



## การเพิ่มความคงตัวของน้ำมันพืชด้วยการเติมสารต้านออกซิเดชัน

### Chemical Stability Enhancement of Vegetable Oils

#### By Addition of Antioxidants

เภสัชกรหญิง รองศาสตราจารย์ ดร.ชุตีมา ลิ้มมัทวาทิรดี  
ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

เภสัชกร รองศาสตราจารย์ ดร.สนทยา ลิ้มมัทวาทิรดี  
ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

รหัส 1-000-SPU-000-1211-02

จำนวนหน่วยกิต 2.0 หน่วยกิตการศึกษาต่อเนื่อง

วันที่รับรอง : 12 พฤศจิกายน 2555

วันที่หมดอายุ: 12 พฤศจิกายน 2557

#### วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้อ่านทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความคงตัวของน้ำมันพืช
2. เพื่อให้ผู้อ่านทราบถึงวิธีการเพิ่มความคงตัวให้แก่ น้ำมันพืชด้วยการเติมสารต้านออกซิเดชัน
3. เพื่อให้ผู้อ่านสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานด้านการพัฒนาน้ำมันพืชให้มีความคงตัวสูง โดยสามารถเลือกใช้สารกันเสียหรือสารต้านออกซิเดชันจากพืชชนิดต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

#### บทคัดย่อ

น้ำมันพืช (vegetable oil) ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid, PUFA) และสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ชนิดต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย น้ำมันพืชมักสูญเสียความคงตัวทางเคมี (chemical stability) จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ซึ่งจะส่งผลให้กลิ่น รสชาติ และคุณค่าทางอาหารลดลง ในปัจจุบันมีหลายวิธีที่สามารถเพิ่มความคงตัวทางเคมีให้แก่ น้ำมันพืชได้ เช่น การเตรียมน้ำมันพืชในรูปของน้ำมันผสม (blended oil) โดยการผสมน้ำมันพืชหลายชนิดเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้น้ำมันผสมที่มีสัดส่วน

ของกรดไขมันที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้ไขมันผสมมีความคงตัวทางเคมีดีขึ้น รวมถึงการเพิ่มความคงตัวทางเคมีของน้ำมันพืชด้วยการเติมสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (natural products) ที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันลงในน้ำมันพืช ซึ่งสารเหล่านี้ ได้แก่ น้ำมันมะรุม น้ำมันเมล็ดเทียนดำ น้ำมันเมล็ดผักชี สารสกัดจากเมล็ดงา สารสกัดจากเปลือกทับทิม สารสกัดจากกระเทียม รวมทั้งสารสกัดจากเปลือกมันฝรั่งและรากต้นบีท

**คำสำคัญ** น้ำมันพืช ความคงตัวทางเคมี กรดไขมัน สารต้านออกซิเดชัน

Vegetable oil chemical stability fatty acid antioxidant

## บทนำ

เมล็ดพืชที่มีน้ำมัน (oilseed) เช่น เมล็ดปอ (flax seed) เมล็ดองุ่น (grape seed) และถั่วลิสง (peanut) ถูกนำมาสกัดเป็นน้ำมันพืช (vegetable oil) เพื่อใช้ปรุงอาหารมาเป็นเวลานาน จวบจนถึงปัจจุบันน้ำมันเหล่านี้ก็ยังคงได้รับความนิยมในการบริโภค เนื่องจากน้ำมันพืช โดยเฉพาะชนิดที่ได้จากการสกัดแบบเย็น (cold-press extraction) จะประกอบด้วยสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สควอลีน (squalene) คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) แคโรทีนอยด์ (carotenoid) และสารประกอบฟีนอล (phenolic compound) ซึ่งสารเหล่านี้สามารถป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular disease) การกลายพันธุ์ของดีเอ็นเอ (DNA mutation) และมีผลต่อกระบวนการแข็งตัวของเลือด (hemostasis)<sup>1</sup> นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลและโทโคฟีรอล (tocopherols) ยังมีผลเพิ่มความคงตัวทางเคมี (chemical stability) ของน้ำมันพืชได้อีกด้วย นอกจากนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) สควอลีน และแคโรทีนอยด์ ยังมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการเสริมปฏิกิริยาออกซิเดชัน (pro-oxidative process) และ/หรือกระบวนการต้านออกซิเดชัน (anti-oxidative process) ของน้ำมันพืช จากการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในน้ำมันพืช พบว่าน้ำมันถั่วลิสง (peanut oil) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำมาก ในขณะที่น้ำมันมะกอก (olive oil) และน้ำมันเมล็ดฟักทอง (pumpkin seed oil) มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงมาก<sup>1</sup> น้ำมันที่มีคลอโรฟิลล์ในปริมาณสูงมักมีคุณภาพดี เช่น น้ำมันมะกอก อย่างไรก็ตามหากปริมาณคลอโรฟิลล์สูงเกินไปอาจส่งผลเสียต่อความคงตัวของน้ำมันพืชได้

