บทที่ 2
ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎี

1. ข้าวเจ้าหอมดำ

ข้าวเจ้าหอมดำ เป็นข้าวที่ได้รับการคัดเลือกจนได้ข้าวที่มีเมล็ดข้าวกล้องเรียวยาว สีม่วงเข้ม ข้าวกล้องเมื่อหุงสุกจะนุ่มเหนียว หอม ข้าวสารหุงสุกมีสีม่วงอ่อน นุ่ม และมีกลิ่นหอมเช่นกัน คุณสมบัติที่สำคัญของข้าวเจ้าหอมดำ คือ ข้าวกล้องมีโปรตีนสูงถึง 12.5 เปอร์เซ็นต์ และยังประกอบไปด้วย ธาตุเหล็ก สังกะสี แคลเซียม และโพแทสเซียม ซึ่งสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ตารางที่ 2.1) นอกจากนี้ลักษณะดีเด่นของข้าวเจ้าหอมดำที่พบนอกจากคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ทรงต้นเตี้ย แตกกอดี เมล็ดมีน้ำหนักดี อายุสั้นเพียง 95 วัน ทำให้สามารถปลูกได้ถึง 3 ครั้ง/ปี ดังนั้นหากได้รับการจัดการที่เหมาะสมในการผลิตจะให้ผลผลิตต่อปีสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเจ้าหอมดำเทียบ กับข้าวขาวดอกมะลิ 105

คุณค่าทางโภชนาการ	ข้าวเจ้าหอมดำ	ข้าวขาวดอกมะลิ 105
โปรตีน (%)	12.56	6.0
คาร์โบไฮเดรต (%)	70.0	80.0
ธาตุเหล็ก (มก./100 ก)	3.26	-
สังกะสี (มก./100 ก)	2.9	-
แคลเซียม (มก./100 ก)	4.2	-
โพแทสเซียม (มก./100 ก)	339.4	-
ทองแดง (มก./100 ก)	0.1	-

ที่มา : Chrispeels, M.L. and E.S. David. (1994)

1.1 ประวัติการพัฒนาพันธุ์

ข้าวเจ้าหอมดำเป็นข้าวที่ได้รับคัดเลือกและพัฒนาจนได้ข้าวที่มีเมล็ดข้าวกล้องเรียวยาว สีม่วงเข้ม เมื่อหุงสุกจะเหนียวนุ่ม และมีกลิ่นหอม ข้าวกล้องหอมนิลมีโปรตีนสูงถึง 12.5 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 70 เปอร์เซ็นต์ อะไมโลส (Amylose) 16 เปอร์เซ็นต์ และประกอบไปด้วยธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง และโพแทสเซียม ซึ่งสูงกว่าขาวดอกมะลิ 105

การศึกษาเอกลักษณ์ทางพันธุกรรมโดยใช้โมเลกุลเครื่องหมายชนิด Microsatellite จำนวน 48 ตำแหน่ง มาทำการตรวจสอบ ชี้ให้เห็นว่า ข้าวหอมดำมีความแตกต่างจากข้าวพันธุ์ Hei Bao และ Xua Bue Huq ที่เป็นข้าวสีดำของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน จึงยังยืนยันได้ว่าข้าวทั้ง 3 ไม่ได้เป็นพันธุ์เดียวกัน

ภาพที่ 2.1 ข้าวเจ้าหอมดำ

1.2 ลักษณะประจำพันธุ์

ข้าวหอมดำเป็นข้าวนาสวน ไม่ไวแสง ปลูกได้ตลอดทั้งปี แตกกอดี ไม่ต้านทานโรคขอบใบแห้งและแมลง โดยทั่วๆ ไปความสูงของต้น 75 เซนติเมตร สีของใบและลำต้นเขียวอมม่วง เมล็ดข้าวกล้องยาว 65 มิลลิเมตร มีสีม่วงดำ เปลือกหุ้มเมล็ดข้าวมีสีม่วงเข้ม อายุการเก็บเกี่ยว 95 – 100 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 400 – 700 กิโลกรัม/ ไร่ ต้านทานต่อโรคไหม้ (Blast) ทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง และดินเค็ม

1.3 ปริมาณองค์ประกอบของสารอาหารในเมล็ด

1.3.1 ปริมาณแป้งอะไมโลส (Amylose) 12 เปอร์เซ็นต์

1.3.2 ปริมาณธาตุเหล็ก 2 – 2.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

1.3.3 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) 292 ไมโครโมลต่อกรัม

1.3.4 น้ำมันรำข้าว 18 เปอร์เซ็นต์

1.3.5 เส้นใยรำข้าว 10 เปอร์เซ็นต์

1.4 ลักษณะทางโภชนาการ

ข้าวเจ้าหอมดำมีโปรตีน 10 – 12.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแป้งอะไมโลส 12 – 13 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสาร 2 – acetyl – 1– pyrroline ปานกลาง ร่วมกับสารหอมระเหยจำเพาะพวก Cyclohexanone ในปริมาณมาก มีแคลเซียม 4.2 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัม ปริมาณธาตุเหล็กแปรปรวนอยู่ระหว่าง 2.25 – 3.25 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัม และธาตุสังกะสีประมาณ 2.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

ข้าวเจ้าหอมดำมีสาร Antioxidant สูงประมาณ 293 ไมโครโมลต่อกัม เยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นสีม่วงเข้มมี Anthocyanin, Proanthocyanidin, Bioflavonoids และวิตามินอี ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสีผสมอาหารตามธรรมชาติ

ในส่วนของรำข้าวและจมูกข้าวมีวิตามินอี วิตามินบี และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ในส่วนของรำมีน้ำมันรำข้าว 18 เปอร์เซ็นต์ เป็นองค์ประกอบ ซึ่ง 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นชนิด C18: 1 และ C18: 2 เหมือนกับน้ำมันที่ได้จากถั่วเหลืองและข้าวโพด และพบว่ามีสาร Omega 3 ประมาณ 1 – 2 เปอร์เซ็นต์ รำข้าวของข้าวเจ้าหอมดำมีเส้นใย Digestible Fiber สูงถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ข้าวเจ้าหอมดำถือว่าเป็นข้าวที่มีศักยภาพในการนำมาแปรรูปทางอุตสาหกรรมอาหารสูง เช่น การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งข้าวเจ้าหอมดำ รวมทั้งขนมขบเคี้ยวต่างๆ

1.4.1 สารสำคัญในข้าวดำ

1) Nutritional fact

ส่วนของรำ (Pericarp) เป็นที่สะสมสารที่ทำให้เกิดสีข้าวกล้องมีสีหลักสามสี คือ สีน้ำตาลอ่อน (สาร Procyanidin) สีแดง (สาร Peonidin) และสีม่วงเข้ม (สาร Cyanidin) สีทั้งหมดของข้าวเป็นรงควัตถุ (Pignemts) ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ Flavonoid ในต้นข้าว ซึ่งแบ่งออกเป็นการสังเคราะห์สารกลุ่ม Anthocyanin ได้แก่ Cyanidin และ Peonidin นอกจากนั้นยังมีการสังเคราะห์สารกลุ่ม Proanthocyanidin ได้แก่ Procyanidin นอกจากนี้ในส่วนของรำข้าวยังอุดมไปด้วยสาร Gamma – Oryzanol ที่สกัดได้จากน้ำมันรำข้าวซึ่งมีโครงสร้างหลักอยู่ 3 ชนิดคือ 24 – Methylene Cycloartanyl Ferulate, Cycloartenyl Ferulate, และ Campesteryl Ferulate ซึ่งสารสำคัญเหล่านี้เป็น Super Antioxidant ที่ช่วยร่างกายมนุษย์ป้องกันโรคร้ายที่สำคัญต่างๆ และทำให้สุขภาพดี ร่างกายแข็งแรง และทำให้ดูอ่อนกว่าวัย

2) Anthocyanin กับสุขภาพผม

รายงานการวิจัยในประเทศญี่ปุ่นพบว่าในสัตว์ทดลอง Anthocyanin สามารถกระตุ้นให้ขนงอกกลับมาเร็วกว่าตัวเปรียบเทียบที่ไม่ได้ใช้สารถึง 1 เท่า การศึกษาในหลอดทดลองยืนยันว่า สาร Anthocyanin กระตุ้นให้เซลล์รากผม (Hair Keratinocytes) สร้างผมมากขึ้น ถึง 3 เท่า

3) Anthocyanin กับสุขภาพผิว

รงควัตถุ Anthocyanin นอกจากจะช่วยกระตุ้นให้ผมมีสุขภาพดีแล้ว ยังช่วยให้ผิวหนังดูอ่อนกว่าวัย ความเสียหายของผิวหนังเกิดจากขบวนการ Oxidation สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดขบวนการ Oxidation คือ แสงอัลตร้าไวโอเลท วิธีการหนึ่งที่ช่วยชะลอความเสื่อมถอยของผิวหนังคือการใช้ Sun Screen ที่ผสมสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ในการทดลองพบว่าการใช้สาร Anthocyanin จากเมล็ดองุ่นป้องกันไม่ให้เกิดอนุมูลอิสระได้เทียบเท่ากับวิตามินอี โดยป้องกันกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวจากการเกิด Oxidation โดยแสงอัลตร้าไวโอเลท ในการทดลองเดียวกันพบว่า รงควัตถุชนิดนี้เมื่อใช้ร่วมกับวิตามินอีจะช่วยให้การทำงานของมันดีขึ้นเพราะขบวนการเสื่อมถอยของผิวหนังยังเกิดเนื่องจากการปลดปล่อยของเอนไซม์ Elastase จากการอักเสบของผิวหนังที่ถูกทำลายโดยแสงแดด สาร Anthocyanin จะช่วยป้องกันไม่ให้มีการปลดปล่อย Elastase จึงทำให้ Elastin ยังคงอยู่ในผิวหนัง ช่วยทำให้ผิวหนังไม่เสื่อมถอยลง

4) Proanthocyanidin

สาร Proanthocyanidin เป็นสาร Antioxidant ที่มีประสิทธิภาพการทำงานดีกว่าวิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีน สาร Proanthocyanidin ในการยับยั้งการเกิดโรคพบว่าสามารถป้องกันการเกิดโรค Atheroslerosis มะเร็งไวรัส HSV – 1 และเอนไซม์ Reverse Transcriptase ในไวรัส HIV ได้

สาร Proanthocyanidin นอกจากป้องกันโรค ยังมีรสหวานกว่าน้ำตาลถึง 35 เท่า ผู้ที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลเมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะทำให้เข้าไปบำรุงผิวพรรณให้ดูอ่อนกว่าวัย เพราะการเกิด Oxidation จะทำให้ผิวพรรณเหี่ยวย่น และที่น่าสนใจอีกอย่างคือลดผลกระทบจากรังสี UV คือ ทำหน้าที่ครีมกันแดด และ Antioxidant ทำให้มีสุขภาพที่ดี และยังเพิ่มความงามได้อีกด้วย และยังมีรายงานว่าสารนี้ยังบำรุงผมให้เส้นหนาดกมีสุขภาพผมที่ดี

5) Gamma – Oryzanol

สาร Gamma – Oryzanol เป็นสาร Antioxidant ดีกว่าวิตามินซี วิตามินอี และเบต้าแคโรทีน สารนี้สกัดได้จากน้ำมันรำข้าวมีปริมาณประมาณ 3,000 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม มากกว่าวิตามินอีซึ่งมีปริมาณเพียงประมาณ 300 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม มีรายงานว่า สารลดการเกิดปฏิกิริยา Oxidation ซึ่งเป็นผลผลิตจาก Cholesterol ที่อาจก่อเกิดสารประกอบที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม (Mutagenic) และสารก่อมะเร็ง (Carciogenic) ซึ่งสารเหล่านี้เป็นอันตรายต่อเซลล์ต่างๆ ในหลอดเลือด เช่น Macrophage และเซลล์ Endothelial ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเส้นเลือดอุดตันในหัวใจและโรคที่เกี่ยวข้องกับปอด

2. ข้าวอินทรีย์

2.1ความหมายของข้าวอินทรีย์

กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2550) กล่าวว่า ข้าวอินทรีย์ (Organic Rice) เป็นข้าวที่ได้จากการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งเป็นวิธีการผลิตที่หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีหรือสารสังเคราะห์ต่างๆ เป็นต้นว่า ปุ๋ยเคมี สารควบคุมการเจริญเติบโต สารควบคุมและกำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดโรค แมลงและสัตว์ศัตรูข้าวในทุกขั้นตอนการผลิตและในระหว่างการเก็บรักษาผลผลิต หากมีความจำเป็นแนะนำให้ใช้วัสดุจากธรรมชาติ และสารสกัดจากพืชที่ไม่มีพิษต่อคนหรือไม่มีสารพิษตกค้างปนเปื้อนในผลผลิต ในดินและในน้ำในขณะเดียวกันก็เป็นการรักษาสภาพแวดล้อม ทำให้ได้ผลิตผลข้าวที่มีคุณภาพดี ปลอดภัยจากอันตรายของผลตกค้าง ส่งผลให้ผู้บริโภคมีสุขอนามัยและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น เพื่อให้เกิดความมั่นใจและเชื่อถือในระบบการผลิตและผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องผ่านการตรวจสอบและรับรองจากหน่วยตรวจสอบที่ได้มาตรฐาน

2.2หลักการผลิตข้าวอินทรีย์

การผลิตข้าวอินทรีย์ เป็นระบบการผลิตข้าวที่ไม่ใช้สารเคมีทางการเกษตรทุกชนิด เป็นต้นว่า ปุ๋ยเคมี สารควบคุมการเจริญเติบโต สารควบคุมและกำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดโรค แมลงและสัตว์ศัตรูข้าว ตลอดจนสารเคมีที่ใช้รมเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวในโรงเก็บ การผลิตข้าวอินทรีย์นอกจากจะทำให้ได้ผลผลิตข้าวที่มีคุณภาพสูงและปลอดภัยจากสารพิษแล้ว ยังเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและเป็นการพัฒนาการเกษตรแบบยั่งยืนอีกด้วย

การผลิตข้าวอินทรีย์เป็นระบบการผลิตทางการเกษตรที่เน้นเรื่องของธรรมชาติเป็นสำคัญ ได้แก่ การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ การฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของธรรมชาติ การรักษาสมดุลธรรมชาติและการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ เพื่อการผลิตอย่างยั่งยืน เช่น ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการปลูกพืชหมุนเวียน การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในไร่นาหรือจากแหล่งอื่น ควบคุมโรค แมลงและสัตว์ศัตรูข้าวโดยวิธีผสมผสานที่ไม่ใช้สารเคมีการเลือกใช้พันธุ์ข้าวที่เหมาะสมมีความต้านทานโดยธรรมชาติ รักษาสมดุลของศัตรูธรรมชาติ การจัดการพืช ดิน และน้ำ ให้ถูกต้องเหมาะสมกับความต้องการของต้นข้าว เพื่อทำให้ต้นข้าวเจริญเติบโตได้ดี มีความสมบูรณ์แข็งแรงตามธรรมชาติ การจัดการสภาพแวดล้อมไม่ให้เหมาะสมต่อการระบาดของโรค แมลงและสัตว์ศัตรูข้าว เป็นต้น การปฏิบัติเช่นนี้ก็สามารถทำให้ต้นข้าวที่ปลูกให้ผลผลิตสูงในระดับที่น่าพอใจ การผลิตข้าวอินทรีย์ มีขั้นตอนการปฏิบัติเช่นเดียวกับการผลิตข้าวโดยทั่วไป จะแตกต่างกันที่ต้องหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์ในทุกขั้นตอนการผลิต (กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550)

3. การงอกของเมล็ด

การงอกของเมล็ด หมายถึง กระบวนการต่างๆ อันสลับซับซ้อนที่เกิดขึ้นภายในเมล็ด ซึ่งเป็นผลให้มีการเจริญเติบโต (resumption of growth) ของต้นอ่อน นักสรีระวิทยา หรือนักวิทยาศาสตร์ทางด้านชีวเคมีอาจให้ความหมายหรือคำจำกัดความของการงอกในเมล็ดแต่เพียงระยะที่รากอ่อนแทงทะลุส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาให้เห็น แต่นักวิทยาศาสตร์ทางด้านเมล็ดข้าว (Seed Technologist) หรือ นักวิชาการทางเกษตร (Agriculturist) ที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชให้ความหมายคำว่า การงอกของเมล็ดไว้ว่า หมายถึง ระยะตั้งแต่เริ่มแรกที่เมล็ดข้าวมีกระบวนการต่างๆ เกิดขึ้นในเมล็ดที่กำ ลังพักผ่อน ไปจนถึงระยะที่ต้นอ่อนเจริญเติบโต และเจริญพัฒนาไปเป็นต้นกล้าที่แข็งแรงสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ต่อไปภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529)

3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าว

3.1.1 น้ำ เป็นปัจจัยแรกที่เมล็ดต้องการใช้สำหรับการงอก เพื่อละลายโปรโตพลาสซึม น้ำทำให้อาหารที่เก็บสะสมไว้ในเมล็ดในรูปโมเลกุลใหญ่ๆ แตกย่อยออกเป็นโมเลกุลเล็กๆ เพื่อขนย้ายไปยังจุดเจริญ เมล็ดข้าวในสภาพที่แห้ง (air dry) โดยทั่วไปมีความชื้นประมาณร้อยละ 6 – 14 แต่การที่เมล็ดจะงอกได้นั้น เมล็ดต้องมีความชื้นสูงประมาณร้อยละ 30 – 60 ของน้ำหนักแห้ง มากน้อยแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช อาทิเช่น ข้าว (*Oryaza sativa*) ต้องมีความชื้นร้อยละ 32- 35 ข้าวโอ๊ต (*Avena sativa*) มีร้อยละ 32 - 36 และ ข้าวสาลี (*Triticum aestivum*) มีร้อยละ 69 สำหรับหน้าที่ของน้ำที่เกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ดข้าวมีดังต่อไปนี้

1.1) น้ำทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนนุ่มเมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากผนังเซลล์ และโปรโตพลาสซึมขยายตัว

1.2) น้ำช่วยให้ออกซิเจนเข้าไปสู่ภายในของเมล็ดทำให้เมล็ดมีการหายใจเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่อผนังเซลล์ดูดน้ำเข้าไปแล้วผนังเซลล์จะอ่อนนุ่ม ทำให้การดูดซึมออกซิเจนเข้าไปภายในเมล็ดสะดวกขึ้น

1.3) น้ำเป็นตัวละลายโปรโตพลาสซึม มีผลทำให้กิจกรรมทางชีวเคมีต่างๆ ในเมล็ดซึ่งเคยหยุดนิ่งหรือเกิดขึ้นช้าๆนั้น มีกิจกรรมมากขึ้นและมีอัตราสูงขึ้น มีการย่อย (digest) และนำแร่ธาตุอาหารจากส่วนที่เก็บสะสมไว้ไปยังจุดเจริญ

1.4) น้ำเป็นพาหะและช่วยในการขนย้ายถ่ายเทอาหารต่างๆ ที่เมล็ดเก็บสะสมไว้ ทำให้สามารถถูกนำไปใช้ได้รวดเร็วขึ้น

วันชัย จันทร์ประเสริฐ (2537) กล่าวว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดูดน้ำที่มาจากเมล็ด เช่น การยอมให้น้ำซึมผ่านของเปลือกเมล็ด เมล็ดที่มีเปลือกหนาจะดูดน้ำได้ช้ากว่าเมล็ดที่มีเปลืองบาง เช่น เมล็ดข้าวดูดน้ำได้ช้ากว่าเมล็ดถั่วเหลือง (permeability) เนื่องจากเปลือกเมล็ดข้าวประกอบด้วย เปลือกแข็ง (hull) เปลือกหุ้มเมล็ด และ เปลือกหุ้มผล ขณะที่ถั่วเหลืองมีเพียงเปลือกหุ้มเมล็ดเท่านั้น นอกจากนี้เมล็ดพืชต่างชนิดกัน ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ดที่ต่างกัน ก็ย่อมมีอัตราการดูดน้ำที่ต่างกันได้ เช่น เมล็ดถั่วเหลืองมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีนย่อมมีอัตราเร็วในการ ดูดซับน้ำได้สูงกว่าเมล็ดข้าวโพดที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก

3.1.2 ออกซิเจน การงอกของเมล็ดเป็นขบวนการที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ที่มีชีวิต และต้องใช้พลังงาน จึงต้องใช้ออกซิเจนสำหรับการหายใจ เพื่อย่อยสลายอาหารให้ได้มาซึ่งพลังงานที่จำเป็นสำหรับการงอก โดยทั่วไปเมล็ดข้าวพืชงอกได้ในบรรยากาศที่มีออกซิเจนประมาณร้อยละ 20 ถ้าบรรยากาศรอบๆ เมล็ดมีออกซิเจนมากขึ้น อัตราการงอกจะเพิ่มขึ้น ในบรรยากาศทั่วๆไปมีออกซิเจนอยู่ในปริมาณที่เพียงพอที่เมล็ดข้าวพืชจะงอกได้ แต่มีเมล็ดข้าวพืชบางชนิดสามารถงอก ได้ที่ๆ มีออกซิเจนต่ำกว่าปกติ ตัวอย่างเช่น ข้าว

3.1.3 อุณหภูมิที่พอเหมาะ ปกติเมล็ดข้าว และพืชทั่วๆไปสามารถงอกได้ดีในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 10 – 35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดข้าวชนิดต่างๆ

3.1.4 แสง เมล็ดพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจส่วนใหญ่ไม่ต้องการแสงในการงอก เช่น ข้าว และข้าวฟ่าง (Sorghum bicolor)

3.1.5 ปัจจัยอื่นๆ Noble (2001) ได้ศึกษาอิทธิพลของควันบุหรี่ ต่อการงอกของเมล็ดหัวผักกาด ผักกาดหอมเคล (kale) ข้าว ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ และข้าวไรย์ พบว่าควันบุหรี่มีผลต่อการชะลออัตราการงอกของเมล็ดดังกล่าว และยังมีผลในการยับยั้งการเกิดเอนไซม์บางชนิด (α-amylase และ lysozyme) ที่เกิดระหว่างการงอกของเมล็ดเหล่านี้

4. ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice หรือ “GABA-rice”)

ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice) เป็นการนำข้าวกล้องมาผ่านกระบวน การงอก ซึ่งโดยปกติแล้วในตัวข้าวกล้องเองประกอบด้วยสารอาหารจำนวนมาก เช่น ใยอาหาร กรดไฟติก (Phytic acid) วิตามินซี วิตามินอี และ GABA (gamma aminobutyric acid) ซึ่งช่วยป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน และช่วยในการควบคุมน้ำหนักตัว เป็นต้น เมื่อนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเพื่อทำให้งอกจะทำให้ข้าวกล้องมีสารอาหาร โดยเฉพาะ GABA เพิ่มขึ้น ซึ่งนอกจากจะได้ประโยชน์จากการที่มีปริมาณสารอาหารที่สูงขึ้นแล้ว ยังทำให้ข้าวกล้องงอกที่หุงสุกมี เนื้อสัมผัสที่อ่อน

