

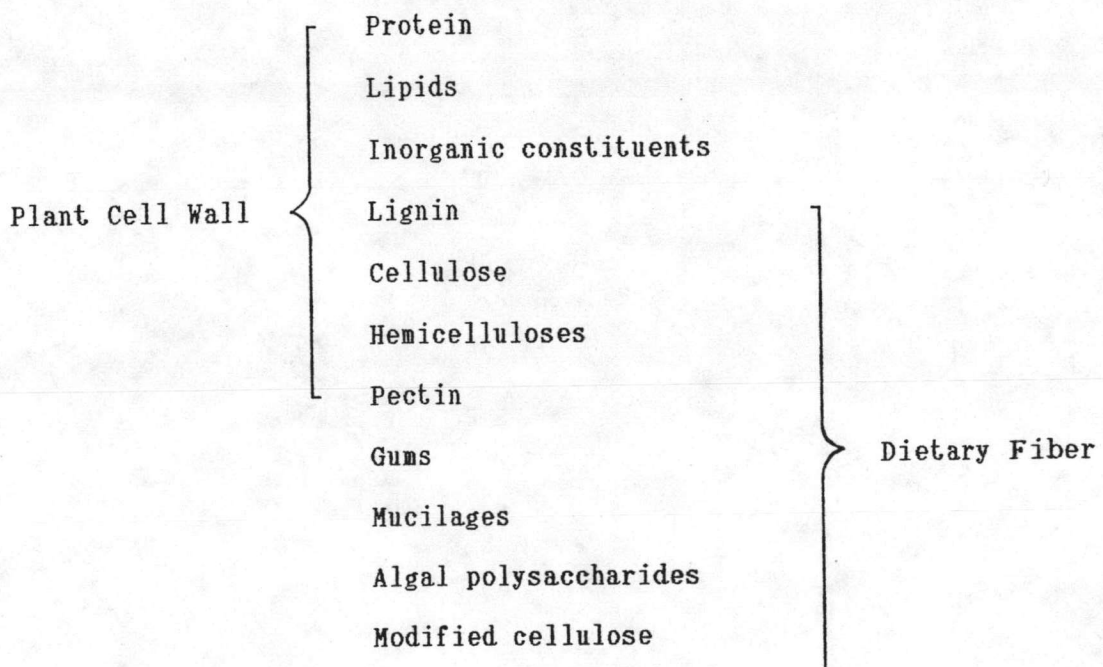
วารสารปริทัศน์

ความหมายของใยอาหาร

Dietary fiber (DF) หรือใยอาหาร หมายถึง กลุ่มของโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งได้แก่ cellulose, hemicelluloses, pectic substances, mucilages, gums, algal polysaccharides และ lignin ในอาหาร ที่ได้มาจากเซลล์พืชและสาหร่ายบางชนิด ใยอาหารไม่ถูกย่อยโดยน้ำย่อยจากระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่ถูกย่อยได้บางส่วนโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ (Trowell, 1976; Southgate, 1981; Reiser, 1984)

ใยอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่ได้มาจากพืช ฉะนั้นองค์ประกอบของใยอาหารที่พบในผนังเซลล์ของพืช จึงได้แก่ cellulose, hemicelluloses, pectin และ lignin ดังแสดงในตารางที่ 3 (Asp, 1987) และตารางที่ 4 (Reed, 1980)

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างผนังเซลล์ของพืชและใยอาหาร



ตารางที่ 4 องค์ประกอบของใยอาหารในผนังเซลล์พืช

<i>Fiber component</i>	<i>General character</i>	<i>Common food sources</i>	<i>Significant properties</i>
Cellulose	Carbohydrate of plant cell walls (polymer of beta-1,4-linked glucose)	Bran Whole-grain cereals Vegetables	Absorbs water
Lignin	Noncarbohydrate compound of plant cell walls (composed of phenyl propane units)	Whole-grain cereals Vegetables Fruits	Increases bile-acid excretion
Hemicelluloses	Carbohydrate of plant cell walls (polymer of galactose and other simple sugar units Includes gums and mucilages)	Whole-grain cereals Vegetables Fruits	Increases bile-acid excretion
Pectic substances	Carbohydrates with gel properties (polymers of galacturonic acid units)	Fruits, especially apples and white of citrus fruits	Absorbs water Increases bile-acid excretion

