บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของยอดและใบต่อปริมาณ catechins และ polyphenol

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ catechins และ polyphenol แสดงดังตาราง 4.1 โดยปริมาณ polyphenol และ catechins ในส่วนยอดตูม ส่วนใบอ่อนสองใบแรก และ ส่วนยอดตูมกับใบอ่อนสองใบแรก มีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณ EGCG พบว่าในส่วนยอดตูมของใบชา จะมีปริมาณ EGCG สูงสุดต่างจากส่วนอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สัณฑ์ (2535) พบว่า ปริมาณของ catechinsในยอดชาสด จะแปรผันตามอายุใบคือ ตา >ใบแรก >ใบที่สอง>ใบที่สาม > ก้านส่วนบน ก้านส่วนล่าง ถ้าใบมีอายุมากขึ้นปริมาณ catechins จะลดลง จึงเป็นเหตุผลที่ใบชาแก่ไม่เหมาะสมในการใช้ผลิตชา และปริมาณ catechins ยังขึ้นอยู่กับเวลาในการเก็บเกี่ยวหลังตัดแต่งกิ่งด้วย ถ้าระยะการตัดแต่งกิ่งสั้นปริมาณ catechins จะมีปริมาณน้อย นอกจากนี้ยังขึ้นกับปัจจัยอื่นเช่นฤดูกาล ระดับความสูงของพื้นที่ปลูก พันธุ์ และร่มเงา หากปลูกชาภายใต้ร่มเงาปริมาณ catechins สามารถลดลงได้ถึง 4 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่า

อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้แตกต่างจากการศึกษาของ singh (1999) ที่ศึกษาปริมาณ catechins ในแต่ละส่วนของชา พบว่าจะมีปริมาณของ catechins อยู่ในช่วง 14-17 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่พบมากที่สุดคือ ก้านชา และปริมาณจะลดน้อยลงในฤดูหนาว ปริมาณ catechins ของแต่ละส่วนของชามีดังนี้ ก้าน > ใบที่สอง > ใบแรก > ยอดตูม

ตาราง 4.1 ปริมาณ catechins และ polyphenol ในแต่ละส่วนของชาที่ใช้ผลิต

ส่วนของชา	total polyphenol ^{ns}	total catechins ^{ns}	EGCG
ยอดตูม	19.76 ± 5.52	4.15 ± 0.68	6.65 ^{a} ± 0.36
ใบอ่อนสองใบแรก	15.27 ± 3.49	4.80 ± 1.46	4.35 ^{b} ± 1.19
ยอดตูมและใบอ่อนสองใบแรก	16.52 ± 2.80	3.86 ± 0.77	4.84 ^{b} ± 1.22

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ catechins และ polyphenol ตามเวลาการผึ่ง

เมื่อนำชาส่วนยอดตูม ส่วนใบอ่อนสองใบแรก และส่วนยอดตูมกับใบอ่อนสองใบแรก มาผึ่งเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าจะมีปริมาณ catechins และ polyphenol ดังตาราง 4.2 ซึ่งมีปริมาณ polyphenol, catechins และ EGCG ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตามระยะเวลาการผึ่งที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองใน 4.3 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการทดลองผึ่งใบชานี้ ไม่ได้มีการกระตุ้นใบชา ไม่ว่าจะเป็น การเขย่า ด้วยเครื่องหมุนไม้ไผ่เหมือนการผึ่งในโรงงาน การถูกบดขยี้ หรือเสียดสีในขั้นตอนการนวด การม้วนเป็นเม็ด หรือการยับยั้งเอนไซม์ในขั้นตอนการคั่วและอบ ใบชาที่ผึ่งไว้จึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง คุณภาพของชายังขึ้นกับ อัตราการสูญเสียความชื้นและอุณหภูมิของใบชาระหว่างการผึ่ง ซึ่งสัมพันธ์กับ ความชื้นของผิวใบชา อุณหภูมิสัมพัทธ์ของอากาศ ระดับความสูง อุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง การไหลเวียนอากาศ ความหนาแน่นของใบที่ผึ่ง และความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างการผึ่ง ซึ่งอุณหภูมิของใบจะเพิ่มขึ้น 3 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องมีการพลิกกลับใบในการผึ่งด้วย ในการผลิตชาดำ การผึ่งจะมีผลต่อปริมาณ catechins เนื่องจากผึ่งเป็นระยะเวลายาวนานกว่า catechins จะมีปริมาณลดลงเนื่องจากจะเปลี่ยนไปเป็น theaflavin และ thearubigins (Tomlins and Mashingaaidze, 1997) แต่ Mahanta (1993) รายงานว่า การผึ่งมีผลเพียงเล็กน้อยต่อกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidases และจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

สัณฑ์ (2535) กล่าวว่า จำนวนครั้งและความรุนแรงในการเขย่ายอดชา (shaking) มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับ การกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ และการออกซิไดซ์ catechinsในระหว่างขั้นตอนการหมักด้วย