น้ำมันมะกอกชนิดบริสุทธิ์พิเศษ (extra-virgin olive oil) จะมีคุณภาพและความบริสุทธิ์สูง มีรสและกลิ่นมะกอกแรง ได้มาจากการสกัดแบบเย็น จากการศึกษาความคงตัวของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 60 นาที พบว่าน้ำมันมะกอกชนิดบริสุทธิ์พิเศษมีความคงตัวต่อความร้อนได้ดีกว่าน้ำมันมะกอกที่มีคุณภาพด้อยกว่า<sup>2</sup> เนื่องจากน้ำมันมะกอกชนิดบริสุทธิ์พิเศษมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลและโทโคฟีรอลสูงกว่า ดังนั้นจึงมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันมะกอกมีความคงตัวต่อความร้อนได้ดีกว่าน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน (sunflower oil)<sup>2</sup> สารประกอบฟีนอลและโท

โคเฟอรอลที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันจะช่วยเพิ่มความคงตัวของน้ำมันพืชในแง่ของกลิ่นและคุณค่าทางอาหาร<sup>3</sup>

ในระหว่างการเก็บรักษาหรือการให้ความร้อนแก่น้ำมันพืชจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ออกซิเดชัน (oxidation) และพอลิเมอไรเซชัน (polymerization) ส่งผลให้น้ำมันพืชมีคุณค่าทางอาหารลดลงและมีกลิ่นที่เปลี่ยนไป กลิ่นที่เกิดขึ้นจากการทอดอาหารมีความสัมพันธ์กับการสลายตัวของกรดไลโนเลอิก (linoleic acid) ซึ่งกลิ่นดังกล่าวจะลดลงเมื่อทอดอาหารในน้ำมันพืชที่มีกรดไลโนเลอิกในปริมาณต่ำ น้ำมันพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงจะอุดมไปด้วยกรดโอเลอิก (oleic acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) แต่มีกรดไลโนเลอิกและกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ในปริมาณต่ำ ทั้งนี้การบริโภคอาหารที่มีกรดโอเลอิกในปริมาณสูงจะสามารถลดระดับ low-density lipoprotein (LDL) cholesterol ในเลือดได้ ส่งผลให้อุบัติการณ์ในการเกิดโรคหัวใจโคโรนารี (coronary heart disease) ลดลง<sup>4</sup>

กรดโอเลอิกเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid, MUFA) ที่พบได้มากในน้ำมันพืช เช่น น้ำมันคาโนลา (canola oil) และน้ำมันมะกอก กรดไขมันชนิดนี้ทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid, PUFA) ดังนั้นน้ำมันพืชที่อุดมไปด้วยกรดโอเลอิกจึงเหมาะสำหรับการนำไปปรุงหรือทอดอาหารที่อุณหภูมิสูง<sup>4</sup> น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) น้ำมันเมล็ดเรพ (rapeseed oil) น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และน้ำมันถั่วลิสง จะอุดมไปด้วยกรดไลโนเลอิก และกรดไขมันพอลิฟีนอิก (polyenoic fatty acid) ชนิดอื่นอีก ซึ่งจัดเป็น PUFA จึงไม่เหมาะสำหรับการนำไปปรุงหรือทอดอาหารที่อุณหภูมิสูง เพราะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย<sup>4</sup> ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาให้น้ำมันพืชมีกรดพอลิฟีนอิกและกรดไลโนเลอิกในปริมาณต่ำ แต่มีกรดโอเลอิกในปริมาณสูง เพื่อให้ น้ำมันพืชมีความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูงได้ดี น้ำมันพืชที่มีคุณสมบัติดังกล่าว ได้แก่ น้ำมันคาโนลา น้ำมันมะกอก และน้ำมันอัลมอนต์ (almond oil) อย่างไรก็ตามน้ำมันเหล่านี้มักมีราคาแพง ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนา น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดเรพ และน้ำมันดอกทานตะวัน ซึ่งมีราคาถูกกว่าให้มีความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีขึ้น โดยการลดปริมาณของ PUFA ลง ด้วยการเตรียมเป็นน้ำมันผสม (blended oil) ที่มีกรดโอเลอิกในปริมาณสูง<sup>4</sup> ทั้งนี้กรดไขมันในน้ำมันพืชเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้หลากหลาย เช่น กระบวนการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (accelerated oxidation) การสลายด้วยความร้อน (thermolysis) และปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอไรเซชัน (polymerization) ซึ่งจะส่งผลเสียต่อกลิ่น รสชาติ และอายุการเก็บรักษาของน้ำมันพืช รวมถึงคุณค่าทางอาหารที่ลดลง เนื่องจาก PUFA ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมีปริมาณลดลง<sup>5</sup> อย่างไรก็ตาม น้ำมันพืชที่อุดมไปด้วย PUFA จะมีโอกาสสูงในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในปัจจุบันสามารถเพิ่มความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืชได้โดยการเติมสารต่างๆ ได้แก่ สารกันเสีย (preservatives) และสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (natural products) ที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