ปริมาณเส้นใยในอาหารที่ระบุไว้ในตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะจากประเทศทางเอเชียมักจะเป็นค่าของการวิเคราะห์ปริมาณกากใย (crude fiber) ซึ่งเป็นข้อมูลที่แทบจะไม่มี ความหมายทางโภชนาการ เพราะไม่ใช่ค่าของใยอาหาร (dietary fiber) ที่แท้จริง เนื่องจากองค์ประกอบของใยอาหารบางส่วน เช่น pectin และ hemicelluloses มีการสลายและสลายไประหว่างกระบวนการวิเคราะห์ ฉะนั้นค่าของการวิเคราะห์กากใยจึงเป็นส่วนของพืชที่เหลืออยู่ภายหลังจากการผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยใช้กรดเจือจางและค้างเจือจาง ค่าของ residue ที่ได้จึงต่ำกว่าค่าของใยอาหารที่แท้จริง (ประภาศรี ภูวิเสถียร และคณะ, 2533) ความแตกต่างระหว่าง crude fiber และ dietary fiber แสดงดังตารางที่ 5 (Asp, 1987)

ตารางที่ 5 ความแตกต่างระหว่างกากใย (crude fiber) และใยอาหารรวม (dietary fiber)

Total carbohydrate (by difference)	}	sugars	}	available carbohydrate
		dextrins		
		starches		
	}	pectin	}	unavailable carbohydrate
hemicelluloses				
	}	<u>crude</u>	}	or
		<u>fiber</u> *		
				<u>lignin</u>
				<u>dietary fiber</u>

* may also include small amounts of hemicelluloses

ใยอาหารที่พบในพืช แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ (Anderson, 1986)

1. Soluble dietary fiber (SDF) คือกลุ่มใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ pectin และ gums พบมากในผลไม้และพืชตระกูลถั่ว ใยอาหารกลุ่มนี้เมื่อละลายน้ำแล้ว จะเพิ่มความหนืดให้กับอาหาร เมื่ออยู่ในกระเพาะอาหารจะทำให้มีความรู้สึกอิ่มนาน (delay gastric emptying) และเมื่ออยู่ในลำไส้เล็ก ทำให้ร่างกายต้องใช้เวลาในการดูดซึมสารอาหารนานขึ้น

2. Insoluble dietary fiber (IDF) คือกลุ่มใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ ได้แก่ cellulose, lignin และ hemicelluloses พบมากในผักและเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรำ (bran) ใยอาหารกลุ่มนี้จะมีหน้าที่เป็นตัวเพิ่มมวลของอุจจาระ (increase faecal bulk) และลดระยะเวลาที่กากอาหารอยู่ในลำไส้ใหญ่ (decrease intestinal transit time)

ปริมาณของ SDF และ IDF ในอาหารแต่ละชนิดจะมีมากน้อยแตกต่างกันไป ซึ่งผลรวมของใยอาหารทั้ง 2 ชนิดนี้ เรียกว่า ใยอาหารรวม (total dietary fiber, TDF)

สมบัติทางกายภาพของใยอาหารที่มีต่อสรีรศาสตร์

สมบัติเฉพาะทางกายภาพ 4 ประการของใยอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อสรีรศาสตร์มีดังนี้

1. Bacterial Degradation of Polysaccharides

เอนไซม์ในลำไส้เล็กของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ไม่สามารถย่อยใยอาหารได้ แต่จุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในลำไส้ใหญ่ สามารถที่จะ ferment ได้ การถูกย่อยสลายจะนำไปได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับชนิดของใยอาหาร

ใยอาหารพวก pectin, mucilages และ gums ซึ่งเป็น soluble dietary fiber จะถูกแบคทีเรียย่อยสลายหมด ในขณะที่ insoluble dietary fiber เช่น cellulose จะถูกย่อยได้น้อยมากเพียงบางส่วนเท่านั้น กระบวนการย่อยสลาย (fermentation process) นี้ ทำให้มีการเพิ่มจำนวนเซลล์แบคทีเรีย ทั้งจำนวนเซลล์แบคทีเรียที่เพิ่มขึ้น และปริมาณกากอาหารที่ได้จากใยอาหารประเภท insoluble dietary fiber เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีการเพิ่มมวลของอุจจาระ (Scheeman, 1986)

