

บทที่ 5

สารทดแทนไขมัน (Fat Replacer)

วัตถุประสงค์

เมื่อนักศึกษาได้ศึกษาบทเรียนบทนี้แล้วนักศึกษาคควรมีความรู้และเข้าใจในเนื้อหาต่อไปนี้

1. ประเภทของไขมัน รวมถึงคุณสมบัติทางหน้าที่ของไขมันในผลิตภัณฑ์อาหาร
2. กลยุทธ์ที่ใช้ในการแทนที่ไขมันในผลิตภัณฑ์อาหาร
3. ประเภทของสารทดแทนไขมัน และ การประยุกต์ใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหาร

บทนำ

ไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานมากกว่าโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต 2.25 เท่าในปริมาณน้ำหนักแห้งที่เท่ากัน ไขมันทำให้อาหารมีกลิ่นรสและมีเนื้อสัมผัสที่ดี ให้กรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid) และเป็นตัวนำวิตามินบางชนิดที่ละลายได้ดีในไขมัน ได้แก่ วิตามิน เอ ดี อี และ เค เข้าสู่ร่างกาย ไขมันมีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่เฉพาะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ ลักษณะโครงสร้าง การละลาย และการแข็งตัว การจับตัวกับน้ำ และ โมเลกุลอื่นๆที่ไม่ใช่ไขมัน ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารแตกต่างกัน

5.1 ประเภทของไขมัน

ไขมันสามารถจำแนกตามแหล่งที่มาได้เป็น

5.1.1 ไขมันอิ่มตัว (Saturated fat)

พบในแหล่งอาหารซึ่งได้มาจากเนื้อสัตว์ รวมถึงไขมันในนม ครีม ชีส เนย และ สัตว์ปีก ไขมันอิ่มตัว สามารถพบในน้ำมันและไขมันจากพืชบางชนิดได้แก่ เนยโกโก้

(cocoa butter) น้ำมันมะพร้าว (coconut oil) และน้ำมันปาล์ม (palm oil) ไขมันอิ่มตัวจะอยู่ในสถานะของแข็งที่อุณหภูมิห้อง

5.1.2 Monounsaturated fats

พบในพืชเป็นส่วนใหญ่แต่ก็พบในสัตว์บ้างตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่มี monounsaturated fatty acid อยู่ในปริมาณสูงได้แก่ น้ำมันมะกอก น้ำมันถั่วลิสง นอกจากนี้ในมาการีน และ เนยขาว (hydrogenated vegetable shortening) ส่วนใหญ่จะมีปริมาณ monounsaturated fatty acids สูง monounsaturated fat จะมีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง

5.1.3 Polyunsaturated fats

พบในพืชเป็นส่วนใหญ่ตัวอย่างของน้ำมันและไขมันจากพืชที่มีปริมาณ polyunsaturated fats ค่อนข้างสูงได้แก่ น้ำมันดอกทานตะวัน (sunflower oil) น้ำมันข้าวโพด (corn oil) น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) น้ำมันเมล็ดฝ้าย (cotton seed) และ น้ำมันดอกคำฝอย (safflower oil) มาการีน ซึ่งมีน้ำมันพืช เป็น primary ingredient และปลาบางชนิดจะมี polyunsaturated fat ค่อนข้างสูง polyunsaturated fat จะมีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง

5.2 หน้าที่ของไขมันในอาหาร

5.2.1 หน้าที่ทางโภชนาการของไขมัน (nutritional function of fat)

ไขมันเป็นสารอาหารที่มีหน้าที่หลัก 3 ประการคือ

1. เป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็น ซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้เช่น linolenic และ linoleic acid
2. เป็นตัวกลาง (carrier) สำหรับ วิตามินที่ละลายในไขมัน (fat soluble vitamin) ได้แก่วิตามิน เอ ดี อี และ เค
3. เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อร่างกาย

5.2.2 หน้าทีที่ทางกายภาพและทางเคมีของไขมัน

(physical and chemical functions of fat)

คุณสมบัติทางเคมีของไขมันที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของอาหาร เช่น ความหนืด (viscosity) ลักษณะการละลาย (melting characteristics) ลักษณะผลึก (crystallinity) และ ความสามารถในการแผ่กระจาย (spreadability) ได้แก่

1. ความยาวของสายคาร์บอนของกรดไขมันซึ่งถูก esterified ด้วยกลีเซอรอล (glycerol)
2. ระดับความไม่อิ่มตัวของไขมัน
3. การกระจายตัวของกรดไขมัน
4. รูปแบบการจัดเรียงตัวของโมเลกุล ในรูป cis หรือ trans isomer

นอกจากนี้ไขมันยังมีอิทธิพลต่อคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ได้แก่

1. ลักษณะของผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการผลิต เช่น ความเสถียรต่อความร้อน ความหนืด, ลักษณะของการเกิดผลึก
2. ลักษณะของผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านกระบวนการผลิตแล้ว ได้แก่ ความไวต่อแรงเค้นเฉือน การกระจายตัว
3. ความเสถียรระหว่างการเก็บรักษา
4. ความเสถียรทางกายภาพ เช่น การแยกชั้นของไขมัน
5. ความเสถียรทางเคมี ได้แก่ การเกิดกลิ่นหืน (rancidity) หรือ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
6. ความเสถียรต่อจุลินทรีย์

5.2.3 หน้าทีที่เกี่ยวกับคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไขมัน

(Sensory functions of fat)

ไขมันมีหน้าที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 4 ประการคือ

1. ลักษณะปรากฏ (appearance) เช่น ความมันวาว (gloss), ความโปร่งใส (translucency), สี

2. ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) เช่น ความหนืด ความยืดหยุ่น (elasticity) และความแข็ง (hardness)
3. รสชาติ (flavor) เช่น ความเข้มข้นของรสชาติ, โปรไฟล์ของสารให้กลิ่นรส (flavor profile)
4. ความรู้สึกเมื่ออยู่ในปาก (mouthfeel) เช่น การละลาย (meltability), creaminess