ตาราง 4.2 ปริมาณ catechins และ polyphenol (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง) ในแต่ละส่วนของชาตามระยะเวลาการผึ่ง

ส่วน	สารสำคัญ	เวลาการผึ่ง (ชั่วโมง)						
		0	1	2	3	4	5	6
ยอด	total polyphenol ^{ns}	19.76 ± 5.52	20.23 ± 6.83	23.70 ± 13.57	19.32 ± 4.47	19.14 ± 3.47	19.57 ± 3.50	22.45 ± 6.49
	total catechins ^{ns}	4.15 ± 0.68	4.38 ± 0.64	5.86 ± 1.92	5.16 ± 2.42	4.63 ± 1.34	4.41 ± 0.53	5.46 ± 1.24
	EGCG ^{ns}	6.66 ± 0.36	7.23 ± 1.75	7.23 ± 0.77	5.38 ± 2.65	6.79 ± 1.84	5.75 ± 2.18	6.77 ± 1.87
ใบอ่อนสองใบแรก	total polyphenol ^{ns}	15.27 ± 3.94	25.48 ± 17.45	16.47 ± 3.15	16.08 ± 2.95	16.70 ± 3.53	16.75 ± 1.99	18.30 ± 4.93
	total catechins ^{ns}	4.80 ± 1.46	7.01 ± 4.32	4.70 ± 1.93	4.24 ± 1.41	3.47 ± 0.50	4.57 ± 1.77	4.84 ± 1.42
	EGCG ^{ns}	4.35 ± 1.19	3.92 ± 0.58	3.97 ± 1.75	4.34 ± 1.95	4.54 ± 1.34	4.57 ± 1.53	4.70 ± 0.53

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 (ต่อ)

ส่วน	สารสำคัญ	เวลาการผึ่ง (ชั่วโมง)						
		0	1	2	3	4	5	6
ยอดตูมและใบอ่อนสองใบแรก	total polyphenol ^{ns}	16.52 ± 2.80	23.87 ± 11.97	17.70 ± 4.63	19.65 ± 4.76	23.55 ± 10.39	18.80 ± 3.93	22.00 ± 8.77
	total catechins ^{ns}	3.86 ± 0.77	5.43 ± 2.00	4.69 ± 1.30	4.72 ± 0.89	5.97 ± 3.00	4.50 ± 0.58	5.91 ± 2.91
	EGCG ^{ns}	4.84 ± 1.22	5.64 ± 1.43	5.03 ± 1.37	5.06 ± 1.37	5.39 ± 0.91	4.73 ± 2.18	4.19 ± 1.48

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3 ปริมาณ catechins และ polyphenol ในกระบวนการผลิตชาอู่หลง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ catechins และ polyphenol ในกระบวนการผลิตชาอู่หลง ของโรงงานชา 3 โรงงาน พบว่าแต่ละโรงงานมีสภาวะและเทคนิคในการผลิตที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ สภาพอากาศ ฤดูกาลในการเก็บตัวอย่างต่างกันคือ ใบชาจากโรงงานที่ 1 เก็บเดือนกรกฎาคม ชาจากโรงงานที่ 2 เก็บเดือนสิงหาคม และโรงงานที่ 3 เก็บเดือนมกราคม Chu (1997) กล่าวว่าปริมาณ polyphenol ในชาคือ catechins จะมีปริมาณเปลี่ยนแปลงตามพันธุ์และฤดูกาลการเก็บเกี่ยว ชาพันธุ์อัสสัมจะมีปริมาณ polyphenol อยู่ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และชาจีนจะมี polyphenol อยู่ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยฤดูร้อนจะมีปริมาณ catechins สูงที่สุด จะเห็นได้ว่าถึงแม้ว่าจะใช้พันธุ์ชาเดียวกันในการผลิตคือ อู่หลงเบอร์ 12 แต่ชาในกระบวนการผลิตจากแต่ละโรงงานมีปริมาณ polyphenol เริ่มต้นต่างกันดังตาราง 4.3

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลง polyphenol ดังตาราง 4.3 พบว่ากระบวนการของโรงงานที่ 1 ทำให้ปริมาณ polyphenol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) คือ ขั้นตอนหลังจากนำไปคั่วและผึ่งค้างคืน ช่วงเวลาในการผึ่งค้างคืนนี้เป็นช่วงเวลาที่ยาวนานประมาณ 10 ชั่วโมง เมื่อผ่านการคั่วรอบแรก ใบชายังไม่แห้งสนิท จึงยับยั้งเอนไซม์ไม่หมดอาจเกิดปฏิกิริยา oxidation ของสาร polyphenol ได้ นอกจากนี้เมื่อใบชาผ่านความร้อนในขั้นตอนสุดท้ายโดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 100 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณ polyphenol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) คือลดลงจากเดิม 3.18 เปอร์เซ็นต์ แต่มีปริมาณน้อยกว่าการลดลงในขั้นตอนการคั่วและผึ่งค้างคืนที่ลดลงจากเดิม 4.07 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 ปริมาณ polyphenol ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตชาอู่หลง

