บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับชา

สัณฑ์ (2535) กล่าวถึงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของชาไว้ว่า ชาเป็นพืชยืนต้น ใบเลี้ยงคู่ อยู่ใน Order Guttiferales วงศ์ Theaceae หรือ Ternstoremiaaceae พืชวงศ์นี้มีประมาณ 20 สกุล ประกอบด้วยพืชชนิดต่าง ๆ ถึง 200 ชนิด ลักษณะเป็นใบเขียว ใบเรียงตัวสลับกัน 1 ข้อ มีใบ 1 ใบ แผ่นใบหนา มีสีเขียวสด เส้นใบเป็นแบบ Pinntely-nerved ไม่มีหูใบ ดอกออกเป็นดอกเดี่ยว ตำแหน่งของดอกเกิดบริเวณซอกใบเป็นดอกสมบูรณ์เพศ พืชในวงศ์นี้ มีสกุล (genus) ที่สำคัญคือ พืชในสกุล Camellia เป็นพืชไม่ผลัดใบ มีลักษณะต้นเป็นไม้พุ่มและเป็นต้น และพืชในสกุล Camellia มีอยู่ 12 หมวด 45 ชนิด กระจายอยู่ในเขตร้อนและเขตอบอุ่นของทวีปเอเชีย ชาชนิดที่ปลูกเป็นการค้ามีชื่อสามัญว่า tea ชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze

ชาแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มพันธุ์ คือ (สัณฑ์, 2535)

1. ชาจีน (Chinese tea) ชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Camellia sinensis* Var. sinensis เป็นกลุ่มพันธุ์ชากลุ่มแรกที่พบ และมีการใช้ประโยชน์มานานในแถบตะวันตกของมณฑลยูนาน ประเทศจีน เป็นชาที่มีขนาดต้นและใบเล็ก ขอบใบเป็นลักษณะเหมือนฟันเลื่อย ใบจะมีสีเขียว ทนทานต่อความหนาวเย็น เจริญเติบโตในเขตที่มีความชื้นสูงตลอดปี ปลูกมากในไต้หวัน

2. ชาอัสสัม (Assamese tea) ชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Camellia sinensis* Var. assamica (Mast.) เป็นกลุ่มพันธุ์ที่มีการกระจายตัวลงมาในเขตที่อบอุ่นกว่ากลุ่มแรก พบอยู่ในรัฐอัสสัมของอินเดีย ในประเทศเมียนมาร์ ประเทศไทย และประเทศในคาบสมุทรอินโดจีน รวมทั้งทางตอนใต้ของจีน เป็นชาที่เติบโตเร็ว ขอบใบเป็นฟันเลื่อยหยาบๆ ปรับตัวเข้ากับอากาศได้ดี

3. ชาเขมร (Cambodia tea) ชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Camellia sinensis* Var. indo-china เป็นกลุ่มที่มีการกระจายตัวในเขตที่อบอุ่นกว่าชาในกลุ่มชาจีน ส่วนมากมีการเจริญเติบโตและกระจายตัวในบริเวณเดียวกับชาในกลุ่มพันธุ์ชาอัสสัม แต่จะมีการกระจายตัวได้ดีในเขตคาบสมุทรอินโดจีน เช่น กัมพูชาและเวียดนาม ส่วนใหญ่ชาในกลุ่มนี้ไม่นิยมนำยอดมาแปรรูปเป็นชาชนิดต่าง ๆ แต่นิยมปลูกเพื่อใช้เป็นคู่ผสมสำหรับชาในกลุ่มพันธุ์ชาจีนและกลุ่มพันธุ์ชาอัสสัม เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์เท่านั้น ใบมีสีแดง ลำต้นเดี่ยว มีความสูงประมาณ 16 ฟุต ใบเป็นฟันเลื่อยเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในประเทศไทย มีแหล่งปลูกชาที่สำคัญคือ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง แพร่ น่าน แม่ฮ่องสอน และพะเยา จังหวัดที่มีการปลูกมากที่สุดคือจังหวัดเชียงราย แหล่งปลูกชาอยู่ที่อำเภอแม่ฟ้าหลวง รองลงมาคือ อำเภอแม่สรวย และอำเภอเวียงป่าเป้า ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 ข้อมูลการผลิตชา จังหวัดเชียงราย ปี 2550

ลำดับที่	อำเภอ	พื้นที่ให้ผล (ไร่)	พื้นที่ปลูกรวม (ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ย (ก.ก./ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)
1	เมืองเชียงราย	1,559	1,559	100	156
2	เชียงของ	259	259	225	58
3	เชียงแสน	290	440	300	87
4	แม่จัน	430	530	200	86
5	แม่สรวย	20,112	21,312	400	8,044
6	พาน	36	36	500	18
7	เวียงป่าเป้า	12,330	13,816	465	5,733
8	พญาเม็งราย	25	25	68	2
9	แม่ฟ้าหลวง	20,139	22,435	300	6,042
10	กิ่งดอยหลวง	192	192	200	38
	รวม	**55,372**	**60,604**	**366**	**20,264**

ที่มา: สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย (2550)

2.2 กระบวนการผลิตชา

ชา อาจแบ่งประเภทได้ดังนี้ (พรรณนีย์, 2547)

2.2.1 ชาเขียวหรือชาไม่หมัก เป็นชาที่ไม่มีขั้นตอนการหมักใบชาสดระหว่างกระบวนการผลิต การยับยั้งเอนไซม์ในใบชาสดทำโดยการคั่วด้วยกระทะร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 300-350 องศาเซลเซียส หรือนึ่งชาด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเกิด enzymatic oxidation ของ catechins แล้วนำไปนวดอบไอร้อนเพื่อลดปริมาณความชื้นในใบลง ต่อจากนั้นนำมานวดในอุณหภูมิห้องปกติเพื่อทำให้เซลล์แตก และ/หรือนวดด้วยความร้อนอีกครั้งเพื่อทำให้ใบชาม้วนตัวสวยงาม แล้วนำไปอบแห้งให้ความชื้นในใบชาลดเหลือ 4 เปอร์เซ็นต์ ชาเขียวอบไอน้ำส่วนใหญ่มีการผลิตในประเทศญี่ปุ่น ส่วนชาเขียวคั่วส่วนใหญ่จะผลิตในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน สีของน้ำชาประเภทนี้จะมีสีเขียวถึงเขียวอมเหลืองเนื่องจากยังมีคลอโรฟิลล์อยู่