5.3 แหล่งของไขมันในอาหาร (Source of fat in the food supply)

ตารางที่ 5.1 แสดงแหล่งที่มาของไขมันใน US food supply ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จาก US Department of Agriculture (USDA)

ตารางที่ 5.1 แหล่งของไขมัน ใน US food supply

ชนิดของอาหาร	% ไขมัน
เนื้อ, สัตว์ปีก และ ปลา	30
ผลิตภัณฑ์จากเมล็ดพืช	25
นมและผลิตภัณฑ์นม	18
ไขมันและน้ำมัน	11
ผัก	9
อื่นๆ	7

ที่มา : US Department of Agriculture

ผู้บริโภคส่วนใหญ่พึงพอใจกับรสชาติ เนื้อสัมผัส และ กลิ่นรสของไขมันในผลิตภัณฑ์อาหาร ไขมันให้พลังงาน 9 แคลอรี/กรัม ในขณะที่โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตให้พลังงาน 4 แคลอรี/กรัม จากรายงานผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับการบริโภคไขมันของชาวอเมริกันพบว่าชาวอเมริกันบริโภคไขมันประมาณ 34 % ของพลังงานทั้งหมดที่ควรได้รับในแต่ละวัน องค์กรที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ (public health organization) หลายองค์กร เช่น American Heart Association, National Cholesterol Education Program,

ตารางที่ 5.2 ปริมาณการบริโภคไขมันในระดับ 30 % ของปริมาณพลังงานทั้งหมด
ที่ควรได้รับในแต่ละวัน

ปริมาณพลังงาน / วัน	30%ของปริมาณพลังงาน ที่ได้รับในแต่ละวัน	น้ำหนักเป็นกรัม ของไขมัน (30% ปริมาณพลังงาน)
1000 แคลอรี /วัน	300 แคลอรี	= 33 กรัมไขมัน
1500 แคลอรี /วัน	450 แคลอรี	= 50 กรัมไขมัน
2000 แคลอรี /วัน	600 แคลอรี	= 65 กรัมไขมัน
2500 แคลอรี /วัน	750 แคลอรี	= 80 กรัมไขมัน
3000 แคลอรี /วัน	900 แคลอรี	= 100 กรัมไขมัน

การลดการบริโภคไขมันจาก 34 % ของพลังงานทั้งหมด ให้เหลือ 30 % ของพลังงานทั้งหมดผู้บริโภคจะต้องเปลี่ยนลักษณะการบริโภค เช่น เลือกบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีไขมันลดลง (leaner meat), เลือกบริโภคผลิตภัณฑ์นมที่มีไขมันต่ำหรือปราศจากไขมัน ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่มีไขมันต่ำ และ ลดการบริโภคอาหารที่ผ่านการทอด จากผล
การสำรวจ (National survey) ในปี ค.ศ. 2000 โดย Research Service for Caloric

ตารางที่ 5.3 เหตุผลที่ผู้บริโภคต้องการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่มีปริมาณไขมันต่ำ

เหตุผล	% ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำ
เพื่อให้มีสุขภาพดี	70
เพื่อรับประทานอาหารและเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ	57
เพื่อลดปริมาณไขมัน	57
เพื่อลดปริมาณพลังงาน	51
เพื่อลดโคเลสเตอรอล	49
เพื่อควบคุมน้ำหนัก	47
เพื่อให้มีรูปร่างที่ดี	43
เพื่อลดน้ำหนัก	38
เพื่อความสดชื่นหรือรสชาติ	32

ที่มา : Calorie Control Council 2000 National Survey

ตารางที่ 5.4 ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันต่ำ และ % ของผู้บริโภคที่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์

ประเภทของผลิตภัณฑ์	% ผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำ
นมพร่องมันเนย	72
ชีส / ผลิตภัณฑ์นม (โยเกิร์ต, ครีมเปรี้ยว)	63
น้ำสลัด, ซอส, มายองเนส	58
มาการีน	43
ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	43
ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว	42
ไอศกรีม/ผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็ง	41
เค้ก/ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	31
ลูกกวาด	17

ที่มา : Calorie Control Council 2000 National Survey

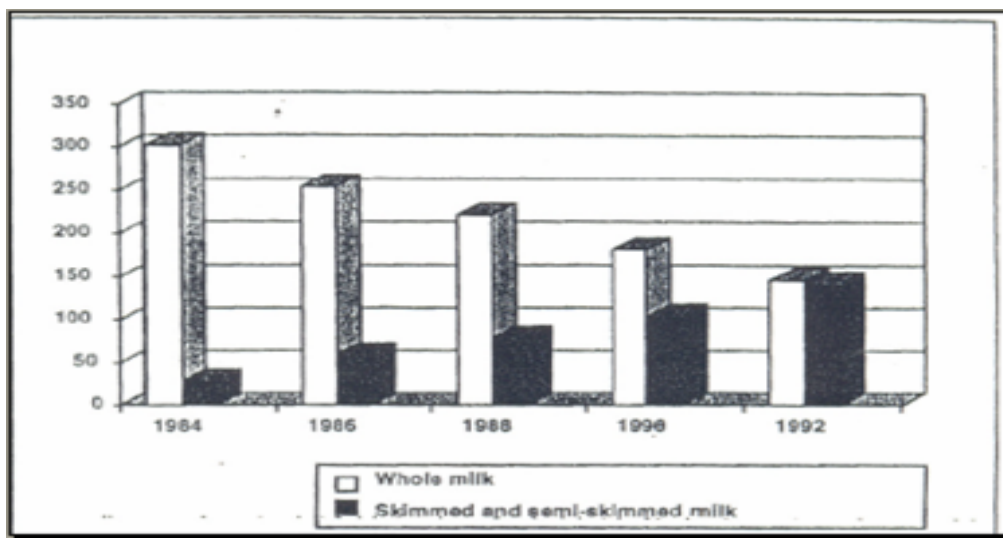
5.4 กลยุทธ์ที่ใช้ในการแทนที่ไขมัน (Fat replacement strategies)