ขั้นตอน	total polyphenol (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)		
	โรงงานที่ 1	โรงงานที่ 2	โรงงานที่ 3
การรับชาสด	17.69 ^{a} ± 1.00	11.64 ^{abc} ± 1.77	11.97 ^{ab} ± 0.58
ก่อนผ่านการสางด้วยเครื่องหมุนไม้ไผ่	-	10.81 ^{bc} ± 0.37	-
หลังผ่านการสางด้วยเครื่องหมุนไม้ไผ่	-	11.62 ^{abc} ± 0.68	11.72 ^{ab} ± 0.92
ก่อนคั่วครั้งที่ 1	16.20 ^{a} ± 0.42	12.61 ^{a} ± 0.31	12.57 ^{a} ± 0.12
หลังคั่วครั้งที่ 1	-	12.00 ^{ab} ± 0.65	-
การนวด (คลี่ใบ)	-	10.02 ^{c} ± 0.69	12.21 ^{ab} ± 0.29
ก่อนอบครั้งที่ 1	-	10.12 ^{c} ± 0.80	-
หลังอบครั้งที่ 1	-	10.96 ^{bc} ± 0.60	12.62 ^{a} ± 0.58
ผึ่งค้างคืน	12.13 ^{b} ± 1.33	-	12.33 ^{ab} ± 0.66
ผ่านการคั่วครั้งที่ 2	12.61 ^{b} ± 0.56	-	-
การม้วนใบ	12.08 ^{b} ± 0.25	-	-
ใบชาก่อนอบ	12.49 ^{b} ± 0.93	-	11.05 ^{b} ± 1.10
ใบชาหลังอบ	9.3 ^{c} ± 0.19	-	11.60 ^{ab} ± 0.59

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

: ส่วนที่ไม่ได้แสดงข้อมูล (-) หมายถึง ไม่มีขั้นตอนการผลิต หรือไม่ได้เก็บในขั้นตอนนั้น

Kovittayavong (2005) ได้ศึกษาปริมาณ polyphenol ในกระบวนการผลิตชาเขียวและชาอู่หลง พบว่ากระบวนการที่ให้ความร้อนคือการคั่ว มีผลให้ปริมาณ polyphenol ลดลงมากที่สุดทั้งในกระบวนการผลิตชาเขียวและกระบวนการผลิตชาอู่หลง เนื่องจาก polyphenol เกิดการสลายตัวด้วยความร้อนและจากการ oxidation ของเอนไซม์ โดยจะเกิดการสลายตัวไปประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์

ในกระบวนการผลิตของโรงงานที่ 2 ได้ศึกษากระบวนการผลิตชาอู่หลง แต่ไม่รวมขั้นตอนที่ทำเป็นเม็ด จึงขาดข้อมูลหลังช่วงการผึ่งค้างคืนและการม้วนใบ ดังตาราง 4.4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่างจากโรงงานอื่นคือมีลักษณะเป็นใบ ที่ยังไม่ม้วนเป็นเม็ดกลม การเปลี่ยนแปลง polyphenol ในกระบวนการนี้ จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ตั้งแต่ขั้นตอนการผึ่งทิ้งไว้ 11 ชั่วโมง ลดลงจาก 11.64 ± 1.77 เป็น 10.81 ± 0.37 (ลดลง 0.83 เปอร์เซ็นต์) และหลังจากผ่าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่ในกระบวนการผลิตของโรงงานที่ 3 พบว่าปริมาณ polyphenol ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาที่ผลิตที่ใช้เวลาในการผลิตทั้งหมดประมาณ 35 ชั่วโมง กระบวนการผลิตของโรงงานนี้ต่างจากโรงงานอื่นตรงขั้นตอนการผึ่ง จะทำในห้องปรับอากาศอุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส ผึ่งทั้งหมด 8 ชั่วโมง 30 นาที จะทำการพลิกใบชาทุก 2 ชั่วโมง ก่อนจะนำมาเขย่าด้วยเครื่องหมุนไม้ไผ่ หมุนครั้งละ 8 นาที 3 ครั้ง แล้วผึ่งไว้อีกประมาณ 4 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำไปคั่วเพื่อยับยั้งเอนไซม์ จะเห็นได้ว่าปริมาณ polyphenol ของใบชาจากขั้นตอนการรับชาสด หลังผ่านการสางด้วยเครื่องหมุนไม้ไผ่ หลังการนวดเพื่อคลี่ใบ หลังการผึ่งค้างคืน และใบชาหลังอบครั้งสุดท้าย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังตารางที่ 4.3 ซึ่ง Tomlins and Mashingaaidze (1997) ได้ทำการศึกษาในเคนยาเกี่ยวกับผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขณะขั้นตอนการผึ่ง พบว่าถ้าคงอุณหภูมิของใบชาไว้ที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ชามีคุณภาพต่ำ จะลดการเกิด theaflavin แต่จะเพิ่ม thearubigins ดังนั้นในกระบวนการผลิตถ้าสามารถควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป จะคงคุณค่าของ polyphenol ได้ดีที่สุด

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ catechins ในกระบวนการผลิตชาอู่หลง แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่า ชาที่ผลิตจากโรงงานที่ 1 มีปริมาณ catechins ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) หลังจากขั้นตอนการผึ่งซึ่งใช้เวลา 9 ชั่วโมง ปริมาณ catechins ลดลงจาก 7.56 ± 0.83 เป็น 4.97 ± 0.62 (ลดลง 2.59 เปอร์เซ็นต์) และในขั้นตอนการอบ 100 องศาเซลเซียส ปริมาณ catechins ลดลงจาก 4.15 ± 0.91 เป็น 3.23 ± 0.29 (ลดลง 0.92 เปอร์เซ็นต์) ต่างจากการเปลี่ยนแปลงของอีกทั้ง 2 โรงงานคือ ปริมาณ catechins จะเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านขั้นตอนการผึ่ง และลดลงหลังจากการคั่วและอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 ปริมาณ catechins ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตชาอู่หลง

ขั้นตอน	total catechins (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)		
	โรงงานที่ 1	โรงงานที่ 2	โรงงานที่ 3
การรับชาสด	7.56 ^{a} ± 0.83	2.39 ^{bc} ± 0.26	2.44 ^{b} ± 0.13
ก่อนผ่านการสางด้วยเครื่องหมุนไม้ไผ่	-	2.20 ^{bcd} ± 0.40	-
หลังผ่านการสางด้วยเครื่องหมุนไม้ไผ่	-	2.61 ^{ab} ± 0.24	2.47 ^{b} ± 0.07
ก่อนคั่วครั้งที่ 1	4.97 ^{b} ± 0.62	2.92 ^{a} ± 0.24	2.80 ^{a} ± 0.31
หลังคั่วครั้งที่ 1	-	2.45 ^{bc} ± 0.23	-
การนวด (คลึใบ)	-	1.83 d ± 0.12	2.55 ^{ab} ± 0.03
ก่อนอบครั้งที่ 1	-	1.99 ^{cd} ± 0.25	-
หลังอบครั้งที่ 1	-	2.33 ^{bcd} ± 0.19	2.64 ^{ab} ± 0.21
ผึ่งค้างคืน	4.14 ^{bc} ± 0.43	-	2.62 ^{ab} ± 0.14
ผ่านการคั่วครั้งที่ 2	4.23 ^{bc} ± 0.81	-	-
การม้วนใบ	3.60 ^{bc} ± 1.03	-	-
ใบชาก่อนอบ	4.15 ^{bc} ± 0.91	-	2.47 ^{b} ± 0.09
ใบชาหลังอบ	3.23 ^{c} ± 0.29	-	2.39 ^{b} ± 0.13

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

: ส่วนที่ไม่ได้แสดงข้อมูล (-) หมายถึง ไม่มีขั้นตอนการผลิต หรือไม่ได้เก็บในขั้นตอนนั้น

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ EGCG ในกระบวนการผลิตชาอู่หลง พบว่าในกระบวนการผลิตของโรงงานที่ 1 มีผลทำให้ EGCG มีค่าคงที่ ดังตาราง 4.5 ส่วนในกระบวนการผลิตของโรงงานที่ 2 พบว่าปริมาณ EGCG ลดลงอย่างมีนัยลำคัญทางสถิติ (p<0.05)หลังจากผ่านขั้นตอนหลายขั้นตอน ตั้งแต่การผึ่ง การคั่ว และการนวด จนถึงการผึ่งทิ้งไว้ก่อนการอบ จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการให้ความร้อนไม่ว่าจะเป็นการคั่ว หรือการอบของทุกโรงงานไม่มีผลต่อปริมาณ EGCG ซึ่งต่างจากที่ Kovittayavong (2005) ได้ศึกษาพบว่า ปริมาณ EGCG หลังจากกระบวนการคั่วชาเขียวและชาอู่หลง จะมีปริมาณลดลง และเป็นขั้นตอนหลักที่ทำให้ปริมาณ polyphenol, caffeine และ tannin มีปริมาณลดลงด้วย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้องในการผลิตด้วย เช่น ความเข้มข้นของออกซิเจน และค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น ดัง Zimeri and Tong (1999) กล่าวว่า ความเสถียรของ EGCG ขึ้นกับปัจจัยหลายชนิดเช่น ความเข้มข้นของออกซิเจน ค่าความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับโรงงานที่ 3 มีปริมาณ EGCG เพิ่มขึ้นหลังจากการผึ่งโดยเพิ่มจาก 2.20 ± 0.05 เป็น 2.40 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ และลดลงจาก 2.32 ± 0.11 เป็น 1.96 ± .08 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการม้วนใบจนเป็นเม็ด

ตาราง 4.5 ปริมาณ EGCG ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตชาอู่หลง

ขั้นตอน	EGCG (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)		
	โรงงานที่ 1 [ns]	โรงงานที่ 2	โรงงานที่ 3
การรับชาสด	2.12 ± 0.47	2.87 [ab] ± 0.37	2.20 [c] ± 0.05
ก่อนผ่านการสางด้วยเครื่องหมุนไม้ไผ่	-	3.37 [a] ± 0.17	-
หลังผ่านการสางด้วยเครื่องหมุนไม้ไผ่	-	2.47 [ab] ± 0.48	2.28 [bc] ± 0.14
ก่อนคั่วครั้งที่ 1	2.50 ± 0.72	3.06 [ab] ± 1.07	2.40 [ab] ± 0.05
หลังคั่วครั้งที่ 1	-	2.46 [ab] ± 0.99	-
การนวด (คลี่ใบ)	-	2.40 [ab] ± 0.04	2.39 [abc] ± 0.05
ก่อนอบครั้งที่ 1	-	2.14 [b] ± 0.14	-
หลังอบครั้งที่ 1	-	1.97 [b] ± 0.23	2.49 [a] ± 0.17
ผึ่งค้างคืน	1.81 ± 0.49	-	2.32 [ab] ± 0.11
ผ่านการคั่วครั้งที่ 2	1.84 ± 0.75	-	-
การม้วนใบ	2.02 ± 0.12	-	-
ใบชาก่อนอบ	2.20 ± 0.33	-	1.96 [d] ± 0.08
ใบชาหลังอบ	2.10 ± 0.21	-	1.89 [d] ± 0.03

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

: ส่วนที่ไม่ได้แสดงข้อมูล (-) หมายถึง ไม่มีขั้นตอนการผลิต หรือไม่ได้เก็บในขั้นตอนนั้น

: [ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณที่ลดลงของ total polyphenol, total catechins และ EGCG เป็นเปอร์เซ็นต์ ในใบชาสดและหลังการอบแห้ง ของแต่ละโรงงาน ดังตาราง 4.6 พบว่าปริมาณ total polyphenol และ total catechins เปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะและกระบวนการผลิต เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโรงงานที่ 1 และโรงงานที่ 3 ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตเหมือนกัน แต่สภาวะแตกต่างกัน พบว่า ในใบชาจากกระบวนการผลิตของโรงงานที่ 1 มีปริมาณลดลงจากเริ่มต้นมากกว่าโรงงานที่ 3 คือ ในโรงงานที่ 1 มี total polyphenol และ total catechins ลดลง 47.37 และ 57.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่โรงงานที่ 3 มี total polyphenol และ total catechins ลดลงเพียง 3.09 และ 2.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งปริมาณ total polyphenol และ total catechins ที่ลดลงของใบชาที่ผลิตจากโรงงานที่ 1 นั้นมีปริมาณมากกว่าที่ Zhen *et al.* (2002) ได้รายงาน ไว้ว่า ในกระบวนการผลิตชาเขียว ปริมาณ polyphenol จะลดลงประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เป็นเพราะขั้นตอนการผลิตชาอู่หลง ของโรงงานที่ 1 ต้องผ่านกระบวนการอบที่อุณหภูมิและเวลานานกว่า จึงทำให้ปริมาณ total polyphenol และ total catechins ลดลงมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโรงงานที่ 1 กับโรงงานที่ 2 ซึ่งโรงงานที่ 1 จะผ่านขั้นตอนการผลิตจนม้วนเป็นเม็ด แต่โรงงานที่ 2 ไม่ได้ผ่านขั้นตอนการผลิตจนม้วนเป็นเม็ด จึงได้รับความร้อนน้อยกว่า ซึ่งมีปริมาณ total polyphenol และ total catechins ลดลง 5.84 และ 2.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่สำหรับการลดลงของ total polyphenol และ total catechins ในใบชาหลังการอบแห้งของโรงงานที่ 2 และโรงงานที่ 3 มีปริมาณน้อยมาก จึงอาจมีสาร total polyphenol และ total catechins เทียบเคียงชาเขียวได้ สำหรับการลดลงของปริมาณ EGCG มีการลดลงน้อยมากในระหว่างการผลิตหรืออาจไม่ลดลง ดังตัวอย่างของชาที่ได้รับจากโรงงานที่ 1 และโรงงานที่ 3 ซึ่งเป็นใบชาที่ถูกม้วนจนเป็นเม็ด ปริมาณ EGCG จะยังคงสภาพและมีปริมาณหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายใกล้เคียงกับชาใบสด ส่วนการลดลงของ EGCG หลังอบของโรงงานที่ 1 จะมีปริมาณสูงถึง 31.36 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะใบชาที่ยังไม่ม้วนเป็นเม็ด จะถูกอากาศได้ง่าย จึงเกิด oxidation ของ EGCG ได้ง่ายกว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณของ EGCG อาจมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันตามโครงสร้าง คือ catechins ซึ่งเป็น 2,3-trans ส่วน epicatechins มีรูปร่างเป็นแบบ 2,3-cis เมื่อผ่านการอบด้วยไอน้ำหรือการคั่ว epicatechins จะลดลงในระหว่างการบวนการผลิตและการเก็บรักษา ในขณะที่ catechins จะเพิ่มขึ้นเมื่อถูกกระบวนการความร้อน แต่จะลดลงในระหว่างกระบวนการเก็บรักษา การเพิ่มขึ้นของ catechins มีรายงานว่าเป็นผลมาจากกระบวนการ epimerization ของ epicatechins แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงไอโซเมอร์ของ catechins จะต่ำกว่า epicatechins ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้ ปริมาณ catechins เพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตที่มีความร้อนได้ (Wang *et al.*, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 เปรียบเทียบปริมาณที่ลดลงของ catechins และ polyphenol (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง) ก่อนและหลังกระบวนการผลิตชาอู่หลง

สารสำคัญ	โรงงาน	ปริมาณในใบสด (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณในใบชาหลังอบ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณที่ลดลง (เปอร์เซ็นต์)
total polyphenol	1	17.69 ± 1.00	9.31 ± 0.19	47.37
	2	11.64 ± 1.77	10.96 ± 0.60	5.84
	3	11.97 ± 0.58	11.60 ± 0.59	3.09
total catechins	1	7.56 ± 0.83	3.23 ± 0.29	57.28
	2	2.39 ± 0.26	2.33 ± 0.19	2.51
	3	2.44 ± 0.13	2.39 ± 0.13	2.05
EGCG	1	2.12 ± 0.47	2.10 ± 0.21	0.94
	2	2.87 ± 0.37	1.97 ± 0.23	31.36
	3	2.20 ± 0.05	1.89 ± 0.03	14.09

4.4 ผลของอุณหภูมิและเวลาต่อปริมาณ catechins และ polyphenol

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ catechins และ polyphenol ในชาที่ทดลองอบที่อุณหภูมิ 90, 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 1.5 และ 2 ชั่วโมง โดยใช้ชาที่ได้จากกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงานก่อนที่จะเข้าสู่การอบขั้นตอนสุดท้าย ปริมาณ catechins และ polyphenol ที่ใช้ชาจากโรงงานที่ 1 แสดงดังตาราง 4.7 พบว่าผลของอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบทำให้ปริมาณของ catechins และ polyphenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ชาที่มีปริมาณ EGCG และ catechins สูงสุด คือชาที่อบด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที โดยมีปริมาณ EGCG 2.88 ± 0.10 และ catechins 8.44 ± 2.73 ส่วนชาที่อบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะมีปริมาณ EGCG และ catechins น้อยที่สุดมีปริมาณ EGCG 2.58 ± 0.26 และ catechins 3.43 ± 0.20 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการอบในสภาวะที่อุณหภูมิสูง EGCG จะเกิดปฏิกริยา isomerization ไปเป็นสารตัวอื่นดัง Ikeda *et al.* (2003) รายงานว่า เมื่อสาร catechins หลัก ได้แก่ (-)-epicatechin, (-)-epigallocatechin, (-)-epicatechin gallate, and (-)-epigallocatechin gallate ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน ซึ่งปกติใช้อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส พบว่า catechins ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ จะเกิดการ epimerization ตรงตำแหน่งที่ 2 เป็น (-)-catechin, (-)-gallocatechin, (-)-catechin

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 ปริมาณ catechins และ polyphenol ของชาจากโรงงานที่ 1 ที่นำไปอบที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชั่วโมง)	เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง		
		total polyphenol	total catechins	EGCG
90	1.0	11.85 [f] ±0.07	3.69 [c] ±0.69	2.82 [ab] ±0.10
	1.5	12.46 [def] ±0.18	8.44 [a] ±2.73	2.88 [a] ±0.10
	2.0	11.94 [f] ±0.36	5.05 [bc] ±1.43	2.69 [abc] ±0.08
100	1.0	12.63 [cdef] ±0.47	7.06 [ab] ±2.36	2.70 [abc] ±0.12
	1.5	12.19 [ef] ±0.20	4.63 [bc] ±1.79	2.46 [cd] ±0.05
	2.0	12.41 [def] ±0.53	8.21 [a] ±3.52	2.58 [bcd] ±0.15
110	1.0	12.80 [bcde] ±0.34	5.04 [bc] ±1.34	2.63 [abcd] ±0.08
	1.5	13.49 [ab] ±0.72	5.86 [abc] ±0.00	2.73 [abc] ±0.12
	2.0	13.03 [bcd] ±0.54	3.82 [c] ±0.62	2.73 [abc] ±0.14
120	1.0	12.54 [cdef] ±0.29	3.56 [c] ±0.16	2.51 [cd] ±0.27
	1.5	13.30 [abc] ±0.52	4.01 [bc] ±0.66	2.45 [cd] ±0.13
	2.0	14.06 [a] ±0.46	3.43 [c] ±0.20	2.58 [d] ±0.26

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณ catechins และ polyphenol ที่ใช้ชาจากโรงงานที่ 2 แสดงดังตาราง 4.8 พบว่าผลของอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบทำให้ปริมาณของ catechins และ polyphenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยชาที่อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณ EGCG สูงสุดไม่ว่าจะอบโดยใช้เวลา 1, 1 ชั่วโมง 30 นาที และ 2 ชั่วโมง และชาที่มีปริมาณ EGCG และ catechins น้อยที่สุดคือชาที่อบอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ส่วนปริมาณ polyphenol จะให้ผลในทางตรงกันข้ามเช่นเดียวกับ โรงงานที่ 1 คือชาที่อบอุณหภูมิสูง หรือชาที่อบเป็นเวลานานจะมี ปริมาณ polyphenol สูงสุด คือที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที จะมีปริมาณ polyphenol สูงสุดคือ 11.71 ± 0.20 แต่ชาที่อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที จะมีปริมาณ polyphenol น้อยที่สุดคือ 10.08 ± 0.27

ตารางที่ 4.8 ปริมาณ catechins และ polyphenol ของชาจากโรงงานที่ 2 ที่นำไปอบที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชั่วโมง)	เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง		
		total polyphenol	total catechins	EGCG
90	1.0	$10.87^{bc} \pm 0.13$	$2.42^{ab} \pm 0.20$	$4.25^{a} \pm 0.14$
	1.5	$10.61^{cd} \pm 0.12$	$2.85^{ab} \pm 0.51$	$4.01^{a} \pm 0.12$
	2.0	$11.19^{ab} \pm 0.42$	$3.19^{ab} \pm 1.47$	$4.24^{a} \pm 0.14$
100	1.0	$10.53^{cd} \pm 0.26$	$3.46^{ab} \pm 2.43$	$3.48^{b} \pm 0.42$
	1.5	$10.08^{d} \pm 0.27$	$4.27^{a} \pm 2.21$	$3.33^{b} \pm 0.08$
	2.0	$10.53^{cd} \pm 0.46$	$2.96^{ab} \pm 0.59$	$3.48^{b} \pm 0.14$
110	1.0	$11.13^{ab} \pm 0.26$	$2.18^{ab} \pm 0.29$	$3.47^{b} \pm 0.18$
	1.5	$11.71^{a} \pm 0.20$	$2.79^{ab} \pm 0.47$	$3.40^{b} \pm 0.31$
	2.0	$10.65^{cd} \pm 0.20$	$1.86^{b} \pm 0.09$	$2.50^{c} \pm 0.28$
120	1.0	$11.10^{ab} \pm 0.03$	$2.68^{ab} \pm 0.46$	$3.29^{b} \pm 0.51$
	1.5	$10.94^{bc} \pm 0.22$	$3.02^{ab} \pm 1.67$	$3.08^{b} \pm 0.09$
	2.0	$10.59^{ab} \pm 0.11$	$2.89^{ab} \pm 0.50$	$3.13^{b} \pm 0.16$

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณ catechins และ polyphenol ที่ใช้ชาจากโรงงานที่ 3 แสดงดังตาราง 4.9 พบว่าผลของอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการอบทำให้ปริมาณของ polyphenol แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) แต่ไม่มีผลต่อ catechins และ EGCG ส่วนผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบต่อ polyphenol นั้น พบว่าให้ผลสอดคล้องกับ อีกสองโรงงานที่กล่าวมาแล้วข้างต้นคือชาที่อบอุณหภูมิสูงเป็นเวลานานจะมี ปริมาณ polyphenol สูงสุด คือที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะมีปริมาณ polyphenol สูงสุดคือ 12.49 ± 0.27 แต่ชาที่อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะมีปริมาณ polyphenol น้อยที่สุดคือ 11.58 ± 1.19

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.7-4.9 และตารางในภาคผนวก ค ที่แสดงผลของอุณหภูมิและเวลาต่อปริมาณ total polyphenol, total catechins และ EGCG ของชาที่ได้รับจากโรงงานทั้ง 3 โรงงาน ได้ทำการคัดเลือกอุณหภูมิในการอบที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ไปอบชาเพื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

ตาราง 4.9 ปริมาณ catechins และ polyphenol ของชาจากโรงงานที่ 3 ที่นำไปอบที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชั่วโมง)	เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง		
		total polyphenol	total catechins [ns]	EGCG [ns]
90	1.0	11.58 [b] ±1.19	2.55±0.14	0.45±0.66
	1.5	12.20 [ab] ±0.31	2.67±0.03	1.09±1.35
	2.0	12.46 [ab] ±0.23	2.69±0.10	1.23±0.82
100	1.0	12.01 [ab] ±0.24	2.61±0.06	1.19±1.06
	1.5	12.48 [ab] ±0.30	2.83±0.30	1.13±0.88
	2.0	11.99 [ab] ±0.34	2.78±0.27	1.24±1.21
110	1.0	12.12 [ab] ±0.26	2.76±0.17	1.06±0.89
	1.5	12.24 [ab] ±0.24	2.76±0.20	1.80±0.94
	2.0	11.67 [ab] ±0.24	2.70±0.22	1.04±0.98
120	1.0	11.58 [b] ±0.62	2.59±0.07	1.77±0.77
	1.5	12.10 [ab] ±0.16	2.88±0.15	1.41±1.04
	2.0	12.49 [a] ±0.27	2.72±0.18	1.74±0.72

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง อักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

: [ns] หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบลักษณะความชอบโดยรวม สี กลิ่นหอมของชา รสชาติของชา รสหวานหลังจากกลืน รสฝาดและรสขม ของน้ำชาที่สกัดจากชาอู่หลงเบอร์ 12 ที่อบด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ที่ได้รับจากโรงงานที่ 2 และโรงงานที่ 1 ซึ่งได้ทำการทดลองในข้อ 4.4 แล้วว่า ชาแต่ละโรงงานจะมีปริมาณ EGCG และ total catechins สูงว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ที่ใช้อุณหภูมิในการอบนี้ จึงได้นำชาอู่หลงเบอร์ 12 ที่ได้จากที่นำมาอบด้วยอุณหภูมิดังกล่าว มาชงด้วยน้ำร้อน เปรียบเทียบกับน้ำชาอู่หลงเบอร์ 12 ที่ขายตามท้องตลาด พบว่าทุกลักษณะคุณภาพของน้ำชาแต่ละทรีตเมนต์มีค่าใกล้เคียงกัน และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ดังตาราง 4.10 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย แต่คะแนนในด้านสี กลิ่น รสชาติโดยรวมของชาที่ขายในท้องตลาดจะมีคะแนนมากกว่า ซึ่งอาจเนื่องมาจากระดับการหมักที่ต่างกัน โดยสังเกตจากสีของน้ำชาที่ชงจากชาที่ขายในต้องตลาดจะมีสีเหลืองเข้มกว่าชาที่นำมาอบเอง นอกจากนี้ชาที่ขายในท้องตลาดมีขนาดใบที่ม้วนเล็กกว่าชาที่นำมาอบเองจึงอาจทำให้การสกัดสีออกมาได้ดีกว่า

ตาราง 4.10 คะแนนของลักษณะคุณภาพของชาที่อบด้วยอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาทีเปรียบเทียบกับชาที่ขายตามท้องตลาด

ลักษณะคุณภาพ	คะแนน		
	ชาจากตลาด ns	ชาจากโรงงานที่ 2 ns (อบ 90 °C 1.5 ชั่วโมง)	ชาจากโรงงานที่ 1 ns (อบ 90 °C 1.5 ชั่วโมง)
สี	6.41±0.76	6.12±0.63	6.33±0.74
กลิ่นหอมของชา	6.11±0.96	5.71±0.91	5.71±0.79
รสชาติของชา	5.51±1.18	5.39±0.96	5.39±0.98
รสหวานหลังจากกลืน	5.31±0.95	5.09±0.88	5.25±0.81
ความฝาด	5.12±1.07	5.20±0.90	5.17±0.95
ความขม	5.16±1.06	5.29±0.96	5.30±1.06
ความชอบโดยรวม	5.69±1.17	5.58±0.93	5.57±0.96

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Wang *et al.* (2004) กล่าวว่า การทดสอบทางประสาทสัมผัสนี้มีความสำคัญในการจัดเกรดคุณภาพของชา โดยเฉพาะคุณภาพด้านสีและ กลิ่นมีความสำคัญอย่างยิ่ง คุณลักษณะของชาที่มีเกรดต่ำอาจเป็นผลมาจาก กระบวนการผลิตหรือการเก็บรักษาที่ไม่ดี

การศึกษานี้สรุปได้ว่าการอบชาในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที นั้นจะมีปริมาณ EGCG สูง และยังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับชาอู่หลงที่ขายในท้องตลาดทั่วไปด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved