

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มันเทศ (*Ipomoea batatas* L.)

พืชหัว (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่ม 5, 2523) มันเทศเป็นพืชที่เป็นเถาเลื้อยราบไปบานพื้นดินมีรากสะสมอาหารขยายใหญ่เรียกว่าหัว หัวมันเทศมีคุณสมบัติประโยชน์มากเพราะใช้เป็นอาหารของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี มันเทศปรุงอาหารได้ทั้งคาวหวานอาหารคาวได้แก่ แกงเลียง แกงคั่ว แกงกะหรี่และแกงมัสมั่น เป็นต้น หัวมันเทศมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงจึงใช้รับประทานแทนข้าวได้นอกจากเป็นอาหารของมนุษย์แล้วมันเทศยังใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์ได้อีกด้วยเช่น เป็นอาหารสุกร อาหารโค และอาหารแพะ เป็นต้น มันเทศใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ทั้งหัว เถา และใบ ทั้งยังเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมได้หลายอย่างเช่น ใช้ทำแป้ง ทำอัลกอฮอล์ ทำเหล้า และทำน้ำส้ม

มันเทศเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญอันดับที่ 5 ของโลกรองจากข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวโพดและมันฝรั่ง ในประเทศไทยแม้จะปลูกมันเทศกันทั่วไปแต่ปริมาณการเพาะปลูกมีไม่มาก เพราะ มีข้าวเจ้าเป็นอาหารหลักอยู่แล้ว

มันเทศนับว่าเป็นพืชที่เหมาะสมกับดินฟ้าอากาศของประเทศไทยอย่างยิ่งเพราะสามารถเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตของหัวค่อนข้างสูงมันเทศปลูกได้ปีละ 2 ครั้ง คือในฤดูฝนตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนมิถุนายนและอีกครั้งหนึ่งหลังฤดูฝน คือในราวเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายนการปลูกมันเทศเริ่มจากการเตรียมดินไถและพรวน 2-3 ครั้ง เสร็จแล้วยกร่องห่างกันประมาณ 1 เมตรความสูงของร่องประมาณ 50 เซนติเมตรแล้วตัดเถามันเทศยาวประมาณ 50 เซนติเมตร ผึ่งลงไปบนสันร่องห่างกันประมาณ 50 เซนติเมตรจากนั้นก็พรวนดินและกำจัดวัชพืชถ้าไม่ได้ปลูกในฤดูฝนก็ต้องคอยรดน้ำมันเทศจะทอดยอดงอกงาม เมื่อคอยต่อไป 90-150 วัน หัวมันเทศก็จะแก่และขุดได้

จากสถิติการปลูกมันเทศของกรมส่งเสริมการเกษตรปี 2547 พื้นที่ปลูกมันเทศทั่วประเทศ ประมาณ 45,261 ไร่ ผลผลิตรวม 108,977 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 2,408 กิโลกรัมต่อไร่แหล่งปลูกมันเทศเพื่อเป็นการค้าที่สำคัญในประเทศไทยมี เชียงใหม่ เชียงราย สุโขทัย พิจิตร พิษณุโลก หนองคาย อุบลราชธานี ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ อุดรธานี สุพรรณบุรี ราชบุรี กาญจนบุรี นครปฐม ปราจีนบุรี ระยอง ตราด นครศรีธรรมราช และพัทลุง เป็นต้น

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มันเทศมีชื่อภาษาจีนว่า "ฮวงกั้ว" ชาวพื้นเมืองในอเมริกาใต้ เรียกมันเทศว่าบาตาตาส ชาวยุโรปได้เอาสำเนียงชาวพื้นเมืองไปใช้และเพี้ยนไปเป็น โปเตโต (potato) เนื่องจากมี 2 ชนิดด้วยกัน คือ ชนิดหวานและไม่หวาน ชนิดหวานเรียกว่า สวีทโพเตโต (sweet potato) คือ มันเทศนั่นเอง ส่วนชนิดไม่หวานเรียกว่า ไอร์ชโพเตโต (Irish potato) หรือเรียกว่ามันฝรั่ง มันเทศมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า อีโพเมียบาตาตาร (Ipomoea batatas L.) และอยู่ในวงศ์คอนโวลูลาเซีย (Convolvulaceae) พืชที่อยู่วงศ์นี้จะพบมากในแถบเส้นศูนย์สูตรและภายใต้แถบศูนย์สูตรมีลำต้นเป็นเถาหรือเป็นพุ่มตั้งตรงและมีจำนวนน้อย ที่เป็นประเภทไม้ยืนต้นพืชพวกนี้อาจเจริญในที่แห้งแล้งในน้ำ และอาจเป็นพวกตัวเบียน (parasite) โดยทั่วไปแล้วเมื่อใบหรือลำต้นเป็นแผลพืชในวงศ์นี้จะให้น้ำยางสีขาว

สกุลที่สำคัญที่สุดของวงศ์คอนโวลูลาเซียคืออีโพเมีย ซึ่งมีอยู่ประมาณ 400 ชนิดแต่มีมันเทศเป็นพืชปลูกเพียงชนิดเดียวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยทั่วไปแล้ว สกุลอีโพเมียเป็นพืชที่มีเถาพันคดเคี้ยวไปมาหรือเลื้อยราบไปบนพื้นดินและมีจำนวนน้อยที่เป็นพุ่มตั้งตรง (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 5, 2523)

รากมันเทศมีระบบรากแบบรากฝอยซึ่งเกิดจากข้อของลำต้นที่ใช้ปลูกหรือเกิดจากลำต้นที่ทอดไปตามพื้นดินรากมันเทศจะเป็นที่สะสมอาหารและใช้รับประทานได้

ใบเป็นแบบใบเดี่ยวเกิดสลับกันบนข้อของลำต้นมีขนาดและรูปร่างต่างกันความแตกต่างของใบนั้นมิใช่เกิดจากพันธุ์เท่านั้นแม้แต่ในต้นเดียวกันก็อาจมีรูปร่างแตกต่างกันได้บางใบมีขอบใบเรียบบางใบมีใบเป็นแฉกและบางใบมีรูปร่างคล้ายหัวใจ เป็นต้นใบมีขนาดเล็กน้อยและมักจะมีสีม่วงอยู่ตามเส้นใบก้านใบอาจจะยาวหรือสั้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์นั้นๆ

ดอกมันเทศที่ปลูกในเขตอบอุ่นมักไม่ออกดอกส่วนการปลูกในเขตร้อนจะออกดอกแต่มักไม่ติดเมล็ดดอกเกิดตามมุมของใบ มีก้านช่อดอก (peduncle) แข็งแรง ซึ่งมักจะยาวกว่าก้านใบ ดอกมีกลีบเลี้ยง (sepal) 5 กลีบ ซึ่งโดยปกติจะแยกเป็นอิสระซึ่งกันและกันหรืออาจเชื่อมติดกันที่โคนกลีบดอก (petal) มี 5 กลีบ กลีบดอกเหล่านั้นจะเชื่อมติดกันเป็นรูปกรวย (corolla tube) มีลักษณะคล้ายดอกผักบุ้งกลีบดอกมีสีชมพูปนม่วง มีเกสรตัวผู้ (stamen) 5 อัน และแยกเป็นอิสระซึ่งกันและกัน ก้านชูอับเกสรตัวผู้เรียกว่าก้านอับเกสรมีความยาวไม่เท่ากันและเชื่อมติดอยู่กับฐานของกลีบดอก รังไข่ มี 2 ส่วน บางดอกอาจจะมี 4 ส่วนแต่ละส่วนจะมีไข่ 1 หรือ 2 ที่รับละอองเกสรตัวผู้ (stigma) มี 2 แฉกอยู่ที่ก้าน (style) เชื่อมติดกับรังไข่

ผลมีเปลือกแข็งหุ้ม มีลักษณะเป็นแคปซูล (capsule) ภายในเปลือกแข็งมีเมล็ดเล็กสีดำ ค่อนข้างแบนด้านหนึ่งของเมล็ดเรียบส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นเหลี่ยมทางด้านเรียบจะเห็นรอยที่เมล็ดติดกับผนังรังไข่เรียกว่าไฮลัม (hilum) และมีรูเล็ก ๆ เรียกว่า ไมโครไพล์ (micropyle) เปลือกของเมล็ดค่อนข้างหนาและน้ำซึมผ่านได้ยาก

หิวมันเทศลงหัวในระดับความลึกไม่เกิน 9 นิ้ว หิวมันเทศเกิดจากการขยายตัวของรากซึ่งเนื้อเยื่อภายในรากที่เรียกว่าพาราเรโนไคมา (parenchyma) เป็นส่วนที่สะสมแป้งรากที่ขยายตัวเป็นหัวขึ้นมาอาจเกิดจากรากของลำต้นที่ใช้ปลูกหรือจากรากที่เกิดจากข้อของลำต้นที่เลื้อยไปตามดินก็ได้ ดังนั้นมันเทศต้นหนึ่ง ๆ อาจมีหัวมากกว่า 50 หัว ลักษณะหัวส่วนมากมีรูปร่างทรงกระบอกด้านหัวท้ายเรียวยาวตรงกลางป่องออกสี่ผิวของหัวและสีของเนื้ออาจจะเป็นสีแดงเหลือง ขาว หรือสีน้ำตาลแตกต่างกันไปตามพันธุ์ผิวอาจจะเป็นเรียบหรือขรุขระและมักจะมีรากแขนงเกิดในร่องของหัวมันเทศ นอกจากจะให้อาหารจำพวกแป้งแล้วยังอุดมสมบูรณ์ไปด้วยวิตามิน เอ (โดยเฉพาะหัวที่มีสีเหลือง) วิตามิน บี และ ซีอีกด้วย

การเก็บหัวและการรักษา

เมื่อมันเทศมีอายุประมาณ 90-150 วันก็อาจเก็บหัวได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปอายุเก็บหัวสำหรับพวกที่ปลูกในฤดูฝนจะยาวกว่าพวกที่ปลูกในฤดูแล้งประมาณ 30-40 วัน