มีการคิดค้นเพื่อพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันต่ำ (reduced – fat food) โดยใช้เทคนิคหลายรูปแบบได้แก่

5.4.1 การแยกไขมันออกจากผลิตภัณฑ์โดยตรง

(Direct fat removal – no compensation)

เริ่มใช้เทคนิคนี้ ในปี ค.ศ. 1980 วิธีนี้จะแยกไขมันออกจากผลิตภัณฑ์ไขมันเต็ม (standard product) โดยพยายามไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งเป็นผลจากการลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ลง ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์นมพร่องมันเนย (skimmed milk) ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จะลดลงจากผลิตภัณฑ์ไขมันเต็ม โดยปริมาณไขมันจะลดลงจาก 3.5 % เหลือ 1.7 % (ปริมาณไขมันลดลง 50 %) และ 0.1% (ปริมาณไขมันลดลงประมาณ 100%) ซึ่งวิธีการแยกไขมันออกจากผลิตภัณฑ์โดยตรงนี้ประสบความสำเร็จในอุตสาหกรรมนม ซึ่งเห็นได้จากผู้บริโภคให้การยอมรับ



ภาพที่ 5.1 การเปรียบเทียบการบริโภคนมไขมันเต็มและนมพร่องมันเนย (gallon / day) ในประเทศอังกฤษ

5.4.2 การใช้สารทดแทนไขมัน (Formulation optimization)

ปัจจุบันได้มีการผลิตสารทดแทนไขมัน (fat replacer) เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างแพร่หลาย การลดปริมาณของไขมันในผลิตภัณฑ์ลงทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจึงต้องมีการใช้ส่วนผสมอาหารที่ให้คุณสมบัติทางหน้าที่คล้ายไขมัน (functional ingredients) เช่น โปรตีน แป้ง และ thickener ชนิดต่างๆ กัม, stabilizer, gelling agent, bulking agent, อิมัลซิไฟเออร์ และ ไฟเบอร์

การเลือกชนิดของส่วนผสมเพื่อใช้ในการแทนที่ไขมันจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และระดับของปริมาณไขมันที่ต้องการให้ลดลงซึ่งจะต้องทำให้เกิดสมดุลเพื่อให้ได้

5.5 การแบ่งชนิดของสารทดแทนไขมัน (Classification of fat replacers)

ปัจจุบันมีการใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารประมาณ 300 ชนิด สารทดแทนไขมันได้แก่ สตาร์ชดัดแปร (modified starch), ไฟเบอร์ (fiber), กัม (gum), อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifiers), restructured protein และ เซลลูโลส (cellulose) สารทดแทนไขมันแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ fat substitute และ fat mimetics

5.5.1 fat substitute

fat substitute เป็นเทอมที่ใช้เรียกส่วนผสมของอาหาร ที่นำมาใช้ในการทดแทนไขมันซึ่งส่วนผสมเหล่านี้มีโครงสร้างทางเคมี และ ลักษณะทางกายภาพคล้ายไขมันแต่ไม่สามารถย่อยสลายโดย digestive enzyme และให้พลังงานน้อยที่สุดหรือไม่ให้พลังงานต่อร่างกายเลย

5.5.2 fat mimetics

fat mimetics เป็นโปรตีน หรือ คาร์โบไฮเดรต หรือ ส่วนผสมของสารทั้งสองชนิดซึ่งสามารถเลียนแบบคุณสมบัติทางหน้าที่ของไขมันได้แก่ คุณลักษณะทางกายภาพ เนื้อสัมผัส ความรู้สึกในปาก (mouthfeel) และ คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของไขมัน

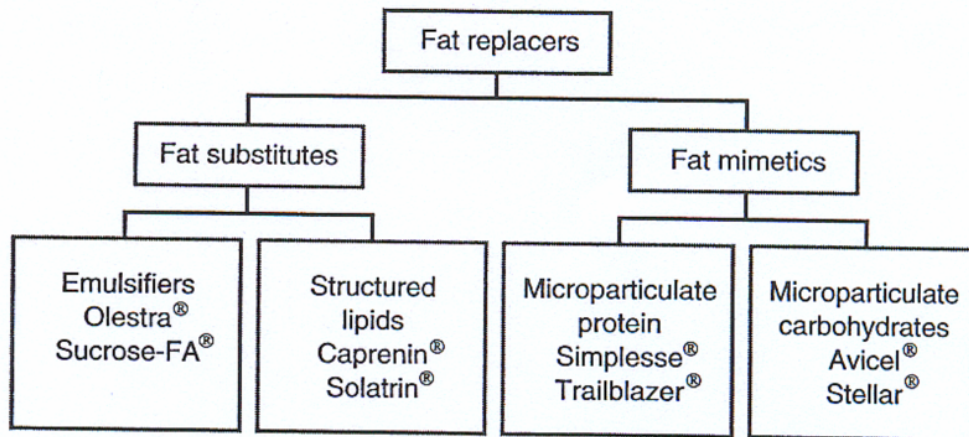
ตารางที่ 5.5 ประเภทของสารทดแทนไขมันที่ใช้ ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ

ประเภทของอาหาร	Fat Replacers		
	Carbohydrate-based	Protein- based	Fat-based
นมและผลิตภัณฑ์นม เช่น เครื่องดื่ม ชีส ครีมเปรี้ยว โยเกิร์ต	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, maltose, oatrim, polydextrose, starches	Microparticulated protein, modified whey protein concentrate, other protein ingredients	Emulsifiers, olestra
ผลิตภัณฑ์ขมนมหวาน แช่เย็นหรือแช่เยือก แข็ง เช่น ไอศกรีม พุดดิ้ง ใส่นมหวาน ชีสเค้ก	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, maltose, oatrim, polydextrose, starches	Microparticulated protein, modified whey protein concentrate, protein blends, other protein ingredients	Emulsifiers, olestra, salatrim, other lipid(fat/oil) analogs
ผลิตภัณฑ์เนื้อและ สัตว์ปีก	Gums, inulin, maltodextrins, oatrim, starches		Olestra , other lipid(fat/oil) analogs (fried foods)
ผลิตภัณฑ์ปลา			Olestra , other lipid(fat/oil) analogs (fried foods)
น้ำมันพืชและน้ำมัน สลัด		Microparticulated protein (salad oil)	Olestra , other lipid(fat/oil) analogs
ไขมันและน้ำมันชนิด อื่นๆ เช่น มาการีน น้ำ สลัด มายองเนส	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, maltose, oatrim, polydextrose, starches	Microparticulated protein, protein blends, other protein ingredients	Emulsifiers, olestra, salatrim, other lipid(fat/oil) analogs

ตารางที่ 5. 5 (ต่อ) ประเภทของสารทดแทนไขมันที่ใช้ ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ

ประเภทของอาหาร	Fat Replacers		
	Carbohydrate-based	Protein- based	Fat-based
ซूप/ซอส/gravies	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, oatrim, starches	Microparticulated protein, modified whey protein concentrate	Emulsifiers, olestra, other lipid(fat/oil) analogs
ผลิตภัณฑ์ธัญชาติ/เมล็ดธัญพืช เช่น crackers, muffins, breads	gums, fiber, inulin, maltodextrins, starches	Microparticulated protein	Emulsifiers, olestra (crackers), other lipid(fat/oil) analogs
ผลิตภัณฑ์ลูกกวาดและลูกอม	Cellulose, crystalline fructose, gums, inulin, maltodextrins, oatrim, polydextrose, polyols, starches	Microparticulated protein	Caprenin, emulsifiers, Olestra , salatrim, other lipid(fat/oil) analogs
ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น pizza, casseroles, microwaveable frozen meals	Cellulose, fiber, gums, inulin, maltodextrins maltose, oatrim, polydextrose, polyols, starches	Microparticulated protein, modified whey protein concentrate	Emulsifiers, olestra, salatrim, other lipid(fat/oil) analogs

ที่มา : Owasu-apenten (2005)



ภาพที่ 5.2 ประเภทของสารทดแทนไขมัน

ที่มา : Owasu-apenten (2005)

เทอมที่ใช้อธิบายส่วนผสม ซึ่งสามารถใช้ในการทดแทนไขมัน ได้แก่

1. Fat replacer

เป็นเทอมที่ใช้อธิบายถึงส่วนผสมชนิดใดๆที่สามารถใช้ในการแทนที่ไขมัน

2. Fat substitute

เป็นเทอมที่ใช้เรียกรวมสารประกอบซึ่งสังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ในการทดแทนไขมัน โดยเทียบในรูปของน้ำหนักต่อน้ำหนักโดยสารทดแทนไขมันประเภทนี้มีโครงสร้างทางเคมีใกล้เคียงกับไขมัน แต่จะไม่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ในร่างกาย

3. Fat mimetic

เป็นสารทดแทนไขมันซึ่งต้องการน้ำในปริมาณค่อนข้างสูงเพื่อเลียนแบบคุณสมบัติทางหน้าที่ของไขมันในผลิตภัณฑ์

4. Low – calorie fat

เป็นไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งสังเคราะห์ได้โดยการรวม unconventional fatty acids กับ กลีเซอรอล (glycerol backbone) ซึ่งจะทำให้ได้ไขมันซึ่งมีพลังงานลดลง

5. Fat extender

เป็นสารที่ใช้ในการแทนที่ไขมันซึ่งประกอบไปด้วย standard fat หรือ oil ร่วมกับส่วนผสม ชนิดอื่นๆ

5.6 ประเภทของสารทดแทนไขมัน

สารทดแทนไขมันที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

5.6.1 Carbohydrate based fat replacer

สารทดแทนไขมันที่จัดอยู่ในกลุ่ม carbohydrate – based fat replacer ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose), มอลโตเดกซ์ทรีน (maltodextrin), กัม (gum), สตาร์ช (starch) ไฟเบอร์ (fiber) และ polydextrose

คาร์โบไฮเดรตที่ใช้ในทดแทนไขมันส่วนใหญ่จะทำหน้าที่เป็น thickeners และ stabilizers และสามารถใส่ทดแทนไขมันได้ใน formulated food หลายชนิด รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านการให้ความร้อนแต่ไม่เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องผ่านการทอด (frying foods)

5.6.1.1 เซลลูโลส (Avicel, cellulose gel, Methocel, Solka – Flocc)

เซลลูโลสที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันจะถูกลดขนาดให้อยู่ในรูป microparticulate cellulose ซึ่งเมื่อละลายน้ำจะกระจายตัวทำให้เกิดโครงข่ายของอนุภาคซึ่งให้ความรู้สึกเมื่ออยู่ในปากและ flow properties คล้ายไขมัน

เซลลูโลสเป็นสารทดแทนไขมันที่ไม่ให้พลังงานกับร่างกายสามารถใช้ทดแทนไขมันได้บางส่วนหรือทั้งหมดในผลิตภัณฑ์นม ชอส ผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็ง และ น้ำสลัด

5.6.1.2 เดกซ์ทรีน (Amylum , N- oil)

เดกซ์ทรีนผลิตได้จากมันสำปะหลัง (tapioca) เป็นสารซึ่งใช้ทดแทนไขมันทั้งหมดหรือบางส่วนในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดซึ่งให้พลังงาน 4 แคลอรี / กรัม สามารถใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ น้ำสลัด พุดดิ้ง ผลิตภัณฑ์นม และ ผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็ง