นุ่ม รับประทานได้ง่ายกว่าข้าวกล้องธรรมดาอีกด้วย จึงง่ายแก่การหุงรับประทานได้โดยไม่ต้องผสมกับข้าวขาวตามความนิยมของผู้บริโภค

องค์ประกอบทางกายภาพและทางชีวเคมีของ "เมล็ดข้าว" ประกอบด้วย เปลือกหุ้มเมล็ดหรือแกลบ (Hull หรือ Husk) ซึ่งจะหุ้มข้าวกล้อง ในเมล็ดข้าวกล้องประกอบด้วย จมูกข้าวหรือคัพภะ (Germ หรือ Embryo) รำข้าว (เยื่อหุ้มเมล็ด) และเมล็ดข้าวขาวหรือเมล็ดข้าวสาร (Endosperm) สารอาหารในเมล็ดข้าวประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบหลัก โดยมีโปรตีน วิตามินบี วิตามินอี และแร่ธาตุที่แยกไปอยู่ในส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว นอกจากนี้ ยังพบสารอาหารประเภท ไขมันซึ่งพบได้ในรำข้าวเป็นส่วนใหญ่

ข้าวเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีการเจริญเติบโตจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี การเปลี่ยนแปลงจะเริ่มขึ้นเมื่อน้ำได้แทรกเข้าไปในเมล็ดข้าว โดยจะกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวเกิดการทำงาน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอก (malting) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการทางชีวเคมีจนเกิดเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กลง (oligosaccharide) และน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) นอกจากนี้โปรตีนภายในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยให้เกิดเป็นกรดอะมิโน และเปปไทด์ รวมทั้งการสะสมสารเคมีสำคัญต่าง ๆ เช่น แกมมาออริซานอล (gamma-orazynol) โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโคไตรอีนอล (tocotrienol) และโดยเฉพาะ สารแกมมา-อะมิโนบิวทิริกแอซิด (gamma-aminobutyric acid) หรือที่รู้จักกันว่า "สารกาบา"(GABA)

4.1 GABA (gamma aminobutyric acid)

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

ได้มีผู้ศึกษาการบริโภคข้าวกล้องงอกในหนู พบว่า การบริโภคข้าวกล้องงอก ที่มีสาร GABA มากกว่าข้าวกล้องปกติ 15 เท่า จะสามารถป้องกันการทำลายสมอง เนื่องจากสารเบต้า-อไมลอยด์เปปไทด์ (β-amyloid peptide) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคสูญเสียความทรงจำ (อัลไซด์เมอร์) ดังนั้น จึงได้มีการนำสาร GABA มาใช้ในวงการแพทย์เพื่อการรักษาโรคเกี่ยวกับระบบประสาทต่างๆ หลายโรค เช่น โรควิตกกังวล โรคนอนไม่หลับ โรคลมชัก เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีผลการวิจัยด้านสุขภาพ กล่าวว่า ข้าวกล้องงอกที่ประกอบด้วย GABA มีผล

ช่วยลดความดันโลหิต ลด LDL (Low density lipoprotein) ลดอาการอัลไซเมอร์ ลดน้ำหนัก ทำให้ผิวพรรณดี ตลอดจนใช้บำบัดโรคเกี่ยวกับระบบประสาทส่วนกลางได้

5. อาหารและโภชนาการสำหรับเด็กปฐมวัย

5.1 อาหารหลัก 5 หมู่ สารอาหารที่จำเป็นต่อพัฒนาการ

อาหารเป็นสิ่งสำคัญที่สุดต่อร่างกายของมนุษย์ นับตั้งแต่ปฏิสนธิอยู่ในครรภ์มารดา เมื่อเริ่มมีชีวิต ทารกจะได้รับอาหารผ่านทางสายรก และใช้ในการเจริญเติบโตตลอดมา โดยมีหลักการคือ เด็กที่อยู่ในวัยพัฒนาการมีการเจริญเติบโต ควรได้รับอาหารในหมู่ที่ 1 คือ เนื้อสัตว์ต่างๆ ถั่วเมล็ดแห้งให้มาก ซึ่งจะมีสารอาหารโปรตีนเป็นจำนวนมาก มีหน้าที่ในการซ่อมแซมและสร้างความ เจริญเติบโตของร่างกายหากได้รับไม่เพียงพอ จะเกิดการขาดสารอาหารโปรตีน ควรให้ได้รับสารอาหารโปรตีนเป็น อันดับแรกและมีปริมาณมากเพียงพอใน 1 วัน ในอาหารแต่ละหมู่จะมีอาหารหลากหลาย แต่จะมีสารอาหารคล้ายๆ กันสามารถทดแทนกันได้ เช่น

อาหารหมู่ที่ 1 ประเภทเนื้อสัตว์และถั่วเมล็ดแห้งให้สารอาหารประเภทโปรตีน อาจให้เด็กกินเนื้อสัตว์ หรือถั่วเมล็ดแห้งทดแทนเป็นบางมื้อได้ หรืออาจสับเปลี่ยนเป็นเนื้อปลา เนื้อไก่ เนื้อวัว เครื่องในสัตว์หรืออาจเปลี่ยนเป็นไส้กรอกหมูไส้กรอกเนื้อ

อาหารหมู่ที่ 2 ประเภทแป้ง น้ำตาล ให้สารอาหารคาร์โบไฮเดรต อาจให้อาหารประเภทหัวเผือกหัวมันหรือก๋วยเตี๋ยวขนมปังแทนได้เพราะมีแป้งมากเหมือนกัน

อาหารหมู่ที่ 3 ผักใบเขียวหรือพืชผักต่างๆ อาจสลับสับเปลี่ยนหมุนเวียนไปตามฤดูกาลเพื่อความสะดวก และในแต่ละมื้อควรให้หลากหลายชนิด เพื่อให้ได้วิตามินแลแร่ธาตุ และมีใยอาหารช่วยป้องกันมิให้เกิดอาการท้องผูก

อาหารหมู่ที่ 4 ผลไม้ต่างๆ ควรเป็นผลไม้ตามฤดูกาล ไม่ควรกินชนิดเดียวกันซ้ำๆ หรือผลไม้ที่มีรสหวานมากๆเช่นละมุดเพราะจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง

อาหารหมู่ที่ 5 น้ำมัน ไขมันจากสัตว์และพืช อาจทดแทนกันได้ในรูปของเนยหรือกระทิ แม้จะเป็นอาหารที่ให้พลังงานเป็น 2 เท่าของคาร์โบไฮเดรต แต่ต้องได้รับทุกวันในปริมาณที่พอเหมาะ เพราะมีความจำเป็นต่อการดูดซึมของวิตามินที่ต้องละลายในไขมัน คือวิตามิน เอ ดี อี เค จึงต้องกินอาหารที่ปรุงด้วยไขมันด้วย

5.2 ปัญหาการขาดสารอาหารและการแก้ไขปัญหาการขาดสารอาหารในเด็ก

การขาดสารอาหารอย่างใดอย่างหนึ่งจากความบกพร่องของการบริโภค อาหาร จะทำให้เกิดอาการผิดปกติของร่างกายกลายเป็นโรคขาดสารอาหาร ยิ่งเมื่อเกิดในเด็กวัยที่กำลังเจริญเติบโต คือ อายุระหว่างแรกเกิดจนถึง 5 ปี ที่เป็นพื้นฐานสำคัญของอนาคตแล้ว ก็ยิ่งเป็นปัญหาที่เลวร้ายมากที่สุด การ ขาดสารอาหารในวัยเด็กจะทำให้เกิดความชะงักของการเจริญเติบโตเด็กจะแคระแกร็น ส่งผลกระทบต่อระบบสมอง เนื่องจากมีการค้นพบว่า สมองของ คนเราจะเจริญอย่างรวดเร็วถึง90% ในช่วง 2 ปีแรกของชีวิต ต่อจากนั้นจะ เจริญต่อไปจนอายุ 5 ปีหากช่วงอายุดังกล่าวเด็กได้รับสารอาหารไม่ครบถ้วน นอกจากร่างกายเจริญเติบโตไม่ดีแล้ว สมองก็จะเจริญเติบโตไม่เต็มที่ด้วย แม้ว่าจะได้รับการแก้ไขโดยการเร่งให้อาหาร เพิ่มขึ้นในช่วงเลยปฐมวัยไป แล้ว ก็ไม่สามารถทำให้การเจริญของสมองที่เสียไปหรือไม่สมบูรณ์ เพราะ ขาดสารอาหารกลับคืนมาเป็นปกติได้ เด็กในวัยนี้ไม่มีความสามารถจะแสวง หาอาหารมากินเองได้ พ่อแม่ผู้เลี้ยงดูเด็ก จึงมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมาก

5.3ปัญหาการขาดสารอาหาร

เกิดจากหลายสาเหตุด้วยกันคือ

5.3.1ความขาดแคลนอาหาร

เกิดจากสภาพพื้นที่ไม่เอื้ออำนวยที่จะผลิตอาหาร เช่น แห้งแล้ง กันดาร ภูมิอากาศไม่เหมาะสม ประชาชนในพื้นที่ไม่มีความรู้ ที่จะเพาะปลูก หรือผลิต หรือดัดแปลงถนอมอาหารที่ผลิตได้ใน บางฤดูกาลให้มีคุณค่าขึ้นหรือสามารถเก็บไว้กินได้ตอลดปี เป็น พื้นที่ทุรกันดารยากลำบากต่อการจัดส่งอาหาร เข้าไปได้ หรือ ซื้ออาหารที่มีคุณค่ารับประทานได้

5.3.2การขาดความรู้ทางโภชนาการ

แม้จะมีความอุดมสมบูรณ์และสามารถซื้อหามาได้ก็ตาม แต่ หากขาดความรู้ที่จะคัดเลือกอาหารที่ดีมีคุณค่า ก็จะส่งผลให้ บริโภคอาหารที่ขาดประโยชน์ไม่สมกับราคาที่ซื้อมา ทำให้เกิด การขาดสารอาหารได้ นอกจากนี้การไม่รู้จักเลือกและเปรียบ เทียบประโยชน์ของอาหาร เช่น ไม่ชอบซื้อผลไม้ที่มีในฤดูกาล และราคาถูกมากินแต่กลับเลือกซื้ออาหารที่เป็นแป้งหรือน้ำตาลที่บรรจุภัณฑ์สวยๆ มีโฆษณาเปรียบเทียบคุณค่าชวนเชื่อตาม กระแสนิยม การขาดความรู้ทางโภชนาการส่งผลไปถึงขั้นตอน การผลิตอาหารด้วย คือ แม้จะตระหนักถึงคุณค่าและจัดซื้อมา แล้วก็ตาม แต่ใช้วิธีการเพื่อเตรียมนำมาบริโภคที่ไม่เหมาะสม กับอาหารเหล่านั้น ก็จะสูญเสียคุณค่าไปไม่ได้ประโยชน์ เช่น ใช้ข้าวซ้อมมือแทนข้าวขัดขาว แต่ใช้วิธีหุงข้าว ก็จะถูกละลาย ออกมากับน้ำตั้งแต่การซาว การเทน้ำทิ้ง ประโยชน์ที่จะได้รับ ก็จะได้แต่สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต หรือ

เลือก กินผักผลไม้แทนอาหารหวานแต่ไม่ผ่านการล้างอย่างถูกวิธีให้สะอาด ถูกอนามัย ก็จะมีเชื้อปนเปื้อนอยู่ เป็นเหตุทำให้ได้รับเชื้อโรค เหล่านั้นเข้าไปด้วยและแม้จะผ่านการคัดเลือกอาหารที่ดีมีการ เตรียมการที่ถูกสุขลักษณะ แต่ผู้กินไม่กินอาหารถูกต้องตาม หลักโภชนาการ คือ การกินอาหารอย่างเร็ว ไม่เคี้ยวอาหารให้ ละเอียด การกินอาหารที่ไม่เป็นเวลาทำให้ได้รับอาหารหลักไม่ ตรง ตามมือหรือตามส่วน เนื่องจากกินของว่างประเภทที่เป็น น้ำตาลมากเกินไป จะไปเบียดเนื้อที่ในกระเพาะอาหาร ทำให้ รับอาหารได้ไม่เต็มที่หรือเลือกกินเฉพาะอาหารที่ชอบเขี่ยสิ่งที่ไม่ชอบออก ก็จะส่งผลให้เกิดโรคขาดสารอาหารได้

5.3.3ความบกพร่องของร่างกาย

ความบกพร่องของร่างกาย เช่น อวัยวะการบดเคี้ยวไม่สมบูรณ์ ทำให้ระบบการย่อยอาหารตั้งแต่ การเคี้ยวลงไปบกพร่องหรือมีพยาธิ เช่น พยาธิปากขอก็จะเกิดโรคโลหิตจาง หรือแม้แต่ความ บกพร่องของอวัยวะที่ดูดซึมสารอาหาร ที่ไม่สามารถดูดซึมอาหารเข้าไปใช้ในร่างกายได้ ในประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ มีผักผลไม้กินตลอดปี แต่ปัญหาการขาดสารอาหารของเด็กก็ยังเกิดอย่างต่อเนื่อง จากการสำรวจพบว่า เด็กก่อนวัยเรียนจะมีปัญหาการขาด โปรตีนและพลังงานในระดับรุนแรงย่อมแสดงให้เห็นแล้วว่า ความรู้ในเรื่องโภชนาการสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องยังอยู่ในระดับ ที่ต่ำมากต้องแก้ไขผู้เลี้ยงดูเด็กจะมีบทบาทเป็นอย่างยิ่งใน เรื่องนี้ แต่ต้องตระหนักว่าการแก้ไขให้เด็กได้รับสารอาหาร อย่างมีคุณค่าและปลูกฝังนิสัยการกินที่ดีต้องเป็นหน้าที่ร่วม กันระหว่างผู้เลี้ยงดูเด็กและผู้ปกครองที่ต้องทำความเข้าใจ ให้ตรงกัน เป็นหน้าที่ของผู้เลี้ยงดูเด็กที่จะต้องแก้ไขปัญหา นี้อย่างเร่งด่วน โดยถือเป็นภารกิจอันสำคัญยิ่ง โรคขาดสารอาหารในเด็กในประเทศไทยที่พบเห็นอยู่เสมอ คือ โรคขาดโปรตีนและพลังงาน โรคขาดวิตามินเอ โรคขาดวิตามินบี 1 โรคขาดวิตามินบี 2 โรคโลหิตจาง ส่วนใหญ่เมื่อเด็ก เป็นโรคขาดโปรตีนและพลังงาน จะมีอาหารขาดสาร อาหารอื่นร่วมด้วย เช่น ขาดวิตามินเอ วิตามินบีต่างๆ ผู้เลี้ยงดูเด็กจะสังเกตเด็กว่าขาดอาหารหรือไม่ โดยการสังเกตได้เป็น 2 ระดับ คือ หากเด็กขาดโปรตีนและพลังงานในระดับรุนแรง จะปรากฏอาการชัดเจน สังเกตได้จากร่างกาย มีลักษณะผอมแห้ง ผิวพรรณหน้าตาเหี่ยวย่นเหมือนคนแก่ ไขมันใต้ผิวหนังและกล้ามเนื้อมี น้อยมาก หากเด็กขาดสารอาหารอยู่ในระดับไม่ร้ายแรงนัก เด็กจะผอม ตัวเล็กกว่าปกติ แขนขาเล็กลีบกว่าปกติหน้าตาซูบซีดไม่มีแรง แต่ทั้ง 2 ระดับ ขนาดของศีรษะจะเล็ก ย่อมหมายถึงสมองของเด็กจะเล็กลงด้วย การทำงานของสมอง จะรับรู้ได้ช้าลง มีความเฉื่อยชา ขาดความสามารถในการใช้อวัยวะที่สัมพันธ์กัน เช่น ระหว่างมือและตา ระบบประสาทจะพัฒนาได้ช้า หากเด็กได้รับอาหารที่พอเพียงและมีประโยชน์ต่อร่างกาย มีผลต่อความมั่นคงทางระบบประสาท เด็กจะมีความร่าเริง คล่องแคล่ว นอนได้หลับสนิท ควบคุมอารมณ์และปรับปารมณ์ได้ตามสภาพแวดล้อม มีโครงสร้างของร่างกาย

ได้สัดส่วน น้ำหนักตัวและส่วนสูงเหมาะสมกับอายุ ผิวพรรณสดใส ตาเป็นประกาย ริมฝี ปากแดง ผมเป็นมัน

5.3.4สาเหตุของการขาดสารอาหารในเด็ก

การขาดสารอาหารอย่างใดอย่างหนึ่งจากความบกพร่องของการบริโภคอาหาร จะทำให้เกิดอาการผิดปกติของร่างกายกลายเป็นโรคขาดสารอาหาร ยิ่งเมื่อเกิดในเด็กวัยที่กำลังเจริญเติบโต คือ อายุระหว่างแรกเกิดจนถึง 5 ปี ที่เป็นพื้นฐานสำคัญของอนาคตแล้ว ก็ยิ่งเป็นปัญหาที่เลวร้ายมากที่สุด การ ขาดสารอาหารในวัยเด็กจะทำให้เกิดความชะงักของการเจริญเติบโตเด็กจะ แคระแกร็น ส่งผลกระทบต่อระบบสมอง เนื่องจากมีการค้นพบว่า สมองของ คนเราจะเจริญอย่างรวดเร็วถึง90% ในช่วง 2 ปีแรกของชีวิต ต่อจากนั้นจะ เจริญต่อไปจนอายุ 5 ปีหากช่วงอายุดังกล่าวเด็กได้รับสารอาหารไม่ครบถ้วน นอกจากร่างกายเจริญเติบโตไม่ดีแล้ว สมองก็จะเจริญเติบโตไม่เต็มที่ด้วย แม้ว่าจะได้รับการแก้ไขโดยการเร่งให้อาหาร เพิ่มขึ้นในช่วงเลยปฐมวัยไปแล้ว ก็ไม่สามารถทำให้การเจริญของสมองที่เสียไปหรือไม่สมบูรณ์ เพราะ ขาดสารอาหารกลับคืนมาเป็นปกติได้ เด็กในวัยนี้ไม่มีความสามารถจะแสวง หาอาหารมากินเองได้ พ่อแม่ผู้เลี้ยงดูเด็ก จึงมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

5.3.5สาเหตุที่ทำให้เด็กเบื่ออาหาร

เด็กแต่ละคนจะมีความต้องการอาหารไม่เหมือนกันเด็กในวัยนี้ ยังไม่รู้จักที่จะกินอาหารที่มีประโยชน์ ที่ควรกินได้เป็นเรื่องที่ผู้เลี้ยงดูเด็กจะได้ร่วมมือ กับพ่อแม่ ผู้ปกครองของเด็ก เข้าใจและพยายามหาวิธีการ ที่จะส่งเสริมให้ เด็กได้รับประทานอาหารที่มีประโยชน์โดยความสมัครใจและต้องหาสาเหตุ ของการไม่กินอาหารของเด็กแล้วค่อยๆฝึกสุขนิสัยในการกินอาหารของเด็ก ไปพร้อมกัน กลวิธีในการกินของเด็ก เริ่มตั้งแต่ศูนย์สั่งความหิวในสมองถูก กระตุ้นโดย ภาวะน้ำตาลในเลือดลดลง กระเพาะที่ว่างเปล่า สายตามองเห็น อาหาร จมูกและลิ้นได้กลิ่นและรสสัมผัสของอาหาร มีการเคี้ยวกลืน หลอด อาหารก็จะบีบรัดตัว ทำให้อาหารลงไปในกระเพาะอาหารผ่านเข้าไปยังลำไส้ เล็กซึ่งเป็นที่ สำหรับการย่อยและการดูดซึมสารอาหารแล้วจึงนำกากอาหาร ส่งไปยังลำไส้ใหญ่เพื่อถูกขับออกทางทวารหนักต่อไป

สาเหตุที่ทำให้เด็กเบื่ออาหารไม่กินอาหารแบ่งได้ตามสาเหตุดังนี้

1.สาเหตุทางกาย

2. สาเหตุทางอารมณ์และจิตใจ

1)สาเหตุทางกาย

เด็กอาจมีโรคหรืออาการที่ทำให้ไม่สามารถกินอาหารได้เช่น

1) โรคของช่องปาก เด็กอาจมีอาการของปากเป็นแผล ลิ้นเจ็บ ฟันผุหรือเกิดเจ็บปวดที่ฟัน เนื่องจากฟันกำลังขึ้น คออักเสบจาก การเป็นหวัดทำให้เด็กกินอาหารไม่สะดวกเด็กก็จะปฏิเสธไม่กิน อาหาร

2) รูปปากของเด็กผิดปกติ เช่น คางสั้นกว่าปกติ เพดานปากสูง เวลาเด็กดูดนมจะทำให้สำลักง่าย

3)โรคความผิดปกติของสมองทำให้ไม่สามารถดูดหรือกลืนอาหารหรือนมได้ตามปกติ

4) โรคหัวใจหรือโรคเกี่ยวกับปอด ทำให้เด็กดูดนมแล้วเหนื่อยง่าย หรือเด็กมีอาการมากจนต้องใช้วิธีสอดสายยางเข้าไปช่วยในระยะเวลานานๆทำให้เด็กลืมที่จะเคี้ยวหรือกลืนอาหาร

5) โรคของระบบทางเดินอาหาร โดยปกติหลอดอาหารจะมีการบีบตัวเลื่อนไหลอาหารลงไปยังกระเพาะอาหารได้อย่างสม่ำเสมอ โดยจะมีหูรูดอยู่อยู่บริเวณ ปลายส่วนที่ติดกับกระเพาะอาหาร เพื่อมิให้อาหารที่กินเข้าไป ย้อนออกจากกระเพาะอาหารได้ เรียกอาการนี้ว่า หลอดอาหาร หลวม ทำให้เด็กเกิดอาการสำลักนมสำลักอาหารหรืออาเจียนง่ายเมื่อกินอาหารเข้าไป

6) โรคกระเพาะยึดหรือกระเพาะคราก เกิดจากเมื่อกินอาหารเข้าไปแล้วกระเพาะไม่บีบตัว ให้อาหารผ่านเข้าไปในลำไส้เล็ก ทำให้อาหารที่ย่อยไปบ้างแล้วค้างอยู่ในกระเพาะนาน หากเด็กมีอาการหลอดอาหารหลวมร่วมด้วย จะทำให้อาหารย้อนขึ้นไปในหลอดอาหาร แทนที่จะผ่านไปในลำไส้เล็ก ทำให้เกิดอาเจียน ออกง่าย จนทำให้เด็กกลัวไม่กินอาหาร

7) โรคของระบบการย่อยอาหารบกพร่อง ทำให้เด็กเบื่อกินอาหารที่มีนมหรืออาหารอื่นๆ ที่มีน้ำตาลหรือแลคโตสที่ต้องการเอนไซม์ไปยังลำไส้เล็กทำการย่อยและดูดซึม หากในลำไส้เล็กมีเอนไซม์ดังกล่าว น้อยหรือไม่มีเลย เมื่อเด็กกินนมหรือผลิตภัณฑ์จากนมก็จะมีอาการปวดท้อง ท้องเสียหรือท้องผูก หากพ่อแม่ ผู้ ปกครอง ผู้เลี้ยงดูเด็กไม่ทราบสาเหตุนี้ บังคับให้เด็กกินนมหรือผลิตภัณฑ์จากนมเข้าไปในปริมาณมากๆ ทุกวัน จะทำให้เด็กปวดท้องและทำให้ระบบการย่อยอาหารอื่น ๆ เสียไปด้วย

8) การแพ้น้ำนมวัว เกิดจากการแพ้สารอาหารโปรตีนในน้ำนมวัว อาจเป็นการแพ้ถาวร คือ เมื่อกินน้ำนมวัวเข้าไปจะเกิดอาการ ปวดท้อง ท้องเสีย หอบหืด เป็นผื่นลมพิษ หรืออาการแพ้ชั่วคราว คือ แพ้ใน ระยะเริ่มแรกที่กินน้ำนมวัวเข้าไปในระยะ 1-2 ปีแรก หลังจากนั้นร่างกายจะปรับสมดุล ทำให้กินน้ำนมวัวได้ตามปกติ ควรให้เด็กกินน้ำนมแม่ให้มากที่สุด ก็จะลดการแพ้น้ำนมวัวใน เด็กเล็กได้มาก

9) การแพ้สารอาหาร เด็กจะเกิดอาการแพ้เมื่อกินอาหารเข้าไป จะมีอาการอาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย หอบหืด มีผื่นขึ้นตามตัว คันตามร่างกายและอวัยวะที่บอบบาง เช่น เยื่อตา จมูก ส่วนใหญ่ จะแพ้อาหารทะเล ผักบางอย่าง เนื้อสัตว์บางชนิด เมื่อเด็กรับ ประทานเข้าไปแล้วเกิดอาการดังกล่าวนั้น ทำให้เด็ก ปฏิเสธไม่ กินอาหารเหล่านี้ หรืออาจจะปฏิเสธอาหารทุกชนิดไปเลย

10) โรคท้องผูก โรคนี้พบได้มากในเด็กทุกวัยที่มี พฤติกรรมการกินไม่เหมาะสม คือ กินอาหารที่มีกากน้อยหรือพ่อแม่ ผู้ปกครอง ผู้ดูแลเด็กให้กินนม ที่ผสมเจือจางเกินไปทำให้อุจจาระแข็ง เมื่อขับถ่าย จะใช้เวลานาน หากเด็กรีบร้อนไม่อยากใช้เวลานาน ก็จะใช้การเบ่งเข้าช่วย ทำให้อุจจาระที่แข็งนั้นครูด กับทวารหนัก อาจมีเลือดออก และอาจเป็นสาเหตุ ของริดสีดวงทวารในอนาคต เด็กเองเมื่อถ่ายแล้ว เจ็บตัวบ่อยๆ ก็ปฏิเสธอาหาร เพื่อจะได้ไม่ต้องถ่ายอุจจาระที่แข็งนั้นครูดกับทวารในอนาคต เด็ก เองเมื่อถ่ายแล้วเจ็บตัวบ่อยๆ ก็ปฏิเสธอาหาร เพื่อจะได้ไม่ต้องถ่ายอุจจาระ ก่อให้เกิดโรคท้องผูก และน้ำหนักตัวน้อยตามมา หากพ่อแม่ ผู้ปกครอง ผู้ดุแลเด็ก ไม่เข้าใจสาเหตุตรงนี้กลับสวน อุจจาระให้เด็กเพื่อให้ถ่ายได้ ก็จะยิ่งเกิดการเจ็บปวดมากขึ้นวิธีแก้ไข คือต้องรักษาแผลที่ก้นให้หายสนิท เพิ่มกากอาหารและน้ำให้อุจจาระนิ่มเหลวถ่ายง่าย ได้ ก็จะยิ่วเกิดการเจ็บปวดมากขึ้น

2)สาเหตุทางอารมณ์และจิตใจ

เด็กในวัยนี้เป็นวัยที่มีการพัฒนาการทั้งร่างกายและจิตใจ เด็กเริ่มเรียนรู้สิ่งภายนอกและสิ่ง แวดล้อม มากขึ้น พ่อแม่ ผู้ปกครอง ผู้ดูแลเด็กบางครั้งจะไม่เข้าใจถึงความต้องการของเด็ก ทำให้เด็กเกิดความเครียด ไม่พอใจ สับสน ส่งผลกระทบถึงการกินอาหารของเด็ก สาเหตุที่ทำให้เด็กเบื่ออาหารด้านอารมณ์และจิตใจ มีดังนี้

1) เด็กยังไม่เกิดความหิว เพราะผู้ใหญ่ตามใจเกินไปด้วย การให้กินขนมตลอดเวลาเช่น ลูกกวาด น้ำหวาน ของหวาน เด็กในวัยนี้กำลังเล่น มีการออกกำลังมาก ทำให้หิวน้ำและ หิวบ่อย หากให้ดื่มน้ำหวาน ของหวานใกล้เวลาอาหารมาก เกินไป ก็จะทำให้เด็กอิ่มไม่อยากอาหารหรือกินอาหารได้น้อยลงไม่กินอาหารตามเวลา

2) เด็กสนใจการเล่นหรือกิจกรรมอื่น ไม่อยากรับประทาน อาหารเพราะจะทำให้การเล่นขาดตอนไป พ่อแม่ผู้ปกครอง ควรโน้มน้าวจิตใจไม่ให้สิ่งอื่นๆล่อใจเด็กเวลากินข้าว เช่น รายการโทรทัศน์ เกมส์ เพื่อนบ้านที่มีการเล่นส่งเสียงดังชักจูงไม่ให้เด็กสนใจกินข้าว

3) เด็กถูกบังคับจิตใจมากเกินไป เช่น ผู้ใหญ่ยัดเยียด อาหาร ให้มากเกินไป บังคับให้รับประทานอาหารที่ไม่ชอบ ในปริมาณมาก หรืออาหารมีรสชาติ กลิ่น ลักษณะที่เด็กไม่ ชอบหรือไม่เคยกิน เช่น มีกลิ่นฉุน มีรสจัด ใช้วินัยระหว่าง การกินมากไป เช่น ลงโทษเด็กเวลาทำเลอะเทอะ หรือภาชนะตกแตก ด้วยการตีมือ ใช้วิธีลง โทษ เมื่อเด็กกินได้น้อย เด็กเมื่อถูกบังคับก็จะโกรธแสดง อาการดื้อรั้นและต่อต้านโดยไม่ยอม กินอาหารที่จัดไว้ให้

4) เด็กมีอารมณ์สะเทือนใจก่อนการกินข้าว เช่น เห็นคนในครอบครัวทะเลาะกันก่อนกินข้าว การต้องการความรักเอาใจใส่ของครอบครัวเวลากินข้าว ถูกลงโทษให้กินข้าวคนเดียว

5.3.6วิธีการป้องกันและแก้ไขปัญหาการเบื่ออาหารของเด็กปฐมวัย

ผู้เลี้ยงดูเด็กควรมีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถแก้ไขปัญหาการเบื่ออาหารของเด็กได้เป็นอย่างดี เพราะผู้เลี้ยงดูเด็กเป็นผู้มีบทบาทอย่างยิ่งในการสนับสนุนการเจริญเติบโตของเด็ก ดังนั้นนอกจากผู้เลี้ยงดูเด็กจะต้องสามารถฝึกนิสัยให้เด็กมีการกินอย่างถูกสุขลักษณะแล้ว ก็ยังต้องมีการประสานกับพ่อแม่ร่วมมือกันแก้ไขดังนี้

1. เวลากินอาหารควรให้เด็กได้นั่งในที่ของตัวเอง มีจานชามของตัวเอง พยายามให้เด็กได้ตักอาหารเองโดยผู้เลี้ยงดูเด็กคอยควบคุมอยู่ห่าง ๆ แรก ๆ เมื่อเด็กกินอาหารเลอะเทอะอย่าดุในทันที ในกรณีนี้ผู้เลี้ยงดูเด็กควรหาผ้าปูโต๊ะที่ทำความสะอาดง่าย ๆ และมีผ้ากันเปื้อนให้เด็ก รวมทั้งกระดาษเช็ดปากเช็ดโต๊ะ ใกล้มือเพื่อหยิบฉวยใช้ได้สะดวก และเมื่อเด็กกินได้สะอาดเรียบร้อยควรกล่าวชมทันที

2. ผู้เลี้ยงดูเด็กควรเอาใจใส่สังเกตอาการเจ็บป่วยหรือความผิดปกติของเด็กตลอดเวลา เช่น หากเป็นไข้ก็ควรเปลี่ยนเป็นอาหารเหลวอ่อน ย่อยง่าย หากมีปัญหาเกี่ยวกับฟัน ก็ลดอาหารแข็งหรืออาหารที่มีความหวานเหนียวติดฟัน

3. ไม่ควรนำเด็กไปเปรียบเทียบถึงปริมาณของอาหารที่กินกับเพื่อน เพราะความต้องการของเด็กไม่เท่ากันอาจทำให้เด็กเกิดความคับข้องใจหรือคิดมากเป็นปมด้อยของตัวเอง

4. อย่าใช้การให้รางวัลแก่เด็กเพื่อให้เด็กกินอาหารตามที่ต้องการ เพราะเด็กอาจเอาเป็นเครื่องต่อรองไม่ยอมกินอาหารจนกว่าจะได้รางวัลทุกครั้ง

5. ไม่ควรจัดอาหารว่างระหว่างเวลาอาหารบ่อยมื้อหรือปริมาณมากเกินไป หรืออาหารว่างมีความหวานจัดเพราะจะทำให้เด็กอิ่มนานพาลไม่กินอาหาร

6. เมื่อเด็กไม่ชอบอาหารอย่างใดอย่างหนึ่ง อย่าบังคับหรือข่มขู่ให้เด็กรับประทาน ควรใช้วิธีหลอกล่อหรือให้แต่ในปริมาณที่น้อยก่อน แล้วจึงค่อยเพิ่มปริมาณภายหลัง โดยไม่ทำให้เด็กรู้สึกผิดที่ไม่ได้รับประทานอาหารนั้นๆ

7. ผู้เลี้ยงดูเด็กควรวางระเบียบวินัยและมารยาทบนโต๊ะอาหารให้แก่เด็กทราบ และควรตักเตือนเมื่อเด็กทำผิดอย่างอ่อนโยน นุ่มนวล ไม่ดุด่าว่ากล่าว สร้างบรรยากาศที่ตึงเครียดแก่เด็กจนเกินไป

8. ควรจัดเตรียมอาหารที่มีคุณค่าและมีปริมาณที่เหมาะสมแก่วัย ให้มีรูปร่างลักษณะและสีสันน่ารับประทานไม่ควรจัดอาหารที่มีกลิ่นฉุนรสจัดมากเกินไป มีขนาดพอคำตักให้สะดวก และไม่ควรจัดอาหารซ้ำ ๆ เกินไป แม้เด็กชอบแต่หากจัดซ้ำมาก ๆ ก็จะเบื่อและไม่ยอมกินอาหารนั้นเลย

9. เด็กมีนิสัยกินอาหารช้าหรือเร็วแตกต่างกัน ผู้เลี้ยงดูเด็กควรแนะนำให้เด็กเคี้ยวอาหารให้ละเอียดไม่เร่งรีบเกินไปและไม่ช้าเกินไปจนถึงกับอมข้าว

10. หัดให้เด็กกินอาหารเป็นเวลา อาหารหลักวันละ 3 มื้อ และอาหารว่างวันละ 2 มื้อ ผู้เลี้ยงดูเด็กควรพิจารณาไม่ให้อาหารที่มีราคาแพงและไม่มีประโยชน์ เช่น ขนมกรุบกรอบ ลูกกวาด มันฝรั่งทอด

กรอบน้ำอัดลม ฯลฯ เป็นของว่างสำหรับเด็ก เพราะหากเด็กกินจนติดเป็นนิสัย จะทำให้เด็กไม่กินอาหารที่มีประโยชน์ทำให้มีนิสัยบริโภคอาหารที่ไม่มีคุณภาพ

ผู้เลี้ยงดูเด็กต้องระลึกเสมอว่า เด็กแต่ละคนชอบอาหารไม่เหมือนกัน แม้ในเด็กคนเดียวกันก็มีการเปลี่ยนแปลงความชอบเสมอ เป็นธรรมชาติของเด็กที่จะมีสิทธิเลือกอาหารตามที่เขาชอบเขาต้องการ ผู้เลี้ยงดูเด็กควรชักจูงหรือจัดเสนอให้เด็กได้รับประทานอาหารอื่นที่มีคุณค่าเท่าเทียมกันโดยใช้กลยุทธ์หลอกล่อ ตามปกติเด็กในวัยนี้จะเริ่มสร้างนิสัยการกินของตัวเอง ซึ่งจะมีผลต่อตัวเด็กไปตลอดชีวิต ผู้เลี้ยงดูเด็กควรร่วมกับพ่อแม่สร้างนิสัยการกินที่ดีให้แก่เด็ก โดยการให้คำชมเชย การเสริมแรงเมื่อเด็กกินอาหารที่มีคุณค่า โดยการอธิบาย ชี้แจง โน้มน้าวอย่างใจเย็น ให้เด็กเข้าใจถึงเหตุผล ก็จะช่วยสร้างนิสัยการกินที่ดี จะสามารถช่วยแก้ไขปัญหาการขาดสารอาหารได้

6. ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทพองกรอบ (Expanded product)

ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทพองกรอบ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการที่ทำให้แป้งข้าวเกิดการขยายตัว ซึ่งมีหลายประเภทที่ใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ผลิตด้วยเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันอย่างเช่น

1) การพองด้วยความร้อน (Baking) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อาราเร่ (Arare) ที่ทำจากข้าวเหนียวและเซมเบ้ (Sembei) ที่ทำจากข้าวเจ้าอะไมโลสต่ำ

2) การพองที่เกิดจากแรงดันที่อุณหภูมิสูง(Extrusion)เป็นการพองตัวของแป้งเมื่อแป้งได้รับความร้อน และความดันสูง จากการขับเคลื่อนของแท่งเกลียวทำให้แป้ง และองค์ประกอบ เกิดการหลอมตัว เมื่อเคลื่อนตัวออกสู่บรรยากาศความดันจะลดลง ไอน้ำที่อยู่ในก้อนแป้งเหลวจะกระจายและระเหยออกในทันที มีผลดันก้อนแป้งให้เกิดรูพรุนกระจายทั่วไป

3) การพองตัวที่เกิดจากแผ่นความร้อน(Puffing machine)หลักการของเทคโนโลยีเหมือนกับ Extrusion แต่ความดันที่ได้รับเกิดจากแรงกดและการเคลื่อนกลับของแผ่นให้ความร้อน 2 แผ่นประกบกัน ผลิตภัณฑ์นี้ได้แก่ Rice cake

4) การพองตัวที่เกิดจากการอบที่ความร้อนสูงหรือทอดในน้ำมันร้อน (Oven or deep fry puffing) เช่น ข้าวตังทอด ขนมนางเล็ด

6.1 ผลิตภัณฑ์จากธัญชาติชนิดพอง

ธัญชาติชนิดพองเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดการพองตัวจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของความชื้นที่แทรกอยู่ตรงกลางระหว่างเม็ดสตาร์ช ในขณะที่เกิดแรงดันไอน้ำกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดพองนิยมนำมาผลิตเป็นอาหารขบเคี้ยวและผลิตภัณฑ์อาหารเช้าจากธัญชาติ

(breakfast cereals) กรรมวิธีที่ทำให้เกิดการพองของผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดพองสามารถทำได้โดยวิธีการเปลี่ยนแปลงความดัน และการทำในสภาวะความดันบรรยากาศปกติ

1) การทำให้เกิดการพองตัวโดยมีการเปลี่ยนแปลงความดัน

การทำให้เกิดการพองตัวโดยมีการเปลี่ยนแปลงความดันต้องใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่สามารถปรับระดับของความดันได้ การพองเกิดขึ้นโดยการเปลี่ยนแปลงความดันอย่างรวดเร็ว (pressure–drop) ทำให้น้ำที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์เกิดความร้อนอย่างยิ่งยวด จากนั้นลดความดันลงอย่างรวดเร็วทำให้เกิดการระเหยของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์โดยทันทีทันใดโดยกระบวนการผลิต แสดงดังภาพที่ 2.2

ผสมโดแล้วนึ่งด้วยไอน้ำจนมีความชื้น ร้อยละ 38-40

↓

เข้าเครื่องเอ็กทรูเดอร์เพื่อขึ้นรูป ความชื้นร้อยละ 15–16

↓

ผ่านเข้า popping vessel ให้ความร้อนที่ 500-800 องศาฟาเรนไฮด์

↓

ให้ความดัน 100-200 psi. แล้วลดความดันลงอย่างรวดเร็ว

↓

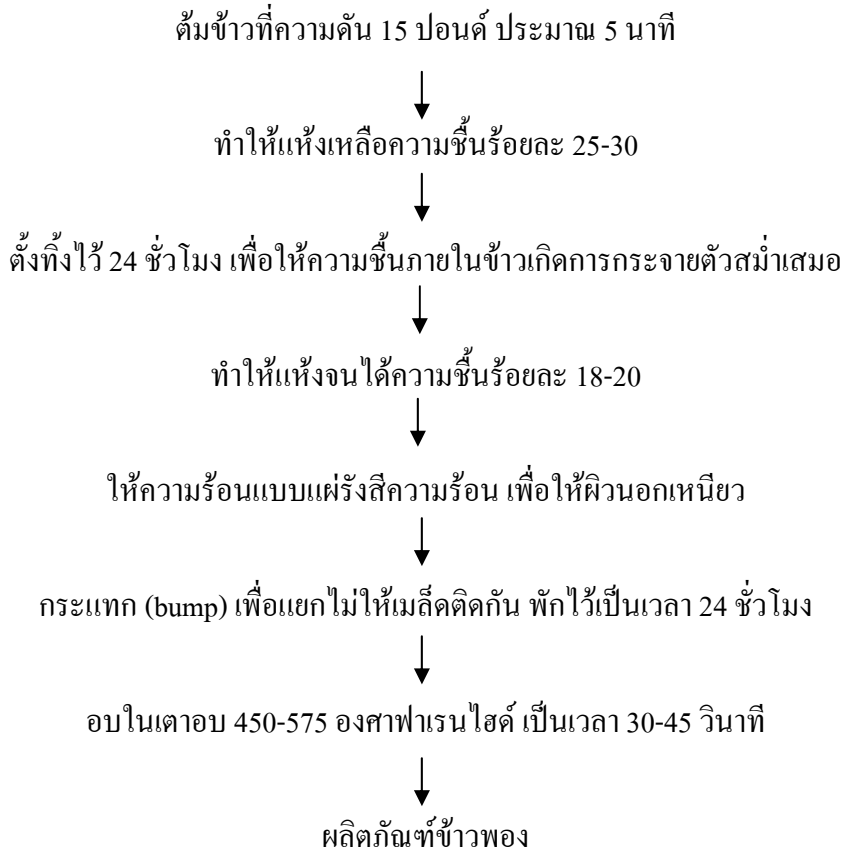
ผลิตภัณฑ์พองตัว

ภาพที่ 2.2 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่พองตัวด้วยความดัน (Gun-puffed products)
ที่มา: ดัดแปลงจาก Matz (1991)

2) การทำให้เกิดการพองโดยการให้ความร้อนอย่างทันทีทันใด ณ ความดันบรรยากาศปกติ (atmospheric pressure)

การทำให้เกิดการพองโดยการให้ความร้อนอย่างทันทีทันใด ณ ความดันบรรยากาศปกติเป็นการทำให้น้ำภายในเมล็ดพืชระเหยออกมาก่อนที่จะแพร่กระจายไปที่ผิว การที่น้ำภายในเกิดการระเหย จะเกิดการขยายตัวแล้วทำให้เมล็ดพืชเกิดการพองตัว โดยวิธีการนี้จะเกิดการขยายตัวเพียง 2–5 เท่า ซึ่งวิธีการลักษณะนี้สามารถทำได้หลายวิธีและเป็นวิธีที่ไม่ค่อยยุ่งยากมากนัก ใช้อุปกรณ์ที่ไม่สลับซับซ้อน เนื่องจากไม่ต้องมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการปรับความดัน

และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป เช่น การอบลมร้อน การทอดในน้ำมันท่วมหรือการให้ความร้อนแบบลูกกลิ้ง เป็นต้น รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต (2535) ได้กล่าวถึงการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer or roller dryer) ว่าเป็นการทำแห้งแบบใช้ผิวร้อน (heated-surface dryer) โดยการให้ความร้อนกับลูกกลิ้งที่ทำ จากโลหะนำความร้อนทรงกระบอกที่มีการหมุนอย่างช้าๆ เครื่องอบแห้งชนิดนี้อาจประกอบด้วยลูกกลิ้ง 1 หรือ 2 ลูก มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูง ในกรณีที่เป็นลูกกลิ้งแบบคู่จะสามารถปรับระยะห่างของลูกกลิ้งให้เหมาะสมกับความหนาที่ต้องการได้ การหมุนของลูกกลิ้งแบบคู่จะมีทิศทางการหมุนเข้าหากัน เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งนี้อาจทำงานได้ทั้งภายใต้สภาวะบรรยากาศธรรมดาหรือสภาวะสูญญากาศ ขึ้นกับชนิดของเครื่อง ตัวอย่างของการทำ ให้เกิดการพองโดยการให้ความร้อนอย่างทันทีทันใด ณ ความดันบรรยากาศปกติ โดยวิธีการอบ แสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 กระบวนการผลิตข้าวพองโดยวิธีการอบ (Oven puffed rice)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Matz (1991)

ได้มีผู้ศึกษาถึงวิธีการเตรียมวัตถุดิบและกรรมวิธีในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดพองหลายชนิด เช่น Yamaguchi (1988) ศึกษาถึงวัตถุดิบที่ใช้สำหรับการทำให้เกิดการพองตัวของอาหาร (food material for puffing) โดยวัตถุดิบ (food material) ที่นำมาทำให้เกิดการพองตัวเป็นเมล็ดธัญชาติที่ผ่านกระบวนการพรีเจลาติไนซ์ (pre-gelatinized cereal grain) ซึ่งมีการศึกษาผลของการเติมเอทธิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 0.2-11 โดยน้ำหนักวัตถุดิบ ผลของปริมาณไขมันหรือน้ำมันร้อยละ 0.25–16 โดยน้ำหนักวัตถุดิบ ผลของการเติมน้ำปริมาณร้อยละ 8.5–45 โดยน้ำหนักวัตถุดิบ พบว่า ปริมาณที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 0.35–10.3,0.28–15.43 และ10–28 โดยน้ำหนักวัตถุดิบตามลำดับ เมื่อนำ เมล็ดธัญชาติมาทำให้เกิดการพองตัวจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวสูง

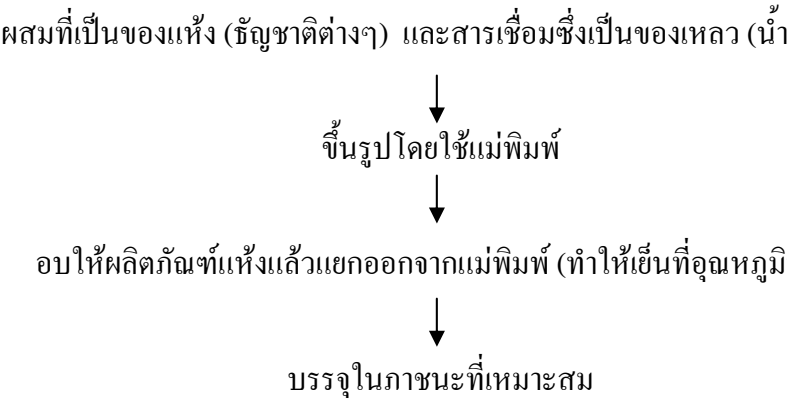
6.2 คุณภาพของผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดพอง

ผลิตภัณฑ์ที่พองตัวแล้วจะต้องเก็บไว้ที่ความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 3 เพื่อเป็นการรักษาความกรอบ ผลิตภัณฑ์ที่มีการพองตัวมากจะมีโอกาสในการดูดความชื้นจากบรรยากาศได้มากเช่นกันซึ่งจะทำให้เกิดลักษณะที่เหนียวไม่กรอบ การแก้ไขอาจทำโดยใช้วิธีการเคลือบด้วยน้ำตาลช็อกโกแลต เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดพองที่ใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเช้า อาจมีการปรุงแต่งรสชาติโดยการเคลือบด้วยน้ำตาล โดยใช้น้ำเชื่อมผสมกับน้ำตาลชนิดอื่นๆ เช่น น้ำผึ้ง ประมาณร้อยละ 1-8 ซึ่งจะช่วยให้มีความแข็งและเนื้อใสขึ้น ไม่เหนียวแม้จะสัมผัสกับความชื้น การเคลือบโดยการทำน้ำเชื่อมจะทำให้น้ำเชื่อมร้อนแล้วพ่นเป็นฝอยลงบนผลิตภัณฑ์

6.3 ผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่ง

ผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่งเป็นรูปแบบของผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดพองชนิดหนึ่งที่ผลิตขึ้นเพื่อให้สะดวกต่อการบริโภค โดยการผสมส่วนผสมที่เป็นชิ้นเล็กๆ เข้าด้วยกันโดยใช้สารยึดเกาะที่มีความข้นหนืดเป็นตัวผสาน จากนั้นนำมาขึ้นรูปแบบชิ้นหรือแท่ง กรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่ง แสดงดังภาพที่ 4 สำหรับประเทศไทยผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ส่วนมากเป็นอาหารว่างแบบพื้นบ้าน เช่น กระยาสารท ข้าวแตน ขนมนางเล็ด ถั่วตัด และ ถั่วกระจก เป็นต้น Rice (1990) กล่าวถึงผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่งว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดเป็นอาหารขบเคี้ยวชนิดหนึ่ง มีลักษณะที่เป็นอาหารหวานซึ่งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน โดยผลิตภัณฑ์ลักษณะนี้มีหลายชนิด เช่น กรานูลาร์หรือมูสลี่บาร์ (granular/muesli bars) ช็อคโกแลตบาร์ (chocolate bars) มินิเบรคบาร์ (minibreak bars) เป็นต้น ลักษณะของผลิตภัณฑ์มี 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีลักษณะกรอบแห้ง (crunch bars) และชนิดเหนียวนุ่ม (chewy bars) โดยปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในส่วนผสมจะแตกต่างกัน คือ ผลิตภัณฑ์ชนิดกรอบแห้งจะมีปริมาณน้ำตาลในรูปซูโครสทั้งหมดร้อยละ 15-20 และอาจมีการเติม

น้ำผึ้งในส่วนผสมเพื่อเพิ่มรสชาติ ส่วนผลิตภัณฑ์ชนิดเหนียวนุ่มมีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 25-30 ทั้งนี้อาจมีการเติมหางนมเพื่อเพิ่มรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการด้วย



ภาพที่ 2.4 กรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์จากธัญชาติชนิดแท่ง
ที่มา: ดัดแปลงจาก Gobble *et al* (1979)

Gobble *et al* (1979) ศึกษากรรมวิธีในการผลิตผลิตภัณฑ์จากธัญชาติแบบผสมชนิดแท่ง โดยมีส่วนผสมที่เป็นธัญชาติ ผลไม้แห้งและถั่วชนิดต่างๆ โดยกำหนดสูตรเบื้องต้น แสดงในตารางที่ 2.2 การผลิตใช้ส่วนผสมที่มีลักษณะเป็นชิ้นๆ ผสมแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้สารยึดเกาะที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลัก และทำเป็นแท่ง

ตารางที่ 2.2 สัดส่วนของส่วนผสมที่เป็นธัญชาติ ผลไม้แห้งและถั่วชนิดต่างๆ

ส่วนผสม	ร้อยละ
ของแห้ง	
ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี ข้าวโพด และนัท สกิน (nut skins)	20 – 65
ชอร์ทเทนนิ่ง (shortening)	
น้ำมันมะพร้าว น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันถั่วลิสง	9 – 14
น้ำตาล	
น้ำตาลทราย น้ำผึ้ง น้ำเชื่อมข้าวโพด น้ำตาลทรายแดง และโมลาส	12 - 20
ส่วนผสมอื่นๆ	
ผลิตภัณฑ์นม ผลไม้อบแห้ง และถั่วต่างๆ	0 - 10

ที่มา : ดัดแปลงจาก Gobble *et al* (1979)

6.3.1 สารยึดเกาะ (binder) สำหรับผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่ง

สารยึดเกาะสำหรับผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่งเป็นสิ่งจำเป็นของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ โดยมีหน้าที่ในการยึดส่วนของธัญพืชเข้าด้วยกันและให้รสชาติกับผลิตภัณฑ์ และมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ (Kayes, 1989) ผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่งอาจมีการเคลือบผิวนอกของผลิตภัณฑ์หรือไม่ก็ได้ โดยทั่วไปสารยึดเกาะประกอบด้วย น้ำมันพืชและน้ำตาลเป็นหลัก โดยที่น้ำมันพืชเป็นส่วนผสมที่ให้ลักษณะของเนื้อสัมผัสที่ดี และทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่เป็นมันเงา และน้ำตาลจะทำให้ส่วนผสมที่มีลักษณะแห้งเกาะกัน เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำตาลจะให้ลักษณะที่เหนียวเมื่อถูกความร้อน อีกทั้งยังเป็นส่วนผสมที่ให้รสชาติแก่ผลิตภัณฑ์ อีกด้วยน้ำตาลที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นี้มีหลายชนิด เช่น น้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นน้ำตาลที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร โดยน้ำตาลซูโครสมีคุณสมบัติเป็นสารให้ความหวาน (sweetening agent) ซึ่งให้รสหวานแก่ผลิตภัณฑ์ ให้ลักษณะของเนื้อสัมผัส (texture or body) หรือให้ลักษณะของความรู้สึกในปากขณะรับประทาน (mouth feel) เป็นสารช่วยในการกระจาย (dispersing agent) เช่น ในผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของเจลาติน น้ำตาลจะช่วยในการกระจายตัวทำให้ไม่เกิดการจับตัวเป็นก้อนของผงเจลาติน คุณสมบัติเป็นสารหล่อลื่น (lubricant) ในสถานะสารละลาย และมีคุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยาคาราเมล (caramelization) เมื่อน้ำตาลได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงประมาณ 347 องศาฟาเรนไฮด์ น้ำตาลจะเกิดการละลายและเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีเหลือง และน้ำตาลในที่สุด ซึ่งจะให้สีกับผลิตภัณฑ์ (Ray & Harry, 1973)

น้ำตาลซูโครส เป็นน้ำตาลที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ โดยสามารถแบ่งตามขนาดผลึกได้เป็น น้ำตาลทราย (granulated sugar) เป็นน้ำตาลที่ใช้ในอุตสาหกรรมและใช้ในครัวเรือนอย่างแพร่หลายมีขนาดผลึก 7-35 มิลลิเมตร น้ำตาลคาสเตอร์ (caster sugar) เป็นน้ำตาลที่มีสีขาว ขนาดของผลึกค่อนข้างเล็ก 0.075-0.3 มิลลิเมตร น้ำตาลไอซิ่ง (icing sugar) เป็นน้ำตาลที่ได้จากการบดน้ำตาลทรายให้มีขนาดผลึกเล็กลงและเติมสารที่ป้องกันการเกาะตัวกันลงไป ขนาดผลึกของน้ำตาลไอซิ่งจะเล็กกว่า 0.13 มิลลิเมตร และน้ำตาลไมโครคริสทัล (microcrystalline sugar) เป็นน้ำตาลที่มีขนาดของผลึกเล็กมาก คือ 5-20 ไมโครเมตร ขนาดผลึกที่เล็กได้จากการนำน้ำตาลมาบดและร่อน ซึ่งทำให้น้ำตาลชนิดนี้ละลายได้เร็วมาก (Jackson, 1995) นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำตาลฟรุกโตส โดยเริ่มนำมาใช้ในปี 1969 ในผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน ช่วยเพิ่มระดับความหวานให้แก่ผลิตภัณฑ์ ป้องกันการตกผลึก เพิ่มกลิ่นรสผลไม้และเป็นสารป้องกันความชื้น อีกด้วย น้ำตาลฟรุกโตสจะมีความเสถียรในสถานะที่เป็นผลึกที่ปราศจากน้ำ (anhydrous crystals) และละลายที่อุณหภูมิในช่วง 216-219 องศาฟาเรนไฮด์ น้ำตาลกลูโคส มักใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ให้พลังงานอย่างรวดเร็ว น้ำตาลอินเวิร์ท ใช้เป็นสารให้ความชุ่มชื่น และป้องกันการตกผลึกของซูโครส

ส่วนกลูโคสไซรัปหรือแบะแซและน้ำเชื่อมข้าวโพดจะช่วยป้องกันและรักษาความชื้นของผลิตภัณฑ์ ให้ลักษณะการเกาะรวมตัวกัน ควบคุมระดับความหวานควบคุมการตกผลึกของซูโครส และเดกซ์โตรส เป็นต้น (Lees & Jackson, 1975) คุณสมบัติในการป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์ เป็นผลจากน้ำตาลในผลิตภัณฑ์จอยู่ในรูปอสัณฐาน (amorphous) ซึ่งเป็นของแข็งที่มีการจัดเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ การเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วของน้ำตาล ทำให้น้ำตาลเกิดการแข็งตัวก่อนที่จะเคลื่อนที่มาเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและเกิดเป็นผลึกน้ำตาลในรูปอสัณฐานจะมีลักษณะใส กรอบ หรือ เหนียว นุ่ม และหากเกิดการตกผลึกน้ำตาลจะมีลักษณะขุ่น เนื้อสัมผัสจะร่วน (Jackson, 1995)

6.3.2 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่ง

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่งสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การอัดลงในแม่พิมพ์เป็นชิ้นขนาดบริโภค หรือการอัดลงในแม่พิมพ์ขนาดใหญ่แล้วจึงตัดเป็นชิ้นย่อย วิมลศิริ ธนะสูติ (2539) ได้ศึกษาถึงความดันและเวลาที่ใช้ในการอัดผลิตภัณฑ์ให้เป็นแท่ง โดยอัดลงในแม่พิมพ์สแตนเลสสี่เหลี่ยมขนาด 3x5x7.5 เซนติเมตร น้ำหนักส่วนผสมต่อหนึ่งแท่งเท่ากับ 20 กรัม ใช้เครื่องอัดไฮโดรลิคที่ระดับความดัน 3 ระดับ คือ 100, 200 และ 300 psi และใช้ระยะเวลาในการอัด 3 ระดับ คือ 10 20 และ 30 วินาที พบว่า การใช้ความดันและระยะเวลาต่ำ จะทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีลักษณะโปร่ง เป็นรูพรุน เมื่อนำ ไปอบที่อุณหภูมิและระยะเวลาเท่ากันจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แรงดันและระยะเวลาสูง และเมื่อนำไปวัดค่าแรงที่ใช้ในการกดผลิตภัณฑ์ พบว่าการใช้ความดันและระยะเวลาในการอัดสูงขึ้น แรงกดที่ใช้ก็จะสูงขึ้นด้วย และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ใช้แรงดัน 100 psi ระยะเวลาในการอัด 10 วินาที ในด้านความกรอบ พบว่า ค่าความกรอบที่ได้ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติของผู้บริโภคมากที่สุด

7. ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

ไอศกรีมเป็นระบบคอลลอยด์ซับซ้อน (complex-colloidal system) ประกอบด้วยส่วนที่แข็งตัวได้แก่ ผลึกน้ำแข็ง (ice crystal) ฟองอากาศ (air bubble) เม็ดไขมัน (partially coalescenced fat globule) และส่วนที่ไม่แข็งตัว ได้แก่ น้ำตาล โปรตีน เกลือ โพลิแซคคาร์ไรด์ และน้ำ โดยองค์ประกอบรวมตัวอยู่ในลักษณะของระบบที่มี 3 เฟส คือ ของเหลว อากาศ และของแข็ง (Goff, 2002)

7.1 องค์ประกอบของไอศกรีม

ไอศกรีมแต่ละชนิดมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามองค์ประกอบหลักโดยทั่วไป ได้แก่

7.1.1 ไขมัน (Milk fat)

ไขมันเป็นส่วนผสมหลักของไอศกรีมมีปริมาณร้อยละ 8-20 ผันแปรตามแต่ละท้องถิ่น(Marshall & Arbuckle, 1996) อาจอยู่ในรูปไขมันนมในน้ำนม ครีมสด ครีมแช่แข็ง (frozen cream) มันเนย (butter oil) หรืออาจใช้น้ำมันพืช (ไอศกรีมดัดแปลงไขมัน) ได้แก่ น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม เป็นต้น ไขมันช่วยเพิ่มรสชาติ ปรับปรุงเนื้อสัมผัส ช่วยให้มีรสมัน ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อนุ่ม สร้างลักษณะเนื้อ (body) และความหนืดให้แก่ไอศกรีม ให้กลิ่นรสที่ดี ทำให้การขึ้นฟูลดลง ไม่มีผลต่อจุดเยือกแข็งของไอศกรีม แต่มีข้อจำกัด คือ ราคาแพงและให้พลังงานสูง (Goff & Hartel, 2004)

7.1.2 เนื้อนมไม่รวมมันเนย (Milk solid-not-fat)

เนื้อนมไม่รวมมันเนย หมายถึง องค์ประกอบต่างๆในน้ำนมซึ่งไม่รวมไขมันและความชื้น เช่น โปรตีน แร่ธาตุและน้ำตาลแลคโตส (Lactose) ส่วนมากใช้ในรูปของนมผงขาดมันเนย (skim milk powder) ในปริมาณร้อยละ 8-15 เนื้อนมไม่รวมมันเนยประกอบด้วย โปรตีนร้อยละ 37 น้ำตาลแลคโตส ร้อยละ 55 และเกลือแร่ร้อยละ 8 โปรตีนในเนื้อนมไม่รวมมันเนยช่วยให้เนื้อสัมผัสแน่นและเรียบเนียน โดยเคซีนไมเซลล์ (casein micelle) เคลือบที่ผิวของเม็ดไขมันระหว่างการโฮโมจิไนซ์ ทำให้อิมัลชันไอศกรีมมิกซ์เสถียร ส่งเสริมการทำงานของอิมัลซิไฟเออร์และให้ความคงตัวในไอศกรีม ถ้าต้องการให้อากาศเข้าแทรกในเนื้อไอศกรีมมากต้องเพิ่มปริมาณให้เหมาะสม ไม่เช่นนั้นไอศกรีมจะมีลักษณะเนื้อไม่แน่น และรูปร่างไม่อยู่ตัว ส่วนน้ำตาลแลคโตสช่วยให้เกิดรสหวานและเกลือแร่ให้รสเค็มซึ่งเป็นกลิ่นรสในไอศกรีม นอกจากนี้เนื้อนมไม่รวมมันเนยยังช่วยเพิ่มความหนืด ปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส สร้างลักษณะเนื้อและการขึ้นฟูสูงขึ้น ป้องกันการเกิดเกล็ดน้ำแข็งระหว่างแช่แข็งและยืดระยะเวลาการละลายของไอศกรีม แต่ถ้าเติมเนื้อนมไม่รวมมันเนยมากเกินไปอาจทำให้จุดเยือกแข็งลดต่ำลงมากเกินไป และปริมาณแลคโตสสูงขึ้นมีผลให้ไอศกรีมเกิดลักษณะเนื้อทราย (sandiness) จากผลึกน้ำตาลแลคโตสได้ และมีเกลือแร่สูงขึ้นทำให้มีรสชาติเค็มและอาจมีกลิ่น cooked flavor ผู้บริโภคไม่ยอมรับ โดยแหล่งของเนื้อนมไม่รวมมันเนยที่นิยมใช้ได้แก่ นมสดปราศจากไขมัน นมปราศจากไขมันเข้มข้น และหางนมผง (Marshall & Arbuckle, 1996; Goff & Hartel, 2004)

7.1.3 สารให้ความหวาน (Sweetener)

สารให้ความหวานทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดเพิ่มขึ้น ช่วยปรับปรุงคุณภาพของลักษณะเนื้อ เพิ่มเนื้อสัมผัสและทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม เพิ่มความหนืดให้แก่ไอศกรีมมิกซ์ ลดจุดเยือกแข็งในไอศกรีมทำให้ยืดระยะเวลาแช่แข็งไอศกรีม นอกจากนี้ทำให้การขึ้นฟูลดลงและใช้เวลาปั่นไอศกรีมนานขึ้น การเพิ่มปริมาณน้ำตาลทำให้ได้ไอศกรีมที่มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนขึ้น แต่ถ้าปริมาณน้ำตาลสูงเกินจะทำให้ไอศกรีมหวานมากไป มีเนื้อแฉะ และแลคโตสสามารถตกผลึกออกมา ทำให้เกิดความรู้สึกเป็นทรายเวลารับประทานน้ำตาลที่นิยมใช้ได้แก่ น้ำตาลทราย และกลูโคสไซรัป (Marshall & Arbuckle, 1996)

สารให้ความหวานแทนน้ำตาลแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มได้แก่

1) สารให้ความหวานที่ ให้พลังงาน ได้แก่ ฟรุกโทส (น้ำตาลจากผลไม้) มอลทิทอล ซอร์บิทอลและไซลิทอลสารให้ความหวานกลุ่มนี้ไม่เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก

(1) ฟรุกโทส

เป็นสารที่พบในน้ำผลไม้ มีคุณสมบัติและให้พลังงานคล้ายกับน้ำตาลปกติ

(2) แลกโทส

เป็นสารให้ความหวานที่หวานน้อยกว่าน้ำตาล ให้พลังงานเท่ากับน้ำตาลปกติ เนื่องจากหวานน้อยกว่าน้ำตาล จึงมักใช้เพื่อเพิ่มปริมาตรหรือความข้นในอาหาร ไม่ใช้เพื่อให้ความหวานโดยตรง **- มอลทิทอล ซอร์บิทอล และไซลิทอล**

มีความหวานและให้พลังงานประมาณร้อยละ 60 ของน้ำตาลปกติ ไม่ทำให้ฟันผุ แต่อาจ ทำให้ท้องเสียถ้าบริโภคเข้าไปมากๆ

2) สารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานหรือให้พลังงานต่ำ ได้แก่ ซูคราโลส สตีเวีย (สารสกัดจากหญ้าหวาน) แอสปาแตม อะซิซัลเฟม-เค และ แซคคารีน (ขัณฑสกร) สารให้ความหวานกลุ่มนี้ได้แก่

-อีริไธทอล

เป็นสารให้ความหวานกลุ่มโพลิออล ที่ให้พลังงานต่ำที่สุด คือ น้อยกว่า 0.2 แคลอรี่/กรัม มีความหวานประมาณร้อยละ 70-80 ของน้ำตาลปกติ และไม่ทำให้ฟันผุ

-ซูคราโลส

เป็นสารให้ความหวานเพียงชนิดเดียวที่ทำจากน้ำตาลปกติ แล้วนำมาปรับปรุงโครงสร้างให้ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ ดังนั้นจึงมีรสชาติคล้ายน้ำตาลมากแต่ไม่ให้พลังงาน ไม่ทำให้ฟันผุ

และสามารถปรุงอาหารร้อนๆ บนเตาได้

-แอสปาร์แตม

มีรสหวาน แม้ให้พลังงาน 4 แคลอรี่/กรัม แต่เนื่องจากรับประทานในปริมาณน้อยจึงถือว่าให้พลังงานต่ำ ไม่ทำให้ฟันผุ แต่คุณสมบัติและโครงสร้างจะถูกทำลายถ้าโดนความร้อนจัด ดังนั้นจึงนำมาปรุงอาหารร้อนบนเตาไม่ได้ และห้ามรับประทานสำหรับผู้ป่วยโรคฟีนิลคีโตนูเรีย

-อะซิซัลเฟม-เค และ แซคคารีน (ขัณฑสกร)

กลุ่มนี้มีราคาถูก แต่มีรสหวานปนรสขมแบบโลหะ ทำให้รสชาติไม่เป็นธรรมชาติ มีข้อดีที่ไม่ให้พลังงาน ไม่ทำให้ฟันผุและสามารถนำมาปรุงอาหารร้อนบนเตาได้

7.1.4 สารให้สีและกลิ่นรส (Coloring and Flavoring agents)

สารให้สีและกลิ่นรสเติมลงไปเพื่อให้มีกลิ่นรสและลักษณะปรากฏที่ดี ช่วยดึงดูดความสนใจต่อผลิตภัณฑ์ และบอกให้ทราบว่าไอศกรีมมีกลิ่นอะไร สร้างความนิยมในกลุ่มผู้บริโภคและช่วยให้ไอศกรีมมีกลิ่นรสที่หลากหลายมากขึ้น โดยทั่วไปมีการเติมสีในการผลิตไอศกรีม เพื่อให้เข้ากับรสของไอศกรีมนั้นๆ ยกเว้นไอศกรีมชอคโกแลต ซึ่งมีกลิ่นรสและสีจากผงโกโก้ ส่วนไอศกรีมวานิลานิยมเติมสีเหลืองครีม แต่สีที่เติมมากไปทำให้ไอศกรีมมีสีเข้มเกินไปอาจไม่เป็นที่นิยม(Marshall & Arbuckle, 1996)

7.1.5 สารให้ความคงตัว (Stabilizer)

