บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความหมายของอาหารเช้าจากธัญชาติ

อาหารเช้าจากธัญชาติมาจากภาษาอังกฤษว่า breakfast cereals เมื่อแยกพิจารณาเป็นคำจะได้ว่า

1. breakfast **(อาหารเช้า)** ประกอบด้วยคำว่า break และ fast ในที่นี้คำว่า fast หมายถึง การที่อดอาหารหรือไม่ได้รับประทานอาหารมาตลอดทั้งคืน หลังจากอาหารมื้อเย็นหรือมื้อค่ำ ส่วนคำว่า break หมายถึง การหยุดอดอาหารโดยจะรับประทานอาหารมื้อเช้า ดังนั้นคำว่า breakfast จึงหมายถึง อาหารเช้านั่นเอง (อรอนงค์และลินดา, 2536; Honey, 1986)

2. cereals **(ธัญชาติ)** หมายถึง เมล็ดจากธัญพืชวงศ์หญ้า (*Gramineae*) ซึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีหลายชนิดได้แก่ ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ ข้าวฟ่าง ข้าวไรย์ ข้าวโอ๊ต ข้าวมิตเลตและลูกเดือย (อรอนงค์, 2540) ธัญชาติเหล่านี้มีคุณค่าทางอาหารด้านพลังงานสูง เนื่องจากมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนและไขมันมากกว่าพืชชนิดอื่น โดยทั่วไปธัญชาติจะประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 77–87 โปรตีนร้อยละ 9-16 ไขมันร้อยละ 1-5 เส้นใยหยาบร้อยละ 2-10 และแร่ธาตุร้อยละ 1-7 นอกจากนี้ยังมีวิตามิน เอนไซม์และสารอาหารอื่นๆ (จิตธนาและคณะ, 2540) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของธัญชาติชนิดต่างๆแสดงดังตาราง 2.1

ดังนั้น breakfast cereals จึงหมายถึง อาหารเช้าที่ผลิตหรือแปรรูปจากเมล็ดธัญชาติ ส่วนความหมายที่กระชับและเข้าใจกันโดยทั่วไปคือ อาหารเช้าจากธัญชาติ (อรอนงค์และลินดา, 2536)

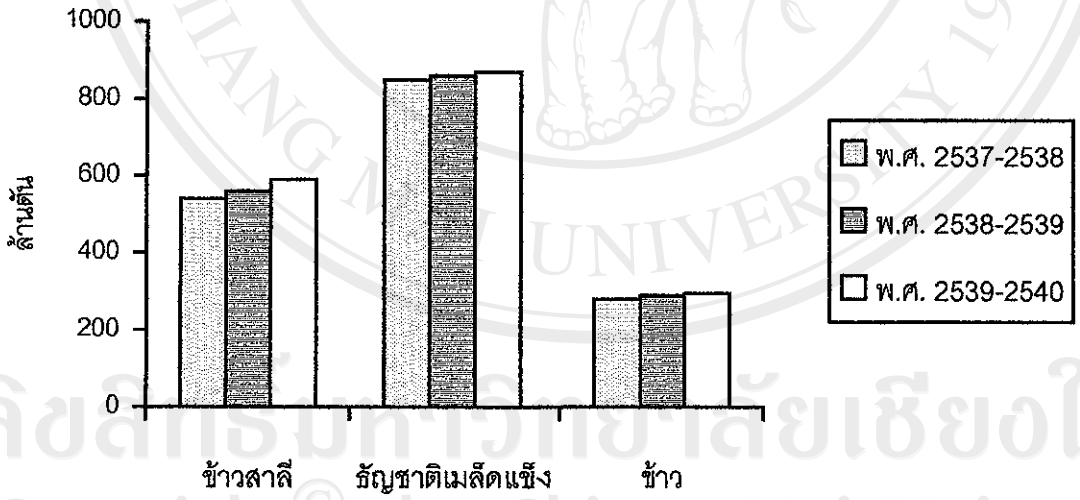
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของธัญชาติหน่วยเป็นกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง

ธัญชาติ	โปรตีน	ไขมัน	เส้นใยหยาบ	แร่ธาตุ	คาร์โบไฮเดรต
ข้าวสาลี	16.0	2.9	2.6	1.8	74.1
ข้าวบาร์เลย์	11.8	1.8	5.3	3.1	78.1
ข้าวโอ๊ต	11.6	5.2	10.4	2.9	69.8
ข้าวไรย์	13.4	1.8	2.6	2.1	80.1
ข้าว	9.1	2.2	10.2	7.2	71.2
ข้าวโพด	11.1	4.9	2.1	1.7	80.2
ข้าวฟ่าง	12.4	3.6	2.7	1.7	79.7

ที่มา : จิตธนาและคณะ (2540)

ธัญชาติที่นิยมปลูกได้แก่ ข้าวสาลี ธัญชาติเมล็ดแข็งและข้าว ซึ่งในปี พ.ศ. 2537-2540 ธัญชาติเมล็ดแข็งมีผลผลิตรวมทั้งโลกมากที่สุด รองลงมาคือ ข้าวสาลีและข้าวตามลำดับ (Food and Agriculture Organization of The United Nations, 1997) แสดงดังภาพ 2.1



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 2.1 ผลผลิตธัญชาติรวมทั้งโลก

ที่มา : Food and Agriculture Organization of The United Nations (1997)

ประเภทของอาหารเช้าจากธัญชาติ

อาหารเช้าจากธัญชาติสามารถแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะได้แก่ อาหารเช้าจากธัญชาติแบ่งตามวิธีการทำให้สุกก่อนบริโภค ลักษณะของผลิตภัณฑ์ ชนิดของวัตถุดิบ และกลุ่มผู้บริโภค ดังนี้

1. อาหารเช้าจากธัญชาติแบ่งตามวิธีการทำให้สุกก่อนบริโภค

อาหารเช้าจากธัญชาติที่แบ่งประเภทตามวิธีการทำให้สุกก่อนบริโภค สามารถแบ่งได้ 4 ประเภทดังนี้

1.1 ประเภทดั้งเดิม (traditional cereal)

อาหารเช้าจากธัญชาติประเภทดั้งเดิมนี้ต้องทำให้สุกโดยใช้เวลาต้มก่อนบริโภค 5-10 นาที มีลักษณะเป็นเมล็ดธัญพืชดิบ เช่น ข้าวสารที่หักเป็นชิ้นเล็กๆ เมื่อต้มสุกเรียกว่า โจ๊กโอ๊ตมิล (oat meal) ได้มาจากการบดข้าวโอ๊ตทั้งเมล็ดแบบหยาบและการโม่ข้าวสาลีอย่างหยาบเรียกว่า กริท (grit) ธัญพืชบดหยาบเหล่านี้ต้องต้มหลายนาทีจึงจะสุกและบริโภคได้ (อรอนงค์และลินดา, 2536)

1.2 ประเภทต้มเร็ว (quick cooking)

อาหารเช้าจากธัญชาติประเภทต้มเร็ว จะใช้เวลาต้มเพียง 1 นาที เช่น ข้าวโอ๊ตบด ซึ่งแปรรูปโดยนำข้าวโอ๊ตมาบดหยาบแล้วผ่านเข้าสู่ลูกกลิ้งบดที่ร้อนด้วยไอน้ำภายในลูกกลิ้ง ทำให้ข้าวโอ๊ตแบนและสุกไปหนึ่งในสามส่วน เมื่อนำมาบริโภคก็ต้มด้วยเวลาไม่นานก็สุกทั้งหมดพร้อมรับประทานได้ (อรอนงค์และลินดา, 2536)

1.3 ประเภทสุกทันที (instant traditional hot cereal)

อาหารเช้าจากธัญชาติประเภทสุกทันที จะสามารถบริโภคได้ทันที เมื่อเติมน้ำร้อนลงไป เนื่องจากเป็นเมล็ดธัญพืชที่ผ่านการทำให้สุกมาแล้ว เช่น นำข้าวบดหยาบมาทำให้สุก ปรุงรสและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อบแห้ง จะได้เป็นข้าวโอ๊ตสำเร็จรูป หรือการแปรรูปฟารินากึ่งสำเร็จรูป (instant farina) โดยนำฟารินาจากการโม่ข้าวสาลีอย่างหยาบมาทำให้สุกด้วยการอบหรือวิธีการอื่นๆแล้วทำให้เย็น เมื่อต้องการบริโภคก็เติมน้ำเดือดลงไป (อรอนงค์และลินดา, 2536)

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้ากึ่งสำเร็จรูปจากถั่วเขียว สูตรการแปรรูปที่พัฒนามาได้เป็นดังนี้ ถั่วเขียวร้อยละ 21.34 แป้งสาลีร้อยละ 9.60 และแป้งข้าวโพดร้อยละ 6.40 แต่งรสด้วยผงโกโก้และผงวานิลลา นำส่วนผสมทั้งหมดมาต้มและเคี่ยวรวมกันจนสามารถปั้นเป็นก้อนได้ โดที่ได้มีความชื้นประมาณร้อยละ 50–60 จากนั้นนำมาแปรรูปโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง อุณหภูมิที่ผิวของลูกกลิ้งเป็น 135 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 0.33 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.009 นิ้ว ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นร้อยละ 4.21 มีโปรตีนร้อยละ 15.45 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 73.68 ลักษณะการบริโภคของผลิตภัณฑ์คือ เมื่อบริโภคใช้ผลิตภัณฑ์ 1 ซอง ซึ่งบรรจุ 50 กรัม นำมาเติมน้ำร้อน 250 มิลลิลิตร จากนั้นชงให้เข้ากันและบริโภคทันที ผู้ทดสอบชิมชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง (จรูญ, 2541)

1.4 ประเภทอาหารเช้าพร้อมบริโภค (ready-to-eat cereal)

อาหารเช้าจากธัญชาติประเภทพร้อมบริโภค สามารถบริโภคได้ทันที แต่อาจมีการเติมน้ำหรือน้ำนมหรือโยเกิร์ตลงไปด้วยก็ได้ อาหารเช้าประเภทนี้เป็นธัญพืชที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยนำเมล็ดธัญพืชมาทำให้สุกและมีการดัดแปลงรูปร่างให้มีความเหมาะสม ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปจากธัญชาติประเภทนี้ได้รับความนิยมสูงที่สุดในปัจจุบัน (อรอนงค์และลินดา, 2536; วิมลศิริ, 2539; จรูญ, 2541; Malz, 1970)

2. อาหารเช้าจากธัญชาติแบ่งตามลักษณะของผลิตภัณฑ์

อาหารเช้าจากธัญชาติมีอยู่หลายลักษณะทำให้การแบ่งตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ไม่ชัดเจน แต่อาจแบ่งได้เป็น 5 ลักษณะดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1 ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น (flaked product)

อาหารเช้าจากธัญชาติที่มีลักษณะเป็นแผ่นนี้ นิยมใช้ข้าวสาลี ข้าวโพดและข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า วีตเฟลก คอร์นเฟลกและไรซ์เฟลกตามลำดับ กระบวนการผลิตมี 2 วิธี ได้แก่ วิธีดั้งเดิม (conventional method) และวิธีเอ็กซ์ทรูชัน (extrusion method) การผลิตโดยวิธีดั้งเดิมเริ่มจากการนำวัตถุดิบมาทำความสะอาดปรับความชื้นให้เหมาะสมในการบดให้แตกด้วยลูกกลิ้งผิวเรียบคู่หนึ่งหรือทำในลักษณะการขัดผิวเมล็ด เพื่อให้ความชื้นซึมผ่านเข้าไปในเมล็ดได้ง่ายขึ้น ต่อจากนั้นนำเมล็ดที่แตกมาต้มโดยใช้ความดันพร้อมกับเติมแต่งสารให้กลิ่นรส เช่น มอล์ต เกลือ น้ำตาล เป็นต้น นำไปต้มจนสุกแล้วจึงผ่านไปยังเครื่องทำให้แห้งจนมีความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 15-20 และพักไว้ในถังปรับสภาพเป็นเวลา 24-27 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการบีบอัดระหว่างคู่ของลูกกลิ้งผิวเรียบด้วยแรงอัดที่เหมาะสม ได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นแผ่นแบนผ่านไปยังเครื่องทำให้แห้งและผ่านไปยังเตาปิ้ง (toaster) จนเหลือง ผลิตภัณฑ์จะได้ความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 3 ทำให้เย็นและบรรจุ หรืออาจนำผลิตภัณฑ์ที่เย็นแล้วมาเคลือบน้ำตาลหรือน้ำเชื่อมก่อนบรรจุ โดยใช้ส่วนผสมของน้ำเชื่อมซูโครสประมาณร้อยละ 1-8 รวมกับน้ำตาลชนิดอื่นจนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีน้ำตาลอยู่ร้อยละ 7-43 (อรอนงค์และลินดา, 2536) สำหรับวิธีเอ็กซ์ทรูชันเริ่มจากการนำวัตถุดิบมาทำความสะอาด และผสมกับส่วนผสมอื่น เช่น เกลือ น้ำตาล วิตามิน มอล์ต เคซีน เป็นต้น แล้วนำไปผ่านเข้าเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ ทำให้แห้งและปล่อยไว้ให้เย็นแล้วนำไปผ่านลูกกลิ้งผิวเรียบโดยปรับแรงอัดให้เหมาะสม จะได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นแผ่นบาง อาจนำไปเคลือบด้วยน้ำตาลและสารปรุงแต่งกลิ่นรสก่อนบรรจุ (Roger, 1974) ซึ่งกระบวนการแปรรูปอาหารเช้าสำเร็จรูปจากข้าวสาลีแบบแผ่นบางแสดงดังภาพ 2.2

2.2 ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะพองกรอบ (puffed product)

วัตถุดิบที่ใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารเช้าจากธัญชาติ ที่มีลักษณะพองกรอบโดยมากเป็นเมล็ดข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวโพดหรือข้าวบาร์เลย์ เตรียมได้โดยการทำความสะอาดเมล็ด ปรับสภาพความชื้นให้มีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 30-35 โดยวิธีการคลุกเคล้ากับน้ำในถังที่หมุนวน ซึ่งช่วยในการขัดผิวของเมล็ดได้ด้วย แล้วนำมาเติมน้ำตาล เกลือและไขมัน และต้มด้วยความดัน 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หลังจากนั้นนำมาทำให้แห้งจนมีความชื้นประมาณร้อยละ 14-16 จะได้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นเม็ด แล้วทำให้สุกพองโดยนำไปบรรจุลงในหม้อหรือลำกล้องเป็นท่อทรงกระบอก 2 ชั้น ชั้นนอกเป็นส่วนให้ความร้อนจากไอน้ำเดือดที่ฉีดผ่านเข้ามาโดยรอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชั้นนอกหรือจะใช้ความดันจากเตาแก๊สโดยตรง ทำให้ภายในมีความดันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงความดัน 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้วแล้วลดความดันทันที ซึ่งจะมีผลทำให้สกรูดันเมล็ดข้าวที่สุกผ่านหัวอัดออกมาในลักษณะที่สุกและพอง ต่อจากนั้นนำไปทำให้แห้งจนมีความชื้นเหลือเพียงร้อยละ 3 ทำให้เย็นและบรรจุลงในภาชนะที่เป็นกล่องกระดาษ ซึ่งภายในบุด้วยกระดาษไขหรือใส่ถุงกระดาษก่อนบรรจุลงในกล่องกระดาษ ผลิตภัณฑ์ที่พองกรอบและทำให้เย็นแล้วอาจนำมาเคลือบด้วยน้ำเชื่อมให้มีน้ำตาลเคลือบอยู่ร้อยละ 2-5 แล้วจึงทำให้เย็นและแห้งอีกครั้ง ก่อนบรรจุลงในภาชนะบรรจุ (อรอนงค์และลินดา, 2536) ซึ่งลักษณะเครื่องอัดอาหารเช้าจากธัญชาติแบบพองกรอบแสดงดังภาพ 2.3

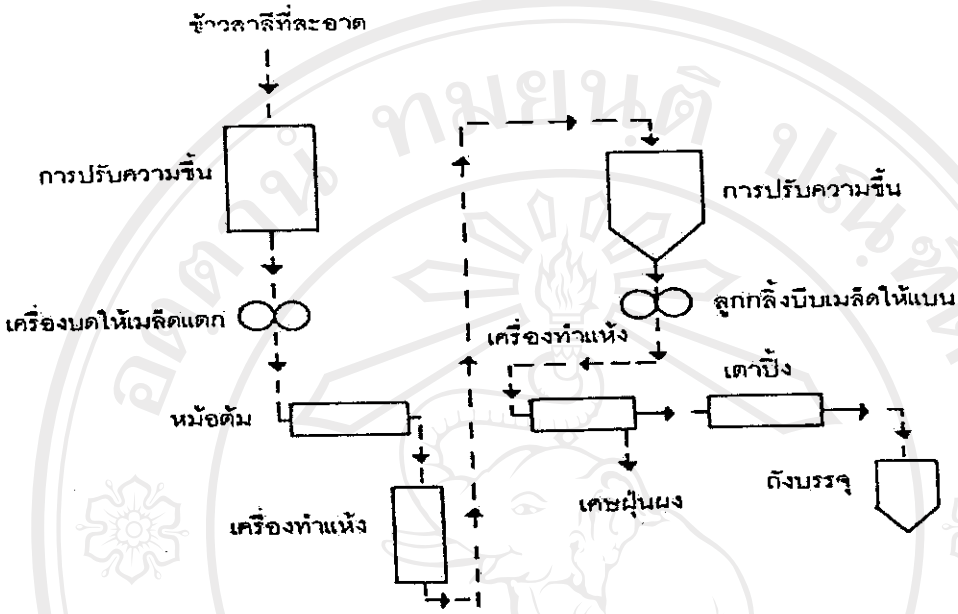
จากการศึกษาการพัฒนาอาหารเช้าแบบพองกรอบจากองุ่น (puffy grape) โดยใช้ไมโครเวฟแบบสุญญากาศของสถาบัน The Dried Foods Technology Laboratory ที่ California State University โดยจดลิขสิทธิ์ในชื่อ MIVAC® ซึ่งเครื่องมือจะมีลักษณะเป็นหม้อที่ทำจากสเตนเลสขนาดยาว 40 ฟุต ความดันที่ใช้อยู่ในช่วง 10–30 ทอร์ ใช้กำลังไฟและความถี่ของไมโครเวฟ 2 ระดับคือ 18 กิโลวัตต์ (2,450 เมกะเฮิรต์) และ 30 กิโลวัตต์ (915 เมกะเฮิรต์) พบว่าขั้นตอนในการทำอาหารเช้าแบบพองกรอบจากองุ่นโดยใช้ไมโครเวฟแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ ใช้ระดับพลังงานไมโครเวฟระดับสูง จากนั้นใช้ระดับพลังงานไมโครเวฟระดับปานกลาง และในขั้นตอนสุดท้ายใช้ระดับพลังงานไมโครเวฟระดับต่ำ เพื่อให้ปริมาณความชื้นเข้าสู่สมดุลย์ ทำให้เย็นและนำผลิตภัณฑ์มาบรรจุต่อไป (Pitt-Des Moines, 2000)

2.3 ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นชิ้น (shredded product)

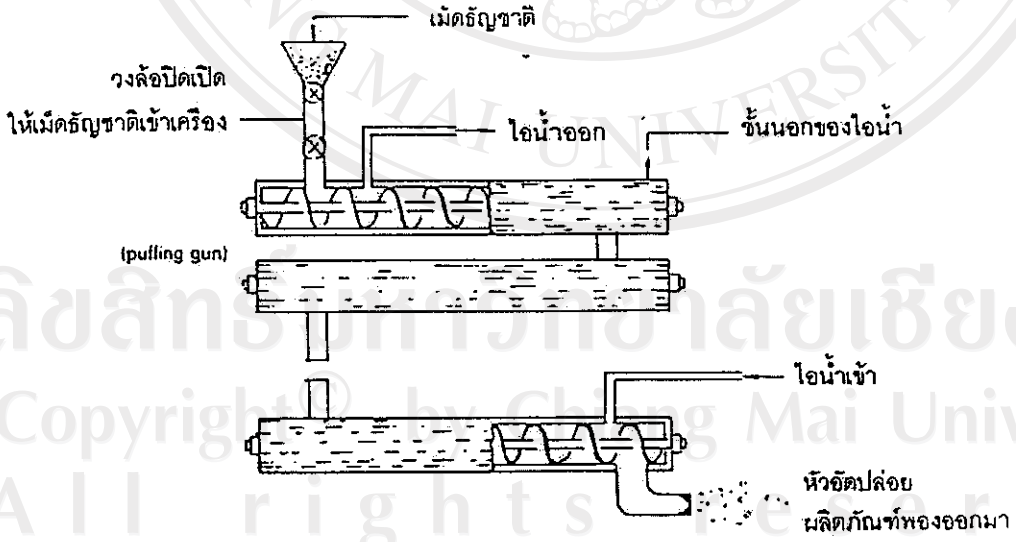
อาหารเช้าจากธัญชาติที่มีลักษณะเป็นชิ้น ทำได้โดยนำเมล็ดข้าวสาลีมาทำความสะอาดต้มกับน้ำโดยใช้ความร้อนจากแก๊สหรือไอน้ำเดือดรอบชั้นนอกของหม้อต้ม จนได้เมล็ดที่นิ่มและเหนียวเป็นยาง มีความชื้นประมาณร้อยละ 43 เม็ดแป้งภายในเมล็ดข้าวเกิดการเจลาติไนซ์เซชันเต็มที่แล้วจึงทำให้เมล็ดข้าวสาลีสุกนี้เย็นลงและพักไว้ในถังปรับสภาพความชื้นเป็นเวลา 18 ชั่วโมง จึงส่งเข้าเครื่องขูดเป็นชิ้น ซึ่งตัวเครื่องประกอบด้วยลูกกลิ้งหลายคู่ แต่ละคู่มีลูกกลิ้งผิวเรียบอยู่ด้านบนและลูกกลิ้งผิวฟันเลื่อยแบบโค้งอยู่ด้านล่าง ทำให้เกิดการขูดเป็นชิ้นอย่างเท่าๆกัน ส่งไปยังเตาอบอุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ต่อจากนั้นจึงทำให้แห้งจนมีความชื้นเพียงร้อยละ 1 ทำให้เย็นและบรรจุใส่ถัง เตรียมส่งไปยังระบบการบรรจุเพื่อบรรจุลงในภาชนะบรรจุ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่อไป (อรอนงค์และลินดา, 2536) ซึ่งกระบวนการแปรรูปอาหารเช้าจากธัญชาติพร้อมบริโภคแบบเป็นชิ้นแสดงดังภาพ 2.4

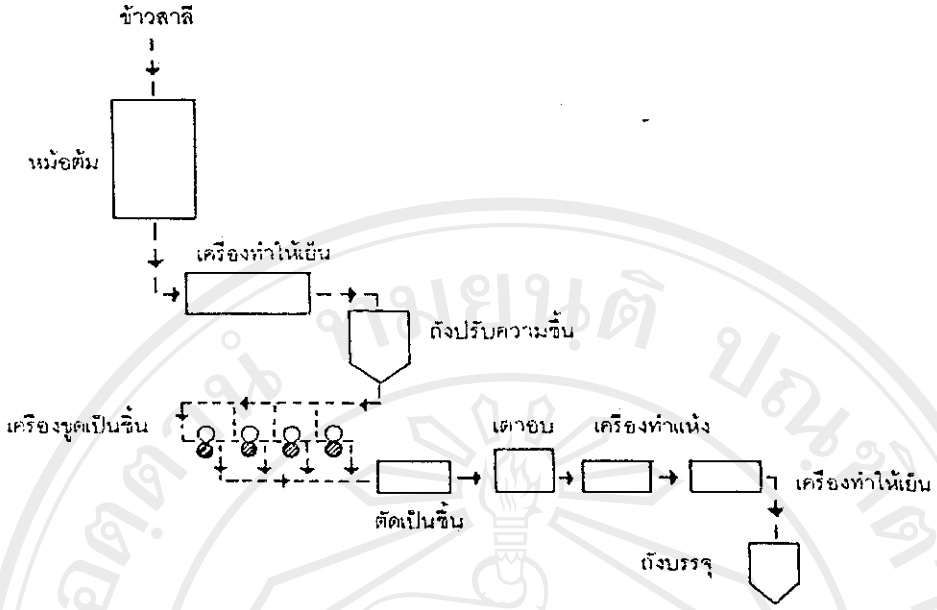


ภาพ 2.2 กระบวนการแปรรูปอาหารเช้าสำเร็จรูปจากข้าวสาลีแบบแผ่นบาง
ที่มา : อรอนงค์และลินดา (2536)



ภาพ 2.3 ลักษณะเครื่องอัดอาหารเช้าจากธัญชาติแบบพองกรอบ
ที่มา : อรอนงค์และลินดา (2536)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.4 กระบวนการแปรรูปอาหารเช้าจากธัญชาติพร้อมบริโภคแบบเป็นชิ้น
ที่มา : อรอนงค์และลินดา (2536)

2.4 ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเม็ด (granular product)

อาหารเช้าจากธัญชาติที่มีลักษณะเป็นเม็ดสามารถแปรรูปได้จากแป้งสาลีบดทั้งเมล็ด หรือแป้งสาลีคุณภาพต่ำหรือแป้งข้าวบาร์เล่ย์ผสมกับน้ำ เกลือ และยีสต์หมักให้เป็นโดนาน 6 ชั่วโมง ปั้นเป็นก้อนขนมปังขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักประมาณ 10 ปอนด์ อบให้สุกและนำมาบดให้เป็นเม็ดหรือเกล็ด ทำให้แห้งและร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ขนาดต่างๆตามต้องการ (อรอนงค์และลินดา, 2536)

2.5 ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบด้วยน้ำตาล (sugar-coated product)

อาหารเช้าจากธัญชาติที่เคลือบด้วยน้ำตาล ทำได้โดยนำผลิตภัณฑ์อาหารเช้าจากธัญชาติที่มีลักษณะเป็นแผ่นหรือพองกรอบมาเคลือบด้วยน้ำตาลหรือน้ำเชื่อม โดยใช้น้ำตาลซูโครสผสมกับน้ำผึ้งเพื่อให้การเคลือบมีลักษณะใสและแห้งไม่เหนียวเยิ้มเมื่อถูกความชื้น ผลิตภัณฑ์เคลือบน้ำตาลจะมีน้ำตาลเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 7 เป็นร้อยละ 43 สำหรับคอร์นเฟลก และจากร้อยละ 2 เป็นร้อยละ 51 สำหรับพัฟวีต (puffed wheat) (อรอนงค์และลินดา, 2536; อรอนงค์, 2540; Malz, 1970)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. **อาหารเช้าจากธัญชาติแบ่งตามชนิดของวัตถุดิบ**

อาหารเช้าจากธัญชาติสามารถแบ่งตามชนิดของวัตถุดิบได้แก่ ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าว ข้าวโอ๊ต หรืออาจทำจากรำของธัญชาติชนิดใดชนิดหนึ่งหรือรวมกันหลายชนิด (อรอนงค์และลินดา, 2536)

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูปแบบผสมชนิดแท่ง โดยใช้วัตถุดิบเป็นธัญชาติ 3 ชนิดผสมกันได้แก่ ถั่วลิสงร้อยละ 20 เมล็ดทานตะวันร้อยละ 18 และข้าวเม่าร้อยละ 15 แต่งกลิ่นด้วยกลิ่นสับปะรด แปรรูปโดยใช้เตาอบแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.96 มีโปรตีนร้อยละ 12.59 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์เป็น 62.82 นิวตัน ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (วิมลศิริ, 2539)

4. **อาหารเช้าจากธัญชาติแบ่งตามกลุ่มผู้บริโภค**

เมื่อพิจารณาตามกลุ่มผู้บริโภคอาหารเช้าจากธัญชาติ สามารถแบ่งอาหารเช้าจากธัญชาติออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้ (จรูญ, 2541)

4.1 อาหารเช้าจากธัญชาติประเภทพื้นฐาน (staple หรือ basic)

อาหารเช้าจากธัญชาติประเภทพื้นฐานเป็นอาหารเช้าจากธัญชาติประเภทรสจืด จะเน้นกลุ่มเป้าหมายผู้บริโภคที่อยู่เป็นครอบครัวเป็นหลัก

4.2 อาหารเช้าจากธัญชาติประเภทรสชาติสำหรับเด็ก (child taste)

อาหารเช้าจากธัญชาติประเภทรสชาติสำหรับเด็กเป็นอาหารเช้าจากธัญชาติที่มีรสหวานโดยมีการปรุงแต่งรส เช่น ผสมน้ำผึ้ง รสชอกโกแลตหรือกลิ่นแอปเปิ้ล เป็นต้น จะเน้นกลุ่มผู้บริโภคที่เป็นเด็ก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 อาหารเช้าจากธัญชาติประเภทเพื่อสุขภาพ (health)

อาหารเช้าจากธัญชาติประเภทเพื่อสุขภาพนี้ จะมุ่งเน้นคุณค่าทางโภชนาการเพื่อสุขภาพ โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือ ผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและต้องการคุณค่าทางโภชนาการสูง

4.4 อาหารเช้าจากธัญชาติผสมผลไม้อบแห้ง

อาหารเช้าจากธัญชาติผสมผลไม้อบแห้งเป็นอาหารเช้าจากธัญชาติที่ผสมผลไม้อบแห้ง เช่น มะละกอ แอปเปิ้ลหรือกีวีอบแห้ง เป็นต้น และอาหารเช้าจากธัญชาติผสมผลไม้อบแห้งนี้เป็นประเภทที่กำลังเริ่มทำตลาดอาหารเช้าจากธัญชาติ และพบว่าได้รับความสนใจจากผู้บริโภคอาหารเช้าจากธัญชาติพอสมควร

คุณค่าทางโภชนาการของอาหารเช้าจากธัญชาติ

กลุ่มผู้บริโภคอาหารเช้าจากธัญชาติโดยมากเป็นกลุ่มเด็ก จึงต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการเป็นสำคัญพบว่าเด็กที่มีอายุ 2-12 ปีต้องการคุณค่าทางโภชนาการร้อยละ 91 เด็กที่มีอายุ 13-18 ปีต้องการคุณค่าทางโภชนาการร้อยละ 75 และอายุมากกว่า 18 ปีต้องการคุณค่าทางโภชนาการร้อยละ 61 ของปริมาณที่แนะนำต่อวัน (จรูญ, 2541) อาหารเช้าจากธัญชาติเป็นอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง มีไขมันและคลอเลสเตอรอลต่ำ มีวิตามินโดยเฉพาะกลุ่มของวิตามินบี และแร่ธาตุ เช่น เหล็ก แมกนีเซียมและสังกะสีมาก (จิตธนาและคณะ, 2540) ดังนั้นอาหารเช้าจากธัญชาติจึงเหมาะสมสำหรับเด็กและบุคคลทั่วไป เพราะมีคุณค่าทางอาหารสูง จากการสำรวจคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าจากธัญชาติประเภทแผ่นบางที่จำหน่ายในตลาดได้ข้อมูลแสดงในตาราง 2.2

ธัญชาติที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารเช้า มักขาดกรดอะมิโนประเภทไลซีน การบริโภคอาหารเช้าร่วมกับนมทำให้ปัญหาดังกล่าวหมดไป เพราะนมเป็นแหล่งของไลซีนที่ดี สารอาหารบางชนิดจะมีมากในธัญชาติ เช่น วิตามินเอ วิตามินบี วิตามินซีและธาตุเหล็ก แต่ในนมมีปริมาณสารเหล่านี้น้อยกว่า แต่นมมีปริมาณโปรตีน แคลเซียม ฟอสฟอรัสและวิตามินดีอยู่สูง ดังนั้นการรับประทานอาหารเช้าจากธัญชาติร่วมกับนมจึงได้คุณค่าทางอาหารที่ดีและเหมาะสม ทำให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น (Kent, 1984; จรูญ, 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของอาหารเช้าจากธัญชาติ

ผลิตภัณฑ์	ความชื้น (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	โปรตีน [1] (ร้อยละ)	เส้นใย (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)
คอร์นเฟลก	3.8	0.7	7.9	0.7	84.6	0.2
พัฟคอร์น	3.6	0.4	8.1	0.4	80.4	4.2
เชดโอ๊ต [2]	3.9	3.2	18.8	1.8	70.2	2.1
พัฟโอ๊ต	1.9	2.4	6.7	0.7	84.9	3.4
ไรซ์เฟลก	3.2	0.4	5.9	0.6	87.7	0.3
พัฟไรซ์	3.7	2.9	5.9	0.6	89.5	0.4
วีตเฟลก	3.5	4.2	10.2	1.6	78.9	1.6
พัฟวีต	3.4	1.6	15.0	2.0	76.5	1.5
เชดวีต	6.6	1.6	9.9	2.3	77.6	2.0
บรานเฟลก	3.0	4.4	10.2	3.6	77.0	1.8
ฟารินา	10.0	0.4	11.4	0.4	76.6	0.9
โอ๊ตมีล	8.3	1.9	14.2	1.2	67.0	7.4
โรลวีต	10.1	1.8	9.9	2.2	74.0	2.0

หมายเหตุ [1] หมายถึง โปรตีนแฟกเตอร์ (protein factors) ที่ใช้ในการหาปริมาณโปรตีนโดยค่าโปรตีนแฟกเตอร์ของข้าวโพดใช้ 6.25 ข้าวโอ๊ตใช้ 5.83 ข้าวใช้ 5.95 และข้าวสาลีใช้ 5.70

[2] หมายถึง ผลิตภัณฑ์เสริมโปรตีน

ที่มา : Leslie *et al.* (1971)

กระบวนการผลิตอาหารเช้าจากธัญชาติมีผลทำให้คุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ลดลง ในกระบวนการผลิตที่ใช้ความดันสูง จะมีผลไปทำลายกรดไฟติก และพบว่าการผลิตอาหารเช้าพร้อมบริโภคจากธัญชาติประเภทพองกรอบและประเภทแผ่นบางจะสูญเสียกรดไฟติกไปประมาณร้อยละ 70 และร้อยละ 33 ตามลำดับ นอกจากนี้แร่ธาตุและวิตามินบางตัวจะสูญเสียไปในกระบวนการผลิตด้วย เช่น วิตามินบีหนึ่งจะสูญเสียไปในกระบวนการผลิตอาหารเช้าจากข้าวสาลีแบบเป็นชิ้นร้อยละ 50 ส่วนวิตามินบีหนึ่งในอาหารเช้าประเภทพองกรอบและแบบแผ่นบางจะสูญเสียไปทั้งหมด (Kent, 1984) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้อุณหภูมิต่ำในการผลิตจะมีการสูญเสียวิตามิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บีหนึ่งต่ำ ปกติวิตามินบีหนึ่งจะสูญเสียโดยความร้อน และมีความคงตัวไม่ดีที่สภาวะเป็นกลางและค่าความเป็นด่างสูง (วิมลศิริ, 2539) ส่วนไรโบฟลาวินและไนอะซีนมีการสูญเสียเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ (Malz, 1970) โดยทั่วไปอาหารเช้าจากธัญชาติมักมีการเติมแร่ธาตุและวิตามินลงไประหว่างการผลิตเพื่อชดเชยการสูญเสียและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์ (Kent, 1984) สภาวะต่างๆ เช่น ความร้อนและความดันมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการสูญเสียของแร่ธาตุ ส่วนวิตามินเป็นตัวที่สามารถเปลี่ยนแปลงตามสภาวะต่างๆได้อย่างรวดเร็ว มีปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อการถูกทำลายของวิตามิน วิตามินที่ละลายน้ำได้ เช่น วิตามินซี จะถูกทำลายโดยความร้อนได้ง่ายที่สุด และยังถูกทำลายได้ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันอีกด้วย ส่วนวิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามินเอและอี จะเกิดการสูญเสีย เนื่องจากเกิดปฏิกิริยากับสารเปอร์ออกไซด์ (peroxide) หรือสารอนุมูลอิสระ (free radical) ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน อัตราความเร็วของการถูกทำลายของวิตามินจะลดลงเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ดังนั้นการป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงเป็นการช่วยให้วิตามินถูกทำลายน้อยลง (จรูญ, 2541)

การใช้ความร้อนในการผลิตอาหารเช้าจากธัญชาติด้วยลูกกลิ้งและวิธีเอ็กซ์ทรูชัน มีผลทำให้โปรตีนเสื่อมสภาพและทำให้ปริมาณไลซีนลดลง เนื่องจากเกิดการสูญเสียไปในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล การใช้ความร้อนแม้จะทำให้โครงสร้างกรดอะมิโนและวิตามินที่ละลายน้ำได้ถูกทำลาย แต่จะช่วยปรับปรุงการดูดซึมของร่างกายได้ (วิมลศิริ, 2539) การใช้ความร้อนสูงมากทำให้เกิดการสูญเสียกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์อยู่ด้วยเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน กรดอะมิโนบางตัว เช่น ไลซีนและเมทิโอนินสูญเสียเนื่องจากการเข้าทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์หรือการทำปฏิกิริยากับสารประกอบคาร์โบนีลที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ความร้อนที่ไม่สูงจนเกินไปจะช่วยให้คาร์โบไฮเดรตถูกย่อยได้ง่ายขึ้นและไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางอาหารมากนัก แต่ถ้าได้รับความร้อนมากเกินไปทำให้เกิดการไหม้และสูญเสียคุณค่าทางอาหารไป การให้ความร้อนแห้งที่อุณหภูมิสูง ทำให้โมเลกุลของไขมันแตกตัวออกทำให้ได้กรดไขมันออกมา การสูญเสียคุณค่าทางอาหารของไขมันจะเกิดขึ้นเนื่องจากกรดไขมันที่จำเป็น เช่น ลิโนเลนิคและลิโนเลอิคถูกทำลายโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน (จรูญ, 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหารเช้าจากข้าวและแป้งข้าว

อาหารเช้าจากธัญชาติที่ผลิตขึ้นจากข้าวและแป้งข้าวแบบพร้อมรับประทานได้ทันทีเป็นชนิดที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากที่สุด (Catharina *et al.*, 1999) อาหารเช้าจากข้าวและแป้งข้าวนี้สามารถแปรรูปได้ 3 ลักษณะดังนี้

1. **อาหารเช้าจากข้าวและแป้งข้าวแบบพองกรอบ** (puffed rice)

อาหารเช้าจากข้าวและแป้งข้าวแบบพองกรอบสามารถผลิตได้ 2 วิธีคือ วิธีที่หนึ่งเริ่มจากการผสมข้าว น้ำเชื่อมและเกลือแล้วนำไปต้มรวมกัน จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดไปต้มให้เดือดอีกครั้งในหม้อนึ่งไอน้ำเป็นเวลานาน 5 ชั่วโมงภายใต้ความดัน 100–150 กิโลปาสคาล (kPa) แล้วนำไปผ่านเครื่อง rotary dryer ให้ผลิตภัณฑ์เหลือปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 25–30 แล้วนำไปผ่านเครื่อง flaking rolls จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 18–20 แล้วจึงนำไปอบแห้งต่อที่อุณหภูมิ 82 องศาเซลเซียส จนได้ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 3 ต่อไปอาจนำไปเคลือบด้วยน้ำตาลหรือน้ำเชื่อมที่อุณหภูมิห้อง ส่วนวิธีที่สองมีทั้งหมด 3 ขั้นตอนคือ นำส่วนผสมทั้งหมดไปให้ความร้อนก่อนระดับหนึ่ง จากนั้นนำไปให้ความร้อนสูงในหม้อนึ่งไอน้ำภายใต้ความดันสูง และขั้นตอนสุดท้ายเอามาทำให้แห้งจนผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นร้อยละ 3 ซึ่งวิธีที่สองไม่เป็นที่นิยมเพราะเป็นวิธีการผลิตที่ไม่ต่อเนื่อง (Catharina *et al.*, 1999)