บางแห่งนิยมรับประทานยอดมันเทศเป็นผักหรืออาจใช้เป็นอาหารสัตว์การทดลองในประเทศฟิลิปปินส์แสดงให้เห็นว่าการเด็ดยอดนั้นจะทำให้หัวที่ได้ลดลงอย่างมากนอกจากนั้นก็ยังพบว่าราคาของหัวมันเทศรวมกับราคาของยอดในแปลงที่เด็ดออกนั้นได้เงินน้อยกว่าราคาของหัวมันเทศจากแปลงที่มีได้เด็ดยอดเลย

เครื่องมือที่ใช้ขุดหัวมันเทศโดยทั่วไปและได้ผลดีก็คือจอบ เสียม และไถการใช้จอบและเสียมนั้นจะต้องขุดที่ละหลุมส่วนการไถนั้นก็ใช้ไถผ่านไประหว่างแถวเพื่อขุดหัวขึ้นมาวิธีการเช่นนี้กระทำได้รวดเร็วแต่ส่วนมากหัวจะหักและเป็นแผล หัวมันเทศที่หลงเหลืออยู่จะต้องใช้จอบหรือเสียมช่วยอีกครั้งหนึ่ง

ผลผลิตของหัวหรือน้ำหนักหัวที่ได้ขึ้นขึ้นอยู่กับดินที่ใช้ปลูกฤดูปลูก และปัจจัยอื่น ๆ เช่น การใส่ปุ๋ยและการให้น้ำเป็นต้นโดยทั่วไปแล้วพันธุ์พื้นเมืองพันธุ์หัวสีขาวจะมีน้ำหนักหัวประมาณ 2 ตันต่อไร่ในฤดูแล้งแต่ในฤดูฝนจะมีน้ำหนักหัวประมาณ 8 ตันต่อไร่ พันธุ์หัวสีแดงจะมีน้ำหนักหัวต่ำกว่านี้

มันเทศสดสามารถเก็บไว้ใช้ทำประโยชน์ได้นานพอสมควรถ้าเก็บไว้ในที่โปร่งไม่อับลม และในที่ที่มีอากาศเย็น เช่นในห้องใต้ถุนบ้านควรใช้หัวที่เป็นผลและผิวชอกช้าเสียก่อน

ปริมาณการผลิตมันเทศ

ทั่วโลกสามารถผลิตมันเทศได้ 131.7 ล้านตันและทวีปเอเชียสามารถผลิตได้สูงสุดคือ 121.8 ล้านตันโดยเฉพาะในประเทศจีนผลิตได้ถึง 112.2 ล้านตันหรือประมาณร้อยละ 80 ของผลผลิตรวมทวีปยุโรปผลิตได้น้อยที่สุดคือ 77,000 ตันสำหรับในประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกมันเทศในปีเพาะปลูก 2538 - 2539 จำนวน 36,919 ไร่ผลผลิตประมาณ 90,913 ตันและผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 2.462 ตัน/ไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกมันเทศในปีเพาะปลูก 2537 - 2538 ซึ่งมีเนื้อที่ปลูก 39,652 ไร่จะเห็นได้ว่าลดลงร้อยละ 6.89 มันเทศปลูกมากที่สุดในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยมีเนื้อที่เพาะปลูกในปี 2538 - 2539 ประมาณ 12,959 ไร่ผลผลิตประมาณ 32,434 ตันและผลผลิตเฉลี่ย 2.502 ตัน/ไร่รองลงมาคือภาคตะวันตกภาคใต้ภาคเหนือภาคกลางและภาคตะวันออกตามลำดับแหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ สุพรรณบุรีมีเนื้อที่ปลูก 7,710 ไร่คิดเป็นร้อยละ 20.88 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศผลผลิตประมาณ 25,195 ตันคิดเป็นร้อยละ 26.60 ของผลผลิตทั้งประเทศและผลผลิตเฉลี่ย 3.267 ตัน/ไร่ (วิภาภรณ์ วรณธนาเลิศ, 2546)

องค์ประกอบของมันเทศ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของมันเทศพบว่ามีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ (Salunkhe and Kadam, 1998)

1. แป้ง (starch) หัวของมันเทศมีแป้งประมาณร้อยละ 15 - 28 เมื่อได้รับความร้อนจากการทำอาหารแป้งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลมอลโตส (maltose)
2. น้ำตาล (sugars) ประกอบด้วย ฟรุกโตส (fructose), กาแลคโตส (galactose), กลูโคส (glucose), ซูโครส (sucrose), มอลโตส (maltose) และ อินอซิทอล (inositol) หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วนำไปไว้ในโรงเก็บแป้งในหัวมันเทศจะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล sucrose
3. เอนไซม์ (enzymes) มี α -amylase และ β -amylase ซึ่งความคงทนถึงแม้จะได้รับความร้อนและจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้ในโรงเก็บ
4. กรดอินทรีย์ (organic acid) เป็นกลุ่มสารที่ไม่ระเหยมีผลต่อรสชาติของมันเทศเพียงเล็กน้อยเช่นกรด succinic, malic, citric และ quinic ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์

5. โปรตีน (protein) หัวมันเทศมีโปรตีนประมาณร้อยละ 1.0 - 2.5 หรือประมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักแห้งบริเวณผิวหรือเปลือกจะมีมากกว่าส่วนอื่นๆและมีสารประกอบของกรดอะมิโน (amino acid) ที่สำคัญได้แก่ threonine, methionine, tyrosine, phenylalanine, proline, glycine, alanine, histidine, tryptophan, serine, valine, leucine, isoleucine, arginine และ lysine

6. วิตามินและแร่ธาตุ (vitamins and minerals) มันเทศมีวิตามิน A สูงถึง 7100 IU/100 กรัมและวิตามิน B ซึ่งมีมากกว่าในผักชนิดอื่นมันเทศที่มีเนื้อสีเหลืองหรือส้มจะมีปริมาณของ แคโรทีน (carotene) สูงถึง 10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ β - carotene ซึ่งเป็นตัวตั้งต้นในการผลิตวิตามิน A และเป็นแหล่งของวิตามิน C (ascorbic acid) ในปริมาณ 20 - 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม นอกจากนี้หัวของมันเทศยังมีแร่ธาตุพวกโปแตสเซียม (potassium) และ ฟอสฟอรัส (phosphorus) ในปริมาณมากอีกด้วย

7. สารระเหย (volatile compounds) สกัดได้จากผิวเปลือกของมันเทศมีโครงสร้างเป็นวงแหวนกลุ่ม aromatic ได้แก่ aldehydes, alcohols, ketone, aromatic hydrocarbons, heterocyclic compounds (pyridine and furan derivatives) และ palmitic acid สำหรับมันเทศที่ผ่านความร้อนจากการทำอาหารแล้วจะพบสารตัวใหม่เพิ่มขึ้นคือ limonene, cineole, terpineol, β - cyclocitral, α - cadinene และ palmitic acid

8. รงควัตถุ (pigments) ในมันเทศมี β - carotene ในปริมาณมากโดยเฉพาะมันเทศที่มีเนื้อสีส้มหรือเหลืองมากกว่าในมันเทศที่มีเนื้อสีขาวส่วนมันเทศที่มีเนื้อสีแดงและสีม่วงจะมี anthocyanin ในปริมาณสูง

การใช้ประโยชน์ของมันเทศ

หัวมันเทศมีแป้ง โปรตีน ไขมัน และ วิตามินต่างๆ ค่อนข้างมากดังนั้นจึงใช้เป็นอาหารมนุษย์และสัตว์ได้เป็นอย่างดีคุณค่าอาหารของหัวมันเทศและยอดอ่อนเมื่อมีน้ำหนัก 100 กรัม จะมีคุณค่าดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 องค์ประกอบของมันเทศน้ำหนัก 100 กรัม

| | หัว | | ยอดอ่อน | |
|--------------------|-------------|-----------|---------|-----------|
| น้ำ | 70.00 | กรัม | 85.00 | กรัม |
| แคลอรี | 100.00 | | 48.00 | |
| แป้ง | 25.00 | กรัม | 9.20 | กรัม |
| โปรตีน | 1.70 | กรัม | 3.60 | กรัม |
| ไขมัน | 0.30 | กรัม | 0.70 | กรัม |
| เถ้า | 1.00 | กรัม | 1.50 | กรัม |
| แคโรทีน | 2,000-5,000 | หน่วย | 6,000 | หน่วย |
| ในเนื้อหัวสีเหลือง | | | | |
| วิตามินบี | 10.10 | มิลลิกรัม | 0.12 | มิลลิกรัม |
| ไรโบฟลาวิน | 0.05 | มิลลิกรัม | 0.24 | มิลลิกรัม |
| ไนอาซีน | 1.70 | มิลลิกรัม | 0.09 | มิลลิกรัม |
| วิตามินซี | 25.00 | มิลลิกรัม | 27.00 | มิลลิกรัม |

ที่มา: สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่ม 5, 2523

คุณค่าทางอาหารซึ่งเปรียบเทียบระหว่างหัวและยอดอ่อนแล้วจะเห็นได้ว่ายอดอ่อนนั้นมีคุณค่าทางอาหารมากกว่าหัวเกือบทุกรายการยกเว้นปริมาณแป้งและแคลอรีของแรงงานที่ให้อาหารนั้นจึงได้รับประทานเป็นผักได้เป็นอย่างดี

ประโยชน์ที่ได้จากหัวมันเทศ

1. ประโยชน์ที่ได้จากหัวมันเทศในระดับครัวเรือน เป็นการรับประทานที่พบเห็นได้ในทุกๆไปและนิยมนำมาใช้กันในแทบทุกภาคของประเทศไทยอาจจำแนกได้ดังนี้

1.1 ใช้ทำเป็นของคาว เช่น แกงเลียง แกงคั่วแกงกะหรี่ และแกงมัสมั่น เป็นต้น

1.2 ใช้ทำเป็นของหวาน เช่น แกงบวดมันทอดรังนก ฉาบ เชื่อม กวน ต้มน้ำตาลและมันปิ้ง เป็นต้น

1.3 ใช้เลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะสุกรให้มันเทศอย่างเดียวหรือผสมกับอาหารอื่นก็ได้