2. Water Holding Capacity (WHC)

Soluble dietary fiber จำพวก pectin, mucilages และ gums มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ทำให้เกิด gel matrix และมีผลทำให้อาหารที่อยู่ในลำไส้เล็กมีความหนืดเพิ่มขึ้น ฉะนั้น การดูดซึมสารอาหารก็ช้าลง ส่วน insoluble dietary fiber จำพวก cellulose และ hemicelluloses บางชนิดก็มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีเช่นเดียวกัน จึงเป็นสาเหตุของการเพิ่มมวลของอุจจาระ ทำให้อุจจาระมีลักษณะอ่อนนุ่ม และง่ายต่อการขับถ่าย

เมื่อร่างกายได้รับใยอาหารเพิ่มมากขึ้น ระยะเวลาที่กากอาหารอยู่ในลำไส้ใหญ่จะสั้นลง ทั้งนี้เป็นเพราะลักษณะของกากอาหารที่อ่อนนุ่ม และมวลของอุจจาระที่เพิ่มขึ้นจะกระตุ้นให้ลำไส้มีการบีบตัวบ่อยขึ้น

จากสมบัติเฉพาะทางกายภาพดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ใยอาหารมีบทบาทสำคัญโดยตรงต่อการป้องกันโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหาร (Gastrointestinal diseases) เช่น โรคท้องผูก (Constipation) โรคริดสีดวงทวารหนัก (Hemorrhoids) โรคไส้ติ่งอักเสบ (Appendicitis) รวมถึงโรคเส้นเลือดดำขอด (Varicose veins) ที่มีสาเหตุมาจากแรงดันในช่องท้องสูงขณะเบ่งถ่าย (Wahlqvist, 1981)

3. Absorption of Organic Molecules

สมบัติทางกายภาพของใยอาหารในชั้นนี้ คือความสามารถในการดูดซับ organic molecules รวมถึงกรดน้ำดี (bile acids) โคลเลสเตอรอล (cholesterol) และสารพิษต่าง ๆ (toxic compounds)

ใยอาหารจำพวก pectin, lignin และ gums เป็นตัวดูดซับกรดน้ำดี (bile acid absorbent) ที่ดี จึงเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ อันเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1) ถ้ามีกรดน้ำดีอยู่ในลำไส้เป็นเวลานาน แบคทีเรียจะเปลี่ยนกรดน้ำดีเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogens) เช่น apcholic acid, 3-methyl-cholanthrene และ lithocholate และนั่นผู้ที่กินอาหารที่มีใยอาหารสูง อุจจาระจะเป็นก้อนโตอ่อนนุ่ม สามารถจับกรดน้ำดีได้มาก และอุจจาระถูกขับถ่ายออกภายใน 24 ชั่วโมง กรดน้ำดีที่ปนในอุจจาระไม่มีเวลาพอที่แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่จะเปลี่ยนเป็นสารก่อมะเร็ง นอกจากนี้ใยอาหารยังสามารถดูดซับสารพิษที่ปนอยู่ในอาหาร และขับถ่ายออกมาพร้อมอุจจาระ ทำให้โอกาสที่จะเป็นมะเร็งลำไส้ (Colorectal cancer) น้อยลง (คุซนิ สุกฤษปรียาศรี, 2533)

2) ในสภาพปกติ ร่างกายจะสร้างและเผาผลาญโคเลสเตอรอลให้อยู่ในสภาพเป็นกรดน้ำดีที่ตับ แล้วเคลื่อนย้ายออกมาสู่ลำไส้เล็ก กรดน้ำดีนี้จะเปลี่ยนเป็นเกลือน้ำดี (bile salts) เพื่อทำหน้าที่ช่วยย่อยและดูดซึมไขมัน หลังจากนั้นกรดน้ำดีจะถูกดูดซึมกลับเข้าสู่ร่างกายที่ตับจะเผาผลาญโคเลสเตอรอลและกรดน้ำดีได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับปริมาณกรดน้ำดีที่ถูกดูดซึมกลับที่ลำไส้ เมื่อใยอาหารจับกรดน้ำดีไว้ และขับถ่ายออกไปพร้อมอุจจาระจึงมีการเผาผลาญโคเลสเตอรอลมากขึ้นเพื่อรักษาระดับเกลือน้ำดีในลำไส้เล็กให้คงที่ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึง

มีผลในการลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือดได้ ฉะนั้นโอกาสที่เสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ
 อุดตัน (Coronary heart disease) และโรคภาวะไขมันในเลือดสูง (Hyperlipidaemia)
 ก็ลดน้อยลง (ศิริพร วิเศษสุรการ, 2533; Scheeman, 1986; Asp, 1987)

4. Cation Exchange Capacity

ในอาหารที่มีใยอาหารสูง จะมีการจับตัวกับแร่ธาตุ และ electrolytes
 บางชนิด ทำให้ขับถ่ายออกมาพร้อมกับอุจจาระ เป็นผลให้ร่างกายดูดซึมแร่ธาตุบางตัวลดลง

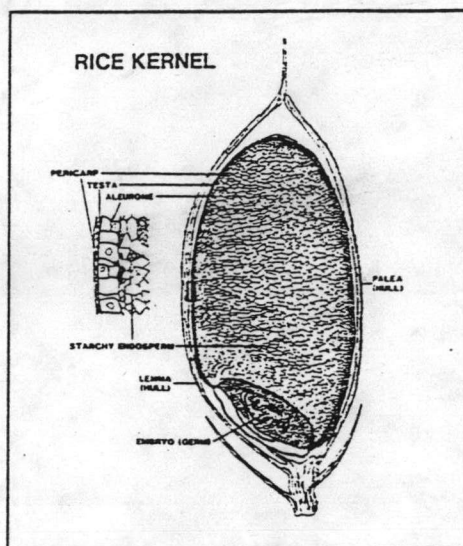
นอกจากนี้ ใยอาหารที่ได้จากเมล็ดธัญพืช (cereal fiber) ยังมีสาร phytate
 หรือ phytic acid ซึ่งมีความสามารถในการจับแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น Ca, Fe, Mg, Zn และ P
 ถ้าร่างกายได้รับใยอาหารจากเมล็ดธัญพืชมากเกินไป ก็เป็นผลทำให้ร่างกายขาดแร่ธาตุบางตัวได้
 (Smouse, 1988)

ปริมาณใยอาหารที่ร่างกายควรได้รับ (Karmally, 1988; Carroll, 1990)

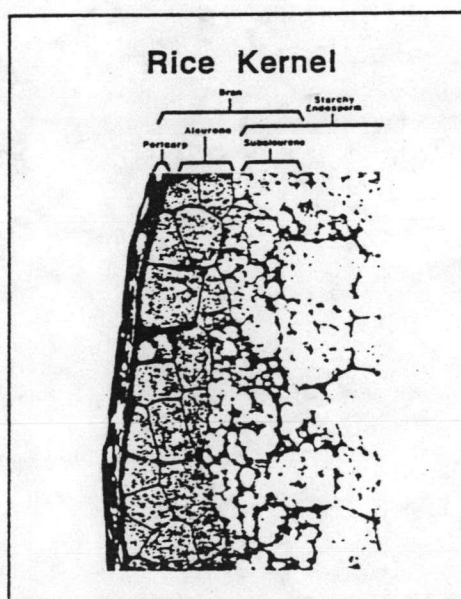
สถาบันมะเร็งแห่งชาติ (The National Cancer Institute) สมาคมโรคหัวใจ
 (The American Heart Association) และสมาคมโรคเบาหวาน (The American
 Diabetes Association) แห่งสหรัฐอเมริกา แนะนำว่า ปริมาณใยอาหารที่ร่างกายควรได้รับ
 คือ 25-35 กรัม/คน/วัน

ความหมายของรำข้าว

รำข้าว (rice bran) หมายถึง ส่วนของเนื้อเยื่อ pericarp, aleurone layer และบางส่วนของ endosperm ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการขัดสีข้าวกล้อง (brown rice) หลังจากที่ได้แยกเอาแกลบออกไปแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 (Barber และ Benedito, 1980)



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว



รูปที่ 2 ส่วนประกอบและตำแหน่งของรำ (bran) ในเมล็ดข้าว

รำข้าวสกัดน้ำมัน (oil extracted rice bran) หรือกากรำ ได้จากการนำรำข้าว มาผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันด้วยวิธี solvent extraction โดยใช้ hexane กระบวนการนี้ จะให้ผลผลิตน้ำมันรำข้าวสูง กากรำที่ได้มีคุณภาพดี ปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่น้อยมาก (ประมาณ ร้อยละ 0.5 ถึง 1.5) สามารถเก็บได้นานโดยไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น ทั้งรำข้าวและรำข้าวสกัด น้ำมัน นอกจากจะใช้เป็นวัตถุดิบในการผสมอาหารสัตว์แล้ว ยังสามารถใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่ม ปริมาณใยอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทขนมอบได้เป็นอย่างดี องค์ประกอบทางเคมีและค่า พลังงานของรำข้าวและรำข้าวสกัดน้ำมัน แสดงดังตารางที่ 6 (Barber และ Benedito, 1980)

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีและค่าพลังงานของรำข้าวและรำข้าวสกัดน้ำมัน

Chemical composition (% dry basis)	Rice bran	Oil extracted rice bran
Moisture	8-12	6-9
Protein	12-16	15-20
Fat	16-22	0.5-1.5
Crude Fiber	8-12	10-15
Ash	7-10	9-12
Total Dietary Fiber	20-25	24-28
Soluble Dietary Fiber	1.8-2.6	2.0-2.4
Calories/g	3.5	2.1

การนำรำมาใช้เป็นแหล่งใยอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการนำรำชนิดต่าง ๆ มาใช้เพื่อเพิ่มปริมาณใยอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมอบประเภทต่าง ๆ ดังนี้

เค้ก

Springsteen และคณะ (1977) ได้ทดลองเติม soft red wheat bran ในปริมาณร้อยละ 30, 50 และ 70 โดยน้ำหนักของแป้งสาลีในสูตร layer cake ผลการทดลองพบว่าเค้กที่เติม wheat bran ในปริมาณร้อยละ 30 จะได้คะแนนการยอมรับรวมจากผู้บริโภคสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการเติม wheat bran ในปริมาณมากขึ้น ทำให้ batter มีความเหนียวมากขึ้น ขนาดของเซลล์ในเนื้อเค้กหยาบขึ้น และเค้กที่ได้มีปริมาตรและผลการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสลดลง

Shafer และ Zabik (1978) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของ layer cake ที่เติม wheat bran และ cereal bran (non-wheat bran) ชนิดต่าง ๆ ในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของแป้งสาลีในสูตร ผลการทดลองสรุปว่า การเติม non-wheat bran เช่น corn bran, soy bran และ oat bran ทำให้ batter มีความเหนียวสูงกว่าการเติม wheat bran เค้กที่เติม non-wheat bran มีปริมาตรลดลงมากกว่าเค้กที่เติม wheat bran นอกจากนี้ผู้บริโภคจะยอมรับเค้กที่เติม wheat bran และ corn bran มากกว่าเค้กที่เติม bran ชนิดอื่น เพราะผู้บริโภคคุ้นเคยกับกลิ่นรสของข้าวสาลีและข้าวโพด ส่วนเค้กที่เติม oat bran และ soy bran นอกจากจะมีกลิ่นที่ไม่ดีแล้ว ยังได้คะแนนการยอมรับในเรื่อง mouthfeel ต่ำ เนื่องจากลักษณะที่หยาบเป็นทราย (grittiness) ของ oat bran

คุกกี้

DeFouw และคณะ (1982) ได้ทดลองเติม navy-bean hulls ปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึง 30 โดยน้ำหนักของแป้งสาลีในสูตร sugar-snap cookies ผลการทดลองสรุปได้ว่าการเพิ่มปริมาณของ navy-bean hulls ในสูตรมากขึ้น คุณภาพของคุกกี้ ทางด้านกลิ่นรส และลักษณะปรากฏจะด้อยลง

Jeltema และคณะ (1983) ได้ศึกษาคุณภาพของ sugar-snap cookies ที่เติมรำชนิดต่าง ๆ ได้แก่ wheat bran, oat bran, corn bran, soy bran และ navy-bean hulls ในปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของแป้งสาลีในสูตร ผลการทดลองพบว่า ลักษณะต่าง ๆ

เช่น spread, color, moisture และ sensory characteristics ของคุกกี้ที่ทำจากรำต่างชนิดกันจะแตกต่างกัน คุกกี้ที่เติม wheat bran และ corn bran จะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าคุกกี้ที่เติมรำชนิดอื่น ๆ

ขนมปัง

Skurray และคณะ (1986) ได้นำรำข้าว 3 ชนิด คือ commercial parboiled rice bran, oil extracted rice bran และ wheat bran มาเติมลงในแป้งทำขนมปังในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนักของแป้งสาลี ผลการทดลองพบว่า รำข้าวทั้ง 3 ชนิด มีผลทำให้ loaf volume ของขนมปังลดลง คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสลดลง เมื่อเทียบกับขนมปังที่ทำจากแป้งสาลีล้วน ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขนมปังที่เติม wheat bran จะมีขนาดของ loaf volume ลดลงมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากขนาดของ wheat bran ที่ใหญ่กว่า parboiled rice bran และ oil extracted rice bran มีผลไปขัดขวางการกักเก็บก๊าซของโครงสร้างโปรตีนกลูเตน

จากผลงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า ชนิด ปริมาณ และขนาดของรำ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ baking performance และ sensory characteristics ของผลิตภัณฑ์ขนมอบดีลดลง เมื่อเทียบกับขนมอบที่ทำจากแป้งสาลีล้วน

Goold และคณะ (1987, 1989) จึงได้ศึกษาวิธีการแก้ปัญหา loss of baked volume และ gritty textures ของขนมอบ ที่เติม lignocellulosic materials (เช่น cereal brans, seed hulls, wheat straw และ corn stalks) โดยนำวัตถุดิบเหล่านี้มาแช่ใน alkaline hydrogen peroxide (AHP) ซึ่งเป็นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 1% (W/V) ในสภาวะต่างที่มีค่า pH 11.5 ± 0.1 ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2-18 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาประเภท delignification

AHP-treated lignocellulose ที่ได้จะมีการดูดซับน้ำได้ดีขึ้น เนื้อเยื่ออ่อนนุ่มขึ้น และมีความสามารถในการดูดน้ำกลับสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก alkaline hydrogen peroxide จะละลาย lignin ออกจากผนังเซลล์ไปประมาณ 40-60% และพันธะไฮโดรเจนบางส่วนที่อยู่ระหว่างโมเลกุลของกลูโคสในโครงสร้างของ cellulose ถูกตัดทอน ทำให้ crystalline structure ของ cellulose หลวมขึ้น ฉะนั้นจึงสามารถนำ AHP-treated lignocellulose มาเติมในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ในปริมาณมากขึ้น และทำให้คุณภาพของขนมอบดีขึ้นด้วย

ความหมายของคำสำคัญ

ศูนย์วิจัย Lord Zuchrman Research Center แห่งมหาวิทยาลัย Reading ประเทศอังกฤษ (1991) ได้กำหนดความหมายที่เกี่ยวข้องกับคำว่า 'fiber' ไว้ดังนี้

More/increased/high fiber

หมายถึง อาหารที่มีปริมาณใยอาหารรวมมากกว่าเดิมร้อยละ 25 เมื่อเทียบกับอาหารลักษณะเดียวกัน

Source of fiber

หมายถึง อาหารที่มีปริมาณใยอาหารรวมอย่างน้อย 3 กรัม ในอาหาร 100 กรัม

High/rich in fiber

หมายถึง อาหารที่มีปริมาณใยอาหารรวมอย่างน้อย 5 กรัม ในอาหาร 100 กรัม

ส่วนคำว่า Low-Calorie foods หมายถึง อาหารที่มีแคลอรีน้อยกว่าเดิมร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับอาหารลักษณะเดียวกัน (Smith, 1972)

ผลิตภัณฑ์คุกกี้

คุกกี้เป็นขนมอบที่มีลักษณะกรอบ มีสูตรคล้ายเค้กที่มีน้ำน้อย ลักษณะ dough จะนุ่มกว่า dough ขนมปัง ทำจากแป้งสาลีชนิดอ่อนหรือแป้งอเนกประสงค์ ที่มีโปรตีนประมาณ 7-9% ส่วนผสมอื่นนอกนั้นได้แก่ ไข่ น้ำตาล ไขมัน สารที่ทำให้ขึ้นฟู บางครั้งอาจมีการเติม เครื่องเทศ ผลไม้แห้ง และถั่วชนิดต่าง ๆ คุกกี้มีทั้งชนิดหวานและไม่หวาน ในอเมริกาจะเรียกว่าคุกกี้ ส่วนในอังกฤษจะเรียกว่า บิสกิต (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นิชวิกุล, 2527)

คุกกี้ที่ผลิตในครัวเรือน แบ่งออกได้เป็น 6 ชนิด (ศรีสมร คงพันธ์, 2532) คือ

1. Dropped Cookies คุกกี้แบบตักหยอด ลักษณะของ dough จะเหลว ตักหยอดได้สะดวก ลักษณะของคุกกี้แบบนี้เมื่ออบแล้วจะกลมและนูนตรงกลาง หรือเป็นแผ่นบาง ๆ กรอบร่วน
2. Sliced or Refrigerated Cookies คือคุกกี้ชนิดที่ขึ้นเป็นชั้น ๆ หรือแช่แข็งจนกว่าจะขึ้นเป็นชั้น ๆ ได้ คุกกี้ชนิดนี้จะกรอบแข็ง หรือกรอบกระด้าง
3. Rolled Cookies คุกกี้ชนิดนี้ dough จะแข็งกว่าชนิดอื่น ๆ สามารถขึ้นรูปได้โดยการคลึงให้เป็นแผ่น แล้วตัดด้วยพิมพ์คุกกี้

4. Molded Cookies คุกกี้ชนิดนี้มีวิธีทำคล้าย ๆ กับ Rolled Cookies มีข้อแตกต่างกันตรงที่คลึงแป้งโดยการใช้นิ้วมือคลึงให้มีความหนาตามต้องการ แล้วจึงใช้พิมพ์ตัดเป็นรูปต่าง ๆ หรือปั้นเป็นก้อนกลมวางบนถาดอบ

5. Pressed Cookies คุกกี้ชนิดนี้ใช้พิมพ์กดเป็นรูปต่าง ๆ โดยใช้กระบอกลูกสำหรับกดคุกกี้ คุกกี้ชนิดนี้มีส่วนผสมของไขมันมากกว่าคุกกี้ชนิดอื่น ๆ

6. Bar Cookies คุกกี้ชนิดนี้จะมีลักษณะสองอย่างผสมกันคือ มีลักษณะของเด็กและคุกกี้ที่อยู่ในตัว ต่างจากแบบอื่น ๆ คือ เท dough เหลวใส่ในถาดตื้นแล้วเกลี่ยหน้าให้เรียบ อบขนมทั้งถาดแบบเดียวกับเค้ก เมื่อขนมสุกแล้วจึงตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม แล้วจึงแกะออกจากถาด

คุกกี้ที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรม แบ่งตามกรรมวิธีการผลิตได้เป็น 4 กลุ่ม (Whiteley, 1970) คือ

1. Deposit Cookies ทำจาก dough ที่เกาะตัวกันน้อยมาก โดยใช้เครื่องจักรในการขึ้นรูป dough จะถูกกดผ่านหัวบีบ (dough nozzle) ลงบนตะแกรงของเตาอบ

2. Wire-Cut Cookies ทำจาก dough ที่ค่อนข้างแข็ง อัดผ่านรูเปิด (die) ของเครื่อง extruder และตัดเป็นชิ้นโดย oscillating wire

3. Rotary Cookies ทำจาก dough ที่มีลักษณะค่อนข้างอ่อน อัดผ่านแบบพิมพ์ที่อยู่บนผิวของลูกกลิ้ง ชิ้นคุกกี้จะหลุดจากพิมพ์ แล้วเคลื่อนไปตามสายพานเพื่อเข้าเตาอบ

4. Cutting Cookies ก้อน dough ถูกรีดเป็นแผ่นให้มีความหนาตามต้องการ ตัดเป็นชิ้นด้วย cutting roller ก้อน dough ที่ใช้จะต้องมี tensile strength และ extensibility เหมาะสมในการรีดเป็นแผ่นได้โดยไม่มีลักษณะ

ขั้นตอนการผลิตคุกกี้ (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2527; Whiteley, 1970)

1. การผสม มี 2 วิธี

1.1 creaming method เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก โดยตีเนยหรือไขมันกับน้ำตาล (รวมทั้งน้ำเชื่อมและสารให้รสหวานอื่น ๆ) ให้เข้ากัน จนกระทั่งส่วนผสมตัวและเรียบเนียน เติมน้ำและกลิ่นตามต้องการ ตีให้เข้ากัน แล้วจึงเติมส่วนผสมที่เหลือ รวมทั้งแป้ง ผสมให้เข้ากันเป็น dough แล้วนำไปขึ้นรูปตามต้องการ

1.2 all-in method โดยผสมส่วนผสมส่วนใหญ่ ยกเว้นสารที่ทำให้ขึ้นฟูและเกลือจะต้องละลายในน้ำบางส่วน สีและกลิ่นรสเติมขณะผสมส่วนผสมจนเรียบเนียน วิธีนี้ dough

ที่ได้จะมีลักษณะแน่นและเหนียวกว่าวิธีแรก จากนั้นนำไปทำให้เป็นรูปร่างตามต้องการ

2. การอบ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบอยู่ในช่วง $350-400^{\circ}\text{F}$ ความร้อนจะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

2.1 ระยะแรกของการอบ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ไขมันจะเริ่มละลายตัว น้ำตาลและสารเคมีอื่น ๆ จะละลาย ทำให้ผลิตภัณฑ์นุ่มและเหลว มีก๊าซเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของสารเคมีประเภทผงฟู เมื่อได้รับความร้อนก็จะขยายตัว โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ให้มีปริมาณเพิ่มขึ้น

2.2 ระยะกลางของการอบ ความร้อนในระยะนี้ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ร้อนใกล้ถึงจุดเดือดของน้ำ (100°C) ทำให้โปรตีนจับตัวกันเป็นโครงสร้าง รวมทั้ง starch ที่มีอยู่จะเกิดเจลบางส่วน (เนื่องจากในส่วนผสมมีน้ำอยู่น้อยมาก starch จึงอุ้มน้ำได้ไม่มาก) กลายเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงของผลิตภัณฑ์ ส่วนน้ำที่เหลืออยู่ก็จะระเหยกลายเป็นไอน้ำจนมีปริมาณมากขึ้น

2.3 ระยะสุดท้ายของการอบ ผลิตภัณฑ์จะมีความร้อนเพิ่มขึ้น ลักษณะโครงสร้างจะคงที่เนื่องจากโปรตีน และ starch จะเปลี่ยนสภาพสมบูรณ์ แต่ยังคงมีความยืดหยุ่นจากไขมันอยู่บ้าง และน้ำตาลในองค์ประกอบยังคงมีสภาพเหลวแม้อุณหภูมิสูงขึ้น ขณะเดียวกันจะเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณผิวนอก อันเนื่องมาจากปฏิกิริยา caramelization ระหว่างความร้อนกับน้ำตาล และปฏิกิริยา non-enzymatic browning ระหว่างน้ำตาลกับกรดอะมิโน

3. การทำให้เย็น เมื่อนำคุกกี้ออกจากเตาอบแล้ว ควรทำให้เย็นลงโดยเร็ว โดยแช่ออกจากภาชนะทันทีในขณะที่คุกกี้ยังร้อนอยู่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแตกหักของคุกกี้ เนื่องจากคุกกี้เมื่อเย็นแล้วจะแข็งตัว และจะแตกหักได้ง่ายเมื่อตักออกจากภาชนะ

บรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์คุกกี้ (มอร์รี ภาคกล้าแจ๊ซ และอมรรัตน์ สวัสดิ์ทิศ, 2533)

ถุง polyethylene ที่ใช้ในงานวิจัย ทำจากฟิล์มพลาสติกชนิดเดี่ยว (single plastic film) ประเภท low density polyethylene (LDPE) ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีการใช้กันเป็นปริมาณมากที่สุด และในขอบเขตที่กว้างขวาง เหมาะกับสินค้าหลายประเภท รวมทั้งผลิตภัณฑ์อาหาร ฟิล์ม polyethylene มีความหนาแน่น $0.910-0.925$ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร มีคุณสมบัติโปร่งแสง นุ่ม ยืดหยุ่น มีความเหนียวสูง ทนทานต่อสารเคมีจำพวกกรดต่างได้ดี และ

ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี แต่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไชมัน และน้ำมันได้ดี สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 122 ถึง 155°C ใช้ได้เหมาะสมกับอุณหภูมิตั้งแต่ -40°C ถึง 80°C มีความปลอดภัยสามารถใช้กับอาหารและชาได้

ถุง metallized film ที่ใช้ในงานวิจัย เป็นฟิล์มพลาสติกประกบ (laminated plastic film) มีฟิล์มพลาสติกชนิด polypropylene เป็นวัสดุหลักและฉาบผิวด้วยโลหะอลูมิเนียมที่มีความหนาประมาณ 30 นาโนเมตร สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ มีความทึบแสง 3.50 การส่งผ่านของแสง 0.0316% และความต้านทานไฟฟ้า 0.78 โอห์ม/พื้นที่ ฟิล์ม polypropylene ที่เป็นวัสดุหลัก ถูกยึดใน 2 ทิศทาง (biaxial orientation polypropylene, BOPP) มีคุณสมบัติ กันความชื้นได้ดี มักใช้บรรจุอาหารว่างที่ต้องการความกรอบ และเมื่อฉาบผิวด้วยโลหะจะเพิ่มการกันความชื้นได้ถึง 4 เท่า ถุง metallized film นี้จึงป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ความชื้น และแสงที่เป็นสาเหตุให้เกิดการหืนเนื่องจากการเติมออกซิเจนแก่ ไชมันในอาหาร นอกจากคุณสมบัติดังกล่าวแล้ว แผ่นฟิล์มพลาสติกที่ฉาบผิวด้วยโลหะยังเพิ่มความมันวาว และความสวยงามให้กับสินค้า