

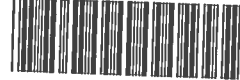
17510

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ชาใบชี่เหล็ก

Tea from Cassia



T096928



โดย

นายชัยวัฒน์ เหลืองภัทรรักษ์ รหัส 42045079

นายประดิษฐ์ชาติ เหนียงแจ่ม รหัส 42045092

ร.พ.  
ช 232 ช  
2544

เลขหมู่..... 96928

เลขทะเบียน.....

รับเดือนปี..... 5 JUN 2009

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ชาใบชี่เหล็ก


Tea from Cassia

โดย

นายชัยวัฒน์ เหลืองภัทรรักษ์ รหัส 42045079

นายประดิษฐ์ชาติ เหนียงแจ่ม รหัส 42045092

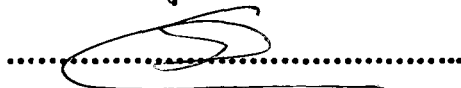
ได้รับความเห็นชอบจาก

...../...../.....

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร



( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

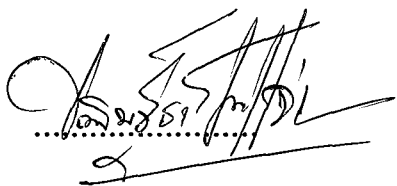
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. ....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชัยวัฒน์ เหลืองภัทรรักษ์ และประคิษฐ์ชาติ เหนียงแจ่ม . 2543 : ชาใบจี้เหล็ก (Tea from Cassia)  
 ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
 ทหารลาดกระบัง . อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ

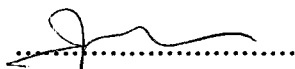
ใบจี้เหล็กเป็นพืชที่มีแร่ธาตุและสารอาหารสูง การผลิตชาใบจี้เหล็กจะใช้วิธีการผลิตชา  
 แบบชาจีน เนื่องจากใบจี้เหล็กมีความขม จึงทำการลดความขมโดย 1. วิธีลวกน้ำร้อน ( $100^{\circ}\text{C}$ ) ที่  
 1,3 และ 5 นาที 2. วิธีแช่น้ำเกลือ ความเข้มข้น 15 % ที่เวลา 3,6,12 ชั่วโมง ชาที่ผ่านการลวกน้ำ  
 ร้อน  $100^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 3 นาทีและชาที่ไม่ผ่านการลดความขมจะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ Fe, Ca,  
 P ที่ละลายออกมาที่เวลาการชง 1,3,5 นาที พบว่า ชาที่ไม่ผ่านการลดความขม ใช้เวลาในการชง 1  
 นาที มีปริมาณธาตุ Fe ละลายออกมามากที่สุด คือ 0.289 ppm ชาที่ไม่ผ่านการลดความขมใช้เวลาใน  
 การชง 3 นาทีมีปริมาณธาตุ Ca ละลายออกมามากที่สุด คือ 27.8633 ppm ชาที่ไม่ผ่านการลดความ  
 ขมชงที่ 5 นาที จะมีปริมาณ P ละลายออกมามากที่สุด คือ 11.0216 ppm

ด้านการยอมรับของผลิตภัณฑ์ชาใบจี้เหล็ก ชาใบจี้เหล็กจะผ่านการลดความขมโดยวิธีการ  
 ลวกน้ำร้อน 3 นาที ที่  $100^{\circ}\text{C}$  ผู้ทดสอบมีความยอมรับมากที่สุดในด้านสี รสชาติ ความขมที่น้อย  
 ส่วนด้านกลิ่นจะมีการยอมรับที่ไม่แตกต่างกันมากนัก เพราะสูญเสียกลิ่นจากกระบวนการลวกน้ำ  
 ร้อน จึงทำให้ชาที่ผ่านกรรมวิธีการลดความขมโดยการลวกน้ำร้อน 3 นาทีที่  $100^{\circ}\text{C}$  เป็นที่ยอมรับ  
 ของผู้ทดสอบมากที่สุด การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาใบจี้เหล็กที่ลดความขมโดยการลวกน้ำร้อน  $100^{\circ}\text{C}$   
 3 นาที โดยการนำไปผสมกับชาสำเร็จรูปลิปตัน ชาผสมผงชะเอม และชาผสมน้ำผึ้ง ปรากฏว่า ชา  
 ใบจี้เหล็กลดความขมผสมชาสำเร็จรูปลิปตัน ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด ทั้งทางด้านรสชาติ ความ  
 ขม ความชอบรวม และกลิ่นที่ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ส่วนสีจะมีสีเข้มทำให้การยอมรับไม่ดี  
 นัก แต่โดยรวมแล้วผู้ทดสอบจะยอมรับชาใบจี้เหล็กที่ผสมกับชาสำเร็จรูปลิปตันมากที่สุด



.....  
 ชัยวัฒน์

ลายมือชื่อนักศึกษา



ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา

17 2 44  
 .....

วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษ เรื่อง ซาไบจีเหล็ก ฉบับนี้ สามารถสำเร็จได้ด้วยดี ผู้จัดทำต้องกราบ  
ขอบพระคุณ ผศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษซาไบจีเหล็ก ที่ช่วยกรุณาแนะ  
นำ แก้ไข เรียบเรียงถ้อยคำ และให้คำปรึกษา เป็นอย่างดี จนปัญหาพิเศษเรื่องซาไบ  
จีเหล็กสมบูรณ์ สามารถประสบผลสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ. เขวาลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์ และอาจารย์ประมวล ศรี  
กาหลง ที่กรุณาเป็นอาจารย์คณะกรรมการปัญหาพิเศษ ที่ช่วยกรุณา เพิ่มเติมข้อมูลบาง  
ส่วน ที่ขาดหายไปสมบูรณ์ครบถ้วน จนปัญหาพิเศษเรื่องซาไบจีเหล็กสมบูรณ์

ขอบพระคุณ คุณ ปกรณ์ ค่วนภูษา เจ้าหน้าที่ฝ่ายช่าง บริษัท การบินไทยจำกัด  
(มหาชน) นักศึกษารุ่นพี่ คณะเทคนิคเคมี วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสาร  
เคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ และแนวคิดในการวิเคราะห์ทางเคมี

และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ที่ช่วยร่วมมือ และช่วยเหลือในการ  
เป็นผู้ทดสอบที่ดี และกำลังใจที่มีให้กันเสมอมา

ชัยวัฒน์ เหลืองภัทรรักษ์  
ประดิษฐ์ชาติ เหนียงแจ่ม  
13 มีนาคม 2544

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
สารบัญภาคผนวก	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร จีเหล็ก	2
ธา	2
บทที่ 3 วิธีการทดลองและอุปกรณ์	16
อุปกรณ์และเครื่องมือ	23
ขั้นตอนการทดลอง	23
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	25
1. ลักษณะของผลิตภัณฑ์	33
2. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาใบจีเหล็ก	33
3. การหาปริมาณองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ชาใบจีเหล็ก ประเภทต่าง ๆ	34
4. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาใบจีเหล็กที่ทำการพัฒนา	35
5. ข้อเสนอแนะ	39
เอกสารอ้างอิง	41
ประวัติผู้เขียน	61
	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ตารางแสดงลักษณะของชาใบจี้เหล็กที่ผลิตโดยวิธีต่าง ๆ	33
4.2 ตารางแสดงระดับคะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ชาใบจี้เหล็ก	34
4.3.1 ตารางแสดงปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ในผลิตภัณฑ์ชา	35
4.3.2 ตารางแสดงปริมาณธาตุเหล็ก แคลเซียม และฟอสฟอรัส ในผลิตภัณฑ์ชา	37
4.4 ตารางแสดงระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาใบจี้เหล็ก	39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ภาพแสดงใบไม้แห้งที่สกัด	2
2.2 ภาพแสดงลักษณะสูตร โครงสร้าง Chromone	9
2.3 ภาพแสดงลักษณะสูตร โครงสร้าง Cassiachromone	12
2.4 ภาพแสดงลักษณะสูตร โครงสร้าง Coumarins	14
2.5 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตชาจีน และชาฝรั่ง	19
3.1 ภาพแสดงขั้นตอนการผลิตชาเขียวที่ผ่านการลดความขม (แบบชาจีน)	30
3.2 ภาพแสดงขั้นตอนการผลิตชาเขียวที่ผ่านการลดความขม (แช่น้ำเกลือ)	31
3.3 ภาพแสดงขั้นตอนการผลิตชาเขียวที่ผ่านการลดความขม (ลวกน้ำร้อน)	32
4.1 ภาพแสดงแผนภูมิเปรียบเทียบ ความชื้น ไนโตรเจน โปรตีน และเถ้า	36
4.2 ภาพแสดงแผนภูมิเปรียบเทียบ Fe, Ca , และ P	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาคผนวก

	หน้า
ภาคผนวก	42
ภาคผนวก ก.	43
- การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน	45
- การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน	48
- การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า	49
- การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น	50
- การวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุ Ca, Fe, P	52
ภาคผนวก ข	54
- แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	54
ภาคผนวก ค	54
- การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	54



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 บทนำ

ชาเป็นเครื่องดื่มที่เก่าแก่ของโลกที่แพร่หลายมานานกว่า 2000 ปีแล้ว ซึ่งชาวจีนเป็นชนชาติแรกที่รู้จักดื่มชาและการนำเอาใบชาไปใช้ประโยชน์ทางเภสัชกรรม ต่อมาได้มีการนำพืชชนิดอื่นๆ เช่น ใบเตย ว่านหางจระเข้ ดอกคำฝอย ใบหม่อน มาทำเป็นเครื่องดื่มที่มีลักษณะเดียวกับชา จึงได้มีการใช้ชื่อคำว่า "ชา" นำหน้าพืชชนิดนั้นๆ ที่นำมาทำการผลิต อาทิ ชาใบเตย ชาใบหม่อน เป็นต้น ชาเป็นเครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและสารที่เป็นองค์ประกอบของพืชแต่ละชนิด โดยส่วนใหญ่แล้วจะนำพืชที่เป็นสมุนไพรมาแปรรูปเป็นชา จี้เหล็กเป็นพืชสมุนไพรอีกชนิดหนึ่งและเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูงเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นและมีคุณสมบัติเป็นพืชสมุนไพรอีกด้วย สามารถช่วยระบายท้องได้ดี ช่วยให้นอนหลับ มีฤทธิ์คลายเครียด ขับปัสสาวะ ขึ้นอยู่กับส่วนที่นำมาใช้ของต้นจี้เหล็ก นอกจากนี้ใบอ่อนของต้นจี้เหล็กยังมีสารอาหารหลายอย่างคือ วิตามินเอ และวิตามินซี ค่อนข้างสูงเราสามารถนำส่วนต่างๆ ของต้นจี้เหล็กมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้มากมาย เช่นการนำมาปรุงเป็นอาหารโดยตรง เช่นแกงกะทิ หรือทานเป็นผักจิ้ม ชาใบจี้เหล็กก็เป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่สามารถผลิตได้จากใบของต้นจี้เหล็ก

### 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตชาจากใบจี้เหล็ก
2. เพื่อศึกษาแนวทางการผลิตและส่วนผสมต่างๆ ที่มีคุณภาพ และการยอมรับผลิตภัณฑ์ชาใบจี้เหล็กของผู้บริโภค
3. เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์ของใบจี้เหล็กเพื่อเป็นแนวทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค
4. ศึกษาองค์ประกอบบางตัวที่เป็นประโยชน์ ที่มีอยู่ในชาจี้เหล็กหลังจากผ่านกรรมวิธีผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ ๒

### การตรวจเอกสาร

#### 2.1 ขี้เหล็ก

ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Cassia siamea</i> Britt.
วงศ์	Leguminosae
ชื่ออังกฤษ	Cassod tree, Thai copper pod.
ชื่อพื้นเมือง	ขี้เหล็กแก่น (ราชบุรี) ขี้เหล็กบ้าน (ลำปาง, สุราษฎร์ธานี) ขี้เหล็กหลวง (เหนือ) ขี้เหล็กใหญ่ (กลาง) ผักขี้เหล็ก (จันทบุรี-แม่ฮ่องสอน) แม่ขี้เหล็กพะโคะ (กะเหรี่ยง- แม่ฮ่องสอน) ยะหา (มาเลย์-ปัตตานี)

#### 2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์



รูปที่ 2.1 แสดงใบขี้เหล็กสด

ใบ เป็นใบประกอบยอดคู่ ใบย่อยมี 7-10 คู่ รูปขอบขนานแกมรูปไข่ กว้าง 1-2 ซม. ยาว 3-7 ซม. ปลายกลม หรือ เว้าเป็นแฉ่งเล็กน้อย และมีติ่งแหลม โคนกลม ค้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลี้ยง ด้านล่างค่อนข้างมีขนนุ่มแกนกลางช่อใบยาว 10-25 ซม. ก้านใบยาว 2-3 ซม. หูใบขนาดเล็ก เรียวแหลม หลุดร่วงง่าย

**ดอก** สีเหลือง ออกเป็นช่อขนาดใหญ่ที่ปลายยอดก้านช่อแข็งยาว 5-7 ซม. ใบประดับ รูปไข่กลับ ปลายแหลม ยาว 5 ซม. ก้านดอกย่อย ยาว 2-3 ซม. มีขนกลีบรองกลีบดอกมี 5 กลีบ กลม หนา ขนาดไม่เท่ากัน สองกลีบนอก ยาว 5 มม. สามกลีบในยาวถึง 9 มม. มีขนด้านนอก กลีบดอกมี 5 กลีบ รูปไข่กว้างยาว 1.5-2 ซม. มีก้านกลีบสั้น เกสรผู้มี 10 อัน รังไข่ มีขนนุ่ม ท่อเกสรเมียเกลี้ยง

**ผล** เป็นฝักแบน กว้าง 1-1.5 ซม. ยาว 20-30 ซม. ขนเกลี้ยงเป็นร่อง มีสีน้ำตาลเข้มคล้ำ

**เมล็ด** มี 20-30 เมล็ด รูปไข่ กว้าง 5-6 ซม. ยาว 10-15 มม. แบน สีน้ำตาลอ่อน การขยายพันธุ์

โดยเมล็ด เพาะเมล็ดจนได้ต้นกล้าสูงประมาณ 30 ซม. จึงย้ายไปปลูกตามที่ต้องการได้ โดยชุดหลุมเตรียมไว้ กว้าง ยาว และลึกประมาณ 50 ซม. ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักรองก้นหลุม นำต้นกล้าลงปลูก กลบดินในเรียบ รดน้ำให้ชุ่มไม่นานก็จะตั้งตัวได้

พันธุ์ไม้อ้างอิง Geesink et al. 6473 (BKF), Vanpruk 135 (BKF).

## 2.1.2 สรรพคุณในตำรายาไทย

**ราก** รักษาไข้ ไข้กลับ ไข้หนาวๆ ร้อนๆ ไข้ผัดสำแดง แก้ไข้บำรุงธาตุ รักษาโรคอันเป็นอจินธาตุ รักษาโรคเหน็บชา

**ลำต้นและกิ่ง** เป็นยาระบาย รักษาโรคผิวหนัง แก้โรคกระษัย แก้นิว ขับปัสสาวะ ขับระดูขาว

**ทั้งต้น** แก้กระษัย ดับพิษไข้ แก้พิษเสมหะ รักษาโรคหนองใน รักษาอาการตัวเหลือง เป็นยาระบาย บำรุงน้ำดี ทำให้เส้นเอ็นหย่อน

**เปลือก** รักษาโรคริดสีดวง แก่ริดสีดวงทวาร รักษาโรคหิด แก้กระษัย

**กระพี้** แก่ร้อนกระสับกระส่ายเพราะพิษไข้ แก้กระษัย เส้นเอ็นพิการ แก้ไข้เพื่อน้ำดี แก้โลหิตระส่ำระสาย ถ่ายพิษ แก่จุกผาม ม้ามช้อยและโลหิตคั่งขึ้นเบื้องบน ขับถ่ายโลหิตเสีย บำรุงโลหิต

**แก่น** รักษาโรคเบาหวาน รักษาโรคหนองใน รักษาโรคผิวหนัง รักษาแผล ฝี รักษาอาการท้องผูก เป็นยาระบาย แก้ไฟธาตุพิการ แก้โลหิตที่ทำให้ระส่ำระสายแก่แสบตา แก้โลหิตจับน้ำคาวปลา ฟอกโลหิตในสตรี แก่ระดูพิการ ขับล้างโลหิต บำรุงโลหิต ขับปัสสาวะ แก้ไตพิการ รักษาโรคเหน็บชา แก้กระษัย แก้เส้นคิ่ง แก่อาการปวดบั้นเอว ถ่ายม้ามช้อย (มาเลเรีย เรื้อรัง) ถ่ายพิษทั้งปวง แก่ลม แก้กระษัยจุกเสียด แก่ลมที่ทำให้เย็นทั่วร่างกาย ขับพยาธิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ใบ** รักษาโรคบิด รักษาโรคเบาหวาน แก้อ่อนใน รักษาฝีมะม่วง ขับปัสสาวะ รักษาฝี แก่กระษัย เป็นยาระบาย แก่ระดูขาว รักษาโรคเหน็บชา ลดความดันโลหิตสูง ขับพยาธิ รักษาอาการนอนไม่หลับ