5.6.1.3 ไฟเบอร์ (Opta, Oat fiber, Snowite, Ultracel, Z – Trim)

ไฟเบอร์สามารถใช้ในรูปของสารทดแทนไขมันได้โดยให้ structural integrity, ปริมาตร, ความสามารถในการอุ้มน้ำ (moisture holding capacity) ในผลิตภัณฑ์อาหาร ไขมันต่ำ สามารถประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ meat spreads และ extruded products

5.6.1.4 กัม (KELCOGEL, KELTROL, Splendid™)

กัมเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากพืชหรือสัตว์หรือได้จากการสังเคราะห์ กัมที่สามารถใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารได้แก่ กัวร์กัม (guar gum), กัมอาระบิก (gum Arabic), โลคัสบีนิกัม (locust bean gum), แซนแทนกัม (xanthan gum), คาราจีแนน (carrageenan) และ เพกติน (pectin) ส่วนใหญ่จะเป็นสารที่ไม่ให้พลังงาน ทำหน้าที่เป็น thickening agent และ บางครั้งอาจทำให้เกิด gelling effect ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายครีม (creamy texture) สารประเภทนี้สามารถใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารได้แก่ น้ำสลัดไขมันต่ำหรือ น้ำสลัดปราศจากไขมันและใช้ในการลดปริมาณไขมันใน formulated food รวมถึงผลิตภัณฑ์ขนมหวาน และ process meat

5.6.1.5 Inulin (Raftiline, Fruitafit, Fibruline)

สารประเภทนี้สามารถใช้ทดแทนไขมันและสารให้ความหวานซึ่งจะให้พลังงาน 1-1.2 แคลอรี/กรัมจัดอยู่ในกลุ่มของไฟเบอร์ และ bulking agent สกัดจาก chicory root สารชนิดนี้สามารถนำไปใช้ในการทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ เช่น โยเกิร์ต ชีส ผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์ขนมอบ วิปครีม (whipped cream) ผลิตภัณฑ์นม fiber supplement และ processed meat

5.6.1.6 มอลโตเดกซ์ทริน (CrystalLean, Lorelite, Lycadex, MALTRIN,

Paselli D – LITE, Paselli EXCEL, Paselli SA2, STAR – DRI)

สารทดแทนไขมันชนิดนี้ให้พลังงาน 4 แคลอรี/กรัม มีลักษณะเป็นเจลหรือผงที่ผลิตได้จากแหล่งคาร์โบไฮเดรตได้แก่ ข้าวโพด มันฝรั่ง ข้าวสาลี และ มันสำปะหลัง ใช้ในรูปของสารทดแทนไขมันโดยทำหน้าที่เป็น texture modifier หรือ bulking agent สามารถ

5.6.1.7 Nu – Trim

Nu – Trim เป็น beta – glucan fat replacer ผลิตโดยนำข้าวโอ๊ต และ ข้าวบาร์เลย์มาผ่านขั้นตอนการสกัดเพื่อกำจัด coarse fiber component ออกไปสารทดแทนไขมันชนิดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ นม ชีส และไอศกรีม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีปริมาณไขมันต่ำ และมี soluble fiber beta – glucan เป็นองค์ประกอบหลักในปริมาณสูงซึ่งจะมีส่วนช่วยในการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ

5.6.1.8 Oatrim (Hydrolyzed oat flour) (Beta – Trim , Trim Choice)

Oatrim เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งอยู่ในรูปไฟเบอร์ที่ละลายน้ำได้ ผลิตได้จากการย่อยสลายแป้งข้าวโอ๊ตโดยใช้เอนไซม์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะประกอบด้วย beta – glucan soluble fiber ซึ่งสามารถใช้เป็นสารทดแทนไขมัน โดยใช้ในรูปแบบ bodying และ texturizing ingredients ให้พลังงาน 1- 4 แคลอรี/กรัม สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์นม เครื่องดื่ม ชีส น้ำสลัด processed meat และ ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน

5.6.1.9 Polydextrose (Litess , Sta – Lite)

Polydextrose เป็นพอลิเมอร์ของdextroseที่ละลายน้ำได้สามารถใช้ทดแทนไขมัน โดยใช้เป็น bulking agent ให้พลังงาน 1 แคลอรี/กรัม ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ หมากฝรั่ง ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน น้ำสลัด

5.6.1.10 สตาร์ชและสตาร์ชดัดแปร

(Amalean I&II, Fairnex TM VA 15 & VA20 , Instant Stellar TM , N – Lite , OptaGrade , Perfectamyl TM AC , AX – 2 , PURE – GEL , STA – SLIM TM)

สตาร์ช และ สตาร์ชดัดแปรใช้เป็นสารทดแทนไขมันโดยใช้ในรูปแบบ bodying agent และ texture modifier ให้พลังงาน 1-4 แคลอรี/กรัม ผลิตได้จากมันฝรั่ง ข้าวโพด ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี หรือ มันสำปะหลัง สามารถใช้ร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ โปรตีน และ กัม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ใน processed meat น้ำสลัด ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ซอส ผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็ง และ ผลิตภัณฑ์นม

5.6.1.11 Z – Trim

Z – Trim เป็นสารทดแทนไขมันที่อยู่ในรูปไฟเบอร์ที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber form) ที่ผลิตได้จากข้าวโอ๊ต ถั่วเหลือง เปลือกข้าว (rice hull) ข้าวโพด รำข้าวสาลี (wheat bran) โดยสารชนิดนี้จะไม่ให้พลังงาน มีคุณสมบัติทนต่อความร้อน สามารถใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ขนมอบ (ใช้ทดแทนแป้งบางส่วน) burger hotdog ชีส ไอศกรีม และ โยเกิร์ต

