตข้าวกล้องงอกที่มีประสิทธิภาพ พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อนำมาเพาะเป็นข้าวกล้องงอกจะมีสาร GABA มากที่สุด (15.2 - 19.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ซึ่งสูงกว่าข้าวกล้องปกติ ส่วนสภาวะที่จะทำให้ข้าวกล้องงอกได้ดีคือ ต้องนำข้าวกล้องไปแช่น้ำราว 48 - 72 ชั่วโมงในหม้อแช่ โดยมีการควบคุมอุณหภูมิ การไหลเวียนน้ำ ความดัน และความเป็นกรดด่างของน้ำ เพื่อให้ความชื้นจากน้ำไปกระตุ้นให้เมล็ดข้าวงอกและเปลี่ยนกรดกลูตามิกไปเป็นสารกาบาอันเป็นส่วนที่

สำคัญที่สุด ต่อมาเมื่อได้ข้าวกล้องงอกในขั้นตอนนี้แล้ว ก็ต้องทำให้ข้าวกล้องงอกหยุดการงอกต่อไป โดยอบแห้งให้มีความชื้นต่ำกว่า 14% ในหม้ออบแห้ง จากนั้นจึงบรรจุลงในถุงสุญญากาศพร้อมขายเป็น ลำดับสุดท้าย สำหรับข้าวกล้อง ที่สามารถนำมาแช่น้ำให้เกิดการงอกได้นั้นจะต้องเป็นข้าวกล้องที่ผ่านการกะเทาะเปลือกมาไม่นานเกิน 2 สัปดาห์

จารุรัตน์ สันเต และ วรนุช เจษฎารักษ์ (2550) ทำการศึกษาสภาวะผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ และเวลาในกระบวนการแช่ต่อปริมาณแกรมมาอะมิโนบิวเทอริกเอซิค(GABA) และปริมาณกลูตาเมตของข้าวกล้องงอก โดยนำข้าวกล้องหอมมะลิ 105 แช่ในสารละลายที่มี pH แตกต่างกัน(pH 4, 4.5, 5, 5.5, 6 และ 6.5) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง พบว่า ข้าวกล้องงอกหอมมะลิ 105 ที่แช่ในสารละลาย pH 4, 5 และ 5.5 มีปริมาณ GABA ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการแช่ในสารละลายที่ pH 5 มีปริมาณ GABA สูงสุด (21.93 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง) เมื่อนำข้าวกล้องหอมมะลิ 105 มาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (1 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร, pH 5) ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 3, 8 และ 12 ชั่วโมง พบว่า การแช่ข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง มีปริมาณ GABA ในข้าวกล้องงอกหอมมะลิ 105 ที่ไม่แตกต่างทางสถิติ($p>0.05$) ในขณะเดียวกันมีปริมาณ GABA สูงกว่าสภาวะในการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ($p\leq0.05$) โดยการแช่ที่อุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง มีปริมาณ GABA สูงสุด (31.18 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) มีปริมาณแคลเซียม 2.77 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ในขณะที่มีปริมาณกลูตาเมตน้อยที่สุด (580.88มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง) โดยพบว่า การแช่ข้าวในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (1 มิลลิโมลาร์ต่อลิตร, pH 5) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง มีผลทำให้ปริมาณ GABA และมีปริมาณแคลเซียมสูงขึ้นประมาณ 3 เท่า และ 0.5 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องหอมมะลิ 105 ที่ไม่ผ่านการแช่ (GABA ~10.55 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และปริมาณแคลเซียม 1.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)

วรนุช ศรีเจษฎารักษ์ (2551) ได้มีการศึกษาหาวิธีการงอกแบบใหม่ นั้นคือการงอกทั้งเปลือก ที่ทำให้ได้สาร GABA สูงขึ้น ในพันธุ์ข้าวหลายชนิด ซึ่งพันธุ์ข้าวที่พบว่าสามารถให้สาร GABA สูงที่สุด คือ ข้าวมะลิแดง โดยการนำข้าวเปลือกมะลิแดงมาแช่น้ำ ที่อุณหภูมิ 35-40 °ซ เวลา 10-12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเพาะงอกในความชื้นสัมพัทธ์มากว่า95 % ที่อุณหภูมิ 35-40 °C เวลา 30-35 ชั่วโมง นำมาอบแห้ง กะเทาะเอาเปลือกออก ผลที่ได้พบว่า ข้าวมะลิแดง มีสาร GABA เพิ่มขึ้น เป็น 12 มิลลิกรัม ต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง มากกว่าข้าวทุกสายพันธุ์ ที่เคยนำมาทำข้าวกล้องงอก ไม่ว่าจะเป็น ข้าวขาวดอกหอมมะลิ 105 ข้าวชัยนาท ข้าวคลองหลวง กข.6 และข้าวเหนียวดำ ข้อดีของการทำข้าวกล้องงอกแบบงอกทั้งเปลือก คือ สี

ข้าวจะสวยกว่าข้าวกล้องงอกทั่วไป รสชาติดี กรุบกรอบ หวานมัน นอกจากนี้เวลากะเทาะเปลือกงอกได้เม็ดข้าวเต็มสูง ปริมาณข้าวหักน้อยกว่ากะเทาะเปลือกที่ไม่ผ่านการงอก

กมลวรรณ แจ้งชัด (2551) ที่ปรึกษาคณะวิจัย และอาจารย์ประจำ พร้อมด้วยนักวิจัย ซึ่งประกอบด้วย ศิริภัทร์ จันทร์อร่าม และ จุไรพร แก้วศรีทอง จากภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พัฒนาแนวคิดของผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด คือ กระทงทองทาร์ตและแครกเกอร์ จากแป้งข้าวกล้องงอก โดยใช้ใช้ภูมิปัญญาไทยจากรูปแบบของกระทงทองผสมกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านสมบัติต่างๆ ของแป้งข้าวเจ้า และการพัฒนาผลิตภัณฑ์มาประยุกต์ใช้ให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ผลิตภัณฑ์ชิ้นนี้ผ่านการพัฒนาสูตรสามารถใช้แป้งข้างกล้องงอกได้ 100 % และใช้ไฮโดรคอลลอยล์ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส และพัฒนากรรมวิธีการผลิตโดยใช้วิธีการอบในสภาวะที่เหมาะสมแทนการทอด จนสามารถผลิตได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นหอม รสชาติดี และมีเนื้อสัมผัสกรอบ ไม่แข็งกระด้าง ที่สำคัญยังทำให้ไขมันลดลงถึง 50 % เมื่อเปรียบเทียบกับกระทงทอง สามารถเก็บได้นานประมาณ 5 เดือน

สถาบันพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์(2552) ทำการพัฒนาไอศกรีมจากน้ำข้าวกล้องงอก สำหรับไอศกรีมน้ำข้าวกล้องงอก เป็นนวัตกรรมที่พัฒนาจากข้าวกล้องงอกปรับปรุงจากสูตรไอศกรีมกะทิสด โดยลดปริมาณกะทิสดและใช้น้ำข้าวกล้องงอกแทน ผสมกับน้ำตาลทรายตามสัดส่วนที่พอเหมาะ รวมทั้งใช้วัตถุดิบจากข้าวพันธุ์พื้นเมืองชนิดต่าง ๆ ที่ผ่านการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการมาแล้ว ได้แก่ ข้าวสังข์หยด ข้าวเหนียวดำ (ข้าวกล่ำ) ข้าวฮาง (ข้าวหอมมะลิและข้าวเหนียว กข 6 นึ่ง) ข้าวเหลืองปะทิว ข้าวเจ้าเสาไห้ ทั้งหมดเป็นข้าวกล้องที่ผ่านการสีมาไม่นานหรือใช้ข้าวกล้องสด โดยเพาะข้าวกล้องงอกก่อน จากนั้นทำเป็นน้ำข้าวกล้องงอก นำน้ำข้าวกล้องงอกไปผสมกับกะทิคั้นสดและน้ำตามสูตร จากนั้นนำไปปั่นไอศกรีมด้วยเครื่องปั่น โดยส่วนผสมของไอศกรีมน้ำข้าวกล้องงอกจะเน้นวัตถุดิบจากข้าวทั้งหมด โดยอาจเติมรำข้าวที่คั่วให้หอมและปั่นเป็นผงละเอียดหรือเติมส่วนประกอบของข้าวเหนียวลงไปในข้าวเจ้า หรือทำไอศกรีมจากข้าวเม่าควรใช้ข้าวเม่าสด เพื่อลดกลิ่น เป็นต้น