สารให้ความคงตัวช่วยเพิ่มความเนียนของไอศกรีมช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อ เพิ่มความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ (Goff & Hartel, 2004) ทำให้อนุภาคที่เติมลงไปเช่น ถั่ว กระจายตัวอยู่ในไอศกรีมสม่ำเสมอ ทำให้อาหารเกิดโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นเจล ช่วยให้ของผสมที่ได้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยน้ำไม่แยกออกจากส่วนประกอบอื่นทั้งก่อนและหลังแช่แข็ง เพิ่มความทนทานต่อ heat shock และป้องกันไม่ให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ขณะแช่แข็งและเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิไม่คงที่ ทำให้เนื้อสัมผัสไอศกรีมหยาบ (Granger *et al*., 2005) แต่ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไปมีผลทำให้ไอศกรีมเหนียวแฉะ (soggy) มีเนื้อหยาบ เนื้อไอศกรีมแน่น เหนียว และละลายยากเวลารับประทาน สารให้ความคงตัวที่นิยมใช้ ได้แก่ เจลาติน คาราจีแนน กัวร์กัม อัลจีเนต และอนุพันธ์ของเซลลูโลส ซึ่งทำงานได้ดีในอาหารที่มีปริมาณน้ำอิสระสูง

7.1.6 อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier)

อิมัลซิไฟเออร์ทำหน้าที่ได้ดีในอาหารที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกับสารให้ความคงตัว เป็นสารที่ช่วยให้เกิดอิมัลชันที่คงตัว อิมัลซิไฟเออร์ที่ใส่เข้าไปเกิดเป็นฟิล์มรอบเม็ดไขมัน ลดแรงตึงผิวของเม็ดไขมัน ทำให้เม็ดไขมันสามารถมารวมกันเกิดเป็นโครงสร้าง หุ้มฟองอากาศได้ ช่วยทำให้เนื้อไอศกรีมเนียน มีเนื้อสัมผัสที่ไม่เย็นจัดเกินไปขณะรับประทาน

สร้างกลิ่นรส และลดแรงตึงผิว ช่วยลดระยะเวลาการตีขึ้นฟู ทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กลง ช่วยให้ส่วนผสมกระจายตัวดีขึ้น ช่วยลดขนาดฟองอากาศในเนื้อไอศกรีม ทั้งยังช่วยให้ไอศกรีมที่ได้มีลักษณะแห้ง คงรูปและขึ้นฟูได้ดี ช่วยลดอัตราการละลาย และเพิ่มความทนทานต่อ heat shock แต่ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไป จะทำให้เกิดโฟมหรือฟองขณะไอศกรีมละลาย (Marshall & Arbuckle, 1996; Goff & Hartel, 2004)

7.1.7 อากาศ (Air)

อากาศมีผลต่อความยากง่ายในการตักไอศกรีม และถ้าไอศกรีมเก็บอากาศได้มาก (ร้อยละการขึ้นฟูสูง) ช่วยให้ปริมาตรของไอศกรีมที่ผลิตเพิ่มขึ้น ร้อยละการขึ้นฟู หมายถึง ปริมาตรของอากาศในเนื้อไอศกรีมที่เพิ่มขึ้นขณะตีปั่นให้แข็ง ซึ่งเป็นปริมาณของอากาศที่เพิ่มขึ้นของส่วนผสมของไอศกรีมหลังจากมีการอัดอากาศเข้าไปในส่วนผสมแล้วทำให้แข็งตัว (Marshall & Arbuckle, 1996)

7.1.8 น้ำ (Water)

น้ำเป็นตัวทำละลายส่วนผสมแห้งต่างๆ เป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดในไอศกรีมในปริมาณร้อยละ 55-80 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด น้ำที่ใช้ควรมีคุณภาพดี สะอาด ปราศจาก สิ่งสกปรกและจุลินทรีย์ (Marshall & Arbuckle, 1996)

7.2 คุณค่าทางอาหารของไอศกรีม

ไอศกรีมเป็นอาหารที่มีพลังงานสูงเหมาะสำหรับเด็กที่กำลังเจริญเติบโตหรือสำหรับผู้ใหญ่ที่ต้องการเพิ่มน้ำหนัก คุณค่าทางอาหารของไอศกรีมจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ แต่ถ้าพิจารณาจากองค์ประกอบของไอศกรีมสูตรธรรมดา (ต่อไอศกรีม 100 กรัม) จะพบว่าได้รับคุณค่าทางอาหาร ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางอาหารของไอศกรีม

องค์ประกอบ	ไอศกรีม คุณภาพดี	Ice Milk	Ice cream cones	Water Ice
น้ำ (ร้อยละ)	61.1	66.7	8.9	66.9
โปรตีน (ร้อยละ)	4.1	4.2	10.0	0.4
ไขมัน (ร้อยละ)	12.1	5.1	2.4	น้อย
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	20.1	22.4	77.9	32.6
พลังงาน (แคลอรี่)	196.7	152.0	377.0	78.0
น้ำหนัก (กรัมต่อ100 แคลอรี่)	50.8	665.6	26.5	128.4

ที่มา: อมราภรณ์ วงษ์ฟัก (2537)

7.3 กระบวนการผลิตไอศกรีม

7.3.1 การผสมส่วนผสมทั้งหมด (Blending of the mix ingredients)

คำนวณปริมาณส่วนผสมทั้งหมดโดยคำนึงถึงปริมาณไขมัน เนื้อนมในผลิตภัณฑ์นมและส่วนผสมอื่นๆ จากนั้นนำส่วนผสมที่เป็นของเหลว เช่น นม นมข้น ครีม น้ำเชื่อม เทลงในถัง ให้ความร้อนพร้อมคนผสม และเติมส่วนผสมที่เป็นของแห้ง เช่น น้ำตาล สารคงตัว เนื้อนมไม่รวมมันเนย เป็นต้น ลงในของเหลวเมื่ออุณหภูมิถึง 50 องศาเซลเซียส (Marshall & Arbuckle, 1996)

7.3.2 การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization)

วัตถุประสงค์เพื่อทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค ลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ทำให้เสื่อมเสีย เช่น พวกไซโครโทรป (psychrotrophs) และช่วยให้ส่วนผสมที่เป็นของแข็ง เช่น โปรตีน และ สารให้ความคงตัวละลายน้ำดีขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิระดับพาสเจอไรซ์เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการโฮโมจิไนซ์ (Marshall & Arbuckle, 1996)

7.3.3 การโฮโมจิไนซ์และทำให้เย็น (Homogenization and Cooling)

จุดประสงค์เพื่อรักษาความคงตัวและลดขนาดเม็ดไขมันให้ต่ำกว่า 2 ไมครอน ทำให้ไม่เกิดชั้นครีม จึงไม่เกิดความรู้สึกเป็นมัน (greasy) เป็นเนย (buttery) และความรู้สึกในปาก (mouthfeel) หลังจากแช่แข็ง ในธรรมชาติเม็ดไขมันถูกหุ้มด้วยฟอสฟอลิปิด ระหว่างการโฮโมจิไนซ์เม็ดไขมันถูกลดขนาดลง แต่ฟอสฟอลิปิดมีจำกัด ทำให้อิมัลซิไฟเออร์ที่เติมเข้าไปถูกดูดซับบนผิว

ไขมันใหม่ ช่วยรักษาขนาดของเม็ดไขมันให้มีขนาดเล็กระหว่างการผลิต การลดขนาดเม็ดไขมัน ทำให้เกิดโครงสร้างอิมัลชัน ช่วยให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเนียนมากขึ้น เพิ่มความมัน และละลายช้าลง ควรใช้อุณหภูมิที่พาสเจอไรซ์ในการโฮโมจิไนซ์ เนื่องจากในขั้นนี้ต้องทำให้ไขมันเป็นของเหลวจึงต้องใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ขึ้นไป หลังจากโฮโมจิไนซ์ทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Marshall & Arbuckle, 1996)

7.3.4 การบ่ม (Aging)

บ่มใช้เวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส แต่ไม่ถึงระดับแช่แข็ง ระหว่างการบ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงหลายอย่าง ได้แก่ ส่วนที่เป็นไฮโดรฟิลิก เช่น โปรตีนและสารคงตัวดูดน้ำได้เต็มที่ ทำให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และในขั้นนี้โปรตีนที่ล้อมรอบเม็ดไขมันถูกแทนที่ด้วยอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้ความคงตัวของไขมันลดลง มีโอกาสเกิด การหลอมรวมตัวบางส่วนได้ง่าย ทำให้สามารถหุ้มอากาศได้ดีขณะปั่นไอศกรีม การลดอุณหภูมิ ทำให้ไขมันบางส่วนตกผลึก (partial fat crystallization) จึงหุ้มอากาศได้ดีขณะปั่นไอศกรีม นอกจากนี้การทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 0-2 องศาเซลเซียส เป็นการเพิ่มอัตราการเกิดผลึกไขมัน เพิ่มความสามารถ ในการแช่เยือกแข็ง และช่วยกำจัดจุลินทรีย์ที่เจริญในมิกซ์ได้ (Marshall & Arbuckle, 1996)

7.3.5 การปั่นแข็งไอศกรีม (Freezing)

ก่อนนำไปผ่านกระบวนการปั่นแข็งไอศกรีม สามารถเติมสี กลิ่น หรือผลไม้ในไอศกรีมมิกซ์ได้ ในขั้นนี้เกิดการกระจายของอนุภาคต่างๆ น้ำกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง ไซรัปเข้มข้นขึ้น มีการปั่นอากาศเข้าไปในไอศกรีมมิกซ์ เกิดเซลล์อากาศ ซึ่งมีไฮโดรฟิลิกคอลลอยด์ดูดซับบนผิวหน้าเพื่อรักษาความคงตัว เม็ดไขมันเป็นผลึกมากขึ้น เกิดการหลอมรวมตัวกันเกิดเป็นโครงสร้างแบบโฟม และหลังจากผ่านการปั่นแข็งเป็นไอศกรีม น้ำประมาณร้อยละ 50 ในไอศกรีมมิกซ์เป็นน้ำแข็ง ปริมาตรเพิ่มขึ้นเนื่องจากการกักอากาศของไขมัน เฟสต่อเนื่องเป็นสารละลายเข้มข้น ขณะที่เฟส ไม่ต่อเนื่องประกอบด้วย เซลล์อากาศ ผลึกน้ำแข็ง เม็ดไขมัน เคซีนไมเซลล์ และไฮโดรคอลลอยด์อื่นๆ ไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการปั่นแข็งไอศกรีม มีลักษณะกึ่งของแข็ง หรือลักษณะ soft serve ice cream (Marshall & Arbuckle, 1996)

7.3.6 การบรรจุ ขึ้นรูปและแช่แข็ง (Filling, Shape Forming and Hardening)

หลังจากปั่นไอศกรีมมิกซ์ได้ไอศกรีมที่มีลักษณะกึ่งของแข็ง ต้องนำไปแช่แข็งโดยลดอุณหภูมิลงให้ถึง -18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่านั้นที่ -20 ถึง -30 องศาเซลเซียส การทำให้แข็งอย่างรวดเร็วทำให้ได้ไอศกรีมมีผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก มีเนื้อสัมผัสที่ดี เวลาที่ใช้ในการแช่แข็งถูก

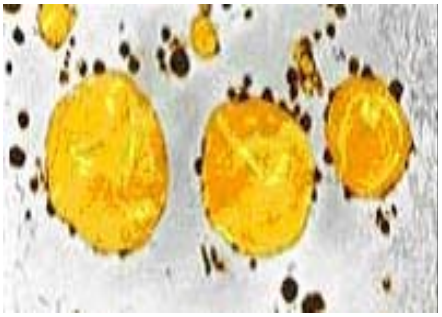
สมมติให้เป็นระยะเวลาที่อุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางของผลิตภัณฑ์ต่ำลงถึง -18 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านการแช่แข็งน้ำประมาณร้อยละ 72 กลายเป็นผลึกน้ำแข็ง (Marshall & Arbuckle, 1996)

7.3.7 การเก็บรักษา (Storage)

การเก็บรักษาไอศกรีมโดยทั่วไปนิยมเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า –25 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็ง (Marshall & Arbuckle, 1996)

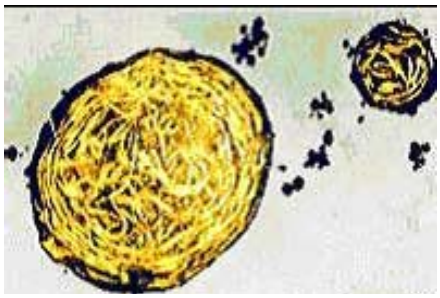
7.4 โครงสร้างไอศกรีม (Ice Cream Structure)

ไอศกรีมประกอบด้วย ครีม นม เนื้อนม น้ำตาล สารคงตัวและอิมัลซิไฟเออร์ผสมกันผ่านการพาสเจอไรซ์ และโฮโมจิไนซ์เพื่อทำให้เกิดอิมัลชันของไขมันนม ซึ่งประกอบด้วยหยดไขมันขนาดเล็กจำนวนมากกระจายในเฟสของน้ำ และเม็ดไขมันถูกหุ้มด้วยโปรตีนและอิมัลซิไฟเออร์ ส่วนน้ำตาลละลายในน้ำ เมื่อส่วนผสมเย็นไขมันนมบางส่วนกลายเป็นของแข็ง ทำให้ แต่ละหยดของไขมันประกอบด้วยผลึกไขมันและไขมันเหลว (ภาพที่ 2.5 และ 2.6)



ภาพที่ 2.5 เม็ดไขมัน (สีเหลือง) มีผลึกไขมันเล็กน้อย (เส้นสีอ่อนภายในเม็ดไขมัน) และโปรตีนเป็น ทรงกลมสีดำ ส่องโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนชนิดลำแสงส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope)

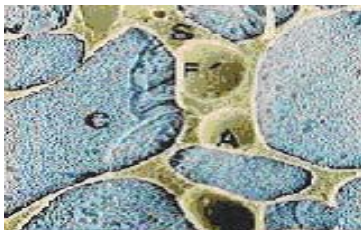
ที่มา : Goff (1998)



ภาพที่ 2.6 เม็ดไขมันขนาดใหญ่และขนาดเล็ก (สีเหลือง) มีผลึกไขมันสมบูรณ์ในเม็ดไขมัน (เส้นสีอ่อนภายในเม็ดไขมัน) ส่องโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนชนิดลำแสงส่องผ่าน

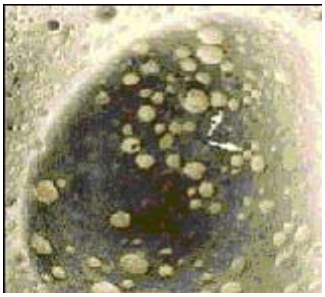
ที่มา : Goff (1998)

เมื่อปั่นมิกซ์เป็นไอศกรีมเกิดเฟสไม่ต่อเนื่อง 2 เฟส ได้แก่ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กและฟองอากาศกระจายในเฟสต่อเนื่อง น้ำจากนมและครีมกลายเป็นน้ำแข็ง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30-50 ไมครอน และมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่ออุณหภูมิไม่คงที่ขณะเก็บรักษา ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อหยาบ การตีอากาศช่วยรักษาการกระจายตัวของผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก จากภาพที่ 2.7 แสดงภาพตัดขวางของไอศกรีมจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนชนิดกราดลำแสง (Cryo-Scanning Electron Microscope) เป็น 4 เฟส ได้แก่ ผลึกน้ำแข็ง (สีน้ำเงิน (C)) ฟองอากาศ (A) หยดไขมัน (F) (แสดงอย่างละเอียดดังภาพที่ 8) และเฟสที่ไม่แข็งตัว (สีเหลือง (S)) การตีอากาศทำให้อากาศอยู่ในรูปฟองอากาศมีขนาด 50-80 ไมครอน การกระจายของฟองอากาศขนาดเล็กทำให้ไอศกรีมมีเนื้อเนียน หยดไขมันช่วยรักษาความเรียบเนียนของไอศกรีม โดยอิมัลชันของไขมันเกิดการหลอมรวมตัวกันบางส่วน อยู่เป็นกลุ่ม (cluster) และเกาะกลุ่มกันรอบฟองอากาศเพื่อรักษาความคงตัวให้ฟองอากาศ (Goff, 1997)



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างไอศกรีม C คือผลึกน้ำแข็ง (สีฟ้า) A คือฟองอากาศ F คือหยดไขมัน และ S คือเฟสที่ไม่แข็งตัว

ที่มา : Goff (1998)



ภาพที่ 2.8 หยดไขมันในโครงสร้างไอศกรีม
ที่มา : Goff (1998)

7.4.1 เม็ดไขมัน (Fat globule)

ในช่วงแรกเม็ดไขมันมีขนาดเล็กและคงตัว หลังผ่านการโฮโมจิไนซ์ เม็ดไขมันกระจายอยู่ในมิกซ์ เมื่อปั่นแข็งเป็นไอศกรีม เม็ดไขมันบางส่วนหลอมรวมกันเป็นสายและหุ้มฟองอากาศทำให้ฟองอากาศคงตัวอยู่ในไอศกรีมได้ ดังนั้น เม็ดไขมันจึงมีผลต่อเนื้อสัมผัสของไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อเรียบเนียน มีความคงตัวและมีผลต่อการละลาย โดยส่วนมากเม็ดไขมันมีขนาด 0.5-0.9 ไมโครเมตร ขึ้นกับความดันในการโฮโมจิไนซ์ และชนิดของอิมัลซิไฟเออร์ ความดันในการโฮโมจิไนซ์ ทำให้ไขมันมีขนาดเล็กลง เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของเม็ดไขมันในการเกาะกลุ่ม ส่วนอิมัลซิไฟเออร์เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ดีกว่าโปรตีนจะไปเกาะแทนที่โปรตีนบนผิวของ เม็ดไขมันทำให้ไขมันไม่คงตัวขณะปั่นไอศกรีมและเกิดการเกาะกลุ่มกันได้ดี (Bolliger *et al*., 2000)

7.4.2 ฟองอากาศ (Air bubble)

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นจากการให้อากาศอยู่ในลักษณะโฟมแช่แข็งไอศกรีมมีปริมาตรของอากาศตั้งแต่ร้อยละ 10-15 จนถึงมากกว่าร้อยละ 50 ในรูปฟองอากาศ ขั้นตอนการปั่นแข็งไอศกรีมมีผลต่อผลึกน้ำแข็ง และการกระจายของฟองอากาศ ซึ่งมีผลต่อ ความเรียบเนียนของไอศกรีม การใช้เวลาปั่นไอศกรีมสั้นทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็ก ส่วนการปั่นที่ใช้เวลานานทำให้ฟองอากาศมีขนาดเล็ก แต่ถ้าต้องการให้ผลึกน้ำแข็งและฟองอากาศมีขนาดเล็ก ควรผลิตด้วยวิธีเอ็กทรูชันที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ อิมัลซิไฟเออร์มีผลช่วยเพิ่มความคงตัวของฟองอากาศ ทำให้ฟองอากาศกระจายได้ดีเมื่อมีปริมาณมาก และช่วยป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขณะเกิด heat shock (Goff, 2002)

7.4.3 ผลึกน้ำแข็ง (Ice crystals)

เป็นเฟสไม่ต่อเนื่องในไอศกรีม มีผลต่อความเรียบเนียนของไอศกรีม อุณหภูมิที่ไม่คงที่ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กได้อย่างรวดเร็ว ทำให้คุณภาพของไอศกรีมลดลง ซึ่งเราสามารถควบคุมการเกิดผลึกน้ำแข็งได้โดยการรักษาอุณหภูมิต่ำให้คงที่ และเติมสารคงตัว เช่น โพลิแซคคาไรด์ กัม รวมทั้งโครงสร้างไขมันที่เหมาะสมและฟองอากาศขนาดเล็กมีผลต่อการป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็ง (Goff, 2002)

7.4.4 ซีรัมเฟส (Serum phase)

ซีรัมเฟสประกอบด้วยน้ำส่วนที่ไม่แข็งตัว น้ำตาล โปรตีน เกลือและโพลิแซคคาไรด์ ที่ละลายในน้ำ (Goff, 2002) ซึ่งมีความหนืดสูง และอยู่ในสภาวะแกลซซี่ (glassy state) มีผลต่อการเกิดผลึกน้ำแข็ง เช่น cryo-gel ในซีรัมเฟสมีผลยับยั้งการเกิดผลึกน้ำแข็ง โดยระบบที่มีโปรตีนและ โพลิแซคคาไรด์ยับยั้งการเกิดผลึกน้ำแข็งได้ดีกว่าระบบที่ไม่มีโพลิแซคคาไรด์ (Goff, 2002)

7.5 สมบัติทางกายภาพของไอศกรีม

7.5.1 ค่าพีเอช (pH)

ค่าพีเอชของไอศกรีมมิกซ์เปลี่ยนแปลงตามองค์ประกอบในไอศกรีมมิกซ์ ได้แก่ โปรตีนนม เกลือแร่ (ได้แก่ ฟอสเฟตและซิเตรต เป็นส่วนใหญ่) และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในนมการเพิ่มปริมาณเนื้อนมไม่รวมมันเนยมีผลต่อการเพิ่มความเป็นกรดของไอศกรีมมิกซ์ ทำให้ค่าพีเอชลดลง โดยค่าพีเอชของไอศกรีมมิกซ์มีค่าประมาณ 6.3 ความเป็นกรดมีผลต่อการเพิ่ม ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ ทำให้อัตราการอัดอากาศช้าลง (whipping rate) เกิดกลิ่นรสที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ไอศกรีมมิกซ์มีความคงตัวต่ำ และระหว่างให้ความร้อนทำให้โปรตีนเสียสภาพได้เร็ว (Marshall & Arbuckle, 1996)

7.5.2 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดแสดงถึงแรงต้านทานการไหลของของเหลว ไอศกรีมมิกซ์มีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 50-300 เซนติพอยซ์ เมื่อให้แรงเฉือน (shear rate) สูงขึ้น ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ มีค่าลดลง ไอศกรีมมิกซ์ที่มีความหนืดสูงทำให้ส่วนผสมแข็งตัวได้เร็ว ยืดระยะเวลาการละลายของไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อดี และเนื้อสัมผัสเรียบเนียน แต่ไอศกรีมมิกซ์ที่มีความหนืดสูงเหมาะกับเครื่องปั่นไอศกรีมที่มีกำลังสูง ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของไอศกรีม ได้แก่ (1) องค์ประกอบในไอศกรีม เช่น ไขมันและสารคงตัวมีผลต่อความหนืดของไอศกรีมมิกซ์มากกว่าองค์ประกอบอื่นๆ (2) ชนิดและคุณภาพของวัตถุดิบ (3) กระบวนการผลิต เช่นการ