5.6.2 Protein – based fat replacer

สารทดแทนไขมันประเภทนี้สามารถใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิดโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง (frozen product) และผลิตภัณฑ์อาหารแช่เย็น (refrigerated products) ถึงแม้ว่าสารทดแทนไขมันที่ได้จากโปรตีนจะไม่เหมาะกับการใช้กับอาหารประเภททอดแต่ก็สามารถใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องผ่านกระบวนการให้ความร้อน ได้แก่ cream soups, ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ และ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ

5.6.2.1 Microparticulated protein (Simplese)

Microparticulated protein เป็นสารที่ได้จากเวย์โปรตีน (whey protein) โปรตีนนม (milk protein) และ โปรตีนไข่ (egg protein) ซึ่งให้พลังงาน 1-2 แคลอรี/กรัม การย่อยสลายสารชนิดนี้ในร่างกายจะเป็นการย่อยในรูปของโปรตีน สารทดแทนไขมันชนิดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์นม เช่น ไอศกรีม เนย ครีมเปรี้ยว ชีส โยเกิร์ต น้ำสลัด มากา린 และ มายองเนส ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ซุป และซอส

5.6.2.2 Modified whey protein concentrate (Dairy – Lo)

สารทดแทนไขมันชนิดนี้ได้จากการนำเวย์โปรตีนเข้มข้น (whey protein concentrate) มาผ่านกระบวนการให้ความร้อนทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติคล้ายไขมัน (fat – like properties) การประยุกต์ใช้สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์นมได้แก่ ชีส โยเกิร์ต ครีมเปรี้ยว ไอศกรีม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ น้ำสลัด และ มายองเนส

5.6.2.3 Others (K – Blazer , ULTRA – BAKE , ULTRA – FREEZE , Lita)

ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้แก่สารทดแทนไขมันซึ่งผลิตได้จากไข่ขาว

(egg white) โปรตีนนม และ โปรตีนข้าวโพด (corn protein) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติคล้าย microparticulated protein แต่ผลิตโดยใช้กระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน สามารถใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็ง และ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ

5.6.3 Fat – based fat replacer

นักวิทยาศาสตร์ได้ทดลองเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของกรดไขมันเพื่อผลิตสารทดแทนไขมันซึ่งไม่ให้อาหารกับร่างกาย สารทดแทนไขมันประเภทนี้เมื่อผ่านเข้าสู่ร่างกายจะไม่สามารถย่อยสลายโดย digestive enzyme ตัวอย่างของสารทดแทนไขมันประเภทนี้ได้แก่ Olestra ซึ่งสารชนิดนี้มีความเสถียรต่อความร้อนสามารถใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอด และสามารถใช้ทดแทนเนยโกโก้ (cocoa butter substitute) ได้

เทคโนโลยีสมัยใหม่ทำให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันต่ำ ได้หลายชนิด เช่น น้ำสลัด น้ำมันที่ใช้ทอด (cooking oil) ชีส ไอศกรีม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ และ ผลิตภัณฑ์อาหารว่าง (salty snacks) และ แครกเกอร์ (crackers) เป็นต้น

5.6.3.1 Caprenin

สารทดแทนไขมันชนิดนี้ให้อาหาร 5 แคลอรี/กรัม มีคุณสมบัติคล้ายเนยโกโก้ (cocoa butter) ผลิตจาก caprylic, capric และ behenic acids, glycerine สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน

5.6.3.2 อิมัลซิไฟเออร์ (Dur – Lo , EMTM – 25)

ตัวอย่างของสารประเภทนี้ได้แก่ น้ำมันพืช (vegetable oil), โมโนและไดกลีเซอไรด์อิมัลซิไฟเออร์ (mono – and di - glyceride emulsifiers) ซึ่งสามารถใช้แทนที่เนยขาวบางส่วนหรือทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ cake mixes, คุกกี้ (cookies) สารประเภทนี้จะให้อาหาร 9 แคลอรี/กรัมเช่นเดียวกับไขมัน emulsion system ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองหรือไขมันนมสามารถลดปริมาณไขมันและแคลอรีโดยใช้แทนที่ไขมัน one – to one basis

5.6.3.3 Salatrim (BenefatTM)

ประกอบด้วย โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride molecule) ซึ่งมีสายโมเลกุลทั้งสั้นและยาวประกอบกัน สารชนิดนี้จะให้อาหาร 5 แคลอรี/กรัม สามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน และ ผลิตภัณฑ์นม