นอกจากหัวแล้วยอดมันเทศยังใช้รับประทานแทนผักและใช้เลี้ยงสัตว์ได้เป็นอย่างดีบางแห่งปลูกมันเทศเพื่อใช้เลี้ยงสุกรโดยเฉพาะคือเมื่อมันเทศทอดยอดและลงหัวดีแล้วก็ปล่อยให้สุกรลงไปกินยอดใบ และขูดหัวกินเอง

2. ประโยชน์ที่ได้จากหัวเทศในระดับอุตสาหกรรม มันเทศมีการปลูกทั่วโลก ในพื้นที่ 12 ล้านเฮกตา มากกว่า 90 ประเทศ โดยใช้เป็นอาหารของมนุษย์และอาหารสัตว์ในหลายประเทศเช่น เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น และไต้หวัน มีการนำหัวมันเทศมาใช้ในการผลิตเป็นวัตถุดิบในการทำสตาร์ช อัลกอฮอล์ และเครื่องดื่มอัลกอฮอล์ เป็นต้น

มันเทศแผ่นทอดกรอบ (sweet potato chip) มีวิธีการผลิตคล้ายกับมันฝรั่งทอดกรอบ โดยนำหัวมันสดมาปอกเปลือก ตัดแต่ง ล้าง หั่นเป็นชิ้นบาง แล้วนำไปทอดที่ความร้อนประมาณ 325 - 375 องศาฟาเรนไฮต์ นาน 16 - 60 วินาที ซึ่งบางส่วนของน้ำมันที่ใช้ทอดจะถูกดูดซับไว้ เป็นการช่วยเพิ่มกลิ่นรสและพลังงานในอาหารด้วย ส่วนใหญ่ผลิตกันขึ้นแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ แบบหวาน แบบเค็ม และแบบที่มีการเติมเครื่องเทศ ในประเทศจีนนิยมบริโภค มันเทศทอดกรอบแบบหวาน ในสหรัฐอเมริกาและประเทศอื่นๆนิยมรับประทานแบบเค็มในโอกาสต่างๆ (คมคาย ศรีสถาพร, 2536)

แป้งมันเทศ (sweet potato flour) ได้จากการต้มมันเทศให้สุก ทำให้แห้งแล้วบดเป็นผง ใช้มากในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และอาหารว่าง แป้งมันเทศสามารถแทนแป้งสาลีได้ในการคุกกี้น้ำตาล 25 ถึง 50 และแทนที่ในการทำขนมปังได้ร้อยละ 15 ถึง 20 (Martin, 2000) ใช้แป้งมันเทศในการผลิตเค้กกาแฟได้สูงสุดไม่เกินร้อยละ 75 (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ, ปรีชาทิ จรุงจิตตานุสนธิ์ และ ศิวพร ศุภธาดาพงศ์, 2539) แป้งมันเทศจากมันเทศพันธุ์เกษตรและพันธุ์ไซสามารถผลิตได้น้ำตาลได้ร้อยละ 20 (สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ และคณะ, 2534) ใช้แป้งมันเทศในการผลิตบราวนี่ได้สูงถึงร้อยละ 80 (Montais and Ramirez, 1995)

Patties และ Formed sweet potatoes ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ทำมาจาก หัวเทศของมันเทศ Patties จะเติมแป้งเพื่อให้เกิดรูปร่างผิวด้านนอกอาจเคลือบด้วยครีมแล้วนำไปแช่แข็ง ส่วน Formed sweet potatoes ทำคล้ายกัน โดยนำหัวเทศใส่ลงในภาชนะ เติมแป้งเล็กน้อยเพื่อให้มีความคงตัว อาจมีการเติมส่วนประกอบอื่นๆ ลงไปด้วย เช่น สับปะรด ลูกเกด แยมขึ้นเล็กๆ เนยเทียม เป็นต้น แล้วนำไปแช่แข็งเก็บไว้ที่ -25 องศาเซลเซียส (คมคาย ศรีสถาพร, 2536)

มันเทศแห้งที่ทำเป็นเกล็ดบางๆ (sweet potato flakes) ผลิตจากมันเทศที่บดแล้วทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer)

มันเทศกระป๋อง (canned sweet potatoes) มักบรรจุในรูปแบบต่างๆกัน เช่น รูปลูกบาศก์ แท่งสี่เหลี่ยมยาว โดยมีน้ำเกลือเป็นส่วนผสม

มันเทศทอดแช่แข็ง (frozen French fried sweet potatoes) ทำจากมันเทศที่ตัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยมยาวลวกน้ำร้อนแล้วทอดในน้ำมัน นำไปแช่เย็นจนแข็ง (Blenford, 1982)

มันเทศบดน้ำผึ้ง นำมันเทศมาหนึ่งทั้งหัว จากนั้นปอกเปลือกมันเทศแล้วนำมาบดใส่ถ้วย ราวด้วยน้ำผึ้ง เป็นผลิตภัณฑ์ของหวานเพื่อสุขภาพ

มันเทศอบกรอบ ผ่านมันเทศทั้งเปลือกเป็นแผ่นบางๆ จากนั้นพรมด้วยน้ำมันมะกอก แล้วนำมันเทศแผ่นบางๆไปอบด้วยความร้อน 400 องศาฟาเรนไฮต์ จนมีสีเหลืองกรอบ รับประทานสำหรับเป็นของว่าง

สลัดมันเทศ นำมันเทศไปนึ่งให้สุก จากนั้นหั่นเป็นชิ้นๆใส่ถ้วยสลัด เติมหอมหัวใหญ่ซอย และผักสลัดตามชอบ จากนั้นราดน้ำมันมะกอก แล้วปรุงรสด้วยผงกระหรี่ และเกลือทะเล

ผลิตภัณฑ์พิเศษประเภทอื่นๆ ได้มีการนำมันเทศมาผลิตอาหารเด็กอ่อน ซอส ลูกกวาด อาหารขบเคี้ยว แครกเกอร์ เส้นก๋วยเตี๋ยว และอื่นๆ (Lilia, Linda and Corke, 1997)

การจัดการและใช้ประโยชน์จากกากของเสีย

ในหัวมันสำปะหลัง 1 หัว มีกากของเสียจากการผลิตแป้งมัน ได้แก่ เศษเหง้า ส่วนของเปลือก และกากมัน ซึ่งส่วนของเปลือกมีประมาณ 4.08 – 14.08 กรัมต่อร้อยละของน้ำหนักหัว ซึ่งทั้งหมดเป็นสารอินทรีย์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการเพาะเห็ด หรือเป็นอาหารสัตว์ มีรายงานของ Leszcynski (1989) รายงานว่า มันฝรั่งเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีปริมาณฟีนอลิกอยู่มากโดยเฉพาะบริเวณและเนื้อเยื่อติดกับเปลือก สารที่มีปริมาณมากที่สุดคือ กรดฟีนอลิกชนิดต่างๆ และวานิลลิน (vanillin) ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพในการเป็นสารวัตถุกันเหิน โดยยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันในอาหารได้ (Rodriguez, Hadley and Holm, 1994; Onyeneho and Hettiarachchy, 1993)

สารประกอบฟีนอลิกในมันฝรั่ง

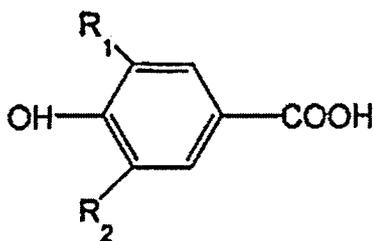
Leszcynsk (1989) กล่าวว่า สารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในหัวมันฝรั่ง ได้แก่ โพลีฟีนอล (polyphenol) โมโนไฮดริกฟีนอล (monohydricphenol) คูมารีน (coumarine) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ฟลาโวน (flavone) แทนนิน (tannin) และลิกนิน (lignin) สารที่มีปริมาณมากที่สุดคือ กรดฟีนอลิก ได้แก่ กรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acid) มีปริมาณถึง 4.90 ถึง 46.20 มิลลิกรัม

ต่อร้อยกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือกรดแคฟเฟอิก (caffeic acid) และกรดอื่นๆ เช่น เฟอรูลิก (ferrulic acid) และวานิลลิน (vanillin) ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกดังกล่าวพบในบริเวณเปลือกและเนื้อเยื่อติดกับเปลือกมากกว่าส่วนเนื้อของมันฝรั่งถึงประมาณ 10 เท่า

กรดฟีนอลิกในมันฝรั่ง (Macheix, Fleuriet and Billot, 1990)

กรดฟีนอลิกในมันฝรั่งมี 2 กลุ่ม ได้แก่

1. กรดไฮดรอกซีเบนโซอิกและอนุพันธ์ (hydroxybenzoic acid and derivatives) โครงสร้างพื้นฐานของสารในกลุ่มนี้ เป็น $C_6 - C_1$ ซึ่งเป็นอนุพันธ์โดยตรงของกรดเบนโซอิก ชนิดของกรดจะขึ้นกับหมู่ไฮดรอกซิล (*p* - hydroxybenzoic acid) กรดวานิลลิก (vanillic acid) กรดไซริงจิก (syringic acid) กรดแกลลิก (gallic acid) และกรดโปรโตแคทาคิวอิก (protocatechuic acid) เป็นต้น โครงสร้างของกรดไฮดรอกซีเบนโซอิกและอนุพันธ์ แสดงดังภาพ 1

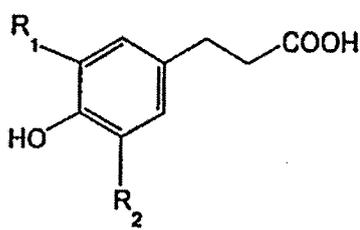


| Acid | R ₁ | R ₂ |
|---------------------------|-------------------|-------------------|
| <i>p</i> - Hydroxybenzoic | H | H |
| Protocatechuic | H | OH |
| Vanillic | CH ₃ O | H |
| Syringic | CH ₃ O | CH ₃ O |
| Gallic | OH | OH |

