ความคงตัวของคาเทชินระหว่างกระบวนการผลิตชาเขียวและเครื่องดื่มชาเขียว

Stability of Catechins During Processing of Green Tea and Green Tea Beverage

ธีรพงษ์ เทพกรณ์*

Theerapong Theppakorn*

สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University

บทคัดย่อ

ชาเขียวอุดมไปด้วยสารคาเทชินที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค คาเทชินเกิดการสลายตัวและอีพิเมอร์ไรเซชันในระหว่างกระบวนการผลิตชาเขียวและเครื่องดื่มชาเขียว ปัจจัยหลายอย่างส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของคาเทชิน ได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ ออกซิเจน ไอออนของโลหะหนัก ตลอดจนส่วนผสมอื่น ๆ ที่เติมลงไปในการผลิต ความเข้าใจเกี่ยวกับความคงตัวของคาเทชินระหว่างกระบวนการผลิตชาเขียวและเครื่องดื่มชาเขียวเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่มีคุณภาพสูง ซึ่งจะส่งผลประโยชน์โดยตรงต่อสุขภาพของผู้บริโภค บทความวิชาการนี้ได้ทบทวนเอกสารและนำเสนอความคงตัวของคาเทชินในชาเขียวระหว่างกระบวนการผลิตชาเขียวและเครื่องดื่มชาเขียว

คำสำคัญ : ชาเขียว เครื่องดื่ม คาเทชิน กระบวนการผลิตชา

Abstract

Green tea is a rich source of catechins which is associated with a consumer health. Green tea catechins can undergo degradation and epimerization during processing of green tea and green tea beverage. Many factors could contribute to the chemical changes of green tea catechins, such as pH, temperature, oxygen, the presence of metal ions as well as the ingredients added. A better understanding of how the processing of green tea and green tea beverage impacts the stability of catechins is important to the development of high quality green tea products designed to deliver consumer health benefits. The present review summarizes the stability of catechins during processing of green tea and green tea beverage.

Keywords : green tea, beverage, catechins, tea manufacturing

*Corresponding author. E-mail: theerapong@mfu.ac.th , peawic@hotmail.com

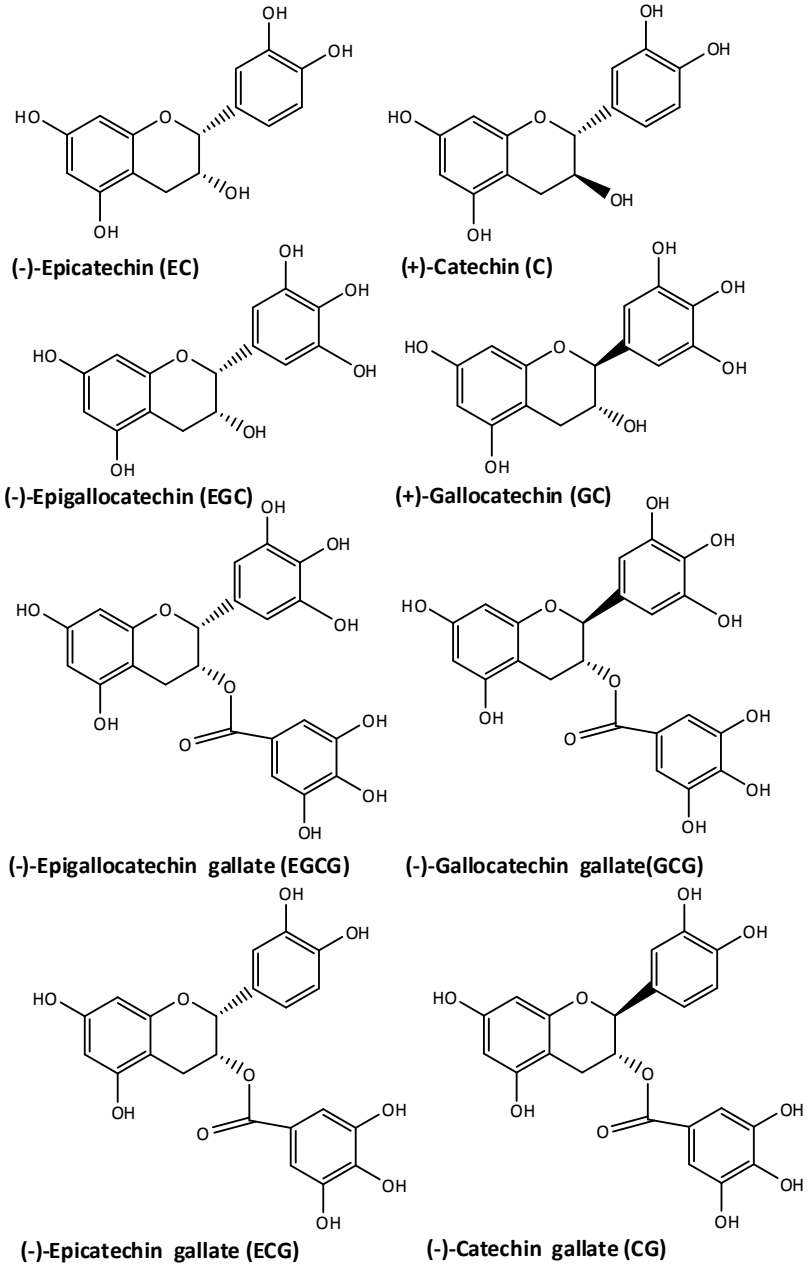
บทนำ

ชา เป็นเครื่องดื่มที่คนทั่วโลกนิยมดื่มกันทั้งในรูปเครื่องดื่มชงร้อนและเย็น ชาผลิตมาจากยอดอ่อนของต้นชา (*Camellia sinensis* L.) ชาที่ผลิตทางการค้ามาจาก 2 สายพันธุ์ คือ *Camellia sinensis* var. *sinensis* (ชาจีน, Chinese tea) และ *Camellia sinensis* var. *assamica* (ชาอัสสัม, Assam tea) สามารถจัดแบ่งประเภทของชาตามกระบวนการผลิตได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ (ภาพที่ 1) ชาเขียวเป็นชาที่ไม่ผ่านการหมัก ชาอู่หลงเป็นชาที่หมักบางส่วน และชาดำเป็นชาหมักอย่างสมบูรณ์ ระดับการหมักที่ต่างกันทำให้ชาแต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ชามีสี กลิ่น และรสชาติที่แตกต่างกัน โดยพบว่าชาเขียวมีสารคาเทชิน (catechins) สูงที่สุด (10-30% โดยน้ำหนัก) คาเทชินเป็นสารที่ให้สีขาวเหลือง ให้รสชาติฝาดเล็กน้อย ชาอู่หลงมีสารทีเอฟลาวิน (theaflavins, TFs) สีของน้ำชาอู่หลงมีสีเข้มตามสารทีเอฟลาวิน มีรสชาติเข้มและฝาดกว่าชาเขียว ส่วนชาดำเป็นชาที่ผ่านการหมักอย่างสมบูรณ์ คาเทชินจะถูกออกซิไดซ์และเกิดปฏิกิริยารวมตัวกันเป็นสารในกลุ่มทีอะรูบิจิน (thearubigins) ชาดำมีสารทีอะรูบิจินอยู่ประมาณ 10-20% โดยน้ำหนัก มีสารในกลุ่มทีเอฟลาวินประมาณ 1-2% โดยน้ำหนัก สีของน้ำชาดำมีสีน้ำตาลแดงตามสีของทีอะรูบิจิน มีรสชาติเข้มข้น และฝาด (Haslam, 2003)

ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์และน้ำชาจากชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ

ในบรรดาชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ พบสารคาเทชินมากที่สุดในชาเขียว เนื่องจากในการผลิตชาเขียวไม่มีขั้นตอนการหมัก (Toschi *et al*., 2000; Friedman *et al*., 2009) เป็นที่ทราบกันดีว่าคาเทชินในชาเขียวมีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายอย่าง เช่น ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง (Yuan *et al*., 2011) ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ (Deka & Vita, 2011) ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวาน (Antonello *et al*., 2007) และช่วยลดความอ้วน (Rains *et al*., 2011) เป็นต้น ด้วยประโยชน์ของคาเทชินในชาเขียวทำให้มีแนวโน้มการบริโภคชาเขียวมากขึ้น โดยมีอัตราการบริโภคเพิ่มขึ้น 4.5% ต่อปี (FAO, 2008) กลุ่มของคาเทชินที่พบมากในชา ได้แก่ (-)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG), (-)-epigallocatechin (EGC), (-)-epicatechin-3-gallate (ECG) และ (-)-epicatechin (EC) คาเทชินเหล่านี้มีอยู่ประมาณ 90% ของคาเทชินทั้งหมด กลุ่มของคาเทชินที่พบในปริมาณน้อยลงได้แก่ (+)-gallocatechin (GC), (+)-catechin (C) และคาเทชินอื่น ๆ เช่น (-)-gallocatechin gallate (GCG) และ (-)-catechin gallate (CG)

แสดงโครงสร้างของคาเทชินแต่ละชนิดในภาพที่ 2 ในบรรดาคาเทชินทั้งหมด EGCG เป็นคาเทชินที่พบมากที่สุด และเป็นตัวบ่งบอกคุณภาพของชาเขียว (Lakenbrink *et al*., 2000) คาเทชินมีสมบัติในการจับอนุมูลอิสระ มีรายงานความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ superoxide anions ($O_2^{\bullet -}$), singlet oxygen ($^1O_2$), และ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ความสามารถในการจับอนุมุลอิสระ (free radicals และ reactive oxygen species; ROS) ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 2 โครงสร้างของคาเทชินที่มีในชาเขียว