**ดอก** รักษาโรคเส้นประสาท นอนไม่หลับ รักษาหืด รักษาโรคโลหิตพิการ ผายธาตุ รักษารังแค ขับพยาธิ

**ฝัก** แก้พิษไข้เพื่อน้ำดี พิษไข้เพื่อเสมหะ แก้ลมขึ้นเบื้องสูง เบื้องบน โลหิตขึ้น เบื้องบน ทำให้ระส่ำระสายในท้อง และแก้โลหิตที่ทำให้แสบในจักษุทวาร

### 2.1.3 การเตรียมเป็นยาสมุนไพร

#### 2.1.3.1 ยาระบาย

ส่วนที่ใช้ : ใบอ่อนและแก่น

ปริมาณที่ใช้ : ใบอ่อนใช้ 2-3 กำมือ แก่น ขนาดประมาณ 2 ounculi 3-4 ชิ้น

วิธีใช้ : ใช้ใบอ่อนหรือแก่น ต้มกับน้ำ 1 ถ้วยแก้ว เดิมเกลือเล็กน้อยคั้นส่วนที่เป็นน้ำ เมื่อตื่นนอนตอนเช้า หรือก่อนอาหารเช้าครั้งเดียว

#### 2.1.3.2 ยาขับปัสสาวะ

ส่วนที่ใช้ : ใบแก่

ปริมาณที่ใช้ : ประมาณ 1 กำมือ

#### 2.1.3.2 ยาคลายกังวล และช่วยให้นอนหลับ

ส่วนที่ใช้ : ใบเทศลาด

ปริมาณที่ใช้ : -

วิธีใช้ : เอาใบเทศลาดมาสกัดด้วย alcohol หรือมาคองด้วยเหล้าโรง ใช้ความแรง 15% รับประทานน้ำยาคองก่อนนอน ครั้งละ 2 ช้อนโต๊ะ หรือประมาณ 4 ช้อนแกง หรือแกลงรับประทานก็จะ ได้ผลเช่นเดิม

### 2.1.4 คุณค่าด้านอาหาร

ดอกตูมและใบอ่อนของขี้เหล็ก มีรสขม ต้องต้มน้ำทิ้งหลายๆ ครั้งก่อนจึงนำมาปรุงเป็นอาหารได้ นิยมใช้ทำแกงกะทิ หรือทานเป็นผักจิ้ม ช่วยระบายท้องได้ดี ทั้งดอกตูมและใบอ่อน มีสารอาหารหลายอย่างคือ มีวิตามินเอ และวิตามินซี ค่อนข้างสูง ในดอกมีมากกว่าในใบ ใบขี้เหล็กบ่มรวมกับผลไม้ ช่วยให้ผลไม้สุกเร็ว

## 2.1.5 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและการทดลองทางคลินิก

### 2.1.5.1 เปลือกต้น

1. ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (Antibacterial activity) Nakanishi ทำการทดลองให้สารสกัดเปลือกต้นขี้เหล็กด้วยเมธานอลและน้ำ (1:1) พบฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *Proteus vulgaris* ในหลอดทดลอง

2. ฤทธิ์ต้านมะเร็ง (Anticancer activity) เมื่อให้สารสกัดเปลือกต้นขี้เหล็กด้วยเมธานอลและน้ำ (1:1) โดยฉีดเข้าทางช่องท้องหนูในขนาด 1.0 ก./กก. พบว่าไม่มีผลต่อเซลล์มะเร็งชนิด Sacroma (Yoshida Asc.)

3. การทดสอบความเป็นพิษ (Toxicity assessment) สารสกัดจากเปลือกต้นขี้เหล็กด้วยเมธานอลและน้ำ (1:1) เมื่อฉีดเข้าช่องท้องหนูขาว เพศผู้ ขนาดที่ทำให้หนูตายครั้งหนึ่งคือ 1.0 ก./กก.

### 2.1.5.2 ใบ

1. ฤทธิ์กดระบบประสาทส่วนกลาง (C.N. S. depressant) เมื่อให้สัตว์ทดลองกินสารสกัดใบขี้เหล็กด้วยอัลกอฮอล์ 25% (1:1) หรือเมื่อฉีดสารสกัดใบขี้เหล็ก ซึ่งเตรียมโดยสกัดใบขี้เหล็กด้วยอัลกอฮอล์ 95% แล้วระเหยแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 50% กากที่ได้นำมาละลายในกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 0.1% แล้วทำให้เกือบเป็นกลางด้วยด่าง สกัดด้วยคลอโรฟอร์มซึ่งเป็นวิธีแยกส่วนอัลคาลอยด์ นำสารสกัดคลอโรฟอร์มไประเหยแห้งด้วยลมเย็น พบว่ามีผลกดประสาทส่วนกลางซึ่งรวมทั้งสมองและไขสันหลัง ทำให้มีอาการซึม เคลื่อนไหวช้า ขอบนอนซุกตัวไม่หลับ

2. ฤทธิ์ต้านการชัก (Ant. Convulsant activity) เมื่อให้สารสกัดใบขี้เหล็กส่วนอัลคาลอยด์ ซึ่งแยกจากสารสกัดอัลกอฮอล์ 95% ในขนาด 20 มก./กก. แก่สัตว์ทดลองสามารถระงับอาการชัก เนื่องจากคาร์ดิอาโซล ขนาด 50 มก./กก. ซึ่งมีฤทธิ์กระตุ้นสมองใหญ่ (cerebrum) ได้และเมื่อให้สารสกัดใบขี้เหล็กด้วยอัลกอฮอล์ 25% (1:1) ก่อนฉีดสติคินี (strychnine) ซึ่งมีฤทธิ์กระตุ้นไขสันหลังและทำให้เกิดอาการชัก พบว่าสัตว์ทดลองเกิดอาการชักเป็นส่วนน้อยกว่าพวกที่ไม่ได้รับสารสกัดก่อนฉีดสติคินี

3. ฤทธิ์กระตุ้นกล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle stimulant) สารสกัดใบขี้เหล็กด้วยอัลกอฮอล์ 25% (1:1) มีฤทธิ์ต่อกล้ามเนื้อที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของจิตใจ เช่น กระเพาะอาหารทั้งในกบและสุนัข โดยเพิ่มการเกร็งตัว (tonus) เล็กน้อย ช่วงหดตัวและความถี่ของการหดตัวเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอนและไม่มาก ส่วนในหัวใจกบทั้งที่ตัดแยกจากตัวและไม่

ได้ตัดแยก การเกร็งตัวลดลงเมื่อแรกให้สารสกัดแล้วกลับเพิ่มสูงขึ้นเกินกว่าปกติ โดยที่อัตราการเต้นของหัวใจไม่เปลี่ยนแปลง

4. ฤทธิ์ต่อหลอดเลือดและระบบการไหลเวียนของโลหิต (Effect on Circulatory system) สารสกัดใบชี่เหล็กด้วยอัลกอฮอล์ 25% (1:1) สามารถเพิ่มการเกร็งตัวทำให้เส้นเลือดของกบตีบแคบเข้าในชั้นปานกลาง ถ้าฉีดส่วนสกัดอัลคาลอยด์ หัวใจอาจเต้นเร็วขึ้นเล็กน้อย เส้นเลือดอาจบีบตัวแรง และความดันโลหิตอาจเพิ่มขึ้น 10-12%

5. ฤทธิ์ต่อด้านการหายใจ (Effect on Respiratory system) สารสกัดใบชี่เหล็กด้วยอัลกอฮอล์ 95% และส่วนสกัดอัลคาลอยด์ในขนาดสูง ทำให้การหายใจมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย อาจเพราะสารสกัดนี้มีฤทธิ์กด medulla น้อยกว่าส่วนอื่นๆ ในระบบประสาทส่วนกลาง

6. ฤทธิ์ลดไข้ (Antipyretic activity) สารสกัดใบชี่เหล็กด้วยอัลกอฮอล์ 25% (1:1) ขนาดสูง ไม่สามารถลดไข้หนูตะเภาที่ทำให้เป็นไข้โดยการฉีดน้ำมันได้ และถ้าให้สารสกัดใบชี่เหล็กด้วยอัลกอฮอล์ 50% โดยผ่านสายยางเข้าช่องท้องกระต่ายและฉีดเข้าช่องท้องหนูพบว่าไม่สามารถลดไข้ได้เช่นเดียวกัน

7. ฤทธิ์ขับปัสสาวะ (Diuretic activity) ส่วนสกัดอัลคาลอยด์จากใบชี่เหล็กเมื่อฉีดเข้าช่องท้องหนู พบว่ามีฤทธิ์ขับปัสสาวะ

8. ฤทธิ์สงบประสาทหรือความเจ็บปวด (Tranquilizing and analgesic effect) ได้มีการทดลองในคน โดยให้รับประทานสารสกัดใบชี่เหล็กด้วยแอลกอฮอล์ 25% (1:1) พบว่า

8.1 ไม่มีผลต่อเวลาในการตอบสนองต่อแสงสว่างและต่อเสียง

8.2 มีผลต่ออาการปวดประจำเดือน โดย 9 ใน 10 คนมีอาการปวดน้อยลง 6 คนไม่มีอาการปวดน้อยลง 6 คน ไม่มีอาการปวดเลย และ 2 คนมีอาการปวดมีนศีรษะและท้องเสียแทรก และมีประจำเดือนมากกว่าปกติ

8.3 มีผลทำให้อาการปวดศีรษะลดลงแต่ก็มีอาการมีนศีรษะไม่สบายเกิดขึ้นด้วย

8.4 ฤทธิ์สงบประสาทได้ผลดีมาก โดยสารสกัดใบชี่เหล็ก สามารถช่วยให้นอนได้ดีขึ้นมาก และระงับอาการตื่นเต้นทางประสาท

9. ฤทธิ์เสริมฤทธิ์ยานอนหลับบาร์บิทูเรท (Barbiturate potentiation) เมื่อให้กระต่ายกินสารสกัดจากใบชี่เหล็กหรือใบชี่เหล็กแห้งปนผสมน้ำ ในขนาด 1-2 ก./กก. ก่อนฉีด pentobarbital โดยให้ครั้งเดียว 1 ชม. ก่อนฉีดยานอนหลับ และให้ทุกวันติดต่อกัน 7 วัน แล้วจึงฉีดยานอนหลับ พบว่าไม่มีฤทธิ์ทำให้ระยะหลับของกระต่ายเนื่องจาก pentobarbital เปลี่ยนแปลง

10. ฤทธิ์เป็นยาระบาย (Laxative effect) เมื่อให้สารสกัดด้วยน้ำร้อนจากใบชี้เหล็กผ่านสายยางเข้าช่องท้องหนูขาว พบว่ามีฤทธิ์เป็นยาระบาย

11. ฤทธิ์คลายกล้ามเนื้อเรียบ (Antispasmodic activity) สารสกัดใบชี้เหล็กด้วยอัลกอฮอล์ 50% ในขนาดความเข้มข้นต่างๆ มีฤทธิ์คลายกล้ามเนื้อเรียบของลำไส้หนูตะเภา

12. การทดสอบความเป็นพิษ (Toxicity assessment) พบว่าสารสกัดจากใบชี้เหล็กมีพิษอ่อนมากทั้งในคนและสัตว์ทดลอง โดยให้สัตว์ทดลอง กินในขนาด 70 ก./กก. ไม่มีอาการรุนแรงมากกว่านอนซบเซาขนาดที่ให้คนกินคือ 4-8 ก. หรือประมาณ 0.08-0.16 ก./กก. จึงนับว่าอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย มีอาสาสมัครผู้หนึ่งกินครั้งละ 12 ก. ไม่พบอาการอื่นนอกจากมีลมและจุก นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า สตรีผู้หนึ่งรับประทานครั้งเดียว 15 ก. โดยเข้าใจผิดที่ไม่มีอาการพิษแต่อย่างใด อาการพิษอื่นๆ ที่พบบ้างได้แก่ เมื่อให้สารสกัดใบชี้เหล็กด้วยอัลกอฮอล์ 25%

12.1 มีฤทธิ์ระคายเคืองเล็กน้อย โดยหยอดตากระต่าย ทำให้ตาอักเสบ

12.2 เมื่อกรอกเข้ากระเพาะอาหารสุนัขที่อดอาหารทำให้สุนัขอาเจียน

12.3 เมื่อกรอกให้หนูขาวมากๆ ทำให้ถ่ายอุจจาระเหลว

12.4 ให้คนรับประทาน 21 คน มีเพียง 1 คน ที่มีอาการท้องเดิน และยังมีผู้ทดลองให้สารสกัดใบชี้เหล็กด้วยอัลกอฮอล์ 50% โสขนาด 10 ก./กก. โดยการกรอกและฉีดเข้าใต้ผิวหนังหนูถีบจักร ไม่พบอาการพิษ ซึ่งขนาดที่ใช้นี้เป็น 5,000 เท่า ของที่ใช้ในตำรายา และถ้าให้สารสกัดใบชี้เหล็กด้วย เมธานอลและน้ำ (1:1) เข้าช่องท้องหนูเพศผู้ อัตราที่ทำให้หนูตายครั้งหนึ่งคือ 1.0 ก./กก.

สรุปแล้วสารสกัดจากใบชี้เหล็กมีฤทธิ์สงบประสาท ไม่ใช่เป็นยานอนหลับ แต่สามารถเสริมฤทธิ์ยานอนหลับบาร์บิทูเรทได้ สามารถใช้แทนยาประเภทโบรไมด์ได้ ในการใช้ความระมัดระวังอาการข้างเคียง ซึ่งปรากฏในสัตว์ทดลอง และควรมีการศึกษาสารสำคัญในการออกฤทธิ์เพื่อประโยชน์ในการควบคุมคุณภาพและขนาดที่ใช้

## 2.1.6 สารเคมีที่พบในต้นชี้เหล็ก (Chemical constituents of Cassia Siamea Britt)

### 2.1.6.1 ลำต้น

Cellulose , Chrysophanic acid

### 2.1.6.2 เปลือกต้น

Lupenone , Lupeol , Oleanolic acid ,  $\beta$ -Sitosterol , D-Sitosterol , Chrysophanic acid, Chrysophanic acid anthrone , Chrysophanic acid dianthrone , Physcion , Rhein

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.6.3 ใบ

Barakol , p-Coumaric acid , Alkaloids , 3-Methyl -6, 8-dihydroxyisoquinol-1-one , Apigenin -7-o-galactoside , Isorhamnetin , Kaempferol , 5-Acetyl 1-7-hydroxy-2-methylchromone , 1,2-Dimethyl-5-acetyl-7-hydroxy chromone , aloemodin , Chrysophanic , Physcion , Rhein , Gluco-aloemodin , Rhein-8-monoglucoside , Kaempferin , Chrysophanol , Cassiamine A ,  $\beta$ -Sitosterol , Apigenin , Cassiachromone , Chrysophanic acid anthrone , Chrysophanic acid dianthrone , Thalictiin , Siamine

### 2.1.6.4 ดอก

3-Methyl-6, 8-dihydroxyisoquinol-1-one , D-Sucrose , Anhydrobarako , hydrochloride 5-Acetyl-7-hydroxy-2-methylchromone ,  $\beta$ -Sitosterol , Lupeol , Arabinose , Cholesterol , 24-Methyl-cholesterol , Cycloartenol , Fructose , Glucose , (+)-Pinitol , Siamine , Stigmasterol

### 2.1.6.5 เมล็ด

2-Methyl-7-hydroxy-5 (prop-2-yl) chromone , Polysaccharide , Siamine

### 2.1.6.6 ไม้ระงูที่ใช้ส่วนใด

Siamine , Flavonoids , Cassiamin , Siameanin , Siamcadin , Pigment

## 2.1.7 สารเคมีที่พบในใบและยอดอ่อนของต้นขี้เหล็ก

### 2.1.7.1 Sterols

$\beta$ -Sitosterol มีสูตรทั่วไปคือ  $C_{27}H_{48}O$  น้ำหนักโมเลกุล 414.69 จุดหลอมเหลว 127 องศาเซลเซียส มีประโยชน์คือ

1. ใช้รักษา Type II hyperlipoproteinemia โดยออกฤทธิ์ยับยั้งการดูดซึม Cholesterol
2. ยับยั้งการเหนียวนำการเกิดมะเร็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.7.2 Anthraquinones

**Aloe-emodin** มีสูตรทั่วไปคือ  $C_{15}H_{10}O_5$  น้ำหนักโมเลกุล 270.23 มีผลึกสีส้มรูปเข็ม มีจุดหลอมเหลวที่ 223-224 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ยาเป็นยาระบาย

**Cassiamin A** มีจุดหลอมเหลวที่ 356-357 องศาเซลเซียส

**Rhein** มีสูตรทั่วไปคือ  $C_{15}H_8O_6$  น้ำหนักโมเลกุล 284.21 มีผลึกรูปเข็มสีเหลือง Rhein diacetate จะให้เป็น Antirheumatic และมีฤทธิ์ยับยั้ง Proteases

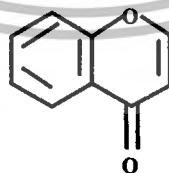
**Physcion** มีจุดหลอมเหลวที่ 207 องศา

#### Flavonoids

**Kaemferol** มีสูตรทั่วไปคือ  $C_{15}H_{10}O_6$  มีน้ำหนักโมเลกุล 256.23 เป็นผลึกรูปเข็มสีเหลือง จุดหลอมเหลว 276-278 องศา