ภาพ 1 สูตรโครงสร้างของกรดไฮดรอกซีเบนโซอิกและอนุพันธ์

ที่มา: Macheix, Fleuriet and Billot, 1990

2. กรดไฮดรอกซีซินนามิก และอนุพันธ์ (hydroxycinnamic acid and derivatives) โครงสร้างพื้นฐานของสารในกลุ่มนี้ เป็น $C_6 - C_3$ ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของกรดซินนามิก ชนิดของกรดจะขึ้นกับหมู่ไฮดรอกซิล และเมทอกซิลในโครงสร้างวงแหวนเบนซีนเช่นกัน ตัวอย่างกรดในกลุ่มนี้ได้แก่ กรดพารา-คูมาริก (p - coumaric acid) กรดแคฟเฟอิก กรดเฟอร์ูลิก เป็นต้น ดังแสดงในภาพ 2 บางชนิดมักอยู่ในรูปเอสเทอร์กับหมู่แอลกอฮอล์ของสารอื่น เช่น กรดคลอโรจินิกเป็นเอสเทอร์ของกรดแคฟเฟอิกและกรดควินินิก (quinnic acid)

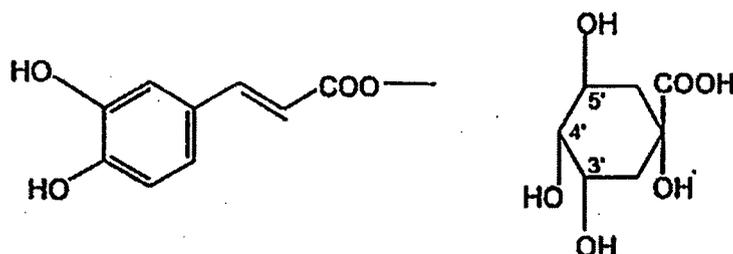


| Acid | R ₁ | R ₂ |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| <i>p</i> -coumaric | H | H |
| Caffeic | H | OH |
| Ferulic | CH ₃ O | H |
| Sinapic | CH ₃ O | CH ₃ O |

5' - Caffeoylquinic acid = Chlorogenic acid

4' - Caffeoylquinic acid = Cryptochlorogenic acid

3' - Caffeoylquinic acid = Neochlorogenic acid



ภาพ 2 สูตรโครงสร้างของกรดไฮดรอกซีซินนามิกและอนุพันธ์

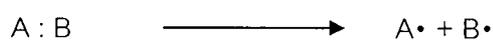
ในการทดลองของ Onyeneho and Hettiarachchy (1993) พบว่า สารสกัดด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 จากเปลือกมันฝรั่ง มีประสิทธิภาพในการเป็นวัตถุกันหืนในน้ำมันถั่วเหลืองโดยเปรียบเทียบกับการใช้บีทีเอชคิว และวัตถุกันหืนผสมระหว่างบีเอชเอกับบีเอชที เมื่อนำมาวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกด้วยเครื่อง HPLC พบว่าสารประกอบฟีนอลิกที่มีปริมาณมากที่สุด 5 ชนิดในเปลือกมันฝรั่ง ได้แก่ กรดคลอโรจีนิก กรดแคฟเฟอิก กรดแกลลิก กรดโพรโตแคทีคูอิก และกรดพารา - ไฮดรอกซีเบนโซอิก ตามลำดับ

Rodrigue, Hadley and Holm (1994) ได้ทดลองสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกมันฝรั่งที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหาร ด้วยน้ำเดือด พบว่าองค์ประกอบหลักของสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้มี 4 ชนิด ได้แก่ กรดคลอโรจีนิก กรดแกลลิก กรดโพรโตแคทีคูอิก และกรดแคฟเฟอิก และได้นำมาทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นวัตถุกันหืนในน้ำมันเมล็ดทานตะวัน พบว่าสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันได้ใกล้เคียงกับบีเอชเอ

อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (Free radical) คือโมเลกุลที่ขาดอิเล็กตรอนไป 1 ตัว ทำให้ตัวของมันเองไม่เสถียร จึงทำให้เกิดการแย่งชิงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นๆไปตลอดเวลา จนเกิดเป็นปฏิกิริยาที่เรียกกันว่า ปฏิกิริยาลูกโซ่ สำหรับผิวหนังของมนุษย์เมื่อถูกอนุมูลอิสระเข้ามาจับกับคอลลาเจน ทำให้คอลลาเจนถูกทำลาย ส่งผลให้ผิวหนังของมนุษย์ขาดความแข็งแรง แก่ก่อนวัย ซึ่งอนุมูลอิสระสามารถพบได้รอบตัวเรา ได้แก่ แสงแดด ฝุ่นละออง ควันบุหรี่ ควันพิษ สารเคมี เป็นต้น และปัจจุบันมลพิษต่างๆ มีเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากส่งผลให้กับสุขภาพผิวพรรณ อนุมูลอิสระเป็นสารที่มีอะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยว (singlet หรือ unpaired electron) เป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย จำนวนอิเล็กตรอนไร้คู่นี้อาจมีหนึ่งตัวหรือหลายตัวต่อหนึ่งอนุมูลอิสระก็ได้ ปกติอะตอมของธาตุอื่นเสมอ ตัวอย่างอนุมูลอิสระคือ Super oxide radical ($O_2 \cdot$), hydroxyl radical ($^{\circ}OH$), peroxy radical ($^{\circ}OOH$) อนุมูลอิสระเกิดขึ้นได้ทั้งภายในร่างกายและภายนอกในร่างกาย เช่น เกิดที่ mitochondria, microsome, peroxisome หรือ เกิดจากสารเคมี รังสี ยาบางชนิด และความร้อน กลไกการเกิดอนุมูลอิสระเป็นดังต่อไปนี้

1. การแตกของพันธะโควาเลนต์แบบไฮโมไลซิส



2. การเพิ่มอิเล็กตรอน 1 ตัวให้แก่อะตอมที่เป็นกลาง (ทางไฟฟ้า)



3. การสูญเสียอิเล็กตรอน 1 ตัวจากอะตอมที่เป็นกลาง (ทางไฟฟ้า)



อนุมูลอิสระและสารที่เกี่ยวข้องในทางชีววิทยา สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (Reactive Oxygen Species, ROS) กลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (Reactive Nitrogen Species, RNS) และกลุ่มที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบสำคัญ (Reactive Chlorine Species, RCS) (สุภามาศ อินทฤทธิ์, 2547)

สารต้านอนุมูลอิสระ

เป็นสารที่สามารถยับยั้งออกซิเดชันในสิ่งมีชีวิต จะมีระบบป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระอยู่แล้ว ซึ่งประกอบได้ด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมากมายหลายชนิดที่ทำหน้าที่แตกต่างกันไป บางชนิดเป็นเอนไซม์ บางชนิดเป็นสารประกอบ บางชนิดเป็นสารที่ละลายในน้ำได้ บางชนิดละลายในไขมันได้ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ทำหน้าที่ในการป้องกันและกำจัดการก่อตัวของอนุมูลอิสระ รวมทั้งยังทำหน้าที่ในการซ่อมแซม สารแอนติออกซิแดนซ์ที่มีการนำมาใช้ในปัจจุบัน มีทั้งที่ได้มาจากธรรมชาติ (natural substance) และสารสังเคราะห์ (synthetic substance) (โสภา วัชรคุปต์, 2549)

สารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติ

สารธรรมชาติที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ จะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้ไฮโดรเจนของหมู่ OH ในสารประกอบฟีนอล ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของสาร (antioxidant activity) ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและจำนวนของหมู่ OH รวมทั้งโครงสร้างอื่นๆของโมเลกุล สารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติที่สำคัญมีดังนี้ (โสภา วัชรคุปต์, 2549; สุภามาศ อินทฤทธิ์, 2547)

1. สารกลุ่ม monophenol และ phenolic acid

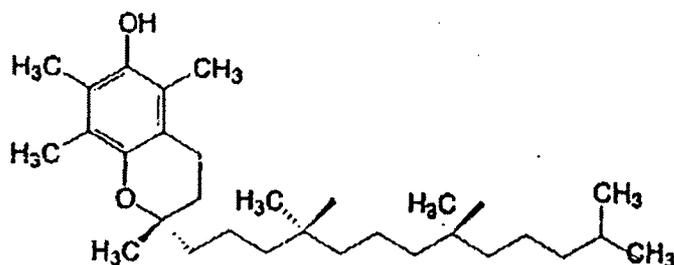
สารประกอบฟีนอลิกจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้รับจากภายนอกและพบมากในพืช ผักผลไม้ ชาเขียว ชาดำและไวน์แดง มีคุณสมบัติเป็นสารอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนอะโรมาติกที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อยหนึ่งโมเลกุล ส่วนใหญ่จะพบว่าเป็นสารประกอบฟีนอลิกมักจะอยู่ร่วมกับน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ ฟีนอลิกทำหน้าที่เป็นตัวขยับอนุมูลอิสระที่สำคัญคือ อนุมูลเปอร์ออกซิล มีกลไก 2 แบบ คือ เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นต่ำ เมื่อเทียบกับสารออกซิไดซ์ สารประกอบฟีนอลิกจะหน่วงเหนี่ยวหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาจะถูกทำให้เป็นสารที่เสถียร ดังนั้นจึงสามารถป้องกัน

การเกิด propagation ได้ นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกยังทำหน้าที่เป็น chelating agent ดักจับไอออนของโลหะเข้าไปในโมเลกุล ประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิล ที่เกาะอยู่กับโครงสร้างหลัก นอกจากนี้ฟีนอลิกจะช่วยเสริมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกับ α - Tocopherol ดังแสดงในสมการข้างล่าง (โอบา วัชรคุปต์, 2549)



2. วิตามินอี

เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน มีลักษณะเป็นของเหลวหนืด ซึ่งปริมาณวิตามินอีในเลือดของคนปกติมีค่าร้อยละ 1.0 มิลลิกรัม ของวิตามินอีในเนื้อเยื่อ ซึ่งจะอยู่ในรูปโทโคฟีรอล (tocopherol) สะสมในอวัยวะต่างๆ เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาว เซลล์ซึ่งจะอยู่ในรูปโทโคฟีรอล สะสมในอวัยวะต่างๆ เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาว เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์ทั่วไป คือ ตับ กล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อไขมัน และต่อมต่างๆ วิตามินอีมีประสิทธิภาพในการทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิแอนทที่ได้ดีมาก จะป้องกันกระบวนการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นสารประกอบของฟอสโฟลิปิดของผนังออร์แกเนล เนื่องจากวิตามินอีละลายในไขมันได้ดีจะแทรกตัวอยู่ตามเมมเบรน โดยเมื่อเกิด liquid peroxidation จะมีการสร้าง alkoxy radicals ขึ้น วิตามินอีจะเข้าจับกับสารดังกล่าวก่อนที่ peroxy radicals และ alkoxy radicals จะไปจับกับกรดไขมันอื่น ในช่วงของ propagation อีกทั้งวิตามินอียังทำงานร่วมกับ Glutathione peroxidase และธาตุ Selenium โดยในช่วงแรกๆมีการตั้งชื่อวิตามินอีว่า วิตามินป้องกันการเป็นหมัน (antisterility vitamin) เนื่องจากพบว่าวิตามินอีเป็นสารที่จำเป็นสำหรับการสืบพันธุ์ในหนูตัวเมีย ถ้าขาดวิตามินอีจะทำให้ลูกอ่อนตายในครรภ์และแท้งลูก นอกจากนี้ยังพบว่ามีสารเรียกวิตามินอีว่า โทโคฟีรอล ในธรรมชาติมีวิตามินอีอยู่หลายชนิดปัจจุบันแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ โทโคฟีรอล และโทโคโทรอินอล (tocotrienol) แต่ละกลุ่มยังแยกเป็นวิตามินย่อยๆ อีก 4 ชนิด คือ แอลฟา เบต้า แกมมา และเดลต้า ขึ้นอยู่กับจำนวนและตำแหน่งของหมู่เมทิลที่ติดกับวงแหวนโครแมน (chromane ring) โทโคฟีรอลแตกต่างจากโทโคโทรอินอลตรงที่โครงสร้างของโทโคฟีรอลมีแขนงข้างเป็น 4', 8', 12'-trimethyltridecyl เรียกว่า phytol หรือ phytol side chain ส่วนโทโคโทรอินอลมีแขนงข้างที่มีพันธะคู่ที่ตำแหน่ง 3', 7' และ 11' เรียกว่า unsaturated side chain

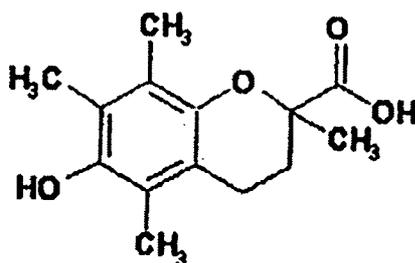


ภาพ 3 โครงสร้างวิตามินอี (Tocoperol)

ที่มา: Keys, 1991

3. โทโรลอก (trolox)

เป็นอนุพันธ์ของวิตามินอี ที่สามารถละลายได้ในน้ำ โดยมีการแทนที่ของส่วนที่ไม่ละลายน้ำด้วยหมู่คาร์บอกซิลิก (-COOH group) ดังแสดงในภาพ 4 ที่เป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ trolox เป็นแอนติออกซิแดนท์ที่กำจัดพวกเปอร์ออกซิด และอัลคอกซิด เรดิคัล จากนั้นจะเปลี่ยนรูปเป็น trolox radical โดยวิตามินซี เป็นตัวช่วยให้คืนรูปกลับมา (โอบา วัชระคุปต์, 2549; สุภามาต อินทฤทธิ์, 2547)



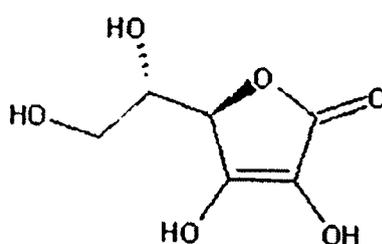
ภาพ 4 โครงสร้างของโทโรลอก (Trolox)

ที่มา: Keys, 1991

4. วิตามินซี (Ascorbic acid)

เป็นสารสำคัญในปฏิกิริยาสายโซ่ของเอนไซม์ที่สำคัญ นอกจากนี้ยังเป็นตัวที่ทำให้วิตามินอีนั้นกลับคืนมาได้ใหม่อีกครั้ง วิตามินซีเป็นตัวก่อให้เกิดและปกป้องคอลลาเจน เสริมสร้าง

หน้าที่ของระบบภูมิคุ้มกันให้ดีขึ้น เป็นตัวปรับระดับน้ำตาลในเลือด ปกป้องดวงตาจากการทำลายของแสงอัลตราไวโอเล็ต ป้องกันการก่อตัวของคอเลสเตอรอลในผนังเลือดแดง ป้องกันการแข็งตัวของเลือด ช่วยทำให้ปอดทำงานได้ดีขึ้น ช่วยให้มีการดูดซึมเหล็กได้ดีขึ้นที่ลำไส้เล็ก ป้องกันการเปลี่ยนรูปของสารไนไตรท์เป็นสารไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง และเป็นตัวร่วมในการสร้างฮอริโมนที่เป็นตัวลดระดับภาวะตั้งเครียดและภาวะการอักเสบ โครงสร้างของวิตามินซี แสดงดังภาพ 5 (โอภา วัชระคุปต์, 2549; สุภามาศ อินทฤทธิ, 2547)

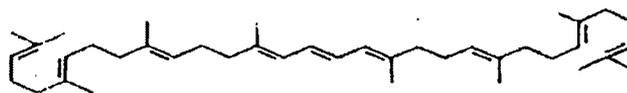
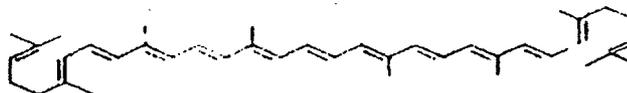
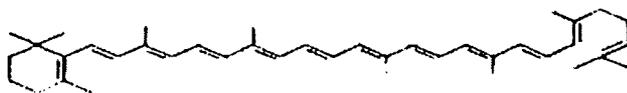
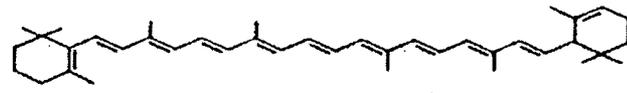
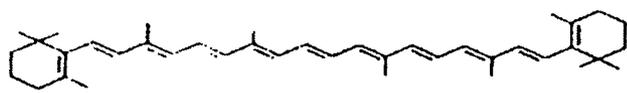


ภาพ 5 โครงสร้างของวิตามินซี (Ascorbic acid)

ที่มา: Keys, 1991

5. สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids)

เป็นสารที่มีกลุ่มพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยวหรือระบบคอนจูเกต (conjugated system) ในโครงสร้างดังแสดงในภาพ 6 เป็นสารที่สามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ดี โดยจับกับเปอร์ออกซิลเรดิคัลของกรดไขมัน ทำให้ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้อีก แคโรทีนอยด์มีทั้ง α -, β -, γ - และ δ - แคโรทีน ละลายในไขมัน เป็นตัวที่มี conjugated electron มากที่สุด (โอภา วัชระคุปต์, 2549; สุภามาศ อินทฤทธิ, 2547)

phytoene ($C_{30}H_{50}$; colorless; λ_{max} , 285 nm)**lycopene** ($C_{35}H_{54}$; red; λ_{max} , 476 nm) **γ -carotene** ($C_{40}H_{56}$; orange; λ_{max} , 460 nm) **α -carotene** ($C_{40}H_{56}$; orange; λ_{max} , 456 nm) **β -carotene** ($C_{40}H_{56}$; orange; λ_{max} , 463 nm)

ภาพ 6 โครงสร้างของกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoids)

ที่มา: Keys, 1991

6. สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids)

เป็นสารที่พบมากที่สุดที่สุดในธรรมชาติ พบได้ในแทบทุกส่วนของพืช เช่น ราก ลำต้น ใบ ดอก และผล เป็นสารที่ให้สี (pigments) ฟลาโวนอยด์แบ่งออกตามโครงสร้างมากกว่า 10 กลุ่มและในแต่ละกลุ่มยังแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ของพืชและสิ่งแวดล้อมอันรวมถึงมนุษย์และสัตว์ ที่เห็นได้ชัด เช่น การล่อแมลงและนกให้มาช่วยขยายพันธุ์พืชด้วยการผสมเกสร ฟลาโวนอยด์ยังช่วยป้องกันพืชจากการรุกรานของราและแบคทีเรียได้อีกด้วย ในอดีตฟลาโวนอยด์ยังได้รับการนิยามว่ามีคุณค่าทางอาหารเรียกว่า วิตามิน พี (permeability) แต่เมื่อไม่มีการพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารนี้จึงเปลี่ยนมาใช้ชื่อว่า bio-flavonoid เชื่อกันว่าสารนี้มีฤทธิ์ต่อหลอดเลือดฝอย

ฟลาโวนอยด์ที่สำคัญทางเภสัชกรรมและการแพทย์แผนปัจจุบันในขณะนี้ ได้แก่ รูทีน (rutin) ช่วยเพิ่มความต้านทานของหลอดเลือดฝอย และสารสกัดจากใบแป๊ะก๊วยช่วยเพิ่มการ

ไหลเวียนของโลหิต และช่วยทำลายอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดความเสื่อมของเนื้อเยื่อในร่างกายมนุษย์ ฟลาโวนอยด์ เป็นสารที่มีสมบัติในการยับยั้งในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดีมากในอาหารประเภทไขมันและไขมันผสมน้ำ

ในพืช ฟลาโวนอยด์เป็นสารอินทรีย์ประเภทโพลีฟีนอล (polyphenol) มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นไดฟีนิลโพรเพน เป็นกลุ่มของสารที่มีคาร์บอน 15 ตัว จัดเรียงตัวแบบ C6-C3-C6 ในระบบ 3 วง เรียกว่า วง A วง B และ วง C โดยวง A และ วง B เป็นหมู่ฟีนิล และวง C เป็นแลคโตน (lactone ring) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของวง C ทำให้แยกฟลาโวนอยด์ ออกเป็นชนิดต่างๆ และการแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่วง A และ วง B ตามตำแหน่งต่างๆ ทำให้เกิดอนุพันธ์ของฟลาโวนอยด์ชนิดต่างๆ มากมาย (พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, 2543; สุภามาศ อินทฤทธิ์, 2547; โอภา วัชรคุปต์, 2549; Scartezzini and Speroin, 2000)

7. สารกลุ่มแทนนิน (tannins)