Lipid (Fat / Oil) Analog

5.6.3.4 Dialkyl Dihexadecylmalonate (DDM)

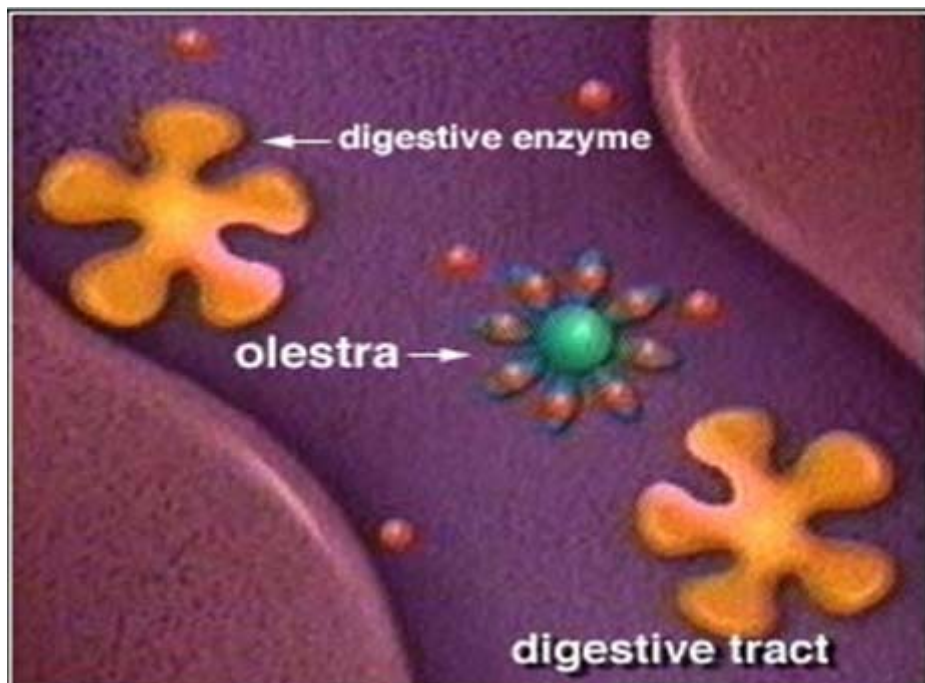
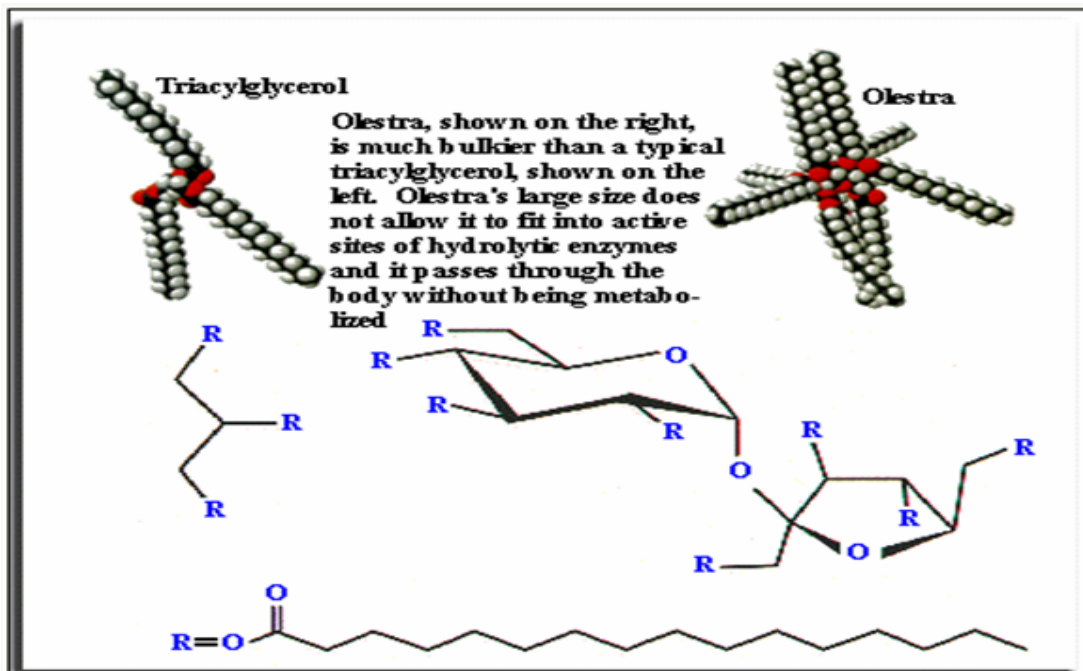
Dialkyl Dihexadecylmalonate (DDM) เป็น fatty alcohol ester ของ malonic และ alkyl malonic acid ซึ่งเป็นสารที่ไม่ให้พลังงาน สารชนิดนี้สามารถใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้แก่ chips, มายองเนส (mayonnaise) และ margarine type products

5.6.3.5 Esterified Propoxylated Glycerol (EPG)

เป็นสารที่ใช้ทดแทนไขมันและน้ำมันบางส่วนหรือทั้งหมดสามารถใช้ได้กับ formulated products ผลิตภัณฑ์ขนมอบ และ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอด

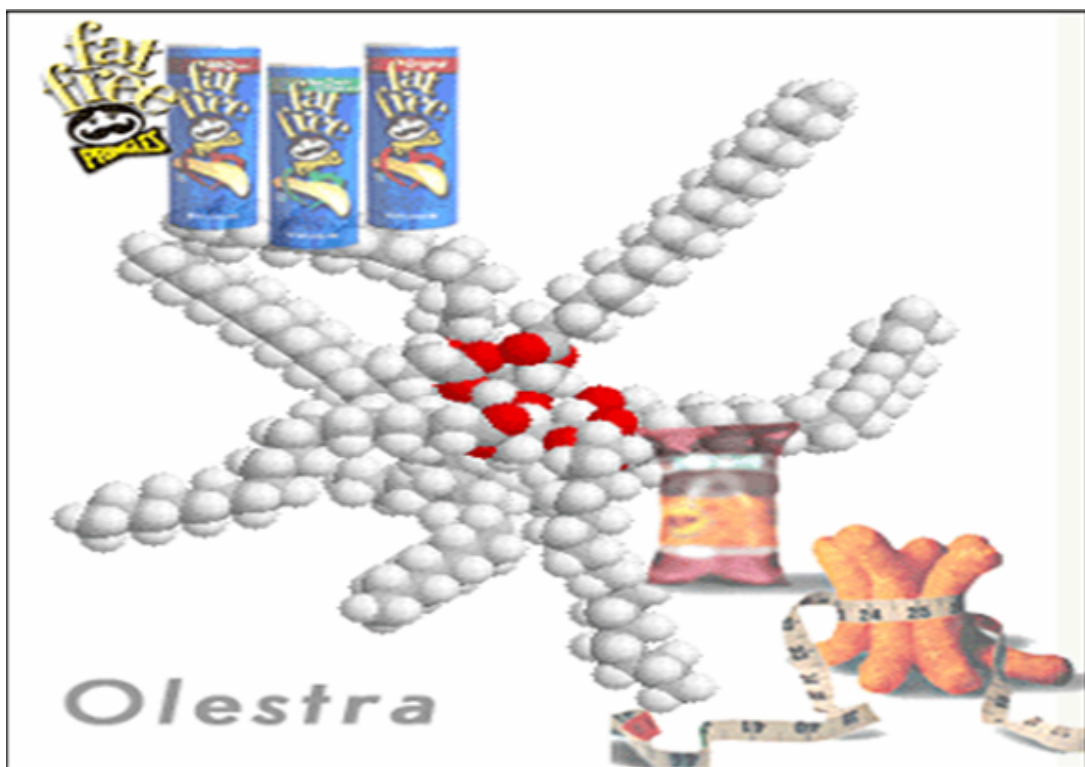
5.6.3.6 Olestra (Olean)