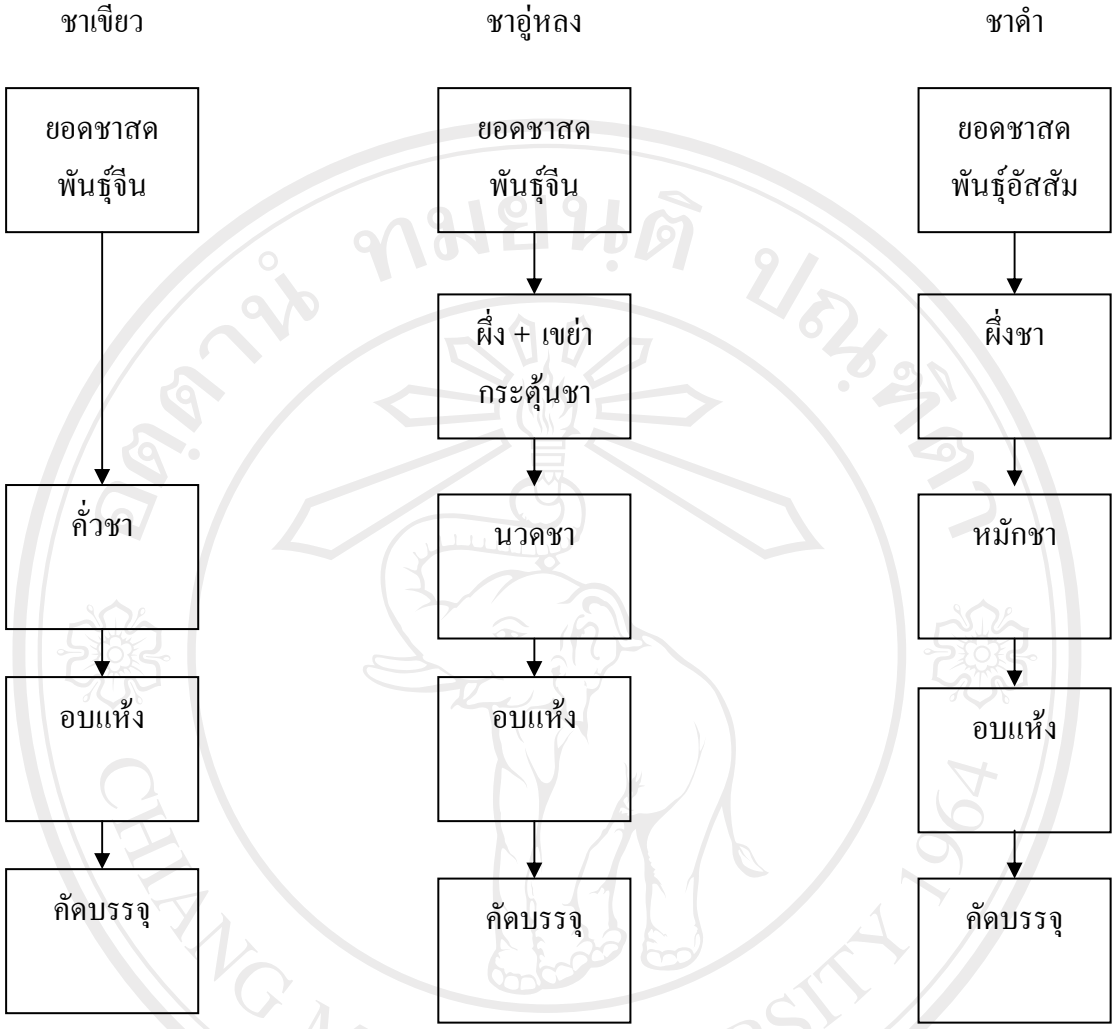
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Gulati (2003) ได้ประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในกระบวนการผลิตชาเขียว ในการยับยั้งเอนไซม์ polyphenol oxidase และการอบแห้ง พบว่า การให้ความร้อนจากไมโครเวฟ (1.35 กิโลวัตต์) ในการยับยั้งเอนไซม์ เป็นเวลา 2-6 นาที และการทำแห้งโดยใช้ไมโครเวฟ จะยังคงมีสาร polyphenol และ catechin หลงเหลือในน้ำชามากกว่า การอบแห้งโดยการตากแดดและการอบด้วยตู้อบ 100 องศาเซลเซียส อาจเกิดจากการป้องกันการก่อพันธะของ polyphenol และ catechin ในใบชาได้ นอกจากนี้พบว่าหากชงชาที่ 80 องศาเซลเซียส ชาจะมีลักษณะใส รสหวาน และมีรส umami ถ้าชงที่ 100 องศาเซลเซียส น้ำชาจะมีสีเข้มกว่าและขมกว่า ทั้งนี้ขึ้นกับการดื่มชาของแต่ละชาติด้วย เพราะวิธีการชงชาของญี่ปุ่นจะเตรียมจากน้ำ 80 องศาเซลเซียส ส่วนการชงชาจีนจะชงที่น้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส แต่กลิ่นของชาที่ได้จากการยับยั้งเอนไซม์โดยไมโครเวฟจะมีกลิ่นอ่อน ไม่มีกลิ่นเหมือนชาที่ได้จากการคั่ว

2.2.2 ชาอู่หลง หรือ ชากึ่งหมัก เป็นชาที่มีการหมักชาสดในระหว่างกระบวนการผลิตเพียงบางส่วน โดยนำยอดชามาผึ่งแดด 20-40 นาที ทำให้อุณหภูมิในยอดชาสูงขึ้น เกิดกลิ่นหอม แล้วนำเข้าไปผึ่งในร่มอีกครั้ง พร้อมเขย่ากระตุ้นยอดชาให้ตื่นตัวเร่งการหมัก ความแก่อ่อนของการหมักขึ้นกับระยะเวลาการผึ่งและเขย่ากระตุ้น ทั่วไปหมักที่ 10-80 เปอร์เซ็นต์ ชาแบ่งเป็น 3 ชนิด ตามปริมาณการหมักได้แก่ ชนิดหมักอ่อน (ผ่านการหมัก 10-15 เปอร์เซ็นต์) ได้แก่ ชาเปาจ้งหรือชาชินชา (pouching, chinca) ชาขาว (white tea) ชนิดหมักปานกลาง (ผ่านการหมักประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์) ได้แก่ ชาตุงติง (tong-ting) เตไกวิน (tekuanwin) สุ้ยเซียน (sueishen) และชนิดหมักเข้ม (ผ่านการหมักไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์) ได้แก่ ชาแมนดารินอู่หลง (mandarin oolong) เพนฝั้น (penfun) ชาอู่หลงที่ผ่านการหมักไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ จะถือว่ามีสารสำคัญที่เป็นประโยชน์เทียบเคียงชาเขียว ชาประเภทนี้รสชาติน้ำชาเข้มขึ้นและมีกลิ่นหอม น้ำชามีสีเหลืองอมเขียว น้ำตาลอมเขียว น้ำตาลอมเหลือง น้ำตาลส้ม ขึ้นอยู่กับวิธีการผลิต

