โครงการการศึกษาความรอบรู้เฉพาะเรื่อง (Senior Project)

เรื่อง

การเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาเขียวในท้องตลาด

นางสาวณวริณ อึ๊งภากรณ์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน

โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา

ปีการศึกษา 2567

ณวริณ อึ๊งภากรณ์ 2567 : โครงการการศึกษาความรอบรู้เฉพาะเรื่อง
เรื่อง การเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาเขียวในท้องตลาด
โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ภูมิ ถิ่นกาญจน์วัฒนา
ผู้เชี่ยวชาญ : ดร.ปิยาภัทร ไตรสนธิ
ผู้ปกครอง : เรือโท ทันตแพทย์หญิงวรินทรา อึ๊งภากรณ์

บทคัดย่อ

โครงการการศึกษาความรอบรู้เฉพาะเรื่อง เรื่องการเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาเขียวในท้องตลาด มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มชาเขียวตามท้องตลาดในประเทศไทย 3 รูปแบบ ได้แก่ ชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด ชาเขียวผงพร้อมชง และชาเขียวบรรจุซอง การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทำโดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl หรือ DPPH radical scavenging assay ในเครื่องดื่มชา 21 ตัวอย่าง และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm ด้วยเครื่อง microplate reader จากนั้นจึงคำนวณค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (radical scavenging activity: %RSA) โดยคิดเป็นร้อยละของอนุมูลอิสระ DPPH ที่ถูกกำจัดไปโดยตัวอย่างในตัวอย่างหลังทำปฏิกิริยา และนำค่าดังกล่าวมาเทียบกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน 2 ชนิด ได้แก่ trolox (วิตามินอี) และ ascorbic acid (วิตามินซี) และแสดงผลเป็นความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับปริมาณสารมาตรฐาน (trolox/ascorbic acid equivalent)

ผลการศึกษาพบว่า เครื่องดื่มชาเขียวที่มี %RSA มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดอิชิตันรสน้ำผึ้งผสมมะนาว ชาเขียวผงพร้อมชง Weico Jee matcha และชาเขียวบรรจุซองระมิงค์ สูตรดั้งเดิม โดยมี %RSA เท่ากับ 96.47%, 94.61% และ 93.96% ตามลำดับ แสดงว่าเครื่องดื่มชาเขียวที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงพบได้ในเครื่องดื่มชาทั้ง 3 รูปแบบ แต่ในภาพรวมเครื่องดื่มชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าชาเขียวผงพร้อมชงและชาเขียวบรรจุซอง เมื่อเทียบปริมาตรเท่ากัน ดังนั้นการบริโภคชาเขียวผงพร้อมชงและชาเขียวบรรจุซองจึงอาจได้ประโยชน์มากกว่า ทั้งนี้ในการเลือกบริโภคจะต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำตาลและคาเฟอีนที่จะได้รับด้วย

สารบัญ

	หน้า
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตของการศึกษา	2
แนวคิดที่ใช้ในการศึกษา	3
1. ข้อมูลทั่วไปต้นชา	4
1.1 สายพันธุ์ชาและลักษณะทางพฤกษศาสตร์	4
1.2 ประวัติการบริโภคเครื่องดื่มชาของแต่ละภูมิภาคในโลก	7
2. เครื่องดื่มชา	8
2.1 ประเภทของชา	8
2.2 รูปแบบการบรรจุใบชาในเชิงพาณิชย์	10
3. สารสำคัญในใบชา	11
4. เภสัชจลนศาสตร์ของชาเขียว	13
5. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชาเขียว	13
6. อนุมูลอิสระ	14
6.1 ความหมายและคุณสมบัติของอนุมูลอิสระ	13
6.2 การเกิดอนุมูลอิสระ	16
6.3 กลไกการทำลายเซลล์ของอนุมูลอิสระ	17
6.4 กลไกการกำจัดอนุมูลอิสระ	17

หน้า

7. สารต้านอนุมูลอิสระ 18

7.1 ความหมายของสารต้านอนุมูลอิสระ 18

7.2 บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระ 19

7.3 ประเภทของสารต้านอนุมูลอิสระ 20

รูปแบบวิธีการศึกษา 22

1. ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา 22

2. สารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์ 24

3. การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 24

ผลการศึกษา 30

สะท้อนความคิด 40

บรรณานุกรม 43

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของสารคาเทชินสำคัญ 4 ชนิดในชาเขียว 12

ภาพที่ 2 อนุมูลอิสระมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ทำให้อะตอมหรือโมเลกุลนั้นไม่เสถียร มีความไวในการไปทำปฏิกิริยาจับกับโมเลกุลข้างเคียง เพื่อให้ตัวอนุมูลอิสระเปลี่ยนไปเป็นโมเลกุลที่เสถียร เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ 15

ภาพที่ 3 สาเหตุการเกิดอนุมูลอิสระ 17

ภาพที่ 4 การหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระโดยสารต้านอนุมูลอิสระ 20

ภาพที่ 5 ชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด 10 ตัวอย่าง 23

ภาพที่ 6 ชาเขียวผงพร้อมชง 6 ตัวอย่าง 23

ภาพที่ 7 ชาเขียวบรรจุซอง 5 ตัวอย่าง 23

ภาพที่ 8 สารละลายมาตรฐาน ascorbic acid และ trolox หลังจากเจือจางใน absolute ethanol 25

ภาพที่ 9 การเตรียมเครื่องดื่มชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด 25

ภาพที่ 10 การเตรียมเครื่องดื่มชาเขียวจากชาเขียวผงพร้อมชง 26

ภาพที่ 11 การเตรียมเครื่องดื่มชาเขียวจากชาเขียวบรรจุซอง 26

ภาพที่ 12 สารทดสอบ 21 ตัวอย่างก่อนเจือจาง 27

ภาพที่ 13 สารทดสอบ 21 ตัวอย่างหลังเจือจางใน absolute ethanol 1:20 27

ภาพที่ 14 เตรียมเพลท blank ของตัวอย่าง 27

ภาพที่ 15 หยอดสารละลาย DPPH ลงในเพลททดสอบ โดยใช้ multi-channel pipette 28

ภาพที่ 16 วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง microplate reader 28

หน้า

ภาพที่ 17 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับความเข้มข้นของ ascorbic acid (mM) 31

ภาพที่ 18 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับปริมาณ ascorbic acid (µg) 31

ภาพที่ 19 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับความเข้มข้นของ trolox (mM) 32

ภาพที่ 20 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับปริมาณ trolox (µg) 32

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 อนุกรมวิธานของชา 4

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ
ของเครื่องดื่มชาเขียวเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid 33

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ
ของเครื่องดื่มชาเขียวเทียบกับสารมาตรฐาน trolox 34

หลักการและเหตุผล

ในขณะที่จำนวนประชากรโลกกำลังลดลง แต่จำนวนและสัดส่วนประชากรสูงอายุกลับเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั่วทั้งโลกกำลังเข้าสู่สังคมสูงอายุ ยกเว้นแอฟริกาเพียงทวีปเดียวที่มีสัดส่วนของประชากรสูงอายุต่ำสุด คือ มีเพียงไม่ถึงร้อยละ 6 ของประชากรทั้งทวีป (กรมกิจการผู้สูงอายุ, 2566 : ฉ) จากความเจริญในด้านเทคโนโลยีการแพทย์ การปรับเปลี่ยนวิถีการดำเนินชีวิต เช่น พักผ่อนให้เพียงพอ หลีกเลี่ยงการสูบบุหรี่ และหมั่นตรวจสุขภาพเป็นประจำ อีกทั้งการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภค เช่น รับประทานอาหารให้ครบ 5 หมู่ เลี่ยงอาหารหวาน มัน เค็ม และอาหารแปรรูป ประชากรทั่วโลกจึงมีอายุเฉลี่ยสูงขึ้น ทำให้พบประชากรที่ป่วยเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) หรือโรควิถีชีวิตเป็นจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยในปีพ.ศ. 2566 คนไทยมากกว่า 14 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 21 ของจำนวนประชากรทั้งประเทศกำลังเผชิญโรค NCDs (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.), 2566 : ออนไลน์)

นอกจากการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังโดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมให้เหมาะสมแล้ว การรับประทานอาหารที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งพบได้ทั่วไปในผักและผลไม้ ก็มีส่วนช่วยในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอย่างมีประสิทธิภาพ (ธวัชชัย ตระกูลเลิศยศ, 2560 : ออนไลน์) มีงานวิจัยมากมายที่แสดงถึงประโยชน์ต่อสุขภาพของชาเขียว เช่น งานวิจัยของมนทิรา ประโภชนัง ซึ่งศึกษาผลของชาเขียวต่อการลดน้ำหนักของคนไทยที่อ้วน (ดัชนีมวลกายเกิน 25 กก./ม.^{2}) จำนวน 60 คนพบว่า ชาเขียวสามารถลดน้ำหนักในคนไทยที่อ้วนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 8 โดยเพิ่มการใช้พลังงานและการสลายไขมัน (มนทิรา ประโภชนัง, 2550) งานวิจัยในปี ค.ศ. 2021 ของ Jinbiao Liu และคณะพบว่า สาร epigallocatechin gallate (EGCG) ในชาเขียวมีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการติดเชื้อ SAR-CoV-2 ที่ยังมีชีวิตและ human coronavirus (HCoV OC43) (Jinbiao Liu et al. 2021 : 1-15) การมีสารประกอบโพลีฟีนอลซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพในหลายด้าน เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจและโรคเบาหวาน ซึ่งเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่พบในวัยชรา ชะลอการเสื่อมสภาพของเซลล์ร่างกาย ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง ภาวะไตวาย และโรคอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเสียสมดุลของระบบต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย ต้านการอักเสบ ต้านแบคทีเรียและไวรัส เป็นต้น (Chaturvedula and Prakash. 2011 : 2110-2124)

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพเป็นจำนวนมากและทำให้ชาเขียวเป็นเครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยม มีผลิตภัณฑ์ให้เลือกหลากหลายและหาซื้อได้ง่ายตามร้านสะดวก

ซื้อและซุปเปอร์มาร์เก็ต โดยรูปแบบการบรรจุชาที่ได้รับความนิยม 3 รูปแบบ ได้แก่ ชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด ชาเขียวผงพร้อมชง และชาเขียวบรรจุซอง จากการทบทวนวรรณกรรม ผู้จัดทำโครงงานพบว่ายังไม่มีผู้ใดศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาเขียวตามท้องตลาดในประเทศไทย โครงงานนี้จึงต้องการเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาเขียวทั้ง 3 รูปแบบตามท้องตลาดในประเทศไทย โดยใช้วิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl หรือ DPPH radical scavenging assay ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายต่อการวิเคราะห์ สะดวก รวดเร็ว มีความไวในการเกิดปฏิกิริยา และให้ผลที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูง เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกบริโภคเครื่องดื่มชาเขียวที่มีประโยชน์ด้านสุขภาพ หากผู้บริโภคผู้ใดคำนึงถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเป็นหลัก งานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางหนึ่งในการเลือกซื้อเครื่องดื่มชาเขียวที่เหมาะสมเป็นเป็นอย่างยิ่ง

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาเขียวตามท้องตลาดในประเทศไทย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาเขียวแต่ละรูปแบบและยี่ห้อที่วางขายตามท้องตลาดในประเทศไทย

2. เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกบริโภคเครื่องดื่มชาเขียวตามท้องตลาด เพื่อประโยชน์ด้านสุขภาพสำหรับบุคคลที่มีความสนใจดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ

ขอบเขตของการศึกษา

ผู้จัดทำโครงงานเลือกซื้อเครื่องดื่มชาเขียวจากร้านสะดวกซื้อ ซุปเปอร์มาร์เก็ต และร้านค้าออนไลน์

กลุ่มตัวอย่าง : 1. ชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด 10 ตัวอย่าง
2. ชาเขียวผงพร้อมชงหรือมัทฉะ (matcha) 6 ตัวอย่าง
3. ชาเขียวบรรจุซอง (sachet) 5 ตัวอย่าง

สถานที่ศึกษา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาในการศึกษา : กรกฎาคม 2566 - เมษายน 2567

แนวคิดที่ใช้ศึกษา

ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลทั่วไปต้นชา
    1.1 สายพันธุ์ชาและลักษณะทางพฤกษศาสตร์
    1.2 ประวัติการบริโภคเครื่องดื่มชาของแต่ละภูมิภาคในโลก
2. เครื่องดื่มชา
    2.1 ประเภทของชา
    2.2 รูปแบบการบรรจุใบชาในเชิงพาณิชย์
3. สารสำคัญในชา
4. เภสัชจลนศาสตร์ของชาเขียว
5. ฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระของชาเขียว
6. อนุมูลอิสระ
    6.1 ความหมายและคุณสมบัติของอนุมูลอิสระ
    6.2 การเกิดอนุมูลอิสระ
    6.3 กลไกการทำลายเซลล์ของอนุมูลอิสระ
    6.4 กลไกการกำจัดอนุมูลอิสระ
7. สารต้านอนุมูลอิสระ
    7.1 ความหมายของสารต้านอนุมูลอิสระ
    7.2. บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระ
    7.3 ประเภทของสารต้านอนุมูลอิสระ

1. ข้อมูลทั่วไปของต้นชา

ต้นชามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze อยู่ในวงศ์ Theaceae เป็นพืชกึ่งร้อน เจริญเติบโตได้ดีในเขตอบอุ่นและมีฝน พื้นที่ปลูกควรที่มีความสูงกว่าระดับน้ำทะเล 1,000 - 2,000 เมตร ต้นชาเป็นพืชพื้นเมืองของประเทศในทวีปเอเชีย ได้แก่ จีน พม่า ลาว กัมพูชา ไทย และเวียดนาม แหล่งผลิตชาที่สำคัญคือ จีนและอินเดีย ปัจจุบันมีแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญอยู่ที่ประเทศอินเดีย ศรีลังกา จีน อินโดนีเซีย และเคนยา (ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย, 2566: ออนไลน์)

ตารางที่ 1 อนุกรมวิธานของชา

Kingdom	Plantae
Phylum	Spermatophyta
Subphylum	Angiospermae
Class	Dicotyledonae
Order	Theales
Family	Theaceae
Genus	Camellia
Species	Camellia sinensis

1.1 สายพันธุ์ชาและลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชาสายพันธุ์หลักที่มีการผลิตเพื่อการค้าปัจจุบัน มี 2 สายพันธุ์ คือ

สายพันธุ์อัสสัม (Assam tea หรือ Indian tea) ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Camellia sinensis* var. *assamica* หรือชาอัสสัม เป็นชาดำที่มีชื่อเสียงจากรัฐอัสสัม ประเทศอินเดีย มีรสชาติเข้ม นิยมใช้เป็นส่วนประกอบของชาอิงลิชเบรกฟาสต์ นอกจากนี้ยังรวมถึงชาพื้นเมืองหรือชาป่า มีใบชาที่ใหญ่กว่าชาจีน เจริญเติบโตได้ดีตามป่าที่มีร่มไม้ ปลูกดูแลง่ายตามธรรมชาติ และมีผลผลิตมากกว่าชาจีน ชาพันธุ์อัสสัมเป็นไม้ต้นเดี่ยว ลำต้นใหญ่ เจริญเติบโตเร็ว ทนแล้ง ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี มีอายุทางเศรษฐกิจถึง 40 ปี ซึ่งจะมีสายพันธุ์ย่อย ๆ ลงไปอีกตามลักษณะสีใบ (ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย, 2566 : ออนไลน์) (ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล, จิราพร ไร่พุทธา และ นายทวิพิชญ์ อายะนันท์. 2563 : 1 - 5) ได้แก่ พันธุ์อัสสัมใบจาง พันธุ์อัสสัมใบเข้ม พันธุ์มานิบุริ พันธุ์พม่า และพันธุ์ลูไซ (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2559 : ออนไลน์)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของชาสายพันธุ์อัสสัม (ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล, จิราพร ไร่พุทธา และ นายทวิพิชญ์ อายะนันท์. 2563 : 1-5)

ต้นชา

เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ สูงประมาณ 6-18 เมตร ขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด มีรากแก้วและรากฝอยหาอาหาร รากต้นชามีการสะสมคาร์โบไฮเดรตในรูปของแป้ง การแตกยอดของต้นชาขึ้นอยู่กับอาหารสำรองคาร์โบไฮเดรตในราก มีรากหยั่งลึกเฉลี่ยประมาณ 3 เมตรหรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับสภาพดิน

ใบชา

ใบเป็นใบเดี่ยว สีใบอ่อน การจัดเรียงตัวเป็นแบบสลับ 1 ใบต่อ 1 ข้อ ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ใบมีขนาดใหญ่ ปลายใบแหลม ใบบาง หน้าใบมัน ใบยาวประมาณ 7-30 เซนติเมตร ยอดอ่อนมีขนอ่อนปกคลุม

ดอกชา

เกิดจากตาระหว่างลำต้นและใบ มีทั้งดอกเดี่ยวและดอกช่อ เป็นดอกสมบูรณ์เพศ เกสรตัวผู้มีสีเหลืองจำนวนมาก ก้านเกสรตัวผู้ยาวประมาณ 8-10 มิลลิเมตร ก้านชูเกสรตัวเมียสั้น ยอดเกสรตัวเมียมี 3-5 ลูป กลีบดอกสีขาว 5-8 กลีบ มีลักษณะโค้งเว้า

ผล

เป็นแคปซูล เปลือกหนาสีน้ำตาลอมเขียว แบ่งเป็น 1-3 ช่อง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-2 เซนติเมตร ระยะเวลาจากติดผลถึงผลแก่ประมาณ 9-12 เดือน เมื่อผลแก่เต็มที่ ผลจะแตกออก

เมล็ด

มีรูปร่างค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.8-1.6 เซนติเมตร มีใบเลี้ยง 2 ใบ อวบหนา มีน้ำมันมาก เปลือกหุ้มเมล็ดมีลักษณะบาง เหนียว