## 1. สารกันเสีย

น้ำมันพืชสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเองได้ ซึ่งเป็นกระบวนการทางธรรมชาติที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันไม่อิ่มตัว เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ที่เกี่ยวข้องกับอนุมูลอิสระ (free radical) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้ คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) ซึ่งไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะสลายตัวและเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็นแอลกอฮอล์ (alcohol) คีโตน (ketone) แอลดีไฮด์ (aldehyde) ไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) หรือผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ซึ่งกลุ่มสารและผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะส่งผลให้สี กลิ่น รส และคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันพืชเปลี่ยนแปลงไป<sup>6</sup> มีรายงานว่า butylated hydroxytoluene (BHT) butylated hydroxyanisole (BHA) tertiary butyl hydroquinone (TBHQ) 4-hydroxy-2,2,6,6-tetramethyl-piperidine-N-oxyl (TEMPO) วิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) วิตามินอีหรือแอลฟา-โทโคฟีรอล ( $\alpha$ -tocopherol) เป็นสารกันเสียที่เมื่อเติมลงในน้ำมันถั่วเหลืองจะช่วยลดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเองได้<sup>6</sup> อย่างไรก็ตามทั้ง BHT และ BHA จัดเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogenic agent) และสารก่อการกลายพันธุ์ (mutagenic agent) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสารทั้งสองชนิดนี้ทำให้ตัวอ่อนในครรภ์ของสัตว์ทดลองผิดปกติ (teratogenic effect)<sup>7</sup> สำหรับ TBHQ มีรายงานการวิจัยที่พบว่าสารชนิดนี้เป็นพิษทางพันธุกรรม (genotoxicity) และทำให้เกิดเนื้องอกในกระเพาะอาหารของสัตว์ทดลอง<sup>8</sup> สำหรับ TEMPO มีรายงานว่าอาจจะทำให้เซลล์ประสาทในสมองผิดปกติได้<sup>9</sup> อย่างไรก็ตามวิตามินซีและแอลฟา-โทโคฟีรอลจัดเป็นสารกันเสียที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ปลอดภัยต่อมนุษย์หากบริโภคในปริมาณที่กำหนด

## 2. สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

น้ำมันพืชแต่ละชนิดมีส่วนประกอบของกรดไขมันที่แตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณ จึงส่งผลให้น้ำมันพืชมีสมบัติทางเคมี และการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารต่างๆ ได้แตกต่างกัน สมบัติทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันพืช ได้แก่ ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value, PV) คือ ปริมาณเปอร์ออกไซด์ (peroxide) ที่มีอยู่ในน้ำมันพืช ซึ่งบ่งบอกถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืน หากน้ำมันพืชมีค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำแสดงว่าน้ำมันพืชมีความคงตัวสูง ค่าแอนิซิดีน (*p*-anisidine value, *p*-AV) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงผลิตภัณฑ์ขั้นที่สอง (secondary product) ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมัน จึงเป็นดัชนีที่ใช้วัดคุณภาพของน้ำมัน โดยทั่วไปการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นแรกจะเกิดเปอร์ออกไซด์ขึ้นก่อน จากนั้นเปอร์ออกไซด์จะแตกตัวออกกลายเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นที่สองหรือสารที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก ได้แก่ อัลดีไฮด์ (aldehyde) คีโตน (ketone) และกรด ซึ่งสารเหล่านี้จะไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) และดีเอ็นเอ (DNA) ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อร่างกาย และอาจทำให้เกิดกระบวนการแก่ ความดันโลหิตสูง และมะเร็งได้<sup>10</sup> ดังนั้นน้ำมันที่มีค่าแอนิซิดีนต่ำจึงมีคุณภาพและความคง

ตัวสูง ค่าไอโอดีน (iodine value, IV) คือ จำนวนกรัมของไอโอดีนที่เข้าทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ดังนั้นค่าไอโอดีนจึงบ่งบอกถึงปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืช ถ้าน้ำมันพืชมีค่าไอโอดีนสูงแสดงว่ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบในปริมาณมาก และมีโอกาสสูงในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียความคงตัวของน้ำมันพืช นอกจากนี้ น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนสูงยังบ่งบอกถึงคุณค่าทางอาหารสูงด้วย เนื่องจากมีกรดไขมันจำเป็นซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณมาก<sup>11</sup>

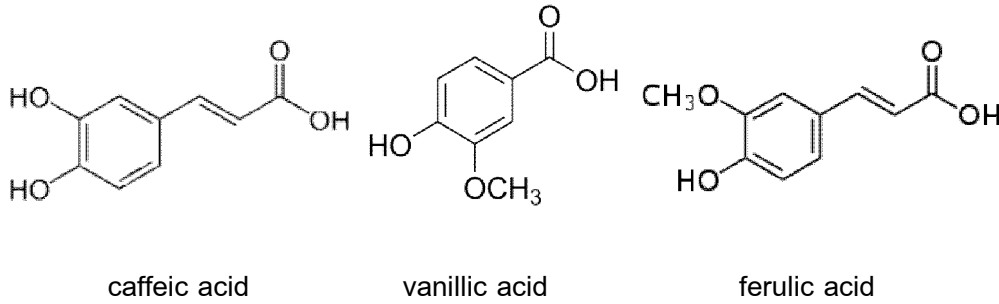
ความร้อนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืช ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพโดยทำให้น้ำมันพืชเกิดกลิ่นหืนและคุณค่าทางอาหารลดลง<sup>12</sup> โดยทั่วไปแล้วในน้ำมันพืชจะมีโทโคฟีรอลซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชันในปริมาณที่เพียงพอต่อการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเองของน้ำมันพืชในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง<sup>13</sup> อย่างไรก็ตามเมื่อนำน้ำมันพืชมาปรุงอาหารด้วยความร้อนสูงจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงควรมีการเติมสารต้านออกซิเดชันลงในน้ำมันพืชเพื่อลดการเสื่อมสภาพเมื่อถูกความร้อน<sup>14</sup> สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติจะมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่าสารต้านออกซิเดชันที่ได้จากการสังเคราะห์ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (natural products) ที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันจากพืชหลายชนิด เพื่อนำมาเติมลงในน้ำมันพืชให้มีความคงตัวสูงขึ้น ดังตัวอย่างกลุ่มสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในงานวิจัยต่อไปนี้

**2.1 ลิกแนนส์จากเมล็ดงา** ลิกแนนส์ (lignans) ที่ได้จากเมล็ดงา (sesame) สามารถเพิ่มความคงตัวต่อความร้อนของน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และน้ำมันรำข้าว (rice bran oil) ได้<sup>13</sup> จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (free radical scavenging activity) พบว่า sesamin และ sesamol เป็นสารในกลุ่มลิกแนนส์ที่พบในเมล็ดงา ซึ่งมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน สามารถลดการเสื่อมสภาพของน้ำมันพืชเนื่องจากความร้อนได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสารสกัดจากเมล็ดงาและ sesamol ที่แยกได้จากเมล็ดงาสามารถเพิ่มความคงตัวให้แก่ น้ำมันพืชได้อีกด้วย เนื่องจากสารดังกล่าวมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไลโนเลอิก ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเสื่อมสภาพของน้ำมันพืช<sup>15</sup>

**2.2 กรดไขมันจากเมล็ดเทียนดำและเมล็ดผักชี** น้ำมันเมล็ดเทียนดำ (*Nigella sativa* seed oil) อุดมไปด้วยกรดไขมันจำเป็น (essential fatty acids) ไฟโตสเตอรอล (phytosterols) และโทโคฟีรอล ในขณะที่น้ำมันเมล็ดผักชี (*Coriandrum sativum* seed oil) ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน เช่น กรดเพโตรเซลีนิก (petroselinic acid)<sup>16</sup> การเตรียมน้ำมันผสมโดยการผสมน้ำมันทั้งสองชนิดดังกล่าวลงในน้ำมันข้าวโพด (corn oil) ให้มีความเข้มข้น 10-20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จะทำให้น้ำมันผสมที่เตรียมได้มีความคงตัวสูงขึ้น และเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานน้ำมันผสมจะมีค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำกว่าค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันข้าวโพด<sup>16</sup> นอกจากนี้ น้ำมันผสมที่ประกอบด้วยน้ำมันเมล็ดเทียนดำหรือน้ำมันเมล็ดผักชีในเปอร์เซ็นต์ที่สูงจะมีระดับของ PUFA ลดลง แต่จะมีระดับของ MUFA เพิ่มขึ้น<sup>16</sup>

**2.3 สารต้านออกซิเดชัน caffeic acid, ferulic acid, vanillic acid และสารสกัดจากใบชา** มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันจึงสามารถเพิ่มความคงตัวของวิตามินให้แก่น้ำมันพืชได้ ทั้งนี้ น้ำมันข้าวโพด น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลือง จะประกอบด้วย PUFA ในปริมาณสูง น้ำมันพืชเหล่านี้มักใช้ในการปรุงอาหารในชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ตามน้ำมันพืชเหล่านี้ไม่เหมาะสำหรับการนำไปทอดอาหารที่อุณหภูมิสูง เพราะความร้อนจะทำให้ไขมันพืชเหล่านี้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน น้ำมันพืชบางชนิดที่ประกอบด้วยกรดโอเลอิกในปริมาณสูง เช่น น้ำมันคาโนลา และน้ำมันมะกอก สามารถนำไปใช้ในการทอดอาหารได้ เพราะมีความคงตัวที่อุณหภูมิสูง<sup>11</sup> อย่างไรก็ตามน้ำมันพืชเหล่านี้มักมีราคาแพงจึงไม่เหมาะแก่การนำไปทอดอาหารเพราะต้องใช้น้ำมันพืชในปริมาณสูงสำหรับการทอดอาหาร ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาน้ำมันพืชสำหรับทอดโดยการลดปริมาณ PUFA หรือการเติมสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติลงในน้ำมันพืช<sup>11</sup>

โดยทั่วไปน้ำมันพืชจะมีพันธะคู่ (double bond) ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเองได้เมื่อสัมผัสกับอากาศและแสงในระหว่างการเก็บรักษา<sup>17</sup> มีรายงานการศึกษาความคงตัวของน้ำมันมะกอก น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันถั่วเหลือง ที่เก็บในสภาวะที่สัมผัสกับอากาศหรือแสง และสภาวะที่ได้รับความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าแอนิซิดีน และค่าไอโอดีน จากผลการวิเคราะห์พบว่าน้ำมันที่มีค่าเปอร์ออกไซด์และค่าแอนิซิดีนสูงจะมีความคงตัวต่ำ ทั้งนี้ น้ำมันที่ได้รับความร้อนสูงจะมีค่าเปอร์ออกไซด์และค่าแอนิซิดีนสูงที่สุด รองลงมาคือน้ำมันที่สัมผัสกับอากาศและแสง ลำดับสุดท้ายคือน้ำมันที่สัมผัสกับอากาศ<sup>11</sup> ความคงตัวของน้ำมันพืชเรียงลำดับจากสูงไปหาต่ำเป็นดังนี้ น้ำมันมะกอก > น้ำมันข้าวโพด > น้ำมันถั่วเหลือง ทั้งนี้ค่าไอโอดีนของน้ำมันพืชเรียงลำดับจากสูงไปหาต่ำเป็นดังนี้ น้ำมันถั่วเหลือง > น้ำมันข้าวโพด > น้ำมันมะกอก นอกจากนี้ยังพบว่าการทอดมันฝรั่งด้วยน้ำมันข้าวโพดที่อุณหภูมิสูงโดยมีการเติมสารต้านออกซิเดชัน เช่น caffeic acid, ferulic acid, vanillic acid และสารสกัดจากใบชา จะสามารถลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้ไขมันพืชสูญเสียความคงตัวได้ โดยตรวจพบว่าการเติมสารต้านออกซิเดชันซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลจะทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าแอนิซิดีน และค่าไอโอดีน ลดลง ทั้งนี้ลำดับของสารต้านออกซิเดชันที่ออกฤทธิ์ได้สูงไปหาต่ำเป็นดังนี้ caffeic acid > vanillic acid > ferulic acid > สารสกัดจากใบชา จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่า vanillic acid และ ferulic acid จัดเป็นฟีนอลที่มีหมู่เกาะกะ (hindered phenols) เนื่องจากหมู่เมทอกซี (-OCH<sub>3</sub> group) อยู่ในตำแหน่งออร์โธ (ortho position) กับหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group, -OH) ของวงแหวนฟีนอล ซึ่งมีผลทำให้ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันลดลง ความเกาะกะ (steric hindrance) เช่นนี้จึงทำให้ vanillic acid และ ferulic acid มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันต่ำกว่า caffeic acid นอกจากนี้ caffeic acid ยังมีหมู่ไฮดรอกซิล 2 หมู่ ที่อยู่ติดกัน ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นคีเลเตอร์ (chelator) ในการจับไอออนของโลหะ โดยทำหน้าที่เสมือนเป็นสารเร่งออกซิเดชัน (pro-oxidant)<sup>11</sup> สำหรับสารสกัดจากใบชาที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันต่ำที่สุด คาดว่าอาจเกิดจากสารสกัดยังไม่บริสุทธิ์จึงยังแสดงฤทธิ์ได้ไม่ดี



รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของ caffeic acid, vanillic acid และ ferulic acid

**2.4 น้ำมันมะรุม<sup>4</sup>** สามารถเพิ่มความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันให้แก่ไขมันพืชได้ มะรุม (*Moringa oleifera* Lam.) เป็นพืชที่พบได้ในแถบแอฟริกา เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อเมริกาใต้ แอฟริกา และแคริบเบียน นิยมใช้ส่วนของใบ ดอก ผล และราก ของมะรุมเป็นอาหาร นอกจากนี้ยังใช้มะรุมเป็นยารักษาภาวะท้องมาน (ascites) ข้ออักเสบรูมาตอยด์ (rheumatism) สัตว์มีพิษกัด (venomous bites) และกระตุ้นการทำงานของหัวใจและระบบไหลเวียนเลือด<sup>4</sup> มีรายงานว่าน้ำมันมะรุม (moringa oil) อุดมไปด้วยกรดโอเลอิกและไอโซเมอร์ของโทโคฟีรอล (tocopherol isomers) จึงมีความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันและทนต่อความร้อนได้ดีเมื่อใช้ทอดอาหารที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงนับเป็นข้อดีของน้ำมันมะรุมที่จะนำไปผสมกับน้ำมันพืชชนิดอื่นที่มีกรดไลโนเลอิกในปริมาณสูง โดยทั่วไปผู้ที่นิยมบริโภคอาหารทอดมักมีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับอันตรายจากผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการออกซิเดชันของน้ำมันพืช ดังนั้นจึงต้องมีการเตรียมไขมันพืชในรูปของไขมันผสม เช่น การนำน้ำมันพืชชนิดต่างๆ มาผสมกับน้ำมันมะรุม เป็นต้น น้ำมันผสมที่เตรียมจากการผสมน้ำมันมะรุมกับน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันและน้ำมันถั่วเหลืองจะมีความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันและมีความคงตัวต่อความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มสัดส่วนของน้ำมันมะรุม โดยเฉพาะน้ำมันผสมที่มีอัตราส่วนของน้ำมันมะรุมสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก น้ำมันพืชที่มีความคงตัวเพิ่มขึ้นนี้จะสามารถนำไปใช้ในการปรุงหรือทอดอาหารที่อุณหภูมิสูงได้

**2.5 สารสกัดจากเปลือกผลทับทิม<sup>18</sup>** มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน จึงช่วยเพิ่มความคงตัวให้แก่ไขมันพืช ทั้งนี้เปลือกผลทับทิม (*Punica granatum* L.) เป็นของเสียทางการเกษตรที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากสารสกัดเมธานอล (methanolic extract) จากเปลือกผลทับทิมมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน จึงสามารถเพิ่มความคงตัวทางเคมีให้กับน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันได้ จากการทดสอบความคงตัวต่อความร้อนของน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันที่ผสมสารสกัดด้วยเมธานอลจากเปลือกผลทับทิม โดยเปรียบเทียบกับน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันที่ผสม BHT ซึ่งใช้เป็นสารกันเสียในน้ำมันพืช พบว่าน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันที่ผสมสารสกัดเมธานอลจากเปลือกผลทับทิมที่มีความเข้มข้น 1000 ส่วนในล้านส่วน (ppm) มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและมีความคงตัวดีกว่าน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันที่ผสมสารสกัดเมธานอลจาก

เปลือกผลทับทิมที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 1000 ส่วนในล้านส่วน (ppm) นอกจากนี้ยังมีความคงตัวดีกว่าน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันที่เติมสารกันเสีย BHT อีกด้วย

**2.6 สารสกัดจากกระเทียม<sup>19</sup>** กระเทียม (*Allium sativum* Linn.) ประกอบด้วยสารต้านออกซิเดชันหลายชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และแอลฟา-โทโคฟีรอล เป็นต้น จากการเตรียมสารสกัดจากกระเทียมโดยใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ เช่น เมทานอล (methanol) เอทานอล (ethanol) ไดเอทิล อีเธอร์ (diethyl ether) อะซีโตน (acetone) เฮกเซน (hexane) และเอทิลอะซิเตต (ethyl acetate) พบว่าสารสกัดเมทานอลจากกระเทียมมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันดีที่สุด จึงได้มีการศึกษาผลของการเติมสารสกัดจากกระเทียมลงในน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันเพื่อเพิ่มความคงตัวของน้ำมันพืช และจากการศึกษาความคงตัวแบบเร่ง (accelerated study) ของน้ำมันดังกล่าว พบว่าสารสกัดเมทานอลจากกระเทียมมีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวของน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันได้ดีกว่าสารกันเสีย BHA และ BHT<sup>19</sup> ทั้งนี้คาดว่าสารประกอบฟีนอลที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในสารสกัดกระเทียมสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้ น้ำมันเสื่อมสภาพได้ รวมทั้งช่วยลดการสูญเสีย PUFA ได้อีกด้วย

**2.7 สารสกัดจากผักกินใบชนิดต่างๆ<sup>20</sup>** สารสกัดเอทานอล (ethanol extract) จากผักกินใบ เช่น กะหล่ำปลี (*Brassica oleracea* var. capitata) ผักชี (*Coriandrum sativum*) ผักโขม (*Spinacia oleracea*) และผักเป็ด (hongone, *Alternanthera sessilis*) สามารถเพิ่มความคงตัวต่อความร้อนให้แก่ น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันและน้ำมันถั่วลิสงได้ โดยสารสกัดจะขัดขวางการเกิดเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันที่ได้รับความร้อน นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากผักกินใบเหล่านี้มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันปานกลาง ทั้งนี้ปริมาณโพลีฟีนอลในสารสกัดเอทานอลมีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของผักกินใบ สารสกัดแสดงฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย เป็นดังนี้ ผักโขม > กะหล่ำปลี > ผักชี > ผักเป็ด มีรายงานว่าพืชหลายชนิดที่รับประทานเป็นอาหารมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน เช่น คะน้า (kale) ผักโขม (spinach) กะหล่ำดาว (brussels sprout) บร็อคโคลี่ (broccoli) หัวหอม (onion) มะเขือม่วง (eggplant) และแตงกวา (cucumber) จึงคาดว่าจะสามารถประยุกต์ใช้สารสกัดจากพืชเหล่านี้มาเพิ่มความคงตัวให้แก่ น้ำมันพืชได้

**2.8 สารสกัดจากกากของเสีย (waste) หรือผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by-product) จากอุตสาหกรรมอาหาร** ในปัจจุบันนอกจากจะมีการนำสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันมาเติมลงในน้ำมันพืชเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้ว ยังมีการนำกากของเสียหรือผลิตภัณฑ์พลอยได้จากอุตสาหกรรมอาหารมาเตรียมเป็นสารสกัดที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสำหรับเติมลงในน้ำมันพืชเพื่อเพิ่มความคงตัวต่อความร้อนของน้ำมันพืชอีกด้วย ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในภาคอุตสาหกรรมได้ดี<sup>21</sup> เปลือกมันฝรั่ง (potato, *Solanum tuberosum* L.) และรากของต้นบีท (sugar beet, *Beta vulgaris* L.) ที่แยกน้ำตาลออกไปแล้ว จัดเป็นกากของเสียที่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้มีรายงานว่าสารสกัดเมทานอลจากกากของเสียดังกล่าวประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ดีมาก เมื่อทดสอบด้วย 2,2-



azinobis (3-ethylbenzthiazoline sulphonate) (ABTS) radical scavenging activity, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity และ  $\beta$ -carotene/linoleic acid test system<sup>22</sup> สารสกัดเมธานอลจากเปลือกมันฝรั่งและรากของต้นบีทที่แยกน้ำตาลออกไปแล้วมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันจึงช่วยเพิ่มความคงตัวของน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และน้ำมันถั่วเหลือง โดยพบว่าน้ำมันพืชที่เติมสารสกัดเมื่อได้รับความร้อนจะมีค่าเปอร์ออกไซด์และค่าแอนิซิดินต่ำกว่าน้ำมันพืชที่ไม่ได้เติมสารสกัด นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาการให้ความร้อนแก่น้ำมันพืชที่เติมสารสกัด การดูดกลืนแสง (absorptivity) ที่ความยาวคลื่น 232 และ 270 นาโนเมตร มีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย<sup>22</sup> ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้นนี้จะแสดงถึงการเกิด conjugated dienes และ polyenes ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเสื่อมสภาพของน้ำมันพืช นอกจากนี้ยังพบว่าฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารต่างๆ ที่มีผลเพิ่มความคงตัวของน้ำมันพืชเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยเป็นดังนี้ TBHQ > สารสกัดจากเปลือกมันฝรั่ง > BHT = สารสกัดจากรากของต้นบีท > BHA<sup>22</sup> จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารประกอบฟีโนลด้วยเทคนิคแรงคเลขผิวบาง (thin-layer chromatography, TLC) พบว่าสารสกัดจากเปลือกมันฝรั่งและสารสกัดจากรากของต้นบีทประกอบด้วย chlorogenic acid และ gallic acid ซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชัน จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าสารสกัดเมธานอลจากเปลือกมันฝรั่งและรากของต้นบีทมีศักยภาพสูงในการนำมาพัฒนาเป็นสารต้านออกซิเดชันในน้ำมันพืช

## สรุป

วิธีการหนึ่งที่สะดวกและปลอดภัยในการเพิ่มความคงตัวของน้ำมันพืช คือ การเติมสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ซึ่งจะช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืชในระหว่างการเก็บรักษาหรือเมื่อได้รับความร้อนสูงในระหว่างการปรุงอาหาร สารต้านออกซิเดชันที่ได้มาจากพืชสมุนไพร (เช่น กระเทียม ทับทิม มะรุม ชา และงา) หรือผักสวนครัว (เช่น ผักโขม กะหล่ำปลี ผักชี และผักเป็ด) นับว่ามีความปลอดภัยค่อนข้างสูง เพราะเป็นพืชที่รับประทานเป็นอาหารในชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ตามการเตรียมน้ำมันพืชในรูปของน้ำมันผสมที่ประกอบด้วยน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ในสัดส่วนที่เหมาะสม คือ มีกรดไลโนเลอิกในปริมาณต่ำ แต่มีปริมาณของกรดโอเลอิกในปริมาณสูง เพื่อให้ น้ำมันพืชมีความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูงได้ดี ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการเพิ่มความคงตัวของน้ำมันพืช

## เอกสารอ้างอิง

1. Tuberoso CI, Kowalczyk A, Sarritzu E, et al. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. Food Chemistry 2007; 103(4): 1494-501.
2. Silva L, Pinto J, Carrola J, et al. Oxidative stability of olive oil after food processing and comparison with other vegetable oils. Food Chemistry 2010; 121(4): 1177-87.

3. Ramadan MF, Moersel J. Screening of the antiradical action of vegetable oils. *Journal of Food Composition and Analysis* 2006; 19(8): 838-42.
4. Anwar F, Hussain AI, Iqbal S, et al. Enhancement of the oxidative stability of some vegetable oils by blending with *Moringa oleifera* oil. *Food Chemistry* 2007; 103(4): 1181-91.
5. Jinyoung L, Yoosung L, Eunok C. Effects of sesamol, sesamin, and sesamolin extracted from roasted sesame oil on the thermal oxidation of methyl linoleate. *LWT-Food Science and Technology* 2008; 41: 1871-5.
6. Lee K, Li J, Kim Y, et al. Synergetic and antagonistic role of natural antioxidant in the autoxidation of soybean oil. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 2011; 17(3): 537-42.
7. Branen AL. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 1975; 52(2): 59-63.
8. van Esch GJ. Toxicology of tert-butylhydroquinone (TBHQ). *Food and Chemical Toxicology* 1986; 24(10-11): 1063-5.
9. Hahn SM, DeLuca AM, Mitchell JB, et al. Neurophysiological consequences of nitroxide antioxidants. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 1995; 73(3): 399-403.
10. Navarro J, Obrodor E, Carreter J, et al. Changes in glutathione status and the antioxidant system in blood and cancer cells associate with tumor growth in vivo. *Free Radical Biology and Medicine* 1999; 26(3/4): 410-8.
11. Naz S, Sheikh H, Siddiqi R, et al. Oxidative stability of olive, corn and soybean oil under different conditions. *Food Chemistry* 2004; 88(2): 253-9.
12. Velasco J, Dobarganes C. Oxidative stability of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2002; 104: 661-76.
13. Hemalatha S, Ghafoorunissa. Sesame lignans enhance the thermal stability of edible vegetable oils. *Food Chemistry* 2007; 105(3): 1076-85.
14. Kaitaranta JK. Control of lipid oxidation in fish oil with various antioxidative compounds. *Journal of American Chemical Society* 1992; 69: 810-3.
15. Konsoula Z, Liakopoulou-Kyriakides M. Effect of endogenous antioxidants of sesame seeds and sesame oil to the thermal stability of edible vegetable oils. *LWT - Food Science and Technology* 2010; 43(9): 1379-86.

16. Ramadan MF, Wahdan KMM. Blending of corn oil with black cumin (*Nigella sativa*) and coriander (*Coriandrum sativum*) seed oils: Impact on functionality, stability and radical scavenging activity. *Food Chemistry* 2012; 132(2): 873-9.
17. Navarro J, Obrodor E, Carreter J, et al. Changes in glutathione status and the antioxidant system in blood and cancer cells associate with tumor growth in vivo. *Free Radical Biology and Medicine* 1999; 26(3/4): 410-8.
18. Iqbal S, Haleem S, Akhtar M. Efficiency of pomegranate peel extracts in stabilization of sunflower oil under accelerated conditions. *Food Research International* 2008; 41(2): 194-200.
19. Iqbal S, Bhangar MI. Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. *Food Chemistry* 2007; 100(1): 246-54.
20. Shyamala BN, Gupta S, Lakshmi AJ, et al. Leafy vegetable extracts—antioxidant activity and effect on storage stability of heated oils. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 2005; 6(2): 239-45.
21. Vasso O, Constantina T. Utilization of plant by-products for the recovery of proteins, dietary fibers, antioxidants, and colorants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2007; 209: 232.
22. Mohdaly AAA, Sarhan MA, Mahmoud A, et al. Antioxidant efficacy of potato peels and sugar beet pulp extracts in vegetable oils protection. *Food Chemistry* 2010; 123(4): 1019-26.

#### คำถาม

1. สารใดไม่มีผลเพิ่มความคงตัวของน้ำมันพืช
  1. โอเมก้า-3
  2. โทโคฟีรอล
  3. กรดแอสคอร์บิก
  4. กรดเพโทโรเซเลนิก
  5. สารประกอบฟีนอล
2. ข้อใดไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้น้ำมันพืชมีกลิ่นหืน
  1. ปฏิกริยารีดักชัน
  2. ปฏิกริยาออกซิเดชัน
  3. ปฏิกริยาไฮโดรไลซิส
  4. ปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชัน
  5. ปฏิกริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเอง

3. น้ำมันพืชชนิดใดมีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำมาก
  1. น้ำมันถั่วลิสง
  2. น้ำมันมะกอก
  3. น้ำมันถั่วเหลือง
  4. น้ำมันเมล็ดฟักทอง
  5. น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน
4. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของน้ำมันมะกอกชนิดบริสุทธิ์พิเศษ
  1. มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลสูง
  2. ไม่มีกลิ่นมะกอกและไม่เหม็นหืน
  3. มีความคงตัวต่อความร้อนได้ดี
  4. มีปริมาณของโทโคฟีรอลสูง
  5. มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง
5. การสลายตัวของสารใดในน้ำมันพืชที่เป็นสาเหตุสำคัญของกลิ่นที่เปลี่ยนไป
  1. สารประกอบฟีนอล
  2. กรดไลโนเลอิก
  3. กรดโอเลอิก
  4. คลอโรฟิลล์
  5. ลิกแนนส์
6. น้ำมันพืชที่มีความคงตัวต่อความร้อนควรมีลักษณะอย่างไร
  1. มีกรดโพลีฟีนอลิกและกรดโอเลอิกในปริมาณต่ำ แต่มีกรดไลโนเลอิกในปริมาณสูง
  2. มีกรดโอเลอิกและกรดไลโนเลอิกในปริมาณต่ำ แต่มีกรดโพลีฟีนอลิกในปริมาณสูง
  3. มีกรดโพลีฟีนอลิกและกรดไลโนเลอิกในปริมาณต่ำ แต่มีกรดโอเลอิกในปริมาณสูง
  4. มีกรดโพลีฟีนอลิกและกรดโอเลอิกในปริมาณต่ำ แต่มีโทโคฟีรอลในปริมาณสูง
  5. มีโทโคฟีรอลและกรดไลโนเลอิกในปริมาณต่ำ แต่มีกรดโอเลอิกในปริมาณสูง
7. สารกันเสียชนิดใดที่พบว่ามีพิษทางพันธุกรรมและทำให้เกิดเนื้องอกในสัตว์ทดลอง
  1. BHT
  2. BHA
  3. TBHQ
  4. MUFA
  5. TEMPO
8. น้ำมันพืชที่มีความคงตัวสูงควรมีดัชนีชี้วัดเป็นอย่างไร
  1. ค่าเปอร์ออกไซด์สูง ค่าแอนิซิดีนต่ำ
  2. ค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำ ค่าแอนิซิดีนสูง
  3. ค่าเปอร์ออกไซด์และค่าแอนิซิดีนสูง

4. ค่าเปอร์ออกไซด์และค่าแอนิซิดินต่ำ
  5. ค่าเปอร์ออกไซด์หรือค่าแอนิซิดินต่ำ
9. ข้อใดผิดเกี่ยวกับสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่มีผลเพิ่มความคงตัวของน้ำมันพืช
1. Lignans จากกระเทียม
  2. Petroselinic acid จากน้ำมันเมล็ดผักชี
  3. Sesamin, sesamol และ sesamol จากเมล็ดงา
  4. Tocopherol isomers และ oleic acid จากน้ำมันมะรุม
  5. Phytosterols และ tocopherol จากน้ำมันเมล็ดเทียนดำ
10. สารใดที่พบในสารสกัดจากเปลือกมันฝรั่งและรากของต้นบีทที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน
1. Caffeic acid และ gallic acid
  2. Gallic acid และ vanillic acid
  3. Caffeic acid และ vanillic acid
  4. Gallic acid และ chlorogenic acid
  5. Chlorogenic acid และ vanillic acid