2.2.3 ชาดำ หรือชาแดง หรือชาหมัก ชาหมักหรือชาดำ เป็นชาที่เกิดกระบวนการหมักอย่างเต็มที่ (full fermented tea) โดยปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) ของโพลีฟีนอล (polyphenol) โดยเอนไซม์ polyphenol oxidase เกิดเป็นสารอนุพันธ์ quinine เช่น theaflavins และ thearubigens ซึ่งแสดงลักษณะรสชาติ กลิ่น และสีที่เฉพาะของชาดำ ชาชนิดนี้จะให้สีและรสชาติชาเข้มข้นที่สุด น้ำชาเป็นสีส้มหรือน้ำตาลแดง ชาทั้งสามชนิดมีกระบวนการผลิตแตกต่างกันดังรูป 2.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.1 กระบวนการผลิตชา
ที่มา: สัณฑ์ (2535)

2.3 ขั้นตอนการผลิตชา

ในขั้นตอนการผลิตชา มีขั้นตอนที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ในการวิจัยครั้งนี้สนใจกระบวนการผลิตชาอู่หลง ซึ่งมีกระบวนการผลิตดังนี้ (Xu and Chen, 2002)

2.3.1 การเก็บยอดชา (plucking)

ยอดชาที่เป็นวัตถุดิบที่ดีต้องประกอบด้วย 2ใบ ต่อ 1 ยอด การเก็บเกี่ยวควรเก็บเกี่ยวด้วยมือจะทำให้ได้ยอดชาคุณภาพดี การเก็บเกี่ยวยอดชานี้จะมีผลโดยตรงต่อคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ชา หลังจากเก็บยอดชาแล้วควรลำเลียงส่งโรงงานโดยเร็ว ไม่ควรเก็บอัดแน่นในภาชนะบรรจุ เพราะจะทำให้ช้ำเกิดการหมักขึ้นได้ เนื่องจากความร้อนจากการหายใจของใบชา ดังสมการ 2.1 นอกจากนี้ ยังส่งผลให้สารแทนนินในยอดชาเข้มข้นขึ้นด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 674 \text{ calories} \quad \ldots. (2.1)$$

(กลูโคส) (ออกซิเจน) (คาร์บอนไดออกไซด์) (น้ำ) (ความร้อน)

2.3.2 การผึ่งใบชา (withering)

หลังจากที่เก็บเกี่ยวชาแล้วจะนำมาผึ่งโดยใช้แสงธรรมชาติ การผึ่งที่ได้คุณภาพนั้นขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ณ ช่วงนั้น สำหรับชาอู่หลงนิยมนำไปผึ่งแดดก่อนนำมาผึ่งในร่ม โดยนำใบชาไปกระจายใส่ในกระด้งไม้ไผ่ และนำไปตากแดดไว้ประมาณ 30-60 นาที เพื่อให้ความร้อนจากแสงแดดช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ในใบชา ทำเช่นนี้ประมาณ 2-3 ครั้ง เมื่อใบชาอ่อนนุ่มลงและมีความชื้นลดลงประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บในที่ร่ม ในระหว่างการผึ่งชาต้องทำการเขย่ากระตุ้นยอดชาเป็นระยะด้วย ในขั้นตอนนี้ใบชาจะให้กลิ่นที่หอมออกมาและมีปริมาณความชื้นที่พอเหมาะ (Xu and Chen, 2002)

วัตถุประสงค์ของการผึ่งชาเพื่อช่วยให้ปฏิกิริยาเคมีของสารต่าง ๆ ในชาเกิดได้ดี เนื่องจากเป็นการลดความชื้นในใบชา จะทำให้ได้ลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนการนวดชาเพราะใบชาที่ได้จะเหี่ยว อ่อนนุ่ม เหนียวและมีความยืดหยุ่น ทำให้ม้วนตัวได้ดี ใบชาไม่ฉีกขาดเป็นชิ้น และยังช่วยกระตุ้นให้เกิดการหมักอย่างอ่อน ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของสารต่าง ๆ ของใบชาขณะผึ่งชา เช่น สารประกอบฟีนอลิค กรดอะมิโน และคาร์โบไฮเดรตที่มีผลต่อรสชาติ กลิ่น และสีของน้ำชาโดยจะทำให้ลักษณะเหล่านี้มีเพิ่มมากขึ้น และยังเป็นการประหยัดพลังงานในขั้นตอนการอบแห้ง (สัณฑ์, 2535)

2.3.3 การหมุน (rotating)

การหมุนเป็นขั้นตอนที่พิเศษเฉพาะในการผลิตชาอู่หลง เป็นการทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างใบชาทำให้ใบช้ำ และเป็นการทำลายเซลล์ของใบชา ชาอู่หลงที่มีเกรดสูง ๆ นั้นทำการหมุนด้วยมือในกระบะไม้ไผ่ แต่ในปัจจุบันมีการนำเครื่องจักรเข้ามาใช้เพื่อเป็นการทุ่นเวลา โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้นนั้นอยู่ที่ 20-25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 75-85 เปอร์เซ็นต์ การที่ขอบใบถูกทำลายนั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการหมัก บริเวณขอบใบที่ถูกทำลายนั้นมีลักษณะเป็นสีแดง ส่วนบริเวณที่ไม่ผ่านการหมักนั้นจะเป็นสีเขียวดังเดิม ในกระบวนการหมักนี้ใช้ประมาณ 6-8 ชั่วโมง 5-6 ครั้ง (Xu and Chen, 2002)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.4 การคั่วชา (fixing)

ใบชาที่ผ่านการผึ่งและการกระตุ้นโดยการสางหรือเขย่า เพื่อเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีหรือการหมัก จนได้เปอร์เซ็นต์การหมักตามความต้องการ จะถูกนำมาคั่วในกระทะร้อนหรือใช้เครื่องคั่วชา (rotary panner) โดยใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 180-220 องศาเซลเซียส นาน 3-7 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาทางชีวเคมีของใบชาให้หยุดการหมัก ความร้อนจะไปทำลายเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ที่ใต้ชั้นผิวใบและชาที่ได้จะเหี่ยว อ่อนนุ่ม เหมาะสำหรับการม้วนชาในขั้นต่อไป (Xu and Chen, 2002)