### 2.1.7.3 Chromones

**Chromone** มีชื่อทางเคมีว่า 5,6-benzo- $\gamma$ -pyrones ซึ่งเป็น parent compound ของสารสิ่งต่าง ๆ ที่สำคัญในพืช โดยเปลี่ยนแปลงมาจาก fterone (2-phenyl chromone), flavonol (3-hydroflavone), flavonone (2,3-dihydroflavone) และ isoflavone (3-phenylchvonone) โดยมากสาร Chromone นี้เป็น active ingredients ของพืชจำนวนมากที่ใช้รักษาโรค ในอดีตจึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษา ลักษณะโครงสร้างของ chromone nucleus ดังรูป



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะสูตรโครงสร้างของ Chromone

Chromone ที่พบในธรรมชาติทั่วไป มักพบ Methyl group ที่ C-2

และมักถูก oxygenate ที่ C-5 และ C-7 จากการศึกษาของ Chromone อาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดจากการ Condensation ของ acetic acid 5 โมเลกุล หรืออาจเกิดจาก เดิม Acetate unit โดยปฏิกิริยา addition ลงไปที่ phenylpropane intermediate

Chromone ที่พบในธรรมชาติแบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ

1. Hydroxy chromones เช่น cugenin, cugentin
2. Furanochromones (Furochromones) เช่น Khellin
3. Pyranochromones เช่น Fulvic acid

Chromone จะถูกสกัดจากพืชแห้งโดยการใช้ Organic solvent เช่น ethyl ether, chloroform หรือ Acetone ซึ่งอาจตกผลึกโดยตรงโดยใช้ ตัวทำละลายเหล่านี้ แล้วทำให้บริสุทธิ์โดยใช้ MgO หรือ Neutral deactivated alumina chromatography

Chromone ที่มี phenolic hydroxyl group สามารถสกัดจากสารละลายอีเธอร์ โดยใช้สารละลาย Sodium hydroxide เจือจาง Chromoneglycoside สามารถสกัดโดยใช้ Methanol

Chromone ทั่วไปมักไม่มีสี แต่จะเกิดเกลือ oxonium สีเหลืองส้ม เมื่ออยู่ใน Strong Mineral acids ซึ่งปฏิกิริยานี้จะมีประโยชน์ในการบ่งชี้ ทราบว่ามี Chromone อยู่หรือไม่ อย่างไรก็ตามการพิสูจน์โครงสร้างต้อง ขึ้นอยู่กับการ degradation และการพิสูจน์เอกลักษณ์ของ split products โดยพบว่า UV absorption spectrum ของ Chromone จะแสดง Main band ที่ประมาณ 297 nm. และมี weak absorption ที่ประมาณ 250 nm. โดยถ้ามีการแทนที่ตำแหน่ง C-8 หรือมี furamring ในโมเลกุลจะเพิ่ม absorption Maximum จนถึง 340 nm. ได้ การแยก Chromones โดยใช้ paper Chromatography ทำได้โดยใช้ตัวทำละลายคือ น้ำผสมกับ 2-propanol

ชนิดของ Chromones ที่พบในใบและยอดอ่อนของขี้เหล็ก

1. 2-Methoxyacetoul 1-7 hydroxychromone (Cussischromone)

สกัดได้จากใบของ C.Siamea มีจุดหลอมเหลวที่ 208-209 องศาเซลเซียส ผลึกเป็นรูปเข็ม สูตรทั่วไปคือ  $C_{13}H_{12}O_4$

สกัดได้จากผงใบของขี้เหล็ก ซึ่งขจัดเอาไขมันออกแล้ว ด้วย petroleum ether แล้วสกัดด้วย 80% methanol เป็นเวลา 30 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องมือ soxheit นำมาระเหยแห้งแล้วสกัดด้วย Chloroform และ ethylacetate ตามลำดับ แล้วนำเอาส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ Chlorform มาแยกโดยใช้ Silica gel Chromatography มี (HCL<sub>3</sub>:Et OAc (8:2) และ Et OAc : MeOH (8:2) จะได้ Cassiachromone ออกมาในส่วนแรก

## 2. Barakol

มีชื่อเคมี 3a, 4-dihydro-3 a,8-dihydroxy-2, 5-dimethyl-1, 4-dioxaphenalene มีการแยกสกัดได้จากใบและดอกของพืชเห็ดถึก batokol เป็น Prodiol ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของ 5-autony-7-hydroxy-2-methylchromone

Barakol จะพบในรูปผลึกสีเหลืองมะนาวจาง มีจุดหลอมเหลว 165 องศา โดยผลึกจะละลายใน methanol, ethanol, acetone, benzene, Carbontetrachloride, ethyl ether และน้ำ มีสูตรโมเลกุลคือ C<sub>13</sub>H<sub>12</sub>O<sub>4</sub> สารละลายของ barakol เมื่อนำไปอุ่นเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ก็จะมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตกตะกอนเป็น polymer สีน้ำตาลเข้ม การเกิดปฏิกิริยา dehydration ของ barakol โดยการใช้ dessicator ที่มี phosphorus pentoxide หรือภายใต้ สูญญากาศจะได้ Anhychoburabol (C<sub>13</sub>H<sub>10</sub>O<sub>3</sub>) ซึ่งเป็นสาร Amorphous สีเขียวเข้ม ซึ่งไม่ค่อยลงตัว โดย anhydrobarakol เป็นอนุพันธ์ของ Methylene Quinone ซึ่งจะสลายตัวที่ 165 องศา และสามารถเปลี่ยนเป็น barakol โดยการนำไปละลายใน Aqueous Methanol

Barakol มีคุณสมบัติเป็นด่างแก่ พบอยู่ในรูปผลึกของ hydrobromide และ hydrochloride (C<sub>13</sub>H<sub>10</sub>O<sub>3</sub>.HX) โดยจะเกิดเป็นเกลือของ Anhydrosase ซึ่งจะเตรียมได้โดยการเติม Cone.HCl หรือ HBr ลงในสารละลายของ Barakol ใน Methanol การพยายามเปลี่ยนแปลงสูตรโครงสร้างของ barakol โดยการเติมหมู่ hydroxy มีจุดโดยการใส่ปฏิกิริยา Methylation หรือ Acetylation พบว่าไม่สามารถพิสูจน์เอกลักษณ์ได้ เช่นเดียวกับการทำปฏิกิริยา hydrogenation

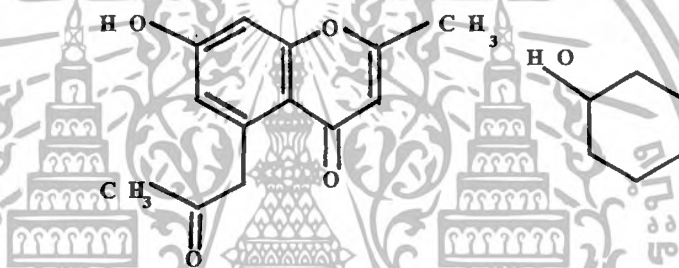
การศึกษา double irradiation แสดงให้เห็นถึง high-field methyl protons ซึ่ง Coupled กับ Vinyl proton ตัวอื่น (= 4.23) โดย Signals ที่ = 3.83 (1 H, J 1.7 Hz) และที่ 3.93 (1 H, J 1.7 Hz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าถูกกำหนดเป็น AB System เนื่องจากมี 2 Meta-Corpled protone

#### 2.1.7.4 Cassuiadinine

Cassuiadinine จากการศึกษาดำเนินการแยกสกัดจากดอกของ จี๋เหล็ก มีการค้นพบ Cassuiadinine พร้อมกับ (+)-6-hydroxymellein ซึ่งเป็น isomeric form ที่ค้นพบใหม่ของ dihydroisocoumarin โดยถูกแยก สกัดออกมากพร้อมกับ triterpenoids อีก 3 ชนิด คือ cycloart-23en-3 $\beta$ , 25-diol, friedelin และ betulin รวมทั้ง chromone derivatives คือ 5-acetonyl-7-hydroxy-2-methylchromone (cassiachromone) ซึ่งมีสูตร โครงสร้างดังรูป



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะสูตรโครงสร้าง Cassiachromone

ในการแยกสกัดจะพบ cassiadinine ในส่วนของ basic fraction ของ chloroform extract จากดอกของต้นจี๋เหล็ก ซึ่งจะทำ การแยกสกัด และรวบรวม โดยใช้ dichloromethane เป็น solvent ซึ่งจะให้สารละลายซึ่งเรืองแสงสีเหลืองเขียว มีสารประกอบเพียงหนึ่งชนิด (TLC)

cassiadinine จะพบเป็นรูปผลึก crystalline form มีจุดหลอมเหลว 80 องศา (dec.) โดยใช้ dichloromethane-petrol เป็น solvent ในการตกผลึก พบว่า cassiadinine นั้นไม่มีความคงตัวและเมื่อนำเอาสารละลายใน dichloromethane มาทำให้เข้มข้นแล้วเติม petrol จะได้ mixture ซึ่งเป็น amorphous form solid สีน้ำเงินเข้ม ซึ่งประกอบด้วย cassiadinine และ สารที่มีความเป็น polar มากกว่า cassiadinine ซึ่งไม่สามารถแยกออกจากกัน ได้ cassiadinine เมื่อทำปฏิกิริยากับ ferric chloride จะให้สีน้ำตาลแดง เมื่อทำปฏิกิริยากับ acetic anhydride หรือ diazomethane พบว่า ไม่ให้สาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

amorphous form solid สีน้ำตาลเข้ม ซึ่งประกอบด้วย cassiadinine และ สารที่มีความเป็น polar มากกว่า cassiadinine ซึ่งไม่สามารถแยกออกจากกันได้ cassiadinine เมื่อทำปฏิกิริยากับ ferric chloride จะให้สีน้ำตาลแดง เมื่อทำปฏิกิริยากับ acetic anhydride หรือ diazomethane พบว่า ไม่ให้สารบริสุทธิ์ชนิดใดเกิดขึ้นเลย รวมทั้งไม่สามารถที่จะย้อนปฏิกิริยากลับสู่สารตั้งต้นได้

การศึกษาสูตรโครงสร้างของ cassiadinine ทำโดยการนำมาทำปฏิกิริยา acid hydrolysis และนำเอา spectrum จาก UV, IR,  $^1\text{H}$ NMR ที่ได้ จากปฏิกิริยาไปเปรียบเทียบกับ spectrum ของ 5-acetyl-7-hydroxy-2-methylchromone

UV spectrum of cassiadinine จะแสดง absorption maxima (ethanol) ที่ 234,351 และ 390 nm. 2 ค่าแรก จะเหมือนกับ โครงสร้างของ cassiachromone โดยค่าสุดท้ายจะแสดงกับ highly conjugated structure IR spectrum จะพบ broad band ที่  $3420\text{-}2980\text{ cm}^{-1}$  ซึ่งแสดงให้เห็นถึง hydroxyl และ/หรือ NH ใน structure ของ cassiadinine โดยพบ band ของ chromone carbonyl และ conjugated carbonyl group อื่นที่  $1670$  และ  $1695\text{ cm}^{-1}$  ตามลำดับ

$^1\text{H}$ NMR spectrum พบ signals ที่ 2.21 (3H,S), 2.34 (3H,S), 5.96 (1H,S), 6.27 (1H,d,J = 1.5 Hz) และ 6.38 (1 H, d, J = 1.5 Hz) ซึ่งแสดงถึง หมู่ acetyl, 2-methyl, H-3, H-8, H-6 ตามลำดับ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ โครงสร้างของ cassiachromone แต่พบว่า signal ของ 5-CH<sub>2</sub>-CO ของ โครงสร้าง cassiachromone จะไม่พบใน spectrum ของ cassiadinine แต่ จะพบ signal เพิ่มเติม 2 signals ใน cassiadinine ที่ 1.81 (2 H,S, exchangeable with D<sub>2</sub>O) และที่ 6.23 (1 H,S) ดังนั้นจึงคาดว่า cassiadinine จะเกิดขึ้นจากการ attach ของ carbon-carbon double bond เนื่องจากปฏิกิริยา acid hydrolysis ของ cassiadinine จะให้ cassiachromone และ IR spectrum จะแสดงให้เห็นถึง conjugated carbonyl absorption band ที่  $1698\text{ cm}^{-1}$

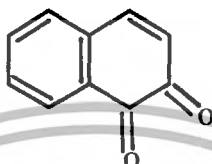
โดยสรุป สารประกอบของ cassiadinine น่าจะเกิดขึ้นจาก cassiachromone โดย cassiachromone เกิดการ attach กับ 2 carbon unit ในขั้นแรก และตามด้วยการ attach กับ guanidine moiety โดยที่ 2 carbon

unit เกิดขึ้นจาก e-prenylation ของ carbon stom ซึ่งเป็นทั้ง benzylic และ alpha กับ carbonyl group ตามด้วย exidation cleavage ของหมู่ prenyl

### 2.1.7.5 Coumarine

คุณสมบัติทางเคมี และชนิดของ coumarine

coumarine มีโครงสร้างทางเคมี เป็น benzopyrone ดังรูป



coumarins

#### รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะสูตรโครงสร้าง Coumarins

สารที่พบในธรรมชาติมักมี oxygen ในรูป hydroxyl หรือ alkoxy ที่ตำแหน่งที่ 7 และที่ตำแหน่งอื่น ๆ อาจถูก oxygenated และมักมี side chain เป็น alkyl หรือ isopropyl มักอยู่ในรูป o-glycoside แต่ที่อยู่ในรูปอิสระก็พบมาก

การแบ่งกลุ่มสาร Coumarins สามารถแบ่งได้

- **Simple coumarins:** ได้แก่ กลุ่มที่มี hydroxyl group ที่ตำแหน่ง 7 ได้แก่ umbelliferone และกลุ่มที่ไม่มี hydroxyl group คือ coumarins ในกลุ่มนี้ ได้แก่ Hemiarin, scopoletin, scopolin, esculetin เป็นต้น
- **Furanocoumarins:** มักพบ coumarins กลุ่มนี้ในวงศ์ umbelliferae และ rutaceae ตัวอย่างเช่น isopimpinelin ใน pimpinella magna พืชตระกูลเดียวกับเทียนเขี้ยวพาลี และ psopalen, bergapten และ xanthotoxin ใน Ruta graveolens เช่นกัน
- **3 – (1, 1-dimethyl/allyl) coumarins: หรือ e-prenylated coumarins** ได้แก่ marmesin และ rutamarin
- **Pyranocoumarins:** มี pyran ring เพิ่มอีก 1 วง ตัวอย่างเช่น dihydroxanthytetin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Phenyl coumarins:** มี phenyl ring เพิ่มอีก 1 วง สารตัวอย่างคือ coumestrol ที่ได้จาก medicago sativa



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ชา

ชาเป็นเครื่องดื่มที่เก่าแก่ของโลกและมีแพร่หลายมานานมากกว่า 2,000 ปี ชาวจีนเป็นชนชาติแรกที่รู้จักการดื่มชา และมีการนำใบชาไปใช้ประโยชน์ทางเภสัชกรรม ตั้งแต่สมัยศตวรรษที่ 4

ชาที่เป็นที่รู้จักกันดีมีอยู่ 2 ชนิดคือ ชาจีนหรือชาใบและชาฝรั่ง ข้อแตกต่างระหว่างชาจีนและชาฝรั่งคือชนิดของพันธุ์ชาและกระบวนการผลิต ในการผลิตชาฝรั่ง พันธุ์ชาที่ใช้ผลิตคือพันธุ์ อัสสัม (*Camelia Sinensis* Var *Assamica*) มีลักษณะของใบใหญ่ สำหรับชาจีนนั้นนิยมใช้พันธุ์ที่มีใบเล็กคือ (*Camelia Sinensis* Var *Sinesis*) ข้อแตกต่างหลักระหว่างชาทั้งสองพันธุ์นี้คือ อัตราส่วนของ Astringent Compounds ต่อ Nitrogenous Compounds ในพันธุ์อัสสัม สูงกว่าพันธุ์ *Sinesis* ส่วนขบวนการผลิตที่แตกต่างกันนั้น การผลิตชาจีนหลักสำคัญคือการควบคุมสภาพการหมัก (ปฏิกิริยาเคมีระหว่างเอนไซม์ Polyphenoloxidase กับสารประกอบ Polyphenols) และสารประกอบทางเคมีอย่างอื่น การหยุดปฏิกิริยาทำได้โดยการคั่วหรือลวกในไอน้ำที่ร้อน เพื่อเป็นการทำลายเอนไซม์ Polyphenoloxidase ส่วนชาฝรั่งนั้น ปฏิกิริยาเคมีหรือการหมักเกิดขึ้นที่สาร Polyphenols หากมีปริมาณมากจะทำให้รสฝาดกระด้างและต้องใช้เวลาในการลวกหรือคั่วใบชา เพื่อที่จะทำลายเอนไซม์ Polyphenoloxidase การคั่วหรือลวกนานเกินไปจะทำให้ใบชาเฝือและสูญเสียคลอโรฟิลล์ไปด้วย ดังนั้นพันธุ์ชาที่มีสาร Polyphenols สูงจึงไม่เหมาะในการนำมาทำชาจีน โดยเฉพาะชาจีบแบบชาเขียว คุณสมบัติที่ดีของใบชาที่จะนำมาทำชาจีนที่ดีอีกอย่างหนึ่งก็คือ พันธุ์ชาที่มีสารประกอบไนโตรเจนสูง โดยเฉพาะกรดอะมิโนและโปรตีน

### 2.2.1 การจำแนกประเภทชา

ผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ได้จากการนำใบชาสด มาผ่านกรรมวิธีแปรรูปต่างๆ กันแบ่งออกได้ดังนี้

1. ชาใบหรือชาจีน (Leave Tea or Chinese Tea)
2. ชาฝรั่งหรือชาผง (Black Tea or Tea Dust)
3. ชาแผ่นหรือชาแท่ง (Brick or Tablet Tea)
4. เมี่ยง (Pickled Tea)
5. ชาสำเร็จรูป (Instant Tea)
6. น้ำชาอัดลม (Carbonated Tea)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. ชาใบหรือชาจีน (Leave Tea or Chinese Tea)

เป็นผลิตภัณฑ์ชาดั้งเดิมที่กำเนิดในประเทศจีน ชาวจีนนิยมดื่มชาประเภทนี้กันมาก จึงเรียกว่าชาจีน ด้วยลักษณะชาที่ยังคงสภาพเป็นใบอยู่ จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าชาใบ (Leave Tea) ชาใบหรือชาจีนนี้ยังแบ่งออกได้เป็น

### 1.1 ชาที่ไม่ผ่านการหมัก (Non-Fermented Tea)

หรือชาเขียว (Green Tea) มีชื่อต่างๆกัน เช่นชาฉู่ปุ่น (Sencha) ชุนหมี่ (Chun-Mee) หลงจิ่ง (Lung Ching) ไปหลอชุน (Pilochoon)

### 1.2 ชากึ่งหมัก (Semi-Fermented Tea) แยกได้เป็น 3 กลุ่มคือ

1.2.1 กลุ่มหมักอ่อน เช่น จีนชาหรือเป่าจง (Chincha & Pouchong) ชาขาว (White Tea) ฯลฯ

1.2.2 กลุ่มหมักปานกลาง เช่น ตุงตุง (Tong-ting) เทกวานอิม (Tekuanwin) ถ้วยเซียน (Sueishen) ฯลฯ

1.2.3 กลุ่มหมักแก่ เช่น แมนดาริมอูลอง (Mandarin Oolong) เฟินฝิ่น (Penfun) ฯลฯ

## 2. ชาฝรั่งหรือชาผง (Black Tea or Tea Dust)

ชาฝรั่งเป็นเครื่องดื่มสากลที่นิยมดื่มกันทั่วไป โดยเฉพาะแถบทางยุโรป คนไทยจึงเรียกว่าชาฝรั่ง ภาษาอังกฤษใช้คำว่า Black Tea แปลว่า ชาดำ เนื่องจากผงชาแห้งก่อนที่จะนำมาชงนั้นจะมีสีดำหรือสีน้ำตาลดำเข้ม ชาฝรั่งมีลักษณะเป็นผงจึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าชาผง (Tea Dust) ส่วนคนจีนเรียกชาฝรั่งว่า ชาแดง หรือ หังซำ เพราะสีของนำชาเป็นสีทองแดง ชาฝรั่งนี้ถือว่าเป็นชาประเภทหมักเต็มที (Fermented Tea) มีหลักขบวนการผลิตเหมือนกันเพียงแต่เรียกชื่อต่างกันตามลักษณะของเครื่องจักรที่ใช้ดังนี้

1. ผลิตแบบ ออร์โธดอกซ์ (Orthodox)
2. ผลิตแบบ C.T.C (Curing Tearing and Cutting)
3. ผลิตแบบ โรเตอร์เวน (Rotorvane)
4. ผลิตแบบ Legg-Cutter
5. ผลิตแบบ L.T.P (Lawrie Tea Processor)
6. ผลิตแบบผสม

### 3. ชาแผ่นหรือชาแท่ง (Brick or Tablet Tea)

เป็นชาที่ถูกอัดกันเป็นแท่งหรือเป็นก้อน เพื่อให้ง่ายต่อการพกพาเมื่อจะดื่ม เพียงแต่บีบใส่ภาชนะและใส่น้ำลงไป มีการบริโภคชาแบบนี้แถบประเทศรัสเซีย และทิเบต

### 4. เมี่ยง (Pickled Tea)

เมี่ยงเป็นสิ่งขบเคี้ยวของคนพื้นเมืองในภาคเหนือ สืบทอดกันมานาน แต่ปัจจุบันไม่ค่อยมีผู้นิยมบริโภค ยังคงมีแต่คนรุ่นเก่าๆซึ่งก็ลงจำนวนน้อยลงทุกที เมี่ยงแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือเมี่ยงฝาด และเมี่ยงเปรี้ยว เมี่ยงฝาดเป็นเมี่ยงที่ไม่ผ่านการหมักคองทำจากใบชาอ่อนนำมาอัดเป็นกำๆ แล้วทำการนึ่ง ส่วนเมี่ยงเปรี้ยว ทำจากใบชาแก่ นำมาอัดเป็นกำๆหมักในหลุมซีเมนต์ขนาดใหญ่ นานประมาณ 12 เดือน ใบชาจะมีสภาพเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและมีลักษณะขุย

### 5. ชาสำเร็จรูป (Instant Tea) และ น้ำชาอัดลม (Carbonated Tea)

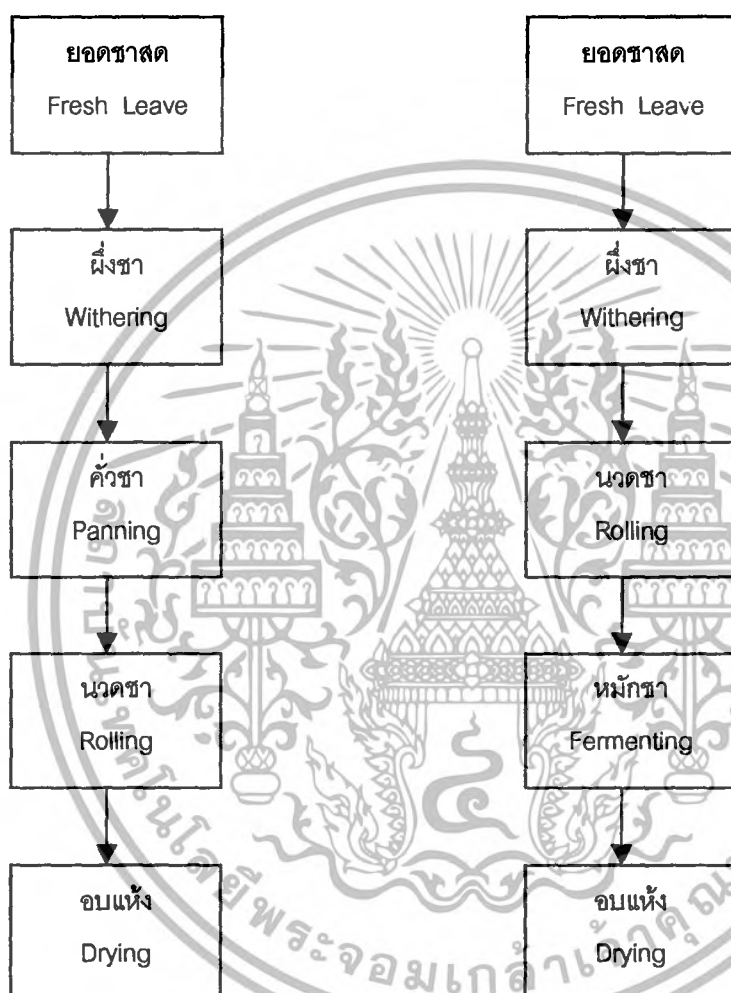
เป็นชาที่แยกสกัดสารละลายชาและทำให้แห้ง เมื่อจะดื่ม นำมาชงได้ทันที ไม่ต้องใช้เครื่องกรอง ส่วนน้ำชาอัดลมนั้น โดยการนำน้ำชามาเติมก๊าซเช่นเดียวกับน้ำอัดลมต่างๆไป แต่ยังคงอยู่ระหว่างการทดลองและยังไม่เป็นที่นิยมนัก

## 2.2.2 หลักทั่วไปและขั้นตอนในการผลิตชาจีนและชาฝรั่ง

ชาที่เป็นที่รู้จักกันดีและเป็นที่ยอมรับอยู่ 2 ชนิดคือ ชาจีนหรือชาใบและชาฝรั่ง ชาจีนและชาฝรั่งสามารถแบ่งขั้นตอนการผลิตออกเป็นขั้นตอนใหญ่ๆ ได้ดังนี้

### ชาใบหรือชาจีน (Chinese Tea)

### ชาฝรั่ง (Black Tea)



ภาพที่ 2.5 แสดงขั้นตอนการผลิตชาจีน และชาฝรั่ง

## 2.2.3 วัตถุดิบในการผลิตชา

การผลิตชาที่มีคุณภาพดีจะต้องเริ่มต้นจากวัตถุดิบที่ใช้คือ ใบชาสด ใบชาสดที่ถือว่าจะให้คุณภาพออกมามีดีที่สุดคือ 1 ยอดกับ 2 ใบ การเก็บยอดชาจะต้องไม่อัดแน่นในตะกร้าหรือกระสอบใส่ชาเป็นอันขาด เพราะอาจจะทำให้ชาช้ำและเสียได้ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจของใบชา สารแทนนินในใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาตจะเข้มข้นขึ้นหากอุณหภูมิสูงถึง 110 องศาฟาเรนไฮต์ (43 องศาเซลเซียส) หรือมากกว่า ชาที่ผลิตออกมาได้รับน้ำชาจะไม่เข้มข้นและสีหม่นลง

### 2.2.3.1 การฝืนชา (Withering)

ความมุ่งหมายในการฝืนชา ประการแรกเพื่อที่จะลดความชื้นในใบชา ใบชาตจะมีน้ำประมาณ 70-80% น้ำที่มีจำนวนมากนี้ จะเป็นตัวขัดขวางการทำปฏิกิริยาเคมีของสารต่างๆในใบชา ประการที่สองระหว่างการฝืนชา จะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่างๆในใบชา การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีจะเกิดขึ้น และสิ้นสุดลงภายใน 6-10 ชั่วโมงแรก เช่นสารประกอบ สาร Polyphenols เข้มข้นขึ้นเช่นเดียวกับโปรตีน ซึ่งเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนเพิ่มขึ้น กรดอะมิโนนี้เป็นตัวสำคัญต่อสี กลิ่น รสชาติของน้ำชา คาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันผนังเซลล์มีสภาพความชื้นเพิ่มขึ้น หากได้รับการเขย่ากระตุ้นในขบวนการผลิตชาจีนแบบชากึ่งหมักจะเกิดการผสมกันระหว่างสารประกอบต่างๆ ในระหว่างผนังเซลล์ ซึ่งต้องการให้เกิดการหมักก่อนในช่วงระยะเวลาฝืนชา สำหรับชาฝรั่งนั้นการฝืนชาสำคัญมาก ใบชาที่ฝืนชาได้ที่แล้ว จะมีสภาพทางฟิสิกส์ของใบชาที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนต่อไปของการผลิตใบชาคือ การนวดชา เพราะสภาพใบชาจะเหี่ยว อ่อนนุ่ม มีความหยุ่นเหนียว ทำให้เวลาการใบชาม้วนตัวได้ดีไม่ฉีกขาดเป็นชิ้นๆ เนื่องจากน้ำยางที่ถูกบีบออกมาถูกเกล้านั้นขึ้นและเหนียว ทำให้การหมักรวดเร็วสม่ำเสมอ ประการสุดท้ายของการฝืนชา คือ สามารถประหยัดพลังงานในการอบแห้งชา

การฝืนชาอาจทำได้สองทางคือ การฝืนโดยธรรมชาติ (Natural Withering) หรือการฝืนชาโดยเครื่องฝืน (Artificial Withering) การฝืนชาโดยธรรมชาติกระทำด้วยการนำใบชามาเกลี่ยเป็นชั้นบางๆ บนตระแกรงฝืนในห้องหรือในร่ม (Indoor Withering) อัตราการระเหยของน้ำเป็นไปอย่างช้าๆ สำหรับชาจีนอาจมีการฝืนแดด (Solar Withering) ด้วยการฝืนด้วยการใช้เครื่องฝืนนั้น โดยทั่วไปมักเป็นกะบะฝืน มีพัดลมเป่าลมผ่านได้ชั้นตระแกรงรับชา อาจจะเป็นทั้งลมร้อนหรืออากาศธรรมดา หากใช้ลมร้อนจะต้องควบคุมอุณหภูมิลมร้อนด้วย ในระหว่างการฝืนชา อาจมีการกระตุ้นใบชาเป็นระยะๆ เช่น ในกรณีผลิตชาจีนแบบชากึ่งหมักด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3.2 การคั่วชา (Panning)

เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการผลิตชาจีนเท่านั้น ยอดชาสดหลังจากผ่านการผึ่ง ตลอดจนการกระตุ้นโดยการสางและเขย่าชาเพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเคมี หรือเกิดการหมักก่อนจนได้ระดับสภาพการหมักตามความต้องการของชนิดชาจีนที่จะผลิต การคั่วชาจะทำลายเอนไซม์ Polyphenoloxidase ซึ่งอยู่ชั้นผิวใบ และทำให้ใบเหี่ยวอ่อนนุ่ม เหมาะสำหรับการนวดชาให้ใบม้วนตัวสวยงามได้ง่ายในขั้นตอนต่อไป

### 2.2.3.3 การนวดชา (Rolling)

คือการขยี้ใบชาให้เซลล์เนื้อเยื่อของใบแตกและฉีกขาดสารประกอบต่างๆ จะถูกเคล้าทำปฏิกิริยาเคมีกัน และออกมาเคลือบส่วนต่างๆของใบ และจะละลายได้ง่ายขึ้นตอนชงชา วัตถุประสงค์อีกประการหนึ่งโดยเฉพาะชาใบหรือชาจีน คือจะทำให้ใบชาม้วนตัวแน่นสวยงาม ซึ่งจะมีสัมพันธ์กับราคาของชาด้วย

### 2.2.3.4 การหมักชา (Fermentation)

เป็นขบวนการของปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบต่างๆในใบชา เมื่อใบถูกรบจนทำให้เซลล์ชำรุดหรือแตก เช่น ใบถูกฉีกขาด ใบถูกเขย่า และกระตุ้นในขบวนการผลิตชาจีนแบบชากิ่งหมักหรือตันที่ที่ใบชาถูกขยี้ นวด และตัดในกระบวนการผลิตชาฝรั่ง อุณหภูมิ ออกซิเจน และความชื้นสัมพันธ์ของอากาศ เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการหมักอย่างยิ่ง โดยเฉพาะชาฝรั่ง ซึ่งจะมีขั้นตอนของการหมักเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่ง

### 2.2.3.5 การอบแห้ง (Firing or Drying)

วัตถุประสงค์ในการอบแห้งชามีอยู่สองประการ คือ การหยุดยั้งปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบต่างๆ ในใบชา โดยความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง และการไล่ไอน้ำที่เหลือในใบชาออกจนแห้ง เพื่อการเก็บรักษาต่อไป โดยทั่วไปชาแห้งจะมีความชื้นประมาณ 3-5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

### 2.2.3.6 การคัดและบรรจุ (Sorting and Packaging)

สำหรับชาจีน ชาแห้งที่จะนำมาคัดเอาส่วนก้าน ยอดและใบแก่ ออกเป็นเกรดต่างๆ แล้วอบแห้งครั้งสุดท้ายก่อนการบรรจุ ส่วนชาฝรั่ง นั้น ชาอบแห้งครั้งสุดท้ายก่อนการบรรจุ ส่วนชาฝรั่งนั้น ชาแห้งที่ได้จะ นำมาคัด ร่อน บด แยกก้านใยด้วยเครื่องต่างๆ ให้ได้เกรดชาตามต้องการ เช่น OP , BOP , BP , FANING และ DUST เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการทดลองและอุปกรณ์

#### 3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (METTLER TOLEDO AE240 , Switzerland)
- เครื่อง pH Meter (METTLER TOLEDO MP220 , Switzerland)
- เครื่องวิเคราะห์โปรตีน (BUCHI Digillation Unit B-316 , Switzerland)
- Aluminium can
- Thimble
- Desicater
- ตู้อบ Hot Air Over (memmert Model 400, Germany)
- vacuum pump (SCRUBBER)
- เครื่องคริว
- Crucible
- เครื่องสกัดไขมัน soxhlet (Supported by BADE)
- เครื่องแก้ว
- เครื่องเผา muffle
- เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)
- เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer

#### สารเคมี

- Petroleam ether
- Conc.  $H_2SO_4$
- กรดบอริก
- HCl 0.01 N
- NaOH 30%
- Catalyst ( $CuSO_4 : K_2SO_4$  ในอัตราส่วน 1:8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรดไนตริก 10%

### วัตถุดิบ

- ใบจีเห่สกัด
- เกลือ
- น้ำผึ้ง
- ผงชะเอม
- ชาสำเร็จรูปลิปตัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 ขั้นตอนและการทดลอง

### 3.2.1 การคัดเลือกใบจีเหล็กสด

#### 3.2.1.1 พันธุ์จีเหล็ก

เนื่องจากจีเหล็กเป็นพืชที่มีอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย จึงทำให้จีเหล็กมีชื่อที่ใช้เรียกที่แตกต่างกันตามแต่ละท้องถิ่น และจีเหล็กที่ปลูกตามท้องถิ่นที่ต่างกันอาจจะเป็นผลให้จีเหล็กมีองค์ประกอบและลักษณะบางอย่างที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลให้ต้นจีเหล็กมีการจำแนกพันธุ์จีเหล็กได้อีกหลายพันธุ์ การทดลองการผลิตชาใบจีเหล็กจะใช้ จีเหล็กสายพันธุ์ที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Cassia siamea* Britt วงศ์ Leguminosae

#### 3.2.1.2 ลักษณะความสมบูรณ์ใบจีเหล็ก

เลือกใบจีเหล็กที่มีลักษณะเป็นใบอ่อนถึงใบแก่ปานกลาง ไม่ควรเลือกใบที่มีความแก่จนเกินไป โดยอาจจะดูจากสีของใบจะต้องไม่มีสีเขียวเข้มมาก และใบจะต้องไม่แข็งมากเกินไป ใบมีลักษณะที่สมบูรณ์ไม่เป็นรู ไม่มีรอยกัดแทะของแมลง ไม่มีฝ้าขาว ใบกว้างประมาณ 1-2 เซนติเมตร ยาว 3-5 เซนติเมตร

#### 3.2.1.3 ความสะอาดของใบจีเหล็ก

ในการทำชาจากใบจีเหล็ก ความสะอาดของใบมีความสำคัญมาก ใบจีเหล็กที่ใช้ จะต้องไม่มีฝุ่น ดิน หรือสิ่งใดเจือปน ปราศจากโรค แมลง สารเคมี

### 3.2.2 การผลิตชาใบจีเหล็ก

#### 3.2.2.1 การเตรียมใบจีเหล็ก

นำใบจีเหล็กที่ได้มาทำความสะอาด เพื่อล้างความสกปรกและสารเคมีบางส่วนที่ยังคงหลงเหลืออยู่ที่ใบจีเหล็กออกให้หมด นำใบจีเหล็กที่ล้างสะอาดแล้วมาทำการหั่นให้มีขนาดประมาณ 0.5 \* 4.0 เซนติเมตร ตัดก้านใบออกและแช่น้ำล้างทำความสะอาดอีกครั้งหนึ่ง

#### 3.2.2.2 การเตรียมสารละลายเกลือ 15% w/v

นำเกลือแกงที่ทำความสะอาด โดยการล้างน้ำที่สะอาดเรียบร้อยแล้ว มาทำการละลายเพื่อเตรียมเป็นสารละลายเกลือ ให้ที่มีความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15% w/v การเตรียมปริมาณของสารละลายจะขึ้นกับปริมาณของใบ  
 จี๋เหล็กที่จะนำมาผลิต

### 3.2.2.3 การผลิตชาใบจี๋เหล็กแบบปกติ (ไม่ลดความขม)

1. นำใบจี๋เหล็กที่ล้างทำความสะอาดและหั่นให้มีขนาดตามต้องการ  
 เรียบร้อยแล้ว ผึ่งแดดให้ใบแห้งพอหมาดๆ
2. นำใบจี๋เหล็กที่ตากแดดพอหมาดๆแล้ว คั่วในกระทะที่ใช้ไฟ อ่อนๆ  
 โดยใช้เวลาคั่วนานประมาณ 10-20 นาที ในขณะที่คั่วใบจี๋เหล็กใน  
 กระทะ ให้ทำการขยี้ใบจี๋เหล็ก ทำการนวดเพื่อที่ให้ผนังเซลล์ของใบ  
 จี๋เหล็กแตก
3. นำใบจี๋เหล็กที่ผ่านการคั่วและนวดแล้ว มาตากแดดจัดๆอีกครั้งหนึ่ง  
 เพื่อที่จะลดปริมาณความชื้นให้ลดลงมากที่สุด
4. นำใบจี๋เหล็กไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส โดยใช้  
 เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

### 3.2.2.4 การผลิตชาใบจี๋เหล็กผ่านการลดความขม (แช่น้ำเกลือ)

1. นำใบจี๋เหล็กที่ล้างทำความสะอาดและหั่นให้มีขนาดตามต้องการ  
 เรียบร้อยแล้ว แช่ในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นประมาณ 15 % w/v
2. กำหนดเวลาในการแช่ใบจี๋เหล็กในน้ำเกลือ ที่เวลา 3, 6 และ 12 ชั่วโมง
3. นำใบจี๋เหล็กที่ผ่านการแช่น้ำเกลือตามเวลาที่กำหนด มาแช่ในน้ำ  
 สะอาดเป็นเวลา 30 นาที และล้างน้ำสะอาด
4. นำใบจี๋เหล็กที่ผึ่งแดด ให้ใบจี๋เหล็กแห้งพอหมาดๆ
5. นำใบจี๋เหล็กที่ตากแดดพอหมาดๆแล้ว คั่วในกระทะที่ใช้ไฟ อ่อนๆ  
 โดยใช้เวลาคั่วนานประมาณ 10-20 นาที ในขณะที่คั่วใบจี๋เหล็กใน  
 กระทะ ให้ทำการขยี้ใบจี๋เหล็ก ทำการนวดเพื่อที่ให้ผนังเซลล์ของใบ  
 จี๋เหล็กแตก
6. นำใบจี๋เหล็กที่ผ่านการคั่วและนวดแล้ว มาตากแดดจัดๆอีกครั้งหนึ่ง  
 เพื่อที่จะลดปริมาณความชื้นให้ลดลงมากที่สุด
7. นำใบจี๋เหล็กไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส โดยใช้  
 เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2.5 การผลิตชาใบชี้เหล็กผ่านการลดความขม (ลวกน้ำร้อน)

1. นำใบชี้เหล็กที่ล้างทำความสะอาดและหั่นให้มีขนาดตามต้องการ เรียบร้อยแล้ว ลวกในน้ำร้อน โดยกำหนดระยะเวลาในการลวกใบชี้เหล็กไว้ที่ เวลา 1, 3 และ 5 นาที
2. นำใบชี้เหล็กที่ผ่านการลวกน้ำร้อนที่ครบกำหนดตามเวลาที่ กำหนด แช่น้ำสะอาดทันที(น้ำอุณหภูมิปกติ)
3. นำใบชี้เหล็กผึ่งแดด ให้ใบชี้เหล็กแห้งพอสมควร
4. นำใบชี้เหล็กที่ตากแดดพอสมควรแล้ว คั่วในกระทะที่ใช้ไฟ อ่อนๆ โดยใช้เวลาคั่วนานประมาณ 10-20 นาที ในขณะที่คั่วใบชี้เหล็กในกระทะ ให้ทำการขยี้ใบชี้เหล็ก ทำการนวดเพื่อทำให้ผนังเซลล์ของใบชี้เหล็กแตก
5. นำใบชี้เหล็กที่ผ่านการคั่วและนวดแล้ว มาตากแดดจัดๆ อีกครั้งหนึ่ง เพื่อที่จะลดปริมาณความชื้นให้ลดลงมากที่สุด
6. นำใบชี้เหล็กไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส โดยใช้ เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

### 3.2.3 ศึกษาคุณภาพและการยอมรับของผลิตภัณฑ์ชาใบชี้เหล็ก ขั้นต้น

- #### 3.2.3.1 นำผลิตภัณฑ์ชาชี้เหล็กที่ผลิตได้มาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส
- ด้าน สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับ โดยให้ผู้ทดสอบเลือกชาที่ผ่านการลดความขมโดยวิธีต่างๆมาเพียง 1 ผลิตภัณฑ์เท่านั้น โดยขั้นตอนการทดสอบขั้นนี้จะให้ผู้ทำการทดลอง ทั้ง 2 คนเป็นผู้ทดสอบ

- #### 3.2.3.2 ทำการศึกษาคุณภาพด้านกายภาพ
- โดยวิธีการหาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน ของชาที่ผ่านการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจากชาที่ผ่านการลดความขม วิธีละ 1 ตัวอย่าง และชาที่ไม่ผ่านการลดความขม

#### 3.2.3.3 ทำการศึกษาคุณภาพทางเคมี

1. ทำการศึกษาเพื่อที่หาปริมาณของ Ca จากชาชี้เหล็กที่ไม่ได้ผ่านการลดความขม กับชาที่ผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยให้มีการเปรียบเทียบปริมาณของ Ca ที่ละลายออกมาในน้ำชา หลังจากการชง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาที่ 1, 3, และ 5 นาที โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีโดยอุปกรณ์ Atomic Absorption Spectrophotometer

2. ทำการศึกษาเพื่อที่หาปริมาณของ Fe จากชาจี๋เหล็กที่ไม่ได้ผ่านการลดความขม กับชาที่ผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยให้มีการเปรียบเทียบปริมาณของ Fe ที่ละลายออกมาในน้ำชา หลังจากการชงชาที่ 1, 3, และ 5 นาที โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีโดยอุปกรณ์ Atomic Absorption Spectrophotometer
3. ทำการศึกษาเพื่อที่หาปริมาณของ P จากชาจี๋เหล็กที่ไม่ได้ผ่านการลดความขม กับชาที่ผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยให้มีการเปรียบเทียบปริมาณของ P ที่ละลายออกมาในน้ำชา หลังจากการชงชาที่ 1, 3, และ 5 นาที โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีโดยอุปกรณ์ UV-VISIBLE Spectrophotometer
4. วัดค่า pH ของน้ำชาใบจี๋เหล็กที่ผ่านการชง ที่เวลาต่างๆกัน

### 3.3.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการทดสอบทางประสาทสัมผัสขั้นสุดท้าย

#### 3.3.4.1 ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น

โดยการ นำชาที่ผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัสในขั้นตอนแรก มาพัฒนาโดยการนำชาใบจี๋เหล็กที่ได้ไป ทำการผสมกับ ชะเอมผง ชาผง ลิปตัน น้ำผึ้ง ในอัตราส่วนที่ต่างๆกันได้แก่

- ชาจี๋เหล็ก 1.5 กรัม ผสม ชะเอมผง หรือ ชาลิปตัน 0.5 กรัม หรือ น้ำผึ้ง 1 ช้อนชา
- ชาจี๋เหล็ก 1.0 กรัม ผสม ชะเอมผง หรือ ชาลิปตัน 1.0 กรัม หรือ น้ำผึ้ง 2 ช้อนชา
- ชาจี๋เหล็ก 0.5 กรัม ผสม ชะเอมผง หรือ ชาลิปตัน 1.5 กรัม หรือ น้ำผึ้ง 3 ช้อนชา

#### 3.3.4.2 นำผลิตภัณฑ์ชาจี๋เหล็กที่ผลิตได้มาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ด้าน สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับ โดยให้ผู้ทดสอบเลือกชาที่ผ่านการผสมด้วย ผงชะเอม ชาลิปตัน และน้ำผึ้ง ที่อัตราส่วนของการผสมที่ต่างๆกัน โดยเลือกเพียงอัตราส่วนของการผสมเดียวต่อชนิดของสิ่งที่นำมาผสมด้วย โดยขั้นตอนการทดสอบขั้นนี้จะให้ผู้ทำการทดลอง ทั้ง 2 คนเป็นผู้

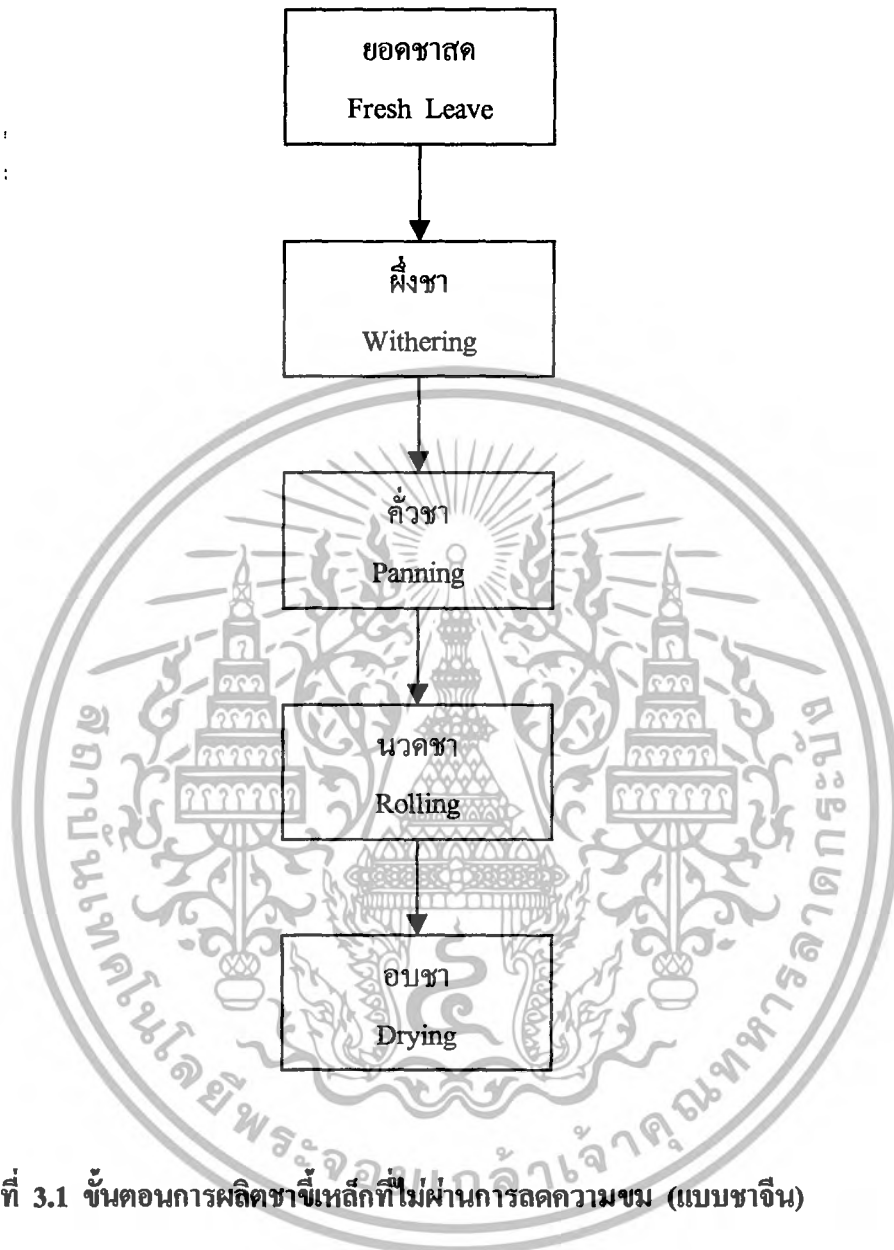
ทดสอบ และใช้ความรู้ที่ถูกต้องต่อความชมของผู้ทดลอง โดยไม่มีการให้คะแนน

### 3.3.4.2 นำผลิตภัณฑ์ข่าขี้เหล็กที่ผลิตได้มาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ด้าน สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับ โดยให้ผู้ทดสอบเลือกชาที่ผ่านการผสมด้วย ผงชะเอม ชาลิปตัน และน้ำผึ้ง ที่อัตราส่วนของการผสมที่ต่าง ๆ กันตามที่คุณทดลองได้ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาแล้ว โดยเลือกเพียง 1 ผลิตภัณฑ์เท่านั้น โดยขั้นตอนการทดสอบขั้นนี้จะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คนเป็นผู้ทดสอบ และใช้การทดสอบโดยวิธี Scoring Test โดยมีคะแนนในการทดสอบ 1-5 คะแนน

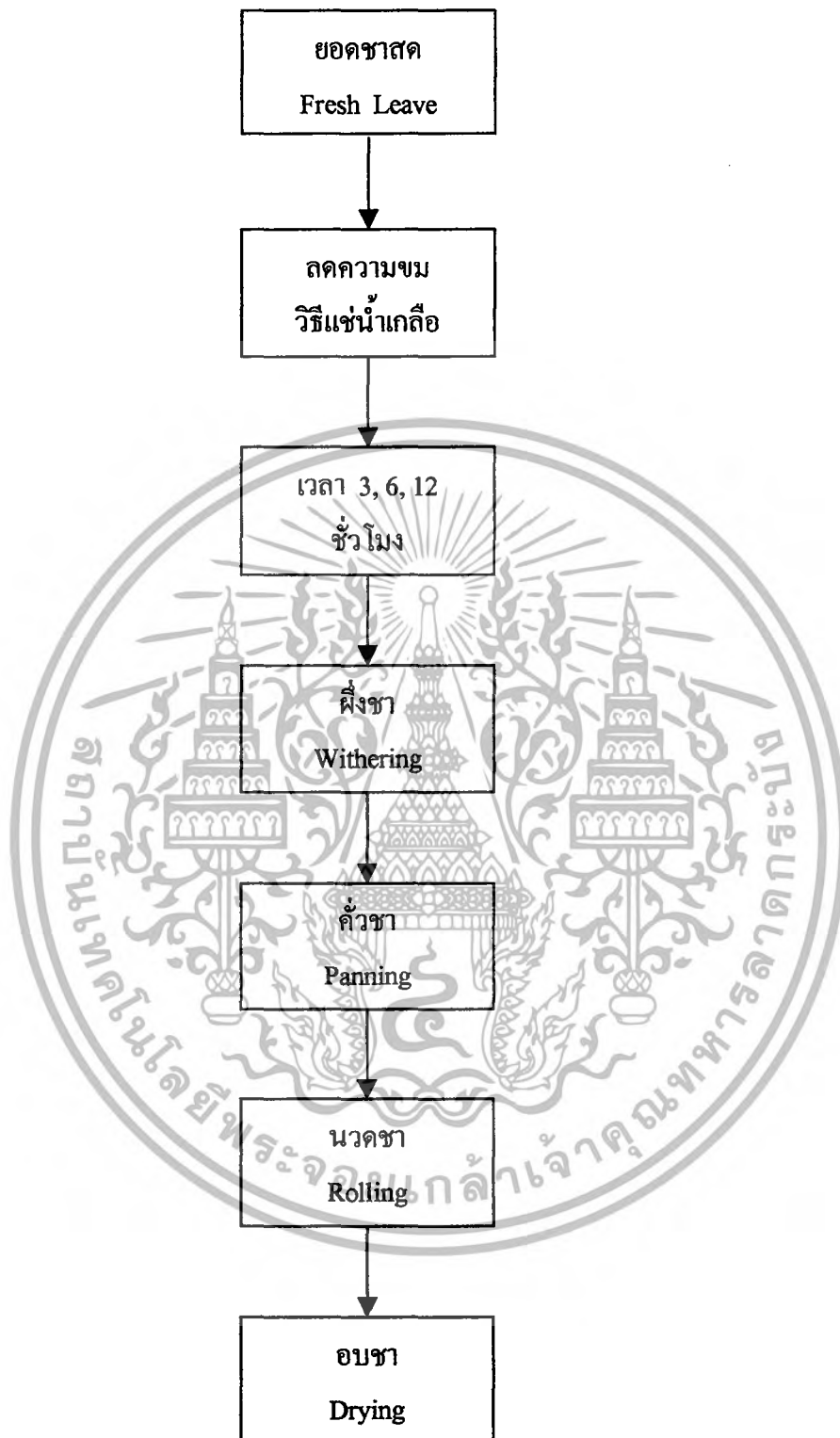


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



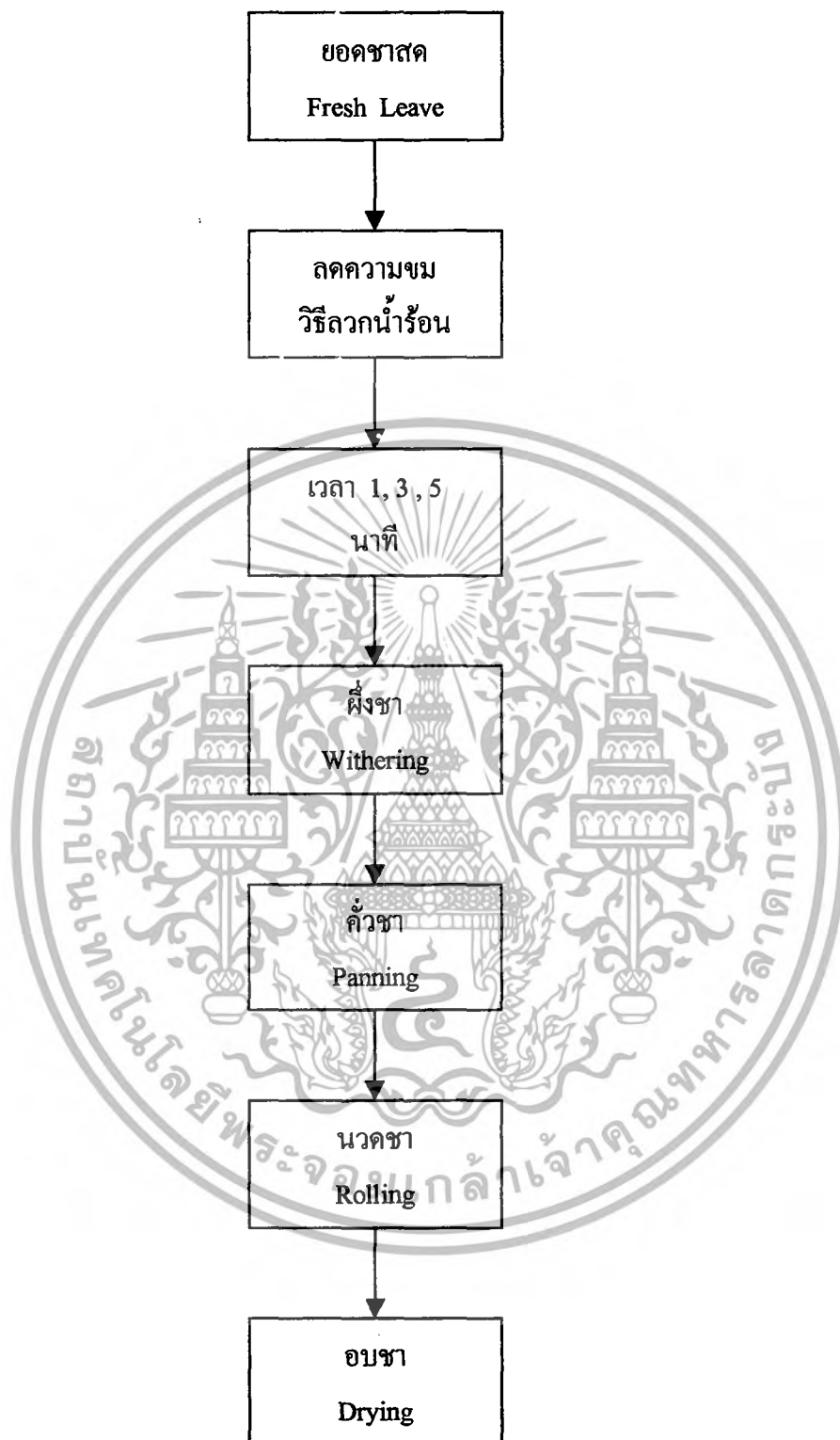
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตชาเขียวที่ไม่ผ่านการลดความชื้น (แบบชาจีน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการผลิตชาเขียวที่ผ่านการลดความชื้น (แช่น้ำเกลือ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการผลิตชาเขียวที่ผ่านการลดความชื้น (ลวกน้ำร้อน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผล

#### 4.1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงลักษณะของชาใบจี้เหล็กที่ผลิตโดยวิธีต่าง ๆ

ผลิตภัณฑ์	ลักษณะของผลิตภัณฑ์
ชาใบจี้เหล็กที่ไม่ผ่านการลดความขม	ชามีสีสด และมีมีความขมมาก
ชาใบจี้เหล็กที่ผ่านการลดความขม (แช่น้ำเกลือ 15% w/v ที่เวลา 3 ชั่วโมง)	ชามีสีสด และยังมีมีความขม
ชาใบจี้เหล็กที่ผ่านการลดความขม (แช่น้ำเกลือ 15% w/v ที่เวลา 6 ชั่วโมง)	ชามีสีสด และความขมเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย
ชาใบจี้เหล็กที่ผ่านการลดความขม (แช่น้ำเกลือ 15% w/v ที่เวลา 12 ชั่วโมง)	ชามีลักษณะขุ่น สีไม่สด และความขมเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย
ชาใบจี้เหล็กที่ผ่านการลดความขม (ลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 1 นาที)	ชามีสีสด และยังมีมีความขมมาก
ชาใบจี้เหล็กที่ผ่านการลดความขม (ลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 3 นาที)	ชามีสีสด และมีความขมน้อย
ชาใบจี้เหล็กที่ผ่านการลดความขม (ลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 5 นาที)	ชามีสีไม่สด ชืด รสขมน้อย

ผู้ทำการทดลอง เลือกผลิตภัณฑ์ชาใบจี้เหล็กที่ไม่ผ่านการลดความขม ชาใบจี้เหล็กที่ผ่านการลดความขมโดยการแช่น้ำเกลือ 15% w/v ที่เวลา 6 ชั่วโมง และชาใบจี้เหล็กที่ผ่านการลดความขมโดยการลวกน้ำ 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 3 นาที มาเป็นผลิตภัณฑ์ชาใบจี้เหล็กที่ใช้ในการทดสอบด้านประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาใบจีเหล็ก

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงระดับคะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ชาใบจีเหล็ก

ผลิตภัณฑ์	ระดับคะแนน				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความขม	การยอมรับ
ชาใบจีเหล็ก ที่ไม่ผ่านการ ลดความขม	2.55 <sup>ns</sup>	2.80 <sup>a</sup>	1.60 <sup>b</sup>	1.40 <sup>b</sup>	1.45 <sup>c</sup>
ชาที่ผ่านการ ลดความขม โดยการแช่น้ำ เกลือ (15%) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง	2.50 <sup>ns</sup>	2.35 <sup>b</sup>	1.80 <sup>b</sup>	1.70 <sup>b</sup>	1.85 <sup>b</sup>
ชาผ่านการลด ความขมโดย การลวกน้ำ ร้อน ที่เวลา 3 นาที	2.40 <sup>ns</sup>	2.50 <sup>ab</sup>	2.65 <sup>a</sup>	2.65 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>

หมายเหตุ	อักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ และอักษรที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
สี	ที่ระดับ 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบสีของผลิตภัณฑ์ ที่ระดับ 5 คะแนน หมายถึง ชอบสีของผลิตภัณฑ์
กลิ่น	ที่ระดับ 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ที่ระดับ 5 คะแนน หมายถึง ชอบกลิ่นของผลิตภัณฑ์
รสชาติ	ที่ระดับ 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบรสชาติของผลิตภัณฑ์ ที่ระดับ 5 คะแนน หมายถึง ชอบรสชาติของผลิตภัณฑ์
ความขม	ที่ระดับ 1 คะแนน หมายถึง มีความขมมาก ที่ระดับ 5 คะแนน หมายถึง มีความขมน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยอมรับ ที่ระดับ 1 คะแนน หมายถึง ยอมรับผลิตภัณฑ์น้อย  
ที่ระดับ 5 คะแนน หมายถึง ยอมรับผลิตภัณฑ์มาก

จากตารางที่ 4.2 พบว่าซาไบจีเหล็กที่ผ่านการลดความขมโดยการลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียสที่เวลา 3 นาทีมีสีไม่ต่างไปจากผลิตภัณฑ์ซาทอีก 2 ชนิด ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางหลักสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่พบว่าซาไบจีเหล็กที่ผ่านการลดความขมโดยการลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 3 นาที มีกลิ่นไม่ค่อยดีเนื่องจากการสูญเสียไประหว่างขั้นตอนการลดความขม ซาไบจีเหล็กที่ผ่านการลดความขมด้วยวิธีดังกล่าว จะมีความแตกต่างกันในด้านรสชาติ และความขม ซึ่งมีความขมน้อยทำให้รสชาติของซาไบจีเหล็กที่ผลิตได้นั้นดีตามไปด้วย เช่นเดียวกับการยอมรับของผู้ทดสอบ โดยจะเห็นว่าคะแนนการยอมรับของซาไบจีเหล็กที่ผ่านการลดความขมโดยการลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 3 นาที มีคะแนนสูงสุดคือ 2.80 ซึ่งเป็นคะแนนที่อยู่ในระดับที่ชอบมากกว่าทางที่ไม่ชอบ แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบยอมรับผลิตภัณฑ์ซาไบจีเหล็กที่ผ่านการลดความขมโดยการลวกน้ำร้อน 100 องศาที่เวลา 3 นาที

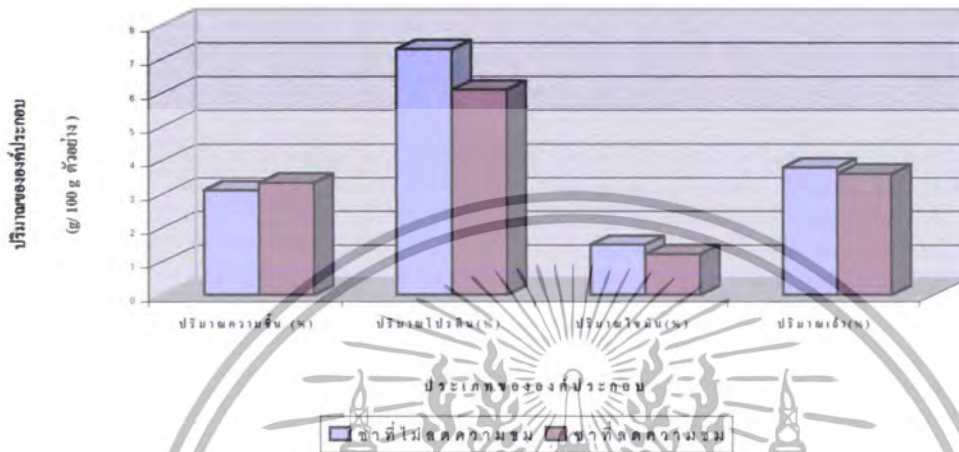
#### 4.3 การหาปริมาณองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ซาไบจีเหล็ก ประเภทต่างๆ

ตารางที่ 4.3.1 ตารางแสดงปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ในผลิตภัณฑ์ซาไบจีเหล็กที่ไม่ผ่านการลดความขมและ ผลิตภัณฑ์ซาไบจีเหล็กที่ผ่านการลดความขมโดยการลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียสที่ 3 นาที

องค์ประกอบ	ปริมาณขององค์ประกอบ	
	ซาที่ไม่ผ่านการลดความขม	ซาที่ผ่านการลดความขม (ลวกน้ำร้อน ที่ 3 นาที)
ความชื้น	3.09	3.325
โปรตีน	7.28	6.09
ไขมัน	1.475	1.20
เถ้า	3.76	3.59

จากข้อมูลในตารางที่ 4.3.1 สามารถที่จะนำไปสร้างแผนภูมิเปรียบเทียบ ปริมาณของความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ซาไบจีเหล็ก ที่ไม่ผ่านการลดความขม และผลิตภัณฑ์ซาไบจีเหล็ก ที่ผ่านการลดความขม โดยวิธีการลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 3 นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แผนภูมิเปรียบเทียบความชื้น ไขมัน โปรตีน และเถ้า

จากแผนภูมิจะเห็นได้ว่าปริมาณของ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และปริมาณของเถ้า ที่มีอยู่ในชาใบหีเหล็กที่ผ่านการผลิตแบบลดความขม จะมีอยู่ปริมาณที่ใกล้เคียงกันกับ ชาที่ผลิตแบบไม่ผ่านการลดความขม แต่ผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตแบบไม่ผ่านการลดความขม จะยังคงมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าอยู่ในปริมาณที่มากกว่าผลิตภัณฑ์ชาใบหีเหล็กที่ผลิตแบบผ่านการลดความขม ซึ่ง อาจเป็นเพราะในขั้นตอนของการผลิตชาแบบผ่านการลดความขมนั้นจะต้องนำใบหีเหล็กไปผ่านการลดความขมโดยการ ลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 3 นาทีก่อน ซึ่งจะทำให้ปริมาณของ ไขมัน โปรตีน ที่มีอยู่ในใบหีเหล็กนั้น สูญเสียไปได้

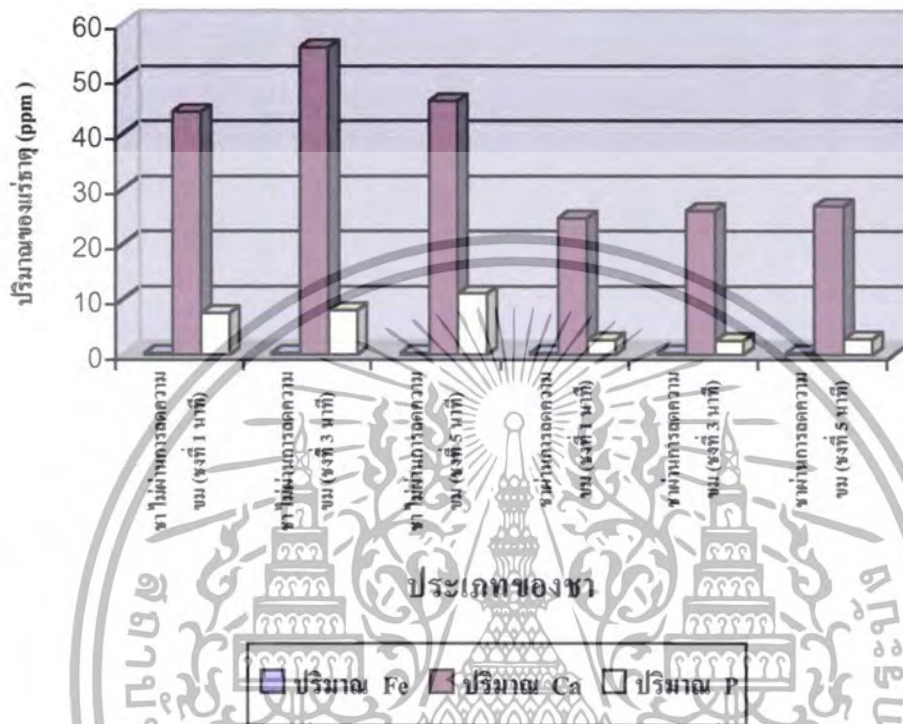
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.2 ตารางแสดงปริมาณเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส (ppm) ใบชาใบจี้เหล็กที่ไม่ผ่านการลดความขม และชาใบจี้เหล็กที่ผ่านการลดความขม (ลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส เวลา 3 นาที) ที่ใช้เวลาในการชงที่ 1, 3 และที่ 5 นาที)

ผลิตภัณฑ์ชา/เวลาที่ใช้		ปริมาณธาตุ เหล็ก (ppm)	ปริมาณธาตุ แคลเซียม (ppm)	ปริมาณธาตุ ฟอสฟอรัส (ppm)
ชาที่ไม่ผ่านการลดความขม	เวลาที่ชง 1 นาที	0.2890	43.96	7.4875
	เวลาที่ชง 3 นาที	0.2783	55.6733	8.0233
	เวลาที่ชง 5 นาที	0.2720	45.8866	11.0200
ชาที่ผ่านการลดความขม (ลวกน้ำร้อน เวลา 3 นาที)	เวลาที่ชง 1 นาที	0.2320	24.6733	2.4758
	เวลาที่ชง 3 นาที	0.2533	26.0533	2.5116
	เวลาที่ชง 5 นาที	0.2380	26.86	2.7800

จากข้อมูลในตารางที่ 4.3.2 เป็นข้อมูลที่แสดงถึงปริมาณของแร่ธาตุ Ca, Fe, และ Ca ที่ละลายออกมาจากการทำการทดสอบของชาใบจี้เหล็กชนิดต่าง ๆ และที่เวลาในการชงทดสอบที่ต่างๆ กัน สามารถแสดงเป็นแผนภูมิเปรียบเทียบได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณ Fe, Ca, และ P ในข้าวแต่ละชนิด

จากแผนภูมิ แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของแร่ธาตุของผลิตภัณฑ์ข้าวไบชีเหล็กรู้ที่ ผ่านการลดความชื้นโดยการ ลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียสที่ เวลาในการชงชาทดสอบที่ 1, 3, และ 5 นาที ซึ่งจากแผนภูมิ จะเห็นว่า แร่ธาตุ Ca มีปริมาณที่ละลายออกมาได้มากที่สุด ในทุกเวลาในการชง เมื่อเทียบกับแร่ธาตุ Fe และ P ซึ่งอาจเป็นเพราะในไบชีเหล็กรู้มีปริมาณแร่ธาตุ Ca อยู่ในปริมาณที่สูงมาก ผลิตภัณฑ์ข้าวไบชีเหล็กที่ ไม่ผ่านการลดความชื้น จะมีปริมาณของแร่ธาตุ Ca ที่สูงมากกว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวไบชีเหล็กที่ผลิตแบบผ่านการลดความชื้น เนื่องจากในขั้นตอนของการลดความชื้นนั้นเราจะใช้การลวกในน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ซึ่งเป็นผลทำให้ แร่ธาตุ Ca บางส่วนเกิดการสูญหายไป

ในด้านปริมาณของแร่ธาตุ Fe และ P จะมีปริมาณที่น้อยกว่า Ca มากเนื่องจากในไบชีเหล็กรู้จะมีปริมาณของแร่ธาตุทั้งสองตัวนี้อยู่ในปริมาณที่น้อยกว่า แร่ธาตุ Ca ซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นผลทำให้เมื่อนำไบชีเหล็กลมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ชาแล้ว ได้ปริมาณของแร่ธาตุ Fe และ P น้อย ในส่วนของแร่ธาตุ Fe ที่ออกมาในปริมาณที่น้อยมากนั้น อาจมีสาเหตุอีกข้อหนึ่งคือ ในไบชีเหล็กจะมี สารเคมีอยู่หลายตัวที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับแร่ธาตุ Fe ทำให้ปริมาณของแร่ธาตุ Fe ที่ละลายออกมาได้น้อยลงไปอีก

ผลิตภัณฑ์ชาไบชีเหล็ก และระยะเวลาที่เหมาะสมในการชงชาคือ ผลิตภัณฑ์ชาไบชีเหล็กที่ไม่ผ่านการลดความขม ที่ใช้เวลาในการชงที่ 3 นาที ซึ่งจะให้ปริมาณของแร่ธาตุที่ละลายออกมาในปริมาณที่สูง แต่ผลิตภัณฑ์นี้อาจจะมีปัญหาต่อผู้บริโภคในด้านของรสชาติที่ขม

#### 4.4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาไบชีเหล็กที่ทำการพัฒนา

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาไบชีเหล็ก ที่ผ่านการลดความขม (ลวกน้ำที่ 3 นาที) ที่นำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ

ผลิตภัณฑ์	ระดับคะแนน				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความขม	การยอมรับ
ผลิตภัณฑ์ชาไบชีเหล็กผสมกับ ชาสำเร็จรูปลิปตัน	2.20 <sup>b</sup>	3.20 <sup>ns</sup>	3.05 <sup>a</sup>	2.95 <sup>a</sup>	2.90 <sup>a</sup>
ผลิตภัณฑ์ชาไบชีเหล็กผสมกับ ผงชะเอม	3.20 <sup>a</sup>	2.95 <sup>ns</sup>	2.35 <sup>b</sup>	1.95 <sup>b</sup>	2.30 <sup>b</sup>
ผลิตภัณฑ์ชาไบชีเหล็กกับน้ำผึ้ง	3.00 <sup>ab</sup>	3.05 <sup>ns</sup>	2.70 <sup>ab</sup>	2.70 <sup>ab</sup>	2.75 <sup>ab</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ	อักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ และอักษรที่เหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
สี	ที่ระดับ 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบสีของผลิตภัณฑ์ ที่ระดับ 5 คะแนน หมายถึง ชอบสีของผลิตภัณฑ์
กลิ่น	ที่ระดับ 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบกลิ่นของผลิตภัณฑ์ ที่ระดับ 5 คะแนน หมายถึง ชอบกลิ่นของผลิตภัณฑ์
รสชาติ	ที่ระดับ 1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบรสชาติของผลิตภัณฑ์ ที่ระดับ 5 คะแนน หมายถึง ชอบรสชาติของผลิตภัณฑ์
ความขม	ที่ระดับ 1 คะแนน หมายถึง มีความขมมาก ที่ระดับ 5 คะแนน หมายถึง มีความขมน้อย
การยอมรับ	ที่ระดับ 1 คะแนน หมายถึง ยอมรับผลิตภัณฑ์น้อย ที่ระดับ 5 คะแนน หมายถึง ยอมรับผลิตภัณฑ์มาก

ตารางที่ 4.4 พบว่าชาที่ผ่านการลดความขมโดยการลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 3 นาที นั้นได้รับการยอมรับในด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความขมที่ลดลง เมื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการนำมาผสมกับ 1. ชาสำเร็จรูปลิปตัน 2. ผงชะเอม 3. น้ำผึ้ง พบว่าชาใบจีเหล็กที่ผสมกับชาสำเร็จรูปลิปตันจะมีสีเข้ม ทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับในด้านสี แต่ในด้านกลิ่นจะ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ส่วนรสชาติยังคงแปรผันโดยตรงกับความขมเช่นเดิม และชาใบจีเหล็กที่ผสมกับชาสำเร็จรูปลิปตันนั้น ได้รับการยอมรับในคุณลักษณะดังกล่าวมากที่สุด เช่นเดียวกับการยอมรับของผู้ทดสอบ โดยชาใบจีเหล็กที่ผสมกับชาลิปตันมีคะแนนสูงสุด คือ 2.90 ซึ่งเป็นระดับคะแนนที่ค่อนข้างต่ำที่ยอมรับผลิตภัณฑ์ทดสอบ และแสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบสามารถยอมรับชาใบจีเหล็กที่ผ่านการลดความขมโดยการลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส ที่เวลา 3 นาทีผสมกับชาสำเร็จรูปลิปตัน

#### 4.5 ข้อเสนอแนะ

จากการทำการทดลองในการผลิตชาใบจีเหล็ก ผู้ทำการทดลองมีความคิดเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ชาใบจีเหล็กที่ทำการผลิตได้นั้น ยังมีข้อบกพร่องอีกหลายประการ ทั้งในส่วนของ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการยอมรับของผู้ทดสอบ และในส่วนของการทำงานทดลองเอง จากข้อมูลขอใบจีเหล็กสดนั้น จะเห็นได้ว่าในใบจีเหล็กนั้นมีปริมาณของ สารเคมี และแร่ธาตุ ตลอดจนสารอาหารต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการบริโภคอยู่อย่างมาก แต่เมื่อผู้ทำการทดลองได้ได้นำใบจีเหล็กสดมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชาใบจีเหล็กในรูปแบบต่างๆ แล้ว พบว่า คุณภาพและประโยชน์ต่างๆ จากใบจีเหล็กนั้น ได้ลดลง ผู้ทำการทดลองจึงมีข้อเสนอแนะเพื่อที่จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาใบจีเหล็ก ในอนาคต

1. กระบวนการที่ใช้ในการผลิต ชาใบจีเหล็ก เพื่อที่จะไม่ทำให้คุณภาพของจีเหล็กสูญเสียไปมาก
2. รสชาติของผลิตภัณฑ์ชา ใบจีเหล็กที่ผลิต จะต้องปรับปรุงให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น
3. ควรจะมีการตรวจสอบและวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชาจีเหล็กที่ผลิตขึ้น ทั้งในด้านจุลินทรีย์ และทางด้านเคมี เพิ่มขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### 1. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

#### อุปกรณ์

1. Thimble
2. ลำลี-กระดาษกรอง
3. Soxhlet (เป็นชุด)
4. Condenser
5. round bottum flask
6. Extraction tube
7. สายยาง
8. เตา
9. evaporator
10. บีกเกอร์
11. ช้อนตักสาร
12. เครื่องชั่ง
13. คูือบ

#### วิธีทดลอง

- (1) ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว 10 กรัมใน thimble ปิดด้านบนของตัวอย่างด้วยลำลี หรือกระดาษกรองป้องกันฟุ้งกระจายของตัวอย่าง
- (2) บรรจุ thimble ในชุดสกัดไขมัน soxhlet โดย thimble อยู่ใน extraction tube ซึ่งด้านบนต่อกับ condenser ส่วนด้านล่าง ต่อกับ round bottom flask ชนิด 2 หรือ 3 คอ
- (3) ตวง anhydrous ether 150 ml. ในขวดแก้วกันกลม ต่อสายยางนำน้ำเข้า-ออกจาก condenser ก่อนเปิดสวิตซ์ของ เตา heating mantle ปรับระดับความร้อนอย่างเหมาะสม (เช่น 150 หยดต่อนาที) เพื่อให้ไอของ anhydrous ether ความแน่นหยดลงบนตัวอย่างต่อเนื่อง นาน 16 ชั่วโมง
- (4) แยก anhydrous ether ออกด้วย vacuum evaporator นำส่วนของไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 100°C. 30 นาที ไล่ ether จนหมดนำไปทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักของ crude fat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) เตรียมบีกเกอร์แห้งสะอาดทราบ น.น. มาก่อนสำหรับชั่งน้ำมันที่สกัดได้ ในกรณีที่ ปริมาณน้ำมันน้อยให้ชั่งน้ำมันที่สกัดได้ในภาชนะเดิม

(6)  $\text{คำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น.น. บีกเกอร์และไขมัน} - \text{น.น. บีกเกอร์}}{\text{น.น. ตัวอย่างแห้ง}} \times 100$

น.น. ตัวอย่างแห้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

### อุปกรณ์

1. Kjeldahl flask
2. Boiling Ship
3. เตาชุดย่อยโปรตีน
4. Volume flask
5. Erlenmeyer flask
6. Condenser

### สารเคมี

1.  $H_2SO_4$  (conce)
2. กรดบอริก
3. HCl
4. NaOH
5. Mixed Indicator
6. กรดไนตริก
7. Catalyst

### วิธีการทดลอง

- (1) ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ลงในขวด Kjeldahl flask 250 มล. อย่าให้ตัวอย่างเลอะคอขวด
- (2) เติม catalyst 2 กรัม กรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มล. และ boiling chips
- (3) นำ Kjeldahl flask ตั้งบนเตาของชุดย่อยโปรตีนที่มีระบบดูดควันที่ดี ใช้ความร้อนต่ำ ประมาณ 5 นาที ก่อนเร่งความร้อนให้สูงขึ้น ย่อยโปรตีนจนได้สารละลายสีฟ้าใส (นานประมาณ 1 ชั่วโมง) ขณะย่อยโปรตีนหมุนขวดเป็นระยะๆ
- (4) รอให้สารละลายสีฟ้าเย็นและหมดควันของไอกรดก่อนเติมน้ำกลั่น 30 มล. โดยแยก เติมทีละ 5 มล. พร้อมกับเขย่าขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (5) เติสารละลายทั้งหมดลงใน volume flask 100 ml. ล้างขวดย่อยโปรตีนด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง แล้วเทลงในขวดปรับปริมาตรจนถึงขีด
- (6) ทำ blank (ตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 6) โดยใช้ น้ำกลั่น แทนตัวอย่าง
- (7) เปิดชุดกลั่นโปรตีนและผ่านน้ำเย็นเข้าออก condenser เปิดสวิทซ์เตาของชุดกลั่นให้มีความร้อนเพียงพอในขณะที่เริ่มต้มน้ำและป้องกันการไหลย้อนกลับของสารละลายที่ใช้เก็บแอมโมเนีย
- (8) ดูดกรดบอริก 10 มล. ใน Erlenmeyer flask 250 ml. ที่แห้งและสะอาดหยด mixed indicator 4 หยด เขย่าให้คึกก่อนนำไปวางใต้เครื่องกลั่น โดยให้ปลาย condenser จุ่มในสารละลาย
- (9) ดูดสารละลายในข้อ (5) 5 มล. ลงในขวดกลั่น ล้างไปเปิดด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้งลงในขวดกลั่น เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 30% จำนวน 3 ml. ประกอบเข้าชุดกลั่น
- (10) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะผ่าน condenser ลงสู่สารละลายบอริก สีของสารละลายเปลี่ยนจากม่วง-น้ำเงิน (bluish purple) ไปเป็นเขียว-น้ำเงิน (bluish green) การเปลี่ยนสีเป็นอย่างรวดเร็วประมาณ 20-30 วินาที เมื่อสารละลายบอริกเปลี่ยนสีประมาณ 5 นาที ลดระดับของ Erlenmeyer flask ให้ปลาย condenser อยู่เหนือระดับของของเหลว 1 ซม. ล้างปลาย condenser ด้วยน้ำกลั่น รอให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปอีกประมาณ 1-2 นาที ก่อนนำไปไตเตรทกับสารละลายไฮโดรคลอริก 0.01 N จนสีน้ำเงินเปลี่ยนไปเป็นใส-ไม่มีสี

ข้อแนะนำ อาจไตเตรทจนเป็นสีชมพู ลบปริมาตรของไฮโดรคลอริกออก 0.02 มล. จะทำให้สังเกตเห็น end point ได้ง่ายขึ้นเนื่องจากสีชมพูจะเข้มขึ้นเมื่อหยดไฮโดรคลอริกเกินเพียงหยดเดียว

- (11) ทำการทดลองเช่นเดียวกับ blank
- (12) คำนวณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน =  $\frac{(A-B) \times CDE \times 100}{FG}$

FG. 100

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = (\% \text{ ในโตรเจน}) \times 6.25$$

เมื่อ A = มล.ของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = มล.ของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ blank

C = ความเข้มข้น (N) ของกรดไฮโดรคลอริก

D = 14

E = มล.ของสารละลายที่ผ่านการย่อย (100 มล.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F = มล.ของสารละลาย E ที่นำไปกลั่น (5 มล.)

G = น้ำหนักของตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การวิเคราะห์ปริมาณถั่ว

#### อุปกรณ์

1. Platinum dish
2. Discator
3. Muffle
4. ตะเกียง Bunsen
5. เครื่องชั่ง

#### สารเคมี

1. น้ำมันมะกอก

#### วิธีทดลอง

- (1) ถ้ำ platinum หรือ porcelain dish ทำให้แห้งก่อนเผาใน muffle furnace นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desicator ก่อนนำมาชั่ง
- (2) ชั่งตัวอย่างใน platinum dish
- (3) หยคน้ำมันมะกอก 2-3 หยด ในตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำตาสสูง เพื่อป้องกันการเกิดฟองขณะเผา
- (4) เผาตัวอย่างด้วยตะเกียงบุนเซนช้าๆ จนเผาไหม้หมด (completely carbonized) จึงนำ dish วางในเตาเผา จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นถั่วสีขาว
- (5) ชั่ง น.น. ถั่วด้วยตาชั่งชั่งละเอียด คำนวณเปอร์เซ็นต์ถั่ว เช่นเดียวกับการคำนวณ crude fiber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. การวิเคราะห์หาความชื้น

##### อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน
2. Desicator
3. Aluminium can
4. Tong
5. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

##### วิธีการ

1. อบ Aluminium can พร้อมด้วยฝาที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. ทำให้เย็นใน Desicator จนถึงอุณหภูมิห้อง
3. ชั่งน้ำหนัก Aluminium can พร้อมฝา
4. ชั่งตัวอย่างใส่ใน Aluminium can 2-3 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน
5. นำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 100-102 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง
6. นำเข้า Desicator จนถึงอุณหภูมิห้อง จึงนำไปชั่งน้ำหนัก

##### การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{100 (A - B)}{C}$$

- เมื่อ
- A คือน้ำหนักของ Aluminium can กับน้ำหนักตัวอย่างก่อนการอบ
  - B คือน้ำหนักของ Aluminium can กับน้ำหนักตัวอย่างหลังการอบ
  - C คือน้ำหนักตัวอย่างก่อนการอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ Fe, Ca และ P

### เครื่องมือ (Apparatus)

1. Atomic Absorption Spectrophotometer with Burner System (AAS)
2. Air-Acetylene Burner Head
3. Hollow-Cathode Lamps

### สารเคมี (Reagents)

1. อากาศ (Air) จากเครื่องปั๊มอากาศหรือถังเก็บอากาศ จะต้องแห้งและสะอาด
2. Acetylene ใช้ชนิด Standard Commercial Grade (ปกติจะมี Acetone อยู่กันถึง ต้องระวังอย่าใช้เมื่อสเกลตกลงต่ำกว่า 70 psi)
3. น้ำกลั่นปราศจากโลหะหนัก (Metal Free Water) ปกติควรใช้ Deionize Distill water
4. กรดไนตริกเข้มข้น (conc.  $\text{HNO}_3$ )
5. กรดเกลือเข้มข้น (conc.  $\text{HCl}$ )
6. สารละลายมาตรฐานโลหะหนัก (Standard Metal Solutions) อาจใช้สารละลาย มาตรฐานสำเร็จรูปนำมาละลายให้มีความเข้มข้นตามต้องการหรือเตรียมใช้เอง ได้ดังนี้
  - 6.1 เหล็ก (Iron) ละลาย 0.100 กรัม ลวดเหล็กบริสุทธิ์ (Iron wire) ในกรดเกลือ (1+1  $\text{HCl}$ ) 10 ลบ.ซม. และ conc.  $\text{HNO}_3$  3 ลบ.ซม. และเติม conc.  $\text{HNO}_3$  อีก 5 ลบ.ซม. แล้วทำให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (1 ลบ.ซม. = 100 ไมโครกรัม เหล็ก)
  - 6.2 แคลเซียม (Calcium) ละลาย 0.2497 กรัม  $\text{CaCO}_3$  (ทำให้แห้งที่อุณหภูมิ  $180^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 1 ชม.) ใน 1+1  $\text{HNO}_3$  ปริมาณน้อยที่สุดจนละลายแล้วเติม conc.  $\text{HNO}_3$  10 ลบ.ซม. ทำให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (1 ลบ.ซม. = 100 ไมโครกรัมแคลเซียม)
7. สารตัวอย่าง

7.1 โลหะละลาย (Dissolve Metals) การเก็บตัวอย่างละลายทำได้โดย นำน้ำตัวอย่างกรองผ่านเยื่อกรองขนาด 0.45 ไมครอน เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการกรองควรใช้ชนิดที่ทำด้วยแก้ว หรือพลาสติก เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อน ใช้น้ำตัวอย่าง 50-100 ลบ.ซม. แรกชะล้างขวดที่รองรับก่อน เทน้ำส่วนนี้ทิ้งไป แล้วเก็บน้ำตัวอย่างที่รองรับได้ต่อมา จนได้ปริมาตรตามต้องการ นำน้ำตัวอย่างที่กรองได้มาทำให้เป็นกรดด้วยกรดไนตริก 1:1 จำนวน 3 ลบ.ซม./ลิตร เพื่อทำให้  $\text{pH} < 2$  (ถ้าต้องการตรวจวิเคราะห์ธาตุโครเมียมเฮกซะวาเลนต์ ( $\text{Cr}^{6+}$ ) จะต้องไม่เติมกรดไนตริก แต่ต้องวิเคราะห์ให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้) ถ้าหลังจากเติมกรดเพื่อรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำแล้ว เกิดตะกอนขึ้น ก็ถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าเป็นตะกอนของโลหะละลาย และให้ทำการย่อยสลาย (digestion) เช่นเดียวกับโลหะทั้งหมด (ในบางกรณีน้ำมีคุณสมบัติเป็น buffer อย่างมาก อาจแก้ปัญหาโดยการเติมกรดเกลือเข้มข้นจำนวน 25 ลบ.ซม. ต่อน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร เพื่อเก็บรักษาคุณภาพได้เป็นเวลานานๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ข**  
**แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส**

**ผลิตภัณฑ์...ชาใบจีเหล็ก**

ชื่อ.....วันที่.....

คำชี้แจง... โปรดประเมินคุณลักษณะต่างๆ

- ชาใบจีเหล็กที่ไม่ผ่านการลดความขม
- ชาใบจีเหล็กที่ผ่านการลดความขม โดยการแช่น้ำเกลือ 15% เวลา 6 ชั่วโมง
- ชาใบจีเหล็กที่ผ่านการลดความขม โดยการลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส เวลา 3 นาที

โดยให้ผู้ชิมให้ระดับคะแนนตามความชอบต่อผลิตภัณฑ์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านได้อธิบายความรู้  
สึกชอบและไม่ชอบในระดับใด

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง		
รหัส			
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
ความขม			
ความชอบรวม			

\* หมายเหตุ...ไม่ชอบ = 1      ชอบเล็กน้อย = 2      ชอบปานกลาง = 3  
ชอบ = 4      ชอบมาก = 5

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

### ผลิตภัณฑ์...ชาใบจีเหล็ก

ชื่อ.....วันที่.....

คำชี้แจง... โปรดประเมินคุณลักษณะต่างๆ

- ชาใบจีเหล็กที่ผ่านการลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส 3 นาที ผสมชาสำเร็จรูปปด้น
- ชาใบจีเหล็กที่ผ่านการลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส 3 นาที ผสมผงชะเอม
- ชาใบจีเหล็กที่ผ่านการลวกน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส 3 นาที ผสมน้ำผึ้ง

โดยให้ผู้ประเมินให้ระดับคะแนนตามความชอบต่อผลิตภัณฑ์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านได้อธิบายความรู้  
สึกชอบและไม่ชอบในระดับใด

คุณลักษณะ	ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง		
รหัส			
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
ความขม			
ความชอบรวม			

\*หมายเหตุ...ไม่ชอบ = 1      ชอบเล็กน้อย = 2      ชอบปานกลาง = 3  
ชอบ = 4      ชอบมาก = 5

ข้อเสนอแนะ.....  
.....  
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของชาใบชี่เหล็กที่ไม่ผ่านการลดความขม ชาใบชี่เหล็กที่ลดความขมโดยการ  
แช่น้ำเกลือ และชาใบชี่เหล็กที่ลดความขมโดยการลวกน้ำร้อน

**Descriptives**

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower	Upper		
COLOUR	a	20	2.5500	.6863	.1535	2.2288	2.8712	1.00	3.00
	b	20	2.5000	.7609	.1701	2.1439	2.8561	1.00	4.00
	c	20	2.4000	.5026	.1124	2.1648	2.6352	2.00	3.00
	Total	60	2.4833	.6507	8.401E-02	2.3152	2.6514	1.00	4.00
ORDER	a	20	2.8000	.8944	.2000	2.3814	3.2186	1.00	4.00
	b	20	2.3500	.5871	.1313	2.0752	2.6248	1.00	3.00
	c	20	2.5000	.6070	.1357	2.2159	2.7841	2.00	4.00
	Total	60	2.5500	.7231	9.335E-02	2.3632	2.7368	1.00	4.00
TEST	a	20	1.6000	.5026	.1124	1.3648	1.8352	1.00	2.00
	b	20	1.8000	.6959	.1556	1.4743	2.1257	1.00	3.00
	c	20	2.6500	.8751	.1957	2.2404	3.0596	1.00	4.00
	Total	60	2.0167	.8334	.1076	1.8014	2.2320	1.00	4.00
BITTER	a	20	1.4000	.5026	.1124	1.1648	1.6352	1.00	2.00
	b	20	1.7000	.5712	.1277	1.4327	1.9673	1.00	3.00
	c	20	2.6500	.6708	.1500	2.3360	2.9640	2.00	4.00
	Total	60	1.9167	.7874	.1017	1.7133	2.1201	1.00	4.00
TOTAL	a	20	1.4500	.5104	.1141	1.2111	1.6889	1.00	2.00
	b	20	1.8500	.6708	.1500	1.5360	2.1640	1.00	3.00
	c	20	2.8000	.7678	.1717	2.4407	3.1593	1.00	4.00
	Total	60	2.0333	.8629	.1114	1.8104	2.2562	1.00	4.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**COLOUR**

Duncan

	N	Subset
FORMURA		1
c	20	2.4000
b	20	2.5000
a	20	2.5500
Sig.		.474

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = .380.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b Alpha = .05.

**ORDER**

Duncan

	N	Subset
FORMURA		1 2
b	20	2.3500
c	20	2.5000
a	20	2.8000
Sig		.388 .089

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = .296.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TEST**

Duncan

	N	Subset
FORMURA		1                      2
a	20	1.6000
b	20	1.8000
c	20	2.6500
Sig.		.165                      1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = .199.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b Alpha = .05.

**BITTER**

Duncan

	N	Subset
FORMURA		1                      2
a	20	1.4000
b	20	1.7000
c	20	2.6500
Sig.		.085                      1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = .289.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b Alpha = .05.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TOTAL**

Duncan

	N	Subset		
FORMURA		1	2	3
a	20	1.4500		
b	20		1.8500	
c	20			2.8000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = .266.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b Alpha = .05.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ผลทางสถิติของชาใบชี่เหล็กที่ผสมกับชาสำเร็จรูป ชาผสมกับผงชะเอม ชาผสมกับน้ำผึ้ง

### Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower	Upper		
BITTER	a	20	2.9500	.9987	.2233	2.4826	3.4174	1.00	5.00
	b	20	1.9500	.6863	.1535	1.6288	2.2712	1.00	3.00
	c	20	2.7000	1.0809	.2417	2.1941	3.2059	1.00	5.00
	Total	60	2.5333	1.0163	.1312	2.2708	2.7959	1.00	5.00
COLOUR	a	20	2.2000	.9515	.2128	1.7547	2.6435	1.00	4.00
	b	20	3.2000	.9515	.2128	2.7545	3.6445	1.00	5.00
	c	20	3.0000	.7947	.1777	2.6281	3.3719	1.00	4.00
	Total	60	2.8000	.9881	.1276	2.5448	3.0552	1.00	5.00
TOTAL	a	20	2.9000	.9679	.2164	2.4470	3.3530	1.00	4.00
	b	20	2.3000	.9234	.2065	1.8678	2.7322	1.00	5.00
	c	20	2.7500	1.0195	.2280	2.2728	3.2272	1.00	4.00
	Total	60	2.6500	.9885	.1276	2.3946	2.9054	1.00	5.00
ORDER	a	20	3.2000	.6959	.1556	2.8743	3.5257	1.00	4.00
	b	20	2.9500	1.0990	.2458	2.4356	3.4644	1.00	5.00
	c	20	3.0500	.8256	.1846	2.6636	3.4364	1.00	4.00
	Total	60	3.0667	.8804	.1137	2.8392	3.2941	1.00	5.00
TEST	a	20	3.0500	.8256	.1846	2.6636	3.4364	1.00	4.00
	b	20	2.3500	.8127	.1817	1.9696	2.7304	1.00	4.00
	c	20	2.7000	.8013	.1729	2.3250	3.0750	1.00	4.00
	Total	60	2.7000	.8497	.1097	2.4805	2.9195	1.00	4.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**COLOUR**

Duncan

	N	Subset for alpha = 0.05	
FORMURA		1	2
a	20	2.2000	.
c	20		3.0000
b	20		3.2000
Sig.		1.000	.486

**ORDER**

Duncan

	N	Subset for alpha = 0.05	
FORMURA		1	2
b	20	2.9500	
c	20	3.0500	
a	20	3.2000	
Sig		.408	

**TEST**

Duncan

	N	Subset for alpha = 0.05	
FORMURA		1	2
b	20	2.3500	
c	20	2.7000	2.7000
a	20		3.0500
Sig.		.179	.179

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**BITTER**

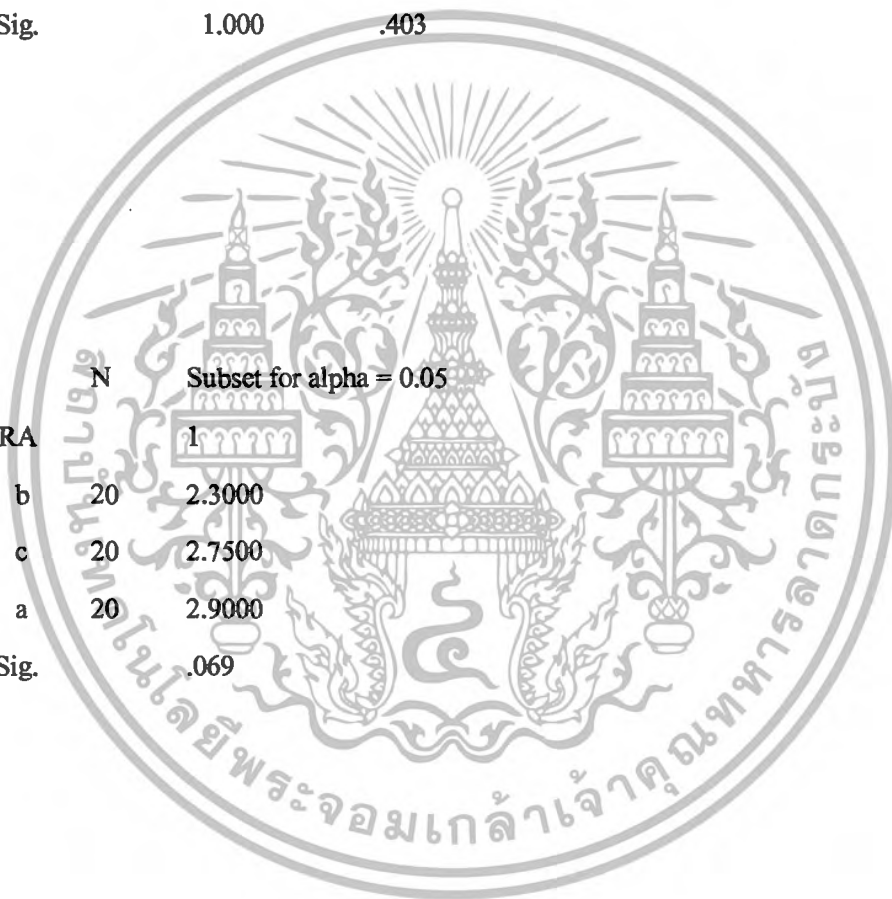
## Duncan

	N	Subset
FORMURA		1            2
b	20	1.9500
c	20	2.7000
a	20	2.9500
Sig.		1.000        .403

**TOTAL**

## Duncan

	N	Subset for alpha = 0.05
FORMURA		1
b	20	2.3000
c	20	2.7500
a	20	2.9000
Sig.		.069



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- ไพโรจน์ พงศ์สุกสมิทธิ์. 2532. เทคโนโลยีการผลิตชา เล่ม 1. ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาค  
เหนือ, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, 85 หน้า
- สถาบันวิจัยหม่อนไหม, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2541. เอกสาร  
แนะนำการทำชาใบหม่อน ISBN 974-7465-07-8 พฤษภาคม 2541. โรงพิมพ์ชุมนุม  
สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพฯ. 36 หน้า
- สำนักงานมาตรฐานผลิตอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, 2526. มาตรฐานผลิต  
ภัณฑ์อุตสาหกรรมชาผง (ชาฝรั่ง), มอก. 461-2526 ISBN 974-8118-92-4 พิมพ์  
เพิ่มเติมครั้งที่ 1, มิถุนายน 2526. 14 หน้า
- มาริสา จินะดิษฐ์ และคณะ. 2535. เอกสารประกอบการสอน ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2  
คณะวิชาเทคนิคเคมี, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ
- วรรณมา ตั้งเจริญชัย. เอกสารประกอบการเรียนการสอน ปฏิบัติการเคมีอาหาร. ภาควิชา  
อุตสาหกรรมเกษตร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบัง
- พิไล เทียรเดช. 2538. การตรวจวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอมซอร์มชั้น  
สเปกโตรโฟโตเมตรี ฝ่ายวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรม  
อนามัย. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ. 137 หน้า
- นาย สุรพงษ์ เข้มจิตต์นัม นาย ทวีเกียรติ จิตประทีป. วิทยานิพนธ์ การศึกษาพฤษเคมี  
จากใบและยอดอ่อนของสมุนไพรจืดเหล็ก, ภาควิชาเภสัชเวช, คณะเภสัชศาสตร์,  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- T.W. Graham Solomons. And Draig B. Fryhle. 1998. Organic Chemistry.  
New York. John Wiley & Sons, Inc 1255 P
- Ramirea-Munoz, Juan, Atomic-absorption Spectroscopy and analysis by atomic  
absorption flame photometry. New York : American Elsevier Publishing,  
1968, p. 272

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

นายประดิษฐ์ชาติ เหนียงแจ่ม เกิดเมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2520 ที่โรงพยาบาลหัวเฉียว จังหวัดกรุงเทพมหานคร จบการศึกษาในชั้นอนุบาลที่โรงเรียนอนุบาลม่วงพรรณ หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อระดับประถมศึกษาจนจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และศึกษาต่อที่ระดับมัธยมศึกษาต้นที่โรงเรียนเดิม คือ โรงเรียนแม่พระฟาติมา จบการศึกษาในปีการศึกษา 2535 ส่วนการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาปลายได้ย้ายไปศึกษาที่โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี ต่อมาสอบเข้าศึกษาที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ ในสาขาเคมีปฏิบัติการซึ่งเป็นหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงเข้าศึกษา 3 ปี จึงจบหลักสูตรจากนั้นสอบเข้าศึกษาที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร หลักสูตร 2 ปี และจบการศึกษาระดับปริญญาตรี ปีการศึกษา 2543

นายชัชวาลน์ เหลืองภักดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 6 พฤษภาคม พุทธศักราช 2521 ที่โรงพยาบาลสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ เข้าศึกษาในระดับอนุบาลและประถมศึกษาที่โรงเรียนอนุบาลสุรินทร์ หลังจากนั้นสอบเข้าศึกษาต่อในระดับมัธยมศึกษาต้นที่โรงเรียนสุรวิทยาคาร จังหวัดสุรินทร์ และในระดับมัธยมศึกษาปลายที่โรงเรียนสุรวิทยาคารแห่งเดิม จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ปีการศึกษา 2538 จากนั้นได้สอบเข้าศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ สาขาเคมีปฏิบัติการ ต่อมาก็สอบต่อเข้าที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในคณะเทคโนโลยีการเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร หลักสูตร 2 ปี และจบการศึกษาระดับปริญญาตรี ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้