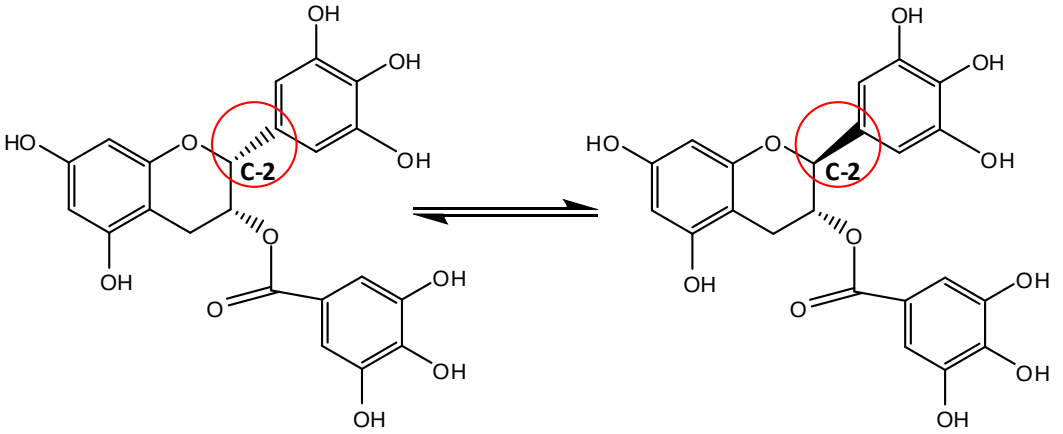
ตารางที่ 1 ลำดับความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ (free radicals และ reactive oxygen species; ROS)

Free radicals/ROS	ลำดับความสามารถ	แหล่งที่มา
Singlet oxygen	EC,C>EGC,GC>EGCG	Guo *et al*., 1999
	EGCG>ECG>EGC>EC>C	Mukai *et al*., 2005
Hydroxyl radical	ECG>EGCG>EC>GC>EGC>C	Wiseman *et al*., 1997
	ECG>EC>EGCG>EGC	Guo *et al*., 1996
Lipid peroxyl radical	ECG=EGCG=EC=C>EGC	Salah *et al*., 1995
$ABTS^{\bullet+}$ radical cation	ECG>EGCG>EGC>EC=C	Salah *et al*., 1995
	ECG>EGCG>EGC>EC	Higdon & Frei, 2003
$DPPH^{\bullet}$ radical	EGCG=ECG>EGC>EC	Nanjo *et al*., 1996

ในกระบวนการผลิตชาเขียวและเครื่องดื่มชาเขียวสิ่งสำคัญที่ควรตระหนักคือความคงตัวของคาเทชิน ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าผู้บริโภคจะได้รับประโยชน์จากคาเทชินในชาเขียวอย่างแท้จริง ปริมาณคาเทชินจะลดลงในระหว่างการแปรรูปเนื่องจากเกิดอีพิเมอร์ไรเซชัน (epimerization) และการสลายตัว (degradation) (Wang *et al*., 2008) ปัจจัยที่ส่งผลต่อความคงตัวของคาเทชินได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ ออกซิเจน ไอออนของโลหะหนัก ตลอดจนความเข้มข้นของส่วนผสมอื่น ๆ ที่เติมลงไป (Kumamoto, *et al*., 2001; Sang, *et al*., 2005)

การเกิดอีพิเมอร์ไรเซชันและการสลายตัวของคาเทชิน

คาเทชินมีการจัดเรียงสเตอริโอเคมี (stereochemistry) 2 ลักษณะคือ epi-form และ nonepi-form โดยคาเทชินที่มีโครงสร้างแบบ epi-form มีการจัดเรียงสเตอริโอเคมีที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 และ 3 ของวง C แบบ 2, 3-*cis* (2R, 3R) ได้แก่ EC, ECG, EGC และ EGCG ส่วนคาเทชินที่มีโครงสร้างแบบ nonepi-form มีการจัดเรียงสเตอริโอเคมีคอลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 และ 3 ของวง C แบบ 2, 3-*trans* (2S, 3R) ได้แก่ C, CG, GC และ GCG โดยปกติคาเทชินในชาเขียวส่วนใหญ่มีโครงสร้างเป็นแบบ epi-form เช่น EC, EGCG, ECG และ EGC (Wang *et al*., 2008) คาเทชินเหล่านี้สามารถเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นคู่ nonepi-form C, GCG, CG และ GC ตามลำดับ (ภาพที่ 3) การเปลี่ยนเป็นคู่ระหว่าง epi-form และ nonepi-form นี้เรียกว่าเกิดอีพิเมอร์ไรเซชัน ความร้อนในการแปรรูปชาและการแช่ชาทำให้คาเทชินในกลุ่ม epi-form เกิดอีพิเมอร์ไรเซชันเป็น nonepi-form (Seto *el al*., 1997; Wang & Helliwell, 2000) และเกิดการสลายตัวของหมู่ฟังก์ชันในโมเลกุล มีรายงานวิจัยว่าคาเทชินเกิดอีพิเมอร์ไรเซชันในระหว่างการผลิต การชง การแปรรูป และระหว่างการเก็บรักษาชา (Zhu *et al*., 1997; Chen *et al*., 2001)



ภาพที่ 3 การเกิดอีพิเมอร์ไรเซชัน (epimerization) ระหว่างคู่ของคาเทชิน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความคงตัวของคาเทชิน

1. **ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ**

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความคงตัวของคาเทชินในระหว่างการผลิตชาเขียวและเครื่องดื่มชาเขียว คือ ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ คาเทชินมีความคงตัวสูงเมื่ออยู่ในสภาวะพีเอชต่ำกว่า 4.0 และไม่คงตัวเมื่อพีเอชมากกว่า 6.0 พบว่าอุณหภูมิในการแปรรูปเร่งให้เกิดอีพิเมอร์ไรเซชันและการสลายตัวของคาเทชิน ซึ่งเห็นได้ชัดในกระบวนการที่ใช้ความร้อน (Komatsu *et al*., 1993; Chen *et al*., 2001; Kumamoto *et al*., 2001; Su *et al*., 2003; ธีรพงษ์ เทพกรณ์, 2550) จากรายงานการวิจัยพบว่าความร้อนทำให้คาเทชินเกิดอีพิเมอร์ไรเซชันที่ตำแหน่ง C-2 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจาก epi-form เป็น nonepi-form ส่งผลให้ EC, EGC, EGCG, ECG ลดลง และคาเทชินที่เป็นคู่อีพิเมอร์กันมีปริมาณสูงขึ้น (Chen *et al*., 2001) นอกจากนี้เวลาในการเก็บรักษาที่ยาวนานยังส่งผลสำคัญต่อการเกิดอีพิเมอร์ไรเซชันของคาเทชิน (Wang & Helliwell, 2000)

2. **ออกซิเจนและไอออนของโลหะหนัก**

ความเข้มข้นของออกซิเจนและไอออนของโลหะหนักส่งผลต่อความคงตัวของคาเทชิน อัตราการเกิดออกซิเดชันของคาเทชินจะเพิ่มสูงขึ้นในสภาวะที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนสูง พบว่าภายใต้สภาวะออกซิเจนต่ำที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พีเอช 7.4 EGCG มีความคงตัวสูง โดยพบว่ามีการสลายตัวเพียง 5% ภายในเวลา 6 ชั่วโมง (Sang *et al*., 2005) หากทิ้งให้อยู่ในสภาวะปกติจะมีการสลายถึง 90% ภายในเวลา 2 ชั่วโมง ไอออนของโลหะหนักสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับคาเทชินได้ พบว่า Cu^{2+} และ Mn^{2+} ทำให้ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น โดย Cu^{2+} และ Mn^{2+} ทำปฏิกิริยากับ gallate group ของ EGCG และ ECG ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ ในขณะที่ Fe^{2+} ทำให้ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระลดลง (Kumamoto *et al*., 2001)