Olestra เป็นสารทดแทนไขมันซึ่งผลิตโดยบริษัท Procter & Gamber ภายใต้เครื่องหมายการค้า “Olean” FDA ได้อนุญาตให้มีการใช้สารชนิดนี้ในปี ค. ศ. 1996 เพื่อทดแทนไขมัน ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องผ่านการทอด ซึ่ง Olestra สามารถทนอุณหภูมิสูงระหว่างขั้นตอนการทอดได้ และ ให้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีลักษณะ rich taste และ เนื้อสัมผัสคล้ายครีม (creamy texture) เนื่องจาก Olestra ไม่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ในร่างกาย ดังนั้น Olestra จึงไม่ให้พลังงานและไขมันกับร่างกาย



ภาพที่ 5.3 โครงสร้างทางเคมีของ olestra

Olestra ผลิตจากส่วนผสมของน้ำมันพืช (vegetable oil) เช่นน้ำมันถั่วเหลือง หรือ น้ำมันจากเมล็ดฝ้าย (cotton seed oil) และ น้ำตาลซูโครส โดยผ่านขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน ไขมันและน้ำมันจัดเป็นไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งประกอบไปด้วยกรดไขมัน 3 สายจับกับกลีเซอรอล (glycerol core) ซึ่งไตรกลีเซอไรด์จะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ในร่างกาย Olestra แตกต่างจากไขมันโดยที่โครงสร้างโมเลกุลของ Olestra ประกอบด้วยกรดไขมัน 6-8 สายเกาะอยู่กับซูโครส (sucrose core) ซึ่งเอนไซม์ในร่างกายไม่สามารถย่อยสลาย Olestra ได้ US Food and Drug Administration ได้ อนุญาตให้มีการใช้ Olestra ในเดือนมกราคม ปี ค. ศ. 1996 เพื่อใช้เป็นสารทดแทนไขมันใน “savory snacks” ได้แก่ มันฝรั่งแผ่น (potato chip), cheese curl, corn chips และ crackers



ภาพที่ 5.4 การประยุกต์ใช้ olestra ในผลิตภัณฑ์อาหาร

ข้อดีของการใช้สารทดแทนไขมันชนิดนี้ในผลิตภัณฑ์

1. ช่วยควบคุมปริมาณไขมันและพลังงาน

Olestra จะไม่ให้พลังงานและไขมันกับร่างกาย เช่น ในมันฝรั่งแผ่น (potato chips) 1 ออนซ์จะไม่มีไขมันและสามารถลดพลังงานได้โดยไม่ทำให้เสียรสชาติ

2. ให้รสชาติที่ดี

Olestra จะมีคุณสมบัติและรสชาติคล้ายไขมัน ผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ใช้ Olestra เป็นสารทดแทนไขมันจึงมีรสชาติคล้ายกับผลิตภัณฑ์ไขมันเต็ม

3. เพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์อาหารว่างปราศจากไขมันหรือไขมันต่ำ ให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการบริโภคผลิตภัณฑ์หลากหลายมากยิ่งขึ้น

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ใช้ Olestra เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ Frito – Lay's WOW! TM, potato chips (Lay's, Ruffles และ Doritos), Nabisco's Fat free Ritz และ Fat free wheat thins crackers, P&G's Fat – free Pringles นอกจากนี้ Olestra ยังเหมาะสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีกหลายชนิด ได้แก่ french fries น้ำสลัด ไอศกรีม มاکาโรน และ ชีส สามารถใช้ทดแทนไขมันบางส่วนหรือทั้งหมดในเนยขาว และ น้ำมันที่ใช้ทอด (cooking oil)

5.6.3.7 Sorbestrin

เป็นสารซึ่งให้พลังงานต่ำ สามารถทนต่อความร้อน และใช้ทดแทนไขมันใน liquid fat ประกอบไปด้วย fatty acid ester ของ sorbitol และ sorbitol anhydried ให้พลังงาน 1.5 แคลอรี/กรัมสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านการทอด น้ำสลัด มายองเนส และ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ

5.6.3.8 Trialkoxytricarbyllate (TATCA)

Trialkoxytricarbyllate (TATCA) เป็น carboxylic acid ซึ่งถูก esterified ด้วย fatty alcohols สามารถนำไปประยุกต์ใช้ใน มاکาโรน และ ผลิตภัณฑ์มายองเนส

US Food Labeling Regulation ได้กำหนดการการระบุการลดลงของปริมาณไขมันและพลังงานบนฉลากของผลิตภัณฑ์ดังนี้

ไขมัน (fat)

1. **fat – free** หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่า 0.5 กรัม / reference serving size
2. **low fat** หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 กรัม / reference serving size
3. **reduced or less fat** หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 % / serving regular (full fat) product

แคลอรี (calories)

1. **calorie – free** : ให้พลังงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 แคลอรี / reference serving size
2. **low calorie** : ให้พลังงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 แคลอรี / reference serving size
3. **reduced or fewer calories** : ให้พลังงานน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ไขมันเต็ม 25 % / reference serving size
4. **light calories** : ให้พลังงานต่ำกว่า $\frac{1}{3}$ หรือ $\frac{1}{2}$ ของไขมันใน reference food