2.3.5 การม้วน (rolling)

เป็นการม้วนใบชาโดยการบดอัดขยี้ใบชาโดยใช้ rolling mill จะกระทำก่อนที่อุณหภูมิลดต่ำลง จะทำประมาณ 2-3 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของชาอู่หลงด้วย เป็นการทำให้ใบชาฉีกขาด และเซลล์ใบแตก ทำให้สารประกอบต่างๆ ที่อยู่ภายในเซลล์และ vacuole ของเซลล์ ออกมาทำปฏิกิริยาเคมีต่อกัน และเคลือบส่วนต่างๆ ของใบ ทำให้ละลายน้ำร้อนได้ง่ายขณะชงชา นอกจากนี้การนวดชายังช่วยให้ใบชาม้วนตัวแน่นสวยงาม (Xu and Chen, 2002)

2.3.6 การอบแห้ง (drying)

การอบแห้งเป็นการใช้ความร้อนในการไล่น้ำที่เหลือออกจากใบชาจนแห้ง มีผลให้หยุดปฏิกิริยาเคมีขั้นสุดท้ายของสารประกอบต่างๆ ในใบชา ในขั้นแรกจะแผ่กระจายใบชาบางๆ บนตะกร้าไม้ไผ่หรือเครื่องอบแห้งแล้วใช้อุณหภูมิสูงระยะเวลาสั้น จากนั้นจึงอบอีกครั้งด้วยอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ใบชาแห้งควรมีความชื้นไม่เกิน 7 เปอร์เซ็นต์ (ภาคผนวก จ)

2.4 องค์ประกอบทางเคมีของชา

องค์ประกอบทางเคมีของใบชามีความสำคัญกับปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตชา และมีผลต่อคุณภาพด้านสี กลิ่น และรสของน้ำชา ใบชาประกอบด้วย สารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ ในปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ การดูแลรักษา สภาพแวดล้อมและอายุใบ องค์ประกอบทางเคมีของใบชาสดแสดงดังตาราง 2.2 องค์ประกอบเหล่านี้ส่งผลทางด้านกลิ่นรสของชา แต่ละองค์ประกอบมีรสชาติดังแสดงในตาราง 2.3 รายละเอียดขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญ มีดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของใบชาสด

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง	
	Tea Research Association (2003a)	Chen *et al*. (2002)
Total Polyphenols	25-30	
Flavanols		18-32
(-)Epigallocatechin gallate	8-12	9-14
(-)Epicatechin gallate	3-6	2-4
(-)Epigallo catechin	3-6	4-7
(-)Epicatechin	1-3	1-3
(+)Catechin	1-2	0.5-1
(+)Gallocatechin	3-4	1-2
Flavonols and flavonol glycosides	3-4	3-4
Leuco anthocyanins	2-3	
Polyphenolic acid and depsides	3-4	
Caffeine	3-4	3-4
Theobromine	0.2	
Theophylline	0.5	
Amino acids	4-5	2-4
Organic acids	0.5-0.6	0.5-2
Monosaccharides	4-5	
Polysaccharides	14-22	
Cellulose and Hemicellulose	4-7	6-8
Pectins	5-6	
Lignin	5-6	4-6
Protein	14-17	
Lipids	3-5	2-4
Chlorophylls and other pigments	0.5-0.6	0.5-0.8
Ash (minerals)	5-6	2-4
Volatiles	0.01-0.02	0.01-0.02

ที่มา: Tea Research Association (2003a)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.3 สารประกอบกลิ่นรสในชา

สารประกอบ	รสชาติ
Polyphenol	ฝาด
Amino acids	เหมือนน้ำซุป
Caffeine	ขม
Theaflavins	ฝาด
Thearubigin	ฝาดเล็กน้อย

ที่มา: Tea Research Association (2003a)

2.4.1 โพลีฟีนอล (Polyphenol)

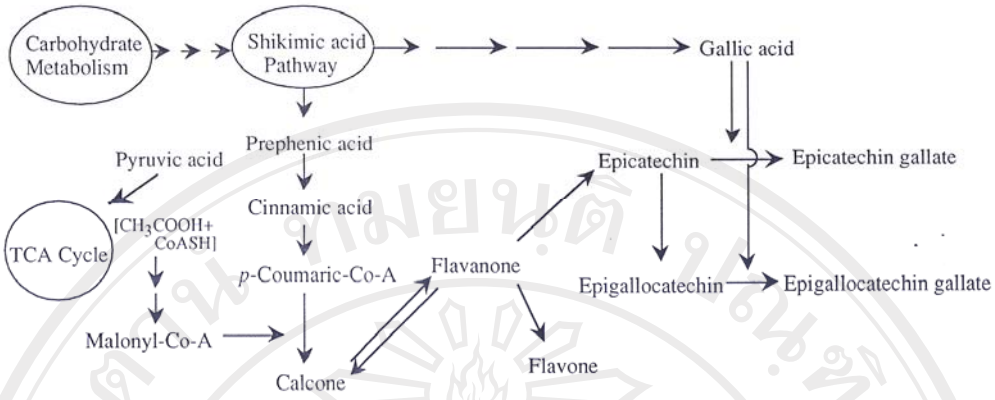
โฟลีฟีนอลเป็น phytochemical ที่สังเคราะห์โดยพืช ประกอบด้วย bioflavonoids เช่น anthocyanins, coumestanes, flavonoids, isoflavonoids, stilbenes และ oligometric polyphenols เช่น proanthocyanidins

สารกลุ่ม flavonoids ได้แก่ flavone, flavanone, flavan, flavonol และ favanol ในชามีสารกลุ่ม flavanol คือ catechins ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลัก

การสังเคราะห์ catechins เริ่มตั้งแต่การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต โดย acetic-malonic acid pathway และจาก shikimic-cinnamic acid pathway จะเห็นว่า catechins สังเคราะห์มาจาก flavanone และ epigallocatechin เกิดจากปฏิกิริยา hydroxylation ของ epicatechin ส่วน epicatechin gallate และ epigallocatechin gallate (EGCG) เกิดจากปฏิกริยา esterification ของ catechins โดยมีสาร intermediate คือ gallic acid ดังรูป 2.2 (Hara, 2001)