พาสเจอไรซ์ การโฮโมจิไนซ์ และการบ่ม (4) ความเข้มข้นของไอศกรีมมิกซ์ ซึ่งหมายถึงปริมาณของแข็งทั้งหมดและ (5) อุณหภูมิ เป็นต้นค่าความหนืดของไอศกรีมมิกซ์สามารถตรวจสอบได้ โดยวัดเวลาการเคลื่อนที่ของไอศกรีมในปิเปตหรือหลอดภายใต้ความดันที่กำหนด หรือวัดแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของ Parallel Plates หรือ Coaxial Cylinder ในไอศกรีมมิกซ์ หรือใช้เครื่อง Brookfield Viscometer หรือวัดการเคลื่อนที่ของบอลในไอศกรีมที่อยู่ในคอลัมน์ (Marshall & Arbuckle, 1996)

7.5.3 การขึ้นฟู (Overrun)

การขึ้นฟูแสดงถึงปริมาตรของไอศกรีมที่เพิ่มขึ้นจากปริมาตรของไอศกรีมมิกซ์ที่เกิดจากการกักอากาศของไขมัน ไอศกรีมแต่ละชนิดมีการขึ้นฟูที่ต่างกัน โดยทั่วไปไอศกรีมมีค่าการขึ้นฟูที่ร้อยละ 40-100 และค่าการขึ้นฟูคำนวณได้จากร้อยละของปริมาตรไอศกรีม ที่เพิ่มขึ้น หรือร้อยละของน้ำหนักไอศกรีมที่หายไป (Marshall & Arbuckle, 1996; Goff & Hartel, 2004)

7.5.4 ความแน่นแข็ง (Hardness)

เนื้อสัมผัสของไอศกรีมสัมพันธ์กับความแน่นแข็งของไอศกรีม ไอศกรีมที่ดีต้อง ไม่แข็งมากหรือน้อยเกินไป ถ้าไอศกรีมมีความแน่นแข็งน้อยเกินไป ทำให้ไอศกรีมเหลวง่าย ปัจจัยที่มีผลต่อความแน่นแข็งของไอศกรีม ได้แก่ ปริมาตรของเฟสที่เป็นน้ำแข็ง ขนาดผลึกน้ำแข็ง การขึ้นฟู และคุณสมบัติการไหล (Rheological properties) ของไอศกรีมมิกซ์ (Muse & Hartel, 2004) ความแน่นแข็งของไอศกรีมสามารถตรวจสอบได้โดยใช้เครื่องมือวัดความแน่นแข็ง (Cone Penetrometer) สำหรับวัดความแน่นแข็งของครีมหรือไขมัน (Marshall & Arbuckle, 1996)

7.5.5 อัตราการละลาย (Melting rate)

การละลายของไอศกรีมเกิดจากน้ำแข็งในไอศกรีมละลาย ร่วมกับการยุบตัว (Collapse) ของโครงสร้างไขมันที่หุ้มฟองอากาศ อย่างไรก็ตาม การละลายของน้ำแข็งอย่างเดียวไม่ได้ทำให้ไอศกรีมเกิดการละลายจนกว่าโครงสร้างของไขมันจะเกิดการยุบตัว ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของน้ำแข็งในไอศกรีม ได้แก่ อุณหภูมิภายนอก และอัตราการถ่ายเทความร้อน (heat transfer) (Goff,n.d.)อัตราการละลายของไอศกรีมมีความสำคัญต่อการบริโภคไอศกรีมแบบโคนหรือแบบแท่ง (Cone or stick) ไอศกรีมที่มีจุดเยือกแข็งต่ำจะละลายเร็ว และทำให้เกิด heat shock ได้เร็ว ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ ไอศกรีมที่ดีควรละลายภายใน 10-15 นาทีที่อุณหภูมิห้อง (Marshall & Arbuckle, 1996)

8. โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปตามคำจำกัดความของ มอก. 315-2522 โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากข้าว ซึ่งทำให้สุกเป็นบางส่วน มีลักษณะเป็นเมล็ดเล็กๆ ผสมกับเนื้อสัตว์ที่ทำให้สุก และแห้งพร้อมด้วยเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรสอื่นๆ โดยรักษาคุณค่า และกลิ่นรสเดิมของส่วนประกอบไว้ และทำให้สุกรับประทานได้ในระยะเวลาสั้น (สมอ, 2522)

9. ซุปกึ่งสำเร็จรูป

ซุปกึ่งสำเร็จรูป คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อสัตว์หรือพืช เช่น ผัก ถั่ว เต้าหู้ ธัญพืช ผสมเข้ากับเครื่องปรุงรส หรืออาจเติมด้วยส่วนประกอบอื่นๆ เช่น แป้ง เส้นบะหมี่ แล้วนำมาผ่านกรรมวิธีทำให้แห้ง หรือใช้ส่วนประกอบที่ทำให้แห้งอยู่แล้วมาผสมกัน โดยยังคงรักษาคุณภาพและกลิ่นรสเอาไว้

10. การอบแห้ง

10.1 หลักการอบแห้ง

การอบแห้งอาหารทั่วๆไปอาศัยหลักการที่ว่า ปริมาณน้ำ หรือความชื้นที่มีในอาหารสูงๆจะทำให้อาหารเน่าเสียง่าย ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ และจากปฏิกิริยาทางเคมี ดังนั้นการดึงน้ำออกจากอาหารให้มีความชื้นลดลงจนพอเหมาะแก่อาหารแต่ละชนิดแล้วจะทำให้อาหารนั้นสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น ทั้งนี้หลักการของการอบแห้งอาหารจะเกี่ยวเนื่องกับจุดประสงค์ของการอบแห้ง ซึ่งในอาหารอบแห้งทั่วๆไปจะมีจุดประสงค์หลักอยู่ 2 ประการคือ

1) เพื่อต้องการลดปริมาณน้ำ เพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณความชื้นในอาหารที่จะป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ โดยทั่วไปจะดึงน้ำออกจนเหลือต่ำกว่าร้อยละ 10 หรือมี Aw ต่ำกว่า 0.6

2) เพื่อต้องการลดน้ำหนักของอาหาร เพื่อสะดวกในการขนส่งเนื่องจากการขนส่งผลิตภัณฑ์บางชนิดในสภาพสดจะกินเนื้อที่ และการดูแลรักษาลำบาก (สมบัติ ขอทวีวัฒนา, 2529)

10.2 ข้อดีของการอบแห้ง

1) การอบแห้งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบา เพราะว่าน้ำหนักประมาณ ร้อยละ 60-90 ของอาหารสดยกเว้นธัญพืช ประกอบด้วยน้ำ และน้ำส่วนนี้เองจะถูกกำจัดออกไปโดยกระบวนการอบแห้ง

2) การอบแห้งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความกระชับ กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งต้องการเนื้อที่น้อยกว่าอาหารสด อาหารแช่เยือกแข็ง อาหารกระป๋อง โดยเฉพาะถ้าสามารถจัดเก็บในหีบห่อภาชนะ

3) การอบแห้งมีความคงที่ที่สภาวะการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งไม่จำเป็นต้องใช้ตู้เย็นในระหว่างการเก็บ แต่มีข้อจำกัดของอุณหภูมิสูงสุดในระหว่างการเก็บ เพื่อจะให้ได้ระยะการเก็บที่นานขึ้น

10.3 ข้อเสียของการอบแห้ง

1) การอบแห้งมีความไวต่อความร้อน เนื่องจากอาหารส่วนมากมีความไวต่อความร้อนในระดับหนึ่ง และสามารถพัฒนาให้เกิดกลิ่นรสไหม้ขึ้นได้ ถ้าควบคุมสภาวะไม่เหมาะสม

2) การอบแห้งสามารถเกิดการสูญเสียกลิ่นรสที่ระเหยได้ และเกิดจากการฟอกสีของผลิตภัณฑ์

3) การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ซึ่งรวมถึงเกิดการแห้งกรอบอันเนื่องมาจากการหดตัวของผลิตภัณฑ์

4) การอบแห้งทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เกิดจากเอนไซม์ ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ยังเกิดออกซิเดชันของไขมัน

10.4 ปรากฏการณ์ทางกายภาพที่เกิดขึ้นระหว่างการอบแห้งอาหาร

การควบคุมกระบวนการอบแห้งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างมาก โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต้องการกับรูปร่างหรือโครงสร้าง เช่น เกิดรอยแตก ผิวหน้าแข็ง การเสียโครงสร้างของโปรตีน เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เกิดออกซิเดชันของส่วนประกอบที่ไม่คงตัว หรือการเน่าเสียของจุลินทรีย์อันเนื่องจากกระบวนการทางกายภาพ เคมี หรือชีวภาพ เมื่อนำอาหารเข้าอบแห้งจะมีกระบวนการพื้นฐานเกิดขึ้นพร้อมกัน 2 ประการ ได้แก่

1) การถ่ายเทความร้อน เกิดขึ้นที่จุดที่มีความแตกต่างของอุณหภูมินั้นคือ การอบแห้งกับตัวนำความร้อน การดำเนินการอบแห้งทางการค้าอาจใช้การถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีการนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน หรือใช้วิธีร่วมกันจากวิธีดังกล่าวดังนี้

(1) การนำความร้อน คือ การถ่ายเทความร้อนโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งกับโมเลกุลข้างเคียง สภาพความร้อน (Thermal conductivity) เป็นคุณสมบัติของสารที่ประกอบกันขึ้นเป็นวัตถุ ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกัน สภาพนำความร้อนขึ้นกับอุณหภูมิ และความร้อน (Gorling, 1958) ค่าสภาพนำความร้อนของน้ำจะมีค่ามากกว่าค่าของวัตถุแห้งที่เป็นอาหาร เช่น ในผัก และผลไม้สดซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบจำนวนมาก ค่าสภาพนำความร้อนของผัก และผลไม้

สดการนำความร้อนจะลดลง (Van Arsdel and Copley, 1963) จากการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าที่ผิวหน้าของวัตถุที่ชื้นจะแตกต่างเพียงเล็กน้อยจากอุณหภูมิกระเปาะเปียก(Wet-bulb-temperature) ลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อการระเหยเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของวัตถุที่ชื้นจริง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพเท่านั้น (Gorling, 1958)

(2) การพาความร้อน คือ การถ่ายเทความร้อนภายในวัตถุทึบจะเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อนทั้งสิ้น แต่สำหรับของเหลว และก๊าซ การถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อนเกิดขึ้นน้อยมาก ในทางปฏิบัติการถ่ายเทความร้อนทั้ง 3 วิธี จะเกิดขึ้นพร้อมๆ กันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่ามีลักษณะอย่างไร เช่น วัตถุที่มีลักษณะเป็นรูพรุนขนาดเล็ก ๆ ซึ่งภายในช่องว่างเต็มไปด้วยของเหลว หรือไอ การถ่ายเทความร้อนภายในที่เกิดขึ้นจะเป็นแบบการนำความร้อน แต่ถ้าแบบการพาความร้อน ซึ่งจะทำให้อัตราการเทความร้อนเพิ่มขึ้น แต่ถ้าความดันอากาศรอบ ๆ วัตถุนั้นลดลง ซึ่งเกิดขึ้นกับการอบแห้งแบบสุญญากาศ การถ่ายเทความร้อนจะพบว่าเป็นแบบการแผ่รังสี (Van Arsdel and Copley, 1963)

(3) การแผ่รังสี คือ การถ่ายเทพลังงานแบบการแผ่รังสีนั้นเกิดเพียงส่วนน้อยในกระบวนการอบแห้งอาหาร แต่ในกรณีของการอบแห้งอาหารแบบสุญญากาศ และการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะมีการถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสีเป็นหลัก นอกจากนี้การถ่ายความร้อนแบบการแผ่รังสียังใช้กับกระบวนการอบแห้งอาหารอย่างอื่น เช่น การอบแห้งแบบพ่นฝอย การอบแห้งแบบถาด

2) การเคลื่อนที่ของน้ำในอาหาร เมื่ออาหารได้รับความร้อนระหว่างการอบแห้งในขณะเดียวกันน้ำที่อยู่ในอาหารก็จะเคลื่อนตัวออกจากอาหาร ลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารอาจเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่ของของเหลว หรือของไอ (Karel, 1975) กล่าวคือ น้ำหรือไอภายในอาหารจะเคลื่อนที่มาที่ผิวหน้าของวัตถุจากนั้นน้ำที่ผิวหน้าจะกลายเป็นไอระเหยออกสู่รอบบรรยากาศของตู้อบ จากการศึกษาพบว่า กลไกภายในของการไหลของของเหลว และผลของสภาพภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วของลม มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนตัวของน้ำในระหว่างการอบแห้ง กลไกภายในของการไหลของของเหลวนั้น พบว่า มีอยู่หลายแบบทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครางสร้างของอาหาร ชนิดของการเคลื่อนที่ของน้ำอาจเกิดขึ้นจาก

(1) เกิดจากแรงคาปิลารี (Capillary force) การเคลื่อนตัวของน้ำ พบว่ามีลักษณะที่ซับซ้อนมากยากต่อการคำนวณ ยากต่อการแยกแยะว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบที่เกิดความแตกต่างของความเข้มข้น หรือจากแรงคาปิลารี เพื่อให้สะดวก และง่ายขึ้นจึงใช้ค่าสภาพนำของของเหลว (Liquid conductivity) มาใช้อธิบายซึ่งค่านี้จะแตกต่างกันตามปริมาณน้ำ

(2) การแพร่ของของเหลว (Liquid diffusion) เนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารอาจเป็นการเคลื่อนที่ของของเหลว หรือของไอ ถ้าเป็นสภาวะของของเหลวการเคลื่อนที่ของน้ำจะเกิดขึ้นเนื่องจากความเข้มข้นที่แตกต่างกันที่เกิดขึ้น เมื่อน้ำได้ระเหยไปจากผิวหน้า นั่นคือความเข้มข้นของของแข็งเพิ่มขึ้นขณะที่ปริมาณน้ำลดลง

(3) การแพร่ของไอ (Water vapor diffusion) เกิดจากความแตกต่างของความดันย่อย อากาศที่อยู่ในรูเปิดเล็กมีลักษณะคงที่ แต่พอไอน้ำที่เกิดขึ้นจากการระเหยของน้ำในระหว่างการอบแห้งแพร่ซึมผ่านเข้าไปยังรูเปิดเล็ก ๆ นี้จะไปไล่อากาศจากบริเวณที่มีความดันน้ำสูงไปสู่ที่มีความดันไอน้ำต่ำ อัตราการเคลื่อนที่นี้ขึ้นอยู่กับปัจจัย การต้านทานต่อการแพร่ซึ่งมีลักษณะคล้ายค่าสภาพนำของวัตถุ

(4) การแพร่ของของเหลวที่ดูดซึมอยู่ที่ผิวของอาหาร นอกจากนี้การแพร่ของน้ำที่ดูดซึมไว้ที่ผิวหน้าของอาหารที่มีความชื้นค่อนข้างต่ำ (ร้อยละ 10-15) การแพร่แบบนี้เรียกว่า การแพร่โดยการกระตุ้น

10.5 การอบแห้งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วงได้แก่

1) ช่วงความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ จะเกิดเมื่อเริ่มทำการอบแห้งโดยอากาศร้อนจะสัมผัสกับวัสดุ และอุณหภูมิของวัสดุจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงค่า ๆ หนึ่ง และจะคงที่ที่ค่าอุณหภูมินี้ช่วงเวลาหนึ่งเรียกช่วงเวลานี้ว่า ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ

2) ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ หลังจากที่วัสดุได้รับความร้อนในช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแล้ว ความร้อนส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการระเหยน้ำ น้ำในอาหารเคลื่อนที่มายังบริเวณผิวโดยการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่แบบการไหลผ่านช่องแคบ พร้อมกับได้น้ำที่เคลือบที่จากผิววัสดุมายังกระแสอากาศ ทำให้บริเวณผิวของวัสดุมีปริมาณน้ำมาก อุณหภูมิ และความเข้มข้นของไอน้ำที่ผิวคงที่ ทำให้การระเหยน้ำบริเวณรอบผิววัสดุเกิดขึ้นอย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่จึงเรียกว่า ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่

3) ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เมื่อไอน้ำที่ผิววัสดุระเหยออกไปแล้ว ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น และความเข้มข้นของไอน้ำจะลดลง น้ำจากภายในวัสดุจะเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (Diffusion) ซึ่งช้าลงกว่าเดิมมาก ทำให้การระเหยเกิดได้ช้าอัตราการอบแห้งลดลง จึงเรียกว่า ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง การอบแห้งจะสิ้นสุดเมื่อความชื้นของอากาศในตู้อบสมดุลกับความชื้นของอาหารและเรียกความชื้นของอากาศขณะนั้นว่า ความชื้นสมดุล

การอบแห้งอาหารที่มีความชื้นมากโดยผ่านอากาศร้อนที่มีอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วคงที่ จะได้ปรากฏการณ์เกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของอาหาร คือ การแพร่กระจายของ

ของเหลวหรือไอน้ำ เนื่องจากความร้อนของอากาศร้อนปะทะกับผิวอาหารจะเปลี่ยนรูปเป็นความร้อนแฝงที่จะทำให้เกิดการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ขึ้นไป กลไกการส่งผ่านความร้อน และมวล นี้รวมถึง การเปลี่ยนแปลงมวลอุณหภูมิของอาหารอบแห้ง และเวลา

10.6 การเปลี่ยนแปลงในเนื้อเยื่อระหว่างการอบแห้ง ได้แก่

1) การเหี่ยวย่น เซลล์เนื้อเยื่อสัตว์ และพืชของสิ่งมีชีวิต มีคุณสมบัติการเต่งตึงซึ่งหมายความว่า ของเหลวที่อยู่ภายในของแต่ละเซลล์จะทำให้เซลล์พองออกจนโครงสร้างเหนียวแน่นคล้ายลูกบอลลูน ผนังเซลล์จะมีลักษณะอยู่ภายในแรงตึงผิว ในขณะที่ภายในเซลล์จะถูกแรงอัด โครงสร้างเหนียวแน่นคล้ายลูกบอลลูนในผนังเซลล์จะมีลักษณะอยู่ภายในแรงตึงผิว ในขณะที่ภายในเซลล์จะถูกแรงอัดโครงสร้างผนังเซลล์มีลักษณะแข็งแรง และยืดหยุ่น แต่เมื่อเนื้อเยื่อเซลล์ได้ผ่านกระบวนการบางกระบวนการ เช่น การลวก พบว่าผนังเซลล์จะมีลักษณะการยอมให้ซึมผ่านได้ง่ายขึ้น ความเต่งตึงของเซลล์จะหายไป (Van Arsdel *et al*, 1973)

โครงสร้างอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงทันทีเมื่อผ่านการอบแห้ง เนื่องจากาการเคลื่อนที่ของของเหลว การกระจายตัวใหม่ของตัวถูกละลาย และการเหี่ยวย่น เมื่อเป็นเช่นนี้ทำให้ลักษณะการเคลื่อนที่ หรือการส่งผ่านมวลก็จะเปลี่ยนไประหว่างกระบวนการอบแห้ง ค่าสัมประสิทธ์ของการแพร่ของน้ำในมันฝรั่งที่ผ่านการลวกมีค่าอยู่ระหว่าง 10^{-7} ถึง 10^{-8} ตารางเซนติเมตรต่อวินาที ที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 15-20 (โดยน้ำหนักแห้ง) แต่ค่านี้จะลดลงต่ำกว่า 10^{-10} ตารางเซนติเมตรต่อวินาที ซึ่งปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นกับอาหารชนิดอื่น ๆ เหมือนกัน ฉะนั้นในสภาวะการอบแห้งถ้าสามารถที่จะรักษาก้อนอาหารให้มีความชื้นทั้งผิวนอก และข้างใน ไม่ต่างกันมากจะพบว่าการเหี่ยวย่นจะเกิดขึ้นน้อยมาก แต่ถ้าหากว่าอุณหภูมิเริ่มต้นสูงมากจะทำให้ผิวนอกแห้ง และมีลักษณะแข็งในขณะที่ภายในยังนิ่มอยู่ การเหี่ยวย่นก็จะเกิดขึ้น และภายในก้อนอาหารจะมีลักษณะเป็นโพรง

2) ความหนาแน่นรวม ถ้าอาหารถูกอบแห้งเร็วจนเกินไปทำให้อาหารมีค่าความหนาแน่นรวมน้อยกว่าพวกอาหารถูกอบแห้งด้วยอัตราช้า เช่น การอบแห้งมันฝรั่งชนิดลูกเต๋าที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิกระเปาะเปียก 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 30 นาที ให้มีความชื้น 0.11 ปอนด์ต่อปอนด์ของวัตถุแห้ง เปรียบเทียบกับอีกตัวอย่างที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิกระเปาะเปียก 49 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง 30 นาทีจนมีความชื้น 0.61 ปอนด์ต่อปอนด์ของวัตถุแห้ง แล้วจึงเปลี่ยนอุณหภูมิอบแห้งเป็น 65 องศาเซลเซียสและมีอุณหภูมิกระเปาะเปียก 30 องศาเซลเซียส อีก 4 ชั่วโมง 30 นาที ให้มีความชื้น 0.11 ปอนด์ต่อปอนด์ของวัตถุแห้ง จากปรากฏการณ์นี้พบว่า ค่าความหนาแน่นรวม

ของตัวอย่างหลังจะเป็นสองเท่าของค่าความหนาแน่นรวมของตัวอย่างแรก ซึ่งมีค่าความหนาแน่นรวมนี้มีผลต่อปริมาณของวัสดุที่ใช้ในการบรรจุหีบห่อของอาหาร

3) ความสามารถในการคืนตัว ปัจจัยคุณภาพของอาหารแห้งที่สำคัญ ได้แก่ลักษณะเนื้อสัมผัส และความสามารถในการคืนตัว ลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียว ลักษณะเป็นเส้นใยการคืนตัวอย่างช้า ๆ หรือไม่สมบูรณ์ เหล่านี้ถือเป็นตำหนิทางคุณภาพของอาหารอบแห้ง

ได้มีการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ถ้าเก็บเนื้อเยื่อพืชหรือสัตว์ไว้ที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลาหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงแบบไม่คืนตัวจะเกิดขึ้นเสมอ แม้ว่าอุณหภูมินั้นจะไม่สูงพอที่จะทำให้อาหารเกิดสีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลไหม้ได้ก็ตาม ความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ และความสามารถในการพองเนื้อเยื่ออบแห้งสามารถดูดซับน้ำได้เพียงส่วนหนึ่งของน้ำเริ่มต้นเท่านั้น และถึงแม้ว่าจะสามารถดูดซับน้ำได้จนมีน้ำหนักเท่าเดิม ก็ไม่ได้หมายความว่าเนื้อเยื่อนั้นจะมีโครงสร้างเหมือนเดิม ผลิตภัณฑ์หลังคืนตัวจะไม่มีลักษณะฉ่ำ และมีลักษณะเนื้อเยื่อร่วนกว่าเนื้อเยื่อสด