สายพันธุ์จีน (Chinese tea) ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Camellia sinensis* var. *sinensis* หรือชาจีน มีลักษณะใบเล็กและแคบ ทนทานต่อสภาพอากาศหนาวเย็น เป็นพันธุ์ที่ต้องการการดูแลรักษาในการปลูกมาก ชาพันธุ์จีนมีลักษณะเป็นไม้พุ่มหลายลำต้น เป็นพืชที่ทนต่อฤดูหนาวเย็น บางพันธุ์มีอายุทางเศรษฐกิจมากกว่า 100 ปี ใบมีสีเขียวเข้ม ขนาดเล็ก ยาวแคบ ตั้งตรง ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ผิวใบเรียบ ใบค่อนข้างตั้งกว่าชาอัสสัม การเรียงตัวของใบเป็นแบบสลับและเกลียว ต้นเจริญเติบโตช้ากว่าชาอัสสัม

ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำและสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนได้ดี (ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย, 2566 : ออนไลน์) (ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล, จิราพร ไร่พุทธา และ นายทวิพิชญ์ อายะนันท์. 2563 : 1-5)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของชาสายพันธุ์จีน (ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล, จิราพร ไร่พุทธา และ ทวิพิชญ์ อายะนันท์. 2563 : 1-5)

ต้นชา

เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ทรงพุ่มเป็นกรวย สูงประมาณ 2-6 เมตร ขยายพันธุ์โดยการปักชำ ไม่มีรากแก้ว รากต้นชามีการสะสมคาร์โบไฮเดรตในรูปของแป้ง การแตกยอดของต้นชาขึ้นอยู่กับอาหารสำรองคาร์โบไฮเดรตในราก มีรากหยั่งลึกเฉลี่ยประมาณ 1.5-3 เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพดิน

ใบชา

ใบแคบ สีใบคล้ำ การจัดเรียงตัวเป็นแบบสลับ 1 ใบต่อ 1 ข้อ ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ปลายใบโค้งมน แผ่นใบหนา ใบเป็นมัน ใบสั้น ประมาณ 4-8 เซนติเมตร ยอดอ่อนมีขนอ่อนปกคลุม

ดอกชา

เกิดจากตาระหว่างลำต้นกับใบ มีทั้งดอกเดี่ยวและดอกช่อ เป็นดอกสมบูรณ์เพศ เกสรตัวผู้มีสีเหลือง ก้านเกสรตัวผู้ยาวประมาณ 8-10 มิลลิเมตร ก้านชูเกสรตัวเมียสั้น ยอดเกสรตัวเมียมี 3-5 ลูป กลีบดอกมีสีขาว 5-8 กลีบ มีลักษณะโค้งมน

ผล

เป็นแคปซูล เปลือกหนาสีน้ำตาลอมเขียว แบ่งเป็น 1-3 ช่อง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-2 เซนติเมตร จากติดผลถึงผลแก่ประมาณ 9-12 เดือน เมื่อผลแก่เต็มที่ ผลจะแตกออก

เมล็ด

รูปร่างค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.8-1.6 เซนติเมตร มีใบเลี้ยงสองใบ อวบหนา หุ้มต้นอ่อนไว้ มีน้ำมันมาก ผนังเมล็ดแข็งแรงและเชื่อมติดกับเปลือกหุ้มเมล็ด เปลือกของเมล็ดมีลักษณะบาง เหนียว

1.2 ประวัติศาสตร์การบริโภคเครื่องดื่มชาของแต่ละภูมิภาคในโลก

ชาเป็นเครื่องดื่มที่อยู่คู่กับมนุษยชาติมากว่า 4,000 ปี โดยจีนเป็นชาติแรกที่ค้นพบเครื่องดื่มชนิดนี้ หลังจากนั้นชาก็กลายมาเป็นเครื่องดื่มยอดนิยมของชาวจีน และได้กลายมาเป็นเครื่องดื่มยอดนิยมชนิดหนึ่งในโลก ในด้านวัฒนธรรมการดื่มชาของคนจีน ชานับว่าเป็นเครื่องดื่มที่อยู่คู่กับคนจีนมายาวนาน จนเกิดการนำชาไปใช้ในพิธีสำคัญต่าง ๆ เช่น งานแต่งงาน งานศพ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีพิธีการชาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การต้อนรับแขก การแสดงความเคารพต่อคนในครอบครัว การขอโทษหรือการขอบคุณ จะเห็นได้ว่า ชาคือส่วนหนึ่งในชีวิตของชาวจีนอย่างแท้จริง (อรสินี อินฒะสอน, 2560)

จากประเทศจีน ชาได้ถูกเผยแพร่นำไปปลูกในประเทศต่าง ๆ ในเอเชีย เช่น ประเทศญี่ปุ่นซึ่งเป็นประเทศที่อยู่ใกล้กับจีน โดยพระชาวญี่ปุ่นจำนวนหนึ่งที่เดินทางมาประเทศจีนกับเรือคณะทูตเพื่อมาศึกษาคำสอนทางพุทธศาสนา และได้นำเมล็ดชากลับไปปลูกที่ Shingaken ซึ่งก็ประสบผลสำเร็จได้ผลดี ในอดีตชาเขียวถูกจัดว่าเป็นสินค้าที่มีค่ามาก ดังนั้นผู้ที่สามารถบริโภคชาเขียวจะมีเพียงบางกลุ่มเท่านั้นในสังคม เช่น พระสงฆ์และขุนนางเท่านั้น ในประเทศมาเลเซีย ค.ศ. 1802 ชาพันธุ์จีนถูกนำเข้าไปปลูกที่ปีนัง ต่อมาปีค.ศ. 1822 ได้นำไปปลูกที่สิงคโปร์ ซึ่งสิงคโปร์จัดซื้อต้นชาเพิ่มเติมจากประเทศจีนและอินเดีย ในประเทศอินเดีย ช่วงศตวรรษที่ 18-19 บริษัท West India นำเมล็ดชาจีนมาทดลองปลูกตามไหล่เขาหิมาลัย มีการค้นคว้าทดลองเกี่ยวกับชาที่สวนพฤกษศาสตร์แห่งกัลกัตตา โดยได้รับความช่วยเหลือด้านเมล็ดพันธุ์จากประเทศจีน ต่อมาจีนงดส่งพันธุ์ชามาให้เนื่องจากกลัวว่าอินเดียจะผลิตชามาแข่งขัน อินเดียจึงต้องพัฒนาสายพันธุ์ชาขึ้นมาเอง ในประเทศศรีลังกา ปีค.ศ. 1824 ได้นำเมล็ดชาจากประเทศจีนเข้ามาปลูกและนำมาจากอัสสัมในปีค.ศ. 1839 แต่ไม่ได้มีการปลูกอย่างจริงจัง จนในปีค.ศ. 1867 จึงได้เริ่มมีการปลูกชาที่ใช้เมล็ดพันธุ์จากจีน ต่อมาในปีค.ศ. 1880 เกิดการระบาดของโรคราสนิม ทำให้กาแฟได้รับความเสียหายมาก จึงมีการปลูกชาทดแทนกาแฟ (ศุภนารถ เกตุเจริญ และ อัญชลี พัดมีเทศ, ม.ป.ป : ออนไลน์)

ในทวีปยุโรป อังกฤษเป็นประเทศแรกที่รู้จักนำใบชามาใช้ประโยชน์ โดยมีการนำใบชามาจากประเทศจีนในปีค.ศ. 1657 และในช่วงปีค.ศ. 1657-1833 บริษัทอินเดียตะวันออกของอังกฤษได้เป็นผู้ผูกขาดการนำเข้าชา และชาวอังกฤษก็ยอมรับการบริโภคชาได้เร็วกว่าชาติอื่น ๆ โดยมีเซอร์โทมัส การ์ราเวย์เป็นผู้บุกเบิกวงการอุตสาหกรรมชาของอังกฤษ ต่อมานายทอมมี่ ลิปตัน และนายดาเนียล ทวินนิ่ง ได้จัดตั้งโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชายี่ห้อลิปตันหรือทวินนิ่งที่มีชื่อเสียงจนถึงปัจจุบันนี้ (ศุภนารถ เกตุเจริญ และ อัญชลี พัดมีเทศ, ม.ป.ป : ออนไลน์) ชาวอังกฤษไม่นิยมดื่มชาเขียว แต่นิยมดื่มชาดำซึ่งคือใบชาที่ถูกหมักทำให้น้ำชาสีเข้ม และรสชาติที่เข้มข้นกว่า เหมาะกับรสนิยมของชาวอังกฤษ อีกทั้งยังนิยมเติมน้ำตาลและ

นมเพื่อเพิ่มรสชาติของชา (The Refresher, ม.ป.ป : ออนไลน์) ในประเทศฝรั่งเศส ชาถูกยอมรับว่าเป็นเครื่องดื่มในศตวรรษที่17 สมัยพระเจ้าหลุยส์ที่14 ทรงเสวยชาเพื่อช่วยให้ระบบย่อยอาหารดีขึ้น และแรงเสริมอีกอย่างหนึ่งคือ อุตสาหกรรมชาในอังกฤษเข้ามาตีตลาดในฝรั่งเศส (ศุภนารถ เกตุเจริญ และ อัญชลี พัดมีเทศ, ม.ป.ป : ออนไลน์)

ในประเทศสหรัฐอเมริกา ชาวอเมริกันไม่นิยมดื่มชาเท่าชาวอังกฤษ เพราะคนอเมริกันนิยมดื่มกาแฟมากกว่า แต่ชาก็มีบทบาทในสังคมอเมริกันไม่น้อย นอกจากนี้ยังกล่าวได้ว่าคนอเมริกันเป็นผู้ปฏิวัติรูปแบบการดื่มชาจนเป็นที่แพร่หลายไปทั่วโลกจนปัจจุบัน นั่นคือ ชาบรรจุถุง และชาใส่น้ำแข็งหรือชาเย็น อย่างไรก็ตามชาวอเมริกันนิยมดื่มชาดำเช่นเดียวกับชาวอังกฤษ (The Refresher, ม.ป.ป : ออนไลน์)

สำหรับประเทศไทย ในสมัยสุโขทัยช่วงที่มีการแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมกับจีนพบว่ามีการดื่มชา แต่ไม่ปรากฏหลักฐานว่านำเข้ามาอย่างไรและเมื่อใด แต่จากจดหมายของท่านลาลูแบร์ในสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช ปีพ.ศ. 2530 ได้กล่าวไว้ว่า คนไทยได้รู้จักการดื่มชาแล้ว โดยนิยมชงชาเพื่อรับแขก การดื่มชาของคนไทยสมัยนั้นดื่มแบบชาจีนไม่ใส่น้ำตาล (ศุภนารถ เกตุเจริญ และ อัญชลี พัดมีเทศ, ม.ป.ป : ออนไลน์)

2. เครื่องดื่มชา

วัตถุดิบของเครื่องดื่มชา คือ ส่วนใบ ยอดอ่อน และก้านของต้นชา ผู้บริโภคอาจพบว่าชาที่วางจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดนั้นมีหลายประเภทและหลายชื่อเรียก แต่ชาทุกประเภทนั้นมีวัตถุดิบมาจากพืชชนิดเดียวกัน แต่ผ่านกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ชาที่ต่างกัน ยกเว้นชาสมุนไพร (herbal tea) ที่มีวัตถุดิบเป็นสมุนไพรและเครื่องเทศต่าง ๆ (ปิยาภัทร ไตรสนธิ. 2560 : 12-18)

2.1 ประเภทของชา

ชาแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ตามกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ได้แก่

1. ชาเขียว (Green tea) ได้จากการนำใบชามาผ่านกระบวนการให้ความร้อน เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส ก่อนนำไปนวดเพื่อให้ผนังเซลล์แตกและเป็นการจัดรูปร่างของใบชา จากนั้นจึงนำไปอบแห้ง ชาเขียวจึงเป็นชาประเภทที่ไม่ผ่านกระบวนการหมักเลย (ปิยาภัทร ไตรสนธิ. 2560 : 12-18) จึงทำให้ชายังคงมีสีเขียว และยังมีสารโพลีฟีนอลมากกว่าชาดำ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของชาเขียวสูงกว่าชาอู่หลงและชาดำ (ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย, 2566: ออนไลน์)

ชาเขียวจีนและชาเขียวญี่ปุ่นมีวิธีการให้ความร้อนต่างกัน โดยชาเขียวญี่ปุ่นจะนำใบชาสดไปอบไอน้ำ ส่วนชาเขียวจีนจะนำใบชาสดไปตากแห้งก่อนนำไปคั่วในกระทะ (ปิยาภัทร ไตรสนธิ. 2560 : 12-18) ชาเขียวมีรสชาติอ่อน สีน้ำชาเป็นสีเขียวหรือเหลืองอมเขียว กากชามีสีเขียวค่อนข้างสด (The Refresher, ม.ป.ป : ออนไลน์) ชาเขียวที่รู้จักกันแพร่หลาย เช่น ชาหลงจิ่ง ชาหวงซานเหมาเฟิง ชาญี่ปุ่น พันธุ์ชาที่นิยมนำมาผลิต ได้แก่ ชาพันธุ์อัสสัม ชาพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 (ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย, 2566: ออนไลน์)

2. ชาอู่หลง (Oolong tea) ได้จากการนำใบชาสดไปตากแห้ง และเขย่าหรือนวดเพียงเล็กน้อย เพื่อให้เนื้อเยื่อใบชาบอบช้ำบางส่วน ก่อนนำไปผึ่งเพื่อผ่านกระบวนการออกซิเดชันอย่างอ่อน (semi oxidation) แล้วนำไปอบแห้ง (ปิยาภัทร ไตรสนธิ. 2560 : 12-18) ชาอู่หลงจึงเป็นชาประเภทที่ผ่านการหมักบางส่วน (semi-fermented tea processing) ทำให้ชารสชาติเข้มข้น ฝาดและขมเล็กน้อย ชุ่มคอ มีกลิ่นหอม น้ำชามีสีเหลืองอมเขียว น้ำตาลอมเขียว น้ำตาลอมเหลือง น้ำตาลส้ม ขึ้นอยู่กับวิธีการผลิตชาที่ใช้ (ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย, 2566: ออนไลน์) กากชาที่มีสีเขียวอมเหลือง (The Refresher, ม.ป.ป : ออนไลน์) พันธุ์ชาที่นิยมนำมาผลิตได้แก่ ชาสายพันธุ์จีนทุกชนิด (ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย, 2566: ออนไลน์)

3. ชาดำ (Black tea) ได้จากการนำใบชาสดไปตากแห้ง แล้วนวดเพื่อให้เนื้อเยื่อใบชาบอบช้ำมาก ๆ จากนั้นนำไปผึ่งเพื่อผ่านกระบวนการออกซิเดชันอย่างเต็มที่ (full oxidation) แล้วจึงนำไปอบแห้ง (ปิยาภัทร ไตรสนธิ. 2560 : 12-18) การผลิตชาดำมีการปล่อยให้เกิดกระบวนการการหมักอย่างเต็มที่ (fermented tea processing) โดยสารโพลีฟีนอลในใบชาสดจะถูกออกซิไดซ์ด้วยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่อยู่ในเซลล์ของใบชา เปลี่ยนรูปไปเป็นสารพวก theaflavins และ thearubigins ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ชาที่มีกลิ่นหอม น้ำชาจะมีสีน้ำตาลแดงเข้ม ทำให้เกิดสารที่มีสีเข้มและกลิ่นหอม ในกระบวนการผลิตชาหรือขั้นตอนการหมักนั้นสามารถส่งผลให้สารกลุ่มคาเทชินลดลง ตัวอย่างชาประเภทนี้ คือ ชาคีมุนของจีน ชาอินเดีย ชาศรีลังกา พันธุ์ชาที่นิยมนำมาผลิตชาดำ ได้แก่ ชาพันธุ์อัสสัม (ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย, 2566: ออนไลน์)

นอกจากนั้น ยังมีชาอีกประเภทที่เรียกว่า ชาผู่เออร์ (Pu'er tea) ซึ่งเป็นชาเขียวหรือชาดำที่ผ่านกระบวนการหมัก (fermentation) โดยมีจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมของสถานที่ผลิตชานั้นร่วมด้วย แล้วนำไปอัดเป็นรูปร่างต่าง ๆ ชาชนิดนี้เป็นที่นิยมมากในประเทศจีน และเป็นสินค้าที่มีมูลค่าสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา (ปิยาภัทร ไตรสนธิ. 2560 : 12-18)

2.2 รูปแบบการบรรจุใบชาในเชิงพาณิชย์

รูปแบบการบรรจุใบชาที่ขายในท้องตลาดมีดังนี้ (The Refresher, ม.ป.ป : ออนไลน์)

ก. ใบชาผงในภาชนะปิดสนิท (Loose Tea)

เป็นใบชาแห้งที่บรรจุในกระป๋องหรือภาชนะปิดสนิท ซึ่งผู้ชงสามารถตวงปริมาณใบชาแห้งเองได้ตามต้องการ ในการชงจะต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการกรองกากชาออกด้วย

ข. ใบชาแห้งอัด (Compressed Tea)

เป็นใบชาแห้งที่อัดแน่นเพื่อสะดวกในการเก็บรักษา โดยเฉพาะชาชนิดผู่เออร์จะถูกอัดเป็นก้อน เวลาจะนำใบชามาชงให้ใช้ปลายมีดเขี่ยใบชาออกมาในปริมาณที่ต้องการ ใบชาแห้งอัดนี้สามารถเก็บไว้ได้นานกว่าใบชาแห้งธรรมดา เนื่องจากมีส่วนที่สัมผัสกับอากาศน้อยกว่า

ค. ชาแท่งหรือชาแผ่น (Tea Sticks)

เป็นการบรรจุใบชาสำหรับการบริโภคในรูปแบบใหม่ แท่งชานี้กำเนิดในประเทศฮอลแลนด์ ช่วงปี ค.ศ. 1990 โดยบริษัท Venezia Trading ได้ผลิตแท่งชาที่เรียกว่า “Ticolino” ซึ่งเป็นแท่งบรรจุชาสำหรับ 1 ที่ ภายในบรรจุใบชาหรือใบชาผสมสมุนไพรหรือกลิ่นรสตามต้องการ วิธีใช้คือ ใส่แท่งชาลงในแก้ว เทน้ำร้อนลงไป แช่ไว้นาน 90 วินาทีเพื่อสกัดกลิ่นรสของใบชาที่อยู่ภายในออกมา จากนั้นคนเล็กน้อย แล้วดึงแท่งชาออก

ง. ชาสำเร็จรูป (Instant Tea)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดละลายน้ำ โดยการสกัดสารในใบชาออกมาเป็นชาเข้มข้น น้ำชาเข้มข้นจะถูกทำให้แห้งเป็นของแข็ง โดยการฉีดพ่นสารละลายชาเข้มข้นผ่านอากาศร้อนหรือความเย็น ระเหยน้ำออกไปภายใต้สุญญากาศ เมื่อต้องการดื่ม ให้นำมาชง สามารถละลายน้ำได้ทันที สะดวกต่อการบริโภค การผลิตชาสำเร็จรูปใช้เครื่องจักรกลในการผลิต ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์จำนวนมาก สามารถขนส่งไปยังประเทศผู้บริโภคได้สะดวก ช่วยลดต้นทุนการขนส่ง เช่น ชาผงสำเร็จรูปเนสที เป็นต้น

จ. ชาถุง (Tea Bags)

เป็นใบชาที่บรรจุถุงกระดาษหรือถุงผ้าไหมขนาดเล็ก ข้อดีของชาถุงคือ ง่ายและสะดวกต่อการชง แต่มีข้อด้อยคือ อากาศสามารถผ่านเข้าออกได้ ใบชาแห้งซึ่งสัมผัสกับอากาศจะสูญเสียกลิ่นรสได้ง่ายและรวดเร็ว นอกจากนี้ใบชาที่นำมาบรรจุด้วยวิธีการนี้ส่วนใหญ่จะเป็นชาเกรดต่ำลงมา อย่างไรก็ตาม

ผู้ผลิตบางรายก็สร้างความแตกต่างให้กับผลิตภัณฑ์ชาถุงด้วยการบรรจุใบชาเต็มใบชั้นดีลงในถุงชา ทั้งนี้ ผู้บริโภคสามารถสังเกตได้จากราคาที่มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก

ฉ. ชาพร้อมดื่ม (Ready-to-Drink Tea)

เป็นการผลิตน้ำชาบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำชาธรรมดา น้ำชาที่เติมกลิ่นและสี เช่น รสมะนาว รสเบอร์รี่ กลิ่นพีช เป็นต้น บางครั้งเติมน้ำตาล บรรจุในกระป๋องหรือขวด ทำให้สะดวกต่อการบริโภคและการขาย น้ำชาประเภทนี้เป็นที่นิยมของวัยรุ่น โดยเฉพาะประเทศที่มีอากาศร้อนและนิยมดื่มชาเย็น

3. สารสำคัญในชา

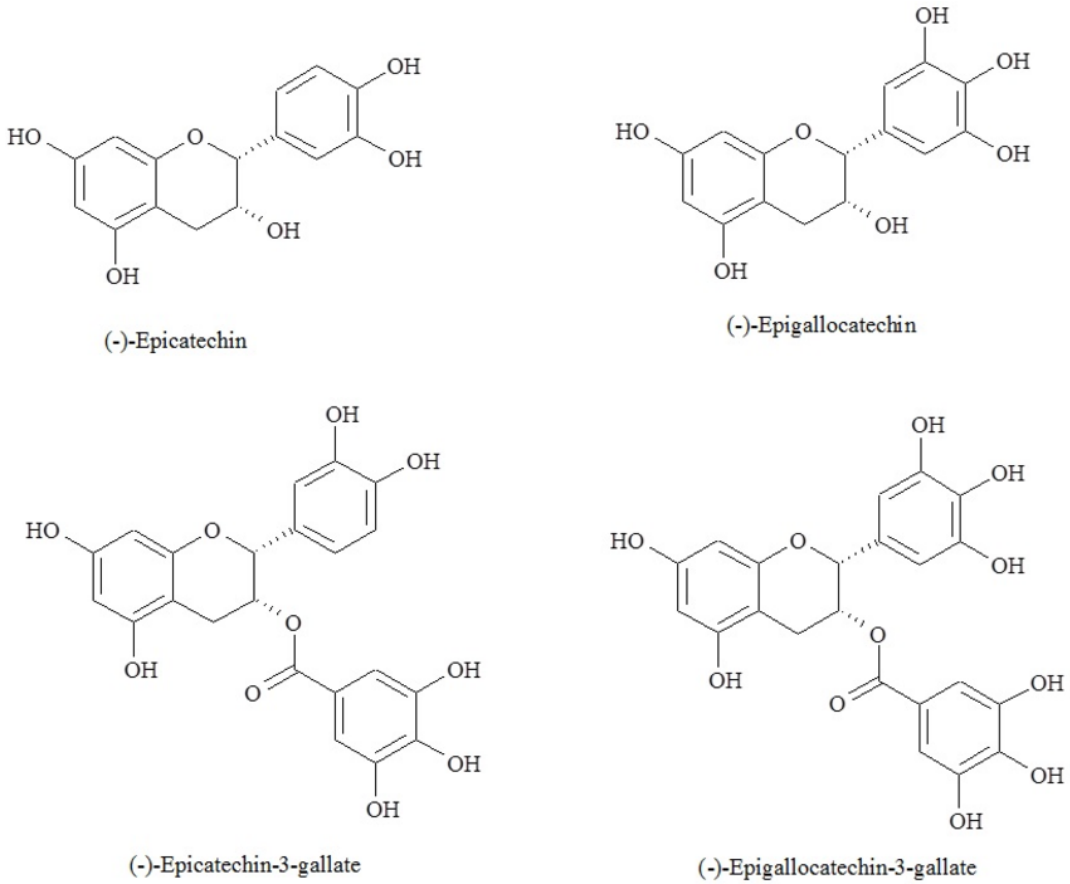
ชามีคุณประโยชน์แก่ร่างกายมากมาย เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์จำพวกโพลีฟีนอล ทำให้ชามีคุณสมบัติด้านการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidative activity) ต้านจุลชีพ (antimicrobial activity) ต้านการก่อกลายพันธุ์ (antimutagenic property) ต้านมะเร็ง (anticancer) ลดความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจ ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ลดอัตราการเกิดฟันผุและโรคปริทันต์ (Carbrera, Artacho and Gime´nez. 2006 : 79-99) องค์ประกอบทางเคมีของชาขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุของต้นชา ฤดูกาลที่เก็บเกี่ยว และกระบวนการผลิต (ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย, 2566: ออนไลน์) โดยสารออกฤทธิ์จำพวกโพลีฟีนอลที่พบมากได้แก่ คาเทชิน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพสูง มีความแรงของการต้านอนุมูลอิสระมาก อนุพันธ์ของคาเทชินในชามีอยู่ 60-70% ของปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด โดยคาเทชินที่พบในชามากถึง 90% ได้แก่ (-)- Epigallocatechin-3-gallate (EGCG), (-)-Epigallocatechin (EGC), (-)-Epicatechin-3-gallate (ECG) และ Epicatechin (EC) ส่วน (+)-Gallocatechin (GC), (+)-Catechin (C), (-)-Gallocatechin gallate (GCG) และ (+)-Catechin gallate (CG) พบในปริมาณที่น้อยลงมา (Gramza, Korczak and Amarowicz. 2005 : 219-235) (ภาพที่ 1) สารจำพวกนี้มีความสำคัญต่อการแสดงฤทธิ์ทางเภสัชวิทยามากที่สุด สารหลัก 4 ชนิดมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบ โดยสารในกลุ่มนี้จะไปดักจับอนุมูลอิสระ (free radical scavenging) ยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (chelate) กับ เหล็ก (Fe^{+}) การกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งกระบวนการลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน เป็นต้น (ชุษณา เมฆโหรา, 2563 : ออนไลน์) โดยฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่เด่นที่สุด คือ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ สารจำพวกคาเทชินที่พบปริมาณมากที่สุด คือ Epigallocatechin gallate (EGCG) ในชาเขียวพบว่า มีปริมาณ EGCG สูงถึงร้อยละ 10-50 ของคาเทชินทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ EGCG เป็น 100 เท่าของวิตามินซี และเป็น 25 เท่าของ

วิตามินอี (ณัฐวุฒิ ดอนลาว และ ธีรพงษ์ เทพกรณ์. 2555 : ออนไลน์) EGCG นับได้ว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในชาเขียว (สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2560 : 8) นอกจากนี้ งานวิจัยจำนวนมากเชื่อว่าฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารสำคัญในกลุ่มโพลีฟีนอลในชาเขียวส่วนใหญ่มาจาก EGCG ฤทธิ์สำคัญที่มีการอ้างถึงบ่อยครั้ง คือ ฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพอีกหลายอย่าง เช่น ลดการอักเสบ (inflammation) ลดการแข็งตัวของหลอดเลือด (atherosclerosis) ลดการออกซิไดซ์ไขมัน (lipid peroxidation) ลดอัตราการเคลื่อนย้ายเซลล์เม็ดเลือดขาวเนื่องจากการอักเสบ (neutrophil migration) (รุ้งตะวัน สุภาพผล และ อธิคม สุภาพผล. 2545 : 34-45) ลดความอ้วน ลดไขมันในเลือด ต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง ลดอุบัติการณ์ของโรคกล้ามเนื้อหัวใจตายจากการขาดเลือด (myocardial Infarction) อัมพฤกษ์อัมพาตจากเส้นเลือดตีบตัน (stroke) และโรคเส้นเลือดหัวใจตีบ (coronary atherosclerosis) (สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2560 : 8)

4. เภสัชจลนศาสตร์ของชาเขียว (รุ้งตะวัน สุภาพผล และ อธิคม สุภาพผล. 2545 : 34-45)

หลักฐานที่ทำให้ชาเขียวมีความน่าสนใจในการนำมาศึกษา คือ เรื่องของเภสัชจลนศาสตร์ สารคาเทชินถูกดูดซึมได้อย่างรวดเร็วและพบความเข้มข้นสูงสุด (maximum concentration, C_{max}) ภายใน 1.4-2.4 ชั่วโมง ซึ่งถือว่าเร็วมาก ประเด็นสำคัญ คือ มีปริมาณสารคาเทชินในกระแสเลือดสูงเป็นหลักร้อยนาโนกรัมต่อมิลลิลิตรพลาสมา เช่น การรับประทานชาเขียว (decaffeinated green tea solid) ในขนาด 1.5-4.5 กรัม จะให้ปริมาณสาร EGCG, EGC และ EC ในขนาด 326, 550 และ 190 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ โดย EGCG มีเวลาครึ่งชีวิต 5.0-5.5 ชั่วโมง ในขณะที่ EGC และ EC มีเวลาครึ่งชีวิตสั้นกว่า คือ ประมาณ 2.5-3.4 ชั่วโมง ทั้งนี้สารคาเทชินในกระแสเลือดส่วนใหญ่ประมาณ 60% พบในส่วน protein-rich plasma มีส่วนน้อยประมาณ 23% พบใน high-density lipoprotein (HDL)

สาร EGCG ที่เข้าสู่ร่างกายจะกระจายไปได้ทั่วร่างกาย เช่น ตับ ปอด ตับอ่อน เต้านม สมอง ไต หัวใจ มดลูก ม้าม รังไข่ อัณฑะ ผิวหนัง และระบบทางเดินอาหารทั้งหมด ตั้งแต่หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่ ข้อดีอีกประการหนึ่งของชาเขียว คือ การรับประทานนมร่วมกับชาเขียวจะไม่มีผลกระทบต่อการดูดซึมของสารคาเทชิน ซึ่งดูได้จากปริมาณสารคาเทชินในกระแสเลือดไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อรับประทานนมควบคู่ไปกับชาเขียว



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของสารคาเทชินสำคัญ 4 ชนิดในชาเขียว
ที่มา : https://www.researchgate.net/figure/Fig-3-Chemical-structure-of-tea-catechins--epicatechin--epigallocatechin_fig2_263207847

5. ฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระของชาเขียว (รุ้งตะวัน สุภาพผล และ อธิคม สุภาพผล. 2545 : 34-45)

ชาเขียวมีความสามารถในการลดความเครียดออกซิเดชันได้ดีคือ มี antioxidant และ free radical scavenging activity สูงทั้งการวิจัยในลักษณะ in vitro และ in vivo สารโพลีฟีนอลที่สำคัญของชาเขียวคือ EGCG มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีมากและดีกว่าสาร theaflavin และ thearubigin ในชาดำ EGCG สามารถลดการสังเคราะห์ hydrogen peroxide ที่เกิดจากแสงอัลตราไวโอเลต ลดการสร้าง reactive oxygen species (ROS) ในปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดจากสารก่อมะเร็งบางชนิดได้และลดการเจริญของเซลล์มะเร็งบางชนิดด้วยการลดการสังเคราะห์ hydrogen peroxide ภายในเซลล์

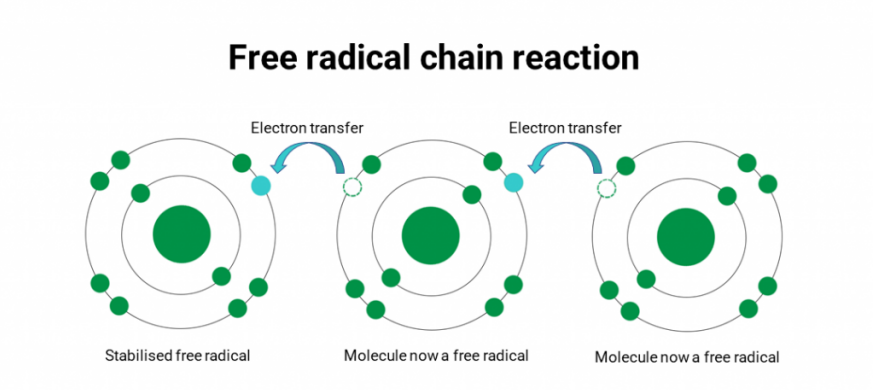
EGCG ต้านกระบวนการ lipid peroxidation ในเซลล์ตับหนูทดลองได้สูงใกล้เคียงกับสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมาตรฐานอื่น ๆ เช่น glutathione, butylated hydroxy toluene, butylated hydroxyanisole, วิตามินซีและวิตามินอี หนูทดลองที่ได้รับชาเขียวจึงมักจะมี marker ของปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง เช่น ter-butylhydroperoxide-inducer lipid peroxidation ในไตลดลง การทำลายสายดีเอ็นเอที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง

ผู้บริโภคชาเขียวจะมีค่า antioxidant activity ในเลือดสูงกว่าคนปกติ ชาเขียวมีบทบาทสำคัญในการลดปริมาณ low density lipoprotein (LDL)-cholesterol และยับยั้งปฏิกิริยา Cu^{2+}-mediated oxidation ของ LDL ความเสียหายที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของ LDL-cholesterol ก็น้อยตามไปด้วย จึงมีผลลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคต่าง ๆ ของระบบไหลเวียนโลหิต

6. อนุมูลอิสระ

6.1 ความหมายและคุณสมบัติของอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนโคจรรอบตัวไม่ครบคู่อย่างน้อย 1 อิเล็กตรอน เกิดขึ้นได้เมื่อพันธะระหว่างอะตอมแตกออก ทำให้อะตอมหรือโมเลกุลนั้นไม่เสถียร มีความไวในการทำปฏิกิริยาจับกับโมเลกุลข้างเคียง เพื่อให้ตัวอนุมูลอิสระเปลี่ยนไปเป็นโมเลกุลที่เสถียร โดยทำปฏิกิริยาได้ 3 วิธี คือ ดึงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจากโมเลกุลปกติ หรือเพิ่มอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวให้กับโมเลกุลปกติ หรือสร้างพันธะโควาเลนท์กับโมเลกุลปกติแล้วยังมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวเหลืออยู่ ผลที่ตามมาคือ โมเลกุลข้างเคียงที่สูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ ซึ่งจะเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไปเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) เกิดการขาดคู่ของอิเล็กตรอนไปเรื่อย ๆ เป็นวงกว้าง ก่อให้เกิดความเสียหายกับโมเลกุลเยื่อบุผนังเซลล์ และโมเลกุลของไขมันที่อนุมูลอิสระไปจับ นำไปสู่การอักเสบ การทำลายเนื้อเยื่อ และความเสื่อมของร่างกาย หากอนุมูลอิสระนั้นมีมากที่ใดก็ทำให้อวัยวะนั้นเสื่อมลงเร็ว (ภาพที่ 1) เช่น อนุมูลอิสระมีมากที่สมอง ทำให้เกิดโรคสมองเสื่อมอัลไซเมอร์ อนุมูลอิสระมีมากที่นัยน์ตา ทำให้เกิดโรคต้อกระจก ประสาทตาเสื่อม อนุมูลอิสระมีมากที่หลอดเลือด ทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ อนุมูลอิสระมีมากที่ผิวหนัง ทำให้ผิวหนังหยาบไม่ยืดหยุ่น มีริ้วรอย อนุมูลอิสระมีมากที่ตับอ่อน ทำให้เกิดโรคเบาหวาน (อฑิตยา โรจนสโรช, สุนิศา มลิจันทรบัว และ พรพรรณ โพธิ์ไกร, ม.ป.ป : ออนไลน์) (ธัชชัย ตระกูลเลิศยศ, 2560 : ออนไลน์) (Department of Clinical Microscopy, Faculty of Allied Health Science, Chulalongkorn University, 2548 : ออนไลน์) (อธิป สกุลเผือก, ม.ป.ป : ออนไลน์)



ภาพที่ 2 อนุมูลอิสระมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว ทำให้อะตอมหรือโมเลกุลนั้นไม่เสถียร มีความไวในการทำปฏิกิริยาจับกับโมเลกุลข้างเคียง เพื่อให้ตัวอนุมูลอิสระเปลี่ยนไปเป็นโมเลกุลที่เสถียร เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่
ที่มา : https://formulabotanica.com/antioxidants-in-cosmetics/

อนุมูลอิสระมีทั้งที่อยู่ในสภาวะเป็นกลางทางไฟฟ้าและสภาวะที่มีประจุไฟฟ้า โดยมีทั้งประจุบวกและประจุลบ สัญลักษณ์ทางเคมีของอนุมูลอิสระ คือ อิเล็กตรอนเดี่ยวของอนุมูลซึ่งจะแสดงด้วยจุดในตำแหน่งข้างบนของสัญลักษณ์ทางเคมี โดยมีสัญลักษณ์ทั่วไปคือ $R^{\bullet}$ อนุมูลอิสระที่มีประจุบวก (cation radical) เช่น อนุมูลอิสระของ pyridinyl cation radical ($NAD^{\bullet+}$) อนุมูลอิสระที่มีประจุลบ (anion radical) เช่น อนุมูลอิสระของ superoxide anion radical ($O_2^{\bullet-}$) และอนุมูลอิสระที่เป็นกลาง (neutral radical) เช่น อนุมูลอิสระของ peroxyl radical ($ROO^{\bullet}$) เป็นต้น สามารถแบ่งชนิดอนุมูลอิสระที่มีบทบาทสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ (บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร, ม.ป.ป : ออนไลน์ อ้างถึง Halliwell, 2006)

1. Reactive oxygen species (ROS) หมายถึง สารก่อปฏิกิริยาที่ประกอบด้วยอะตอมออกซิเจนที่เป็นสารอนุมูลอิสระ เช่น superoxide anion radical ($O_2^{\bullet-}$), hydroxyl radical ($HO^{\bullet}$) และที่ไม่ใช่อนุมูลแต่มีคุณสมบัติในการออกซิไดซ์หรือถูกเปลี่ยนเป็นอนุมูลอิสระได้ง่าย เช่น hydrogen peroxide (H_2O_2), hypochlorous acid (HOCl) และ ozone (O_3) เป็นต้น

2. Reactive nitrogen species (RNS) หมายถึง สารก่อปฏิกิริยาที่ประกอบด้วยอะตอมไนโตรเจน เช่น nitric oxide radical ($NO^{\bullet}$) และ nitrogen dioxide radical ($NO_2^{\bullet}$) เป็นต้น

3. Reactive chlorine species (RCS) หมายถึง สารก่อปฏิกิริยาที่ประกอบด้วยอะตอมคลอรีน เช่น hypochlorous acid (HOCl) และ nitryl chloride (NO_2Cl) เป็นต้น

4. Reactive bromine species (RBS) หมายถึง สารก่อปฏิกิริยาที่ประกอบด้วยอะตอมโบรมีน เช่น hypobromous (HOBr) และ bromine gas (Br_2)

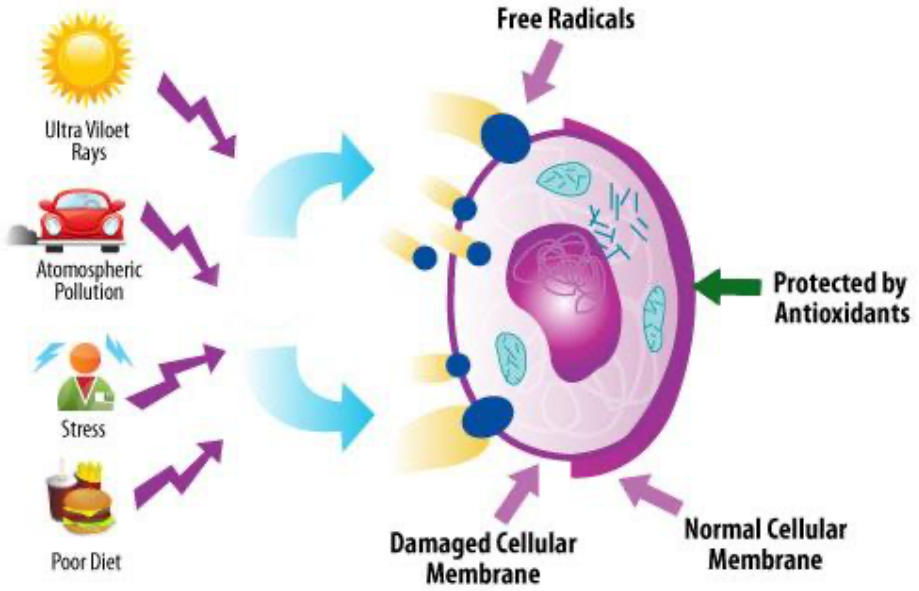
6.2 การเกิดอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระสามารถเกิดได้จาก 2 ปัจจัย คือ

ก. ปัจจัยภายในร่างกาย (Endogenous sources) เช่น จากการเผาผลาญอาหาร (เมตาบอลิซึม) กระบวนการสร้างพลังงาน การหายใจระดับเซลล์ การกำจัดสารพิษในตับ การบาดเจ็บ การอักเสบทั่วไป การติดเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรีย ความเครียด การออกกำลังหักโหมมากเกินไป การพักผ่อนไม่เพียงพอ ร่างกายขาดวิตามินและเกลือแร่บางชนิด (อฑิตยา โรจนสโรช, สุนิศา มลิจันทรบัว และ พรพรรณ โพธิ์ไกร, ม.ป.ป : ออนไลน์) (ธัชชัย ตระกูลเลิศยศ, 2560 : ออนไลน์) กระบวนการทำลายสิ่งแปลกปลอมหรือกำจัดเชื้อโรคของเซลล์เม็ดเลือดขาว (อฑิตยา โรจนสโรช, สุนิศา มลิจันทรบัว และ พรพรรณ โพธิ์ไกร, ม.ป.ป : ออนไลน์) (ธัชชัย ตระกูลเลิศยศ, 2560 : ออนไลน์) (ชุษณา เมฆโหรา, 2563 : ออนไลน์) (อธิป สกุลเผือก, ม.ป.ป : ออนไลน์) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายของมนุษย์ส่วนใหญ่เป็น ROS

ข. ปัจจัยภายนอกร่างกาย (Exogenous sources) เช่น จากการรับประทานอาหาร โดยเฉพาะอาหารที่ทำให้สุกโดยผ่านความร้อนสูง (ปิ้ง ย่าง ทอด) อาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวหรือธาตุเหล็กมากกว่าปกติ สารเติมแต่งในอาหาร สารกันบูด จากควันพิษ เช่น ฝุ่น บุหรี่ ควันไฟ ไอเสียจากรถยนต์ จากการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผสมสารเคมี เช่น ยาฆ่าแมลง ยากำจัดวัชพืช จากรังสี เช่น รังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จากแสงแดด รังสีเอกซเรย์ รังสีแกมมา โทรศัพท์มือถือ จากยาบางชนิด เช่น Doxorubicin, Penicillamine, Paracetamol, CCl_4 (อฑิตยา โรจนสโรช, สุนิศา มลิจันทรบัว และ พรพรรณ โพธิ์ไกร, ม.ป.ป : ออนไลน์) (ธัชชัย ตระกูลเลิศยศ, 2560 : ออนไลน์) (ปณัฐฐา ไชยมุติ, 2547 อ้างถึง Sherwin, 1990)

ปกติแล้วในร่างกายจะมีกลไกการกำจัดของเสียหรือสารที่ร่างกายไม่ต้องการ รวมทั้งซ่อมแซมส่วนที่ถูกทำลายตลอดเวลา แต่การสะสมของอนุมูลอิสระเกิดขึ้นรวดเร็วกว่าการซ่อมแซมมาก ร่างกายจึงกำจัดได้ไม่ทัน การรับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีส่วนประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระจะมีส่วนช่วยยับยั้งการทำงานหรือการสร้างอนุมูลอิสระได้ (ธัชชัย ตระกูลเลิศยศ, 2560 : ออนไลน์) (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 สาเหตุการเกิดอนุมูลอิสระ

ที่มา : https://www.scimath.org/article-biology/item/6903-2017-05-14-06-44-33

6.3 กลไกการทำลายเซลล์ของอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระจะเข้าไปทำลายเซลล์ เมื่อร่างกายไม่สามารถผลิตหรือได้รับสารต้านอนุมูลอิสระเพียงพอที่จะไปยับยั้งหรือไปจับอนุมูลอิสระภายในเซลล์ของร่างกายได้ ผลคือทำให้เซลล์เกิดความเสียหายและนำไปสู่การเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด ต้อกระจกและโรคอื่น ๆ เช่น อนุมูลอิสระไปทำลายผนังหลอดเลือดแดง และเมื่อมีไขมันไปสะสมอยู่ในบริเวณหลอดเลือดแดงที่ถูกทำลาย จะทำให้เกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดในที่สุด แต่หากร่างกายได้รับสารต้านอนุมูลอิสระเพียงพอ สารต้านอนุมูลอิสระจะเข้าไปป้องกันหรือแย่งจับกับอนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระกลายเป็นโมเลกุลที่เสถียร หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ในการทำลายเซลล์ ทำให้เซลล์ไม่ถูกทำลาย (รัชนี คงคาฉุยฉาย และคณะ, ม.ป.ป : ออนไลน์)

6.4 กลไกการกำจัดอนุมูลอิสระ

ร่างกายมีกลไกในการกำจัดอนุมูลอิสระเพื่อปกป้องตนเอง เรียกว่า ระบบแอนตี้ออกซิแดนท์ (antioxidant system) ซึ่งช่วยชะลอ ยับยั้ง หรือป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา โดยปกติร่างกายจะมีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณที่เพียงพอกับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย การสร้างสารต้านอนุมูลอิสระจะสมดุลกันกับปริมาณอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น

แต่อย่างไรก็ตาม มีบางภาวะที่ปริมาณอนุมูลอิสระมีมากเกินกว่าที่ระบบแอนตี้ออกซิแดนท์จะจัดการได้ จะทำให้เกิดภาวะที่เรียกว่า ภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ภาวะเครียดออกซิเดชันนี้หากเกิดขึ้นในระยะเวลาสั้นเพียงชั่วขณะจะไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมากนัก แต่หากเกิดภาวะดังกล่าวเป็นระยะเวลานาน จะทำให้มีความเสี่ยงที่จะไปทำลายเนื้อเยื่อต่าง ๆ เยื่อหุ้มเซลล์ รวมถึงดีเอ็นเอ และจะนำไปสู่โรคในหลายระบบและนำไปสู่ความเสื่อมของอวัยวะต่าง ๆ ได้ เช่น โรคในระบบหัวใจและหลอดเลือด โรคทางสมองและระบบประสาท เช่น พาร์คินสัน และอัลไซเมอร์ ผลต่อระบบต่อมไร้ท่อต่าง ๆ โรคมะเร็ง รวมไปถึงมีผลต่อความยืดหยุ่นของผิวหนัง (รัชนี คงคาฉุยฉาย และคณะ, ม.ป.ป : ออนไลน์) (Department of Clinical Microscopy, Faculty of Allied Health Science, Chulalongkorn University, 2548 : ออนไลน์) (อธิป สกุลเผือก, ม.ป.ป : ออนไลน์)

ร่างกายมีกลไกกำจัดอนุมูลอิสระ 2 วิธี คือ

1. การใช้เอนไซม์ที่ร่างกายสร้างขึ้นเพื่อจับกับอนุมูลอิสระ ซึ่งแต่ละเอนไซม์มีโมเลกุลเป้าหมายที่ต่างกันไป เช่น เอ็นไซม์ superoxide dismutase (SOD), เอ็นไซม์ catalase (CAT), เอนไซม์ glutathione peroxidase (GPX) (รัชนี คงคาฉุยฉาย และคณะ, ม.ป.ป : ออนไลน์), เอนไซม์ glutathione reductase (GR) และเอนไซม์ glutathione S-transferase (GST) (Department of Clinical Microscopy, Faculty of Allied Health Science, Chulalongkorn University, 2548 : ออนไลน์) แต่ร่างกายมักสร้างไม่เพียงพอ เซลล์จึงเกิดการบาดเจ็บขึ้น และเมื่อคนเรามีอายุมากขึ้น หรือร่างกายอยู่ในสภาวะเครียดจากการเป็นโรคต่าง ๆ อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีมลพิษสูง หรือสมดุลโภชนาการไม่ดี การสร้างสารต้านอนุมูลอิสระจะลดลง ในขณะที่อัตราการเกิดอนุมูลอิสระยังเท่าเดิม ผลที่ตามมาคือ ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ มากมาย (รัชนี คงคาฉุยฉาย และคณะ, ม.ป.ป : ออนไลน์)

2. การได้รับสารต้านอนุมูลอิสระจากอาหาร เช่น วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน แอนโทไซยานิดิน (anthocyanidin) สารประกอบโพลีฟีนอลต่าง ๆ เช่น แทนนิน คาเทชิน เป็นต้น (รัชนี คงคาฉุยฉาย และคณะ, ม.ป.ป : ออนไลน์)

7. สารต้านอนุมูลอิสระ

7.1 ความหมายของสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ คือ สารประกอบที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน กระบวนการออกซิเดชันมีหลายรูปแบบ เช่น กระบวนการออกซิเดชันที่ทำให้เหล็กกลายเป็นสนิม ทำให้แอปเปิลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ทำให้น้ำมันพืชเหม็นหืน หรือกระบวนการ

ออกซิเดชันที่เกิดในร่างกาย เช่น การย่อยสลายโปรตีนและไขมันจากอาหารที่กินเข้าไป มลพิษทางอากาศ การหายใจ ควันบุหรี่ รังสีอัลตราไวโอเลต กระบวนการออกซิเดชันที่กล่าวมานี้ล้วนทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นในร่างกายของเรา ซึ่งสร้างความเสียหายต่อร่างกายได้ ในความเป็นจริงไม่มีส่วนประกอบใดสารประกอบหนึ่งที่สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ทั้งหมด แต่ละกลไกอาจต้องใช้สารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันในการหยุดกระบวนการออกซิเดชัน แม้ว่ากระบวนการออกซิเดชันจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งส่งผลเสียต่อร่างกาย แต่ในอีกแง่หนึ่ง กระบวนการออกซิเดชันเป็นกระบวนการที่สำคัญต่อร่างกายและขาดไม่ได้ เช่น การใช้ออกซิเจนจากอากาศที่หายใจเข้าไปเพื่อเผาผลาญอาหารที่ร่างกายได้รับให้เป็นพลังงานสำหรับการทำงานของเซลล์ต่าง ๆ ในขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดอนุมูลอิสระเป็นผลพลอยได้ อนุมูลอิสระต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลที่สำคัญในร่างกาย เช่น ไขมัน โปรตีน ดีเอ็นเอ ทำให้เกิดความเสียหายต่อโมเลกุลดังกล่าว ตัวอย่างเช่น เมื่ออนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับแอลดีแอล (LDL: low-density lipoprotein) ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลชนิดเลว ทำให้เกิดออกซิไดซ์แอลดีแอล (oxidized LDL) ซึ่งมีหลักฐานยืนยันว่าออกซิไดซ์แอลดีแอลเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis) ทำให้เกิดการอุดตันของหลอดเลือดและเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคหัวใจ (ธัชชัย ตระกูลเลิศยศ, 2560 : ออนไลน์)

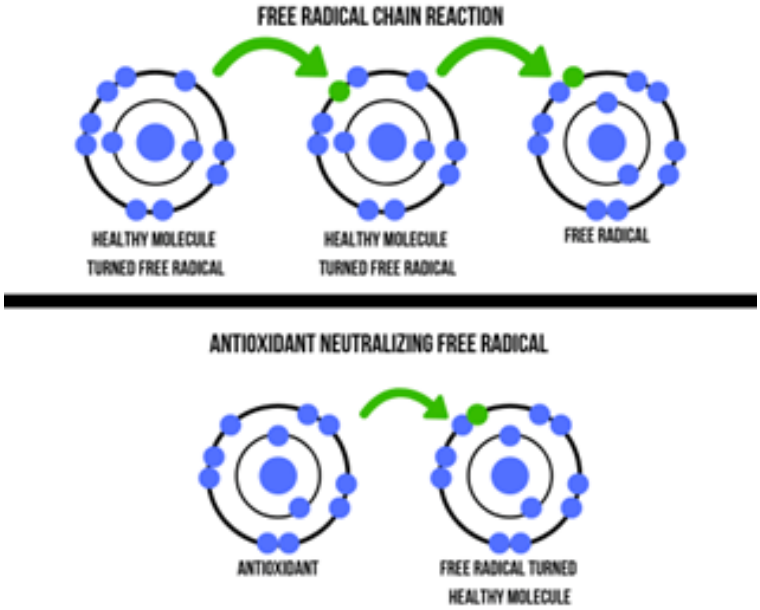
อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายเนื่องจากมีมูลเหตุจากออกซิเจน จึงมีชื่อเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า reactive oxygen species (ROS) อนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่

- ซูเปอร์ออกไซด์ แอนไอออน (superoxide anion); O_2^-
- ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide); H_2O_2
- ไฮดรอกซิลแรดดิเคิล (hydroxyl radical); OH^- (ธัชชัย ตระกูลเลิศยศ, 2560 : ออนไลน์)

7.2 บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระ

โดยปกติร่างกายสามารถกำจัดอนุมูลอิสระก่อนที่จะเกิดอันตรายแก่ร่างกาย แต่ถ้ามีการสร้างอนุมูลอิสระเร็วหรือมากเกินกว่าร่างกายจะกำจัดทัน อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะสร้างความเสียหายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพ แม้ว่าสารต้านอนุมูลอิสระจะไม่สามารถฟื้นฟูความเสียหายต่อเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นแล้ว แต่สามารถชะลอให้เกิดความเสียหายช้าลงได้ โดยเฉพาะโรคเรื้อรังซึ่งเป็นผลลัพธ์สะสมที่เกิดจากเซลล์และเนื้อเยื่อในร่างกายถูกทำอันตรายและเสียหายเป็นระยะเวลานาน เห็นได้จากการรวบรวมความชุกของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ซึ่งพบมากในผู้ใหญ่วัยกลางคนหรือผู้สูงอายุ ดังนั้นบุคคลทุกเพศทุกวัยจึงควรได้รับสารต้านอนุมูลอิสระให้เพียงพอต่อความต้องการในแต่ละวัน

เพื่อให้เกิดความสมดุลในร่างกายระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระสามารถลดความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระได้ 2 ทางคือ ลดการสร้างอนุมูลอิสระในร่างกาย และลดอันตรายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ (ธัชชัย ตระกูลเลิศยศ, 2560 : ออนไลน์)



ภาพที่ 4 การหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระโดยสารต้านอนุมูลอิสระ
ที่มา : https://overcomersbreastcancer.com/best-antioxidants-2019/

7.3 ประเภทของสารต้านอนุมูลอิสระ (บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร, ม.ป.ป : ออนไลน์ อ้างถึง Halliwell, 2006)

การแบ่งชนิดสารต้านออกซิเดชันสามารถทำได้หลายแบบ ตามหลักเกณฑ์ต่าง ๆ Papas (1998) แบ่งชนิดของสารต้านออกซิเดชันออกเป็น 3 กลุ่ม ตามผลของกลไกการทำงาน ดังนี้

1. Preventive antioxidants

ทำหน้าที่ป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระใหม่ที่จะเกิดขึ้น โดยการเปลี่ยนอนุมูลอิสระให้เป็นโมเลกุลที่มีความเสถียรก่อนที่จะไปทำปฏิกิริยากับสารอื่น ช่วยกำจัดไอออนของเหล็กและ reactive oxygen species (ROS) สารในกลุ่มนี้ได้แก่ catalase, glutathione peroxidase (GPX), metal binding protein เช่น transferin, ceruloplasmin และ albumin, superoxide dismutase (SOD), แคโรทีนอยด์และวิตามินอี

2. Radical scavenging antioxidants

ทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระหรือจับอนุมูลอิสระ เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ในขั้นตอนอินนิชิเอชัน (initiation) และพรอพาเกชัน (propagation) ซึ่งจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นอย่างไม่สิ้นสุด (4) สารในกลุ่มนี้ ได้แก่

- กลุ่มที่ละลายในน้ำ (hydrophilic antioxidant) เช่น วิตามินซี กรดยูริค bilirubin และ albumin

- กลุ่มที่ละลายในไขมัน (lipophilic antioxidant) เช่น วิตามินอี ubiquinol (reduced coenzyme Q10) แคโรทีนอยด์ และฟลาโวนอยด์

3. Repair and de novo enzymes

ทำหน้าที่ในการซ่อมแซมสารชีวโมเลกุลที่เกิดความเสียหายโดยสารอนุมูลอิสระ สารในกลุ่มนี้คือ DNA repair enzymes, lipase, protease และ transferase เป็นต้น

นอกจากนั้น ยังมีการแบ่งประเภทของสารต้านอนุมูลอิสระตามกลไกการทำปฏิกิริยา ได้แก่ (ปณัฐฐา ไชยมุติ, 2547 อ้างถึง Sherwin, 1990)

1. สารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิ

เป็นสารที่หยุดปฏิกิริยาอนุมูลอิสระโดยการให้อนุมูลไฮโดรเจน (H•) หรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระโดยตรง เป็นผลให้อนุมูลนั้นกลายเป็นสารที่มีความเสถียรขึ้น สารออกฤทธิ์ในลักษณะดังกล่าว ได้แก่ สารประกอบกลุ่มฟีนอลิก เช่น flavonoids, eugenol และ vanillin เป็นต้น

2. สารต้านอนุมูลอิสระทุติยภูมิ

สารต้านอนุมูลอิสระประเภทนี้ไม่ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับอนุมูลอิสระ แต่จะช่วยการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระปฐมภูมิในลักษณะต่าง ๆ เช่น จับกับ Fe^{2+} ดักจับออกซิเจน ดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลตไว้ เป็นต้น

รูปแบบวิธีการศึกษา

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์โดย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl หรือ DPPH radical scavenging assay

1. ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยชาเขียว 3 รูปแบบ คือ

1. ชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด 10 ตัวอย่าง ได้แก่

    1.1 Itoen พร้อมดื่ม

    1.2 Fujicha Natural

    1.3 อิชิตัน รสต้นตำรับ

    1.4 Pokka green tea กลิ่นมะลิ

    1.5 Pokka Sencha Japanese green tea

    1.6 Oishi Gold Genmaicha

    1.7 Fujicha Tasty

    1.8 Fujicha Fit

    1.9 อิชิตัน รสจมูกข้าวญี่ปุ่น

    1.10 อิชิตัน รสน้ำผึ้งผสมมะนาว

2. ชาเขียวผงพร้อมชง (Matcha) 6 ตัวอย่าง ได้แก่

    2.1 ชาเขียวผง ตราฉุยฟง

    2.2 Classic Matcha tea powder

    2.3 Matcha tea powder

    2.4 Weico Jee matcha

    2.5 Itoen matcha instant

    2.6 Mo Yuan matcha

3. ชาเขียวบรรจุซอง (Sachet) 5 ตัวอย่าง

3.1 Itoen sachet

3.2 Sen Japanese green tea

3.3 Twinings Jasmine green tea

3.4 ระมิงค์ สูตรดั้งเดิม

3.5 ระมิงค์ กลิ่นมะลิ

ภาพที่ 5 ชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด 10 ตัวอย่าง

ภาพที่ 6 ชาเขียวผงพร้อมชง 6 ตัวอย่าง

ภาพที่ 7 ชาเขียวบรรจุซอง 5 ตัวอย่าง

2. สารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์

2.1 สารเคมี

2.1.1 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Sigma-aldrich, MO, USA)

2.1.2 L-Ascorbic acid (BDH, Bangkok, Thailand)

2.1.3 Trolox (Sigma-aldrich, MO, USA)

2.1.4 Ethanol (RCI Labscan, Bangkok, Thailand)

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

2.2.1 เครื่อง microplate reader (Tecan Infinite M200, Mannedorf, Switzerland)

2.2.2 เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง (Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)

2.2.3 ขวดปรับปริมาตร (volumetric flask)

2.2.4 จานหลุม (96-well plate) (Corning, NY, USA)

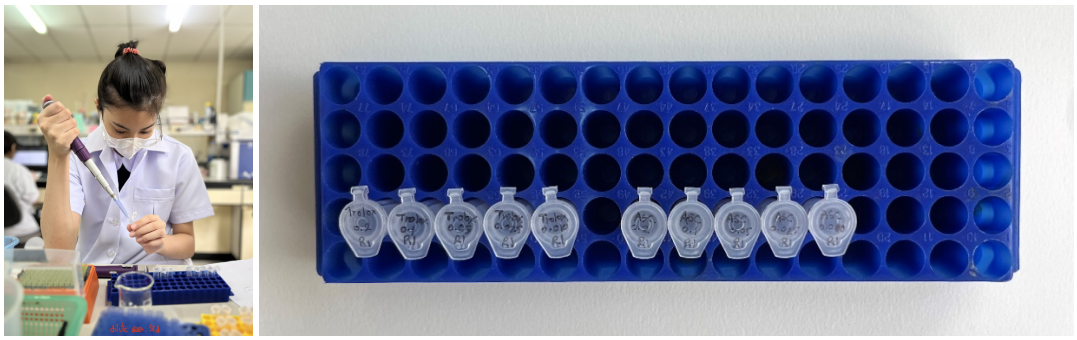
2.2.5 ไมโครปิเปต (micropipette) และ multi-channel pipette (Gilson, WI, USA)

3. การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 เตรียมสารละลาย 2,2-diphenyl-1-pycrylhydrazyl (DPPH) reagent ในตัวทำละลาย คือ absolute ethanol โดยเตรียมสารละลาย stock ความเข้มข้น 5 mM (0.9858 mg/mL) แล้วนำมาเจือจางให้ได้ working solution ความเข้มข้น 0.5 mM โดยเจือจางสารละลาย stock ปริมาตร 10 mL ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 mL

3.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน ascorbic acid ในน้ำกลั่น (double distilled water) ให้มีความเข้มข้น 20 mM (3.522 mg/10 mL) ใช้เป็น master stock แล้วนำมาเจือจางใน absolute ethanol ให้ได้ความเข้มข้น 2 mM ใช้เป็น working stock จากนั้นนำไปเจือจางใน absolute ethanol ให้ได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 0.200, 0.100, 0.050, 0.025, 0.010 mM หยอดตัวอย่างสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นลงใน 96-well plates ความเข้มข้นละ 100 ไมโครลิตร จำนวน 3 หลุม/ซ้ำ

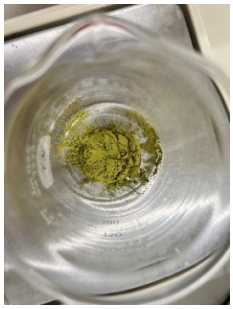
3.3 เตรียมสารละลายมาตรฐาน trolox ใน absolute ethanol ให้มีความเข้มข้น 20 mM (5.006 mg/10 mL) ใช้เป็น master stock แล้วนำมาเจือจางใน absolute ethanol ให้ได้ความเข้มข้น 2 mM ใช้เป็น working stock จากนั้นนำไปเจือจางใน absolute ethanol ให้ได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 0.200, 0.100, 0.050, 0.025, 0.010 mM หยอดตัวอย่างสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นลงใน 96-well plates ความเข้มข้นละ 100 ไมโครลิตร จำนวน 3 หลุม/ซ้ำ



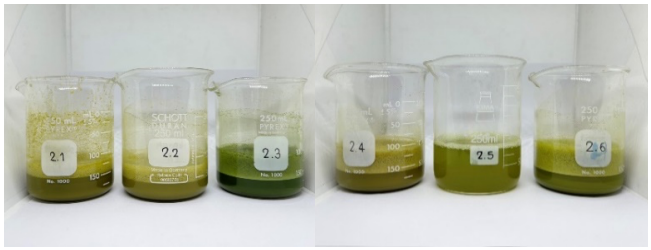
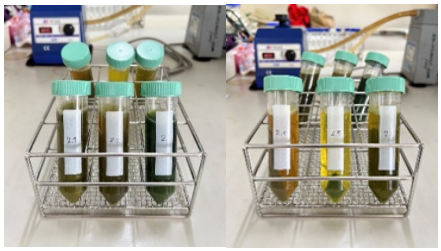
ภาพที่ 8 สารละลายมาตรฐาน ascorbic acid และ trolox หลังจากเจือจางใน absolute ethanol

3.4 เตรียมสารทดสอบ ได้แก่ ตัวอย่างชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด 10 ตัวอย่าง ชาเขียวผงพร้อมชง 6 ตัวอย่าง ชาเขียวบรรจุซอง 5 ตัวอย่าง การชงชาดำเนินการตามคำแนะนำในฉลากสินค้า ใช้น้ำดื่มบรรจุขวดที่ต้มเดือดอุณหภูมิ 80-95 องศาเซลเซียสในการชง บันทึกข้อมูลหน่วยบริโภคและปริมาตรทั้งหมดในภาชนะบรรจุ นำตัวอย่างชามาเจือจางใน absolute ethanol 1:20 จากนั้นหยอดตัวอย่างทดสอบแต่ละตัวอย่างลงใน 96-well plate ตัวอย่างละ 100 ไมโครลิตร จำนวน 3 หลุม/ซ้ำ

ภาพที่ 9 การเตรียมเครื่องดื่มชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด

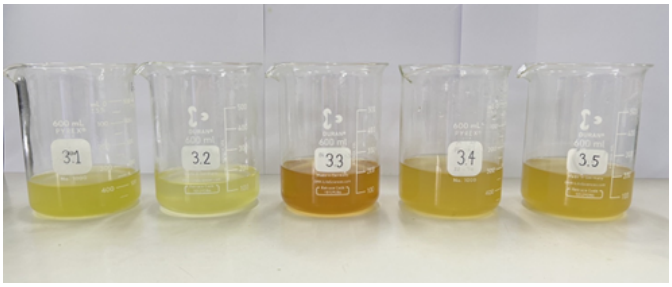


ตวงผงชา ชั่งน.น.ผงชา ใส่ผงชาลงในบีกเกอร์

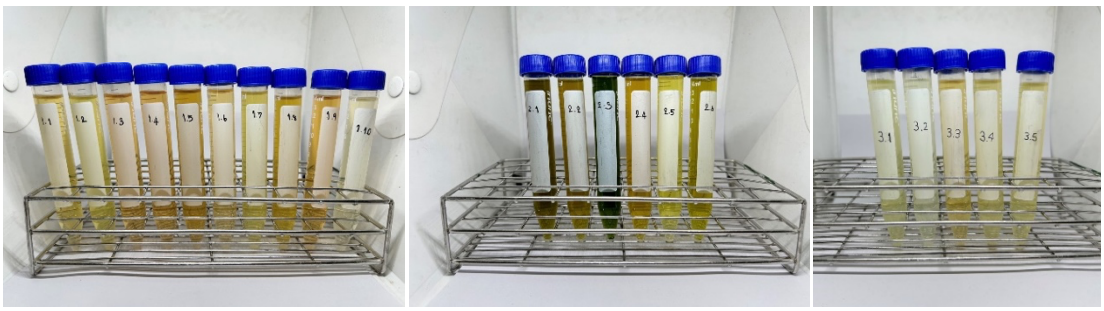
เครื่องดื่มชาเขียวจากผงชาเขียวพร้อมชง หลังการเหวี่ยงตะกอนด้วยเครื่อง centrifuge

ภาพที่ 10 การเตรียมเครื่องดื่มชาเขียวจากชาเขียวผงพร้อมชง

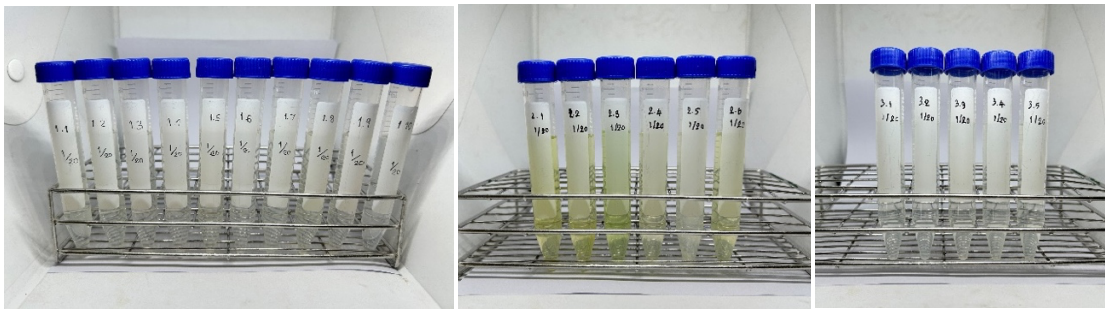


เขียนเลขที่ตัวอย่าง ชงชาตามฉลาก เครื่องดื่มชาเขียวที่ได้

ภาพที่ 11 การเตรียมเครื่องดื่มชาเขียวจากชาเขียวบรรจุซอง



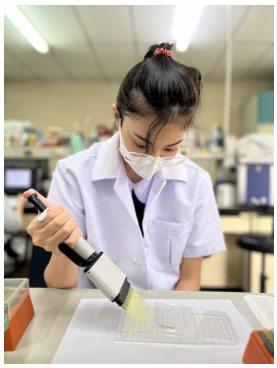
ภาพที่ 12 สารทดสอบ 21 ตัวอย่างก่อนเจือจาง



ภาพที่ 13 สารทดสอบ 21 ตัวอย่างหลังเจือจางใน absolute ethanol 1:20

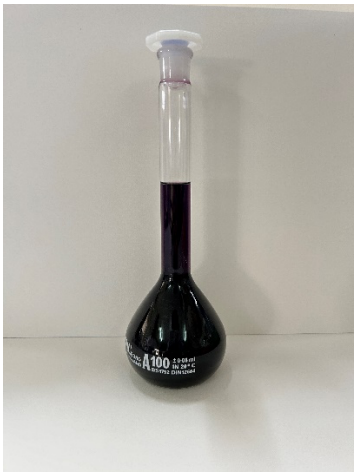
3.5 เตรียม control โดยนำ absolute ethanol หยอด control จำนวน 3 หลุม หลุมละ 100 ไมโครลิตร

3.6 เตรียมเพลท blank ของตัวอย่าง โดยหยอดตัวอย่างตามข้อ 3.2-3.5 ทุกประการ และหยอด absolute ethanol ลงไปหลุมละ 100 ไมโครลิตร โดยใช้ multi-channel pipette จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm ด้วย microplate reader

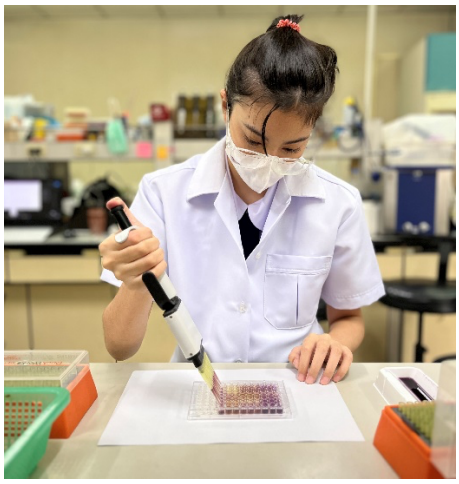


ภาพที่ 14 เตรียมเพลท blank ของตัวอย่าง

3.7 หยอดสารละลาย DPPH ที่เตรียมไว้ลงในเพลททดสอบ ปริมาตรหลุมละ 100 ไมโครลิตร โดยใช้ multi-channel pipette จากนั้นบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีในที่มืด จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm ด้วย microplate reader โดยหากตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเหลือง

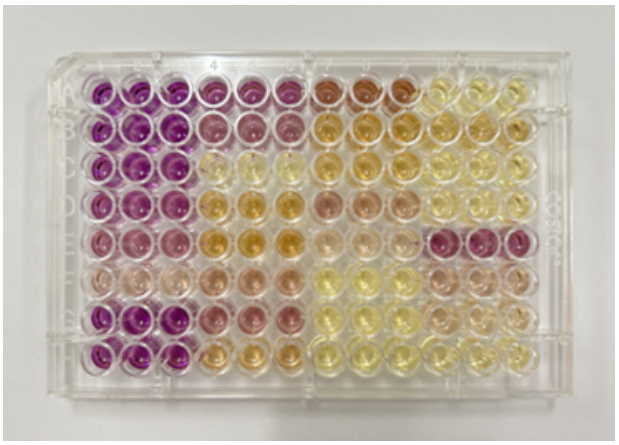


สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.5 mM

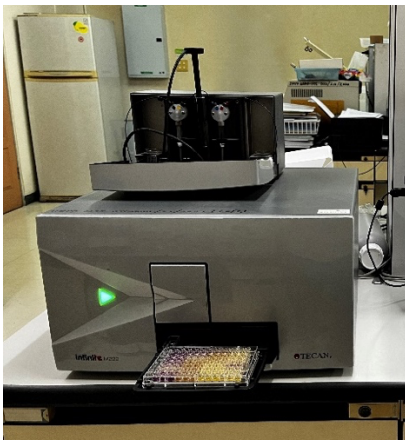


หยอดสารละลาย DPPH ลงในเพลททดสอบ

ภาพที่ 15 หยอดสารละลาย DPPH ลงในเพลททดสอบ โดยใช้ multi-channel pipette



เพลททดสอบหลังใส่สารทดสอบและ DPPH



เครื่อง microplate reader

ภาพที่ 16 วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง microplate reader

3.8 นำค่า absorbance ของทุกตัวอย่างที่วัดได้มาหักลบค่า absorbance ของ blank ของตัวอย่างนั้น ๆ ในเพลท blank คำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (radical scavenging activity percentage: %RSA) จากสมการต่อไปนี้

$$\%RSA = \frac{(ABS\ control - ABS\ sample)}{ABS\ control} \times 100$$

3.9 หาค่าเฉลี่ยของค่า absorbance จากทั้ง 3 หลุมของแต่ละตัวอย่าง และนำค่า %RSA เฉลี่ยของ trolox และ ascorbic acid มาพล็อตเป็นกราฟมาตรฐาน ให้ได้สมการเส้นตรง (linear regression: y = mx+b) โดยมีแกน Y เป็นค่า %RSA และแกน X เป็นความเข้มข้น ซึ่งจะได้ค่าความชันของกราฟ (m) และค่าจุดตัดแกน y (b) มาใช้คำนวณต่อไป

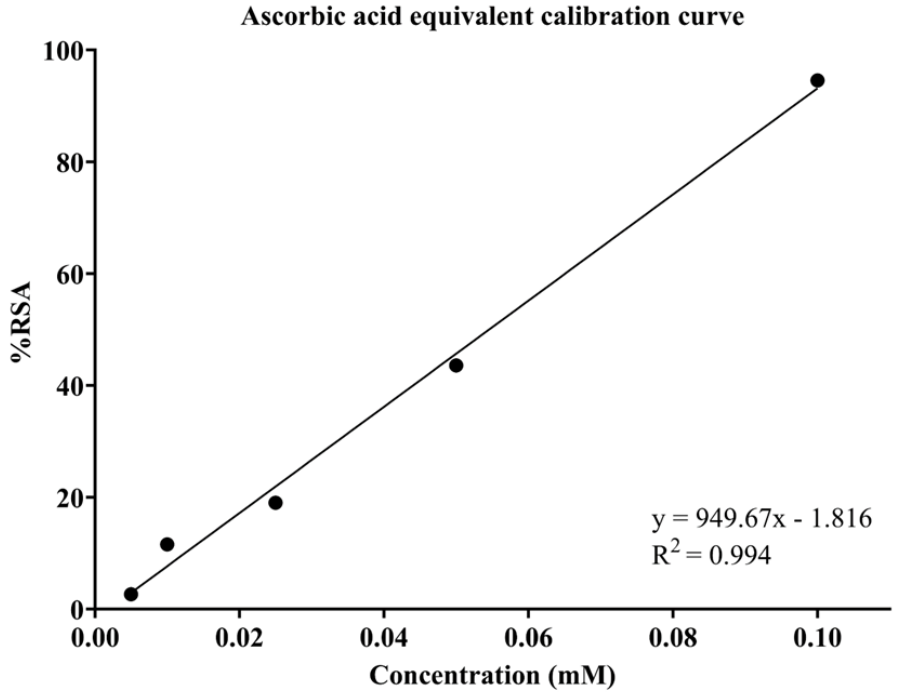
3.10 นำค่า %RSA เฉลี่ยของตัวอย่างชาแต่ละตัวอย่างมาคำนวณในสมการ linear regression ที่ได้จากข้อ 3.8 เพื่อหาค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับ trolox (trolox equivalent antioxidant capacity: TEAC) และเทียบเท่ากับ ascorbic acid (vitamin C equivalent antioxidant capacity: VCEAC) โดยค่าที่ได้จะเป็นประสิทธิภาพของตัวอย่างชา 5 ไมโครลิตร นำมาคูณกับน้ำหนักชาใน 1 หน่วยบริโภคและปริมาตรชาทั้งหมด ซึ่งจะได้ค่าประสิทธิภาพของน้ำชาใน 1 หน่วยบริโภคตามฉลากสินค้าและต่อปริมาตรชาทั้งหมด

3.11 ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง โดยคำนวณด้วยโปรแกรม Microsoft excel 365

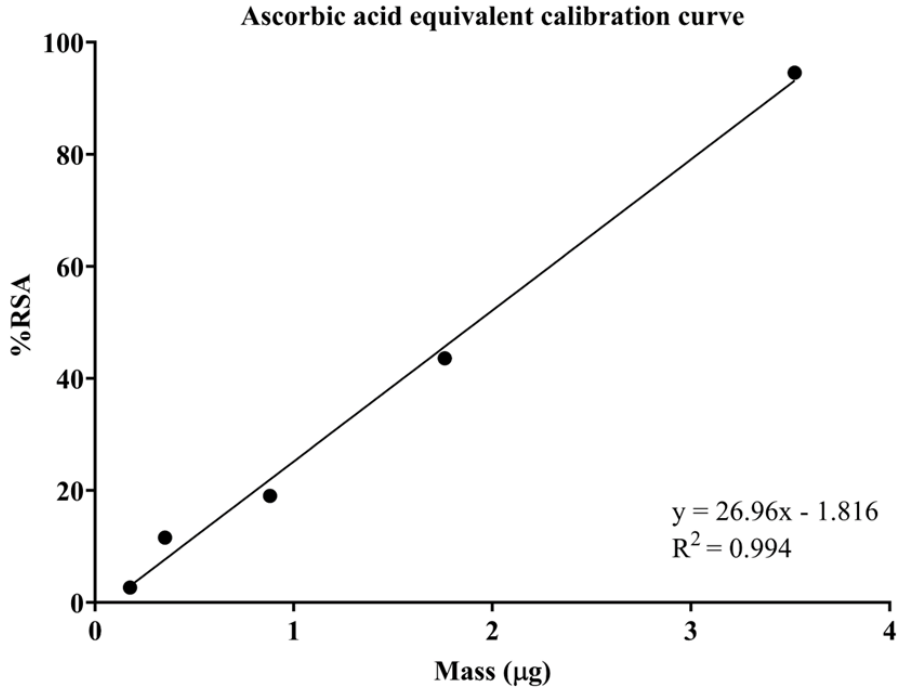
ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มตัวอย่างชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด ชาเขียวผงพร้อมชง ชาเขียวบรรจุซอง ทำได้โดยใช้วิธี DPPH radical scavenging assay และวัดค่าการดูดกลืนแสงของอนุมูลอิสระ DPPH ด้วยเครื่อง microplate reader ที่ค่าความยาวคลื่นเท่ากับ 517 นาโนเมตร จากนั้นจึงคำนวณค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (radical scavenging activity: %RSA) โดยคิดเป็นร้อยละของอนุมูลอิสระ DPPH ที่ถูกกำจัดไปโดยตัวอย่างในตัวอย่างหลังทำปฏิกิริยา เทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีสารต้านอนุมูลอิสระ และนำค่าดังกล่าวมาเทียบกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน 2 ชนิด ได้แก่ trolox (วิตามินอี) และ ascorbic acid (วิตามินซี) และแสดงผลเป็นความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับปริมาณสารมาตรฐาน (trolox/ascorbic acid equivalent)

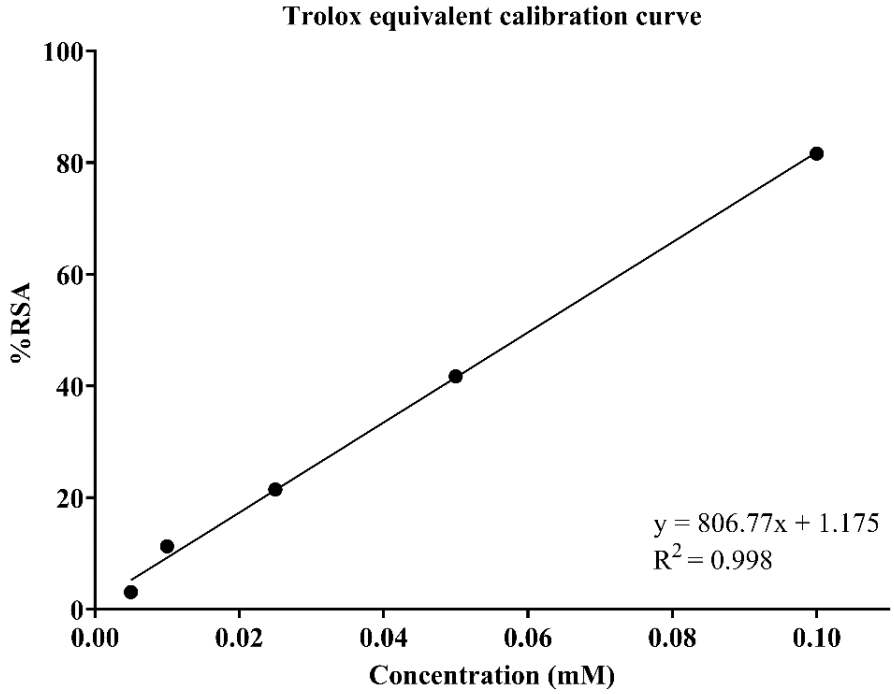
กราฟมาตรฐาน (calibration curve) ที่ใช้ในการเทียบ จัดทำโดยการพล็อตกราฟระหว่างความเข้มข้น/ปริมาณของสารมาตรฐาน ascorbic acid และ trolox (แกน X) และค่า %RSA ของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น/ปริมาณนั้น (แกน Y) ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง จากนั้นจึงคำนวณหาตัวแปรต่าง ๆ ของสมการเส้นตรง $y = mx + b$ ได้แก่ ค่าความชัน (slope: m) ค่าจุดตัดแกน y (intercept: b) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-square: R^2) ด้วยโปรแกรม Microsoft excel 365 พบว่าค่า R^2 ของกราฟมาตรฐานของ trolox และ ascorbic acid เท่ากับ 0.998 และ 0.994 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่า R^2 ที่แสดงให้เห็นว่ากราฟมาตรฐานที่ได้มีความน่าเชื่อถือได้ในการนำมาใช้คำนวณและตัวแปรอื่น ๆ ในสมการแสดงดังรูปที่ 17-20 โดยรูปที่ 17 และ 19 แสดงกราฟมาตรฐานเพื่อการคำนวณเทียบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระตามความเข้มข้นของสารมาตรฐานในระบบโมลาร์ ส่วนรูปที่ 18 และ 20 แสดงกราฟมาตรฐานเพื่อการคำนวณเทียบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระตามปริมาณสารมาตรฐานเป็นหน่วยไมโครกรัม



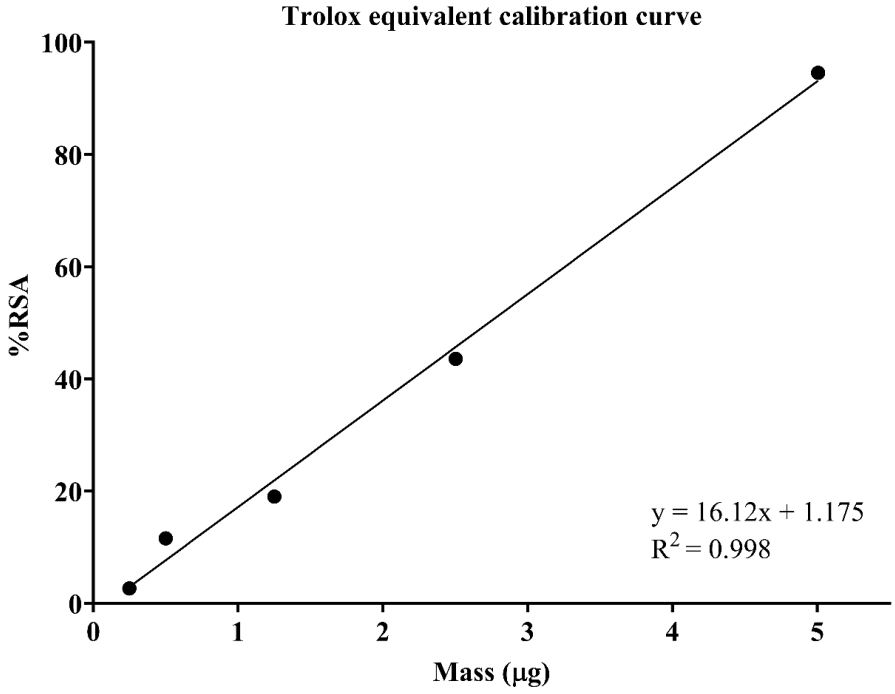
ภาพที่ 17 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับความเข้มข้นของ ascorbic acid (mM)



ภาพที่ 18 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับปริมาณ ascorbic acid (µg)



ภาพที่ 19 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับความเข้มข้นของ trolox (mM)



ภาพที่ 20 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับปริมาณ trolox (µg)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาเขียวเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid

รูปแบบ	ยี่ห้อ	%RSA	ความเข้มข้นในปริมาตรชาทั้งหมด (mM เทียบเท่า ascorbic acid)	ปริมาณในปริมาตรชาทั้งหมด (mg เทียบเท่า ascorbic acid)	ความเข้มข้นใน 1 หน่วยบริโภค (mM เทียบเท่า ascorbic acid)	ปริมาณใน 1 หน่วยบริโภค (mg เทียบเท่า ascorbic acid)
ชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด	Itoen พร้อมดื่ม	70.41	7177.45	252.82	7177.45	252.82
	Fujicha Natural	64.58	6582.44	231.86	3291.22	115.93
	อิชิตัน รสต้นตำรับ	79.66	6823.82	240.36	6823.82	240.36
	Pokka green tea กลิ่นมะลิ	66.39	6766.36	238.34	2706.54	95.34
	Pokka Sencha Japanese green tea	81.02	8263.80	291.08	3305.52	116.43
	Oishi Gold Genmaicha	50.54	4117.10	145.02	2058.55	72.51
	Fujicha Tasty	70.79	7219.33	254.29	3609.67	127.15
	Fujicha Fit	78.07	7960.32	280.39	3980.16	140.20
	อิชิตัน รสจมูกข้าวญี่ปุ่น	83.92	7188.56	253.21	7188.56	253.21
	อิชิตัน รสน้ำผึ้งผสมมะนาว	96.47	8264.18	291.10	8264.18	291.10
ชาเขียวผงพร้อมชง (matcha)	ชาเขียวผง ตราฉุยฟง	93.66	955.31	33.65	955.31	33.65
	Classic Matcha tea powder	92.86	852.42	30.03	852.42	30.03
	Matcha tea powder	92.07	845.28	29.77	845.28	29.77
	Weico Jee matcha	94.61	868.39	30.59	868.39	30.59
	Itoen matcha instant	78.38	1598.48	56.30	1598.48	56.30
	Mo Yuan matcha	92.84	852.13	30.02	852.13	30.02
ชาเขียวบรรจุซอง (sachet)	Itoen sachet	92.13	2818.52	99.28	2818.52	99.28
	Sen Japanese green tea	33.68	1029.04	36.25	1029.04	36.25
	Twinings Jasmine green tea	92.59	3776.19	133.01	3776.19	133.01
	ระมิงค์ สูตรดั้งเดิม	93.96	3832.77	135.01	3832.77	135.01
	ระมิงค์ กลิ่นมะลิ	93.68	3821.67	134.61	3821.67	134.61

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาเขียวเทียบกับสารมาตรฐาน trolox

รูปแบบ	ยี่ห้อ	%RSA	ความเข้มข้นในปริมาตรชาทั้งหมด (mM เทียบเท่า trolox)	ปริมาณในปริมาตรชาทั้งหมด (mg เทียบเท่า trolox)	ความเข้มข้นใน 1 หน่วยบริโภค (mM เทียบเท่า trolox)	ปริมาณใน 1 หน่วยบริโภค (mg เทียบเท่า trolox)
ชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด	Itoen พร้อมดื่ม	70.41	7447.84	372.82	7447.84	372.82
	Fujicha Natural	64.58	6805.47	340.67	3402.73	170.33
	อิชิตัน รสต้นตำรับ	79.66	7125.00	356.66	7125.00	356.66
	Pokka green tea กลิ่นมะลิ	66.39	6985.88	349.70	2794.35	139.88
	Pokka Sencha Japanese green tea	81.02	8623.33	431.67	3449.33	172.67
	Oishi Gold Genmaicha	50.54	4202.02	210.34	2101.01	105.17
	Fujicha Tasty	70.79	7484.79	374.67	3742.39	187.34
	Fujicha Fit	78.07	8293.12	415.14	4146.56	207.57
	อิชิตัน รสจมูกข้าวญี่ปุ่น	83.92	7504.90	375.68	7504.90	375.68
	อิชิตัน รสน้ำผึ้งผสมมะนาว	96.47	8664.28	433.72	8664.28	433.72
ชาเขียวผงพร้อมชง (matcha)	ชาเขียวผง ตราฉุยฟง	93.66	1000.88	50.10	1000.88	50.10
	Classic Matcha tea powder	92.86	892.80	44.69	892.80	44.69
	Matcha tea powder	92.07	885.27	44.31	885.27	44.31
	Weico Jee matcha	94.61	909.99	45.55	909.99	45.55
	Itoen matcha instant	78.38	1663.75	83.28	1663.75	83.28
	Mo Yuan matcha	92.84	892.31	44.67	892.31	44.67
ชาเขียวบรรจุซอง (sachet)	Itoen sachet	92.13	2950.40	147.69	2950.40	147.69
	Sen Japanese green tea	33.68	1022.08	51.16	1022.08	51.16
	Twinings Jasmine green tea	92.59	3956.36	198.05	3956.36	198.05
	ระมิงค์ สูตรดั้งเดิม	93.96	4014.65	200.97	4014.65	200.97
	ระมิงค์ กลิ่นมะลิ	93.68	4002.86	200.38	4002.86	200.38

ตัวอย่างชาเขียวผงพร้อมชงและชาเขียวบรรจุซองที่ใช้ทดสอบในการศึกษานี้เตรียมโดยใช้วิธีการที่ระบุตามฉลากสินค้า ซึ่งกำหนดปริมาณชาและปริมาตรของน้ำที่ใช้ชง ส่วนตัวอย่างชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด ใช้ตัวอย่างน้ำชาในขวดมาทดสอบโดยตรง เมื่อเปรียบเทียบน้ำชาในปริมาตรที่เท่ากัน ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%RSA) พบว่า ในกลุ่มชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด มี %RSA อยู่ในช่วง 50.54-96.47% ในกลุ่มชาเขียวผงพร้อมชง มี %RSA อยู่ในช่วง 78.38-94.61% ในกลุ่มชาเขียวบรรจุซอง มี %RSA อยู่ในช่วง 33.68-93.86% ซึ่งแต่ละผลิตภัณฑ์ในทั้ง 3 กลุ่มมีค่า %RSA ที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดพบว่า มี %RSA ที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ในกลุ่มชาเขียวผงพร้อมชง มี %RSA ใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 92.07-94.61% ยกเว้น Itoen matcha instant (ตัวอย่างที่ 2.5) ที่มี %RSA เพียง 78.38% ในกลุ่มชาเขียวบรรจุซอง มี %RSA ใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 92.13-93.96% ยกเว้น Sen Japanese Green Tea (ตัวอย่างที่ 3.2) ที่มี %RSA เพียง 33.68% เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 21 ตัวอย่างพบว่า เครื่องดื่มชาเขียวที่มี %RSA มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ อิชิตันรสน้ำผึ้งผสมมะนาว (ตัวอย่างที่ 1.10) Weico Jee matcha (ตัวอย่างที่ 2.4) และระมิงค์ สูตรดั้งเดิม (ตัวอย่างที่ 3.4) โดยมี %RSA เท่ากับ 96.47%, 94.61% และ 93.96% ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบน้ำชาแต่ละตัวอย่างใน 1 หน่วยบริโภคที่ระบุตามฉลากสินค้า ซึ่งแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีปริมาตรต่อ 1 หน่วยบริโภคแตกต่างกันออกไป ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับ ascorbic acid (vitamin C equivalent antioxidant capacity: VCEAC) ต่อน้ำชา 1 หน่วยบริโภคพบว่า ในกลุ่มชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดมีค่า VCEAC มากที่สุด โดยอยู่ในช่วง 72.51-291.10 mg VCE ในกลุ่มชาเขียวบรรจุซอง มี VCEAC รองลงมา โดยอยู่ในช่วง 36.25-135.01 mg VCE ในกลุ่มชาเขียวผงพร้อมชง มี VCEAC น้อยที่สุด โดยอยู่ในช่วง 29.77-56.30 mg VCE ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 21 ตัวอย่างพบว่า เครื่องดื่มชาเขียวที่มี VCEAC ต่อน้ำชาหนึ่งหน่วยบริโภคมากที่สุด 3 อันดับแรกอยู่ในกลุ่มชาเขียวบรรจุขวด ได้แก่ อิชิตันรสน้ำผึ้งผสมมะนาว (ตัวอย่างที่ 1.10) อิชิตันรสจมูกข้าวญี่ปุ่น (ตัวอย่างที่ 1.9) และ Itoen พร้อมดื่ม (ตัวอย่างที่ 1.1) โดยมี VCEAC ต่อน้ำชา 1 หน่วยบริโภคเท่ากับ 291.10, 253.21 และ 252.82 mg VCE ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับ trolox (trolox equivalent antioxidant capacity: TEAC) ต่อน้ำชา 1 หน่วยบริโภคพบว่า ในกลุ่มชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด มี TEAC มากที่สุด โดยอยู่ในช่วง 105.17-433.72 mg TE ในกลุ่มชาเขียวบรรจุซอง มี TEAC รองลงมา โดยอยู่ในช่วง 51.16-200.97 mg TE ในกลุ่มชาเขียวผงพร้อมชง มี TEAC น้อยที่สุด โดยอยู่ในช่วง

44.31-83.28 mg TE ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 21 ตัวอย่างพบว่า เครื่องดื่มชาเขียวที่มี TEAC ต่อน้ำชา 1 หน่วยบริโภคมากที่สุด 3 อันดับแรกอยู่ในกลุ่มชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด ได้แก่ อิชิตันรสน้ำผึ้งผสมมะนาว (ตัวอย่างที่ 1.10) อิชิตันรสจมูกข้าวญี่ปุ่น (ตัวอย่างที่ 1.9) และ Itoen พร้อมดื่ม (ตัวอย่างที่ 1.1) โดยมี TEAC ต่อน้ำชา 1 หน่วยบริโภคเท่ากับ 433.72, 375.68 และ 372.82 mg TE ตามลำดับ

อภิปราย

ตัวอย่างทดสอบในการศึกษานี้ เป็นผลิตภัณฑ์ชาเขียวในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดที่ผ่านกรรมวิธีชง ปรุงรส และฆ่าเชื้อสำเร็จมาจากโรงงาน กลุ่มที่ 2 คือ ชาเขียวผงพร้อมชงหรือมัทฉะ (matcha) เป็นใบชาเขียวผงละเอียด วิธีชงคือนำผงชาไปเติมน้ำร้อนแล้วคนให้เข้ากันและดื่มได้ทันที และกลุ่มที่ 3 ชาเขียวบรรจุซอง (sachet) ที่เป็นใบชาแห้งบดหยาบหรือเซนฉะ (sencha) บรรจุซองเยื่อกระดาษหรือไนลอน มีวิธีชงคือการนำไปแช่น้ำร้อนให้สารในใบชาซึมผ่านออกมาในน้ำชา หรือที่เรียกว่า infusion โดยผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ตามฉลากสินค้าจะมีระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ระบุไว้แตกต่างกันออกไป หลังจากพ้นระยะเวลาที่กำหนดจึงนำกากใบชาออกจากน้ำชา โดยการเตรียมน้ำชาเป็นตัวอย่างทดสอบทำตามวิธีการชงที่อยู่ในฉลากสินค้า เช่น ปริมาณผงชากลุ่มที่ 2 และระยะเวลาในการแช่ถุงชากลุ่มที่ 3 เป็นต้น

ในอันดับแรก เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาด้วยปริมาตรที่เท่ากัน พบว่าในกลุ่มชาเขียวพร้อมดื่มแต่ละตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันออกไป ซึ่งในภาพรวมมีประสิทธิภาพต่ำกว่าชาเขียวผงพร้อมชงและชาเขียวบรรจุซอง คาดว่าเป็นผลจากกระบวนการฆ่าเชื้อเครื่องดื่มที่ใช้ความร้อนสูง และอายุการเก็บของสินค้า อาจทำให้สารต้านอนุมูลอิสระในชาเขียวพร้อมดื่มน้อยกว่าชาเขียวที่ชงใหม่ ๆ นอกจากนั้นสัดส่วนปริมาณใบชาต่อน้ำที่ใช้ในสูตรการผลิต ก็อาจเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ชาเขียวอิชิตันรสน้ำผึ้งผสมมะนาว (ตัวอย่างที่ 1.10) กลับมีค่า %RSA สูงที่สุด (96.2%) ในตัวอย่างชาทั้งหมด 21 ตัวอย่างที่นำมาทดสอบ และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดยี่ห้อเดียวกันที่เป็นสูตรอื่น ๆ โดยชาเขียวสูตรนี้มีข้อแตกต่างจากตัวอย่างอื่น คือ ส่วนผสมที่เป็นน้ำผึ้งและมะนาว ซึ่งคาดว่ามีผลเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่นอกเหนือจากความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในชาเขียว เนื่องจากน้ำผึ้งมีองค์ประกอบของสารกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง และมีกรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซีด้วย (ปิยธิดา สุดเสนาะ, พิทยา ใจคำ และพิมพ์สิรี สุวรรณ. 2561 : 29-42) นอกจากนั้นยังมีน้ำมะนาวซึ่งมีกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดซิตริก กรดมาลิก และกรด

แอสคอร์บิก เป็นองค์ประกอบ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ เนื่องจากในสูตรโครงสร้างของกรดทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวมีหมู่ไฮดรอกซี (-OH group) จึงสามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมกับอนุมูลอิสระ ดังนั้นจึงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วย (ปฐมสุดา อินทุประภา, 2561 : ออนไลน์)

ในส่วนของชาเขียวผงพร้อมชง (มัทฉะ) และแบบบรรจุซอง (เซนฉะ) พบว่าแต่ละตัวอย่างในปริมาตรที่เท่ากันมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน และมีค่า %RSA มากกว่า 90% ขึ้นไป ยกเว้นชาเขียว Sen Japanese green tea (ตัวอย่างที่ 3.2) ที่มีประสิทธิภาพเพียง 33.68% ซึ่งอาจเป็นผลจากระยะเวลาในการแช่ใบชาในน้ำร้อน เนื่องจากในฉลากผลิตภัณฑ์ภาษาญี่ปุ่นและภาษาไทยระบุเวลาไม่เท่ากัน ผู้จัดทำโครงงานจึงทำตามฉลากภาษาญี่ปุ่นซึ่งใช้เวลาแช่เพียง 30 วินาที ขณะที่ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างอื่นระบุเวลาในการแช่ 3-4 นาที เหมือนกับฉลากภาษาไทยของชาเขียว Sen Japanese green tea ดังนั้นหากยืดระยะเวลาในการแช่ใบชาในน้ำร้อน ผลิตภัณฑ์นี้อาจมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นเหมือนกับตัวอย่างอื่น ในกลุ่มชาเขียวแบบผง พบว่า Itoen matcha instant (ตัวอย่างที่ 2.5) มีค่า %RSA น้อยกว่าตัวอย่างอื่น ซึ่งเกิดจากการมีส่วนผสมอื่นในผงชานอกเหนือจากผงมัทฉะ ทำให้ในน้ำหนักที่เท่ากัน ตัวอย่างนี้จะมีผงชาเขียวปริมาณน้อยกว่าตัวอย่างอื่น เนื่องจากผลิตภัณฑ์นี้มีการระบุว่าสามารถละลายได้ง่ายทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น โดยมัทฉะปกติจะละลายได้ดีในน้ำร้อนเท่านั้น ซึ่งส่วนผสมที่เพิ่มขึ้นมาในตัวอย่างชา Itoen matcha instant นี้ คือ สารที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการละลาย เช่น เด็กซ์ตริน เป็นต้น

การคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์อาหารเป็นค่าเทียบเท่ากับวิตามินอี (trolox) และวิตามินซี (ascorbic acid) ทำให้สามารถเปรียบเทียบอย่างเป็นมาตรฐานได้ว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างที่ทดสอบสูงหรือต่ำ โดยเฉพาะการเปรียบเทียบระหว่างงานวิจัย เนื่องจากในแต่ละการทดลองอาจมีการใช้ปริมาณสารอนุมูลอิสระ เช่น DPPH ต่างกัน ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบค่า %RSA ของตัวอย่างในแต่ละงานวิจัยได้โดยตรง ในส่วนของการศึกษานี้เมื่อคำนวณค่าเทียบเท่ากับวิตามินอีและวิตามินซีแล้ว ค่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดจะสูงกว่าชาเขียวผงพร้อมชงและชาเขียวบรรจุซอง เนื่องจากชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดมีปริมาตรที่มากกว่า ทั้งในส่วนของปริมาตรทั้งหมดและปริมาตรต่อหน่วยบริโภค อย่างไรก็ตาม ในส่วนนี้ไม่ได้สรุปว่าการดื่มชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดจะได้ประโยชน์ด้านสุขภาพมากกว่าชาเขียวอีก 2 รูปแบบ ในการเลือกบริโภคชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่น ๆ ด้วย โดยเฉพาะน้ำตาล ปริมาณน้ำตาลที่บริโภคมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคอ้วน ความดันโลหิตสูง

โรคหลอดเลือดสมอง โรคหลอดเลือดหัวใจ จอประสาทตาเสื่อม (ชาติชาย มุกส, ม.ป.ป : ออนไลน์) ดังนั้น จึงควรเลือกบริโภคชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดที่มีน้ำตาลน้อย หรือบริโภคตามปริมาณที่แนะนำในฉลากโภชนาการ ควบคู่ไปกับการออกกำลังกายเพื่อการเผาผลาญพลังงานที่เพียงพอ

ชาเขียวผงพร้อมชง (มัทฉะ) และชาเขียวบรรจุซอง (เซนฉะ) มีความแตกต่างกันตั้งแต่วิธีการเพาะปลูกจนถึงกระบวนการผลิต โดยใบชาที่นำมาใช้ทำมัทฉะเป็นใบชาที่มีการคลุมกันแดด (shading) ก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 1 เดือน เพื่อให้ใบชามีการสะสมของคลอโรฟิลล์ให้มีสีเขียวเข้ม สะสมกรดอะมิโนที่ให้รสอุมามิ และสะสมสารทีอานีน (theanine) ที่มีฤทธิ์ทำให้ผ่อนคลาย เมื่อผ่านกระบวนการนึ่งจนถึงอบแห้งแล้ว นำไปคัดก้านออก และโม่บดเป็นผงละเอียดเหมือนผงแป้ง ผงใบชามัทฉะสามารถละลายน้ำได้ ขณะที่ใบชาที่ใช้ทำเซนฉะเป็นใบชาที่มีระยะเวลาคลุมกันแดดก่อนเก็บเกี่ยวน้อยกว่า เมื่อผ่านกระบวนการนึ่งและอบแห้งแล้วจึงนำไปบดหยาบโดยไม่คัดก้านออก ใบชาเซนฉะไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อชงแล้วต้องนำกากใบชาออกจากน้ำชา ชาเขียวมัทฉะจะมีรสชาติที่เข้มข้นมากกว่าชาเขียวเซนฉะ จึงนิยมใช้ปริมาณผงชาในการชงน้อยกว่า หรืออาจใช้ผสมในเครื่องดื่มหรือผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ (The Japan Food Product Overseas Promotion Center (JFOODO), ม.ป.ป : ออนไลน์) (How Sencha is Made, Part 1: Cultivation and Harvest, ม.ป.ป : ออนไลน์) (How Sencha is Made, Part 2: Aracha Production, ม.ป.ป : ออนไลน์)

ในการศึกษานี้พบว่าเมื่อเทียบปริมาตรเท่ากัน ชาเขียวผงพร้อมชง (มัทฉะ) และชาเขียวบรรจุซอง (เซนฉะ) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกัน แต่ถ้าเทียบตามหน่วยบริโภคตามฉลากโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ชาเขียวบรรจุซอง (เซนฉะ) ซึ่งมีปริมาตรมากกว่าจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่าวิตามินอีและวิตามินซีที่สูงกว่า ผู้บริโภคสามารถเลือกบริโภคชาเขียวทั้ง 2 ชนิดนี้เพื่อประโยชน์ด้านสุขภาพ อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ควรระวังคือปริมาณคาเฟอีน ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้นอนไม่หลับ กระตุ้นการหลั่งอะดรีนาลีน ทำให้หัวใจทำงานเพิ่มขึ้น (หัวใจเต้นเร็วและเต้นแรงขึ้น) และหลอดเลือดหดตัว จึงส่งผลให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น คาเฟอีนยังทำให้หลอดลมขยาย ต้านฤทธิ์อินซูลิน (ความไวต่ออินซูลินลดลงซึ่งส่งผลเสียต่อโรคเบาหวาน) เพิ่มการขับแคลเซียมออกทางปัสสาวะ (ส่งผลเสียต่อโรคกระดูกพรุน) (นงลักษณ์ สุขวาณิชย์ศิลป์, 2563 : ออนไลน์) โดยทั่วไป ชาเขียวผงพร้อมชง (มัทฉะ) มีปริมาณคาเฟอีนมากกว่าชาเขียวบรรจุซอง (เซนฉะ) และปริมาณคาเฟอีนในชาเขียวบรรจุซอง (เซนฉะ) จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่แช่ใบชาในน้ำร้อน ดังนั้นในการบริโภคชาเขียวทั้งสองชนิดนี้ควรดูปริมาณคาเฟอีนในฉลากโภชนาการ และกำหนดปริมาณการบริโภคให้เหมาะกับสภาพร่างกายและสุขภาพของแต่ละบุคคลด้วย และโดยทั่วไปไม่ควรบริโภค

คาเฟอีนเกินวันละ 400 มิลลิกรัม อย่างไรก็ตาม ในชาเขียวทั้ง 2 ชนิดนี้มีสาร theanine ที่ช่วยผ่อนคลายและชะลอการดูดซึมคาเฟอีนเข้าสู่ร่างกาย ทำให้การออกฤทธิ์ของคาเฟอีนในการดื่มชาเขียวจะยาวนานกว่าการดื่มกาแฟ (Sugimoto Tea Company, ม.ป.ป : ออนไลน์)

ชาเขียวเป็นเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเฉพาะในส่วนของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ชาเขียว 21 ตัวอย่าง ในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาด โดยใช้วิธี DPPH radical scavenging assay ในการทดสอบ อย่างไรก็ตาม การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีอีกหลายวิธีซึ่งจะทำให้ผลการทดสอบสมบูรณ์ เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระสามารถจำแนกออกได้เป็นหลายประเภท และมีกลไกในการทำปฏิกิริยาแตกต่างกันออกไปตามคุณสมบัติเฉพาะตัว ดังนั้น การวิเคราะห์หรือทดสอบความสามารถในการยับยั้งหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระจึงไม่สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์โดยใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งเพียงวิธีเดียว เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติย่อมมีความซับซ้อนของคุณสมบัติในทางเคมี (Tepe, et al., 2005) ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเลือกบริโภคชาเขียวในท้องตลาดได้ อย่างไรก็ดีการบริโภคชาเขียวเพื่อรักษาสุขภาพ ควรควบคู่ไปกับการรับประทานอาหารให้ครบ 5 หมู่ และการรับวิตามิน แร่ธาตุ และกากใยอาหารจากผักและผลไม้ตามปริมาณที่ควรได้รับต่อวันที่เหมาะสมด้วย

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มชาเขียวตามท้องตลาดในประเทศไทย โดยมีรูปแบบการบรรจุชาที่ขายในท้องตลาด 3 รูปแบบ ได้แก่ ชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวด ชาเขียวผงพร้อมชง และชาเขียวบรรจุซอง เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 21 ตัวอย่างพบว่าเครื่องดื่มชาเขียวที่มี %RSA มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดอิชิตันรสน้ำผึ้งผสมมะนาว ชาเขียวผงพร้อมชง Weico Jee matcha และชาเขียวบรรจุซองระมิงค์ สูตรดั้งเดิม โดยมี %RSA เท่ากับ 96.47%, 94.61% และ 93.96% ตามลำดับ แสดงว่า เครื่องดื่มชาเขียวที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงพบได้ในเครื่องดื่มชาทั้ง 3 รูปแบบ แต่ในภาพรวมเครื่องดื่มชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระน้อยกว่าชาเขียวผงพร้อมชงและชาเขียวบรรจุซอง เมื่อเทียบปริมาตรเท่ากัน ดังนั้นการบริโภคชาเขียวผงพร้อมชงและชาเขียวบรรจุซองจึงอาจได้ประโยชน์มากกว่า ทั้งนี้ในการเลือกบริโภคจะต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำตาลและคาเฟอีนที่จะได้รับด้วย

สะท้อนความคิด

1. สิ่งที่ได้เรียนรู้จากการศึกษา

1.1 ได้เรียนรู้ขั้นตอนกระบวนการวิจัย ฝึกทักษะการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง เช่น micropipette เครื่อง centrifuge และเครื่อง microplate reader ทำให้มีความมั่นใจในการทำการทดลอง มีความละเอียดรอบคอบและช่างสังเกต

1.2 พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ในการทดลองขั้นต้นไม่สามารถแยกได้เด่นชัดว่าเครื่องดื่มชาเขียวยี่ห้อใดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากน้อยกว่ากัน ผู้จัดทำโครงงานจึงคิดว่าแม้จะใช้เครื่องดื่มชาเขียวในปริมาตรเพียงเล็กน้อยแล้วความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระยังคงสูงอยู่ เพราะฉะนั้นหากเจือจางเครื่องดื่มชาในอัตราส่วนที่น้อยลง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระก็จะลดลงไปด้วย ซึ่งน่าจะทำให้สามารถแยกได้ว่าเครื่องดื่มชาชนิดใดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากน้อยกว่ากัน ผู้จัดทำโครงงานจึงเปลี่ยนอัตราส่วนในการเจือจางจาก 1:10 เป็น 1:20

1.3 ค้นคว้าหาความรู้เพื่อตอบคำถามที่สงสัยหรือยังคลุมเครือให้มีความกระจ่างชัดเจน เช่น ทำไมเครื่องดื่มชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดอิชิตันรสน้ำผึ้งผสมมะนาวจึงมี %RSA สูงที่สุด ทำไมชาเขียวบรรจุซอง Sen Japanese green tea จึงมี %RSA ต่ำที่สุด

1.4 แบ่งงานออกเป็นส่วน ๆ และพยายามทำให้เสร็จทีละงานตามกำหนดเวลา ซึ่งเป็นการสร้างกำลังใจที่ดีให้กับตนเอง

1.5 ได้พัฒนาทักษะการสื่อสารโดยเฉพาะทักษะการเขียน มีการพัฒนาการใช้คำและเรียบเรียงประโยคเพื่อสื่อสารความคิดของตนเอง

1.6 ตระหนักถึงเป้าหมาย จัดลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องทำ ซึ่งทำให้มองเห็นภาพว่าควรทำสิ่งใดก่อนหรือหลัง และแต่ละงานใช้เวลามากน้อยเพียงใด

1.7 รู้จักการวางแผน บริหารเวลาอย่างมีประสิทธิภาพ และทำตามแผนที่วางไว้ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำงานไม่ว่าจะอาชีพใดก็ตามในอนาคต

1.8 หากงานไม่สำเร็จไปตามที่วางแผนไว้ อย่าสร้างความกดดันจนทำให้เกิดความเครียดมากเกินไป แต่ให้ปรับเป้าหมายใหม่และให้โอกาสตนเองพยายามทำเต็มที่อีกครั้ง

1.9 กระตุ้นความสนใจในการทำงานวิจัยต่อไปในอนาคต

2. ปัญหา อุปสรรค แนวทางการแก้ไข

2.1 ในการทดลองขั้นต้นพบปัญหาว่า เครื่องดื่มชาที่นำมาทดสอบที่มีการเจือจางในอัตราส่วน 1:10 ไม่สามารถแยกได้ว่าเครื่องดื่มยี่ห้อใดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากน้อยกว่ากัน

ผู้จัดทำโครงงานจึงเปลี่ยนอัตราส่วนในการเจือจางสารทดสอบเป็น 1:20 ทำให้สามารถแยกความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มแต่ละยี่ห้อได้

2.2 DPPH เป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ช่วงการทดลองเบื้องต้น ในขั้นตอนการเจือจางเครื่องดื่มชาเขียวใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เมื่อนำมาทดสอบทำให้เกิดการแยกชั้นกันระหว่าง DPPH ในเอทานอลและตัวอย่างชา จึงทำให้การดูดกลืนแสงที่วัดได้มีค่าไม่คงที่ เนื่องจากเอทานอลมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ

ผู้จัดทำโครงงานจึงเจือจางเครื่องดื่มชาเขียวโดยใช้ ethanol เป็นตัวทำละลายแทนน้ำ ทำให้สารทดสอบละลายเข้ากันได้ดีขึ้น ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงจึงมีค่าคงที่

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มชาเขียวที่มีรูปแบบการบรรจุใบชารูปแบบอื่น เช่น ใบชาผงในภาชนะปิดสนิท (loose tea) ใบชาแห้งอัด (compressed tea) ชาแท่งหรือชาแผ่น (tea sticks)

3.2 ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีการอื่น เช่น 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6- sulphonic acid) (ABTS) radical cation decolorization assay และ ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) assay และนำมาวิเคราะห์ผลร่วมกับวิธี DPPH radical scavenging essay เพื่อให้การศึกษาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3.3 ศึกษาฤทธิ์ด้านอื่นของเครื่องดื่มชาเขียว เช่น ต้านจุลชีพ ต้านมะเร็ง ลดคอเลสเตอรอล เพิ่ม HDL ลดระดับน้ำตาลในเลือด

3.4 หากเจือจางเครื่องดื่มชาเขียวโดยมีอัตราส่วนน้อยกว่า 1:20 เช่น 1:30 หรือ 1:40 อาจเพิ่มโอกาสในการแยกความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างได้ชัดเจนขึ้น

3.5 รังสีอัลตราไวโอเลตอาจมีผลในการกระตุ้นสารต้านอนุมูลอิสระ ทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงควรเพิ่มสีของขวดที่บรรจุชาเขียวในตัวแปรควบคุม

3.6 ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาเขียวบรรจุซอง Sen Japanese green tea ตามวิธีการชงบนฉลากภาษาไทย

บรรณานุกรม

กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2566). **สถานการณ์ผู้สูงอายุไทยุ พ.ศ. 2565. ครั้งที่ 1.** กรุงเทพฯ: บริษัท อมรินทร์ คอร์เปอเรชั่นส์ จำกัด (มหาชน).

การเงินการคลังด้านสุขภาพ. (Online). ม.ป.ป. https://www.nationalhealth.or.th., 30 ตุลาคม 2566.

ชาติชาย มุกสง. ม.ป.ป. **การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการบริโภคที่มีผลต่อสุขภาพ: ศึกษากรณีน้ำตาลระหว่างพ.ศ.2504-2539** (online). http://www.shi.or.th, 22 ตุลาคม 2566.

ชุษณา เมฆโหรา. 2563. **อนุมูลอิสระ การอักเสบ และเบาหวาน** (Online). https://kukrdb.lib.ku.ac.th, 31 กรกฎาคม 2566.

ณัฐวุฒิ ดอนลาว และ ธีรพงษ์ เทพกรณ์. 2555. **การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งแบบพ่นฝอยของสารสกัดชาเขียวในระดับโรงงานต้นแบบ** (Online). http://isas.arts.su.ac.th/wp-content/uploads/2556/geography/05530812.pdf, 22 กรกฎาคม 2566.

ธัชชัย ตระกูลเลิศยศ. 2560. **อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ** (Online). https://www.scimath.org/article-biology/item/6903-2017-05-14-06-44-33, 31 กรกฎาคม 2566.

นงนุช อางนานนท์. 2556. **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปลูกและวัฒนธรรมการบริโภคชาเขียวของคนญี่ปุ่น** (Online). http://isas.arts.su.ac.th/wp-content/uploads/2556/geography/05530812.pdf, 20 สิงหาคม 2566.

นงลักษณ์ สุขวาณิชย์ศิลป์. 2563. **กาแฟ...ระวังในโรคใด?** (online). https://pharmacy.mahidol.ac.th, 22 ตุลาคม 2566.

บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร. (Online). ม.ป.ป. **https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/**2552/**biol**0352**cj_ch**2.**pdf**., 30 กรกฎาคม 2566. อ้างถึง Halliwell B. 2006. Oxidative stress and neurodegeneration: where are we now?. **Journal of Neurochemistry**. 97: 1634-1658.

ปฐมสุดา อินทุประภา. 2561. **การผลิตน้ำมะนาวพร้อมดื่ม** (online). https://www.tistr.or.th, 20 ตุลาคม 2560.

ปณัฐฐา ไชยมุติ. 2547. **การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชสมุนไพร 7 ชนิด**. **วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต** สาขาชีวเคมี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. อ้างถึง Sherwin. 1990. **Food additives**. New York: Marcel Dekker.

ปิยธิดา สุดเสนาะ, พิทยา ใจคำ และพิมพ์สิรี สุวรรณ. 2561. "ผลของสารสกัดน้ำผึ้งจากดอกไม้ชนิดต่าง ๆ ต่อคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส." **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.** 6 (2): 29-42.

ปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล, จิราพร ไร่พุทธา และ นายทวิพิชญ์ อายะนันท์. 2563. **คู่มือการผลิตชา**. ครั้งที่ 1. เชียงราย: สุวรรณการพิมพ์.

ปิยาภัทร ไตรสนธิ. 2560. "ชา : เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพและสุนทรียภาพ." **อาหารและสุขภาพ.** 47 (4): 12-18.

มนทิรา ประโภชนัง. 2550. **ประสิทธิภาพของชาเขียวในการลดน้ำหนักคนไทยที่อ้วน**. **วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต** สาขาสรีรวิทยาทางการแพทย์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รัชนี คงคาฉุยฉาย และคณะ. ม.ป.ป. **อนุมูลอิสระคืออะไร? ทำไมต้องสารต้านอนุมูลอิสระ** (Online). https://dna.kps.ku.ac.th/index.php/article-rice-rsc-rgdu/36-free-radicle-antioxidant-anthrocyanidin, 31 กรกฎาคม 2566.

รุ้งตะวัน สุภาพผล และ อธิคม สุภาพผล. 2545. "บทความปริทัศน์ ชาเขียวกับมะเร็ง." **เวชสารคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**. 9(1): 34-45.

ศุภนารถ เกตุเจริญ และ อัญชลี พัดมีเทศ. ไม่ปรากฏปี. **ชา** (Online). http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/tree_fruit/fruit17.pdf, 20 สิงหาคม 2566.

สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. 2560. "คุณประโยชน์ของมัจฉะ." **จดหมายข่าวชา**. 7(29): 8.

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. 2559. **ข้อมูลทั่วไปของชา** (Online). https://hkm.hrdi.or.th/Knowledge/detail/248, 22 กรกฎาคม 2566.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.). 2566. **คุยกับผู้จัดการ สสส. (เดือนมิถุนายน 2566)** (Online). https://www.thaihealth.or.th, 19 มิถุนายน 2567.

สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรมแห่งชาติ. ม.ป.ป. **โมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี** (Online). https://www.nxpo.or.th/th/bcg-economy/, 9 พฤศจิกายน 2566.

ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย. 2566. **รู้จัก...ชา (Camellia sinensis) คุณค่าและสรรพคุณ** (Online). https://thaifarmer.lib.ku.ac.th/news/64795ae5c935ee37afaeb423, 22 กรกฎาคม 2566.

อฑิตยา โรจนสโรช, สุนิศา มลิจันทรบัว และ พรพรรณ โพธิ์ไกร. ม.ป.ป. **ศาสตร์การชะลอวัยและวิทยาการสุขภาพ"ทฤษฎีความชรา"** (Online). http://sci.bsru.ac.th/sciweb/Download/subject/HealthandBeauty/chap-06-1.pdf, 31 กรกฎาคม 2566.

อธิป สกุลเผือก. ม.ป.ป. **อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ** (Online). https://ccpe.pharmacycouncil.org/showfile.php?file=204, 1 สิงหาคม 2566.

อรสินี อินฒะสอน. 2560. **แนวคิดการดื่มชาของคนจีน**. **อักษรศาสตรบัณฑิต** สาขาวิชาเอเชียศึกษา, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Department of Clinical Microscopy, Faculty of Allied Health Science, Chulalongkorn University. 2548. **อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ** (Online). http://www.microscopy.ahs.chula.ac.th/Micros/NEWS/antioxidant.htm, 1 สิงหาคม 2566.

school.net. 2554. **อนุมูลอิสระ** (Online). https://www.scimath.org/article-science/item/1913-2011-06-20-06-14-02, 31 กรกฎาคม 2566.

The Refresher. ม.ป.ป. **เกร็ดความรู้เกี่ยวกับการดื่มชา** (Online). http://www.refresherthai.com/article/teaDrink.php, 20 สิงหาคม 2566.

The Refresher. ม.ป.ป. **ชาคืออะไร** (Online). http://www.refresherthai.com/article/tea.php, 20 สิงหาคม 2566.

Carbrera C, Artacho R and Gime´nez R. 2006. "Beneficial Effects of Green Tea - A Review." **Journal of the American College of Nutrition**. 25 (2):79-99.

Chaturvedula VSP and Prakash I. 2011. "The aroma, taste, color and bioactive constituents of tea." **Journal of Medical Plants Research**. 5 (11): 2110-2124.

Daglia M et al. 2014. “Polyphenols: Well Beyond The Antioxidant Capacity: Gallic Acid and Related Compounds as Neuroprotective Agents: You are What You Eat!.” **Current Pharmaceutical Biotechnology**. 15 (4): 1-11.

Gramza A, Korczak J and Amarowicz R. 2005. “Tea Polyphenols - Their Antioxidant Properties and Biological Activity - A Review.” **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**. 14/55 (3): 219-235.

Jinbiao Liu et al. 2021. Epigallocatechin gallate from green tea effectively blocks infection of SARS-CoV-2 and new variants by inhibiting spike binding to ACE2 receptor. **Cell & Bioscience**. 11 (168) 1-15.

How Sencha is Made, Part 1: Cultivation and Harvest. (Online). ม.ป.ป. https://www.tezumi.com/blogs/tezumi-insights/how-sencha-is-made-part-1-cultivation-and-harvest, 24 March 2024.

How Sencha is Made, Part 2: Aracha Production. (Online). ม.ป.ป. https://www.tezumi.com/blogs/tezumi-insights/how-sencha-is-made-part-2-aracha-production, 24 March 2024.

Overcomers. **ม.ป.ป. Top 10 Antioxidants of 2019**. (Online). 2019. https://overcomersbreastcancer.com/best-antioxidants-2019/, 16 August 2023.

Sugimoto Tea Company. ม.ป.ป. **How Much Caffeine Is In Green Tea?** (Online). https://www.sugimotousa.com/blog/caffeine-in-green-tea#:~:text=Sencha%20Fukamushi%20%E2%80%94%20Our%20signature%20Sencha,contain%2029%20mg%20of%20caffeine, 24 March 2024.

The Japan Food Product Overseas Promotion Center (JFOODO). ม.ป.ป. **Japanese green tea Inspire the table**. (Online). https://japan-food.jetro.go.jp/greentea/ business/ index.html, 24 March 2024.