แทนนิน คือ กลุ่มของสารประกอบที่ได้มาจากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เปลือก ใบ ผล เปลือกผล ซึ่งมีคุณสมบัติละลายได้ดีในน้ำ สามารถรวมตัวกับโปรตีนในหนังสือตัว ในปัจจุบันได้มีการนิยามว่า “แทนนิน” คือ สารประกอบฟีนอลิกที่ได้จากธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 500 และ 3,000 ทั้งยังมีหมู่ฟีนอลิกไฮดรอกซิล (phenolic hydroxyl) อีสารอยู่จำนวนหนึ่ง (1-2 ต่อ 100 หน่วย น้ำหนักโมเลกุล) ที่สามารถเกิดการเชื่อมโยงได้กับโปรตีนและสารไบโอโพลิเมอร์ (biopolymer) เช่น เซลลูโลส (cellulose) และเพคติน (pectin) ได้สารใหม่ที่มีคุณสมบัติคงตัว

ธรรมชาติของแทนนินนั้นพบว่า มีการกระจายตัวอยู่ในอาณาจักรของพืชเกือบทุกวงศ์ และเกิดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่เด่นมากในพืชใบเลี้ยงคู่จำนวนมากมาย แต่ในพืชชั้นต่ำ เช่น เชื้อรา สาหร่าย มอสส์ (moss) ลิฟเวอร์เวิร์ท (liverworts) ตลอดจนพวกหญ้าทั้งหลายพบว่ามีแทนนินเป็นองค์ประกอบอยู่น้อยมาก บทบาททางนิเวศวิทยาของแทนนิน ที่พบอยู่ในพืชยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดโดยทั่วไปแล้วพืชทั้งหลายมักจะมีแทนนินเป็นองค์ประกอบ

แทนนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนฟีนอลิก (complex phenolic compound) ที่ซับซ้อนเป็นส่วนมาก ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน มีรูปผลึกไม่แน่นอน (amorphous) และไม่สามารถตกผลึกได้ (uncrystallization) เป็นการยากที่จะสกัดออกมาได้อย่างบริสุทธิ์ ดังนั้นจึงไม่ค่อยเข้าใจในเรื่องของโครงสร้างแทนนิน เป็นสาเหตุที่ทำให้การแบ่งชนิดของแทนนินขึ้นอยู่กับส่วนประกอบโครงสร้างของโมเลกุลการแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) ด้วยความร้อน กรด ต่าง เอนไซม์ และเชื้อราต่างๆ ดังนั้นจึงสามารถแบ่งแทนนินออกเป็น 2 ประเภท คือ แทนนินที่สามารถ

ไฮโดรไลซ์ได้ กับแทนนินที่เกิดการควบแน่น (condensed tannin) หรือ catechin หรือ phlobatannin (สุภามาศ อินทฤทธิ์, 2547)

ไขมันและน้ำมัน

ไขมันและน้ำมันเป็นสารกลุ่มเดียวกันที่เรียกว่าลิพิด (Lipid) โดยทั้งไขมันและน้ำมันเป็นสารที่มีสมบัติใกล้เคียงกัน คือเป็นสารที่มีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ไม่ละลายน้ำ เมื่ออยู่ในน้ำจะแยกออกจากน้ำเป็นชั้น แต่สามารถละลายได้ดีในสารที่เป็นน้ำมัน หรือในตัวทำละลายอินทรีย์บางชนิดเช่น แอลกอฮอล์ เป็นต้น

ความแตกต่างอย่างหนึ่งระหว่างไขมันและน้ำมัน คือ ไขมันจะมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องส่วนน้ำมันจะมีสถานะเป็นของเหลว โดยทั้งไขมันและน้ำมันเป็นสารที่มีบทบาทต่อชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นสารที่นิยมใช้ในการประกอบอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติของอาหาร ทำให้อาหารมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน (เกศราภรณ์ มนชัยภูมิวัฒน์, 2546)

ประโยชน์ของไขมันและน้ำมัน

ไขมันและน้ำมันนอกจากจะเป็นสารที่มีความจำเป็นต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิตแล้ว มนุษย์ยังมีการนำไขมันและน้ำมันมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ อีกมากมาย เช่น การปรับปรุงอาหารและการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในระดับอุตสาหกรรมดังนี้

1. ประโยชน์ต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิต เมื่อร่างกายได้รับไขมันหรือน้ำมันแล้วร่างกายจะมีการย่อยสลายให้กลายเป็นกรดไขมันเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

1.1 ให้พลังงานแก่ร่างกาย โดยไขมัน 1 กรัม จะให้พลังงานประมาณ 9 กิโลแคลอรี

1.2 สะสมไว้ใต้ผิวหนังทำให้ร่างกายอบอุ่น และช่วยป้องกันการกระทบกระเทือนของอวัยวะภายในร่างกาย

1.3 เป็นพลังงานสำรองของร่างกาย เมื่อร่างกายขาดพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต

1.4 เป็นส่วนประกอบของอวัยวะบางอย่าง เช่น เส้นประสาท เป็นต้น

1.5 เป็นตัวทำละลายวิตามินเอ ดี อี และเค ร่างกายจึงสามารถดูดซึมวิตามินเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายได้

1.6 กรดไขมันบางชนิดเป็นสิ่งจำเป็นต่อกระบวนการเจริญเติบโตการสืบพันธุ์ และป้องกันอาการผิวหนังอักเสบบางชนิด

2. ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ไขมันและน้ำมันนอกจากจะมีประโยชน์ต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิตแล้วยังมีประโยชน์ด้านอื่นๆ อีก

2.1 ด้านการปรุงอาหารเนื่องจากน้ำมันที่ใช้ปรุงอาหารเป็นสารที่มีจุดเดือดที่สูงมาก ทำให้น้ำมันสามารถเก็บความร้อนได้สูง จึงสามารถใช้ในการปรุงอาหารทำให้อาหารสุกเร็ว

2.2 ด้านอุตสาหกรรมการผลิตสบู่เนื่องจากไขมันหรือน้ำมันจะสามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายเบสได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นไข เมื่อละลายน้ำแล้วจะลื่น มีฟอง และผลิตภัณฑ์อีกชนิด คือ ก्लीเซอรอล

2.3 ด้านอุตสาหกรรมการผลิตเนยเทียม ซึ่งผลิตขึ้นโดยการใช้กรดไขมันไม่อิ่มตัวมาทำปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจน (Hydrogenation) ที่ความดันสูง และมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม ทำให้พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวถูกเติมไฮโดรเจนกลายเป็นพันธะเดี่ยว ดังนั้นกรดไขมันไม่อิ่มตัวจึงมีความอิ่มตัวมากขึ้น และมีจุดหลอมเหลวสูงขึ้น จนมีลักษณะเป็นก้อนแข็ง (เกษตรราภรณ์ มนชัยภูมิวัฒน์, 2546)

บทบาทของน้ำมันขณะประกอบอาหาร

อิมัลชัน เป็นของผสมระหว่างของเหลว 2 ชนิด การทำน้ำสลัดเป็นการทำให้เกิดอิมัลชันชนิดน้ำมันเป็นหยดเล็กๆ อยู่ในน้ำไขมันหยดใหญ่รวมตัวได้ง่ายกว่าไขมันหยดเล็ก ดังนั้นจึงต้องให้ไขมันเป็นหยดเล็กๆ เพื่อที่จะทำให้คงสภาพอิมัลชันได้นาน ตามบ้านจะใช้วิธีเขย่าเพื่อให้ไขมันแตกตัวเป็นหยดเล็กๆ ตามโรงงานอุตสาหกรรมใช้วิธีไฮโมจีไนส์ คือการดันให้ไขมันผ่านรูเล็กๆ เมื่อได้ไขมันที่เป็นหยดแล้ว ต้องเติมตัวอิมัลซิฟายเออร์ลงไป สารนี้จะหุ้มรอบๆ หยดของน้ำมันอิมัลซิฟายเออร์ที่ใช้ในการทำน้ำมันสลัดเป็นสารโมเลกุลใหญ่ ซึ่งไข่แดงเป็นตัวอิมัลซิฟายเออร์ที่ดีที่สุด

การทอด ไขมันเป็นตัวนำความร้อนที่ให้อาหารสุก ให้อร่อยดี และช่วยในการหล่อลื่นไม่ให้อาหารติดภาชนะที่ทอดคุณสมบัติของไขมันที่สัมพันธ์กับการทอดคือ จุดสลายตัวของน้ำมันและกลิ่นหรือรสของไขมันที่ติดไปกับอาหาร (เกษตรราภรณ์ มนชัยภูมิวัฒน์, 2546)

การเกิดกลิ่นหืน

การเกิดกลิ่นหืนของไขมัน หมายถึงการที่ไขมันมีกลิ่นผิดปกติในระหว่างการเก็บรักษาอาหารที่มีส่วนประกอบของไขมัน เช่น นม เนย ขนมเค้ก และอาหารทอด เป็นต้นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืน มีปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ปฏิกิริยา ดังต่อไปนี้

1. การเกิดกลิ่นหืนในสภาพที่มีความชื้น (hydrolytic rancidity) เกิดจากที่โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ ได้แก่เอนไซม์ไลเปสที่มีอยู่ในไขมัน และเมื่อมีน้ำ หรือ

ความชื้นอยู่ด้วยจะได้กรดไขมัน ถ้ากรดไขมันที่ได้มีโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น กรดบิวทีลิก (butyric acid) กรดคาไพโรอิก (caproic acid) และ กรดคาพริก (capric acid) เป็นต้น ก็จะทำให้เกิดกลิ่นหืนขึ้น

ปฏิกิริยานี้สามารถป้องกันได้โดยการหยุดปฏิกิริยาการทำงานของเอนไซม์ไลเปส ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส และระวังอย่าให้น้ำปนในไขมัน

2. การเกิดกลิ่นหืนในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจน (oxidative rancidity) กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนในอากาศได้เป็นสารประเภทไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่ลักษณะเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (autoxidation)

บางครั้งอาจเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลพอกซิเดสกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวซึ่งเรียกว่า การเหม็นหืนแบบไลพอกซิเดส (lipoxidase rancidity) แต่ถ้าเอนไซม์นี้ทำปฏิกิริยากับกรดไขมันชนิดอิ่มตัวเรียกว่าการเกิดกลิ่นหืนนี้ว่า การเหม็นหืนแบบคีโตนิก (ketonic rancidity)

การเกิดกลิ่นหืนขึ้นในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนนี้มีความสำคัญต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารมากเพราะส่วนมากน้ำมันและไขมันสำหรับผู้บริโภคเกือบทุกชนิดจะมี กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวประกอบอยู่ด้วย นอกจากนี้ยังเป็นการทำลายคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ด้วยเนื่องจากวิตามินชนิดที่ละลายในไขมัน และกรดไขมันที่จำเป็นถูกทำลาย

ปฏิกิริยาการเกิด ออกซิเดชัน ทำให้เกิดสารประกอบอัลดีไฮด์หรือคีโตนซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่น และรสที่ไม่ดีขึ้นในอาหารและมักเกิดกับกรดไขมันแบบไม่อิ่มตัวดังมีขั้นตอนต่อไปนี้

1. ปฏิกิริยาเริ่มต้น (initiation) เป็นขั้นที่มีอนุมูลอิสระ (free radical) ของกรดไขมันเกิดขึ้น โดยอาจมีแสงอุณหภูมิจึงหรือโลหะเป็นตัวเร่ง

2. ปฏิกิริยาขั้นก้าวหน้า (propagation) เป็นขั้นที่อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นอนุมูลเพอร์ออกซี (peroxy radical) และอนุมูลเพอร์ออกซีที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไขมัน เกิดเป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) และอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระ ก็จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นลูกโซ่ต่อเนื่องไปเรื่อยๆ

3. ปฏิกิริยาขั้นสุดท้าย (termination) เป็นขั้นที่อนุมูลอิสระรวมตัวกันในแบบต่างๆ ซึ่งการรวมตัวกันนี้สามารถทำให้ปฏิกิริยาหยุดลงได้

อัตราการเกิดออกซิเดชัน จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ชนิดของกรดไขมัน แสง อุณหภูมิ ออกซิเจน โลหะ และเอนไซม์ เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกลิ่นหืน

การเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากสภาพที่มีก๊าซออกซิเจน อาจมีสาเหตุมาจาก

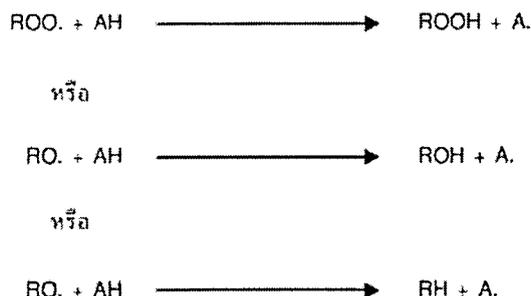
1. ชนิดของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวในไขมัน ถ้าไขมันมีกรดไขมันซึ่งมีพันธะคู่หลายแห่ง จะเกิดการเหม็นหืนได้ดีกว่าไขมันที่มีกรดไขมันซึ่งมีพันธะคู่เพียงแห่งเดียว เช่น ไขมันที่มีกรดไลโนเลนิกจะมีกลิ่นหืนเร็วกว่าไขมันที่มีกรดโอเลอิก
2. ก๊าซออกซิเจนในอากาศ ดังนั้นจึงควรเก็บไขมันไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท ทำให้อากาศเข้าไม่ได้
3. ความร้อน และแสงสว่าง ช่วยเร่งให้การเหม็นหืนเกิดรวดเร็วยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงควรเก็บไขมันไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ
4. การมีโลหะอยู่ในส่วนผสมโดยเฉพาะทองแดงและเหล็กจะช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี ดังนั้นภาชนะที่บรรจุน้ำมันจึงไม่ควรทำจากเหล็ก หรือทองแดง ควรเป็นสแตนเลส หรืออลูมิเนียม เป็นต้น
5. น้ำมันสัตว์มีกลิ่นหืนเร็วกว่าน้ำมันพืช ถึงแม้ว่าน้ำมันพืชจะมีปริมาณของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวมากกว่า แต่น้ำมันพืชมีวิตามินอีซึ่งช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือทำหน้าที่เป็นวัตถุกันหืนนั่นเอง

วัตถุกันหืน

วัตถุกันหืน หมายถึงสารที่ใช้เพื่อชะลอการเสียของอาหารอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งลักษณะของการเสียเนื่องจากปฏิกิริยารวมถึงการเสื่อมคุณภาพของอาหารการหืนอาหารมีสีผิดปกติ กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลงไปคุณค่าทางอาหารลดลง และบางครั้งอาจมีสารที่เป็นอันตรายต่อร่างกายเกิดขึ้นด้วยเป็นต้น (อัญชลินทร์ สิงห์คำ และ ทศพร นามโอง, 2554)

กลไกในการทำงานของวัตถุกันหืน

เมื่อเติมวัตถุกันหืนลงไป ในอาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย วัตถุกันหืนจะไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นแบบลูกโซ่หยุดชะงักไปด้วย ดังสมการในภาพ 7 เมื่ออนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันทำปฏิกิริยากับวัตถุกันหืน ที่เติมลงไป จะเหลืออนุมูลของวัตถุกันหืนซึ่งเกิดปฏิกิริยา ได้ช้ากว่าอนุมูลอิสระมาก และเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่คงตัวดังสมการในภาพ 7



ภาพ 7 กลไกในการทำงานของวัตถุกันหืน

ที่มา: อัญชลินทร์ สิงห์คำ และทศพร นามโฮง, 2554

จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังกล่าวข้างต้นจึงทำให้วัตถุกันหืนสามารถช่วยป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในไขมันหรือน้ำมันหรือผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบได้

ชนิดของวัตถุกันหืน

วัตถุกันหืนที่นิยมใช้กันทั่วไปในอาหาร ได้แก่ บีเอชเอ (butylated hydroxy anisol, BHA) บีเอชที (butylated hydroxy toluene, BHT) ทีบีเอชควิน (tertiary butyl hydro quinone, TBHQ) โพรพิลแกลเลต (propyl gallate, PG) แอสคอร์บิล พาร์มิเตต (Ascorbyl parmitate) ไอโซแอสคอร์บิก และไอโซแอสคอร์เบต (Isoascorbic และ Isoascorbate) และโทโคฟีรอล (Tocopherol) เป็นต้น

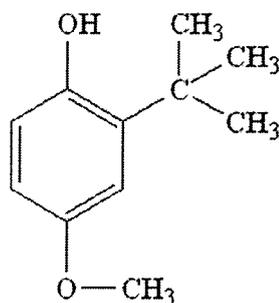
วัตถุกันหืนจะมีประสิทธิภาพดีเมื่อมีค่าออกซิเดชันรีดักชัน โปเทนเชียล (oxidation-reduction potential) ต่ำกว่า 0.7 และในสูตรโครงสร้างมีหมู่แอลคิล (alkyl) และเอมีน (amine) อยู่ด้วย ตำแหน่ง และขนาดของหมู่ดังกล่าวจะมีส่วนกำหนดประสิทธิภาพของวัตถุกันหืนด้วย นอกจากนี้จะต้องคำนึงถึงความสามารถในการละลาย และการกระจายตัวได้ดีในอาหาร ควรจะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสและไม่ทำให้เกิดกลิ่น รส และสี ที่ไม่ดีขึ้นในอาหาร มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการป้องกันการเกิดออกซิเดชันด้วยวิธีอื่น (อัญชลินทร์ สิงห์คำ และทศพร นามโฮง, 2554)

บีเอสเอ

เป็นวัตถุกันหื่นที่นิยมใช้กันมากชนิดหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบบีเอสเอที่มีการใช้กันส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารผสม (2-and 3-tert-butyl-4-hydroxyanisole) หรืออาจใช้ร่วมกับแกลเลตหรือบีเอสที เพื่อให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

มีการใช้บีเอสเอในอาหารประเภทที่มีไขมัน และน้ำมันเป็นส่วนผสมได้แก่ผลิตภัณฑ์ขนมอบ อาหารทอดชนิดต่างๆ นอกจากนี้ยังใช้ในนมผง ม้ากรีน และเนยแข็งผ่านกรรมวิธี

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้บีเอสเอในปริมาณไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหาร อาจใช้เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับวัตถุกันหื่นชนิดอื่นที่กำหนดไว้ แต่ปริมาณแกลเลตต้องไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหาร โดยประสิทธิภาพของ บีเอสเอจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นที่ใช้เพิ่มขึ้น แต่จะสูงที่ประมาณความเข้มข้นร้อยละ 0.02 เท่านั้น ถึงแม้จะใช้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพก็ได้เพิ่มขึ้นเลยโครงสร้างของบีเอสเอ แสดงดังภาพ 8



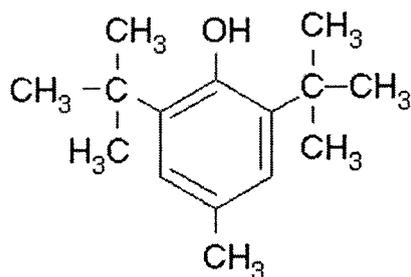
ภาพ 8 โครงสร้าง Butylated hydroxyanisole

ที่มา: อัญชลินทร์ สิงห์คำ และทศพร นามโฮง, 2554

บีเอสที

เป็นวัตถุกันหื่นอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันเช่นเดียวกับบีเอสเอแต่มีประสิทธิภาพดีกว่าเล็กน้อย และให้กลิ่นฟินอล (phenol) เช่นเดียวกัน มักนิยมให้ผสมกับวัตถุกันหื่นชนิดอื่น เพื่อเสริมให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นนิยมใช้ในอาหารประเภท ไขมันสัตว์ น้ำมันพืช ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์ปลา และน้ำมันหอมระเหย

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้ไม่ได้เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยอาจจะใช้เพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับวัตถุกันหื่นชนิดอื่นที่กำหนดไว้แต่ปริมาณแกลเลตต้องไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหารโดยประสิทธิภาพของบีเอชทีเพิ่มขึ้น ถ้าปริมาณบีเอชทีเพิ่มขึ้นโครงสร้างของบีเอชที แสดงดังภาพ 9



ภาพ 9 โครงสร้าง Butylatedhydroxy toluene

ที่มา: อัญชลินทร์ สิงห์คำ และทศพร นามโฮง, 2554

แอสคอร์บิล พาล์มิเตต

เป็นวัตถุกันหื่นที่มีประสิทธิภาพดี สามารถป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีเหล็กเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ แอสคอร์บิล พาล์มิเตตที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมักอยู่ในรูปของสารผสมระหว่างแอสคอร์บิล พาล์มิเตต และโทโคฟีรอลซึ่งจะให้ประสิทธิภาพดี

นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทไขมันสัตว์ น้ำมันพืช เนย นมผงและวิตามินเอเข้มข้น เป็นต้น

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้แอสคอร์บิลพาล์มิเตตในอาหารไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหาร โดยอาจจะใช้เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับแอสคอร์บิล สเตียเรต (ascorbyl stearate) แต่เมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกินปริมาณดังกล่าวส่วนในอาหารทารกให้ใช้ได้ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหาร

กรดไอโซแอสคอร์บิค และโซเดียม ไอโซแอสคอร์เบต

เป็นวัตถุกันหื่นที่ใช้ป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของอาหารทั้งชนิดที่มีไขมันและไม่มีไขมันเป็นส่วนประกอบโดยอาจใช้อย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับกรดไอโซแอสคอร์บิค ก็ได้

นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ เบียร์ น้ำผลไม้ ผลไม้เยือกแข็งและผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก เป็นต้น

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้กรดไอโซแอสคอร์บิกและไอโซเดียมไอโซแอสคอร์เบต ได้ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหารโดยอาจจะใช้อย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับกรดแอล-แอสคอร์บิกแต่เมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกินปริมาณดังกล่าว ประสิทธิภาพของกรดไอโซแอสคอร์บิกจะเริ่มที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.005 และจะดีขึ้นเมื่อใช้ในปริมาณที่มากขึ้น

โทโคฟีรอล

โทโคฟีรอล, แอลฟา -โทโคฟีรอล (α- tocopherol) และโทโคฟีรอลผสมเข้มข้น (mixed tocopherol concentrate) เป็นวิตามินที่มียูตามธรรมชาติในน้ำมันพืชหรืออาจสังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาทางเคมี มีประสิทธิภาพในการเก็บวิตามินดีเท่าวิตามินชนิดอื่นไม่ได้บางครั้งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นไม่ดีขึ้นได้ เวลาใช้มักจะใช้ร่วมกับวิตามินชนิดอื่นได้แก่ ขณะที่โทโคฟีรอล ทำหน้าที่เป็นวิตามินที่ ตัวของโทโคฟีรอลจะถูกออกซิไดซ์ได้เป็นสารโทโคควิโนนหรือ 2,2,7,8-เตตระเมทิล-5,6-โครมาควิโนน (tocoquinone หรือ 2,2,7,8-tetramethyl-5,6-chromaquinone) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้น้ำมันถั่วเหลืองมีสีผิดปกติ

นิยมใช้ในอาหารที่มีไขมันและน้ำมันสัตว์มากกว่าน้ำมันพืชเพราะการใช้ในน้ำมันพืชนั้นไม่สามารถยืดอายุการเก็บของน้ำมันพืชแต่อย่างใดและการใช้ในผลิตภัณฑ์ธัญพืชนั้นพบว่า แอลฟา-โทโคฟีรอลจะเป็นตัวเหนียวทำให้เกิดการออกซิเดชันทำให้ไม่ช่วยยืดอายุการเก็บ

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้แอลฟา-โทโคฟีรอลหรือโทโคฟีรอลผสมเข้มข้น ได้ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหารโดยอาจจะใช้อย่างเดียว หรือใช้ร่วมกัน แต่เมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกินปริมาณดังกล่าว ประสิทธิภาพของโทโคฟีรอลจะไม่มีประสิทธิภาพโดยตรงต่อปริมาณที่ใช้คือจะสูงที่ความเข้มข้นหนึ่งเท่านั้น และถึงแม้จะมีการเพิ่มปริมาณของโทโคฟีรอลก็ไม่ทำให้ประสิทธิภาพของโทโคฟีรอลเพิ่มขึ้น

แกลเลต

โพรพิลออกซิด และไดเดซิลแกลเลตเป็นเอสเทอร์ของกรดแกลลิก (gallic acid) เป็นวิตามินที่มียูตามธรรมชาติมากที่สุด ช่วยป้องกันการเกิดเพอร์ออกไซด์ (peroxides) ได้ดีประสิทธิภาพจะขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุล และความเข้มข้น มีข้อเสีย คือ การใช้ในอาหารที่มีเหล็กปนเปื้อนจะทำให้เกิดสีม่วงขึ้นอย่างไรก็ตามสามารถป้องกันได้โดยการใช้วิตามินชนิดนี้ร่วมกับซีเควสเตรน (sequestrans) นิยมใช้ออกซิดและไดเดซิลแกลเลตมากกว่าเนื่องจากมีการละลายดีกว่า โพรพิลแกลเลตซึ่งไม่คงที่ที่อุณหภูมิสูงๆด้วยนิยมใช้ในไขมันหรือน้ำมันจากสัตว์หรือพืช หรืออาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันจากพืชหรือสัตว์เป็นส่วนประกอบได้แก่ เนยผง มาการีน ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์เนื้อ และผลิตภัณฑ์ปลาเป็นต้น

ตามประกาศสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหาร โดยจะใช้โพรทิลเกลเลต หรือออกทิลเกลเลต หรือโดเดซิลเกลเลตเพียงอย่างเดียว หรืออาจใช้ร่วมกัน หรือใช้ร่วมกับบีเอสเอหรือบีเอสทีแต่เมื่อรวมกันแล้วต้องไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหาร

Zia-ur, Farzana, and Shah (2004) ศึกษาการใช้ประโยชน์จากการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติในน้ำมันพืช ทำการทดสอบในระยะเวลา 60 วัน วิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระ (FFA), ค่าเปอร์ออกไซด์ (POV) และค่าไอโอดีน (IV) เพื่อประเมินกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดเปลือกมันฝรั่งโดยใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน ได้แก่ เอทานอล เมทานอล อะซีโตน ปีโตรเลียมอีเทอร์ และ อีเทอร์ ในการสกัดเปลือกมันฝรั่ง พบว่า ปีโตรเลียมอีเทอร์สามารถสกัดได้มากที่สุดถึงร้อยละ 21.00 ตามด้วยอีเทอร์ร้อยละ 15.25 และเมทานอลร้อยละ 14.75

ตาราง 2 ผลผลิตร้อยละของสารสกัดเปลือกมันฝรั่ง

| Organic solvent | Potato peel extract yield (%) |
|-----------------|-------------------------------|
| Ethanol | 10.20 ± 0.99 |
| Methanol | 14.75 ± 1.20 |
| Acetone | 5.88 ± 1.49 |
| Hexane | 13.00 ± 1.38 |
| Petroleum ether | 21.00 ± 1.40 |
| Diethyl ether | 15.25 ± 1.22 |

ที่มา: Zia-ur, Farzana and Shah, 2004

หลังจากเก็บรักษา 60 วันที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส น้ำมันถั่วเหลืองที่มีความเข้มข้น 1600 และ 2400 ppm ของสารสกัดจากเปลือกมันฝรั่งพบว่ามีค่ากรดไขมันอิสระ (ร้อยละ 0.120 และ 0.109) และ POVs (10.0 และ 9.0 meq/kg) ตามลำดับซึ่งต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม (FFA 0.320% , POV 59 meq/kg) แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากเปลือกมันฝรั่งมีความสามารถเทียบเท่าสารสังเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ (BHA และ BHT)

Adelet al. (2010) ศึกษาประสิทธิภาพสารต้านอนุมูลอิสระจากเปลือกมันฝรั่งและกากน้ำตาลในการป้องกันน้ำมันพืชเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ตัวอย่างถูกสกัดด้วยเมทานอลและศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระภายใต้สภาวะเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยทดสอบในน้ำมันทานตะวันและน้ำมันพืชเป็นเวลา 72 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าความสามารถในการป้องกันการเกิดออกซิเดชัน ดังนี้ TBHQ >เปลือกมันฝรั่ง > BHT = กากน้ำตาล > BHA แสดงให้เห็นว่าเปลือก มันฝรั่งและกากน้ำตาลเป็นแหล่งที่มีประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันพืช

ศิวพร ศิวเวช และณัฐฉิณี ใจสะอาด (2546) ทดลองสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกมันฝรั่งด้วยน้ำ เมทานอล เอทานอลร้อยละ 95 และอะซีโตน สารสกัดที่ได้นำไปทำแห้งแบบระเหิดพบว่าสารสกัดแห้งด้วยเมทานอลและเอทานอลร้อยละ 95 มีค่าร้อยละฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดจากผลการวิเคราะห์สารสกัดแห้งด้วย HPLC พบว่าสารประกอบฟีนอลิกที่พบมากคือกรดแกลลิก รองลงมาคือ กรดแคฟเฟอิก กรดคลอโรจีนิก กรดโพรโตแคทีคูอิกและวานิลลิน ตามลำดับ สารสกัดแห้งด้วยเมทานอลและ เอทานอลร้อยละ 95 มีประสิทธิภาพในการเป็นวัตถุกันหืนในน้ำมันถั่วเหลืองได้ไม่แตกต่างกันและดีกว่าการใช้ BHA BHT สารสกัดแห้งด้วยอะซีโตนและสารสกัดแห้งด้วยน้ำแต่ด้อยกว่า PG และ TBHQ อย่างมีนัยสำคัญและสารสกัดแห้งด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ที่ผ่านการเก็บในที่มืดที่อุณหภูมิห้องจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกไปจากสารสกัดเริ่มต้นโดยกรดแกลลิกและวานิลลินมีปริมาณลดลงส่วนกรดแคฟเฟอิกมีปริมาณเพิ่มขึ้น ดังนั้นแสงและอุณหภูมิมีผลต่อความคงตัวของสารสกัดแห้งจากเปลือกมันฝรั่ง