ความคงตัวของคาเทชินระหว่างการผลิตชาเขียว

กระบวนการผลิตชาเขียวเริ่มจากการเก็บยอดใบชาสด อบใบชาสดด้วยไอน้ำ (steaming) หรือคั่วบนกระทะร้อน (pan-roasting) ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของคาเทชิน จึงไม่เกิดการหมัก จากนั้นนำไปนวด (rolling) ให้เป็นเส้น และนำไปอบแห้ง (drying) ตามด้วยการคัดเกรด (sorting) และบรรจุ (packaging) ชาเขียวมีคาเทชินประมาณ 75% ของปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมด ในขั้นตอนการผลิตทั้งหมดนี้คาเทชินจะค่อนข้างมีความคงตัว โดยมีการสลายตัวไปประมาณ 14.3% ของคาเทชินเริ่มต้นในใบชาสด (Friedman *et al*., 2006) มีรายงานว่าชาเขียวมีคาเทชิน 21.34-24.20% โดยน้ำหนักแห้ง (Astill *et al*., 2001) โดยพบ EGCG ในปริมาณมากที่สุด (0.7-7.4%) ตามด้วย ECG (1-4.1%), EGC (0-3.6%), EC (0.01-1.0%) และ C (0-0.6) ตามลำดับ (Friedman *et al*., 2006) อย่างไรตามปริมาณคาเทชินมีความแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ชา พื้นที่ปลูก และการผลิตชา งานวิจัยโดยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาชนิดและปริมาณคาเทชินของชาเขียวที่ผลิตจากชาสายพันธุ์จีน (Chinese tea) จากรายงานการวิจัยที่ศึกษาชนิดและปริมาณของคาเทชินในชาเขียวที่ผลิตจากชาสายพันธุ์จีนและอัสสัม (ธีรพงษ์ เทพกรณ์, 2550) พบว่าชาสายพันธุ์จีนและสายพันธุ์อัสสัมมีชนิดและปริมาณคาเทชินในใบชาสดเริ่มต้นที่แตกต่างกัน โดยชาสายพันธุ์จีน (อู่หลงเบอร์ 12 และ 17) มีคาเทชินชนิด EGCG มากที่สุดคิดเป็น 32% ของคาเทชินทั้งหมด ตามด้วย EGC (19%), C (13%), ECG (12%), EC (12%), GC (8%), GCG (4%) และไม่พบ CG ในขณะที่ชาสายพันธุ์อัสสัมมีคาเทชินชนิด ECG มากที่สุด (39%) ของคาเทชินทั้งหมด รองลงมาคือ EC (20%), C (13%), EGCG (12%), EGC (10%), GC (5%), GCG (1%) และไม่พบ CG ชนิดและปริมาณคาเทชินในใบชาสดเริ่มต้นทำให้ชาเขียวของไทยมีคาเทชินแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ โดยชาเขียวที่ผลิตจากชาสายพันธุ์จีนพบ EGCG มากที่สุด รองลงมาคือ EGC และพบ ECG, C และ EC ในปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนชาเขียวที่ผลิตจากชาสายพันธุ์อัสสัม พบ ECG มากที่สุด รองลงมาคือ EC และพบ EGC, EGCG และ C ในระดับใกล้เคียงกัน จากงานวิจัยนี้ทำให้พบว่าสายพันธุ์ชาส่งผลต่อชนิดและปริมาณคาเทชินในชาเขียวของไทย และพบว่าคาเทชินค่อนข้างมีความคงตัวระหว่างกระบวนการผลิตชาเขียวของไทย (ธีรพงษ์ เทพกรณ์, 2550)

ความคงตัวของคาเทชินระหว่างการแปรรูปเครื่องดื่มชาเขียว

ปัจจุบันเครื่องดื่มชาที่ผลิตในรูปชาพร้อมดื่ม (ready-to-drink tea) ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพและความสะดวกสบายในการบริโภค ทำให้มูลค่าตลาดชาพร้อมดื่มของไทยในปี พ.ศ. 2553, 2554 และ 2555 มีมูลค่ามากถึง 8,000 9,100 และ 11,000 ล้านบาท ตามลำดับ ในบรรดาชาพร้อมดื่มทั้งหมด ชาเขียวพร้อมดื่มมีส่วนแบ่งการตลาดมากที่สุด (62%) (นิตยสาร Maketeer, 2553; ฐานเศรษฐกิจ, 2555) โดยทั่วไปชาเขียวพร้อมดื่มตามท้องตลาดบรรจุขวด PET (polyethylene terephthalate) กล่อง ขวดแก้ว และกระป๋อง กระบวนการแปรรูปชาเขียวพร้อมดื่มเริ่มจากการแช่ชาด้วยน้ำร้อนเพื่อสกัดชา การกรอง การฆ่าเชื้อ และการบรรจุ ในกระบวนการผลิตชาเขียวพร้อมดื่ม กระบวนการที่ใช้ความร้อนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคงความคงตัวของคาเทชินในชาเขียวมากกว่ากระบวนการอื่นๆ (Bazinet *et al*., 2010)

1. *ผลของการแช่ชา และสกัดชา*

การศึกษาความคงตัวของคาเทชินในการแช่ชาพบว่าความร้อนทำให้คาเทชินเปลี่ยนจาก epi-form เป็น nonepi-form (Wang & Helliwell, 2000) ชนิดและพีเอชของน้ำที่ใช้ในการแช่ชามีผลต่อการเกิดอีพิเมอร์ไรเซชัน โดยน้ำที่มี

ไอออน และมีสภาพเป็นกลางทำให้คาเทชินเกิดอีพิเมอร์ไรเซชันได้อย่างรวดเร็วตามด้วยการสลายตัวของคาเทชิน ค่าพีเอชและปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการสลายตัวของคาเทชินยิ่งเพิ่มสูงขึ้น (Zimeri & Tong, 1999) การเกิดอีพิเมอร์ไรเซชันและการสลายตัวเป็นไปตาม pseudo-first order reaction (Wang *et al*., 2006) เมื่ออุณหภูมิในการแช่ชาต่ำกว่า 44 องศาเซลเซียส พบว่าเกิดปฏิริยาการสลายตัวมากกว่าอีพิเมอร์ไรเซชัน ในขณะที่อุณหภูมิระหว่าง 44-98 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดอีพิเมอร์ไรเซชันจาก nonepi-form สู่ epi-form อย่างรวดเร็ว ตามด้วยการสลายตัวของคาเทชิน และจากนั้นจะเกิดอีพิเมอร์ไรเซชันจาก epi-form สู่ nonepi-form ตามลำดับ (Wang *et al*., 2008) เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 98 องศาเซลเซียส จะเกิดอีพิเมอร์ไรเซชันจาก epi-form สู่ nonepi-form อย่างรวดเร็วและมีผลต่อความคงตัวของคาเทชินมากกว่าปฏิกิริยาอื่นๆ นอกจากนี้มีรายงานว่าเวลาและอุณหภูมิในการแช่ชาเขียวส่งผลต่อปริมาณคาเทชิน โดยพบว่าการแช่ชาเขียวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที ทำให้ปริมาณคาเทชินมากกว่าการแช่ชาที่ 70 องศาเซลเซียส 3 นาทีถึง 3 เท่าตัว การปรับพีเอชที่ 3.00 ช่วยเพิ่มปริมาณ EGCG 20% ดังนั้นในการแช่ชาเขียวให้ได้คาเทชินสูง ควรใช้อุณหภูมิน้ำเดือด เพิ่มเวลาการแช่ชา และปรับความค่าพีเอชให้ต่ำลง (Zimmermann, & Gleichenhagen, 2011)

2. *ผลของกระบวนการผลิตชาเขียวพร้อมดื่ม*

ในสายการผลิตชาเขียวพร้อมดื่ม กระบวนการที่ใช้ความร้อนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความคงตัวของคาเทชินมากกว่ากระบวนการอื่นๆ (Bazinet *et al*., 2010) มีรายงานว่าคาเทชินในชาเขียวพร้อมดื่มบรรจุขวดและกระป๋องมีปริมาณ 3-60 มิลลิกรัมต่อ 250 มิลลิลิตร ในขณะที่ชาเขียวชงดื่มขณะร้อนโดยปกติมีปริมาณคาเทชิน 400-500 มิลลิกรัมต่อ 250 มิลลิลิตร (Chen *et al*., 2001) ในขั้นตอนสเตอริไลซ์ (sterilization) ภายใต้สภาวะพีเอชต่ำกว่า 5.5 ความร้อนทำให้เกิดอีพิเมอร์ไรเซชัน ที่พีเอชมากกว่า 6.0 จะเกิดอีพิเมอร์ไรเซชันและออกซิเดชัน (Komatsu *et al*., 1993) การนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ทำให้คาเทชินลดลง 24% การลดลงนี้ขึ้นกับพีเอชของชาเขียวพร้อมดื่ม หากชาเขียวพร้อมดื่มมีพีเอช 3-4 คาเทชินจะคงตัวอยู่ได้ เมื่อชาพร้อมดื่มมีพีเอช 6.0 คาเทชินจะสลายตัวเหลือเพียง 20% พบว่าที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส สามารถรักษาความคงตัวของคาเทชินในขั้นตอนการสกัดชาและพาสเจอไรเซชัน (pasteurization) ไว้ได้ การพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ทำให้ EGCG และ EGC ลดลงเพียง 2% และ 0.85% ตามลำดับ ในขณะที่การพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ทำให้สารดังกล่าวลดลงถึง 40.22% และ 16.67% ตามลำดับ (Kim *et al*., 2007) ดังนั้นสิ่งสำคัญในการรักษาคุณภาพและความคงตัวของคาเทชินในการผลิตชาเขียวพร้อมดื่มคือ การควบคุมอุณหภูมิในการให้ความร้อน เพราะความร้อนทำให้เกิดอีพิเมอร์ไรเซชัน อีกทั้งทำให้เกิดออกซิเดชันของคาเทชิน ทำให้คาเทชินสลายตัว ส่งผลให้น้ำชามีสีเข้มขึ้น

3. *ผลของส่วนผสมในชาเขียวพร้อมดื่ม*

ปัจจุบันชาเขียวพร้อมดื่มในท้องตลาดมีการเติมส่วนผสมต่างๆ เพื่อให้มีรสชาติเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น ส่วนผสมต่างๆ ที่เติมลงในการผลิตชาเขียวพร้อมดื่มได้แก่ น้ำตาลซูโครส กรดซิตริก และวิตามินซี เป็นต้น ส่วนผสมเหล่านี้อาจช่วยชะลอหรือเร่งการสลายตัวของคาเทชินได้ (Chen *et al*., 2001; Su *et al*., 2003) การเติมน้ำตาลซูโครส 0.15 กรัมต่อมิลลิลิตร พีเอช 4.0 ทำให้คาเทชินสลายตัวได้เท่ากับการสลายตัวในน้ำกลั่น (Chen *et al*., 2001) การเติมวิตามินซีในน้ำชาเขียวช่วยป้องกันออกซิเดชันของคาเทชินได้ในเวลา 1 เดือน อย่างไรก็ตามหลังจากนั้นวิตามินซีมีส่วนเร่งการสลายตัวของคาเทชินเนื่องจากเกิดออกซิเดชันของวิตามินซีเอง การเติมวิตามินซีเพื่อลดพีเอชของน้ำที่ใช้สกัดชาไม่ได้

ช่วยยับยั้งการสลายตัวของคาเทชิน และการเติมวิตามินซีที่พีเอช 4.8 และ 6.9 ไม่ได้ช่วยเพิ่มปริมาณคาเทชินในขั้นตอนสกัดชา ในขณะที่การเติมกรดซิตริกที่พีเอช 3.0 ทำให้สกัด EGCG และ EGC ได้มากขึ้น (Zimmermann & Gleichenhagen, 2011)

บทสรุป

ปฏิกิริยาอีพิเมอร์ไรเซชันและการสลายตัวเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้คาเทชินไม่มีความคงตัวในกระบวนการผลิตชาเขียวและชาเขียวพร้อมดื่ม ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความคงตัวของคาเทชินได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ ออกซิเจน ไอออนของโลหะหนัก ตลอดจนส่วนผสมอื่น ๆ ในกระบวนการผลิตชาเขียว คาเทชินจะค่อนข้างมีความคงตัว ชนิดและปริมาณคาเทชินมีความแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ชา พื้นที่ปลูก และการผลิตชา โดยปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อชนิดและปริมาณคาเทชินคือชนิดและปริมาณคาเทชินในใบชาสดเริ่มต้น ในการผลิตชาเขียวพร้อมดื่ม การลดค่าพีเอช (น้อยกว่า 4.0) และการควบอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไปในการผลิต (ไม่เกิน 85 องศาเซลเซียส) ช่วยทำให้คาเทชินมีความคงตัวเนื่องจากช่วยลดการเกิดการสลายตัวโดยความร้อน และการเกิดอีพิเมอร์ไรเซชัน การหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับออกซิเจนช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของคาเทชิน ไอออนของโลหะหนักบางชนิด (Cu^{2+}และ Mn^{2+}) ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ การเติมน้ำตาลซูโครส กรดซิตริก และวิตามินซีในชาเขียวพร้อมดื่มอาจช่วยเพิ่มหรือทำให้ความคงตัวของคาเทชินลดลงได้ตามระดับความเข้มข้นและสภาวะอื่น ๆ ที่ใช้ในการผลิต

เอกสารอ้างอิง

ธีรพงษ์ เทพกรณ์ (2550) *การศึกษาการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (โพลิฟีนอล) ในระหว่างกระบวนการผลิตชาเขียวและชาอู่หลงของจังหวัดเชียงราย* รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง 50 หน้า

นิตยสาร Maketeer (2553) ฉบับที่ 126 สิงหาคม พ.ศ. 2553

หนังสือพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ (2555) ฉบับที่ 2, 704, วันที่ 12-14 มกราคม พ.ศ. 2555

Antonello, M., Montemurro, D., Bolognesi, M., Di Pascoli, M., Piva, A., Grego, F., Sticchi, D., Giuliani, L., Garbisa, S., & Rossi, G. P. (2007). Prevention of hypertension, cardiovascular damage and endothelial dysfunction with green tea extracts. *American Journal of Hypertension, 20,* 1321-1328.

Astill, C., Birch, M. R., Dacombe, C., Humphrey, P. G., & Martin, P. T. (2001). Factors affecting the caffeine and polyphenol contents of black and green tea infusions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49,* 5340-5347.

Bazinet, L., Farias, M. A., Doyen, A., Trudel, D., & Têtu (2010). Effect of process unit operations and long-term storage on catechin contents in EGCG-enriched tea drink. *Food Research International, 43,* 1692-1701.

Chen, Z. Y., Zhu, Q. Y., Tsang, D., & Huang, Y. (2001). Degradation of green tea catechins in tea drinks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49,* 477-482.

Deka, A., & Vita, J. A. (2011). Tea and cardiovascular diseases. *Pharmacological Research, 64,* 136-145.

FAO (2008). Internationally coordinated action for the promotion of tea consumption. Committee on Commodity Problems—*Intergovernmental Group on Tea*, 18th Session. Hangzhou, China, 14–16 May 2008.

Friedman, M., Levin, C. E., Choi, S. H., Kozukue, E., & Kozukue, N. (2006). HPLC analysis of catechins, theaflavins, and alkaloids in commercial teas and green tea dietary supplements: Comparison of water and 80% ethanol/water extracts. *Journal of Food Science, 71,* C328-C337.

Friedman, M., Levin, C. E., Choi, S. H., Lee, S. U., & Kozukue, N. (2009). Changes in the composition of raw tea leaves from the Korean Yabukida plant during high temperature processing to pan-fried Kamairi-Cha green tea. *Journal of Food Science*, *74,* C406-C412.

Guo, Q., Zha, B., Li, M., Shen, S., & Xin, M. (1996). Studies on protective mechanisms of flour components of green tea polyphenols against lipid peroxidation in synaptsomes. *Biochimica et Biophysica Acta, 1304*, 210-222.

Guo, Q., Zhao, B., Shen, S., Hou, J., Hu, J., & Xin, W. (1999). ESR study on the structure antioxidant activity relationship of tea catechins and their epimers. *Biochimica et Biophysica Acta, 1427*, 13-23.

Haslam, E. (2003). Thoughts on thearubigins. *Phytochemistry, 64*, 61-73.

Higdon, J. V., & Frei, B. (2003). Tea catechin and polyphenols: Health effects, metabolism and antioxidant functions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 43,* 89-143.

Kim, E. S., Liang, Y. R., Jin, J., Sun, Q. F., Lu, J. L., Du, Y. Y., & Lin, C. (2007). Impact of heating on chemical compositions of green tea liquor. *Food Chemistry, 103,* 1263-1267.

Komatsu, Y., Suematsu, S., Hisanobu, Y., Saigo, H., Matsuda, R. & Hara, K. (1993). Studies on preservation of constituents in canned drinks. Part II. Effects of pH and temperature on reaction kinetics of catechins in green tea infusion. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 57,* 907-910.

Kumamoto, M., Sonda, T., Nagayama, K., & Tabata, M. (2001). Effects of pH and metal ions on antioxidative activities of catechins. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 65,* 126-132.

Lakenbrink, C., Lapczynski, S., Maiwald, B., & Engelhardt, U. H. (2000). Flavonoids and other polyphenols in consumers brews of tea and other caffeinated beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48,* 2848-2852.

Mukai, K., Nagai, S., & Ohara, K. (2005). Kinetic study of the quenching reaction of singlet oxygen by tea catechins in ethanol solution. *Free Radical Biology & Medicine, 39,* 752-761.

Nanjo, F., Goto, K., Seto, R., Suzuki, E., Sakai, M., & Hara, Y. (1996). Scavenging effects of tea catechins and their derivatives on 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Free Radical Biology & Medicine, 21,* 895-902.

Rains, T. M., Agarwal, S. & Maki, K. C. (2011). Antiobesity effects of green tea catechins: a mechanistic review. *Journal of Nutritional Biochemistry, 22,* 1–7

Salah, N., Miller, N. J., Paganga, G., Tijburg, L., Bolwell, G. P., & Riceevans, C. (1995). Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain breaking antioxidants. *Archives of Biochemistry and Biophysics, 322,* 339-346.

Sang, S., Lee, M. -J., Hou, Z., Ho, C. -T., & Yang, C. S. (2005). Stability of tea polyphenol (-)-epigallocatechin-3-gallate and formation of dimmers and epimers under common experimental conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53,* 9478-9484.

Seto, R., Nakamura, H., Nanjo, F. & Hara, Y. (1997) Preparation of epimers of tea catechins by heat treatment, *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 61,* 1434-1439.

Su, Y. L., Leung, L. K., Huang, Y., & Chen, Z. Y. (2003). Stability of tea theaflavins and catechins. *Food Chemistry, 83,* 189-195.

Toschi, T. G., Bordoni, A., Hrelia, S., Bendini, A., Lercker, G., & Biagi, P. L. (2000). The protective role of different green tea extracts after oxidative damage is related to their catechin composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48,* 3973-3978.

Wang, H., & Helliwell, K. (2000). Epimerization of catechins in green tea infusions. *Food Chemistry, 70,* 337-344.

Wang, R., Zhou, W., & Jiang, X. (2008). Reaction kinetics of degradation and epimerization of pigallocatechin gallate (EGCG) in aqueous system over a wide temperature range. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56,* 2694-2701.

Wang, R., Zhou, W., & Wen, R. A. H. (2006). Kinetic study of the thermal stability of tea catechins in aqueous systems using a microwave reactor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54,* 5924-5932.

Wiseman, S. A., Balentine, D. A., & Frei, B. (1997). Antioxidant in tea. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 37,* 705-718.

Yuan, J. M., Sun, C., & Butler, L. M. (2011). Tea and cancer prevention: Epidemiological studies. *Pharmacological Research, 64,* 123-135.

Zhu, Q. Y., Zhang, A., Tsang, D., Huang, Y., & Chen, Z. Y. (1997). Stability of green tea catechins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45,* 4624-4628.

Zimeri, J., & Tong, C. H. (1999). Degradation kinetics of (-)-epigallocatechin gallate as a function of pH and dissolved oxygen in a liquid model system. *Journal of Food Science, 64,* 753-758.

Zimmermann, B. F., & Gleichenhagen, M. (2011). The effect of ascorbic acid, citric acid and low pH on the extraction of green tea: How to get most out of it. *Food Chemistry, 124, 1543*-1548.