2. **อาหารเช้าจากข้าวและแป้งข้าวแบบเอ็กซ์ทรูด** (extruded rice)

อาหารเช้าจากข้าวและแป้งข้าวแบบเอ็กซ์ทรูดผลิตโดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ ซึ่งใช้ความร้อนสูงและเวลาน้อยมากในการผลิต เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์จะดันโดให้ออกทางรูเล็กๆ ซึ่งสามารถปรับให้ผลิตภัณฑ์มีรูปแบบต่างๆตามต้องการได้โดยความดันภายในเครื่องจะสูงกว่าภายนอกเครื่อง ซึ่งเมื่อโดถูกดันออกสู่ภายนอกจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเบา พองและกรอบ วิธีนี้ดีกว่าวิธีอื่นๆเพราะอัตราเร็วในการผลิตสูงและเป็นระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (continuous process) สามารถกำหนดรูปร่างของผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายและควบคุมความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ได้ง่าย ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 3–4 (Catharina *et al.*, 1999) ซึ่งอาจนำไปเคลือบด้วยน้ำตาลและสารให้กลิ่นรสต่อไป ปกติใช้น้ำตาล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ร้อยละ 50 หรือมากกว่าโดยเทียบกับน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ และอาจเติมแร่ธาตุและวิตามินเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ได้ด้วย (Burrington, 2001)

จากการศึกษาการพัฒนาอาหารเช้าพร้อมบริโภคโดยใช้ปลายข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบหลักในการแปรรูปด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (extruder; barbender model 823500) พบว่าน้ำตาลที่ใช้มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลและการพองตัวของผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อใช้น้ำตาลมากขึ้น น้ำตาลจะเข้าไปแย่งจับกับโมเลกุลน้ำ ทำให้น้ำเข้าไปในโมเลกุลแป้งได้ลดลง ดังนั้นแป้งจึงดูดน้ำได้น้อยลง มีผลให้การพองตัวของผลิตภัณฑ์ลดลงไปด้วย และพบว่าเมื่อปริมาณอะไมโลสลดลงจะทำให้โครงสร้างสามารถดูดน้ำได้อย่างรวดเร็วขึ้นและพองตัวได้ดีขึ้น ส่วนความชื้นของโดก่อนผ่านเข้าไปในเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์เป็นร้อยละ 13 ถ้าปริมาณความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 13 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะแห้ง เปราะและมีสีที่ไม่สม่ำเสมอ ถ้าปริมาณความชื้นมากกว่าร้อยละ 13 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะพองตัวไม่เต็มที่และเหนียวเกินไป สูตรที่ได้จากการพัฒนาคือ ใช้แป้งปลายข้าวเจ้าร้อยละ 60 แป้งข้าวโพดร้อยละ 40 น้ำตาลร้อยละ15 เกลือร้อยละ 1 และผงโกโก้ร้อยละ 0.2 ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 5.6 กระบวนการผลิตที่เหมาะสมคือ โซนที่ 1 ของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (feed section) ใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โซนที่ 2 ของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (compression section) ใช้อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส และโซนที่ 3 ของเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (metering section) ใช้อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ขนาดหน้าแปลน 2 มิลลิเมตร คุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 3.63 และปริมาณไขมันร้อยละ 2.2 และผู้ทดสอบชิมยอมรับในผลิตภัณฑ์ (ศิราพรและคณะ, 2534)

3. อาหารเช้าจากข้าวและแป้งข้าวแบบชิ้นและแบบแผ่นบาง (shredded rice และ flaked rice)

อาหารเช้าจากข้าวและแป้งข้าวแบบชิ้นได้รับความนิยมมากที่สุด ทำได้โดยนำข้าวหรือแป้งข้าวมาผสมกับน้ำตาล เกลือและมอล์ตสกัด นำมาให้ความร้อนโดยหม้อนึ่งไอน้ำ 1–2 ชั่วโมง ภายใต้ความดัน 100–150 กิโลปาสคาล ได้ความชื้นประมาณร้อยละ 40 จากนั้นนำไปทำแห้งให้เหลือความชื้นร้อยละ 25–30 ก่อนนำไปผ่านเครื่อง shredding rolls จะได้ผลิตภัณฑ์อาหารเช้าจากข้าวและแป้งข้าวแบบชิ้นออกมา อาหารเช้าจากข้าวและแป้งข้าวแบบแผ่นบางทำคล้ายแบบชิ้น แต่เปลี่ยนจากการใช้เครื่อง shredding rolls เป็นเครื่อง flaking rolls แทน (Catharina

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

et al., 1999) และพบว่าไรซ์เฟลกมีความคงตัวในน้ำนมน้อยกว่าซีเรียลเฟลก (cereals flake) ชนิดอื่นๆ (Burrington, 2001)

ในบางกรณีอาหารเช้าแบบแผ่นนี้สามารถแปรรูปได้โดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ เช่น ในการพัฒนาอาหารเช้าชนิดแผ่นจากแป้งข้าว โดยใช้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสต่ำมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปโดยใช้เครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ สูตรการผลิตที่เหมาะสมได้แก่ แป้งข้าวร้อยละ 68.55 แป้งถั่วเหลืองร้อยละ 12 น้ำตาลร้อยละ 11 เลซิทินร้อยละ 0.06 เกลือร้อยละ 2.39 และโปรตีนนมร้อยละ 6 โดยใช้ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบเป็นร้อยละ 13 ส่วนปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายเท่ากับร้อยละ 3.14 ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีโปรตีนร้อยละ 16.7 มีค่าความแข็ง 14.24 นิวตัน ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการบริโภคโดยพบว่าจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม ผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ (จิราภา, 2539)

วัตถุดิบในการแปรรูปอาหารเช้าชนิดแผ่นข้าวอบกรอบ

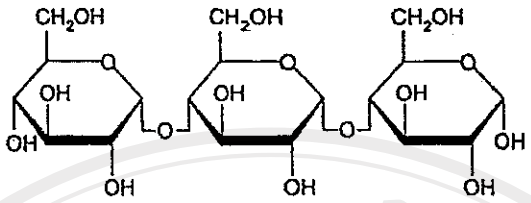
1. แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

แป้งข้าว หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ มีสารอื่นเจือปน เช่น โปรตีน ไขมันและเกลือแร่น้อยมาก ส่วนแป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีองค์ประกอบอื่นอยู่มากจะเรียกว่า ฟลาว์ (flour) แป้งข้าวเจ้าซึ่งมีโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 7 เรียกว่า ไรซ์ฟลาว์ (rice flour) ไรซ์ฟลาวถูกสกัดเอาโปรตีน ไขมันและเกลือแร่ออกไป จนเหลือแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่ เรียกว่า สตาร์ช (starch) (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543) แป้งข้าวมีองค์ประกอบหลักอยู่ 4 องค์ประกอบดังนี้

1.1 อะไมโลส (amylose)

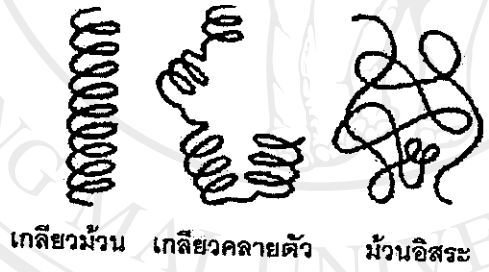
อะไมโลสเป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4–glucosidic linkage (Stryer, 1995) แสดงดังภาพ 2.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.5 โครงสร้างของอะไมโลส
ที่มา : Stryer (1995)

แป้งที่มีโมเลกุลของอะไมโลสยาวขึ้นจะมีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยารีโทรแกรเดชัน (retrogradation) ลดลง อะไมโลสมีกิ่งก้านอยู่บ้างแต่ไม่มากนัก โครงสร้างของอะไมโลสเมื่ออยู่ในสารละลายจะมีหลายรูปแบบคือ ลักษณะเป็นเกลียวม้วน (helix) เกลียวที่คลายตัว (interrupted helix) หรือม้วนอิสระ (random coil) แสดงดังภาพ 2.6 อะไมโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 6,500–160,000 จะมีโมเลกุลเป็นม้วนอิสระและจะไม่ละลายในสารละลาย สำหรับอะไมโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 6,500 อาจมีบางส่วนที่ละลายได้ โมเลกุลจะอยู่ในลักษณะเกลียวคู่ที่แข็ง (Whistler and Daniel, 1984)

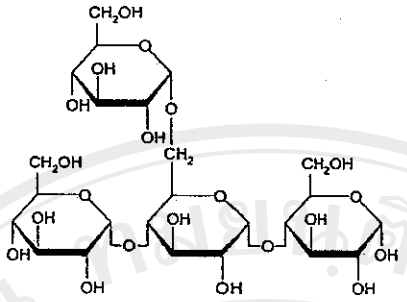


ภาพ 2.6 ลักษณะของเกลียวอะไมโลส
ที่มา : Whistler and Daniel (1984)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 อะไมโลเพกติน (amylopectin)

อะไมโลเพกตินเป็นโพลิเมอร์กิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4–glucosidic linkage และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นโพลิเมอร์กลูโคสสายสั้นๆมีโมเลกุลต่อกัน (Degree of Polymerization) อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,6–glucosidic linkage (Stryer, 1995) แสดงดังภาพ 2.7



ภาพ 2.7 โครงสร้างของอะไมโลเพกติน
ที่มา : Stryer (1995)

ลักษณะโครงสร้างแบบกิ่งของอะไมโลเพกตินประกอบด้วยสาย 3 ชนิดแสดงดังภาพ 2.8 ดังนี้ (Mercier *et al.*,1974)

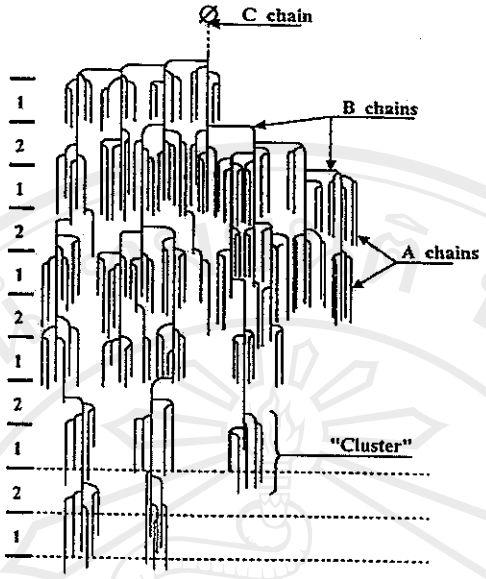
1. สาย A (A-chain) เชื่อมต่อกับสายอื่นที่ตำแหน่งเดียว ไม่มีกิ่งเชื่อมต่อออกจากสายชนิดนี้ (unbranched structure)

2. สาย B (B-chain) มีโครงสร้างแบบกิ่งเชื่อมต่อกับสายอื่นๆ 2 สายหรือมากกว่า พบว่าโครงสร้างอะไมโลเพกตินประกอบด้วยสาย A และสาย B ในอัตราส่วน 0.8–0.9 : 1

3. สาย C (C-chain) แบบสายแกนซึ่งประกอบด้วยหมู่รีดิวซิง 1 หมู่ ในอะไมโลเพกตินแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยสาย C หนึ่งสายเท่านั้น

อะไมโลเพกตินจะจับกันเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่มจะประกอบไปด้วยสายประมาณ 22–25 สาย ทำให้เกิดเป็นส่วนผลึกของเม็ดแป้ง ในการจับเป็นกลุ่มของอะไมโลเพกตินทำให้เกิดเป็นเกลียวคู่ (double helix) ซึ่งช่วยทำให้เม็ดแป้งมีความคงทนต่อการทำปฏิกิริยาด้วยกรดและเอนไซม์ ลักษณะโครงสร้างที่เป็นเกลียวคู่ของอะไมโลเพกตินจะเกิดขึ้นบริเวณสาย A และสาย B1 เท่านั้น (Mercier *et al.*, 1974) คุณสมบัติที่สำคัญของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินที่สำคัญแสดงดังตาราง 2.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.8 ลักษณะโครงสร้างของอะไมโลเพกตินที่ประกอบด้วยส่วนผลึกและส่วนอสัณฐาน

หมายเหตุ 1 หมายถึง ส่วนผลึก

2 หมายถึง ส่วนอสัณฐาน

ที่มา : Mercier *et al.* (1974)

ตาราง 2.3 คุณสมบัติที่สำคัญของอะไมโลสและอะไมโลเพกติน

คุณสมบัติ	อะไมโลส	อะไมโลเพกติน
ลักษณะโครงสร้าง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นเส้นตรง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นกิ่งก้าน
พันธะที่จับ	α-1,4	α-1,4 และ α-1,6
ขนาด	200–2,000 หน่วยกลูโคส	มากกว่า 10,000 หน่วยกลูโคส
การละลาย	ละลายน้ำได้ไม่ดี	ละลายน้ำได้ดี
การทำปฏิกิริยากับไอโอดีน	สีน้ำเงิน	สีแดงม่วง
การจับตัว	เมื่อให้ความร้อนแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง	ไม่จับตัวเป็นแผ่นแข็ง

ที่มา : Beynum and Roels (1985)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 สารตัวกลาง (intermediate material)

สารตัวกลางมีเพียงส่วนน้อยในแป้งบางชนิด มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่าอะไมโลเพกติน แต่มากกว่าอะไมโลส (Rupp and Schwartz, 1988) ปริมาณของสารตัวกลางในเม็ดแป้งไม่คงที่ ขึ้นกับสภาพในการเพาะปลูก เช่น เวลาและปริมาณน้ำฝน เป็นต้น (Sriroth *et al.*, 1999)

1.4 ส่วนประกอบอื่นๆภายในเม็ดแป้ง

ส่วนประกอบอื่นๆภายในเม็ดแป้ง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้ (Swinkels, 1985)

1. particular material คือ ส่วนที่ไม่ใช่แป้งที่แยกได้จากแป้งได้แก่ โปรตีนที่ไม่ละลายและผนังเซลล์ ซึ่งส่วนที่ไม่ใช่แป้งที่แยกได้จากแป้งนี้จะมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตแป้ง

2. surface material คือ ส่วนที่ติดกับพื้นผิวของเม็ดแป้ง เช่น เยื่อหุ้มอะไมโลพลาสต์ สามารถสกัดออกได้โดยไม่ต้องทำลายเม็ดแป้ง

3. internal components คือ ส่วนที่ติดอยู่ภายในเม็ดแป้ง สามารถแยกออกได้โดยการทำลายเม็ดแป้ง เช่น ไขมันในแป้งจากธัญพืช หมู่ฟอสเฟตจากแป้งมันฝรั่งและสารประกอบไนโตรเจนในแป้ง

ส่วนประกอบอื่นที่มีผลต่อลักษณะและคุณสมบัติของเม็ดแป้งที่สำคัญได้แก่ ไขมัน โปรตีน เถ้าและฟอสฟอรัส แป้งแต่ละชนิดจะมีปริมาณสารต่างๆแตกต่างกันไปดังแสดงในตาราง 2.4

ตาราง 2.4 องค์ประกอบของแป้งชนิดต่างๆ

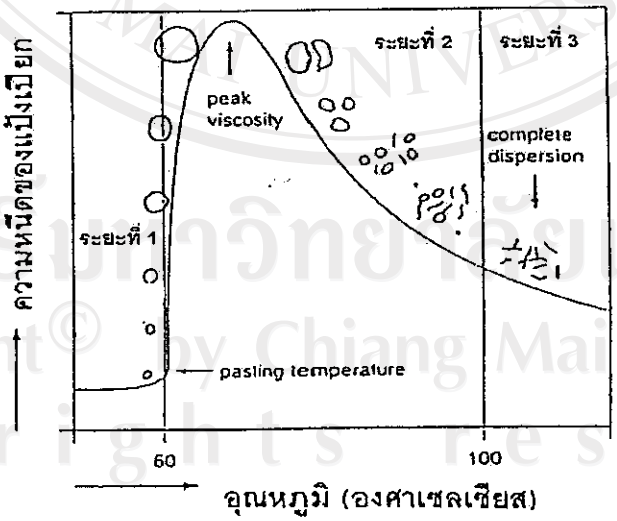
ชนิดของแป้ง	ความชื้น (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	ฟอสฟอรัส (ร้อยละ)
แป้งข้าวโพด	13	0.6	0.35	0.1	0.015
แป้งมันฝรั่ง	19	0.05	0.06	0.4	0.08
แป้งสาลี	14	0.8	0.4	0.15	0.06
แป้งมันสำปะหลัง	13	0.1	0.1	0.2	0.01
แป้งข้าวเจ้า	12	0.8	0.45	0.5	0.1

ที่มา : Swinkels (1985)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเกิดเจลาติไนซ์เซชัน (gelatinization)

การเกิดเจลาติไนซ์เซชันของเม็ดแป้งแบ่งได้เป็น 3 ระยะคือ ระยะแรกเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัดและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่าง micelles ยืดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้างแบบ bifringence ได้ เมื่อมีการใส่สารเคมีหรือเพิ่มอุณหภูมิกับสารละลายน้ำแป้งจนถึงประมาณ 65 องศาเซลเซียส เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหระหว่าง micelles ภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลายลง เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามามากและเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่า การเกิดเจลาติไนซ์เซชัน เม็ดแป้งจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและโครงสร้างแบบ bifringence ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมา ซึ่งถ้าแยกส่วนใสมาหยดสารละลายไอโอดีนลงไปจะเกิดสีน้ำเงินขึ้น เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีกจนเข้าสู่ระยะที่ 3 รูปร่างของเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล แสดงดังภาพ 2.9 การเกิดเจลาติไนซ์เซชันของแป้งจะทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆได้ดีขึ้น รวมทั้งพร้อมที่จะถูกย่อยด้วยน้ำย่อยต่างๆได้ดีกว่า ระดับอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์เซชันของแป้งจะแตกต่างกันไปตามชนิดและองค์ประกอบของแป้ง ซึ่งอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์เซชันของแป้งข้าวเจ้าจะอยู่ในช่วง 68-78 องศาเซลเซียส (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543; Saders, 1996)



ภาพ 2.9 ระยะการเกิดเจลาติไนซ์เซชันของเม็ดแป้ง

ที่มา : Saders (1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรรมวิธีในการผลิตแป้งข้าว

การผลิตแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวใช้วัตถุดิบในการผลิตคือ ข้าวหักหรือปลายข้าว หรือข้าวเกรดสองที่ไม่เหมาะกับการบริโภคโดยตรง (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543) กรรมวิธีในการผลิตมี 3 วิธีคือ วิธีโม่แห้ง วิธีโม่น้ำและวิธีผสม แป้งที่ได้จากการโม่แห้งจะมีคุณภาพต่ำ เพราะเม็ดแป้งค่อนข้างหยาบและมีสิ่งเจือปนสูง อายุการเก็บรักษาสั้น เพราะเกิดกลิ่นหืนและถูกทำลายจากแมลงได้ง่าย สำหรับวิธีการโม่น้ำเป็นวิธีการผลิตแป้งข้าวในปัจจุบัน แป้งที่ได้มีคุณภาพที่ดี มีความละเอียดสูงและมีสิ่งเจือปนน้อย พันธุ์ข้าวไทยส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่มีปริมาณอะไมโลสสูง ดังนั้นแป้งข้าวโดยมากจะเป็นแป้งข้าวชนิดอะไมโลสสูง การผลิตแป้งข้าววิธีผสม เป็นการโม่แป้งจากข้าวที่แช่น้ำและอบแห้งด้วยความร้อนก่อนโม่เป็นแป้ง แป้งชนิดนี้เป็นแป้งคุณภาพสูงและนำไปทำขนมเฉพาะอย่าง เช่น ขนมโก๋จากแป้งข้าวเหนียว เป็นต้น (งามชื่น, 2545) กระบวนการผลิตแป้งโม่แห้ง โม่น้ำและโม่ผสมแสดงดังภาพ 2.10

แป้งข้าวเจ้า (rice flour)

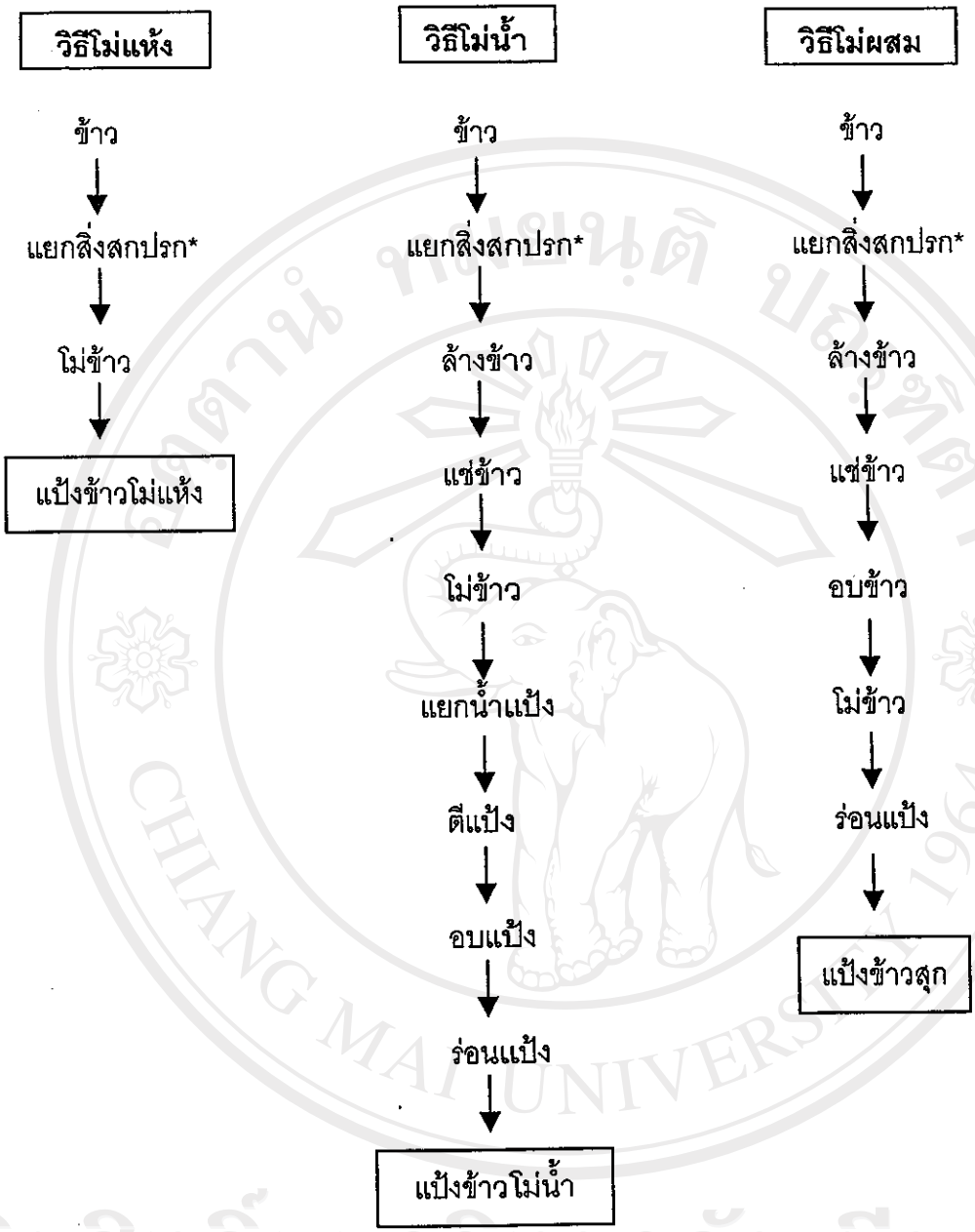
แป้งข้าวเจ้าที่นิยมมากคือ แป้งข้าวเจ้าแบบโม่น้ำ จะมีลักษณะเป็นผงสีขาวและมีขนาดของเม็ดแป้ง 2–9 ไมโครเมตร (บริษัท โรงเส้นหมี่ซอเฮง จำกัด, 2545) โดยทั่วไปแป้งข้าวเจ้าจะมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 18–27 (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543) คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแป้งข้าวเจ้าแสดงดังตาราง 2.5 แป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการให้ความร้อนจะมีสีเหลืองเข้มขึ้น โดยพิจารณาจากค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) แสดงดังตาราง 2.6

ตาราง 2.5 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งข้าวเจ้า

คุณสมบัติ	ปริมาณ
ความชื้น	ร้อยละ 12–13
ไขมัน	ร้อยละ 0.30
เถ้า	ร้อยละ 0.30
โปรตีน	ร้อยละ 6.5–7.0
คาร์โบไฮเดรต	ร้อยละ 79.65–80.65
ค่าความเป็นกรดด่าง	6.0–7.0

ที่มา : บริษัท โรงเส้นหมี่ซอเฮง จำกัด (2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.10 กรรมวิธีการผลิตแป้งข้าวโม่แห้ง แป้งโม่น้ำและแป้งโม่ผสม

หมายเหตุ * แยกสิ่งสกปรก หมายถึง แยกเศษหิน เศษเชือกออกก่อนและผ่านเครื่องแยกหิน (destoner) แล้วนำมาผ่านเครื่องแยกเศษเหล็กโดยการผ่านแม่เหล็ก

ที่มา : งามชื่น (2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.6 สีของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวก่อนและหลังให้ความร้อน

ค่าสี	ก่อนให้ความร้อน	หลังให้ความร้อน
L	93.2	63.0
a	0.0	1.6
b	4.3	6.0

ที่มา : บริษัท โรงเส้นหมี่ซอเฮง จำกัด (2545)

แป้งข้าวเหนียว (glutinous rice flour)

แป้งข้าวเหนียวมีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียดและมีขนาดของเม็ดแป้ง 2–9 ไมโครเมตร ลักษณะของแป้งข้าวเหนียวที่ดีควรมีกลิ่นธรรมชาติของแป้งและไม่มีกลิ่นเหม็นหืน (บริษัท โรงเส้นหมี่ซอเฮง จำกัด, 2545) คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแป้งข้าวเหนียวแสดงดังตาราง 2.7 แป้งข้าวเหนียวที่ผ่านการให้ความร้อนจะมีสีเหลืองเข้มขึ้น โดยพิจารณาจากค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) แสดงดังตาราง 2.6

ตาราง 2.7 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งข้าวเหนียว

คุณสมบัติ	ปริมาณ
ความชื้น	ร้อยละ 11–13
ไขมัน	ร้อยละ 0.30
เถ้า	ร้อยละ 0.30
โปรตีน	ร้อยละ 6.5–7.0
เส้นใย	ร้อยละ 0.20
คาร์โบไฮเดรต	ร้อยละ 79.65–80.65
ค่าความเป็นกรดด่าง	6.0–7.0

ที่มา : บริษัท โรงเส้นหมี่ซอเฮง จำกัด (2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบที่สำคัญต่อการแปรรูปแผ่นข้าวอบกรอบ เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียวจะมีหน้าที่ในการเป็นโครงสร้างหลักของผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบและพอง อะไมโลสจะงอตัวจับกับส่วนที่เป็นเส้นตรง

ของอะไมโลเพกติน ทำให้ส่วนนี้มีความหนาแน่นมากกว่าส่วนอื่นๆของเม็ดสตาร์ช เรียกว่า ผลึก รอบๆผลึกส่วนใหญ่ประกอบด้วยอะไมโลเพกติน ส่วนนี้โครงสร้างไม่แน่นหนา น้ำซึมผ่านได้ง่าย ดังนั้นเม็ดสตาร์ชที่มีปริมาณอะไมโลสสูงทำให้น้ำซึมผ่านได้ช้า และเม็ดสตาร์ชที่มีปริมาณของอะไมโลเพกตินสูงจะดูดซึมน้ำได้เร็ว การดูดซึมน้ำของเม็ดสตาร์ชจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆที่อุณหภูมิสูงขึ้น และที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียล การดูดซึมน้ำจะเป็นไปอย่างรวดเร็วเรียกอุณหภูมินี้ว่า อุณหภูมิที่ทำให้เกิดเจล (gelatinization temperature) ที่อุณหภูมินี้เม็ดสตาร์ชจะดูดน้ำและพองตัว น้ำแป้งจะเพิ่มความหนืดอย่างรวดเร็ว ลักษณะนี้เรียกว่า แป้งเปียก เมื่อการพองตัวถึงที่สุด เม็ดแป้งจะแตกออก อะไมโลสและอะไมโลเพกตินจะหลุดออกมา เมื่อปล่อยให้แป้งเย็นตัว แป้งเปียกบางชนิดจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่บางชนิดจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นเรียกว่า เกิดเจล ปรากฏการณ์เช่นนี้จะเกิดกับแป้งที่มีอะไมโลสสูง ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของอะไมโลสจะจับกับโมเลกุลของอะไมโลเพกตินหรือจับตัวกันเองในลักษณะที่ไม่เป็นระเบียบคือ สานตัวเป็นร่างแห และอุ้มน้ำไว้ได้ดี เจลที่ได้มีลักษณะเหนียวหนืด ยืดตัวได้ยาก ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่พองตัวได้ยาก ทำให้ความหนาแน่นของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น จึงทำให้การยอมรับของผลิตภัณฑ์ลดลง (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543; พัชรินทร์และสุจิรา, 2542) ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดี ควรทำจากแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสประมาณร้อยละ 5–20 (พจนา, 2536) ซึ่งจะทำให้ได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการคือ มีการพองตัวที่ดี (ธงชัย, 2535) ถ้ามีปริมาณอะไมโลสมากกว่าร้อยละ 50 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะแน่นพองตัวได้ยากขึ้น (ศิรินทร์, 2536) จากการศึกษาการพัฒนาอาหารเช้าพร้อมบริโภคโดยใช้แป้งปลายข้าวเจ้า พบว่าเมื่อปริมาณอะไมโลสลดลง จะทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าพร้อมบริโภคจากแป้งปลายข้าวเจ้าสามารถดูดน้ำได้อย่างรวดเร็วขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความพองตัวได้ดีขึ้น (ศิราพรและคณะ, 2534)

2. น้ำตาล

น้ำตาลเป็นสารตัวหนึ่งในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต โดยทั่วไปหมายถึงน้ำตาลซูโครส น้ำตาลมีหลายชนิดได้แก่ น้ำตาลทรายบริสุทธิ์ น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลทรายดิบ น้ำตาลไอซิ่งและน้ำตาลแบะแซ (จิตธนาและคณะ, 2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หน้าที่ของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ

การเติมน้ำตาลลงไปในผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ เพื่อวัตถุประสงค์หลายประการดังนี้ (จิตธนาและคณะ, 2540)

1. ให้กลิ่นรสและความหวานแก่ผลิตภัณฑ์
2. ช่วยให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น
3. ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้นเก็บได้นาน
4. ให้เนื้อและน้ำหนักกับผลิตภัณฑ์
5. ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ
6. ช่วยทำให้ปริมาณน้ำอิสระลดลง

นอกจากนี้ ยังพบว่าการใช้น้ำตาลปริมาณสูงกว่าร้อยละ 11 ในอาหารที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก จะทำให้อัตราการพองตัวของผลิตภัณฑ์ลดลงและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แข็งขึ้น เนื่องจากน้ำตาลในแป้งจับกับน้ำ ทำให้ปริมาณน้ำที่จะเข้าไปจับในโมเลกุลของเม็ดแป้งระหว่างการเจลาติไนซ์ลดน้อยลง เมื่อแป้งดูดน้ำได้น้อย การพองตัวของผลิตภัณฑ์จะลดน้อยลงไปด้วย (ศิราพรและคณะ, 2534)

3. มอล์ตสกัด

มอล์ตสกัด (malt extracts) มีทั้งที่เป็นแบบผงและของเหลว มอล์ตสกัดที่เป็นผงจะดูดความชื้นได้ง่ายมากและทำให้เป็นของเหลวหนืด ส่วนใหญ่ทำจากข้าวบาร์เล่ย์ มอล์ตข้าวไรย์หรือมอล์ตข้าวโอ๊ต มอล์ตสกัดประกอบด้วยน้ำตาลมอลโตส (moltose หรือ malt sugar) ร้อยละ 36–51 กลูโคสร้อยละ 11–16 น้ำร้อยละ 20 และอื่นๆอีกเล็กน้อย มอล์ตสกัดเป็นสีน้ำตาลทองและมีกลิ่นแรงคล้ายกลิ่นน้ำตาลไหม้ (สุวรรณา, 2543) มอล์ตสกัดนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเด็กอ่อน ผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่ม เภสัชกรรม บิสกิต เครื่องดื่ม ลูกกวาด ขนมอบ เบียร์และอาหารเช้าจากธัญชาติ (บริษัท The Malt India จำกัด, 1999)

มอล์ตสกัดจะมีหน้าที่ในการให้สีเหลืองน้ำตาลและให้กลิ่นมอล์ตหรือกลิ่นคล้ายน้ำตาลไหม้แก่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. เกลือ

เกลือมีบทบาทที่สำคัญต่อการปรุงรสอาหารและมีบทบาทในอุตสาหกรรมอาหาร เพราะวิธีการใช้ไม่ยุ่งยากและราคาถูก เกลือในภาษาวิทยาศาสตร์จะหมายถึงเกลือที่ใช้ในการปรุงอาหาร (cooking salt หรือ table salt) มีสูตรทางเคมีว่า Sodium chloride (NaCl) เกลือที่บริสุทธิ์นั้นมีลักษณะสีขาวเป็นผลึกรูปร่างไม่คงที่ แต่จัดลักษณะของผลึกเป็นแบบลูกบาศก์ เกลือมีคุณสมบัติในการดูดความชื้น และจะมีคุณสมบัตินี้มากขึ้นถ้าเกลือนั้นไม่บริสุทธิ์มากขึ้น (กล้าณรงค์, 2521)

การใช้เกลือในอุตสาหกรรมอาหาร

ในระดับอุตสาหกรรมอาหารได้ใช้เกลือเพื่อเป็นสารเพิ่มรส เกลือจะทำให้อาหารมีรสเค็ม และในแง่ของประสาทสัมผัสรสเค็มนี้จะไปลดความเปรี้ยวของอาหารให้ลดน้อยลง พร้อมทั้งเพิ่มความหวานให้มากขึ้น (ศิรินทร์, 2536) และพบว่าน้ำตาลจะมีผลไปลดรสเค็มให้น้อยลง การเติมเกลือร้อยละ 1 ลงไปในสารละลายน้ำตาลร้อยละ 3–10 จะทำให้ความหวานลดลง แต่ถ้าเติมเกลือเพียงร้อยละ 0.5 ลงไปในสารละลายน้ำตาลร้อยละ 5–7 จะทำให้ความหวานจะเพิ่มขึ้น และพบว่าเกลือมีความสามารถในการป้องกันการบูดเสียของอาหารได้ เพราะเกลือช่วยลดความชื้นหรือลดปริมาณน้ำอิสระของอาหารลง โดยสารละลายเกลือจะไปดึงตัวเกาะกับน้ำเกิดเป็น ion hydration ขึ้น คุณสมบัติหรือความเป็นอิสระของน้ำจึงเปลี่ยนไป (กล้าณรงค์, 2521)

หน้าที่ของเกลือในผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ

การเติมเกลือลงไปในผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ เพื่อวัตถุประสงค์หลายประการดังนี้ (จิตธนาและคณะ, 2540)

1. ช่วยเพิ่มรสชาติให้แก่ผลิตภัณฑ์โดยให้รสเค็มแก่ผลิตภัณฑ์
2. ช่วยให้โดมีกำลังในการยืดตัว
3. ช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยเกลือจะไปช่วยลดปริมาณน้ำอิสระลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. เลซิทิน

เลซิทินเป็นคำมาจากภาษากรีกว่า lekithos หมายถึงไข่แดง (บริษัท Central Soya จำกัด, 2001) สามารถสกัดได้จากพืชบางชนิด เช่น ถั่วเหลือง ข้าวโพด เรพซิด เมล็ดทานตะวันหรือสกัดจากไข่แดงและสมองสัตว์ เลซิทินที่ผลิตกันในระดับอุตสาหกรรมมักเป็นผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันถั่วเหลืองเท่านั้น เลซิทินมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิฟายเออร์ที่ดีมาก โมเลกุลของเลซิทินจะทำหน้าที่เป็นตัวกั้นอยู่ระหว่างผิวของหยดน้ำมันและน้ำ ไม่ให้หยดน้ำมันมารวมตัวกัน ทำให้อิมัลชันมีความคงตัวที่ดี (สุวรรณา, 2543) เลซิทินมีส่วนประกอบโดยประมาณดังนี้ (นิธิยา, 2544)

น้ำมันถั่วเหลือง	ร้อยละ	35
ไฟโตกลัยโคลิพิด	ร้อยละ	17
ฟอสฟาติดิลโคลีน	ร้อยละ	16
ฟอสฟาติดิลเอทานอลามีน	ร้อยละ	14
ฟอสฟาติดิลอิโนสิทอล	ร้อยละ	10
คาร์โบไฮเดรตและสารอื่นๆ	ร้อยละ	7
ความชื้น	ร้อยละ	1

หน้าที่ของเลซิทินในผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ

การเติมเลซิทินลงไปในผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ เพื่อวัตถุประสงค์หลายประการดังนี้

1. เลซิทินเป็นสารหล่อลื่นในโดที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบน้อยหรือไม่มีเลย ทำให้สามารถรีดโดเป็นแผ่นบางได้โดยไม่ขาด โดไม่ติดอยู่ที่เครื่องทำให้ทำความสะอาดง่ายและได้ผลผลิตสูง (บริษัท Central Soya จำกัด, 2001)
2. เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแก่ผลิตภัณฑ์ (นิธิยา, 2544)
3. ช่วยปรับปรุงลักษณะของอาหาร (นิธิยา, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. นมผงพร่องมันเนย

นมผงคือ น้ำนมสดที่ระเหยเอาน้ำออกตามกรรมวิธีต่างๆ โดยใช้วิธีการผลิตใหญ่ๆ 2 วิธี คือ ผลิตโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (roller dryer) และผลิตโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย (spray dryer) (จรูญ, 2541) นมผงสามารถดูดความชื้นได้ดีมาก จึงต้องเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทกันมิให้อากาศผ่านเข้าออกได้ อย่าให้โดนแสง เพราะถ้าหากชื้นนมผงจะละลายได้ช้าลง และเกาะติดกันเป็นก้อน อาจเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ด้วย ส่วนแสงจะทำให้นมผงมีรสชาติเหมือนแป้ง และมีกลิ่นหืน นมผงสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ นมผงธรรมดา (whole milk powder) และนมผงพร่องมันเนย (skimm milk powder) ซึ่งองค์ประกอบสำคัญในนมผงแสดงดังตาราง 2.8 นมผงพร่องมันเนยเป็นสารประกอบระหว่างไขมัน โปรตีน น้ำตาลและแร่ธาตุปนอยู่โดยไม่แยกจากกัน แต่มีปริมาณของไขมันประมาณร้อยละ 0.05 มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีกลิ่นรสเฉพาะตัว (สุวรรณา, 2543)

ตาราง 2.8 องค์ประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์นมผง

ผลิตภัณฑ์	ความชื้นไม่เกิน (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	ของแข็งไม่รวมไขมัน** (ร้อยละ)
นมผงธรรมดา (1)*	4	25	71
(2)*	6	25	69
นมผงพร่องมันเนย (1)	6	0.05	94
(2)	6	0.05	94

หมายเหตุ *(1) ใช้เครื่องทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย

(2) ใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

** เป็นน้ำตาลแล็คโตสร้อยละ 38 และ 49 ตามลำดับ

ที่มา : สุวรรณา (2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หน้าที่ของนมผงพร่องมันเนยในผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ

การเติมนมผงพร่องมันเนยลงไปในผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ เพื่อวัตถุประสงค์หลายประการดังนี้ (จิตธนาและคณะ, 2540)

1. ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความน่ารับประทานและมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มมากขึ้น
2. ช่วยละลายส่วนผสมอื่นๆให้เข้ากัน และช่วยให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์
3. น้ำตาลในนมจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น
4. ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความหอมมากขึ้น

7. น้ำ

น้ำมีผลอย่างมากต่อกลิ่นรส ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากน้ำมีผลต่อการแตกตัวของเม็ดแป้ง ถ้าใช้น้ำมากเกินไป เม็ดแป้งจะแตกตัวมากจะให้เจลที่เหนียว แต่ถ้าใช้น้ำน้อยเกินไป แป้งจะพองตัวได้น้อยและไม่สุกจึงไม่เกิดเจลมากนัก จะได้ก้อนแป้งที่ร่วนและให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่กรอบ นอกจากนี้ยังพบว่า ถ้าใส่ส่วนผสมที่มีความชื้นสูงลงไปด้วย ปริมาณของน้ำที่ใช้จะลดลง แต่จะลดลงเท่าใดขึ้นอยู่กับชนิดของส่วนผสมนั้น (ศุภรัตน์, 2537) ปริมาณน้ำที่เป็นส่วนประกอบในอาหารนั้นมีความสำคัญต่อการดูดซับคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งจะก่อให้เกิดความร้อนขึ้นภายในชิ้นอาหาร แต่การดูดซับคลื่นไมโครเวฟได้แตกต่างกันไปขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของอาหารและลักษณะทางกายภาพของอาหาร (สายสนม, 2540)

หน้าที่ของน้ำในผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ

การเติมน้ำลงไปในผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ เพื่อวัตถุประสงค์หลายประการดังนี้

1. ช่วยละลายเกลือ น้ำตาลและส่วนผสมอื่นๆที่ละลายได้ให้กระจายอย่างทั่วถึง (จิตธนาและคณะ, 2540)
2. ช่วยควบคุมอุณหภูมิของโดและช่วยควบคุมความหนืดของโด (จิตธนาและคณะ, 2540)
3. ทำให้เม็ดแป้งเปียกและเกิดการพองตัว (จิตธนาและคณะ, 2540)
4. ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์เก็บได้นานขึ้น (จิตธนาและคณะ, 2540)
5. ทำให้ผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบมีเนื้อสัมผัสที่กรอบและพอง (จิตธนาและคณะ, 2540)
6. มีผลต่อพลังงานความร้อนที่เกิดในชิ้นแผ่นข้าวอบกรอบเมื่อใช้คลื่นไมโครเวฟ ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งและกรอบ (สายสนม, 2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

8. เนยชนิดเค็ม

เนยเป็นผลิตภัณฑ์ของไขมันนมซึ่งถูกแยกออกมาจากน้ำนมในรูปของครีม ครีมที่ได้จะมีไขมันนมประมาณร้อยละ 30–35 ครีมที่ใช้ทำเนยเป็นครีมชนิดสวีทครีม ส่วนเนยชนิดเค็มจะนำเนยมาเติมเกลือลงไปแล้วปั่นให้เข้ากัน ขณะที่ปั่นอาจมีการเติมน้ำได้เล็กน้อยเพื่อให้น้ำเพิ่มขึ้นตามที่มาตรฐานกำหนด การปั่นจะทำให้เกลือกระจายตัวไปทั่ว และละลายอยู่ในส่วนที่เป็นน้ำ ซึ่งจะแตกกระจายออกเป็นหยดน้ำเล็กๆที่มาสามารถกลับมารวมตัวกันได้ หากหยดน้ำสามารถกลับมารวมตัวกันได้จะทำให้เนยแตก (leaky butter) เกลือที่เติมลงไปจะช่วยทำให้เนยมีรสและกลิ่นที่ดี นอกจากนั้นเกลือยังช่วยทำหน้าที่เป็นสารกันเสียอีกด้วย เนยประกอบไปด้วยไขมันนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 มีเกลือประมาณร้อยละ 2–3 น้ำร้อยละ 15 และเลซิทินร้อยละ 0.2 และยังมีอากาศปนอยู่ประมาณร้อยละ 1–5 ซึ่งอากาศเข้าไปปนในขณะปั่น นอกจากนั้นยังมีโปรตีนเคซีน แร่ธาตุต่างๆ และของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำนมปนอยู่ด้วยบางครั้งอาจมีการเสริมวิตามินเอและวิตามินดีซึ่งเป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมันลงไปด้วย ส่วนประกอบต่างๆจะผันแปรตามบริษัทผู้ผลิตจำหน่าย ส่วนสีของเนยได้มาจากสีของครีมซึ่งมีสารที่เป็นสีธรรมชาติคือ แคโรทีนอยด์ แต่ในอุตสาหกรรมทำเนยจะเติมสีลงไปให้มีสีเข้มขึ้นอีก สีที่ใช้คือ แอนแนตโต (annatto) ได้มาจากเมล็ดของต้น roucou หรือใช้สารแคโรทีนเติมลงไป ทำให้เนยมีสีเข้มขึ้น (นิธิยา, 2544)

หน้าที่ของเนยชนิดเค็มในผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ

การเติมเนยชนิดเค็มลงไปในน้ำเคลือบคาราเมลเพื่อเคลือบผลิตภัณฑ์แผ่นข้าวอบกรอบ เพื่อวัตถุประสงค์หลายประการดังนี้ (สุวรรณา,2543)

1. ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหอมและรสที่ดี
2. ช่วยป้องกันไม่ให้เนื้อผลิตภัณฑ์ติดภาชนะ
3. สามารถเคลือบผลิตภัณฑ์ได้ติดแน่น
4. เป็นชั้นเคลือบระหว่างตัวผลิตภัณฑ์และน้ำนม ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในน้ำนมกรอบได้นานมากขึ้น
5. ทำให้ไม่ติดฟันขณะรับประทาน
6. เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหารเช้าจากธัญชาติโดยทั่วไปจะแปรรูปโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันหรือกระบวนการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง การนำคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาใช้ในการแปรรูปแผ่นข้าวอบกรอบยังไม่มีผู้ทำการศึกษา แต่รองรัตน์ (2543) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซีเรียลเฟลกโดยไมโครเวฟได้ใช้วัตถุดิบผสมระหว่างธัญชาติ 6 ชนิดได้แก่ แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งโฮลวีต แป้งข้าวกล้อง ข้าวโอ๊ตและจมูกข้าวสาลี ซึ่งสูตรที่พัฒนาได้จะมีสัดส่วนร้อยละ 48, 27, 8, 8, 4.5 และ 4.5 ตามลำดับ เติมเกลือและน้ำตาล รวมทั้ง yeast autolysate ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสประเภทเนื้อ เพื่อปรุงแต่งรสและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์ เนื่องจาก yeast autolysate อุดมไปด้วยโปรตีนและวิตามินบีคอมเพลก เมื่อผสมส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วจากนั้นจะรีดโดให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร นำไปนึ่ง 10 นาทีและตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 1.5 และยาว 2 เซนติเมตร นำไปแปรรูปผลิตภัณฑ์โดยใช้ระดับพลังงานความร้อนของไมโครเวฟระดับปานกลาง เป็นเวลา 2 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโปรตีนร้อยละ 6.20 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 28.97 และพบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลาง ดังนั้นคลื่นไมโครเวฟน่าจะมีศักยภาพในการแปรรูปแผ่นข้าวอบกรอบได้เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟก่อให้เกิดพลังงานความร้อนในผลิตภัณฑ์ได้ และได้มีผู้วิจัยมาแล้วว่าไมโครเวฟสามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์ซีเรียลเฟลกหรืออาหารเช้าจากธัญชาติได้

คลื่นไมโครเวฟ

คลื่นไมโครเวฟเป็นพลังงานรูปแบบใหม่ที่มนุษย์ได้นำมาใช้ประโยชน์เมื่อปี พ.ศ. 2584 เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายจนกลายเป็นของใช้ภายในครัวเรือนในรูปของเตาอบไมโครเวฟที่ใช้ในการหุงต้มอาหารได้โดยเน้นประโยชน์ของพลังงานนี้ในรูปของการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งหลายที่ดำรงชีวิตอยู่ในสังคมปัจจุบัน และยังนำพลังงานไมโครเวฟมาปรับใช้ในกระบวนการการแปรรูปอาหารอีกหลายรูปแบบได้อย่างเหมาะสม คลื่นไมโครเวฟคือ พลังงานที่เกิดจากการแผ่ของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงระหว่าง 75 เซนติเมตรถึง 3 มิลลิเมตร มีความถี่ของช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง 300 เมกะเฮิรต์ถึง 300 กิกะเฮิรต์ ความถี่ในช่วงนี้ใกล้เคียงกับคลื่นวิทยุและบางส่วนเข้าไปคาบเกี่ยวกับคลื่นความถี่ของเรดาร์หรือใช้ควบคุมการเดินเรือและการบินจึงมีการจัดตั้งสถาบันระหว่างชาติ (International telecommunication Union; ITU) เป็นผู้ดูแลควบคุมการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปแบบต่างๆให้เป็นไปอย่างมีระเบียบไม่รบกวนกัน ITU ได้กำหนดระดับของความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ประโยชน์ด้านงานอุตสาหกรรม งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์และการแพทย์เรียกว่า ISM

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

frequencies กำหนดระดับความถี่ไว้ที่ 915±25 เมกะเฮิรต์ 2,450±50 เมกะเฮิรต์ 5,000±75 เมกะเฮิรต์และ 22,125±125 เมกะเฮิรต์ (ล้านรอบ/วินาที) และกำหนดให้ใช้ความถี่ของไมโครเวฟสำหรับงานให้พลังงานความร้อนในระบบอุตสาหกรรมและการใช้ในบ้านเรือนไว้ที่ระดับ 915 และ 2,450 เมกะเฮิรต์ (สายสนม, 2540)

สมบัติไดอิเล็กทริกของอาหาร

สมบัติไดอิเล็กทริกของอาหารต่างๆขึ้นอยู่กับความถี่ อุณหภูมิและองค์ประกอบของอาหาร (Copson, 1975) สามารถแสดงค่าเป็นตัวเลขที่มีความเกี่ยวข้องที่สามารถใช้อธิบายสมบัติไดอิเล็กทริกของอาหารอยู่ 3 ค่าดังนี้

1. ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (Dielectric Constant, ε')

ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant, ε') คือ ค่าที่แสดงถึงความสามารถของสารประกอบที่กักเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ได้เมื่อนำสารประกอบนั้นไปวางไว้ในสนามไฟฟ้ากระแสสลับ สารใดที่มีค่านี้สูงจะสามารถกักเก็บพลังงานได้สูง ค่านี้จะเปลี่ยนไปได้ตามอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นของอาหารนั้นๆ จำนวนขั้วและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยสนามไฟฟ้าจะเป็นตัวกำหนดค่า ε' ของอาหารซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความจุไฟฟ้าของอาหารต่อความจุไฟฟ้าของอากาศ ซึ่งบางครั้งอาจเป็นสุญญากาศ นอกจากนี้ค่าความหนืดของอาหารและอุณหภูมิมีผลต่อค่านี้เช่นกัน เช่น เมื่อน้ำเปลี่ยนเป็นน้ำแข็ง ค่า ε' จะลดลงและลดลงอีกเมื่อน้ำแข็งถูกทำให้เย็นลงอีก คลื่นไมโครเวฟจึงสามารถเคลื่อนที่ผ่านน้ำแข็งได้ดีกว่าน้ำ อาหารแช่เยือกแข็งที่มีความชื้นสูงจึงดูดซับพลังงานได้มากกว่าตอนที่ละลายแล้ว ความถี่ของคลื่นที่ 915 และ 2,450 เมกะเฮิรต์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบต่างๆของโครงสร้างโมเลกุลที่เกิดจากการเรียงตัวใหม่ของขั้วไฟฟ้าจะให้พลังงานในรูปของความร้อนและมีผลต่อค่า ε' และค่า ε'' (วิไล, 2543) คุณสมบัติด้านไดอิเล็กทริกของอาหารบางชนิดแสดงดังตาราง 2.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.9 คุณสมบัติด้านไดอิเล็กทริกของอาหาร

อาหาร	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความถี่ (เมกะเฮิรต์)	ค่า ε'	ค่า ε''
เนื้อหมู	25	915	59	26
		2,450	58	16
มันฝรั่ง	25	915	65	19
		2,450	64	14
แครอท	25	915	73	20
		2,450	72	15

ที่มา : วิไล (2543)

2. *แฟกเตอร์การสูญเสียไดอิเล็กทริก (Dielectric Loss factor, ε'')*

แฟกเตอร์การสูญเสียไดอิเล็กทริก (Dielectric Loss factor, ε'') คือ ค่าของพลังงานที่สูญเสียไปหรือที่แพร่กระจายไปในสารไดอิเล็กทริกเมื่อนำไปวางไว้ในสนามไฟฟ้ากระแสสลับ พลังไฟฟ้าจะสูญเสียไปเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในอาหารนั้นๆ ถ้าค่านี้สูงแสดงว่าจะเกิดความร้อนขึ้นสูง แต่พลังงานจะถูกดูดซับไปอย่างรวดเร็วเมื่อคลื่นไมโครเวฟผ่านเข้าไปในชิ้นอาหารนั้นเพียงระยะสั้นๆแล้วความร้อนนั้นจะลดลงโดยกระบวนของการนำและการพาความร้อนเข้าสู่ภายในชิ้นอาหาร ดังนั้นถ้าอาหารที่มีความหนาและขนาดใหญ่มากๆ การดูดซับไมโครเวฟจะเกิดได้เฉพาะผิวหน้าและความร้อนจะเข้าสู่ชิ้นอาหารได้ทั่วถึงจะเป็นไปด้วยการนำและการพาซึ่งต้องใช้เวลานานกว่าอาหารที่มีขนาดเล็กและบาง (สายสนม, 2540) ไมโครเวฟเดินทางเป็นเส้นตรงเหมือนแสง ถูกสะท้อนกลับเมื่อกระทบกับโลหะ เคลื่อนที่ผ่านอากาศ สามารถทะลุผ่านภาชนะที่ทำด้วยแก้ว พลาสติก กระดาษ หรือไม้ได้หรือถูกดูดซับในส่วนประกอบของอาหารที่มีน้ำเป็นส่วนใหญ่ ถ้าคลื่นไมโครเวฟถูกสะท้อนกลับหมดหรือทะลุผ่านวัตถุได้โดยไม่มีการดูดซับ วัตถุหรืออาหารนั้นจะไม่ร้อน อาหารจะร้อนขึ้นเมื่อมีการดูดซับพลังงานไว้ ในการให้ความร้อนแก่อาหารจะทำให้คลื่นสูญเสียพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าไป เรียกว่า loss factor เป็นตัวชี้บอกการสูญเสียพลังงานไมโครเวฟในการเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในอากาศหรือบอกว่าคลื่นถูกดูดซับไว้ทั้งหมด ค่า ε'' ของอาหาร ความยาวคลื่นและความถี่ของคลื่นไมโครเวฟเป็นตัวกำหนดความลึกของการแทรกผ่านโดยคลื่นไมโครเวฟ ทั้งนี้เนื่องจากไมโครเวฟสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนขณะที่แทรกเข้าไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในอาหาร ยิ่งค่า ε'' ของอาหารสูง จะเกิดความร้อนมากขึ้นด้วย หมายความว่าคลื่นจะแทรกเข้าไปในอาหารได้สั้นลงก่อนที่พลังงานทั้งหมดจะถูกใช้ไป ถ้าต้องการให้คลื่นแทรกเข้าไปในอาหารได้ลึกๆก็ควรเลือกคลื่นความถี่ที่มีค่า ε'' ของอาหารต่ำและพบว่าไมโครเวฟที่ความถี่ 900 เมกะเฮิรต์จะเกิดการสูญเสียพลังงานมากกว่าที่คลื่นความถี่ 2,450 เมกะเฮิรต์ (วิไล, 2543) ค่า ε'' ของอาหารแสดงดังตาราง 2.10

3. *ค่าลอสแทนเจน (Loss tangent (tan δ) หรือ Dissipation Factor)*

ค่าลอสแทนเจน (Loss tangent (tan δ) หรือ Dissipation Factor) หมายถึง ลักษณะของการสูญเสียพลังงานของสารนั้น ซึ่งคิดออกมาในรูปของมุมที่ต่างไป 90 องศา ในสภาพปกติทั่วไปของกระแสไฟฟ้า (สายสนม, 2540) ค่านี้จะสัมพันธ์กับค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและแฟกเตอร์การสูญเสียไดอิเล็กทริกดังสมการ 2.1 (Copson, 1975)

$$\tan \delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} \qquad (2.1)$$

เมื่อ $\tan \delta$ = loss tangent

ε' = ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก

ε'' = แฟกเตอร์การสูญเสียไดอิเล็กทริก

ตาราง 2.10 ค่า ε'' ของอาหารที่ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ 2,450 เมกะเฮิรต์

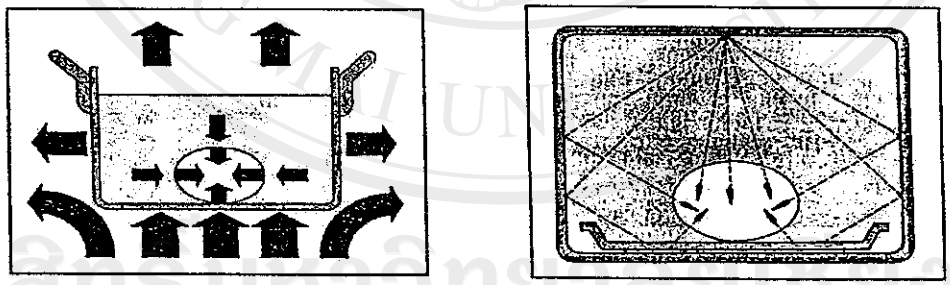
วัตถุดิบ	ค่า ε''
น้ำกลั่น (25 องศาเซลเซียส)	12
น้ำผสม NaCl 0.5 นอร์มัล (25 องศาเซลเซียส)	32
น้ำแข็ง (-12 องศาเซลเซียส)	0.003
เนื้อวัวสุก (30 องศาเซลเซียส)	12
แฮมร้อน (20 องศาเซลเซียส)	23
มันฝรั่งดิบ (25 องศาเซลเซียส)	16
มันฝรั่งบดสุก (30 องศาเซลเซียส)	24

ที่มา : Schiffman (1990)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การให้ความร้อนโดยคลื่นไมโครเวฟ

การประกอบอาหารหรือการแปรรูปอาหารโดยเตาอบไมโครเวฟแตกต่างจากการแปรรูปอาหารด้วยเตาอบธรรมดา (ภาพ 2.11) เครื่องเตาอบธรรมดาให้พลังงานความร้อนโดยเปลวไฟแบบเตาแก๊สหรือความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า ซึ่งทำให้อาหารสุกโดยการถ่ายเทความร้อน 3 วิธีคือ การนำ การพาและการแผ่รังสี แต่เตาอบไมโครเวฟทำให้อาหารสุกโดยคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูงถึง 915 หรือ 2,450 เมกะเฮิรต์ ทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารสั่นสะเทือนและชนโมเลกุลอื่นๆต่อไปจนเกิดเป็นพลังงานจลน์และพลังงานจลน์นี้เองกลายสภาพเป็นพลังงานความร้อน จึงทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็วกว่าการประกอบอาหารด้วยระบบอื่นโดยไม่สูญเสียพลังงานความร้อนไป โมเลกุลของน้ำประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนซึ่งมีประจุลบและอะตอมของไฮโดรเจนซึ่งมีประจุบวก เมื่อคลื่นไมโครเวฟซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงถึง 915 หรือ 2,450 เมกะเฮิรต์ พุ่งเข้าหาอาหารจากทุกทิศทุกทางโดยรอบของผนังเตาด้านในแล้วแผ่กระจายไปยังอาหาร จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของขั้วไฟฟ้าอย่างรวดเร็วในอาหาร ขั้วของน้ำจะเปลี่ยนทิศทางตามการเปลี่ยนแปลงทิศทางในสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดการเสียดสีกันในโมเลกุลภายในอาหาร ก่อให้เกิดความร้อนขึ้นและอาหารสุกอย่างรวดเร็วคล้ายกับการถูมือไปมาเร็วๆจะทำให้รู้สึกร้อนขึ้นมาทันที (วิไล, 2543)



(ก) (ข)

ภาพ 2.11 การให้ความร้อนแก่อาหาร

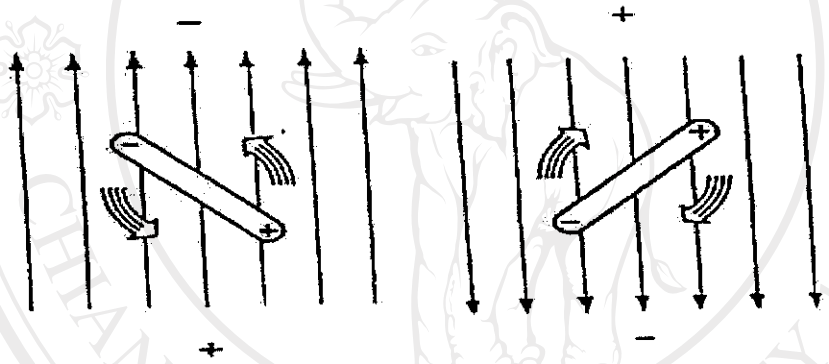
หมายเหตุ (ก) การให้ความร้อนด้วยเตาอบธรรมดา

(ข) การให้ความร้อนด้วยเตาอบไมโครเวฟ

ที่มา : วิไล (2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อคลื่นไมโครเวฟถูกดูดซับเข้าสู่ชิ้นอาหารจะเกิดความร้อนได้ 2 แบบร่วมกันได้แก่ แบบที่หนึ่งแบบ ionic polarization เป็นการเกิดความร้อนเนื่องจากผลของการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายเมื่อเข้าไปอยู่ในสนามไฟฟ้า แต่ละไอออนซึ่งมีประจุไฟฟ้าประจำตัวจะถูกกระตุ้นและเร่งให้มีการเคลื่อนที่จึงทำให้เกิดการเสียดสีกันขึ้นกับไอออนอื่นๆและมีการเปลี่ยนพลังงานจลน์มาเป็นพลังงานความร้อนแล้วจึงกระจายความร้อนไปสู่ส่วนอื่นๆต่อไป การเกิดความร้อนแบบนี้ เกิดได้ในของเหลวภายในเซลล์ ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลาย และแบบที่สองแบบ dipole rotation เป็นการเกิดความร้อนกับสารประกอบมีขั้วได้แก่ น้ำ ในสภาพปกติสารประกอบนั้นจะจัดเรียงตัวประจุบวกและลบอย่างไม่เป็นระเบียบ เมื่อเข้าไปอยู่ในสนามไฟฟ้า ประจุบวกและประจุลบของสารนั้นจะเคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทางเพื่อจัดเรียงตัวให้เป็นระเบียบ (สายสนม, 2540) ซึ่งการหมุนตัวของสารประกอบมีประจุเนื่องจากคลื่นไมโครเวฟแสดงดังภาพ 2.12



ภาพ 2.12 การหมุนตัวของสารประกอบมีประจุเนื่องจากคลื่นไมโครเวฟ
ที่มา : สายสนม (2540)

ปัจจัยที่มีผลต่อการแปรรูปอาหารโดยคลื่นไมโครเวฟ

ปัจจัยที่มีผลต่อการแปรรูปอาหารโดยคลื่นไมโครเวฟมี 11 ปัจจัยดังนี้

1. ค่าความถี่

ความถี่ที่ใช้ในระบบไมโครเวฟมีอยู่ 2 ความถี่ได้แก่ 915 หรือ 2,450 เมกะเฮิรต์ ความถี่ที่ใช้จะมีผลต่อระดับความลึกในการเจาะเข้าไปในเนื้ออาหารของระบบไมโครเวฟ เพื่อให้เกิดความร้อนอย่างทั่วถึง โดยปกติค่าความถี่ต่ำ (915 เมกะเฮิรต์) จะสามารถให้ความร้อนได้ลึกกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ค่าความถี่ยังมีผลต่อสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนพลังงานของอาหารแต่ละชนิดด้วย ซึ่งจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของอาหาร (วัชรินทร์, 2531)

2. *ค่าความเข้มของสนามไฟฟ้า (กำลังไฟฟ้าของระบบไมโครเวฟ)*

กำลังไฟฟ้าที่ใช้จะอยู่ในช่วง 5–100 กิโลวัตต์ ค่ากำลังไฟฟ้าที่สูงขึ้นจะช่วยเร่งการให้ความร้อนกับอาหาร ดังนั้นจึงนิยมปรับกำลังไฟฟ้าของระบบเพื่อควบคุมความเร็วในการทำให้อาหารร้อน อย่างไรก็ตามการเร่งความเร็วมากเกินไปอาจมีผลเสีย เช่น น้ำในอาหารไม่สามารถระบายออกได้ทัน ทำให้เกิดการเดือดขึ้นในเนื้ออาหาร และเมื่อมีปริมาณมากจนระเบิดออกมา ทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ (วัชรินทร์, 2531)

3. *ค่าความชื้นในอาหาร*

น้ำเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดการดูดซึมพลังงานทำให้สามารถให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ อาหารที่มีปริมาณความชื้นสูงจะดูดซึมพลังงานไมโครเวฟได้ดีกว่าอาหารที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่า ดังนั้นอาหารที่มีปริมาณความชื้นสูง จะร้อนได้เร็วกว่าอาหารที่มีปริมาณความชื้นต่ำ (วัชรินทร์, 2531)

4. *ความหนาแน่นของอาหาร*

โดยปกติอากาศเป็นฉนวนความร้อนที่ดี ดังนั้นอาหารที่โปร่งหรือพองซึ่งมีอากาศแทรกอยู่มาก จะทำให้ร้อนช้า แต่สำหรับระบบไมโครเวฟอากาศไม่มีผลกระทบต่อการทำให้เนื้ออาหารร้อน ดังนั้นในการอบขนมปังด้วยไมโครเวฟจะใช้เวลาเพียง 1 ใน 3 ของเวลาในการอบด้วยเตาอบแบบลมร้อน (วัชรินทร์, 2531)

5. *อุณหภูมิของอาหาร*

อุณหภูมิมีผลต่อระบบไมโครเวฟคือ ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนพลังงานอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงแล้วแต่ชนิดของอาหาร เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในระหว่างการทำให้อาหารร้อน พบว่าน้ำแข็งในการแช่แข็ง มีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากความโปร่งใสของน้ำแข็งทำให้การดูดซึมความร้อนไม่ดีพอ เพื่อง่ายต่อการควบคุมจึงนิยมละลายน้ำแข็งให้อุณหภูมิที่ได้ต่ำกว่าจุดหลอมละลายเท่านั้น ส่วนอุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารควรทราบหรือถูกกำหนดไว้ เพื่อง่ายต่อการปรับกำลังไฟฟ้าให้เหมาะสมสำหรับการระบุอุณหภูมิสุดท้ายที่ต้องการเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ (วัชรินทร์, 2531) พบว่าถ้าอุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารสูงอาหารจะสุกได้เร็วกว่าปกติหรือเร็วกว่าอาหารที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นต่ำกว่า (Brown, 1994)

6. *รูปทรงของอาหาร*

ลักษณะรูปทรงของอาหารที่นำมาผ่านระบบไมโครเวฟมีความสำคัญคือ ถ้าขนาดของชิ้นอาหารนั้นใหญ่มากโดยเฉพาะความหนาจะทำให้คลื่นไมโครเวฟเข้าไม่ถึงจุดกึ่งกลาง ยังผลให้เกิดความร้อนไม่ทั่วทั้งชิ้นอาหาร ถ้าความหนาของชิ้นใกล้เคียงกับความสามารถของคลื่นไมโครเวฟที่จะทะลุผ่านได้ ทำให้อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางความหนาของชิ้นมีอุณหภูมิสูงที่สุด การเลือกขนาดความถี่ที่เหมาะสมจะช่วยได้ โดยถ้าเป็นอาหารที่มีลักษณะชิ้นหนาควรใช้ความถี่ 915 เมกะเฮิรต์ กำลังไฟฟ้าของระบบก็มีผลด้วย แต่ถ้าเป็นไปได้ควรเลือกขนาดของอาหารที่เหมาะสมกับความถี่ที่ใช้ อาหารที่มีรูปร่างขนาดกว้างยาวเท่ากันทั้งชิ้น จะถูกทำให้ร้อนได้สม่ำเสมอกว่า ควรหลีกเลี่ยงรูปร่างที่มีขอบแหลมหรือมีมุม ซึ่งจะไหม้ได้ อาหารทรงกลมจะดีกว่าสี่เหลี่ยม ในกรณีที่อาหารมีรูปร่างไม่เท่ากันทั้งชิ้น เช่น น่องไก่ อาจช่วยได้บ้างโดยการลดกำลังไฟฟ้าและยืดเวลาการอบออกไป (วัชรินทร์, 2531)

7. *ค่าการนำไฟฟ้า*

ในการเกิดความร้อนด้วยระบบไมโครเวฟ เชื่อว่าเกิดจาก dipolar rotation ของโมเลกุลในอาหาร ซึ่งสัมพันธ์กันกับค่าการนำไฟฟ้าของอาหารนั้นๆ ดังนั้นถ้าเราเพิ่มการนำไฟฟ้า เช่น เติมเกลือให้กับอาหาร อาจช่วยเร่งการให้ความร้อนแก่อาหารนั้นได้ แต่ก็อาจมีผลต่อความสามารถในการเจาะลึกเข้าในเนื้ออาหารของคลื่นไมโครเวฟและทำให้การให้ความร้อนไม่สม่ำเสมอได้ (วัชรินทร์, 2531)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

8. ค่าการนำความร้อน

ค่าการนำความร้อนจะมีผลกับอาหารชิ้นใหญ่ โดยที่คลื่นไมโครเวฟไม่สามารถเจาะลึกพอที่จะทำให้จุดกึ่งกลางของอาหารร้อนสม่ำเสมอได้หรือเมื่อต้องการใช้ระยะเวลาในการทำให้อาหารร้อนนาน ในกรณีที่ใช้เวลาน้อย ค่าการนำความร้อนจะไม่ค่อยมีผลนัก (วัชรินทร์, 2531)

9. ค่าความร้อนจำเพาะ

กรณีที่อาหารนั้นๆมีค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนพลังงานต่ำ ค่าความร้อนจำเพาะจะมีส่วนช่วยให้การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟเป็นไปด้วยดี การควบคุมค่าความร้อนจำเพาะเป็นเทคนิคหนึ่งในการให้ความร้อนกับอาหารที่มีหลายองค์ประกอบโดยจัดสัดส่วนขององค์ประกอบให้มีค่าความร้อนจำเพาะใกล้เคียงกัน (วัชรินทร์, 2531)

10. ปริมาณของอาหาร

ปริมาณของอาหารมีผลต่อเวลาในการแปรรูปอาหารโดยไมโครเวฟ ถ้าอาหารมีปริมาณมาก จะต้องใช้เวลาในการแปรรูปมาก เพราะอาหารจะร้อนช้ากว่าปริมาณอาหารน้อย ซึ่งต่างจากวิธีดั้งเดิมคือ การใช้เตาอบแบบลมร้อนในการแปรรูปอาหารจะไม่ขึ้นกับปริมาณของอาหาร (Brown, 1994)

11. องค์ประกอบของอาหาร

อาหารต่างๆมีส่วนประกอบที่แตกต่างกันมากรวมทั้งส่วนประกอบที่จำเป็นต้องใช้ในการปรุงแต่งรสอาหาร เช่น เกลือ น้ำตาล หรือแป้ง เป็นต้น ล้วนแต่มีผลที่แตกต่างกันออกไปเมื่อนำมาแปรรูปด้วยไมโครเวฟ ในกรณีอาหารที่มีปริมาณโปรตีนจากเนื้อสัตว์ที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอยู่เป็นปริมาณสูงจะมีความเหนียวมากเมื่อนำมาแปรรูปด้วยไมโครเวฟ เพราะเป็นการให้ความร้อนอย่างรวดเร็วเกินไปจนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันไม่มีโอกาสที่จะสลายตัวได้เลยจึงมักเหนียวกว่าวิธีการให้ความร้อนโดยวิธีปกติแบบดั้งเดิม อาหารประเภทไข่ที่กระเทาะเปลือกออกแล้วจะสามารถนำมาแปรรูปด้วยไมโครเวฟอย่างรวดเร็ว เช่น การทำไข่ตุ๋น หรือสังขยาจะใช้ไมโครเวฟได้ดี แต่ถ้าเป็นไข่ทั้งฟองไม่ควรใช้เพราะจะมีการระเบิดเกิดขึ้น น้ำตาลที่ใช้ในการปรุงแต่งรสอาหาร การเคี่ยว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำเชื่อมหรือการทำลูกกวาดลูกอมจะไม่มีปัญหาจะเกิดความร้อนได้รวดเร็วด้วยไมโครเวฟ แต่สำหรับเกลือแกงและเกลือรูปแบบอื่นๆ เช่น แคลเซียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมคาร์บอเนต ที่อยู่ในน้ำและในอาหารจะทำให้การดูดซับคลื่นไมโครเวฟได้ต่ำมีผลทำให้เกิดความร้อนได้ช้าลง (สายสนม, 2540)

เนื่องจากตัวแปรต่างๆเหล่านี้ มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนสำหรับอาหารต่างชนิดและบางตัวแปรมีรูปแบบความสัมพันธ์ต่อกันที่ไม่แน่นอน ดังนั้นการพัฒนาระบบไมโครเวฟในการแปรรูปอาหารชนิดต่างๆจึงต้องมีการค้นคว้าและวิจัยกันเป็นอย่างมาก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดี (วัชรินทร์, 2531)

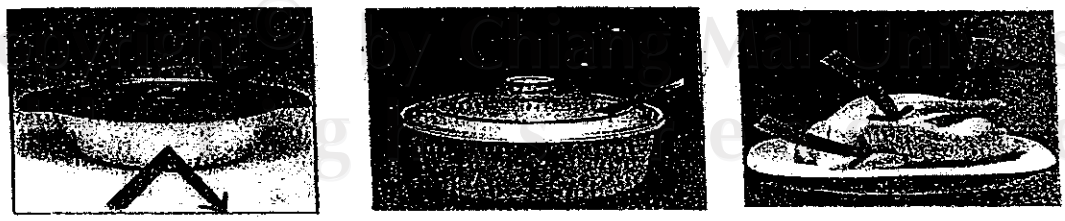
บรรจุภัณฑ์และภาชนะที่ใช้กับระบบไมโครเวฟ

คลื่นไมโครเวฟมีลักษณะเด่น 3 ประการแสดงดังภาพ 2.13 คือ (วิไล,2543)

1. *การสะท้อนกลับ (reflection)* คลื่นไมโครเวฟเมื่อไปกระทบกับภาชนะที่เป็นโลหะหรือที่มีส่วนของโลหะ คลื่นไมโครเวฟไม่สามารถทะลุผ่านบรรจุภัณฑ์หรือภาชนะดังกล่าวได้ จะสะท้อนกลับหมด ดังนั้นอาหารที่ใส่ภาชนะดังกล่าวก็จะไม่สุก

2. *การส่งผ่าน (transmission)* คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านภาชนะที่ทำด้วยแก้ว กระดาษ ไม้และพลาสติกได้ เพราะภาชนะดังกล่าวไม่มีส่วนผสมของโลหะจึงเป็นภาชนะที่ใช้ได้ดีในเตาไมโครเวฟ

3. *การดูดซึม (absorption)* ปกติอาหารโดยทั่วไปจะประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำในอาหารซึ่งจะดูดซึมคลื่นไมโครเวฟทำให้อาหารร้อนอย่างรวดเร็ว และเมื่อโมเลกุลของน้ำดูดซึมคลื่นไมโครเวฟแล้วจะสลายตัวในทันที ไม่สะสมในอาหาร



ภาพ 2.13 การสะท้อนกลับ การส่งผ่านและการดูดซึมของคลื่นไมโครเวฟ
ที่มา : วิไล (2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

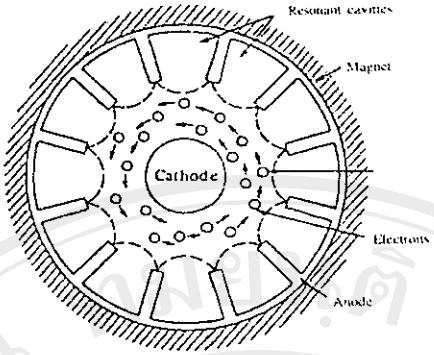
ภาชนะที่นิยมใช้กับไมโครเวฟควรทำจากวัสดุที่ดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟได้น้อยและสามารถส่งผ่านคลื่นที่มากระทบนั้นโดยไม่สะท้อนคลื่นนั้น ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของโลหะไม่สามารถนำมาใช้กับไมโครเวฟได้ เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟจะสะท้อนกลับหมดเมื่อกระทบกับภาชนะโลหะ ทำให้อาหารไม่ร้อนและอาจเกิดประกายไฟได้

จากการสำรวจปริมาณการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับไมโครเวฟ พบว่าพลาสติกได้รับความนิยมสูงสุดคือ มีการนำมาใช้ร้อยละ 50 รองลงมาคือ กระดาษแข็งและแก้ว ส่วนอาหารที่ได้รับความนิยมในการใช้กับไมโครเวฟมากที่สุดได้แก่ อาหารแช่เยือกแข็ง โดยใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกถึงร้อยละ 80 บรรจุภัณฑ์พลาสติกสำหรับไมโครเวฟที่นิยมใช้กับอาหารแช่เยือกแข็งมักทำในรูปแบบลักษณะเป็นจานแบนจากพลาสติก polypropylene, polyethylene terephthalate และ engineering plastic (มยุรี, 2536)

ส่วนประกอบของเตาอบไมโครเวฟ

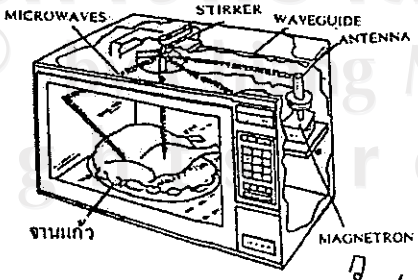
โครงสร้างภายในเตาอบไมโครเวฟประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วนคือ แมกนิตรอน (magnetron) สายอากาศ (antenna) ท่อนำคลื่น (wave guide) และตัวกระจายคลื่น (stirrer) (สันติ,2534) โดยที่แมกนิตรอนถือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากของเตาอบไมโครเวฟเพราะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งไปกระตุ้นให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้น แมกนิตรอนมีโครงสร้างที่ทำด้วยแม่เหล็กหุ้มห่อขั้วไฟฟ้าไว้ 2 อันประกอบด้วยแท่งแอโนดรูปทรงกระบอกทำด้วยทองแดงที่มีความสามารถเป็นตัวนำที่ดีซึ่งจะทำหน้าที่กำหนดวงจรของไมโครเวฟและแคโทดหรือ filament ซึ่งจะทำหน้าที่ปลดปล่อยอิเล็กตรอน (thermionic electron) โดยวางอยู่ตรงกลางล้อมด้วยแท่งแอโนด (สายสนม, 2540) แสดงดังภาพ 2.14 และโครงสร้างภายในเตาอบไมโครเวฟแสดงดังภาพ 2.15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.14 ภาพตัดขวางแสดงส่วนประกอบของแมกนิตรอน
ที่มา : สายสนม (2540)

ระหว่างแท่งแอโนดและแคโทดจะมีช่องว่างอยู่เรียกว่า resonant cavity ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดการประสานสัมพันธ์กันเกิดเป็นกลุ่มก้อนของอิเล็กตรอนที่หมุนตัวได้โดยเกิดขึ้นเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าไปยังแท่งแคโทดทำให้แคโทดร้อนขึ้นและปลดปล่อยอิเล็กตรอนที่มีประจุลบออกมาวนเวียนอยู่รอบๆแท่งแอโนดในสภาวะที่ยังไม่มีสนามแม่เหล็ก แต่ในสภาวะที่มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นในแนวขนานกับแกนของท่ออิเล็กตรอนจะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่แบบหมุนเป็นวงมากกว่าจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและจะหมุนตัวกระโดดจากแคโทดไปยังแอโนดภายใต้ความดันไฟฟ้า 4,000–6,000 โวลต์ เป็นผลให้เกิดคลื่นไมโครเวฟขึ้น (สายสนม, 2540) คลื่นไมโครเวฟที่เกิดขึ้นนี้จะถูกส่งออกจากสายอากาศไปยังท่อนำคลื่นและท่อนำคลื่นจะเป็นตัวพาคลื่นไมโครเวฟไปยังตัวกระจายคลื่นที่มีหน้าที่ส่งกระจายคลื่นไมโครเวฟไปทั่วห้องอบของเตาอบไมโครเวฟ และเนื่องจากผนังเตาของเตาอบไมโครเวฟทำจากโลหะจึงเกิดการสะท้อนกลับไปมาในทิศทางต่างๆกันตามที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้การกระจายของคลื่นไมโครเวฟเป็นไปอย่างทั่วถึงทุกพื้นที่ในห้องอบของเตาอบไมโครเวฟ และในที่สุดคลื่นไมโครเวฟจะถูกดูดกลืนโดยโมเลกุลของน้ำในอาหาร และเกิดการเสียดสีกันของโมเลกุลของน้ำในอาหารทำให้อาหารร้อนขึ้น (สันติ, 2534)



ภาพ 2.15 โครงสร้างภายในเตาอบไมโครเวฟ
ที่มา : สันติ (2534)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ว
664.6
ว3230
ค.4
เลขหมู่.....
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปัจจัยสำคัญของไมโครเวฟคือ กำลังงานที่ออกจากแมกนิตรอนจะต้องสอดคล้องกับขนาดของห้องอบของเตาอบไมโครเวฟ เครื่องที่ทำงานอย่างต่อเนื่องในระบบอุตสาหกรรมมีกำลังงานอยู่ในช่วงตั้งแต่ 30 ถึง 120 กิโลวัตต์ ขนาดของแมกนิตรอนที่ใช้ในเตาอบไมโครเวฟในครัวเรือนจะมีขนาดประมาณ 4,000 โวลต์ ส่วนเครื่องที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรมต้องมีขนาดถึง 7,000 โวลต์ (วิไล, 2543)

จากการศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนที่มีต่อปริมาณสีในถั่วเขียวสายพันธุ์ *Phaseolus vulgaris* L. โดยให้ความร้อนแก่ถั่วเขียวเปรียบเทียบกันทั้งหมด 4 วิธีได้แก่ วิธีที่หนึ่งคือ การต้มเดือดในหม้อโดยใช้น้ำ 250 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที วิธีที่สองคือ การนึ่งโดยใช้ไอน้ำเป็นเวลา 40 นาที วิธีที่สามคือ การใช้ความดัน โดยใช้น้ำ 150 มิลลิลิตร เป็นเวลา 5 นาที และวิธีที่สี่คือ การใช้ไมโครเวฟ โดยใช้น้ำ 100 มิลลิลิตร วัดปริมาณสี Chlorophyll a, Chlorophyll b, Lutein, Phaeophytin b, Phaeophytin a และ β-carotene โดยใช้ HPLC–UV ในการวิเคราะห์ จากผลการทดลองทั้ง 4 วิธีทำให้ปริมาณ Chlorophyll a, Chlorophyll b, Phaeophytin b และ Phaeophytin a ลดลง ยกเว้นวิธีไมโครเวฟ เนื่องจากความร้อนมีผลทำลาย Chlorophyll โดยเฉพาะวิธีการใช้ไอน้ำ เพราะใช้เวลานานมากถึง 40 นาที สำหรับปริมาณสีแคโรทีนอยด์ได้แก่ Lutein และ β-carotene เพิ่มขึ้นในทุกวิธี เพราะความร้อนจะไปกระตุ้นปริมาณสีแคโรทีนอยด์ในผัก และพบว่า β-carotene จะเพิ่มขึ้นในวิธีไอน้ำมากกว่าวิธีอื่นๆ (Carlos *et al*., 1997)

Dahl และคณะ (1980) พบว่าไมโครเวฟมีผลต่อผลผลิต (yield) ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันของเนื้อวัว มันฝรั่ง ถั่วแช่แข็งและถั่วกระป๋อง เมื่อให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟนาน 20–110 วินาที โดยผลผลิต ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันในอาหารทั้ง 4 ชนิดจะมีปริมาณลดลง เมื่อเวลาในการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟนานขึ้น

เมื่อนำไมโครเวฟมาให้ความร้อนแก่เนื้อวัว มันฝรั่งและถั่วแช่แข็ง เพื่อดูผลของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ (aerobic bacteria) โดยใช้ตัวอย่าง 100 กรัมต่อครั้งการทดลองในทุกตัวอย่างอาหาร ผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟและนำมาบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในที่ไม่มีอากาศ พบว่าการใช้ไมโครเวฟมาให้ความร้อนแก่อาหารสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศได้ดี (Dahl and Metthews, 1980)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟมีผลต่อสารให้กลิ่นรสประเภทอัลดีไฮด์ โดยมีการทดลองความคงทนของสารที่ให้กลิ่นรสประเภทกรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอมต่ำๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบกลิ่นรสในเนย และเนยแข็งในตัวกลางระหว่างชั้นน้ำมันกับน้ำ ความคงทนของกรดไขมันเมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟจะน้อยกว่าการให้ความร้อนชนิดอื่นที่อุณหภูมิเดียวกัน เนื่องจากพลังงานของไมโครเวฟจะส่งผ่านโดยตรงไปยังส่วนของสารที่ละลายอยู่ในชั้นน้ำประมาณร้อยละ 10 จากนั้นความร้อนจะถูกส่งผ่าน โดยหลักการนำและพาความร้อนไปสู่ส่วนที่มีความร้อนต่ำกว่าคือ ชั้นของน้ำมัน ทั้งนี้เป็นผลจากคุณสมบัติในการลดแรงกระทำระหว่างประจุทั้งสองของตัวกลางที่เป็นน้ำและน้ำมันแตกต่างกัน (Eijk, 1991)

Osmabrugge (1989) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของสารที่ให้กลิ่นรสประเภทอัลดีไฮด์ (aldehydes) เช่น acetaldehyde และ cis-3–hexenal ในอาหารขบเคี้ยวและอาหารทอด พบว่าเมื่อใช้เตาอบไมโครเวฟในการให้ความร้อน สารให้กลิ่นรสผลไม้ซึ่งเป็นสารอัลดีไฮด์ที่มีคาร์บอนอะตอมน้อย (short chain) จะทนต่อความร้อนได้น้อยกว่าสารที่ให้กลิ่นรสในอาหารทอดหรือเนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นสารอัลดีไฮด์ที่มีคาร์บอนอะตอมมาก (long chain) ปริมาณของสารที่ให้กลิ่นรสในอาหารมีปริมาณต่ำมาก และระเหยเป็นไอซึ่งวัดได้เป็นค่าความดันไอ สารเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบในอาหารได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมันได้ ถ้าใช้อุณหภูมิสูงจะมีผลทำให้สารให้กลิ่นรสในอาหารระเหยไป ส่วนการยอมรับของผู้ทดสอบชิมขึ้นอยู่กับว่ากลิ่นรสที่คงรวมอยู่ในอาหาร จะระเหยออกมามากน้อยและรวดเร็วเพียงใดในขณะที่เคี้ยวอาหาร

คลื่นไมโครเวฟมีผลทำให้สารให้กลิ่นรสที่มีสภาพข้วหรือมีขั้วมากๆ อาจจะสลายตัวไปเมื่อได้รับคลื่นไมโครเวฟ แล้วเกิดเป็นสารใหม่ที่ทำให้กลิ่นรสของอาหารเปลี่ยนไป เช่น สารซิตรัส โดยเฉพาะที่อยู่ในรูปธรรมชาติเป็นสารที่พบมากในน้ำมันหอมระเหยของพวกตระกูลส้มและตะไคร้ ทดลองโดยนำไปเข้าไมโครเวฟโดยใช้ระดับพลังงานความร้อนของไมโครเวฟสูงสุด เป็นเวลา 7 นาที สารซิตรัสนี้จะสลายตัวไปเป็นสารตัวอื่น เช่น alpha cyclocitral, piperitone, carveol, alpha terpineol, limonene–1, 2–epoxide และ para–cymene เป็นต้น (สันติ, 2535)

Sorbier และ Audibert (1978) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของกระบวนการผลิตที่ให้ความร้อนแก่อาหารที่มีต่อกรดอะมิโน โดยได้นำเมล็ดข้าวสาลีมาผ่านกระบวนการแปรรูป โดยใช้เตาอบแบบลมร้อนและไมโครเวฟ พบว่ากระบวนการให้ความร้อนทั้ง 2 วิธีให้ผลการวิเคราะห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณ free amino nitrogen และไนโตรเจนที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกันหรือให้ผลไม่แตกต่างกันทั้ง 2 วิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการศึกษาผลของคลื่นไมโครเวฟที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและลักษณะโครงสร้างของแป้งมันฝรั่งและแป้งสาคู โดยใช้วิธีบาร์เบนเดอร์ทีโอโลจิคอล (barbender theological) ไลท์ไมโครสโคปี (light microscopy) สเกนนิงอิเล็กตรอนไมโครสโคปี (scanning electron microscopy) และเอ็กซเรย์ดิฟเฟกโตรมิตี (x-ray diffractrometry) พบว่าปริมาณความชื้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแบบแปรผันตาม แป้งมันฝรั่งเมื่อได้รับคลื่นไมโครเวฟจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกจากแบบ B (type B) เป็นแบบ A (type A) ส่วนแป้งสาคูมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (Lewandowicz *et al.*, 1997) และในปี 2000 Lewandowicz และคณะก็ได้ทำการศึกษาผลของคลื่นไมโครเวฟที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและลักษณะโครงสร้างของแป้งที่ผลิตได้จากธัญชาติ 3 ชนิดได้แก่ แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว ที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 30 โดยใช้เครื่องบาร์เบนเดอร์วิสโคอะไมโลสกราฟ (bardender viscoamylosegraph) ไลท์ไมโครสโคปี (light microscopy) เครื่องเอ็กซเรย์ดิฟเฟกโตรมิเตอร์ (x-ray diffractrometer) และเครื่องดิฟเฟอร์เรนเทียลสเกนนิงคัลเลอร์ริมิเตอร์ (differential scanning colorimeter; DSC) จากผลการทดลองพบว่าคลื่นไมโครเวฟทำให้แป้งข้าวสาลีและแป้งข้าวโพดมีอุณหภูมิในการเกิดเจลสูงขึ้นและมีผลทำให้การละลายและการเกิดผลึกลดลง ส่วนการเปลี่ยนแปลงในแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวไม่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก สรุปได้ว่าคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งนั้น ไม่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของผลึกในธัญชาติ แต่ขึ้นอยู่กับปริมาณอะไมโลสที่มีอยู่ในธัญชาตินั้นๆเป็นสำคัญ ซึ่งแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลสต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับแป้งอีก 2 ชนิด จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆน้อยที่สุด หรือกล่าวได้ว่าธัญชาติชนิดใดมีปริมาณอะไมโลสสูงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและลักษณะโครงสร้างของได้มากขึ้นเมื่อได้รับคลื่นไมโครเวฟ

ในการทดลองนำข้าวสายพันธุ์ออสเตรเลีย 3 ชนิดได้แก่ Calrose, Doongara และ Waxy มาผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆคือ กระบวนการเอ็กซ์ทรูชันด้วยเกลียวคู่ ใช้อัตราวัตถุดิบ 20 กรัมต่อน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส กระบวนการทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ใช้อัตราวัตถุดิบ 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 10 กิโลกรัม เป็นเวลา 20–30 นาที กระบวนการทำแห้งด้วยเตาอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลมร้อนที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า ซันป๊อป กระบวนการอบด้วยเตาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 250–300 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราวัตถุดิบข้าว 12.5 กรัมต่อน้ำ 120 มิลลิลิตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า เค้กข้าว และกระบวนการแปรรูปโดยใช้ไมโครเวฟจะใช้ข้าว 150 กรัมต่อน้ำ 300 กรัม ใช้ระดับพลังงานสูงสุดเป็นเวลา 5 นาที นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปทั้ง 5 กระบวนการมาวิเคราะห์หาปริมาณสตาร์ช ผลการทดลองพบว่า ปริมาณสตาร์chของข้าวที่ผ่านกระบวนการไมโครเวฟมีมากที่สุด เมื่อเทียบกับกระบวนการอื่นๆ รองลงมาได้แก่ ซันป๊อป กระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน กระบวนการทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่และเค้กข้าวมีปริมาณสตาร์chน้อยที่สุด แสดงว่าไมโครเวฟมีผลต่อการทำลายปริมาณสตาร์chน้อยที่สุด ซึ่งข้าวทั้ง 3 ชนิดให้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกัน (Marsono and Topping, 2002)

การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟต่อคุณสมบัติของอาหาร

การให้ความร้อนกับอาหารโดยไมโครเวฟได้มีการนำมาปรับใช้กับอาหารชนิดอื่นๆและใช้ในกระบวนการอื่นๆมากมาย ดังตาราง 2.11

ตาราง 2.11 การประยุกต์ใช้ระบบไมโครเวฟกับอาหาร

กรรมวิธี	ผลิตภัณฑ์
ละลายน้ำแข็ง	เนื้อสัตว์ ปลา หมู
ทำให้สุก	เบคอน พายเนื้อ ไส้กรอก มันฝรั่ง ปลาซาร์ดีน ไก่
อบแห้ง	พาสต้า หอมหัวใหญ่ ไข่แดง ขนมขบเคี้ยว สาหร่ายทะเล
อบแห้งภายใต้ระบบสุญญากาศ	น้ำส้มคั้น เมล็ดพันธุ์พืช
อบแห้งภายใต้สภาพเยือกแข็ง	เนื้อ ผัก ผลไม้
ฆ่าเชื้อบางส่วน	ขนมปัง โยเกิรต์
ฆ่าเชื้ออย่างสมบูรณ์	อาหารแบบ retort pouch
อบ	ขนมปัง โดนัท
คั่ว	ถั่ว กาแฟ โกโก้
ลวก	ข้าวโพด มันฝรั่ง ผลไม้
เคี่ยว	มันหมู ไขมัน

ที่มา : วัชรินทร์ (2531)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการแปรรูปอาหารในระดับอุตสาหกรรมได้มีการคิดค้นวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องแสดงดังตาราง 2.12 เนื่องจากไมโครเวฟมีจุดเด่นคือ มีอัตราการให้ความร้อนกับอาหารสูงในเวลาอันรวดเร็วกว่าการแปรรูปด้วยวิธีอื่น ทำให้สามารถรักษาคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา การยอมรับของผู้ทดสอบชิมต่อผลิตภัณฑ์และคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ รวมทั้งทำให้ลักษณะผิวหน้าของอาหารไม่เปลี่ยนแปลง แต่ในปัจจุบันกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารโดยไมโครเวฟยังไม่เป็นที่นิยมในระดับอุตสาหกรรมอาหารมากนัก การนำคลื่นไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารที่สำคัญคือ การละลายน้ำแข็ง การทำแห้งและการอบ ส่วนการนำไมโครเวฟมาใช้กับการลวกและการพาสเจอไรซ์ยังไม่ประสบความสำเร็จมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพการแทรกผ่านความร้อนของคลื่นไมโครเวฟยังไม่สูงพอในอาหารชิ้นใหญ่และมีการระเหยของน้ำบนผิวอาหารทำให้อุณหภูมิผิวอาหารต่ำลงจึงทำให้มีเชื้อจุลินทรีย์เหลือรอดได้ (วิไล, 2543)

การใช้ไมโครเวฟในการกำจัดน้ำและการอบ

การทำแห้ง (dehydration) ของอาหารมีทั้งหมด 4 ยุคสมัยด้วยกันคือ ยุคสมัยแรก (first generation) เป็นยุคแรกของการทำแห้งอาหาร เช่น การใช้ cabinet และ bed dryer ซึ่งจะทำให้ผิวหน้าของอาหารมีการระเหยด้วย ยุคที่สอง (second generation) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งในยุคนี้จะมีลักษณะเป็นผง หรือเป็นแผ่นบางโดยใช้เครื่อง spay dryer และ drum dryer ยุคที่สาม (third generation) เป็นยุคที่มีเทคโนโลยีที่สามารถรักษาคุณค่าทางด้านของกลิ่นรส และสารระเหยต่างๆได้ดีได้แก่ การใช้ freeze dryer และ osmotic dehydration และยุคที่สี่ (fourth generation) เป็นยุคที่มีความก้าวหน้าในด้านของเทคโนโลยีในการทำแห้งมากที่สุด ประกอบไปด้วย fluidization, microwave, radio frequency, refractance window และเทคโนโลยี hurdle ยุคที่สี่นี้จะมุ่งเน้นคุณภาพทางกายภาพและเคมีของอาหาร ถือเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจมาก เพราะประหยัดพลังงานและมีขอบเขตในการใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะไมโครเวฟสามารถนำมาแปรรูปอาหารได้อย่างหลากหลายได้แก่ การอบ ทำให้เข้มข้น ปรุงอาหาร ลวก พาสเจอร์ไรซ์ การให้ความร้อนแก่อาหารในระดับแรก การทำให้ผลิตภัณฑ์พองกรอบ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ การทำแห้ง การละลายน้ำแข็งและลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ (Humberto *et al.*, 2001)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.12 การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในระดับอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร

การประยุกต์ใช้	รายละเอียด
อบขนมปัง	มีการใช้น้อย ประหยัดพื้นที่เมื่อใช้กับขนมปังที่ผู้บริโภคจะต้องไปให้ความร้อนและทำให้เกิดผิวสีน้ำตาลเอง อาจใช้ได้ผลขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับการให้ความร้อนโดยใช้รังสีอินฟราเรด
ทำให้เนื้อไก่สุก	ประสบความสำเร็จในระยะต้นสามารถใช้ปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้
อบแห้งพาสต้า	ประสบความสำเร็จ เริ่มมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมโดยบริษัท microdry จำกัด ใช้มากที่สุดที่บริษัท Golden Grain จำกัด การใช้ไมโครเวฟทำให้ประหยัดเวลาอบลง
โดนัท	ประสบความสำเร็จในการทอดด้วยไมโครเวฟ แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้
อบแห้งมันฝรั่งทอดกรอบ	เป็นการใช้ไมโครเวฟในระดับอุตสาหกรรมเป็นครั้งแรกสำหรับการแปรรูป ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของมันฝรั่งที่ระดับปริมาณน้ำตาลต่างๆ เลิกใช้ไปเมื่อมีการกำหนดคุณลักษณะของวัตถุดิบอย่างเคร่งครัดกับเวลาในการขนส่งมันฝรั่งไปยังโรงงานลดลง
ลวก	มีการปรับปรุงคุณภาพ แต่ยังไม่คุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับวัตถุดิบ แต่จะได้ผลดีสำหรับอาหารที่มีราคาแพงและไวต่อความร้อน
อบแห้งแบบระเหิด	มีการใช้ในระดับทดลองเท่านั้น ยังไม่พบการใช้ในระดับอุตสาหกรรม
ละลายน้ำแข็งบางส่วน	ประสบความสำเร็จในการใช้ไมโครเวฟสำหรับการละลายน้ำแข็งในอาหาร แช่เยือกแข็งชิ้นใหญ่ๆจะใช้ให้ความร้อนแก่อาหารจนมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งเล็กน้อย เพื่อช่วยให้ตัดหรือสับหรือแปรรูปอาหารได้ง่ายขึ้น
อบแห้งภายใต้ระบบสุญญากาศ	เคยมีการใช้สำหรับการผลิตน้ำผลไม้เข้มข้น คงรักษากลิ่นไว้ได้ดีกว่ากระบวนการอบแห้งแบบดั้งเดิม แต่ต้นทุนสูง ยังไม่มีการใช้ในอุตสาหกรรม
การละลายน้ำแข็ง	เป็นอนาคตสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งจะทำให้สามารถแก้ปัญหาการได้รับความร้อนมากเกินไปบริเวณขอบหรือมุมอาหาร ปัจจุบันมีการใช้การละลายน้ำแข็งบางส่วนและละลายน้ำแข็งทั้งหมดที่อุณหภูมิห้อง

ที่มา : Decareau (1985); Ohlsson (1989)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการใช้เตาอบแบบลมร้อน ซึ่งเป็นวิธีดั้งเดิมที่ใช้ในการกำจัดน้ำและการอบอาหารมีข้อเสียที่สำคัญคือ อัตราการถ่ายเทความร้อนต่ำ เนื่องจากอาหารแห้งมีความสามารถในการนำความร้อนต่ำและทำให้เกิดความเสียหายต่อคุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากใช้เวลาในการทำแห้งนาน ผิวหน้าของอาหารจึงได้รับความร้อนมากเกินไป รงควัตถุและวิตามินเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยลมร้อน นอกจากนี้ยังทำให้ผิวอาหารแห้งและแข็งตัว (case hardening) พลังงานไมโครเวฟทำให้อาหารร้อนขึ้นทั้งชิ้นพร้อมทั้งระเหยความชื้น จึงนับเป็นการช่วยแก้ปัญหาเรื่องที่อาหารสามารถนำความร้อนต่ำได้ ทำให้สามารถป้องกันความเสียหายของผิวหน้าอาหารได้ ช่วยปรับปรุงการถ่ายเทความชื้นในช่วงท้ายของการทำให้แห้งและลดการเกิดเปลือกแข็ง มีการใช้ไมโครเวฟสำหรับทำให้อาหารที่แห้งแล้วเป็นบางส่วนในขั้นตอนสุดท้าย ทั้งนี้ไมโครเวฟจะเลือกให้ความร้อนเฉพาะส่วนที่ชื้นโดยที่ส่วนที่แห้งจะไม่ได้รับผลกระทบใดๆทั้งสิ้น ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องให้ความร้อนแก่อากาศในปริมาณมาก ทำให้สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยออกซิเจนในอากาศ แต่การใช้ไมโครเวฟยังจำกัดอยู่กับการทำแห้งอาหารที่มีความชื้นต่ำหรือแห้งเป็นบางส่วนเท่านั้นเนื่องจากมีต้นทุนสูง ขนาดการผลิตต่ำเมื่อเทียบกับการทำแห้งอื่นๆที่มีมาแต่เดิม (วิไล, 2543) การทำแห้งผลิตภัณฑ์โดยใช้ไมโครเวฟตัวอย่างเช่น การอบมันฝรั่งทอดกรอบ การอบมะกะโรนี การอบหอมแห้ง และการทำให้ไข่แดงที่ผ่านการทำให้สุกแล้วแห้งได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังมีการทำให้แห้งภายใต้สุญญากาศโดยใช้ไมโครเวฟอีกด้วย ใช้สำหรับอาหารที่เสื่อมเสียได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน รวมไปถึงการนำไมโครเวฟไปใช้ในระบบการทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็งด้วย (freeze drying) นับว่าเป็นการพัฒนาทั้งระบบเครื่องมือ และวิธีการแปรรูปไปอีกระดับหนึ่งในความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (สายสนม, 2540)

การใช้ไมโครเวฟในการทำให้พาสต้าแห้งจะใช้เวลาเพียง 90 นาที เทียบกับวิธีการใช้เตาอบแบบลมร้อนที่ใช้เวลานานถึง 8 ชั่วโมง ปริมาณของแบคทีเรียลดน้อยลงกว่า 15 เท่า ลดการใช้พลังงานลงได้ร้อยละ 20–25 และไม่เกิดการแข็งตัวของผิวนอก (Decareau, 1985) การใช้ไมโครเวฟในการทำแห้งที่ความดันต่ำจะทำได้เร็วขึ้น เพราะเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิมากกว่า ในการใช้ไมโครเวฟอบแห้งเมล็ดธัญพืชจะมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่า ประสิทธิภาพพลังงานสูงกว่าและเงียบกว่าวิธีการอบด้วยเตาอบแบบลมร้อน รวมทั้งไม่เกิดมลภาวะฝุ่นด้วย นอกจากนี้การใช้อุณหภูมิในการอบแห้งต่ำกว่าจะช่วยเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดได้ ในการอบแห้งแบบระเหิดแบบเดิม อัตราการถ่ายเทความร้อนไปยังผิวหน้าของการระเหิดจะต่ำและเป็นตัวจำกัดอัตราการทำแห้ง การอบแห้งแบบระเหิดโดยใช้ไมโครเวฟจะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ เพราะเป็นการให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความร้อนแนวระนาบของน้ำแข็งเท่านั้น แต่ต้องมีการควบคุมสภาวะการทำแห้งอย่างระมัดระวัง เพื่อป้องกันน้ำแข็งละลายเป็นบางตำแหน่ง น้ำที่เกิดจากการทำแห้งอาหารจะร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีค่า ε'' สูงกว่า และทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่นำไปสู่การละลายของน้ำแข็งทั่วทั้งชิ้นอาหาร และสิ้นสุดการระเหิด (วิไล, 2543) การอบแห้งขั้นสุดท้ายโดยไมโครเวฟเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพการอบสำหรับผลิตภัณฑ์ชิ้นบางๆ เช่น บิสกิตและขนมปังกรอบ เครื่องอบแห้งแบบดั้งเดิมจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงขึ้น แต่ค่าการนำความร้อนจะลดต่ำลงเมื่ออบต่อไป จึงต้องใช้เวลานานมากในการอบจุดร้อนช้าที่สุดของอาหารโดยไม่ให้สีผิวเปลี่ยนแปลงมาก มีการติดตั้งเครื่องทำความร้อนโดยพลังงานไมโครเวฟที่ทางออกของเครื่องอบแบบอุโมงค์เพื่อลดความชื้นและเพื่อทำให้เกิดการอบอย่างสมบูรณ์โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีผิวของอาหาร วิธีนี้จะช่วยลดระยะเวลาในการอบลงได้ถึงร้อยละ 30 และช่วยเพิ่มผลผลิตในการอบด้วย (Jones, 1987)

Feng และ Tang (1998) ได้เปรียบเทียบการทำแห้งแอปเปิ้ลขนาดลูกเต๋าระหว่างการใช้สเพาท์เบด (spouted bed) และการใช้สเพาท์เบดร่วมกับการใช้ไมโครเวฟ โดยทำการทดลองใช้สเพาท์เบดที่อุณหภูมิของอากาศเท่ากับ 70 องศาเซลเซียสและใช้ไมโครเวฟที่กำลังไฟของเครื่องเตาอบไมโครเวฟ 0–6.1 วัตต์/กรัม ทำแห้งแอปเปิ้ลลูกเต๋าจากมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 24 ให้เหลือปริมาณความชื้นสุดท้ายร้อยละ 5 พบว่าการใช้สเพาท์เบดในตอนแรกร่วมกับการใช้ไมโครเวฟในตอนท้ายของการทำแห้งแอปเปิ้ลขนาดลูกเต๋าจะทำให้สีของแอปเปิ้ลลูกเต๋าแห้งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าวิธีที่ใช้สเพาท์เบดอย่างเดียว และยังช่วยลดระยะเวลาในการทำแห้งได้เร็วกว่าการใช้สเพาท์เบดอย่างเดียวถึงร้อยละ 80 แสดงว่าการใช้ไมโครเวฟจะช่วยคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านสีและช่วยลดระยะเวลาในการทำแห้งผลิตภัณฑ์ลง

จากการศึกษากลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่นอบแห้งโดยเปรียบเทียบการทำแห้งระหว่างวิธีใช้เตาอบแบบลมร้อน วิธีผสมระหว่างการใช้เตาอบแบบลมร้อนและการใช้ไมโครเวฟแบบสุญญากาศ (vacuum microwave oven) โดยทดลองนำตัวอย่างกล้วยแผ่นที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 60, 70, 80 และ 90 มาผ่านกระบวนการทำแห้งทั้ง 2 วิธีจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 3 นำผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ไปวัดค่าสารระเหย (volatile compounds) และทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลปรากฏว่าการผลิตกล้วยแผ่นอบแห้งด้วยวิธีผสมระหว่างเตาอบแบบลมร้อนร่วมกับการใช้ไมโครเวฟแบบสุญญากาศในตอนท้ายของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการอบแห้ง โดยมีอัตราส่วนของการผลิตคือ ขั้นตอนแรกใช้เตาอบแบบลมร้อนร้อยละ 90 ของกระบวนการทำแห้งทั้งหมด และขั้นตอนสุดท้ายใช้เตาอบไมโครเวฟแบบสุญญากาศร้อยละ 10 ของกระบวนการทำแห้งทั้งหมด จะทำให้ได้สารระเหยและคะแนนทางประสาทสัมผัสมากกว่าการทำแห้งโดยใช้เตาอบแบบลมร้อน (Mui *et al.*, 2002)

ข้อดีของการให้ความร้อนด้วยระบบไมโครเวฟ

ข้อได้เปรียบที่สำคัญของระบบไมโครเวฟที่เหนือกว่าการให้ความร้อนในการแปรรูปอาหารแบบอื่นๆ ได้แก่

1. ความเร็ว

ในระบบไมโครเวฟจะสามารถให้ความร้อนแก่อาหารได้เร็วกว่าวิธีอื่นมาก โดยใช้เวลาเพียง 1 ใน 4 ของเวลาปกติหรือน้อยกว่า (วัชรินทร์, 2531) ตัวอย่างเช่น การละลายน้ำแข็งในก้อนเนื้อขนาดใหญ่จะใช้เวลาเพียง 10 นาที เปรียบเทียบกับการใช้การละลายที่อุณหภูมิห้องซึ่งจะใช้เวลาหลายวัน (วิไล, 2543) หรือมีการประยุกต์ใช้ไอน้ำคู่กับการใช้ไมโครเวฟ เพื่อลดเวลาในการลวก (Huxsoll *et al.*, 1970)

2. คุณภาพของอาหาร

โดยทั่วไปคุณภาพของอาหารที่ผ่านระบบไมโครเวฟจะดีกว่าการให้ความร้อนด้วยวิธีอื่น เช่น การใช้เตาอบแบบลมร้อน การใช้ลูกกลิ้ง เนื่องจากความเร็วในการทำให้เกิดความร้อนแก่อาหาร จะทำให้ไม่เกิดการแข็งตัวที่ผิวของอาหารและการสูญเสียวิตามินและเกลือแร่น้อยกว่าวิธีอื่น (วัชรินทร์, 2531)

3. การให้ความร้อนโดยตรงต่อเนื้ออาหาร

ความร้อนจากระบบไมโครเวฟจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเข้าไปในเนื้ออาหาร ทำให้ไม่มีความร้อนสูญเสียไปในบรรยากาศโดยรอบ ยังผลให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (วัชรินทร์, 2531)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การใช้แรงงาน

ระบบไมโครเวฟไม่ต้องใช้แรงงานในการผลิตอาหารมากนัก เพราะกระบวนการผลิตมักเป็นการทำงานแบบต่อเนื่องและควบคุมได้ง่าย ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานในอุตสาหกรรมต่ำ (วัชรินทร์, 2531)

5. การสูญเสียพลังงาน

คลื่นไมโครเวฟจะให้ความร้อนแก่อาหารโดยเฉพาะโมเลกุลของน้ำภายในอาหาร จึงทำให้อาหารร้อนอย่างรวดเร็ว และไม่ทำให้อาหารร้อนมากเกินไป จึงทำให้เกิดความเสียหายจากความร้อนน้อยที่สุด และพลังงานไมโครเวฟจะสิ้นสุดทันทีเมื่อปิดเครื่องไม่มีการสะสม ทำให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างคุ้มค่า (วิไล, 2543)

6. ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้ออาหารหลังบรรจุ

สามารถใช้ไมโครเวฟในการฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุอยู่ในภาชนะได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก ดังตัวอย่างเช่น ที่ประเทศเนเธอร์แลนด์ ใช้ไมโครเวฟในการฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุอยู่ในถาด PET ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที (ปุ่นและสมพร, 2541) ไมโครเวฟสามารถนำมาพาสเจอไรซ์อาหารหลังบรรจุและปิดผนึกในภาชนะได้ ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารให้ยาวนานขึ้นโดยไม่ต้องใช้สารเคมี (Decareau, 1988)

จากการศึกษาการมีชีวิตเหลือรอดของ aerobic flora, *Staphylococcus aureus* (สายพันธุ์ ATCC 6538) และ *Esherichai coli* (สายพันธุ์ 0157 : H7) ในเนื้อวัวในภาชนะบรรจุภัณฑ์หลังผ่านการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ โดยทดลองนำเนื้อวัวขนาด 150, 600 และ 1,200 กรัมมาห่อด้วย polyvinylidene chloride film พลังงานของไมโครเวฟที่ใช้ในการทดลองคือ 713±5 วัตต์ และ 356±3 วัตต์ ที่ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ 2,450 เมกะเฮิรต์ พบว่าเนื้อวัวที่ห่อด้วยฟิลม์มีอัตราการเหลือรอดของแบคทีเรียน้อยกว่าที่ไม่ได้ห่อด้วยฟิลม์และขนาดของเนื้อวัวมีความสัมพันธ์กับพลังงานของไมโครเวฟที่ใช้ในการให้ความร้อน โดย microwave dose (วัตต์x เวลาxกรัมของอาหาร) มีความสัมพันธ์กับการเหลือรอดของแบคทีเรีย สรุปได้ว่าเวลาและ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิที่ใช้ในไมโครเวฟ สามารถใช้ในการทำนายคุณภาพของอาหารในแง่ของความปลอดภัยในด้านจุลชีววิทยาของอาหารได้ (Lin and Sawyer, 1988)

ข้อเสียของการให้ความร้อนด้วยระบบไมโครเวฟ

ถึงแม้ว่าระบบไมโครเวฟจะมีข้อได้เปรียบมากกว่าการแปรรูปอาหารแบบอื่นๆ แต่ไมโครเวฟก็ยังไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากเหตุผลบางประการดังนี้

1. ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

ระบบไมโครเวฟจะต้องใช้เงินลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงมาก (วิไล, 2543) เพราะจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนเพื่อออกแบบและปรับแมกนิตรอนให้เหมาะสมกับอาหารแต่ละชนิด หรืออาหารชนิดเดียวกันแต่คนละรูปแบบ (Anon, 1987)

2. ความปลอดภัย

การไม่ยอมรับของคนงานในโรงงานเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากไม่มีความมั่นใจในเรื่องความปลอดภัยของไมโครเวฟ อีกสาเหตุคือ ชื่อคลื่นไมโครเวฟซึ่งพร้องกับการใช้รังสีนิวเคลียร์ทำให้เกิดความหวาดกลัวแก่คนงานและผู้บริโภค (วัชรินทร์, 2531)

3. ความปลอดภัยด้านจุลชีววิทยา

ในปัจจุบันกรมการเกษตรของประเทศสหรัฐอเมริกายังไม่ยอมรับการใช้ไมโครเวฟในการฆ่าเชื้ออาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารกระป๋องที่เป็นกรดต่ำและไม่มีออกซิเจน ซึ่งเป็นสภาวะที่เชื้อที่อาจก่อให้เกิดโรคในผู้บริโภคได้แก่ *C. botulinum* เจริญเติบโตได้ (วิไล, 2543) นอกจากนี้การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟยังไม่สม่ำเสมอทำให้มีเชื้อจุลินทรีย์เหลือรอดได้ในตำแหน่งที่ได้รับความร้อนน้อยกว่าปกติ (cold spot)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การพัฒนาผลิตภัณฑ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์คือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้นมาหรือเป็นการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เดิมให้ดีขึ้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์จะต้องมีการสร้างเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ขึ้นก่อน หลังจากนั้นจึงทำการวางแผนการทดลองและพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ รวมทั้งพัฒนากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดีและตรงตามความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด ซึ่งการสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์และการวางแผนการทดลองเพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์เป็นดังนี้

1. **การสร้างเค้าโครงด้วยวิธี** Ideal Ratio Profile technique

การสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Ideal Ratio Profile เป็นวิธีที่พิจารณาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้วยค่าสัดส่วน โดยให้ผู้ทดสอบชิมแสดงความมากน้อยของลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์ด้วยตนเอง และทำการทดสอบเค้าโครงสัดส่วน (Ratio Profile test) โดยการวัดความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดตำแหน่งของตัวอย่าง (sample) แล้วนำมาหารด้วยค่าความยาวจากปลายสุดของเส้นถึงจุดแสดงตำแหน่งที่เหมาะสมในอุดมคติของผู้ทดสอบชิม (ideal) นำค่าสัดส่วนที่ได้ของผู้ทดสอบชิมแต่ละคนในลักษณะเดียวกันมาหาค่าสัดส่วนเฉลี่ย (mean ideal ratio score) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาสร้างเค้าโครงผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่างๆให้เป็นที่ต้องการของผู้ทดสอบชิม ตลอดจนสามารถบอกถึงความต้องการของผู้ทดสอบชิมในเชิงปริมาณได้ (Lawless and Hildegarde, 1998)

2. **การวางแผนการทดลองเพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์**

วิธี Plackett and Burman design เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการกลั่นกรองปัจจัย เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Plackett and Burman, 1946) และนำปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์นี้ไปทำการหาระดับที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองแบบ 2^n factorial design รวมกับจุดกึ่งกลาง 3 จุด เมื่อ n เป็นจำนวนปัจจัยที่ต้องการศึกษา (Milton, 1992) ทำให้ได้สูตรผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม ให้คุณภาพที่ดีและตรงตามความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved