

ทำไมแอปเปิ้ลที่ปอกเปลือกทิ้งไว้จึงมีสีคล้ำ?

เรียบเรียงโดย จันทร์เพ็ญ เกิดผล

นักวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ : เอนไซม์ PPO สารประกอบฟีนอล สารควิโนน



แอปเปิ้ลเป็นผลไม้ในวงศ์ (Family) Rosaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Malus domestica* Borkh ผลแอปเปิ้ลส่วนใหญ่มีเปลือกสีแดง เขียว และเหลืองตามสายพันธุ์ เนื้อในเป็นเหมือนทรายละเอียดสีเหลืองนวล แอปเปิ้ลมีหลายสายพันธุ์ เช่น พันธุ์ฟูจิ (Fuji) พันธุ์โกลเดนดีลิเชียส (Golden Delicious) พันธุ์เรดดีลิเชียส (Red Delicious) พันธุ์กาลา (Gala) เป็นต้น

แอปเปิ้ลเป็นแหล่งของเอนไซม์ฟีนอกซิเลสและสารประกอบฟีนอล โดยปริมาณและชนิดของสารประกอบฟีนอลในแอปเปิ้ลจะแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ โดยทั่วไปพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในส่วนเปลือกมีมากกว่าในส่วนเนื้อของผลแอปเปิ้ล และยังเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการสุก การเก็บรักษา สภาพแวดล้อม และแหล่งเพาะปลูกอีกด้วย นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิดที่มีความสำคัญต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 วิตามินบี 5 วิตามินบี 6 กรดโฟลิก วิตามินซี ธาตุแคลเซียม ธาตุแมกนีเซียม ธาตุโพแทสเซียม ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุสังกะสี ธาตุเหล็ก และยังประกอบไปด้วย คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน โดยประโยชน์ของแอปเปิ้ลแต่ละสายพันธุ์จะโดดเด่นแตกต่างกันไปตามสีของแอปเปิ้ล คือ

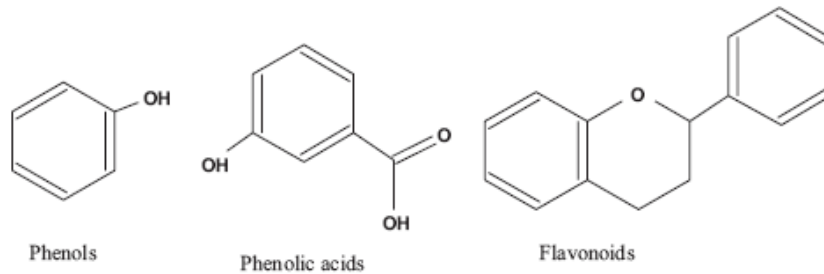
- แอปเปิ้ลสีแดง จะมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระเยอะที่สุด จึงเหมาะแก่การช่วยชะลอวัย ลดริ้วรอย
- แอปเปิ้ลสีเขียว มีรสชาติเปรี้ยวอมหวาน เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก เพราะมีน้ำตาลน้อยกว่าแอปเปิ้ลสีอื่น

- แอปเปิ้ลสีเหลือง จะมีสารที่ช่วยในการลดอัตราความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง ต้อกระจก และโรคหลอดเลือดหัวใจ

แอปเปิ้ลเป็นผลไม้ที่นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลาย โดยรับประทานเป็นผลไม้สดหรืออาจนำไปปรุงเป็นอาหาร เช่น แยม สลัด พาย แต่มักพบปัญหาการเกิดสีน้ำตาลเมื่อปอกเปลือกแอปเปิ้ลทิ้งไว้ ปรากฏการณ์นี้ว่า “ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Enzymatic browning reaction)”

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดขึ้นได้ต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ

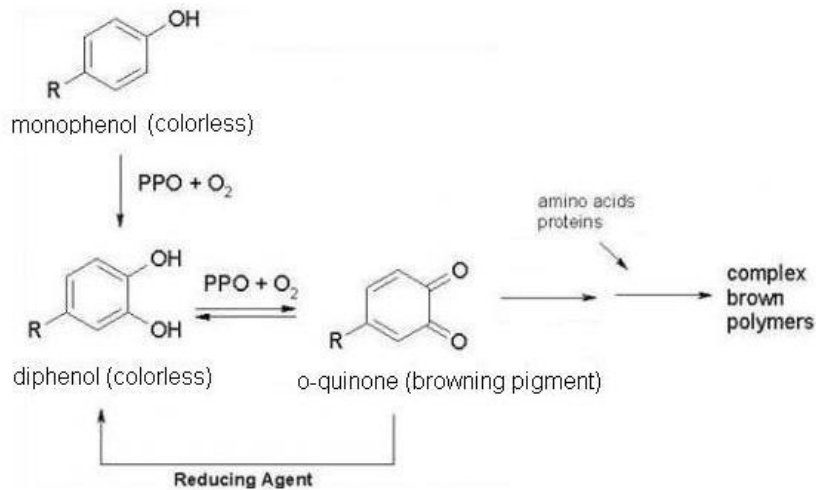
- สารตั้งต้น (substrate) คือ สารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่พบตามธรรมชาติ โดยมีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนที่เป็นอนุพันธ์ของวงแหวนเบนซีน มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ต่ออยู่ ดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างสารประกอบฟีนอล [1]

- เอนไซม์ (enzyme) ในกลุ่มพอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) ซึ่งเป็นชื่อเรียกโดยทั่วไปของกลุ่มเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน/รีดักชันของซีสเตรต เอนไซม์ PPO มีชื่อเรียกตามซีสเตรตที่เอนไซม์เร่งปฏิกิริยา ได้แก่ ไทโรซิเนส (tyrosinase) แคทีคอลออกซิเดส (catecholoxidase) ครีซอลเลส (cresolase) และแคทีโคเลส (catecholase) ซึ่งค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ PPO อยู่ในช่วง 5-7
- ออกซิเจน

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวกับเอนไซม์นี้เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) จะเกิดขึ้นเมื่อแอปเปิ้ลถูกปอกหรือหั่นเปลือก ทำให้ก๊าซออกซิเจนเข้ามาสัมผัสกับเนื้อแอปเปิ้ลที่มีเอนไซม์ PPO และสารประกอบโมโนฟีนอล (monophenol) (ไม่มีสี) อยู่ จากนั้นสารประกอบโมโนฟีนอลจะถูกออกซิไดซ์เป็นไดฟีนอล (diphenol) ซึ่งไม่มีสี และถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น ออโร-ควิโนน (o-quinone) ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดแอมิโนหรือโปรตีนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจะรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่ เช่น เมลานิน (melanin) ดังภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และภาพที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบสีเนื้อแอปเปิ้ลก่อนและหลังปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งนอกจากจะพบกับแอปเปิ้ลที่ปอกเปลือกแล้วยังพบในผักและผลไม้อื่น ๆ ได้อีกด้วย เช่น กัลวย มังฝรั่ง เห็ด



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล [3]



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบสีของเนื้อแอปเปิ้ล ก่อนและหลังปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล [2]

ควรทำอย่างไรให้แอปเปิ้ลไม่เป็นสีน้ำตาลเมื่อถูกปอกหรือหั่นเปลือก?

1. ป้องกันไม่ให้สัมผัสออกซิเจน เช่น การจุ่มผักผลไม้ในน้ำเกลือ การห่อหุ้มด้วยฟิล์มถนอมอาหาร หรือการบรรจุแบบสุญญากาศ
2. การใช้วิธีทางกายภาพเพื่อทำลายเอนไซม์ PPO เช่น การลวกด้วยน้ำร้อน การพาสเจอร์ไรซ์ แต่การใช้ความร้อนเพื่อทำลายเอนไซม์ PPO นั้นจะมีผลทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพด้านอื่นๆ เช่น การสูญเสียกลิ่น รส สี เป็นต้น

แต่ในทางอุตสาหกรรมแปรรูปผักและผลไม้อาจใช้สารเคมีเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ซึ่งสารเคมีแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพและข้อดี ข้อเสีย แตกต่างกัน ตัวอย่างสารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่

ซัลไฟต์ (sulfites) กรด (acid) ตัวคีเลต (chelating agents) แต่เนื่องจากสารเคมีบางชนิดโดยเฉพาะ สารประกอบซัลไฟต์ มีข้อจำกัดในการใช้และทำให้เกิดการแพ้แก่ผู้บริโภคบางกลุ่มได้ ผู้บริโภคและผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารจึงสนใจการใช้สารยับยั้งจากธรรมชาติมาทดแทนการใช้สารเคมี ซึ่งมีงานวิจัยที่มีการใช้สารจากธรรมชาติในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ PPO เช่น น้ำสับประรด (pineapple juice) สารสกัดเปลือกสับประรด (pineapple shell extract) สารสกัดรำข้าว (rice bran extract)

เอกสารอ้างอิง

1. "สารประกอบฟีนอล" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2585/phenolic-compound>
สืบค้น 18 กันยายน 2560
2. "ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<https://charinpatpu.wordpress.com/2015/05/23/browning-effect/>
สืบค้น 18 กันยายน 2560
3. "ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์." [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0679/enzymatic-browning-reaction.>
สืบค้น 18 กันยายน 2560
4. Lee, C. Y. & Whitaker, J. R. (1995). Enzymatic Browning and Its Prevention. 1st ed.
ACS Symposium Series : Washington, D. C.
5. โชคชัย ชีรกุลเกียรติ. (2558). วิทยาเอนไซม์ : การเกิดและการควบคุมสีน้ำตาลและกลิ่นรสผิดปกติในผักผลไม้. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กองเคมีภัณฑ์และผลิตภัณฑ์อุปโภค

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

โทร 0 2201 7303

E-mail: Janpen@dss.go.th

ธันวาคม 2560