การแช่เยือกแข็ง และการละลายก่อนการอบแห้งอาจช่วยปรับปรุงคุณสมบัติการคืนตัวของผักแห้งได้ ทั้งนี้เป็นที่เข้าใจว่าการแช่เยือกแข็งจะทำให้เกิดรูช่องว่างอันเนื่องจากผลึกน้ำแข็ง แม้ว่าคุณสมบัติการดูดซับน้ำของผักอาจจะดีขึ้นแต่ว่าความสามารถในการจับของสารในอาหารอาจไม่ดีขึ้นได้ (Karel, 1975) การทำอาหารอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติการคืนตัวได้อย่างดี เพราะสามารถคืนตัวได้อย่างรวดเร็ว และมีลักษณะใกล้เคียงกับของเดิมมากที่สุดไม่ว่าจะเป็นปริมาณความชื้นหรือคุณสมบัติทางกายภาพ (Van Arsdel *et al.*, 1973)

10.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง

ปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้ง ประกอบด้วย

1) ลักษณะทางธรรมชาติของวัสดุ วัสดุที่มีลักษณะเป็นรูพรุนจะมีอัตราการอบแห้งเร็ว

2) ขนาดและรูปร่างของวัสดุ ส่วนใหญ่จะคำนึงถึงเฉพาะความหนา เนื่องจากถ้าวัสดุมีความหนามาก การอบแห้งจะเกิดได้ช้า

3) พื้นที่ผิวของวัสดุ ถ้ามีพื้นที่ผิวมากการอบแห้งจะเกิดได้เร็ว

4) ปริมาณ และตำแหน่งของวัสดุ การใส่วัสดุปริมาณมากไปทำให้การอบแห้งไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณกลาง ๆ ส่วนล่าง ถ้าการจัดเรียงไม่ดีจะทำให้การอบแห้งเกิดได้ช้ามาก

5) ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากแล้วจะรับไอน้ำได้น้อย และมีผลต่ออัตราการอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่

6) อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความร้อนชื้นคงที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ความสามารถในการรับไอน้ำเพิ่มขึ้นมีผลต่ออัตราการอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้นมีผลต่ออัตราการแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

7) ความเร็วของอากาศร้อน ถ้าความเร็วของอากาศร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการเคลื่อนย้ายน้ำออกจากวัสดุเร็วขึ้น และความเร็วของอากาศทำให้เกิดการปั่นป่วนของอากาศในห้องอบ อากาศจึงสัมผัสกับวัสดุได้ดีขึ้น

10.8 หลักการและวิธีการอบแห้ง

การอบแห้งอาหารทั่ว ๆไปอาศัยหลักการที่ว่าปริมาณน้ำ หรือความชื้นที่มีในอาหารสูง ๆ จะทำให้อาหารเน่าเสียได้ง่าย ซึ่งเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ และจากปฏิกิริยาทางเคมี ดังนั้นการดึงน้ำออกจากอาหารให้มีความชื้นลดลงจนพอเหมาะแก่อาหารแต่ละชนิดแล้วจะทำให้อาหารนั้นสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น ทั้งนี้หลักการของการอบแห้งอาหารจะเกี่ยวเนื่องกับจุดประสงค์ของการอบแห้งซึ่งโดยทั่ว ๆไป การอบแห้งจะมีจุดประสงค์หลักอยู่ 2 ประการ คือ

1) เพื่อต้องการลดปริมาณน้ำในอาหารป้องกันการเน่าเสียของอาหาร เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าปริมาณความชื้นในอาหารนั้นป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ โดยทั่วไปควรดึงน้ำออกจนเหลือต่ำกว่าร้อยละ 10 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารเป็นสำคัญ

2) เพื่อต้องการลดน้ำหนักของอาหารเพื่อสะดวกต่อการขนส่งเนื่องจากการขนส่งผลิตภัณฑ์บางชนิดในสภาพสดจะกินเนื้อที่ และการดูแลรักษาลำบาก โดยเฉพาะพวกนมสด ถ้าทำให้เป็นนมผงจะทำให้น้ำหนักเบาขึ้น การบรรจุขนส่งก็สะดวก และประหยัด ในการอบแห้งอาหารทั่ว ๆไปพบว่า อาหารแห้งที่ได้มีน้ำหนักลดลงไปมาก

10.9 ลักษณะทั่วไปของการอบแห้ง

โดยทั่วไปการดึงน้ำออกจากวัตถุใดนั้นมีอยู่ 2 ลักษณะตามคุณสมบัติในการอุ้มน้ำไว้ในตัวของวัตถุนั้น ๆ คือ

1) การดึงน้ำออกจากวัตถุที่ไม่ดูดซับน้ำ หรือไม่อุ้มน้ำในตัว (Non hydro scopy material) ลักษณะการไหลออกของน้ำจากวัตถุประเภทนี้จะเป็นแบบเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเวลาคือเวลาที่ใช้ทำแห้งนานขึ้น ปริมาณน้ำที่เหลือในวัตถุจะลดลงตามลำดับ การอบแห้งแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงการอบแห้งคงที่ และช่วงการอบแห้งลดลง

2) การดูดซับน้ำออกจากวัตถุที่ดูดซับน้ำหรือน้ำไว้ในตัว (Hydro scopy material) ได้แก่ อาหารทั่วไปซึ่งอุ้มน้ำไว้ในตัวของมันทำให้มีความชื้นภายในสูงกว่าความชื้นของอากาศ การไหลออกของน้ำจากวัตถุประเภทนี้จึงมีขั้นตอนการไหลที่ซับซ้อนในช่วงที่อัตราการอบแห้งลดลงจะมีอยู่หลายช่วงแล้วแต่ประเภทของอาหาร

10.10 วิธีการทำให้อาหารแห้ง

วิธีการทำให้อาหารแห้งได้แก่

1) การทำให้แห้งโดยธรรมชาติ (Natural drying) โดยอาศัยความร้อนจากแสงแดด (Sun drying) แสงแดดหรือลมร้อนจะพัดพาเอาไอน้ำที่ระเหยออกจากอาหารไป วิธีนี้จะใช้เวลานาน อัตราการอบแห้งจะช้า หรือเร็วขึ้นอยู่กับแสงแดด และความเร็วลมไม่สามารถควบคุมอัตราเร็วของการอบแห้งได้

2) การทำแห้งได้โดยอาศัยวิธีเชิงกลเข้าช่วย (Dehydration or Artificial drying) เป็นการทำแห้งโดยใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องสามารถควบคุมอัตราเร็วของการทำแห้งได้ สามารถผลิตอาหารแห้งได้เร็ว และมีคุณภาพ ความชื้นต่ำตามที่ต้องการ วิธีการนี้อาศัยหลักการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในชิ้นอาหาร ทำให้น้ำหรือความชื้นกลายเป็นไอระเหยออกไปจากผิวหน้าของอาหาร ความร้อนที่ส่งผ่านเข้าไปอาจจะเป็นการนำความร้อน หรือการแผ่รังสี โดยมากในการสร้างเครื่องอบแห้งมักอาศัยหลักการของการนำ และการพาความร้อนเป็นสำคัญ

10.11 การใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด

เครื่องอบแห้งแบบถาด (Cabinet tray drier) เป็นเครื่องอบแห้งที่มีการใช้อากาศเป็นตัวกลางในการพาความร้อนเข้าสู่อาหาร และพาความชื้นออกจากอาหาร มีลักษณะเป็นตู้สี่เหลี่ยมภายในมีถาด หรือชั้นวางอาหาร แต่ละชั้นมีระยะห่างกันพอสมควร แหล่งให้ความร้อนในเครื่อง คือ ขดลวดที่ถูกทำให้ร้อนด้วยไฟฟ้าเมื่ออากาศถูกดูดผ่านขดลวดลวดก็จะร้อนขึ้น พัดลมภายในเครื่องจะเป่าอากาศร้อน และกระจายความร้อน และหมุนเวียนไปทั่วตู้ผ่านอาหารจนทำให้อาหารนั้นแห้งในที่สุด

10.12 วอเตอร์แอกติวิตี้

วอเตอร์แอกติวิตี้ (Aw) หมายถึง ความเป็นอิสระของน้ำในแง่ของจุลินทรีย์ที่จะนำไปใช้ได้ ถ้าในน้ำบริสุทธิ์จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ดีที่สุดเมื่อมีน้ำชนิดนี้อยู่ในอาหารจะมีค่าที่

สูงที่สุด คือ Aw = 1 และค่า Aw จะต่ำที่สุดเมื่อน้ำนั้นไม่เหลือคุณสมบัติของตัวมันเองอยู่เลย เท่ากับศูนย์ แล้วจุลินทรีย์ต่าง ๆ จะมีลักษณะการเจริญได้ดังตารางที่ 2.4

การแปรรูปอาหารโดยการทำให้แห้ง คือ การลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถยับยังการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือ มีค่า Aw ต่ำกว่า 0.70 ทำให้เก็บอาหารได้นาน

ตารางที่ 2.4 ค่า Aw ที่น้อยที่สุดที่จุลินทรีย์ที่สำคัญจะเจริญได้

ชนิดของจุลินทรีย์	ค่า Aw น้อยที่สุดที่จุลินทรีย์สามารถน้ำไปใช้ได้
Normal Bacteria	0.91
Normal Yeasts	0.88
Normal Molds	0.8
Yerophilic Molds	0.65
Osmotic Yeasts	0.6

ที่มา : สมบัติ ขอทวีวัฒนา (2529)

10.13 การดูดน้ำกลับ (Rehydration)

การดูดน้ำกลับไม่ใช่ปฏิกิริยาย้อนกลับของการทำแห้ง การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะ เนื้อสัมผัส การเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย และสารระเหย ไม่สามารถเกิดแบบย้อนกลับไปเหมือนเดิมได้ความร้อนระดับการดูดน้ำกลับของแป้ง และความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ ทำให้โปรตีนจับตัวกัน และลดความสามารถในการอุ้มน้ำ อาจใช้อัตราเร็ว และระดับของการดูดคืนน้ำเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของอาหารได้ สภาวะการทำแห้งที่เหมาะสมจะทำให้อาหารเกิดความเสียหายน้อยกว่า และดูดคืนน้ำกลับได้เร็วกว่าอาหารที่แห้งที่สภาวะไม่เหมาะสม (วิไล รังสาดทอง, 2543)

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

สุพัตรา เลิศวณิชย์วัฒนา (2546) ได้ศึกษาวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับข้าว โดยทำการศึกษาพันธุ์และระยะเวลาในการเพาะที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ทำการเพาะข้าวขาวดอกมะลิ 105 หอมนิล ปทุมธานี1 และข้าวเหนียวดำ เป็นเวลา 0-96 ชั่วโมง โดยใช้ปริมาณรีดิวซิง การสูญเสียน้ำหนักเมื่องอก ปริมาณวิตามินบี1 บี 2 ปริมาณธาตุแคลเซียม ธาตุเหล็ก และกิจกรรมเอนไซม์ SOD เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกพันธุ์ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงและการสูญเสียน้ำหนักของข้าวเมื่องอกแต่ละพันธุ์มีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ข้าวหอมดำที่เพาะ 48 ชั่วโมงให้ปริมาณวิตามินบี1 สูงสุด ปริมาณวิตามินบี2 ของข้าวขาวดอกมะลิ หอมนิล และข้าวเหนียวดำให้ค่าที่สูงกว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 ปริมาณแคลเซียมของข้าวแต่ละพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ปริมาณธาตุเหล็กของข้าวขาวดอกมะลิ105 มีค่าสูงกว่าพันธุ์อื่น ข้าวขาวดอกมะลิและข้าวเหนียวดำมีกิจกรรมเอนไซม์ SOD ที่สูงสุดและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เพาะ 48 ชั่วโมง ให้ปริมาณสารอาหารสูงและวัตถุดิบหาได้ง่าย ดังนั้นจึงเลือกข้าวดังกล่าวเป็นวัตถุดิบ โดยเตรียมข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้เป็นแป้งข้าวงอกดิบ จากนั้นนำแป้งดังกล่าวเข้าเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งจึงได้วัตถุดิบเพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากการพัฒนาสูตรเครื่องดื่มผง สูตรที่ได้ประกอบด้วยแป้งข้าวงอก 33.65% นมผง 14.42% ครีมเทียม 9.62% กัมอะราบิก 9.62% น้ำตาลปน 28.85% และผงโกโก้ 3.84% ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผงที่ได้มีสีน้ำตาลมีค่าสี Lab เท่ากับ 69.18 6.52 12.11 ค่า Aw 0.478 มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 60-80 mesh 66.9% มีปริมาณโปรตีน 13.44% ไขมันทั้งหมด 4.82% ใยอาหารรวม 1.25% เถ้า 2.06% คาร์โบไฮเดรต 74.26% วิตามินบี1 และบี2 เท่ากับ 0.65 และ 0.69มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์ราอยู่ในระดับที่ปลอดภัย (25CFU/g และ <10 CFU/g) ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 130 คน พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบปานกลาง และผู้ทดสอบ 87.5% ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์

อริยาภรณ์ และคณะ (2550) ได้ศึกษาว่าผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวมีการผลิตทั้งในรูปที่มาจากเมล็ดข้าวที่อยู่ในระยะน้ำนม หรือจากแป้งข้าวงอก ซึ่งทั้ง 2 วิธีมีข้อจำกัด คือมีปริมาณเมล็ดข้าวอ่อนที่ป้อนเข้าสู่การผลิตไม่สม่ำเสมอ ระยะเวลาเก็บเกี่ยวรวงข้าวค่อนข้างสั้นและขึ้นกับฤดูกาล การเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวเมล็ดข้าวอ่อน แป้งข้าวงอกจะมีคุณค่าสารอาหารทางโภชนาการน้อยกว่าข้าวงอก ดังนั้นจึงทำการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวจากต้นอ่อนข้าวและรวงข้าวอ่อนอบแห้งของข้าว 3 สายพันธุ์ คือ ขาวดอกมะลิ 105 หอมมะลิแดง และหอมนิล โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษา คือ เพื่อทราบคุณค่าสารอาหารทางโภชนาการของต้นอ่อนข้าวในระยะต่างๆ รวงข้าวสด และรวง

ข้าวอ่อนอบแห้งระยะต่างๆ เพื่อทราบระยะต้นอ่อนข้าว และรวงข้าวอ่อนอบแห้ง ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำนมข้าว ผลจากการศึกษา พบว่าคุณค่าทางโภชนาการของต้นอ่อนข้าวจะขึ้นกับชนิดพันธุ์ข้าว และอายุต้นอ่อนของข้าว ส่วนวิธีการเพาะในสภาพมีแสงและไม่มีแสงมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการน้อยกว่า โดยต้นอ่อนข้าวขาวดอกมะลิ105 ให้สารอาหารทางโภชนาการสูงที่สุด ส่วนคุณค่าทางโภชนาการของรวงข้าวสดและรวงข้าวอบแห้งจะขึ้นกับชนิดพันธุ์ข้าวมากกว่าอายุการเก็บเกี่ยวรวงข้าว โดยข้าวหอมดำมีคุณค่าสารอาหารทางโภชนาการสูง รวงข้าวอ่อนสดจะให้คุณค่าสารอาหารทางโภชนาการมากกว่ารวงข้าวอ่อนอบแห้ง พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวที่ผ่านการยอมรับโดยวิธีการทดสอบประสาทสัมผัส คือผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวที่ผลิตจากรวงข้าวอบแห้งของขาวดอกมะลิ 105 ระยะ 16 วันหลังออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ต้นอ่อนข้าวอายุ 1 วันที่เพาะในสภาพมีแสง และ ไม่มีแสงของขาวดอกมะลิ 105 และมีอายุการเก็บรักษานานประมาณ 2 สัปดาห์

Singh และ Bains(1988) ศึกษากระบวนการผลิตเครื่องดื่มสารสกัดจากเมล็ดธัญพืชที่ผ่านการทำให้งอก 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี และข้าวโพด โดยผสมสารสกัดจากเมล็ดธัญพืชกับนมวัว ในอัตราส่วน 50 :50 , 40 : 60, 30 : 70 (v/v) จากนั้นปรับค่าพีเอชเป็น 7.2 และปรับให้เครื่องดื่มมีปริมาณไขมันร้อยละ 3 (w/v) โดยการเติมครีมจากนมวัว กวนผสม จากนั้นให้ความร้อนให้มีอุณหภูมิ 60 °ซ ก่อนการ โฮโมจีไนซ์ที่ความดัน 2500 ปอนด์/ ตารางนิ้ว เติมน้ำตาลที่ร้อยละ 3 ในขณะที่เครื่องดื่มมีอุณหภูมิ 80 °ซ แล้วนำไปให้ความร้อนที่ 121 ระยะเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปทำให้เย็น พบว่าเครื่อมดื่มที่สกัดจากมอล์ตข้าวสาลีมีความหนืดสูงกว่าเครื่องดื่มที่สกัดจากมอต์ลบาร์เลย์และข้าวโพด ปริมาณกรดอะมิโนอิสระของส่วนที่สกัดได้จากข้าวสาลีและข้าวโพดมีมากถึง 147 และ 206 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีมากกว่าส่วนที่สกัดได้จากข้าวบาร์เลย์ซึ่งมีเพียง 106 มิลลิกรัมต่อลิตร เครื่องดื่มสารสกัดจากธัญพืชทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี และข้าวโพด ที่ผ่านการงอกแล้ว มีความคงตัวดีโดยไม่เกิดการตกตะกอน เครื่องดื่มที่สกัดจากข้าวโพดมีความหนืดน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของแข็งที่สกัดได้จากข้าวโพดต่ำกว่านั่นเอง เครื่องดื่มที่สกัดจากบาร์เลย์มีค่าความสว่างสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกตัวอย่าง

สมฤดี (2540) ศึกษาพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า โดยใช้ปลายข้าวขาวดอกมะลิ105 โดยนำข้าวมาโม่แบบเปียกให้มีขนาดอนุภาค 100 เมช นำแป้งข้าวมาผสมน้ำในอัตราส่วนแป้ง : น้ำ เป็น 1: 14 (w/w) เติมน้ำตาลร้อยละ 2.5 โซดียมเคซีเนทซึ่งมีโปรตีนร้อยละ 93 เติมปริมาณร้อยละ 3.0 เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ น้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 3.0 และสารอิมัลซิไฟเออร์ร้อยละ 0.18 จากนั้นให้ความร้อนเบื้องต้น 65°ซ 3 นาที แล้วโฮโมจิไนซ์ที่ความดัน 4 บาร์ 1 รอบและ 1 บาร์อีก 1 รอบ และพลาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 °ซ 15 นาที ปรุงแต่ง

กลิ่นรสสตรอเบอรี่ และใช้สี FD&C Red No.3 ชนิดเหลวเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาณ 0.3 กรัมต่อผลิตภัณฑ์ 200 มิลลิลิตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีที่เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 2.79 ไขมันร้อยละ 2.28 และได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกลักษณะสูงสุด ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บ 5 วัน โดยผลิตภัณฑ์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของนมพาสเจอร์ไรซ์

เชิดชัย เชี่ยวธีรกุล (2543) ศึกษาวิธีการทำนมข้าวชนิดต่างๆกัน ซึ่งรวมทั้งกรรมวิธีนำข้าวเปลือกมาเพาะในสภาวะที่เหมาะสม เพื่อให้เม็ดข้าวสร้างฮอร์โมนจิเบอแรลลิกในการกระตุ้นให้เม็ดข้าวสร้างเอมไซม์อะไมเลสและ โปรติเอส ซึ่งเอมไซม์เหล่านี้จะช่วยในการย่อยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการในเม็ดข้าวให้ออกมาสู่นมข้าวที่ได้ จากการศึกษานี้ข้าวที่งอกเป็นเวลา 12 วัน จะได้ เอมไซม์ปริมาณสูงสุด แต่จากการใช้ข้าวงอก 12 วัน เพื่อทำเป็นนมข้าวจะมีกลิ่นเหม็นเขียว ผลจากการศึกษาความนิยมของผู้ชิม ข้าวงอก 3 วันเมื่อเติมด้วยเอมไซม์จากแหล่งภายนอก จะได้นมข้าวที่มีรสชาติเป็นที่ถูกปากมากที่สุด โดยมีรสสัมผัสหลังการชิมที่ดีกว่า นอกจากนั้นผลจากการทดสอบหาคุณค่าทางโภชนาการพบว่า นมข้าวจะมีปริมาณคาร์โบ ไฮเดรทและแคลเซียมสูงกว่านมวัว ส่วนนมวัวจะมีปริมาณไขมัน คอเลสเตอรอลและโปรตีนสูงกว่านมข้าว ดังนั้นนมข้าวที่ผลิตโดยวิธีจากการศึกษานี้จึงสามารถใช้เป็นแหล่งโภชนาการที่ดีได้เมื่อดื่มในปริมาณที่มากกว่านมวัว หรือเติมด้วยแหล่งโปรตีนอื่น

อัมพร แซ่เอียว (2543) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและการใช้ประโยชน์จากเมล็ดพืชงอก โดยพบว่าเมล็ดพืชเมื่อนำมาเพาะให้งอกสามารถปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการ งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยการผลิตเมล็ดพืชงอก 4 ชนิด ดังนี้ เมล็ดข้าวเจ้าพันธุ์หอมมะลิ 105 เมล็ดถั่วลิสงพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เมล็ดงาดำพันธุ์ มก.18 และเมล็ดข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 3601 ศึกษากรรมวิธีการผลิตเมล็ดงอกที่เหมาะสม พิจารณาที่การเปลี่ยนคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีระหว่างการงอก จากการศึกษาพบว่า เมล็ดข้าวงอกที่เวลาเพาะ 72 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง (2637.60 mg glucose/100 g wt) เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับเมล็ดปกติ (129 mg glucose/100 g wt) เมล็ดถั่วลิสงงอกที่เวลาเพาะ 72 ชั่วโมง มีปริมาณโปรตีน (32.91%) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเมล็ดปกติ (29.51%) เมล็ดงาดำงอกที่เวลาเพาะ 24 ชั่วโมงมีปริมาณไขมัน (50.07%) ลดลงเมื่อเทียบกับเมล็ดปกติ (62.38%) มีปริมาณกรดโอเลอิก (41.35%) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเมล็ดปกติ (40.49%) สำหรับเมล็ดข้าวโพดงอกมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใย (9.02% และ 2.61%) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเมล็ดปกติ (8.47% และ 2.07%) ทำการแปรรูปเมล็ดงอกทั้ง 4 ชนิด โดยอบแห้งและผลิตแป้งจากเมล็ดงอก ศึกษาคุณภาพแป้งได้ผลดังนี้ แป้งข้าวงอก แป้งถั่วลิสงงอก แป้งงาดำงอก และแป้งข้าวโพดงอก มีปริมาณความชื้น 8.89% 3.56% 3.14% และ 9.84% ตามลำดับ ค่า a_w มีค่าดังนี้ 0.33 0.27 0.29 และ 0.56

ตามลำดับ ความหนืดในแป้งข้าวงอก 1398 cps และปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง 906.87 mg glucose/100 g wt แป้งถั่วลิสงงอกมีปริมาณโปรตีน 32.15% แป้งงาดำงอกมีปริมาณไขมัน 32.60% ปริมาณแคลเซียมและเหล็ก 2400 และ 2.3 mg/100 g wt สำหรับแป้งข้าวโพดงอกมีปริมาณโปรตีน 9.01% และปริมาณเยื่อใย 2.61% ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในแป้งงอกทั้ง4 ชนิด อยู่ในระดับที่ปลอดภัย ปริมาณยีสต์และราในแป้งข้าวงอก แป้งงาดำงอก และแป้งข้าวโพดงอก น้อยกว่า 100 CFU/g ใช้แป้งงอกทั้ง 4 ชนิดเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากธัญพืชสำเร็จรูปรสโกโก้ ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในเบื้องต้นจำนวน 59 คน ผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลาง (คะแนนความชอบ 7.05 คะแนน) และผู้ทดสอบ 94.91% ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีรสชาติอร่อยและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำแป้งจากเมล็ดพืชงอกใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

FAO (2002) แนะนำการทำผลิตภัณฑ์อาหารเด็กอ่อน โดยให้นำแป้งที่ได้จากการนำเมล็ดธัญพืช และพืชตระกูลถั่วที่ทำการเพาะ โดยแช่น้ำ 1 คืน แล้วนำไปเพาะในที่มืด เป็นเวลา 2-3 วัน จากนั้นทำให้แห้งและบดเป็นแป้ง ซึ่งแป้งดังกล่าว เมื่อนำมาเติมในแป้งที่ไม่ได้ผ่านการเพาะให้งอกจำนวน 3-4 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยให้ความหนืดลดลง ซึ่งทำให้รับประทานได้ง่ายขึ้น

Jirapa et al. (2001) ได้นำถั่วมะแฮะมาเพาะ เพื่อนำไปทำเป็นส่วนผสมของอาหารเด็กอ่อน โดยมีอัตราส่วนของข้าว, แป้งจากถั่วพันธุ์ดังกล่าว, กล้วยและฟักทองบด, นมผล และน้ำตาล ในอัตราส่วน 35: 35 : 15 : 15 : 5 จากนั้นนำสารละลายที่ได้อบแห้งเป็นแผ่นต่อไป ซึ่งจากการนำถั่วมาเพาะที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าค่า IVPD และแป้งที่ถูกย่อย มีคุณภาพดีขึ้น ค่า protein digestibility, corrected amino acid scores มีค่าสูงกว่าเมล็ดควบคุม และที่ 24 ชั่วโมงพบว่ามีปริมาณวิตามินเอ สูงกว่าเมล็ดที่ควบคุม

ฐานิยา (2538) ได้ศึกษาการนำลูกเดือยที่เพาะให้งอกเป็นเวลา 2 วัน มาทำเป็นอาหารเด็กเสริม เปรียบเทียบกับสูตรปกติเกษตร1 พบว่าอาหารเด็กอ่อนทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณพลังงานและไขมันไม่แตกต่างกัน แต่อาหารเสริมที่ทำจากลูกเดือยที่เพาะงอก จะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่า และมีความหนืดที่ต่ำกว่า

ทองปลิว (2532) ได้นำข้าวเจ้าพันธุ์ กข7 ที่เพาะให้งอกเป็นเวลา 2 วัน มาทำเป็นอาหารเด็กอ่อน พบว่า มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานสูงกว่าข้าวที่ไม่ได้เพาะให้งอก และยังมีความหนืดที่ต่ำกว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบที่ปริมาณและความหนืดเท่ากัน พบว่าอาหารเด็กอ่อนที่ได้จากเมล็ดข้าวที่เพาะให้งอก มีพลังงาน ไขมัน โปรตีน และกรดอะมิโนที่สูงกว่าเมล็ดข้าวที่ไม่เพาะให้งอก

อัมพร (2543) ได้นำเมล็ดข้าวเจ้า ถั่วลิสง งาดำ และเมล็ดข้าวโพด ที่เพาะให้งอกนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากธัญพืชสำเร็จรูปรสโกโก้ โดยพบว่าเมล็ดข้าวงอกมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงซึ่งเพิ่มขึ้นจากเมล็ดปกติ เมล็ดถั่วลิสงที่เพาะงอกเป็นเวลา 72 ชั่วโมงมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ส่วนงาดำที่เพาะ 24 ชั่วโมง มีปริมาณไขมันลดลง แต่มีปริมาณกรดไขมันโอเลอิกเพิ่มขึ้น และเมล็ดข้าวโพดงอกมีปริมาณโปรตีน และเยื่อใยสูงขึ้นจากเมล็ดปกติ

วาสนา (2523) เมล็ดข้าวจะเริ่มงอกได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 10 ถึง 40 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดจะอยู่ระหว่าง 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส และร้อยละการงอกจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเกิน 30 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียสเมล็ดข้าวจะไม่สามารถงอกได้ ในทำนองเดียวกันอุณหภูมิต่ำกว่า 30 ลงไปความงอกของเมล็ดก็จะเริ่มลดลงจนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 10 ถึง 12 องศาเซลเซียส เมล็ดข้าวจะไม่งอกหรืองอกได้น้อยมาก ยกเว้นพันธุ์ที่ทนความหนาวได้

Capanzana et al. (1997) ศึกษาสภาวะการงอกที่เหมาะสมของข้าวพันธุ์ Oryza sativa เพาะที่อุณหภูมิ 10-50 องศาเซลเซียส นาน 0-6 วัน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือแช่เมล็ดที่อุณหภูมิ 25 นาน 24 ชั่วโมง และเพาะเมล็ดที่ 30 นาน 3 วัน โดยมีปริมาณวิตามินบี1 สูงสุด ถึงแม้ว่าในช่วงการแช่เมล็ดปริมาณวิตามินบี1 จะมีค่าลดลง แต่เมื่องอกกลับให้ค่าที่สูงขึ้น และให้ต่าการสูญเสียน้ำหนักเมื่องอก ปริมาณผลผลิต ค่าความหนืด และกิจกรรมของเอนไซม์อะไมเลส ในปริมาณที่เหมาะสม

รุ่ง (2537) ได้ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส จากเมล็ดพืชที่กำลังงอก 5 ชนิด คือ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าวสาลี และข้าวเหนียว พบว่าส่วนสกัดหยาบเอนไซม์ จากส่วนต้นอ่อนของถั่วเขี่ยวมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูงสุด ซึ่งต้นอ่อนถั่วเขียวที่เพาะเป็นเวลา 3 วันมีค่ากิจกรรมสูงสุดในทุกส่วน และเมื่ออายุ 6 วัน บริเวณยอดมีค่าสูงสุด เอนไซม์ที่สกัดได้จากยอดมี pH ที่เหมาะสมคือ 6.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 55องศาเซลเซียส และเอนไซม์เสียสภาพที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส

Lorenz (1980) กล่าวว่าต้นอ่อนจากธัญพืชต่างๆ สามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเช้า สลัด ซุป พาสต้า และผลิตภัณฑ์ขนมอบต่างๆ ซึ่งต้นอ่อนที่ได้สามารถเก็บได้นาน 2-3 วัน หรือมากกว่า 1 สัปดาห์เมื่อเก็บในตู้เย็น

FAO (2002) กล่าวว่า แป้งที่เตรียมจากเมล็ดพืชและธัญพืช ที่นำมาเพาะโดยการแช่น้ำ 1 คืน แล้วนำมาเพาะในที่มืด 2-3 วันจากนั้น ทำให้แห้งและบดเป็นแป้ง ซึ่งแป้งดังกล่าว อุดมไปด้วยเอนไซม์ อะมัยเลส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ช่วยย่อยคาร์โบไฮเดรตให้มีโมเลกุลเล็กลงในรูปน้ำตาล เมื่อนำแป้งดังกล่าวมาทำเป็นอาหารเด็กอ่อน พบว่าเนื้อสัมผัสเหลวกว่าแป้งที่ไม่ได้เพาะให้งอก และยังให้พลังงานสูงอีกด้วย

วาสนา (2523) เมล็ดข้าวจะเริ่มงอกได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 10 ถึง 40 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดจะอยู่ระหว่าง 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส และร้อยละการงอกจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเกิน 30 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 40 เมล็ดข้าวจะไม่สามารถงอกได้ ในทำนองเดียวกันอุณหภูมิต่ำกว่า 30 ลงไป ความงอกของเมล็ดก็จะเริ่มลดลง จนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 10 ถึง 12 เมล็ดข้าวจะไม่งอกหรืองอกได้น้อยมาก ยกเว้นพันธุ์ที่ทนต่อความหนาวได้

ปัทมา (2544) กล่าวว่า ช่วงต้นอ่อนของข้าวบาร์เลย์มีคุณค่าทางอาหารและธาตุอาหารสูง อีกทั้งยังมีสารช่วยต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด หนึ่งในนั้นได้แก่ SOD (superoxide dismutase)เชื่อกันว่าช่วยชะลอความแก่ และทำให้ผิวพรรณสดใส

กิตติ กิตติสุวรรณ์ (2550) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์ผสมกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่า และเพิ่มการใช้ประโยชน์จากข้าวหักของข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์ จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวหักของข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์ โดยใช้ตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส และพบว่าอุณหภูมิการอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม เนื่องจากใช้เวลาในการอบแห้ง 8 ชั่วโมงซึ่งสั้นกว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบ อัตราการขยายปริมาตร และอัตราการดูดน้ำกลับ ที่อุณหภูมิ 60 กับ 70 องศาเซลเซียสที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสมีอัตราการขยายปริมาตร และอัตราการดูดน้ำกลับได้สูงกว่า ดังนั้นอุณหภูมิในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม เนื่องจากใช้เวลาในการอบแห้งสั้น และเป็นการใช้อุณหภูมิที่ไม่สูงมาก และให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีคุณภาพที่ไม่แตกต่างกัน จากการคัดเลือกสูตรมาตรฐานซึ่งใช้ผงปรุงรสหมูสำเร็จรูปทั้ง 3 สูตร พบว่าผู้บริโภคยอมรับสูตรที่ใส่ผงปรุงรสหมูสำเร็จรูปสูตรที่ 1 ซึ่งมีคะแนนการยอมรับด้านต่างๆสูงสุด นำโจ๊กที่ได้มาพัฒนาเป็น 2 สูตรโดยสูตร ที่ 1 โจ๊กผสมเห็ดหอมที่ร้อยละ 2, 4 และ 6 ของน้ำหนักข้าว และสูตรที่ 2 โจ๊กผสมสาหร่ายไกร้อยละ 2, 4 และ 6 ของน้ำหนักข้าว พบว่าผู้ทดสอบยอมรับสูตรที่ผสมเห็ดหอมที่อัตราส่วนร้อยละ 2 และสูตรที่ผสมสาหร่ายไกที่อัตราส่วนร้อยละ 2 จากการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โจ๊กทั้ง 2 สูตร พบว่า ผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์กึ่งสำเร็จรูปผสมเห็ดหอมมี ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และ คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 6.15, 9.16, 3.16, 7.63, 1.65 และ 73.90 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวเจ้ากำอินทรีย์กึ่งสำเร็จรูปผสมสาหร่ายไกมี ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยหยาบ และ คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 5.41, 9.30, 3.32, 8.27, 2.10 และ 73.70 ตามลำดับ การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์กึ่งสำเร็จรูปผสมเห็ดหอม และผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์กึ่งสำเร็จรูปผสมสาหร่ายไก ตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมด 30 และ 38 โคโลนี ตามลำดับ และตรวจไม่พบยีสต์ และ ราในผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตร จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์โจ๊ก พบว่าสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องได้ไม่น้อยกว่า 1 เดือนโดยเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในถุงลามิเนตบรรจุ 50 กรัม

นางสาวชุติมา เลิศลักษมี (2545) การศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จบรรจุกระป๋องมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปที่เหมาะสมในการผลิตข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องและการเปลี่ยนแปลงของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องด้วยการทดสอบชิมแล้วให้คะแนน โดยใช้ผู้ชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึก 15 คน ร่วมกับการวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา นอกจากนี้ยังศึกษาสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงต้านทานการกดทะลักกับปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูปที่ศึกษา โดยมีการวางแผนการทดสองแบบแฟคทอเรียลแบบ 32 มีปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูป 2 ปัจจัย ที่ศึกษา คือ ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ (7, 11 และ 15 นาที) และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ , F_0 (3, 5 และ 7) จากการทดลองพบว่า กระบวนการแปรรูปข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่เหมาะสมที่สุด คือ นำข้าวจาปอนนิก้ามาต้มในน้ำอุณหภูมิ 85 ^{0}c เป็นเวลา 11 นาที 2.318 และมีอัตราการเจลลาติไนส์ร้อยละ ±จนกระทั่งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 60.92 1.548 จากนั้นนำข้าวมาบรรจุกระป๋องขนาด 307 x 113 ฆ่าเชื้อในรีทอร์ต±85.96 ที่อุณหภูมิ 115^{0}c เป็นเวลา 25 นาที ที่ระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ (F_0) เท่ากับ 5 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตดังกล่าวได้รับการยอมรับจากผู้ชิมสูงสุดเมื่อเก็บรักษาข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ผู้ชิมให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ การเกาะตัว ความนุ่ม และการยอมรับรวม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผู้ชิมให้คะแนนคุณลักษณะในส่วนกลิ่น และรสชาติ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยาของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ Clostridium botulinum และ Bacillus stearothermophillus สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงต้านทานการกดทะลักของข้าวจาปอนนิก้าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง กับปัจจัยหลักในกระบวนการแปรรูป (ระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุ และระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อ , F_0) พบว่าเมื่อระยะเวลาต้มข้าวก่อนการบรรจุเพิ่มขึ้น ค่าแรงต้านทานการกดทะลักจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในขณะที่ F_0 เพิ่มขึ้น ค่าแรงต้านทานการกดทะลักจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปาริสุทธิ์ สงทิพย์ (2550) ศึกษาปริมาณอบเชย 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.5 , 1.5 .2.5 และสาหร่ายสไปลูริน่า 2 ระดับคือ ร้อยละ 0.5 และ 1.0 ในการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร พบว่า อบเชยร้อยละ 0.5 สาหร่ายสไปรูลิน่าร้อยละ 1 มีค่าคะแนนความชอบรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (7.1) และศึกษาปริมาณสารให้ความหวาน 3 ปัจจัย คือ ปริมาณฟรุกโทสไซรัป กลูโคสไซรัป และซูโครส ร้อยละ 0 – 100 พบว่า เมื่อปริมาณกลูโคสไซรัปเพิ่มขึ้น

ผลิตภัณฑ์มีความแข็งเพิ่มขึ้น และความชอบด้านความแข็งมีแนวโน้มลดลง ผลิตภัณฑ์มีความร่วนเพิ่มขึ้น และการเพิ่มปริมาณฟรุกโทสไซรัปทำให้ค่าคะแนนความชอบด้านความแข็ง รสหวาน ความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากไฮฟรุกโทสไซรัปที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความหวานเพิ่มขึ้น และทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความแข็งลดลง สัดส่วนของปริมาณฟรุกโทสไซรัป กลูโคสไซรัป และซูโครสที่เหมาะสมในการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพร คือ 4 : 2 : 1 และจากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวกล้องและสมุนไพรบรรจุผลิตภัณฑ์ในซองอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าเก็บไว้ได้นาน 9 สัปดาห์

วรรภา วงศ์แสงธรรม (2547) ศึกษาผลิตภัณฑ์ธัญชาติชนิดแท่งจากคัพภะข้าวโพดที่เก็บรักษาที่สภาวะต่างๆ พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่าแรงกดสูงสุดของผลิตภัณฑ์ เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลานานขึ้นค่าแรงกดสูงสุดของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากันผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในสภาวะเร่ง ค่าแรงกดสูงสุดของผลิตภัณฑ์จะสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 19 วัน ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุด รองมาคือที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จากผลการตรวจสอบที่ได้ แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บรักษามีแนวโน้มที่มีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น

อโนชา สุขสมบูรณ์ (2545) ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวกลิ่นรสบาร์บีคิว ที่ประกอบด้วยโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองร้อยละ 10 และรำข้าวไขมันเต็มร้อยละ 7.5 โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิ ระยะเวลาในการเก็บรักษา และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูริคซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บทุกสภาวะ

Belay (2002) ศึกษาสาหร่ายสไปรูลิน่า และสารสกัดจากสาหร่าย พบว่าสไปรูลิน่ามีผลดีต่อระบบภูมิคุ้มกัน มีสมบัติการต้านออกซิเดชัน มีสมบัติการต้านมะเร็ง และมีคุณสมบัติการต้านไวรัส รงควัตถุที่สำคัญของสาหร่ายสไปรูลิน่าคือ C-phycocyanin , β-carotene และChlorophyll C - phycocyanin เป็นโปรตีนสีน้ำเงินที่ละลายน้ำได้ มีสมบัติที่สำคัญ คือการต้านออกซิเดชัน ป้องกันการอักเสบ และป้องกันหรือยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็ง

Friesen (1995) ศึกษาการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ผลิตจากข้าวโพดทั้งเมล็ดโดยใช้วิธีการทอดแบบน้ำมันท่วม โดยปรับปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวโพดในช่วง ร้อยละ30–35 โดยน้ำหนัก และศึกษาอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ในการทอดคือ ที่อุณหภูมิ 150–205 องศาเซลเซียส

พบว่า ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวโพดควรสูงกว่าร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอด คือ 190.5 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาในการทอด 4 นาที

Kelly *et al*. (1977) ศึกษาเรื่องผลิตภัณฑ์อาหารชนิดแท่งและกระบวนการในการเตรียม พบว่า ส่วนผสมของสารยึดเกาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารชนิดแท่งที่เหมาะสม ประกอบด้วยโปรตีนอย่างน้อยร้อยละ 15 ปริมาณไขมันร้อยละ 33–85 และปริมาณน้ำตาลอาจสูงถึงร้อยละ 52 ซึ่งอาจเลือกใช้น้ำตาลในกลุ่มที่เป็นโมโนแซคคาไรด์หรือไดแซคคาไรด์ก็ได้ และอุณหภูมิที่เหมาะสมของการผสมส่วนผสมที่เป็นของเหลวกับส่วนของธัญชาติ คือ 100–140 องศาฟาเรนไฮด์

อินทิรา สิงห์สุวรรณ และ สุกัญญา ศรีทองกุล (2550) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์ จากการทดลอง พบว่า เครื่องดื่มจากข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์ทั้ง 4 สูตร ซึ่งแต่ละสูตรมีอัตราส่วนระหว่างน้ำข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์ต่อน้ำข้าวโพด ร้อยละ100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 พบว่า ผู้ทดสอบยอมรับเครื่องดื่มจากข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์ สูตรที่มีการผสมระหว่างน้ำข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์กับน้ำข้าวโพด มากกว่าสูตรที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำข้าวโพด สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้ความชอบโดยรวมเฉลี่ยสูงสุด คือ เครื่องดื่มจากข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์ ต่อน้ำข้าวโพดร้อยละ 75:25 และ ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวเจ้าหอมดำอินทรีย์ต่อน้ำข้าวโพดร้อยละ 75:25 พบว่า มีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 0.54 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.96 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.26 ปริมาณความชื้น ร้อยละ 89.79 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 8.45

อาภาภรณ์ ฉิมมณี และ ณิชาภัทร พโยมรัตน์ (2549) ได้ศึกษาการผลิตไอศกรีมชนิดซอฟจากน้ำข้าวกล้องหอมมะลิพันธุ์สีนิลผสมธัญพืช พบว่า ปริมาณน้ำข้าวกล้องที่เหมาะสมสำหรับผลิตไอศกรีมชนิดซอฟจากน้ำข้าวกล้องหอมมะลิพันธุ์สีนิลผสมธัญพืช คือ ปริมาณน้ำข้าวกล้องร้อยละ 83.5 นมผงขาดมันเนยร้อยละ 2 ซึ่งผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับมากที่สุดทั้งในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความหวาน และมีความชอบโดยรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง ส่วนการวิเคราะห์ผลทางด้านกายภาพ ได้แก่ ความหนืด เท่ากับ 288 เซนติพอยด์ โอเวอร์รัน เท่ากับ 36.28 อัตราการละลาย เท่ากับ 5.34 กรัม/นาที และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 20.03 องศาบริกซ์ การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 7.49 และปริมาณไขมันร้อยละ 0.70

อนุชา ตระกูลมณี , ศักรินทร์ ประดิษฐ์ และธีระชัย โฆสิตนพวงษ์ (2548) ได้ศึกษาการใช้สารให้ความคงตัวในไอศกรีมกะทิแบบซอฟ โดยไอศกรีมสูตรมาตรฐานที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดประกอบไปด้วย กะทิร้อยละ 30.46 น้ำตาลร้อยละ 12 นมผงร้อยละ 10 และน้ำร้อยละ 47.54 จากการพัฒนาไอศกรีมสูตรพื้นฐานจากสูตรต่างๆ หลังจากการคัดเลือกสูตรโดยมีการปรับปรุง ด้านกลิ่นโดยเพิ่มปริมาณกะทิ และลดปริมาณน้ำตาลลง สูตรไอศกรีมพื้นฐานที่พัฒนาได้ มีกะทิร้อยละ 40 และน้ำตาลร้อยละ 10 และไอศกรีมที่ใช้สารคงตัวโลคัสบีนกัมร้อยละ 0.2

และไอศกรีมกะทิที่ใช้สารให้ความคงตัวคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสร้อยละ 0.5 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด

ญาณี ศรีมารุต (2543) ได้ศึกษาการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพและความพึงพอใจในเนื้อสัมผัสของไอศกรีม โดยใช้ตัวอย่างไอศกรีมจำนวน 15 กล่อง โดยถือว่าไอศกรีมแต่ละกล่องมีความแตกต่างกัน นำแต่ละตัวอย่างแบ่งเป็น 4 ส่วน ทดสอบดังนี้ ทดสอบทางประสาทสัมผัส ทดสอบอัตราการละลาย ทดสอบความหนืด ทดสอบแรงกด พบว่า ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส การทดสอบแรงกด และ การทดสอบอัตราการละลายมีความแตกต่างกัน การทดสอบความหนืด พบว่า ไอศกรีมที่มีกะทิเป็นส่วนผสม มีค่าความหนืด 60 เซ็นติพอยด์ (cP) ซึ่งมากกว่าไอศกรีมดัดแปลงอื่นๆ เช่น รสวนิลา และช็อกโกแลต ความหนืด 526 และ 554 ตามลำดับ จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัส ค่างานที่ได้จากแรงกด ค่าความหนืด อัตราการละลาย พบว่าไอศกรีมแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีความแตกต่างกันเช่นกัน