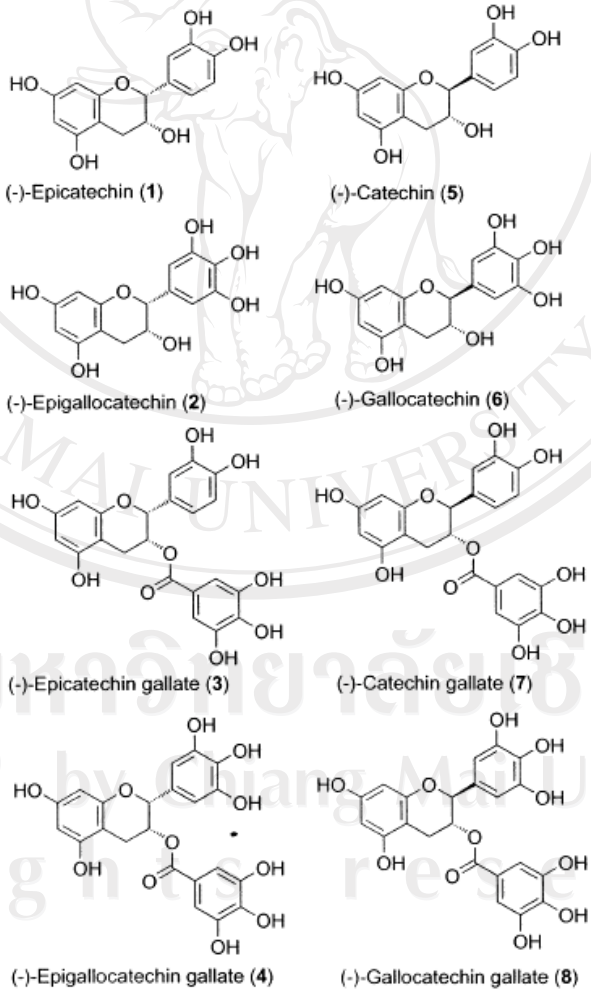
Ikeda *et al.* (2003) รายงานไว้ว่าสารประกอบ catechins ในผลิตภัณฑ์ชา ทั้งชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ ประกอบไปด้วย catechins หลัก 4 ชนิด ได้แก่ (-)-epicatechin, (-)-epigallocatechin, (-)-epicatechin gallate, and (-)-epigallocatechin gallate เมื่อผลิตภัณฑ์เหล่านี้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน โดยปกติใช้อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของ catechins จะเกิดการ epimerization ตรงตำแหน่งที่ 2 เป็น (-)-catechin, (-)-gallocatechin, (-)-catechin gallate, and (-)-gallocatechin gallate ดังรูป 2.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.2 biosynthetic pathways ของ catechins ในชา

ที่มา: Chu *et al*. (1997)



รูป 2.3 โครงสร้างทางเคมีของ catechins และ heat-epimerized catechins

ที่มา: Ikeda *et al.* (2003)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(-)-epigallocatechin gallate (EGCG) เป็นสารที่พบมากที่สุดและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเป็น antioxidant โดย Lin and Lin (2005) ได้ศึกษาสารสกัดจากชาเขียว ชาเปาจ้ง และชาดำ ของชาไต้หวัน (TTES No.12) พบว่าชาเปาจ้ง (ชาอู่หลง) จะมีปริมาณ catechins ใกล้เคียงชาเขียว ส่วนในชาดำจะมีน้อยที่สุด (ตาราง 2.4) ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของ catechins ในระหว่างกระบวนการหมัก

ตาราง 2.4 ปริมาณ catechins ในชาเขียว ชาเปาจ้ง (ชาอู่หลง) และชาดำ

สารประกอบ		ปริมาณ (มิลลิกรัม/กรัม)		
		ชาเขียว	ชาเปาจ้ง	ชาดำ
(-)-Epigallocatechin	(EGC)	37.89±0.35	34.88±2.26	-
(-)-Epigallocatechin gallate	(EGCG)	118.12±1.56	114.06±3.68	8.93±0.11
(-)-Epicatechin	(EC)	4.26±0.39	3.78±0.42	0.84±0.09
(+)-Gallocatechin gallate	(GCG)	19.03±4.29	22.14±2.28	-
(-)-Epicatechin gallate	(ECG)	29.92±0.88	27.48±2.31	1.29±0.61

ที่มา: Lin and Lin (2005)

catechins มีผลต่อกลิ่นรสโดยรวมและความฝาดของชา ในชาเขียวจะมี catechins ประมาณ 16-30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ชาดำ(ชาหมัก) จะมีประมาณ 3-10 เปอร์เซ็นต์ และในชาอู่หลง (ชากึ่งหมัก) มีประมาณ 8-20 เปอร์เซ็นต์ (Khokhar and Magnusdottir, 2002)

Haslam (1998) กล่าวว่าได้มีการเปลี่ยนจากการใช้คำว่า tannin มาเป็น polyphenol ซึ่ง tannin มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 500-20,000 มีรสฝาดและขม พบในใบชาแห้งประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ สามารถไปจับกับโปรตีนทำให้เกิดการตกตะกอนได้ สามารถก่อให้เกิดสารประกอบโดยจับกับ polysaccharides, nucleic acids และ alkaloid ทั้งนี้ tannin แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

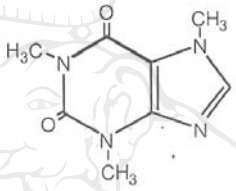
1. hydrolysable tannin สำหรับโมเลกุลของ hydrolysable tannin จะมี polyol carbohydrate (D-glucose) ทำให้เกิดการ esterified กับ gallic acid หรือ ellagic acid ตรงหมู่ hydroxyl ได้ การ hydrolyze หมู่ hydrolysable tannin โดยกรดอ่อนหรือเบสอ่อนจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นคาร์โบไฮเดรตและ phenoic acid

2. condensed tannin หรือที่รู้จักกันในนาม proanthocyanidins เป็นโพลิเมอร์ของ flavonoid มีประมาณ 2-50 หน่วย สำหรับ condensed tannin จะไม่ถูก hydrolyze ด้วยกรด ทั้ง hydrolysable tannin และ condensed tannin เป็นสารที่ละลายได้ในน้ำ แต่สำหรับ condensed

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.2 คาเฟอีน (Caffeine)

คาเฟอีนเป็นสารในกลุ่ม alkaloid เป็น derivative ของ purine คือ1,3,7-tri-methyl xanthine มีลักษณะเป็นของแข็ง ไม่มีสี รสขม พบในชาดำประมาณ 3-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักชาแห้ง ขึ้นกับชนิดและคุณภาพของชา มีรสขม มีฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง ผ่อนคลายความเมื่อยล้า ปฏิกิริยาระหว่างคาเฟอีนกับ polyphenol มีผลให้เกิดความขุ่นในชาที่เย็นแล้ว เกิดเป็นตะกอนสีนวลครีม โครงสร้างทางเคมีของคาเฟอีนแสดงดังรูป 2.4



รูป 2.4 โครงสร้างทางเคมีของคาเฟอีน
ที่มา: Chu and Juneja (1997)

2.4.3 กรดอะมิโน

กรดอะมิโนที่พบในใบชา เช่น aspartic, glutamic, serine, glutamine, tyrosine, valine, phenylalanine, leucine, isoleucine และ theanine (5-N-ethylglutamine) ซึ่ง theanine มีปริมาณมากที่สุดถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด ส่วนกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการผึ่งคือ asparagine กรดอะมิโนนี้เป็นส่วนสำคัญของกลิ่นชาในกระบวนการผลิต เกิดเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น formaldehyde, acetaldehyde, isobutyraldehyde isovaleraldehyde, 2-methylbutanol, phenylacetaldehyde (Tea Research Association, 2003a)

2.4.4 วิตามิน

ในชาเขียวจะมีปริมาณวิตามินซี (ascorbic acid) ประมาณ 150-300 มิลลิกรัม/100 กรัมชาแห้ง และจะมีปริมาณลดลงตามกระบวนการหมัก นั่นคือในชาอู่หลง และชาดำจะมีปริมาณลดน้อยลงไปหรืออาจเกิดการสลายตัวไป วิตามินอี จะพบในส่วนของไขมันในชา มีประมาณ 24-80 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนวิตามินเคพบประมาณ 300-500 IU/กรัม ถ้าดื่มชา 5 ถ้วยต่อวันจะได้รับปริมาณวิตามินเคอย่างเพียงพอ (Chen *et al*., 2002)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.5 แร่ธาตุ

ปริมาณเถ้าในชาจะมีประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ แร่ธาตุมีประมาณ 28 ชนิด ชาจะมีธาตุที่สำคัญคือ aluminum, fluorine และ manganese โดยเฉพาะ aluminum และ fluorine จะมีสูงกว่าพืชอื่นๆ ปริมาณอยู่ในช่วง 200-1500 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม แต่มีปริมาณน้อยในน้ำชา เนื่องจากอัตราการสกัดต่ำ fluorine เป็นสารที่ช่วยป้องกันฟันผุ มีปริมาณสูงถึง 100-200 มิลลิกรัม/ กิโลกรัมของชาแห้ง ส่วนในชาใบแก่จะมีสูงถึง 1000 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม (Chen *et al*., 2002)

2.4.6 คาร์โบไฮเดรตและไขมัน

คาร์โบไฮเดรตที่พบในใบชา คือน้ำตาล เช่น glucose, fructose, sucrose, raffinose และ stachyose ส่วนที่เป็นส่วนของเพกตินประกอบไปด้วย galactose, arabinose, galacturonic acid, rhamnose และ ribose น้ำตาลจะเป็นส่วนประกอบในการสังเคราะห์ catechins กลิ่นรส และปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำชา ส่วน Cellulose, hemi-cellulose, pectins และ lignins จะเป็นตัวสร้างเส้นใย (fiber) ในชาดำ ในชาทั้ง 3 พันธุ์จะมี glyco และ phospholipid นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันอิสระ แต่จะเปลี่ยนไปตามพันธุ์ และกระบวนการผลิต น้ำมันในใบชาจะมีอยู่ประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ (Chen *et al*., 2002) กรดไขมันที่พบในชา ได้แก่ linolenic, linoleic, oleic and palmitic ปริมาณไขมันและกรดไขมันจะยิ่งลดน้อยลงเมื่อยิ่งผ่านขั้นตอนการหมัก (Tea Research Association, 2003a)

2.5 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในกระบวนการผลิตชา

การศึกษาทางชีวเคมีของชาอู่หลง ส่วนใหญ่สนใจด้านกลิ่นรส และสารที่ระเหยได้ เนื่องจากชาอู่หลงมีคุณสมบัติพิเศษอยู่ระหว่างชาเขียวและชาดำ จึงมีกลิ่นรสที่แตกต่างออกไป สารประกอบที่ให้กลิ่นเช่น linalool oxides, benzyl alcohol, 2-phenylethanol เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสารตั้งต้นในการหมักให้เกิดเป็นกลิ่นแอลกอฮอล์ด้วย สำหรับสีของชาอู่หลงนั้นเกิดจากสาร polyphenol ได้แก่ theaflavins และ thearubgins ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของชา ประกอบไปด้วย การเก็บเกี่ยว สภาวะแวดล้อม และเทคนิคในการผลิตและการดูแลรักษาต้นชา เป็นต้น ในกระบวนการผลิตชาอู่หลงอาจมีการเปลี่ยนแปลงของแต่ละกระบวนการ ดังตาราง 2.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.5 การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีและกายภาพระหว่างแต่ละขั้นตอนการผลิตชาอู่หลง

ขั้นตอน	การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีและกายภาพ
การกระจาย	ความชื้นถูกกำจัดออกไป มีกลิ่นของหญ้าปลดปล่อยออกมา
การผึ่ง	ความชื้นถูกกำจัดออกไป เกิดการออกซิเดชั่นของ catechins เกิดการสูญเสียน้ำ เกิดกลิ่นของหญ้า และเกิดกลิ่นดอกไม้
การหมัก โดยการหมุนหรือเขย่า	ความชื้นถูกกำจัดออก เกิดการทำลายผนังเซลล์ของใบชา เกิดกระบวนการหมัก เกิดการสูญเสียน้ำ เกิดการออกซิเดชั่นของ catechins เกิดกลิ่นของดอกไม้ เกิดการสูญเสีย chlorophyll ใบชาเริ่มขึ้นรูป
การคั่ว	ความชื้นถูกกำจัดออก หยุดกระบวนการหมัก กระตุ้นการเกิดออกซิเดชั่นของ catechins ปลดปล่อยกลิ่นเหมือนหญ้า เกิดการสูญเสียน้ำ
การม้วน	เกิดการทำลายผนังเซลล์ของใบชา เกิดเป็นรูปร่างขึ้น
การทำแห้ง	ความชื้นถูกกำจัดออก เกิดออกซิเดชันของ catechins เกิดกลิ่นชา

ที่มา: Xu and Chen (2002)

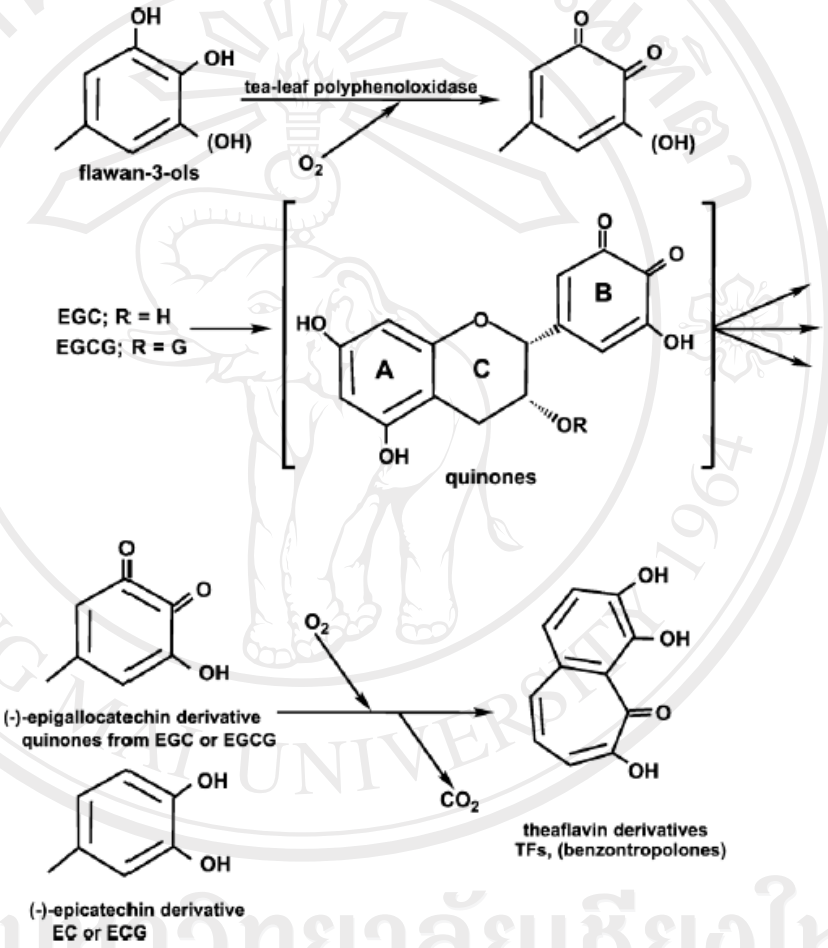
2.6 การเกิดออกซิเดชั่นของสารโพลีฟีนอล

สาร polyphenols สามารถเกิด oxidation ได้โดยเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidase (PO) ในใบชาสด หากใบชาเกิดการฉีกขาด มีรายงานจาก Tea Research Association (2003b) ว่า เมื่อ catechins ถูก oxidizeโดย PPO เกิดเป็นสาร intermediate เรียกว่า orthoquinones แล้วเกิดการรวมตัวกันเป็นคู่เพื่อจัดเรียงตัวเป็น theflavins (TF) ซึ่งเป็นสารโมเลกุลใหญ่และมีลักษณะเฉพาะทางเคมี มีสีเหลืองส้ม น้ำตาลแดง และทำให้เกิดสารที่ระเหยได้ สารเหล่านี้เป็นตัวแสดงลักษณะรสชาติ กลิ่น และสี ที่เฉพาะของชาดำ ดังนี้

EGC + EC - Theaflavin
EGCG + EC - Theaflavin - 3 monogallate
EGCG + EGC - Theaflavin 3’ 3’ digallate
EGC + ECG - Theaflavin -3’- monogallate
GC + EC - Isotheaflavin
GC + C - Neotheaflavin

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Luczaj และ Skrzydlewska (2005) ศึกษากลไกการเกิด theaflavins ที่น่าจะเป็นไปได้ คือ การทำปฏิกริยากันของ quinones ที่มาจาก catechin หรือ gallate กับ quinones ที่มาจาก gallocatechin หรือ gallate ซึ่งจะเป็นซับเสตรทในการเปลี่ยนรูป โดยเกิดปฏิกิริยาการควบแน่นได้ theaflavins ในการหมักขั้นแรกโดยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของวงแหวน B เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ดังรูป 2.5

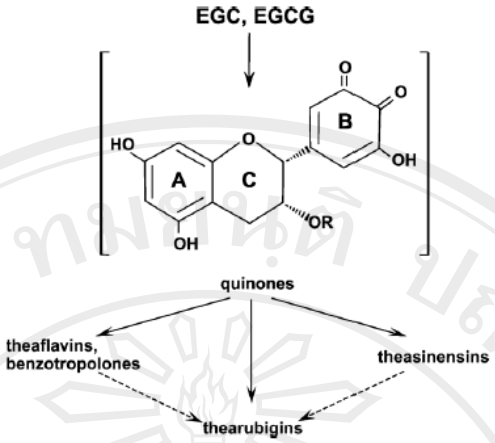


รูป 2.5 กลไกการเกิด theaflavins

ที่มา: Luczaj and Skrzydlewska (2005)

ในกระบวนการหมักชาดำจะเกิดการเปลี่ยนรูปของ catechins ไปเป็นสารประกอบที่มีสีน้ำตาลแดง เรียกว่า therubigins ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 1,000-40,000 การเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นในการหมักขั้นแรก อาจมีผลในการก่อให้เกิด thaflavins, bisflavanols และ epitheaflavic acid ซึ่งจะเกิดการรวมตัวเกิดเป็น thearubigins ได้ ดังรูป 2.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



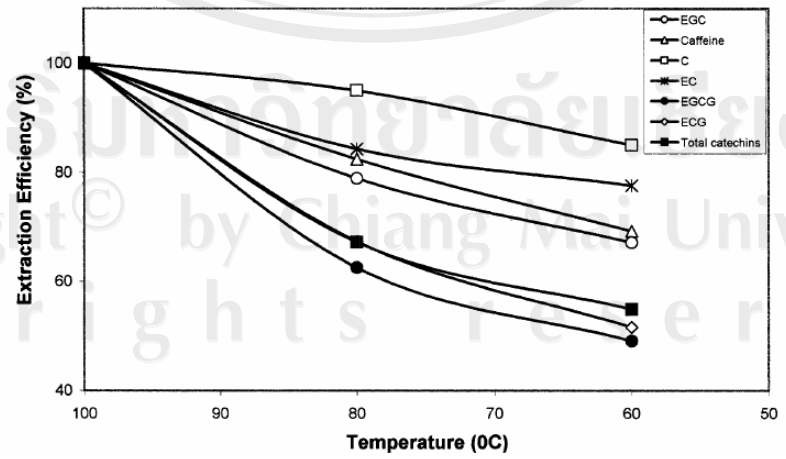
รูป 2.6 pathway การสังเคราะห์ thearubigins

ที่มา: Luczaj and Skrzydlewska (2005)

2.7 ผลของอุณหภูมิในการสกัดต่อปริมาณ catechins และคาเฟอีน

Khokhar and Magnusdottir (2002) พบว่า ปริมาณ catechins และคาเฟอีนเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการสกัดสูงขึ้น โดยจะมีปริมาณมากที่สุดในชาที่สกัดด้วยน้ำ ที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ดังรูป 2.7 และปริมาณ catechins จะเพิ่มขึ้น 30-40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดเป็น 10 นาที

Chen *et al*. (1996) ได้ศึกษา ผลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัด ต่อปริมาณ polyphenol ในชาอู่หลงพบว่า ปริมาณ catechins เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดเช่นกัน แต่ปริมาณ polyphenol จะสูงสุดเมื่อสกัดที่ 77-80 องศาเซลเซียส



รูป 2.7 ประสิทธิภาพในการสกัดชาที่อุณหภูมิ 100, 80 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

ที่มา: Khokhar and Magnusdottir (2002)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.8 ความคงตัวของ catechins

catechins ในสารละลายที่เป็นกรด (pH 4) จะมีความเสถียรมากกว่าในสารละลายที่เป็นด่าง (pH 8) ตัวอย่าง catechins 4 ชนิดในสารละลายที่เป็นด่างจะมีความเสถียรต่างกันคือ EGCG และ EGC จะไม่เสถียร แต่ EC และ ECG จะมีความเสถียร นอกจากนี้ catechins จะมีความเสถียรในน้ำเดือดอย่างน้อย 7 ชั่วโมง (Zhu *et al.*, 1997) นอกจากนี้ Piñeiro *et al.* (2004) ได้ศึกษาเปอร์เซ็นต์ recovery ของ catechin และ epicatechin ในระหว่างขั้นตอนการสกัดแบบ pressurized ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 10 นาที พบว่าสามารถสกัดที่อุณหภูมิสูงสุดไม่เกิน 130 องศาเซลเซียส เพราะถ้าใช้อุณหภูมิสูงกว่านี้จะเกิดการสลายตัวเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เปอร์เซนต์ recovery ไม่ถึง 95 เปอร์เซ็นต์

2.9 ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสำคัญในชา

ในปัจจุบันได้มีการวิจัยสารสำคัญในชาอย่างแพร่หลายซึ่งแต่ละชนิดล้วนมีผลดีต่อร่างกาย ดังตาราง 2.6 Wiseman *et al.* (2002) ได้สรุปไว้ว่า สารต้านอนุมูลอิสระจากชาคือ catechins และ theaflavins มีประสิทธิภาพในการดักจับอนุมูลอิสระดีกว่าวิตามินซี และวิตามินอีถึง 5 เท่า และ 2.6-6.2 เท่า โดย EGCG จะมีประสิทธิภาพสูงสุด และไม่ว่าจะเป็นชาเขียว ชาอู่หลง หรือชาดำก็ล้วนแต่มีคุณสมบัติในการดักจับ superoxide-free radical และ hydrogen peroxide ทั้งสิ้น แต่นักวิจัยบางท่านพบว่า theaflavins ดักจับ superoxide ได้ดีกว่า catechins ดังนั้นอาจสรุปได้ว่า สารต้านอนุมูลอิสระในชา สามารถดักจับ hydroxyl radicals, peroxyl radicals, siglet oxygen และ peroxynitrite ใน ระบบของ *in vitro* ได้

ชามีคุณสมบัติช่วยลดอัตราเสี่ยงของการตายจากโรคหัวใจขาดเลือด ผู้ที่ดื่มชาดำ 1-2 ถ้วยต่อวัน (200-250 มิลลิลิตร) จะลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจวายได้ครึ่งหนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่ไม่ได้ดื่มชา อาจเป็นผลจาก polyphenol ในชายับยั้งการเกิด oxidation ของ low density lipoprotein (LDL) การทดลองในหนูให้กินอาหารที่มีไขมันสูงและกินชาเขียวจะลดระดับโคเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดได้ นอกจากนี้ยังป้องกันมะเร็งได้ แต่บางประเทศที่บริโภคชาดำ พบว่าการบริโภคชาดำไม่ลดอัตราเสี่ยงของการเป็นมะเร็งกระเพาะอาหาร ลำไส้ใหญ่ ปอด และเต้านม และการดื่มชาในกลุ่มผู้หญิงอายุ 65-76 ปี สามารถป้องกันการเกิดกระดูกสะโพกแตกได้ นอกจากนี้ในส่วน phytoestrogen และ fluoride อาจส่งผลต่อความหนาแน่นของเกลือแร่ในมวลกระดูก และ fluoride จะช่วยรักษาสุขภาพฟันและเพิ่มความแข็งแกร่งของสารเคลือบฟันได้ (วันเพ็ญ, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.6 สารสำคัญบางกลุ่มในชาและสรรพคุณ

สารสำคัญ	สรรพคุณ
1. EGCG	ลดน้ำตาลในเลือดโดยไปกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง ลด lipid oxidation ในตับ
2. Catechins	ป้องกันมะเร็งปอด มะเร็งผิวหนัง กระเพาะอาหาร ตับ ลำไส้เล็ก โดยต้านการกลายพันธุ์ของดีเอ็นเอ ยับยั้งการเกิดสารก่อมะเร็ง
3. Caffeine	กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง ช่วยในการตัดสินใจและการทำงานให้เร็วขึ้น ช่วยบรรเทาความเจ็บปวด ช่วยในการย่อยอาหาร โดยการหลั่งน้ำย่อย pepsin เพิ่มการใช้คาร์โบไฮเดรตในร่างกาย ทำให้ลดน้ำตาลและกรดไขมันในเลือดลดปริมาณไกลโคเจน(glycogen) ในตับ ลดโคเลสเตอรอลในเลือด
4. Theobromine	เพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ ใน 1,000 มิลลิกรัม จะช่วยเพิ่มความดันโลหิตอัตราการเต้นของหัวใจ
5. Theophyllline	ขยายหลอดลม รักษาหอบหืด
6. Dimethyl xanthine	ขับปัสสาวะ ขยายหลอดเลือดที่มายังกรวยไต ความถี่ ปริมาตรการขับโซเดียม และ antioxidant กับการทำลายโครโมโซม
7. Saponin	ลดอัตราการแบ่งตัวของไวรัส ให้ผลเท่า ATZ แต่มีผลข้างเคียงต่อเซลล์โปรตีน

ที่มา: ไมตรี (2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved