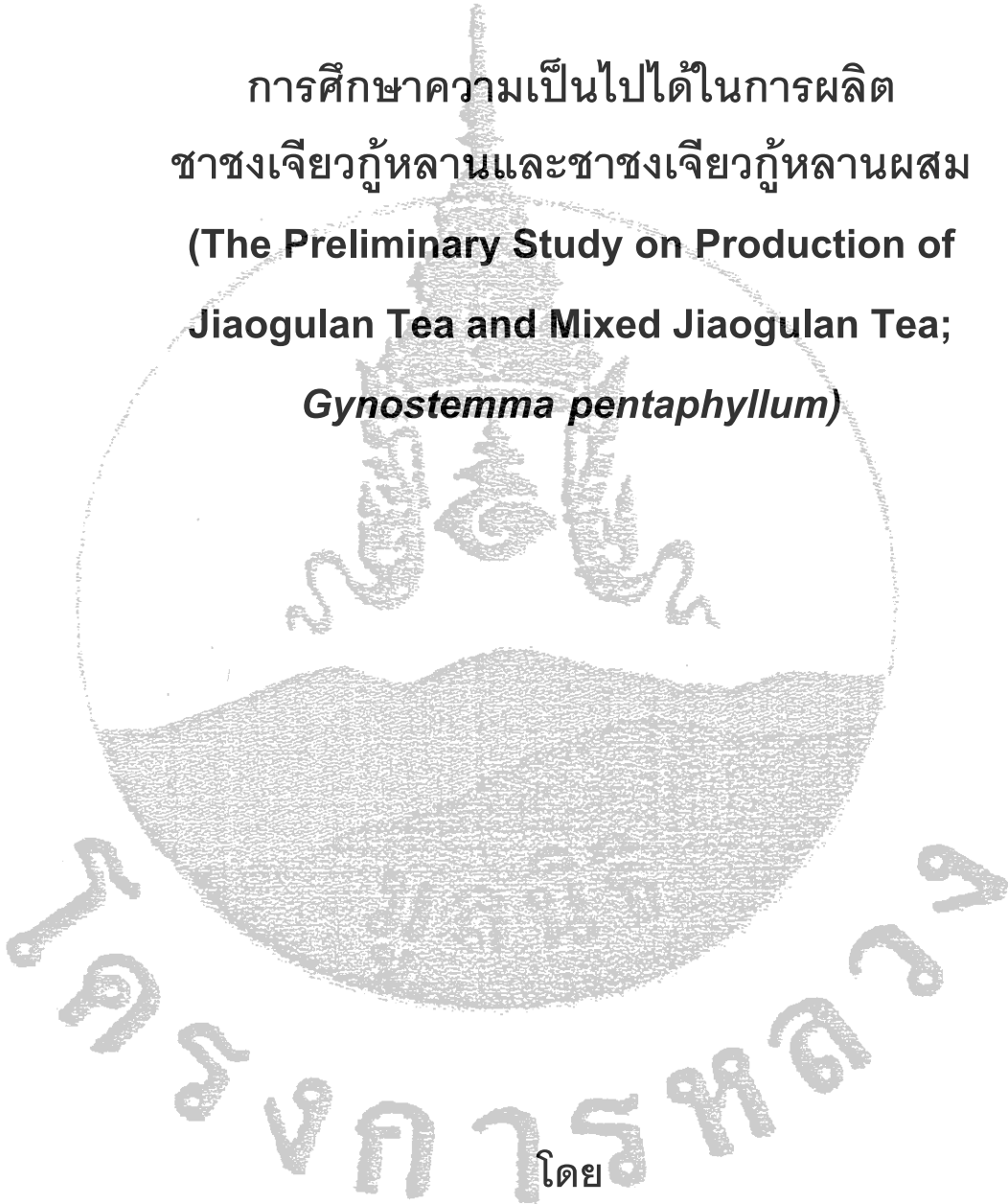


# รายงานฉบับสมบูรณ์

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิต  
ชาชงเจียวกู่หลานและชาชงเจียวกู่หลานผสม  
(The Preliminary Study on Production of  
Jiaogulan Tea and Mixed Jiaogulan Tea;  
*Gynostemma pentaphyllum*)



รองศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ วิริยจารี  
ตะวัน บุรีแก้ว และ กนิษฐา บุญสวัสดิ์  
ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขิตภัณฑ์  
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตจากเงี้ยวกู่หลานหรือ  
อมาซาซุรุ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมูลนิธิโครงการหลวง โดยได้รับทุนต่อเนื่อง 2 ปี คือ  
ปีงบประมาณ 2541-2542 ผู้วิจัยขอขอบคุณในการให้การสนับสนุนการวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

อึ้งผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคล เจ้าหน้าที่ ในองค์กรต่างๆของหน่วยราชการ  
ต่างๆ ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนโครงการวิจัยนี้มาโดยตลอด ดังต่อไปนี้

- ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- โครงการอาหารสุขภาพดอยคำ มูลนิธิโครงการหลวง
- โครงการแปรรูปอาหารสำเร็จรูป มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิหลายๆท่านที่ให้คำปรึกษา  
ตลอดทั้งโครงการ ซึ่งสามารถทำให้โครงการสามารถดำเนินการไปได้ด้วยดี เรียบร้อย และมี  
ประสิทธิภาพ

## บทคัดย่อ

ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตชาจากเงี้ยวกุหลาน หรือมาชาซูนี้ ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีบางอย่างของวัตถุดิบเงี้ยวกุหลานเบื้องต้นก่อนการนำมาผลิตเป็นชาชง พบว่าปริมาณความชื้นของเงี้ยวกุหลานมีค่าร้อยละ  $83.76 \pm 0.11$  มีปริมาณเถ้าทั้งหมดร้อยละ  $2.95 \pm 0.05$  ซึ่งเป็นเถ้าที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ  $2.63 \pm 0.07$  และเถ้าที่ละลายน้ำได้ร้อยละ  $0.32 \pm 0.01$  โดยมีความเป็นด่างของเถ้าที่ละลายน้ำได้คิดเป็นร้อยละ  $0.133 \pm 0.005$  ในที่นี้มีเถ้าที่ไม่ละลายในกรดร้อยละ  $1.23 \pm 0.02$  เมื่อนำมาทำการสกัดด้วยน้ำร้อนโดยการสกัดซ้ำวนไปมา ทำให้ได้สารสกัดได้คิดเป็นร้อยละ  $28.99 \pm 0.90$  และมีส่วนกากที่เหลือร้อยละ  $51.89 \pm 0.37$  โดยที่เงี้ยวกุหลานนี้มีปริมาณคาเฟอีนร้อยละ  $0.006 \pm 0.001$  และปริมาณแทนนินร้อยละ  $1.70 \pm 0.06$

การทดลองเบื้องต้นต่อการศึกษาการระเหยน้ำออกจากก้านและใบเงี้ยวกุหลานด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที พบว่าเงี้ยวกุหลานที่มีความชื้นร้อยละ  $83.76 \pm 0.01$  มีการระเหยออกของน้ำโดยมีค่าอัตราเร็วคงที่ในเบื้องต้น (20 นาทีแรก) เท่ากับ 11.545 กรัม/น้ำต่อกรัมของแห้ง-ชั่วโมง และในนาทีที่ 20-35 จะมีอัตราเร็วคงที่ของการระเหยน้ำเป็น 6.157 กรัม/น้ำต่อกรัมของแห้ง-ชั่วโมง ส่วนในช่วงท้ายของการทำแห้งอัตราเร็วดังกล่าวจะเป็น 2.309 กรัม/น้ำต่อกรัมของแห้ง-ชั่วโมง โดยมีค่า Critical moisture content แรกเริ่มเป็น 5.157 กรัม/น้ำต่อกรัมของแห้ง มีการระเหยของน้ำที่มีการลดลงของน้ำหนักที่สามารถสังเกตค่า Critical moisture content ที่สองได้โดยมีค่าเท่ากับ 0.329 กรัม/น้ำต่อกรัมของแห้ง เวลาคาดคะเนที่ใช้ในการทำแห้งเป็น 76.8 นาที

การศึกษากระบวนการเบื้องต้นก่อนการทำแห้งในรูปแบบต่างๆ ได้แก่การนวดและหมักใบและก้านใบเงี้ยวกุหลาน นาน 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 28-32 องศาเซลเซียส รวมทั้งการลวกเบื้องต้นในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ร่วมกับเกลือแกงร้อยละ 1.2 นาน 1 นาทีที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ตลอดจนชุดควบคุมที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆก่อนการทำแห้ง และดำเนินการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 45 มิลลิบาร์ ตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และตู้อบพลังแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 38-41 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศร้อยละ 49-69 พบว่ากระบวนการลวกในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตและเกลือแกงนาน 1 นาทีที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศดังกล่าวสามารถผลิตชาเงี้ยวกุหลานได้ดีมีคุณภาพทั้งทางด้านเคมี กายภาพ และทางด้านประสาทสัมผัสที่ดี กล่าวคือผลิตภัณฑ์ชาชงเงี้ยวกุหลานมีปริมาณความชื้นร้อยละ  $16.99 \pm 0.11$  ปริมาณน้ำอิสระคิดเป็น  $0.5590 \pm 0.0200$  ค่าสีเหลือง-ใสที่ปรากฏคิดเป็นค่าความสว่าง (L) สีแดง-เขียว ( $a^*$ ) สีเหลือง-น้ำเงิน ( $b^*$ ) เท่ากับ  $79.627 \pm 1.190$ ,  $-2.717 \pm 0.150$  และ  $6.230 \pm 0.710$  ตามลำดับ ผู้บริโภคสามารถให้คะแนนลักษณะคุณภาพทางด้านความแรงของกลิ่นชา รสชาติ สีที่ปรากฏ และการยอมรับโดยรวมเป็น  $6.40 \pm 1.19$ ,  $5.55 \pm 1.47$ ,  $6.65 \pm 1.39$  และ  $6.10 \pm 1.65$  ตามลำดับ

การเตรียมวัตถุดิบเพื่อผสมในชาชงเขียวกู่หลานพบว่าการประยุกต์ใช้ตู้  
สูญญากาศสามารถผลิตวัตถุดิบดังกล่าวได้ โดยที่มินต์ต่างๆ และชาหอมจะใช้อุณหภูมิในการ  
ทำแห้งที่ 40 องศาเซลเซียส 45 มิลลิบาร์ นาน 25 และ 26 ชั่วโมงตามลำดับ ส่วนเปลือกเลมอน  
สีเหลืองและสีเขียว รวมทั้งสตอเบอรี่จะใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ 45 องศาเซลเซียส 45  
มิลลิบาร์ นาน 36 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ

ส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตชาชงเขียวกู่หลานผสมสามารถได้ส่วนผสมที่ดี  
ดังนี้ มินต์ USA ร้อยละ 11 มินต์เปปเปอร์ ร้อยละ 13 มินต์เจแปนนิส ร้อยละ 7 มินต์โรมัน  
ร้อยละ 7 ชาเขียวกู่หลาน ร้อยละ 50 และชาหอม ร้อยละ 12 อย่างไรก็ตามการเพิ่มกลิ่นรสให้  
กับชาโดยการผสมกับผลไม้ เพื่อที่จะได้ชาที่มีกลิ่นรสที่ดีขึ้นหรือได้กลิ่นรสที่แปลกใหม่ซึ่งเป็น  
ทางเลือกให้กับผู้บริโภคได้สูตรส่วนผสมดังนี้ ผิวเลมอนเขียวร้อยละ 10 ของสูตรข้างต้น  
ผิวเลมอนเหลืองร้อยละ 10 ของสูตรข้างต้น สตอเบอรี่ร้อยละ 30 ของสูตรข้างต้น



## Abstract

For preliminary study on jiaogulan or amachazuru, raw material was randomized and analyzed in some chemical properties. It was found that moisture content of jiaogulan was  $83.76 \pm 0.11\%$  and total ash ( $2.95 \pm 0.05\%$ ) which was insoluble ash ( $2.63 \pm 0.07\%$ ) and soluble ash ( $0.32 \pm 0.01\%$ ). The alkalinity of soluble ash of jiaogulan was  $0.133 \pm 0.005\%$ . Moreover, the acid insoluble of raw material was  $1.23 \pm 0.02\%$ . When jiaogulan was extracted by reflux method, the solid in extract was  $28.99 \pm 0.90\%$  and had  $51.89 \pm 0.37\%$  of unextracted solid. The jiaogulan had also  $0.006 \pm 0.001\%$  of caffeine and  $1.70 \pm 0.06\%$  of tannin.

For study on the water evaporation from jiaogulan with hot air at  $50^\circ\text{C}$  and air velocity of 1 m/s, it was found that jiaogulan ( $83.76 \pm 0.01\%$  moisture content) had the constant rate of water evaporation at 20 minutes ( $11.545$  g water/ g solid-hour), at 20-35 minutes ( $6.157$  g water/ g solid-hour) and last period of drying ( $2.309$  g water/ g solid-hour). It was also found that there were 2 critical moisture content points; the first ( $5.157$  g water/ g solid) and the other ( $0.329$  g water/ g solid). The calculated drying time was 76.8 minutes.

Preliminary treatment before drying was investigated. The studied factors used were rolling and fermentation for 3 hours at  $28-32^\circ\text{C}$ , blanching in sodium bicarbonate solution (0.1%) and 1.2% of sodium chloride for 1 minute at  $90^\circ\text{C}$  and control sample. The drying methods were partial vacuum dryer at  $40^\circ\text{C}$  with 45 mBar, electric dryer at  $40^\circ\text{C}$  and sun dryer at  $38-41^\circ\text{C}$  with 49-69 % relative humidity. It was found that the treatment blanching in sodium chloride solution (0.1%) with 1.2% sodium chloride for 1 minute at  $90^\circ\text{C}$  before drying with partial vacuum dryer could be produced a good quality of dried jiaogulan in terms of chemical, physical and sensory properties. In fact that dried jiaogulan had moisture content ( $16.99 \pm 0.11\%$ ),  $A_w$  ( $0.5590 \pm 0.0200$ ), clear yellow color as L,  $a^*$ ,  $b^*$  ( $79.627 \pm 1.190$ ,  $-2.717 \pm 0.150$ ,  $6.230 \pm 0.710$  respectively). The panelists could be rated the score of sensory attributes as flavor, taste, color and overall acceptability of that treatment with the scores of  $6.40 \pm 1.19$ ,  $5.55 \pm 1.47$ ,  $6.65 \pm 1.39$  and  $6.10 \pm 1.65$  respectively.

In addition, the preparation of raw materials used in jiaogulan tea formulation was also investigated by use of vacuum dryer. Mints and aromatic tea leaves were dried with  $40^\circ\text{C}$  45 mBar for 25 and 26 hours respectively. However,

yellow lemon peel, green lemon peel and strawberries were also dried with 45<sup>o</sup> C 45 mBar for 36 and 48 hours respectively.

The optimum formulation of mixed jiaogulan tea was USA mint 11%, Pepper mint 13%, Japanese mint 7%, Roman mint 7% ,Jiaogulan 50% and aromatic tea leaves 12%. However, for dried fruits modification in jiaogulan formulation, it was found that the suitable quantities of those dried fruits were 10 % yellow lemon peel, 10% green lemon peel and 30% dried strawberries of the mixed jiaogulan tea.



# สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
สารบัญเรื่อง	ช
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	4
บทที่ 3 ผลการทดลอง	18
บทที่ 4 สรุปผลการทดลอง	48
เอกสารอ้างอิง	51

บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

## สารบัญตาราง

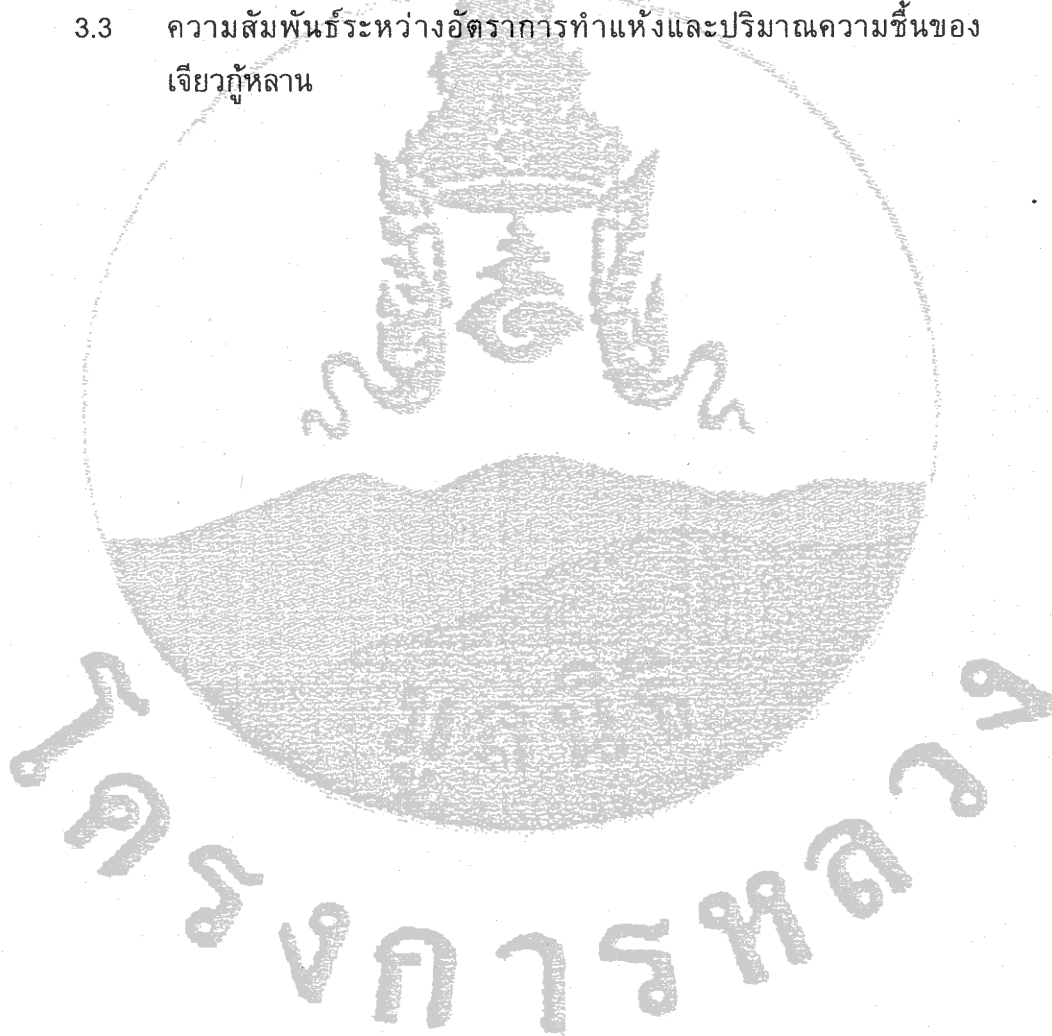
ตาราง		หน้า
2.1	ค่ามาตรฐานของค่าเฟื่อนในแต่ละความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสง	6
2.2	การวางแผนการทดลองการกระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียวกู่หลาน	10
2.3	ระดับสูงต่ำของปัจจัยต่างๆในการทดลองสูตรผสมของชาชงเขียวกู่หลานผสม	13
2.4	สูตรชาชงเขียวกู่หลานผสมจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design	14
2.5	$2^3$ Factorial experiment in CRD ที่มี 3 Center points โดยมีปัจจัยที่ศึกษาคือ ผิวเลมอนสีเหลืองแห้ง ผิวเลมอนสีเขียวแห้ง และสตรอเบอร์รี่แห้ง	15
3.1	คุณภาพทางเคมีของเขียวกู่หลาน	13
3.2	ปริมาณน้ำหนัก ความชื้น และอัตราการแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการแห้งที่เวลาต่างๆของใบและก้านเขียวกู่หลานที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที	14
3.3	ผลผลิตของเขียวกู่หลานที่ได้จากการผ่านกระบวนการเบื้องต้นก่อนการแห้งในรูปแบบต่างๆ	20
3.4	ความชื้น และปริมาณน้ำอิสระของเขียวกู่หลานที่ได้จากการผ่านกระบวนการเบื้องต้นก่อนการแห้งในรูปแบบต่างๆ	21
3.5	คุณภาพทางกายภาพ สีที่ปรากฏ ( $L^* a^* b^*$ ) ของเขียวกู่หลานที่ได้จากการผ่านกระบวนการเบื้องต้นก่อนการแห้งในรูปแบบต่างๆ	22
3.6	การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส ความแรงของกลิ่น รสชาติ สีที่ปรากฏ และการยอมรับโดยรวมของชาเขียวกู่หลานที่ผ่านกระบวนการเบื้องต้นก่อนการแห้งในรูปแบบต่างๆ	25
3.7	น้ำหนัก ความชื้น และอัตราการแห้งที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการแห้งที่เวลาต่างๆของมินต์สายพันธุ์ USA ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที	31
3.8	น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของมินต์เจแปนนิส ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที	32



ตาราง		หน้า
3.9	น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของมินต์โรมัน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที	33
3.10	น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของมินต์เปปเปอร์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที	34
3.11	น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของชาหอม ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที	35
3.12	น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของผิวเลมอนสีเหลือง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที	36
3.13	น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของผิวเลมอนสีเขียว ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที	37
3.14	น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของสตรอเบอร์รี่ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที	39
3.15	แสดงค่าคะแนนเฉลี่ย Ideal Ratio Profile ของชาชงที่ผสมไพโรเจียวกู่หลานผสมจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design	40
3.16	แสดงค่าเฉลี่ยการวัดค่าทางกายภาพของชาชงผสมไพโรเจียวกู่หลานผสมจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design	41
3.17	แสดงค่าเฉลี่ยการทดสอบทางเคมีของชาชงผสมไพโรเจียวกู่หลานผสมจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design	42
3.18	แสดงสูตรชาชงผสมไพโรเจียวกู่หลานผสมตามสมการจากลักษณะสำคัญที่วิเคราะห์จากโปรแกรม LP88	43
3.19	ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในแต่ละสิ่งทดลองในการทดลองแบบ Factorial experiment in CRD ที่มีปัจจัยที่ศึกษาคือผิวเลมอนสีเหลืองแห้ง ผิวเลมอนสีเขียวแห้ง และสตรอเบอร์รี่แห้ง	44

## สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	แผนภาพกระบวนการผลิตชาชงเขียวกู่หลาน	11
2.2	แบบทดสอบค่าโครงสำคัญของชาชงเขียวกู่หลานผสม	16
2.3	แบบทดสอบมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชาชงเขียวกู่หลานผสม	17
3.1	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลาในการทำแห้งของเขียวกู่หลาน	15
3.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาในการทำแห้งของเขียวกู่หลาน	16
3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งและปริมาณความชื้นของเขียวกู่หลาน	18



# บทที่ 1

## บทนำ

ผลิตภัณฑ์ชาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีการบริโภคมาเป็นเวลาช้านาน โดยเฉพาะในแถบประเทศจีน ในเบื้องต้นการค้นพบการบริโภคชาได้เกิดขึ้นโดยบังเอิญที่ใบชาได้ตกลงในหม้อน้ำร้อน และทำให้เกิดกลิ่นหอม ทำให้เกิดกระบวนการผลิตชาในเวลาต่อมา โดยประเทศแรกที่นำชาไปสู่การบริโภคในแถบยุโรปคือประเทศโปรตุเกส และต่อมาก็มีการนำไปเผยแพร่ในราชสำนักอังกฤษ ซึ่งทำให้ชากลายเป็นสินค้าส่งออกของประเทศจีนในเวลาต่อมา ประเทศที่มีการผลิตชากันมากได้แก่ประเทศจีน และอินเดีย

ส่วนชาที่ผลิตในประเทศไทยนั้น ในแง่ตลาดมีการผลิตชาอยู่ 2 ประเภทได้แก่ ชาจีน และชาฝรั่ง ชาจีนส่วนใหญ่การผลิตจะเป็นการผลิตเป็นชาใบ ส่วนชาฝรั่งการผลิตจะเป็นชาผง ซึ่งชาจีนจะมีการบริโภคกันมากกว่าชาฝรั่งในประเทศไทย จากตัวเลขประมาณการว่า ร้อยละ 90 ของผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตได้ภายในประเทศเป็นชาจีนแบบกึ่งหมักชนิดหมักแก่ (ชาอูหลง) ซึ่งชาดังกล่าวยังมีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร จึงมีการนำเข้าชาจากต่างประเทศในปัจจุบัน โดยที่ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาได้แก่ พันธุ์ สภาพสิ่งแวดล้อม และเทคนิคการผลิต เป็นต้น

อย่างไรก็ตามพืชสมุนไพรสามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชาได้เช่นกัน โดยที่ประโยชน์ของพืชสมุนไพรในปัจจุบันได้มีการนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง ในรูปแบบที่เป็นยาสมุนไพร ในรูปยาต้ม ยาขี้ผึ้ง ยานวด เพื่อบรรเทาอาการปวดเมื่อยต่างๆของสรีระร่างกาย ตลอดจนใช้ประโยชน์ในการไล่สัตว์ที่เป็นพิษบางอย่าง เช่นงู ค้างคาว เป็นต้น ส่วนที่เป็นใบ ดอก ราก และเมล็ดพืชสมุนไพร นิยมนำมาเป็นส่วนหนึ่งของสีย้อมผม สีย้อมผ้า ยาสีฟัน เครื่องสำอาง น้ำหอม ยาดับกลิ่นตามห้องปรับอากาศ และไล่แมลงต่างๆ อย่างไรก็ตามปัจจุบันคุณค่าของพืชสมุนไพรได้เปลี่ยนรูปแบบและแนวทางมาเป็นส่วนประกอบของชา และกาแฟ รวมทั้งสารให้กลิ่น และเครื่องดื่มต่างๆ เช่น การนำพืชสมุนไพรมาใช้กับอาหารในรูปแบบสารให้กลิ่น เช่นในซุ๊ป และซอสปรุงรสต่างๆ

การใช้พืชสมุนไพรในรูปแบบของสดสามารถกระทำได้โดยนำพืชสมุนไพรมาล้างน้ำสะอาดอย่างรวดเร็วด้วยน้ำเย็น และเด็ดใบส่วนที่ไม่ดีทิ้งเสีย สามารถเก็บพืชสมุนไพรไว้ใช้ได้นาน โดยเก็บบรรจุในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท หรือภาชนะบรรจุที่ปิดแน่น และเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่นตู้เย็น เมื่อต้องการใช้สามารถนำออกมาใช้ที่ละน้อยได้เท่าที่จำเป็น กลิ่นของพืชสมุนไพรจะสูญเสียอย่างรวดเร็วในรูปน้ำมันหอมระเหย และการเก็บยังคงต้องอาศัยความเย็นมาใช้ในการเก็บ ดังนั้นการทำแห้งอาจจะเป็นแนวทางหนึ่งในการเก็บรักษาให้ยาวนานมากขึ้น แต่ควรระมัดระวังเรื่องการสูญเสียกลิ่นเฉพาะของพืชสมุนไพรในระหว่างกระบวนการทำแห้ง จากแนวทางดังกล่าวการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาจากพืชสมุนไพร และพืชท้องถิ่นบนที่สูง

เพื่อใช้เป็นเครื่องดื่มในลักษณะต่างๆ เช่นในรูปชาชงพีชสมุนไพรม้วน (Infusion form) หรือในรูปเครื่องดื่มพร้อมดื่ม (Ready to drink) จึงน่าจะมีบทบาทมากขึ้น นอกจากจะเป็นการเก็บรักษาพีชสมุนไพรม้วนให้มีเวลาการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นแล้ว ยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ในลักษณะชาชง และพร้อมดื่ม เพื่อให้ร่างกายสดชื่น และเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าทั้งในประเทศและต่างประเทศมีการดื่มชาชงกันเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้น และผู้บริโภคส่วนใหญ่ในปัจจุบันให้ความสนใจในการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ดังนั้นการนำพีชสมุนไพรม้วนมาผลิตเป็นชาทั้งในรูปแบบชาชงและชาพร้อมดื่มจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ พีชสมุนไพรม้วนประเภทเจียวกู่หลาน (Jiaogulan) หรืออมาซาซุรุ (Amachazuru) หรือ *Gynostemma pentaphyllum* เป็นพีชสมุนไพรม้วนที่มีความสำคัญและนิยมบริโภคในปัจจุบัน

ในปี 1977 มีชาวจีนคนหนึ่งชื่อ คิวสี่หมิง เป็นเภสัชกรจบจากมหาวิทยาลัยแพทยศาสตร์ปักกิ่ง ได้ทำงานวิจัยพีชสมุนไพรม้วนนครอานอ้ง มณฑลซานซี จนกระทั่งปี ค.ศ. 1982 เขาได้พบพีชสมุนไพรม้วนประเภทหนึ่งที่อำเภอผิงหลี่ ชาวบ้านเรียกว่า เสี่ยวโหม่จูเอ็ง ซึ่งมีประสิทธิภาพในการรักษาผู้ที่เป็นโรคไขมันสูงในเลือด และโรคความดันต่ำได้อย่างดี และต่อมาเขาได้นำพีชสมุนไพรม้วนดังกล่าวมาวิจัยตามตำรายาแผนโบราณจีน เรียกว่า เจียวกู่หลาน ซึ่งแรกเริ่มนั้นเจียวกู่หลานเป็นอาหารที่ชาวบ้านใช้รับประทานแก้หิวยามฤดูแล้ง ได้มีการบันทึกในตำราไว้ใช้เป็นยาแก้ไข้ แก้ร้อนในต่างๆ เจียวกู่หลานมีการเรียกชื่อกันแตกต่างกันมากมาย เช่น ซีเยตั้น จิวฮวงเป็นเฉา หงจิงเฉียนหู ส่วนประเทศญี่ปุ่นจะเรียกว่า อมาซาซุรุ ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Gynostemma pentaphyllum* ส่วนในประเทศไทยจะเรียกว่าปัญญาจันทร์ หรือบางทีจะพบว่ามีการเรียกว่า ชาสดุด เพราะนำมาปลูกที่สดุดได้ผลดีเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2537 ในปัจจุบันมีการปลูกมากมายที่เชียงใหม่ เช่นที่วัดอุโมงค์ สวนพุทธธรรมเชียงใหม่ สันกำแพง และในอีกหลายแห่งในประเทศไทย

เจียวกู่หลานเป็นพืชล้มลุกชนิดเถาเลื้อยขนานกับพื้นดิน รากงอกออกจากข้อเป็นแบบแตงน้ำเต้า มีใบ 3-5 ใบด้านบน และให้ใบที่มีขนอ่อนสีขาวปกคลุม ส่วนที่นำมาใช้ผลิตชาคือส่วนเหนือดินของพืชที่มีอายุ 4-5 เดือนขึ้นไป โดยนำทั้งใบและก้านมาผลิตเป็นชา เพราะทั้งใบและก้านมีสารที่สำคัญที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

รายงานวิจัยทางเคมี Fang and Seng (1989) พบว่าส่วนก้านและใบของเจียวกู่หลานมีสารที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ กรดมาโลนิก สารกลุ่มไบโอฟลาโวนอยด์ เช่นรูติน (Rutin) และอมบรูโอไซด์ (Ombuoside) และสารพวกซาโปนิน(Saponin) รวมทั้งสารอื่นๆอีกมากกว่า 60 ชนิด นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารประกอบประเภทคาร์บอน กรดอินทรีย์ น้ำตาล กรดอะมิโน และแร่ธาตุอื่นๆ

นอกจากนี้พบว่าส่วนก้านและใบของเจียวกู่หลาน มีสารที่สำคัญเช่นซาโปนิน ซึ่งสามารถเสริมภูมิคุ้มกัน ทำให้มีการสร้างภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น เพิ่มจำนวน Natural killer cells

ซึ่งทำหน้าที่ทำลายเซลล์มะเร็ง และทำให้ผู้รับประทานเข้าไปมีร่างกายที่แข็งแรง ไม่รู้สึกอ่อนเพลียง่าย เป็นต้น

เห็ดวู้หลานเป็นพืชสมุนไพรที่มีความปลอดภัย และใช้รับประทานเป็นประจำได้ ไม่ว่าจะใช้ทั้งใบและต้น หรือทำการสกัดออกมา ได้มีการพิสูจน์ว่าสามารถลดไตรกลีเซอไรด์ในเลือดที่มีไขมันสูงได้ เพิ่มกำลังของหัวใจขาดเลือด ชลอความชรา ยืดอายุของเซลล์ เพิ่มจำนวนอสุจิ เป็นต้น ตามสรรพคุณดังกล่าวกล่าวได้ว่าเห็ดวู้หลานมีสาร Ginsenosides คล้ายโสม และใช้เป็นยาบำรุงร่างกายมานานแล้ว สารสกัดจากเห็ดวู้หลานจะเสริมสร้างการรวมตัวของโปรตีน และกรดในตับ บำรุงสมอง ระวังประสาท ยังสามารถต้านมะเร็ง และโรคกระเพาะเป็นแผลได้

เห็ดวู้หลานได้ถูกนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดวู้หลานมากมาย มีการผลิตเป็นยา และนำมาทำเป็นชาชงดื่ม เช่น ชาจีวู้หลาน จากมณฑลฮกเกี้ยน ชาเวินเปาจากมณฑลกวางตุ้ง เห็ดวู้หลานเช่าเล่อ และซีเย่ตันหนงเจียง เป็นต้น

#### วัตถุประสงค์

- ศึกษาความเป็นไปได้ของเห็ดวู้หลานในการผลิตเป็นชาในรูปแบบชาชง (Infusion form) โดยศึกษาคุณสมบัติทางเคมีบางประการของเห็ดวู้หลาน
- ศึกษากระบวนการระเหยของน้ำออกจากเห็ดวู้หลานในระหว่างการทำแห้งด้วยลมร้อน (Drying curve)
- ศึกษากระบวนการทำแห้งเห็ดวู้หลานโดยใช้รูปแบบการทำแห้งในรูปแบบต่าง ๆ เช่นการทำแห้งโดยใช้ตู้อบแสงอาทิตย์ (Sun dryer) การทำแห้งโดยใช้ตู้อบไฟฟ้า (Electric dryer) และการทำแห้งโดยใช้ตู้อบที่เป็นสุญญากาศบางส่วน (Partial vacuum dryer)
- พัฒนาสูตรการผลิตชาเห็ดวู้หลานผสมในรูปแบบชาชง โดยทำการศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตชาเห็ดวู้หลานผสม
- พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ชาเห็ดวู้หลานในรูปแบบชาชง ที่มีกลิ่นของพืชตระกูลส้ม เช่นเลมอน และสตอเบอรี่

#### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถสร้างรูปแบบทั้งในด้านกระบวนการผลิต และสูตรการผลิตชาเห็ดวู้หลาน ในรูปแบบชาชง รวมทั้งการดัดแปลงสูตรชาเห็ดวู้หลานในรูปแบบต่าง ๆ

## บทที่ 2

### วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวกู่หลานในรูปแบบชาชง (Infusion form) และชาเขียวกู่หลานพร้อมดื่ม (Ready to drink form) ได้ถูกวางแผนการทดลองที่สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

#### 1. การศึกษาความเป็นไปได้ของการนำเขียวกู่หลานมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชา

นำใบเขียวกู่หลานสดมาทำการศึกษาคูณสมบัติทางเคมีบางอย่างเพื่อดูความเหมาะสมเทียบเคียงกับผลิตภัณฑ์ชาโดยทั่วไป นำใบเขียวกู่หลานมาทำการล้างด้วยน้ำสะอาด และสะเด็ดน้ำออกให้หมด และผึ่งให้แห้งเล็กน้อย นำใบเขียวกู่หลานดังกล่าวมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีเช่น ความชื้น เถ้า เถ้าที่ละลายน้ำได้ เถ้าที่ไม่ละลายน้ำ ความเป็นด่างของเถ้าที่ไม่ละลายน้ำ ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด สารที่สกัดได้ด้วยน้ำ คาเฟอีน และแทนนิน โดยทำการวิเคราะห์ค่าดังกล่าว 3 ข้อ

##### • การวิเคราะห์หาความชื้น

ชั่งชาตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ใส่ภาชนะสำหรับหาความชื้น (Moisture can) ที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักแน่นอน นำมาอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง ชั่งหาน้ำหนักที่หายไป แล้วนำไปอบซ้ำต่อ และชั่งหาน้ำหนักที่หายไปจนได้น้ำหนักที่คงที่ แล้วคำนวณหาร้อยละความชื้นของตัวอย่าง โดยที่ชาที่ดีควรมีความชื้นประมาณร้อยละ 7

##### • การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

ชั่งชาบดละเอียดมาประมาณ 5 กรัม ใส่ใน Crucible ค่อยๆเผาที่อุณหภูมิต่ำ (ใช้ตะเกียงเบนเซน) จนไม่เกิดควันแล้วนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเถ้ามีสีเทา (ไม่มีสีเขียวหรือสีดำ) ชั่งหาน้ำหนักของเถ้าที่ได้ คำนวณหาร้อยละของเถ้าในชาตัวอย่าง (ควรทำซ้ำหลายๆครั้งเพื่อความแน่นอน และเถ้าที่ได้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ในขั้นตอนอื่นอีก) ชาจะมีเถ้าไม่เกินร้อยละ 7 และส่วนประกอบที่สำคัญของเถ้าคือโปแตสเซียมร้อยละ 27-36 ในรูป  $K_2O$  และฟอสฟอรัสร้อยละ 14-18 ในรูป  $P_2O_5$

##### • การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายน้ำ

นำเถ้าที่ได้จากการหาปริมาณเถ้ามาต้มกับน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร กรองผ่านกระดาษกรอง (ใช้กระดาษกรองที่ปราศจากเถ้า ถ้าใช้กระดาษกรองที่มีเถ้าให้นำจำนวนร้อยละเถ้าของกระดาษกรองไปหักลบออกด้วย) ล้างตะกอนที่กรองด้วยน้ำร้อน นำกระดาษกรองไปเผา หาน้ำหนักของเถ้าที่ไม่ละลายในน้ำ คำนวณร้อยละเถ้าที่ไม่ละลายน้ำ

ร้อยละเก้าที่ละลายในน้ำ = ร้อยละเก้าทั้งหมด - ร้อยละเก้าที่ไม่ละลายในน้ำ

● การวิเคราะห์หาปริมาณเก้าที่ละลายน้ำ

ได้จากการนำร้อยละเก้าทั้งหมดมาลบกับร้อยละเก้าที่ไม่ละลายน้ำ จะได้ร้อยละเก้าที่ละลายน้ำ

● การวิเคราะห์หาความเป็นด่างของเก้าที่ไม่ละลายในน้ำ

นำของเหลวที่กรองได้รวมกับน้ำที่ใช้ล้างตะกอนจากขั้นตอนของการวิเคราะห์หาปริมาณเก้าที่ไม่ละลายน้ำ นำไปไตเตรทกับสารละลายกรดกำมะถันความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ โดยใช้ Methyl orange เป็นดัชนีบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงสี

● การวิเคราะห์หาปริมาณเก้าที่ไม่ละลายในกรด

นำเก้าที่ได้จากการหาเก้าในช่วงแรกมาต้มกับสารละลายกรดเกลือความเข้มข้นร้อยละ 10 น้ำหนักต่อน้ำหนัก จำนวน 25 มิลลิลิตร นาน 5 นาที นำมากรองผ่านกระดาษชนิดปราศจากเก้า ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน นำกระดาษกรองและตะกอนไปเผาในเตาเผา ซึ่งหา น้ำหนักของเก้าที่ไม่ละลายในกรด แล้วนำมาคำนวณหาร้อยละเก้าที่ไม่ละลายในกรด

● การหาปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยน้ำ

ซึ่งขาดละเอียดมาประมาณ 2 กรัม (อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาใช้) ใส่ลงในน้ำ 100 มิลลิลิตร นำไป Reflux นาน 1 ชั่วโมง กรองเก็บสารละลายที่กรองได้ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร นำกากไป Reflux ซ้ำอีก แล้วกรองเก็บสารละลายไว้ด้วยกัน แล้ว Reflux ซ้ำจนกระทั่งสารละลายที่สกัดได้ไม่มีสี เก็บสารละลายทั้งหมดรวมกัน แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 250 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำกากที่เหลือไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จำนวนหาร้อยละกากที่เหลือ

ปิเปตของเหลวที่กรองได้ใน Volumetric flask มาจำนวน 50 มิลลิลิตร (ใช้ Volumetric pipette) ใส่ในภาชนะที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำไประเหยน้ำให้แห้งแล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำหนักแล้วคำนวณหา ร้อยละต่อน้ำหนักแห้งตัวอย่าง

● การวิเคราะห์หาปริมาณคาเฟอีน

ซึ่งขาดตัวอย่างที่บดละเอียดมา 1 กรัม ใส่ใน Separatory funnel ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 3 มิลลิลิตร และแอมโมเนีย (ค่าความถ่วงจำเพาะ 0.88) ลงไป 2 มิลลิลิตร เขย่านาน 2 นาที สกัดคาเฟอีนออกด้วยคลอโรฟอร์ม 25 มิลลิลิตร ทำซ้ำ 4 ครั้ง คลอโรฟอร์มที่สกัดได้แต่ละครั้งใส่ใน Separatory funnel อีกอันหนึ่งและล้างด้วยสารละลายไปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1 จำนวน 10 มิลลิลิตร กรองคลอโรฟอร์มที่ล้างแล้วผ่านกระดาษกรองที่มีโซเดียมซัลเฟต (ที่ปราศจากน้ำ) จำนวน 1 กรัม อยู่บนกระดาษกรอง

เก็บรวบรวมคลอโรฟอร์มที่กรองได้ทั้งหมดใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยคลอโรฟอร์ม ปิเปตสิ่งที่สกัดได้มาจำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยคลอโรฟอร์ม นำ

ไปวัดค่า Absorption spectrum ที่ช่วงความยาวคลื่น 274 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อหาค่า Absorption maximum สำหรับคาเฟอีน ค่าที่อ่านได้นำไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ซึ่งทำได้โดยการเตรียมสารละลายคาเฟอีนในน้ำที่มีความเข้มข้นในช่วง 0-001 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่นเดียวกัน

ตาราง 2.1 ค่ามาตรฐานของคาเฟอีนในแต่ละความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสง

ค่าการดูดกลืนแสงที่ 274 นาโนเมตร	มิลลิกรัมคาเฟอีนต่อมิลลิลิตร
0.055	0.01
0.118	0.02
0.166	0.03
0.214	0.04
0.272	0.05
0.328	0.06
0.388	0.07
0.436	0.08
0.490	0.09
0.540	0.10

เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงและค่ามิลลิกรัมคาเฟอีนต่อมิลลิลิตร (ในแต่ละความเข้มข้น) มาทำการสร้างกราฟมาตรฐาน และหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสอง ได้สมการดังนี้

$$\text{ความเข้มข้นของคาเฟอีน (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)} = 0.0041 + 5.392 (\text{ค่าการดูดกลืนแสง})$$

$$R^2 = 0.9997$$

• การวิเคราะห์หาปริมาณแทนนิน

สารเคมีที่ใช้ ก. สารละลาย Indigo carmine ละลาย Indigo carmine จำนวน 1.5 กรัมในน้ำ 1 ลิตรที่มีกรดกำมะถันเข้มข้นอยู่ 50 มิลลิลิตร สารละลายนี้ 25 มิลลิลิตรจะทำปฏิกิริยาโดยการไตเตรชันพอดีได้สีชมพูอ่อนกับสารละลายโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ความเข้มข้น 0.008 โมลาร์ จำนวน 4 มิลลิลิตร (ตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตโดยการไตเตรทกับกรดออกซาลิก)

ข. สารละลายเจลาติน ชั่งเจลาติน 25 กรัม แชไว้ในสารละลายเกลือแกงที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง อุ่นจนกระทั่งเจลาตินละลาย ทำให้เย็น แล้วปรับปริมาตรสารละลายเจลาตินให้ครบ 1 ลิตร



ค. สารละลาย Acid sodium chloride เดิมกรดกำมะถันเข้มข้น 25 มิลลิลิตรลงในสารละลายเกลือแกงที่อิ่มตัว 975 มิลลิลิตร

### วิธีการทำ

ซึ่งขาดละเอียดมา 5 กรัม ใส่ลงในน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร ต้มนาน 1 ชั่วโมง กรองผ่านสำลีใส่ใน Volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร ปล่อยให้เย็น แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 500 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน (เรียกว่าสารละลาย A) ปิเปิดสารละลาย A มาจำนวน 100 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายเจลาตินลงไป 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 250 มิลลิลิตรด้วยสารละลาย Acid sodium chloride เติลงใน Flask ขนาดใหญ่(400 มิลลิลิตร) เติมเกลือลงไป 20 กรัม เขย่านาน 15 นาที แล้วกรอง สารละลายที่ได้เรียกว่า สารละลาย B

25 มิลลิลิตรสารละลาย B = 10 มิลลิลิตรสารละลาย A = 0.1 กรัมชาตัวอย่าง ปิเปิดสารละลาย A มาจำนวน 10 มิลลิลิตร ปรับให้ปริมาตรทั้งหมดเป็น 750 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายไปแคสซีเอ็มเปอร์แมงกานีสความเข้มข้น 0.008 โมลาร์ ใส่ในบิวเรตค่อยๆหยดใส่ลงใน Flask ครั้งละ 1 มิลลิลิตร เขย่าขณะทำการไตเตรชัน สีจะค่อยๆ เปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีเหลืองและสีชมพูอ่อน จุดปริมาตรของสารละลายไปแคสซีเอ็มเปอร์แมงกานีสที่ใช้ =  $X_1$

ปิเปิดสารละลาย B มา 25 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Flask ขนาด 1 ลิตร เติมสารละลาย Indigo carmine ลงไป 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 750 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น ไตเตรทเช่นเดียวกับสารละลาย A จนได้สีชมพูอ่อน จุดปริมาตรของสารละลายไปแคสซีเอ็มเปอร์แมงกานีสที่ใช้ =  $X_2$

ทำการหาค่า Blank ของสารละลาย A และ B ได้ดังนี้ 2.4 และ 2.8 ตามลำดับ ดังนั้นปริมาตรสารละลายไปแคสซีเอ็มเปอร์แมงกานีสที่ใช้ไตเตรทกับแทนนิน

$$= (A-2.4) - (B-2.8)$$

1 มิลลิลิตรของสารละลายไปแคสซีเอ็มเปอร์แมงกานีสความเข้มข้น 0.008 โมลาร์ ทำปฏิกิริยาสมมูลย์พอดีกับแทนนิน 0.001664 กรัม

(หมายเหตุในการวิเคราะห์หาปริมาณแทนนินควรลดสัดส่วนของชาตัวอย่างและสารเคมีที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนลงเหลือ 5 ต่อ 1 เพื่อเป็นการประหยัดสารเคมี)

### 2. ศึกษาการระเหยน้ำออกจากพืชสมุนไพรเจียวกู่หลานเพื่อการทำแห้ง

ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาหาเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของชา เพื่อศึกษาว่าเจียวกู่หลานที่มีความชื้นเริ่มต้นเมื่อผ่านการทำแห้งหรือนำน้ำออกจากกระป๋องโดยวิธีการทำแห้งแบบ Tray dryer โดยใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที สุดท้ายได้ความชื้นตามที่ต้องการแล้วนั้น จะใช้เวลาในการดำเนินการดังกล่าวเป็นเวลานานเท่าใด ซึ่ง

เวลาดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการทำแห้งเจียวกู่หลานในลักษณะการทำแห้งแบบอื่นต่อไป

ในระบบการทำแห้งนั้นจะมีลักษณะการทำแห้งโดยทั่วไปอยู่ 2 ขั้นตอนคือใน  
ตอนแรกของการทำแห้งความชื้นจะเคลื่อนที่หรือระเหยออกไปจากอาหารอย่างง่ายและ  
รวดเร็ว ขั้นนี้จะเป็นตอนเริ่มต้นของกระบวนการทำแห้งที่เรียกว่า Constant rate period  
หลังจากผ่านขั้นตอนแรกดังกล่าวแล้วการเคลื่อนที่หรือการระเหยของน้ำจะช้าลง หรือความชื้น  
จะเคลื่อนที่ออกจากอาหารยากขึ้น ขั้นตอนที่สองนี้เรียกว่า Falling rate period หรือ Finish  
dehydration

ในการทำแห้ง ปัจจัยที่ต้องควบคุมได้แก่ การควบคุมการถ่ายเทความร้อน  
จากตัวให้ความร้อนแก่อาหาร (Latent heat of vaporization) เพื่อให้ได้ความร้อนเท่ากับความร้อน  
แฝงของการกลายเป็นไอ (Heat transfer) และการเคลื่อนที่ของน้ำและไอน้ำผ่านอาหารและ  
ออกจากอาหารเพื่อให้เกิดการแยกน้ำออกจากอาหาร ซึ่งเป็นการระเหยน้ำออกจากอาหารนั้น  
เอง (Mass transfer) ในการทำแห้งด้วยลมร้อน อากาศจะทำหน้าที่เป็นตัวให้ Sensible heat  
และ Latent heat ของการระเหยกลายเป็นไอ รวมทั้งอากาศจะเป็นตัวนำพาเอาไอน้ำหรือไอน้ำที่  
ผิวหน้าของอาหารออกไป โดยมีทิศทางของลมร้อนที่พัดขนานกับผิวหน้าอาหารที่ต้องการ  
ทำแห้ง

อัตราการทำแห้ง (Drying rate;  $dW/d\theta$ ) เป็นปริมาณน้ำที่ถูกกำจัดออกจาก  
อาหารภายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ส่วนใหญ่จะเป็นปริมาณน้ำที่หายไปต่ออาหารหนึ่งปอนด์ต่อ  
ชั่วโมงของการทำแห้ง ดังนั้นอัตราการทำแห้งจึงเป็นการวัดความเร็วหรือความสามารถในการ  
ระเหยของน้ำต่อเวลาและ/หรือต่อพื้นที่ โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{อัตราการทำแห้ง} = \frac{[\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยไป}]}{[\text{ระยะเวลาและ/หรือพื้นที่}]}$$

เมื่อทำแห้งวัสดุใดๆด้วยลมร้อนที่มีอุณหภูมิและความชื้นคงที่ จะทำให้เกิด  
ปรากฏการณ์คือ เมื่อเกิดการสัมผัสครั้งแรกของลมร้อน อุณหภูมิของวัสดุที่ทำแห้งจะเพิ่มขึ้น  
เรื่อยๆจนถึงอุณหภูมิหนึ่ง และจะคงที่ที่อุณหภูมินั้นนานเป็นระยะเวลาหนึ่ง เรียกว่าช่วงให้  
ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ หลังจากนั้นอุณหภูมิของวัสดุที่ทำแห้งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในบางกรณี  
อาจจะขึ้นไปใกล้เคียงกับอุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ในการทำแห้ง

ในการทำแห้งอาหารทั่วไปมีปัจจัยหลายประการที่จะทำให้การทำแห้งนั้นเกิด  
ได้เร็ว และช้า ซึ่งมีดังนี้

1. ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมากๆ มีอัตราการ  
ทำแห้งเร็ว นอกจากนี้พื้นที่ผิวของอาหารก็จะมีผลต่ออัตราการทำแห้ง อาหารที่มีพื้นที่ผิวมาก  
การทำแห้งก็จะทำแห้งได้เร็วขึ้น

2. ขนาดและรูปร่างของอาหาร ส่วนใหญ่จะคำนึงถึงเฉพาะความหนาของอาหาร เนื่องจากอัตราการทำแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร ยิ่งอาหารมีความหนามากขึ้นการทำแห้งจะเกิดได้ช้าลง

3. ปริมาณอาหาร อาหารที่ใส่ในเครื่องทำแห้ง และการจัดเรียงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่ง การใส่ปริมาณอาหารมากเกินไปเข้าไปในเครื่องทำแห้ง จะทำให้การทำแห้งทำได้ไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณช่วงกลางๆ น้ำจะระเหยออกได้ไม่ดี ความร้อนเข้าไปไม่ค่อยถึง ยิ่งถ้าจัดเรียงตัวไม่ดีแล้ว จะทำให้อัตราการทำแห้งเกิดได้ช้ามาก

4. ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วของลม ความชื้นของอากาศ เป็นสิ่งสำคัญยิ่ง การระเหยน้ำออกจะทำได้ดีหรือไม่ขึ้นกับความชื้นของอากาศและความเร็วลม นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้ทำแห้งก็จะเป็นปัจจัยที่สำคัญเช่นกัน

5. ความดัน เกี่ยวข้องกับการระเหยของน้ำ เนื่องจากในที่มีความดันต่ำๆ ลงมา น้ำจะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น

ดังนั้นในการทดลองนี้ ได้นำเจียวกู่หลานสดมาหาอัตราการทำแห้ง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบ Tray dryer ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที แล้วนำข้อมูลมาทำการคำนวณหาเวลาในการทำแห้ง

#### วิธีทดลอง

1. หาปริมาณความชื้นของตัวอย่างอาหารตอนเริ่มต้น ( $W_0$ ) โดยการอบที่อุณหภูมิ 104 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง
2. ตั้งอุณหภูมิภายในเครื่องทำแห้งแบบ Tray dryer ประมาณ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที
3. เตรียมตัวอย่าง โดยใช้เจียวกู่หลานทั้งใบและก้าน มาเกลี่ยให้สม่ำเสมอ และให้เต็มพื้นที่ถาด (ควรเกลี่ยเป็นชั้นเดียว และไม่มีช่องว่าง)
4. ใส่ตัวอย่างเข้าตู้อบ บันทึกน้ำหนักตอนเริ่มต้น
5. บันทึกน้ำหนักตัวอย่างทุกๆ 5 นาที จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ 4 ชั่วโมง

หลังจากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้ออกมาทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง กรัมของน้ำต่อกรัมของของแข็ง กับเวลาที่ใช้ในการอบ รวมทั้งนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่าง กรัมของน้ำต่อกรัมของของแข็งกับอัตราการระเหยของน้ำ ( กรัมของน้ำต่ออนาทีต่อกรัมของของแข็ง) และทำการคาดคะเนเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากใบและก้านเจียวกู่หลานด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที

### 3. การศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียวกู่หลาน

ในการศึกษานี้ ได้ทำการวางแผนการทดลองแบบ Single treatment ที่เป็นแบบ Completely randomized design (CRD) เพื่อศึกษาหากระบวนการที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ชาเขียวกู่หลานที่ดี มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยมีสิ่งทดลองที่ศึกษาทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง (ตาราง 2.2)

ตาราง 2.2 การวางแผนการทดลองการกระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียวกู่หลาน

สิ่งทดลองที่	ขั้นตอนก่อนการอบ	ตัวทำแห้ง
1	ควบคุม	สุญญากาศ
2	นวดและหมัก	สุญญากาศ
3	ลวก	สุญญากาศ
4	ควบคุม	ไฟฟ้า
5	นวดและหมัก	ไฟฟ้า
6	ลวก	ไฟฟ้า
7	ควบคุม	พลังแสงอาทิตย์
8	นวดและหมัก	พลังแสงอาทิตย์
9	ลวก	พลังแสงอาทิตย์

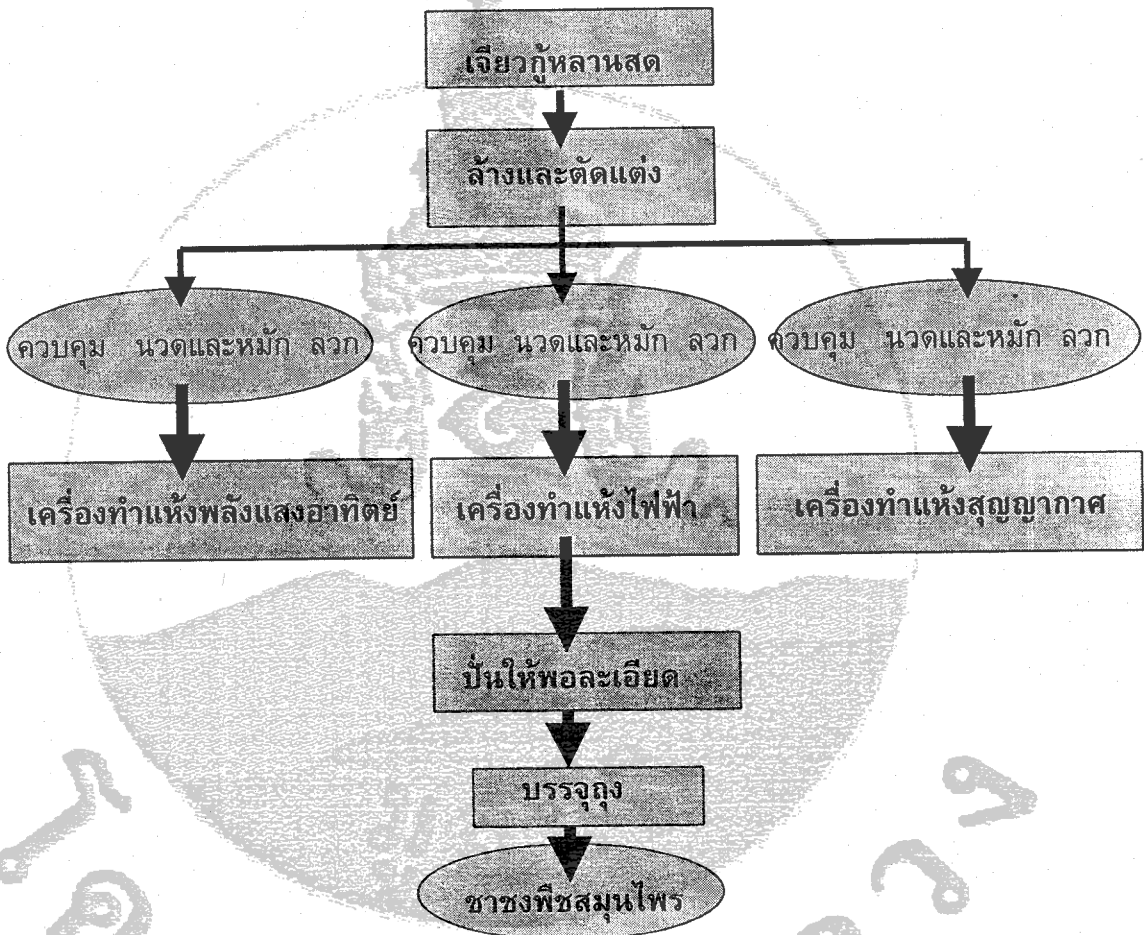
ในกระบวนการผลิตชาเขียวกู่หลาน จะนำใบและก้านของชาเขียวกู่หลานมาทำการล้างน้ำให้สะอาด เพื่อกำจัดพวกเศษดิน ผุ่นต่างๆ ที่ติดมากับวัตถุดิบ รวมทั้งพวกเศษหญ้าที่ปนมากับวัตถุดิบ หลังจากนั้นจะนำมาตัดแต่ง จะเอาพวกใบที่แก่ หรือมีตำหนิออกให้หมด ตัดออกให้มีความยาวพอประมาณเพราะชาเขียวกู่หลานเป็นไม้เลื้อยมีขนาดยาว เมื่อนำไปทำแห้งจะมีปัญหามากจึงจำเป็นต้องตัดให้มีขนาดยาวพอประมาณ เพื่อต่อการจัดเรียงในตู้อบ

ขั้นตอนก่อนการทำแห้งใบและก้านชาเขียวกู่หลานนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

คือ

- ส่วนของชุดควบคุม คือใบและก้านชาเขียวกู่หลานที่ล้างทำความสะอาดแล้ว และนำมาตัดแต่ง สามารถนำไปทำแห้งได้เลย โดยไม่ผ่านกระบวนการใดๆเบื้องต้นก่อนการทำแห้ง
- ส่วนการนวดและหมัก หมายถึง การนำใบและก้านชาเขียวกู่หลานที่ผ่านการล้างทำความสะอาด และตัดแต่งแล้วมาผ่านกระบวนการนวดเพื่อให้ใบและก้านช้ำ แต่ไม่ถึงถึงขีดขาด เมื่อนวดเสร็จก็ทำการหมักทิ้งไว้ภายใต้ผ้าขาวบางนาน 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส)

- ส่วนการลวก หมายถึง การนำใบและก้านเจียวกู่หลานที่ผ่านการล้างทำความสะอาด และตัดแต่งมาแล้ว มาทำการลวกในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ( $\text{NaHCO}_3$ ) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และเกลือแกง ( $\text{NaCl}$ ) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.2 ผสมกัน นาน 1 นาที ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทำแห้ง



ภาพ 2.1 แผนภาพกระบวนการผลิตชาชงเจียวกู่หลาน

### ขั้นตอนการทำแห้งใบและก้านเจียวกู่หลาน

ในการทดลองครั้งนี้จะใช้วิธีการทำแห้ง 3 ประเภท คือการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ การทำแห้งด้วยตู้อบไฟฟ้า และการทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์ เมื่อทำแห้งแล้วก็จะนำใบและก้านเจียวกู่หลานไปปิ้งละเอียดพอสมควร ในขั้นตอนการปิ้งควรทำการปิ้งแยกกระหว่างใบและก้านเจียวกู่หลาน เพราะว่าก้านจะมีความแข็งมากกว่าใบ ซึ่งต้องใช้เวลาในการปิ้งก้านเจียวกู่หลานที่นานกว่า ส่วนใบเจียวกู่หลานจะใช้เวลาการปิ้งไม่มาก ซึ่งถ้าใช้เวลานานเกินไปชาจะละเอียดมากเกินไป มีลักษณะเป็นฝุ่น และปลิวฟุ้งมากเกินไป ค่อนข้างยากต่อ

การจัดเก็บ รวมทั้งขั้นตอนการบรรจุ หลังจากนั้นจะนำมาบรรจุในถุงบรรจุชาที่มีลักษณะเป็น กระดาษที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ง่าย และสารสกัดจากชาสามารถละลายผ่านออกมาสู่ระบบ ข้างนอกได้ง่าย โดยบรรจุในถุงบรรจุชาในปริมาณถุงละ 0.5 กรัม

เมื่อได้ชาเขียวกู่หลานตามสิ่งทดลองทั้ง 9 สิ่งทดลองแล้ว จะนำมาวิเคราะห์หา ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990) ค่าปริมาณน้ำอิสระหรือค่าน้ำที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโต ของเชื้อจุลินทรีย์ (Water activity; Novasina, 1995) ค่าสีที่ปรากฏ ( $L a^* b^*$ ) (Minolta camera, 1991) และทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้เทคนิคทาง Hedonic scoring test (ไพโรจน์, 2535) และนำข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SP123 (Walonick, 1987) เพื่อหาข้อสรุปกระบวนการผลิตชาเขียวกู่หลานที่เหมาะสมต่อไป

#### 4. ศึกษาการระเหยน้ำออกจากพืชสมุนไพร ชาหอม มินต์สายพันธุ์ ต่างๆ เช่น เจแปนนิส โรมัน USA เปปเปอร์ รวมทั้งเปลือกเลมอน และสตรอเบอร์รี่ เพื่อการทำแห้ง

ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาหาเวลาที่ใช้ในการอบแห้งของพืช สมุนไพรข้างต้น และเปลือกเลมอนรวมทั้งสตรอเบอร์รี่ เพื่อศึกษาว่าพืชสมุนไพรที่มีความชื้นเริ่มต้นเมื่อผ่านการทำแห้งหรือนำน้ำออกจากระบบโดยวิธีการทำแห้งแบบ Tray dryer โดยใช้ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที สุดท้ายได้ความชื้นตามที่ต้องการ แล้วนั้น จะใช้เวลาในการดำเนินการดังกล่าวเป็นเวลานานเท่าใด ซึ่งเวลาดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการทำแห้งพืชสมุนไพรและเปลือกเลมอน รวมทั้งสตรอเบอร์รี่ ในลักษณะ การทำแห้งแบบอื่นต่อไป เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2

#### วิธีทดลอง

1. หาปริมาณความชื้นของตัวอย่างอาหารตอนเริ่มต้น ( $W_0$ ) โดยการอบที่ อุณหภูมิ 104 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง
2. ตั้งอุณหภูมิภายในเครื่องทำแห้งแบบ Tray dryer ประมาณ 50 องศา เซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที
3. เตรียมตัวอย่าง โดยใช้พืชสมุนไพรทั้ง 5 ชนิดที่กล่าวข้างต้นทั้งใบและก้าน และเปลือกเลมอน รวมทั้งผลสตรอเบอร์รี่ มาเกลี่ยให้สม่ำเสมอ และให้เต็ม พื้นที่ถาด (ควรเกลี่ยเป็นชั้นเดียว และไม่มีช่องว่าง)
4. ใส่ตัวอย่างเข้าตู้อบ บันทึกน้ำหนักตอนเริ่มต้น
5. บันทึกน้ำหนักตัวอย่างทุกๆ 5 นาที จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ 4 ชั่วโมง

หลังจากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้มาทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง กรัม ของน้ำต่อกรัมของของแข็ง กับเวลาที่ใช้ในการอบ รวมทั้งนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่าง กรัม ของน้ำต่อกรัมของของแข็งกับอัตราการระเหยของน้ำ ( กรัมของน้ำต่ออนาทีต่อกรัมของของแข็ง)

และทำการคาดคะเนเวลาที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากใบและก้านพืชสมุนไพร และเปลือก  
 เลมอน รวมทั้งผลสตรอเบอรี่ ด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อ  
 วินาที

**5. ศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมของการผลิตชาชงเขียวกู่หลานผสม**

ในการทดลองนี้จะใช้ส่วนผสมที่ประกอบด้วย ชาเขียวกู่หลาน ชาหอม มินต์อีก  
 4 สายพันธุ์ได้แก่ มินต์สายพันธุ์เจแปนนิส โรมัน USA และเปปเปอร์ โดยทำการเตรียม  
 ตัวอย่างวัตถุดิบทั้งหมดจากการประยุกต์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ 2, 3 และ 4

หลังจากเตรียมวัตถุดิบแล้ว จะทำการเตรียมสูตรชาชงเขียวกู่หลานผสมโดยใช้  
 การวางแผนการทดลองแบบ Mixture design โดยมีแผนการทดลองดังนี้

ส่วนผสมทั้ง 6 ชนิดทำการกำหนดระดับต่ำและสูงของส่วนผสมแต่ละชนิดดังนี้

**ตาราง 2.3 ระดับสูงต่ำของปัจจัยต่างๆในการทดลองสูตรผสมของชาชงเขียวกู่หลาน  
 ผสม**

ส่วนผสม	ระดับต่ำ(ร้อยละ)	ระดับสูง(ร้อยละ)
ชาเขียวกู่หลาน	50	60
ชาหอม	10	20
มินต์สายพันธุ์เจแปนนิส	5	10
มินต์สายพันธุ์โรมัน	5	10
มินต์สายพันธุ์ USA	10	15
มินต์สายพันธุ์เปปเปอร์	10	15

ซึ่งได้สูตรการทดลองจากการวางแผนแบบ Mixture design จำนวน 12 สูตร  
 ดังแสดงในตาราง 2.4



ตาราง 2.4 สูตรชาชงเขียวกู่หลานผสมจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design

สูตร	ชาเขียวกู่หลาน	ชาหอม	มินต์พันธุ์ เจแปนนิส	มินต์พันธุ์ โรมัน	มินต์พันธุ์ USA	มินต์พันธุ์ เปปเปอร์
1	60	10	5	5	10	10
2	50	15	5	10	10	10
3	50	15	10	5	10	10
4	50	10	10	10	10	10
5	50	15	5	5	10	15
6	50	10	5	10	10	15
7	50	10	10	5	10	15
8	50	15	5	5	15	10
9	50	10	5	10	15	10
10	50	10	10	5	15	10
11	50	10	5	5	15	15
12	55	10	5	5	10	15

ในการทดลองเมื่อได้ตัวอย่างทั้ง 12 สูตรตัวอย่างแล้ว นำตัวอย่างทั้งหมดไปทำการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้เทคนิคทาง Ideal Ratio Profile ซึ่งมีลักษณะที่ทำการวัดผลได้แก่ สี กลิ่นชา รสขม กลิ่นมินต์ และรสมินต์ (ไพโรจน์, 2535) นอกจากนี้ยังทำการวัดค่า pH (AOAC, 1990) Total Soluble Solid (°Brix) (AOAC, 1990) ค่าสีที่ปรากฏ (L a<sup>\*</sup> b<sup>\*</sup>) (Minolta, 1991) ค่าที่ได้นำไปวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม MUTAB88 และโปรแกรม LP88 เพื่อหาสูตรที่ดีที่สุดในการทดลองต่อไป

#### 6. ศึกษาชาเขียวกู่หลานผสมที่มีผลไม้แห้งเป็นองค์ประกอบ

เมื่อได้สูตรที่ดีที่สุดในการทดลองที่ 5 แล้ว นำสูตรดังกล่าวเป็นสูตรพื้นฐานในการทดลองผสมกับผลไม้แห้ง ในที่นี้ได้ใช้เปลือกเลมอนสีเขียวแห้ง และเปลือกเลมอนสีเหลืองแห้ง รวมทั้งสตอเบอรี่แห้ง มาใช้เป็นส่วนผสมในการทดลอง โดยได้วางแผนการทดลองแบบ 2<sup>3</sup> Factorial experiment in CRD ที่มี 3 Center points

ปัจจัย A = ผิวเลมอนสีเหลืองแห้ง

a<sub>1</sub> = ร้อยละ 10 ของระบบชาชงผสม

a<sub>2</sub> = ร้อยละ 30 ของระบบชาชงผสม



ปัจจัย B = ผิวเลมอนสีเขียวแห้ง

$b_1$  = ร้อยละ 10 ของระบบชาชงผสม

$b_2$  = ร้อยละ 30 ของระบบชาชงผสม

ปัจจัย C = สตรอเบอร์รี่แห้ง

$c_1$  = ร้อยละ 0 ของระบบชาชงผสม

$c_2$  = ร้อยละ 30 ของระบบชาชงผสม

ดังนั้นในการทดลองนี้จะมีทั้งหมด 11 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตาราง 2.5

ตาราง 2.5  $2^3$  Factorial experiment in CRD ที่มี 3 Center points โดยมีปัจจัยที่ศึกษา คือ ผิวเลมอนสีเหลืองแห้ง ผิวเลมอนสีเขียวแห้ง และสตรอเบอร์รี่แห้ง

สิ่งทดลอง	รหัส	ผิวเลมอน สีเหลือง(A)	ผิวเลมอน สีเขียว (B)	สตรอเบอร์รี่ (C)
1	(1)	-	-	-
2	a	+	-	-
3	b	-	+	-
4	ab	+	+	-
5	c	-	-	+
6	ac	+	-	+
7	bc	-	+	+
8	abc	+	+	+
9	Cp1	0	0	0
10	Cp2	0	0	0
11	Cp3	0	0	0

- คือระดับต่ำ + คือระดับสูง 0 คือระดับกลาง Cp คือสิ่งทดลองที่ใช้ปัจจัยระดับกลาง

เมื่อได้สิ่งทดลองแล้ว จะทำการประเมินผลการทดลอง โดยการวัดค่าทางประสาทสัมผัส ด้วยเทคนิคทาง Ideal Ratio Profile โดยการวัดลักษณะทางสี กลิ่นชา รสขม กลิ่นมินต์ รสมินต์ กลิ่นสตรอเบอร์รี่ และกลิ่นเลมอน

### เทคนิคทาง Ideal Ratio Profile

การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยเทคนิคทาง Ideal ratio profile นั้น ในเบื้องต้นจะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 8 คน ที่เป็นผู้เคยบริโภคเครื่องดื่มชา เพื่อใช้กลุ่มผู้บริโภคดังกล่าวเป็นผู้กำหนดลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่กำลังจะพัฒนา โดยได้เตรียมแบบทดสอบเค้าโครงลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ดังแสดงในภาพ 2.2 และในการเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ จะเทน้ำร้อนเดือดประมาณ 120 มิลลิลิตร ลงไปในถ้วยที่ใส่ตัวอย่าง (ชา)ทิ้งไว้ 4 นาที ระหว่างนี้ให้คนด้วย แล้วจึงนำไปทดสอบ

เมื่อได้ลักษณะที่สำคัญแล้ว ก็นำค่า Ideal scores ของแต่ละลักษณะที่สำคัญมากำหนดเป็นแบบสอบถามมาตรฐาน (ภาพ 2.3) ที่ใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนาต่อไป

**ผลิตภัณฑ์ชาชงเจียวกู่หลานผสม**

จงกำหนดค่าที่ท่านต้องการอธิบายลักษณะแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาชงเจียวกู่หลานผสม ที่มีส่วนผสมของใบชาเจียวกู่หลาน ชาหอม และมินต์ เป็นส่วนผสมหลัก กำหนดเครื่องหมาย X ในที่ที่ท่านคิดว่าลักษณะนั้นๆของผลิตภัณฑ์ที่เป็นอยู่ลงบนสเกล และกำหนดเครื่องหมาย I ในที่ท่านคิดว่าลักษณะนั้นๆของผลิตภัณฑ์ควรจะเป็นหรือดีที่สุด หรือเป็นค่าในอุดมคติ

คำอธิบายลักษณะของผลิตภัณฑ์

1. ลักษณะทั่วไป

.....	
.....	
.....	

2. กลิ่น และรสชาติ

.....	
.....	
.....	
.....	
.....	

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทดสอบครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

ภาพ 2.2 แบบทดสอบเค้าโครงสำคัญของชาชงเจียวกู่หลานผสม

**แบบทดสอบมาตรฐานชาชงเขียวกู่หลานผสม**

ชื่อผลิตภัณฑ์ ชาชงเขียวกู่หลานผสม

ผู้ทดสอบชิม ..... วันที่ .....

**ลักษณะที่สำคัญ**

1. ลักษณะปรากฏทั่วไป

สีชา

อ่อน ----- | ----- เข้ม

2. กลิ่นและรสชาติ

2.1 กลิ่นชา

อ่อน ----- | ----- เข้ม

2.2 กลิ่นมินต์

อ่อน ----- | ----- เข้ม

2.3 รสมินต์

น้อย ----- | ----- มาก

2.4 รสขม

น้อย ----- | ----- มาก

2.5 กลิ่นเลมอน

อ่อน ----- | ----- เข้ม

2.6 กลิ่นสตรอเบอร์รี่

อ่อน ----- | ----- เข้ม

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดสอบทุกครั้ง

ภาพ 2.3 แบบทดสอบมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชาชงเขียวกู่หลานผสม

# บทที่ 3

## ผลการทดลอง

### 1. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีบางประการของวัตถุดิบเจียวกู่หลาน

ผลการทดลองผลิตชาเจียวกู่หลานในรูปแบบชง โดยในเบื้องต้นทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีบางประการของวัตถุดิบเจียวกู่หลาน ซึ่งผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีพบว่า เจียวกู่หลานที่นำมาทำการทดลองมีความชื้นร้อยละ  $83.76 \pm 0.11$  โดยคิดเทียบน้ำหนักเปียก และมีปริมาณเถ้าคิดเป็นร้อยละ  $2.95 \pm 0.05$  โดยเป็นปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ  $2.63 \pm 0.07$  และเป็นเถ้าที่ละลายน้ำได้คิดเป็นร้อยละ  $0.32 \pm 0.01$  และความเป็นต่างของเถ้าที่ละลายน้ำได้คิดเป็นร้อยละ  $0.133 \pm 0.005$  รวมทั้งปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดคิดเป็นร้อยละ  $1.23 \pm 0.02$  นอกจากนี้ของแข็งที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อนถ้าคิดเป็นร้อยละ  $28.99 \pm 0.90$  ส่วนกากที่เหลือจากการสกัดคิดเป็นร้อยละ  $51.89 \pm 0.37$  อย่างไรก็ตามเจียวกู่หลานที่นำมาทำการทดลองจะมีปริมาณคาเฟอีนที่ต่ำมากคือมีปริมาณร้อยละ  $0.006 \pm 0.001$  และมีปริมาณแทนนินร้อยละ  $1.70 \pm 0.06$  ดังแสดงในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 คุณภาพทางเคมีของเจียวกู่หลาน

คุณสมบัติทางเคมี	ปริมาณ
ความชื้น (ร้อยละ)	$83.76 \pm 0.11$
เถ้าทั้งหมด (ร้อยละ)	$2.95 \pm 0.05$
เถ้าที่ไม่ละลายน้ำ (ร้อยละ)	$2.63 \pm 0.07$
เถ้าที่ละลายน้ำ (ร้อยละ)	$0.32 \pm 0.01$
ความเป็นต่างของเถ้าที่ละลายน้ำ (ร้อยละ)	$0.133 \pm 0.005$
เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (ร้อยละ)	$1.23 \pm 0.02$
กากที่เหลือจากการสกัด (ร้อยละ)	$51.89 \pm 0.37$
ของแข็งที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อน (ร้อยละ)	$28.99 \pm 0.90$
คาเฟอีน (ร้อยละ)	$0.006 \pm 0.001$
แทนนิน (ร้อยละ)	$1.70 \pm 0.06$

### 2. การศึกษาการระเหยของน้ำออกจากเจียวกู่หลานด้วยลมร้อน

ในการทดลองนี้ได้ใช้ลมร้อนจากเครื่องอบไฟฟ้าแบบ Tray dryer โดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที ในการทดลองได้ใช้เจียวกู่หลานวางเรียงบนถาดในปริมาณ 32 กรัม พบว่าปริมาณน้ำได้ระเหยออกจากระบบเรื่อยๆ โดยเจียวกู่หลานเริ่มต้นมีความชื้นร้อยละ 83.76 (คิดเทียบต่อน้ำหนักเปียก) นั้นหมายความว่าเจียวกู่หลาน 100 กรัมมีปริมาณน้ำ 83.76 กรัม ดังนั้นเจียวกู่หลาน 32 กรัมมีปริมาณน้ำเท่ากับ

(83.76)(32)/100 กรัม ซึ่งปริมาณน้ำในเจียวกู่หลาน 32 กรัมเท่ากับ 26.80 กรัม เนื้อเจียวกู่หลานจริงจึงมีค่าเท่ากับ 5.20 กรัม (ของแห้ง)

จากการศึกษาหาเวลาในการทำแห้งที่เหมาะสมในการผลิตชาขงเจียวกู่หลาน เพื่อให้ทราบถึงการระเหยออกของน้ำออกจากระบบ ผลการทดลองเกี่ยวกับน้ำหนักและความชื้นที่เปลี่ยนไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่างๆของใบและก้านเจียวกู่หลานดังกล่าว ได้แสดงในตาราง 3.2

ตาราง 3.2 ปริมาณน้ำหนัก ความชื้น และอัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่างๆของใบและก้านเจียวกู่หลานที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที

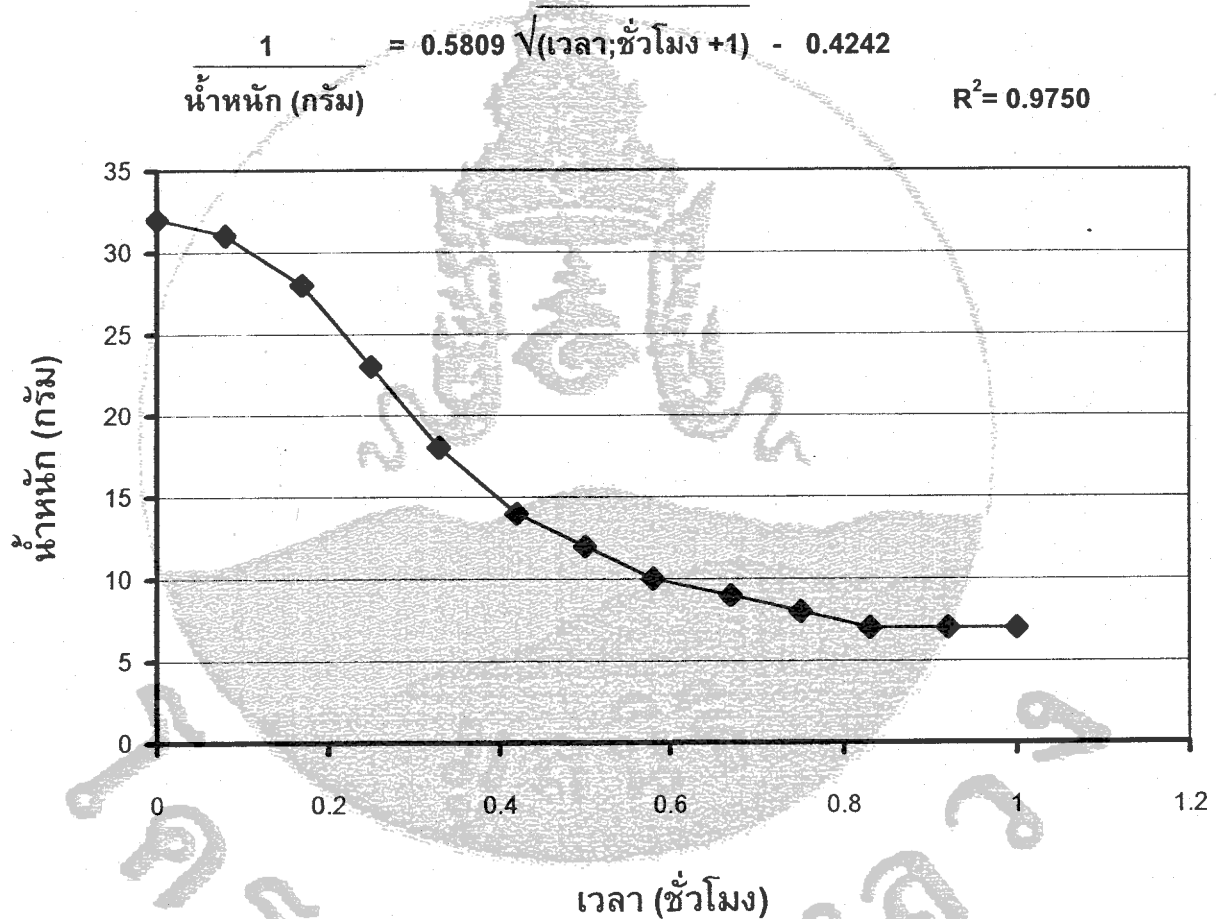
เวลา (นาท)	น้ำหนัก (กรัม)	ความชื้น $\omega$ (กรัมน้ำ/กรัมของแห้ง)	$\frac{\omega t \times 100}{\omega_0}$	อัตราการทำแห้ง $d\omega/dt$ (กรัมน้ำ/ชั่วโมง-กรัมของแห้ง)
0	32	5.158	100.00	
5	31	4.965	96.28	2.309
10	28	4.388	85.08	6.927
15	23	3.426	66.43	11.545
20	18	2.464	47.77	11.545
25	14	1.694	32.84	9.239
30	12	1.309	25.38	4.618
35	10	0.924	17.92	4.618
40	9	0.732	14.19	2.309
45	8	0.539	10.46	2.309
50	7	0.347	6.73	2.309
55	7	0.347	6.73	0.000
60	7	0.347	6.73	0.000

หมายเหตุ ความชื้น = น้ำหนักเจียวกู่หลาน ณ เวลาใด ๆ - น้ำหนักของเจียวกู่หลานที่แห้งสนิท / น้ำหนักของเจียวกู่หลานที่แห้งสนิท

$\omega t$  = ความชื้นของเจียวกู่หลาน ณ เวลาใด ๆ       $\omega_0$  = ความชื้นเจียวกู่หลานเริ่มต้น

จากผลการทดลองในตาราง 3.2 และภาพ 3.1-3.2 พบว่าเมื่อทำแห้งใบและก้านเจียวกู่หลานที่มีความชื้นร้อยละ 83.76 (คิดเทียบน้ำหนักเปียก) ด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเป็น 1 เมตรต่อวินาที ซึ่งใบและก้านเจียวกู่หลานมีการระเหยของน้ำอย่างต่อเนื่องโดยมีอัตราการระเหยของน้ำในช่วงแรกค่อนข้างมาก โดยสังเกตได้จากความชันของกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของน้ำหนักและเวลา (ภาพ 3.1 ) จะเห็นว่ามีค่าความชันมาก ทั้งนี้

เนื่องจากน้ำที่เป็นองค์ประกอบในเจียวกู่หลานมีค่อนข้างสูงนั่นเอง การระเหยของน้ำมีต่อไปอย่าง ต่อเนื่องดังในภาพ 3.1 น้ำหนักของเจียวกู่หลานจะมีการลดลงอย่างมากในช่วง 20 นาทีแรกของการทำแห้งจากน้ำหนัก 32 กรัมเป็น 18 กรัม เนื่องจากอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสสามารถ ถ่ายเทความร้อนให้น้ำที่มีอยู่มากในเจียวกู่หลานออกมาได้มากในตอนี้ และหลังจากนั้น น้ำหนักจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลาในการทำแห้งผ่านไป จนกระทั่งหลังจาก 35 นาที เป็นต้นไป น้ำหนักของเจียวกู่หลานจะลดลงค่อนข้างช้า ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่ลดลงเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงเป็นไปดังสมการ

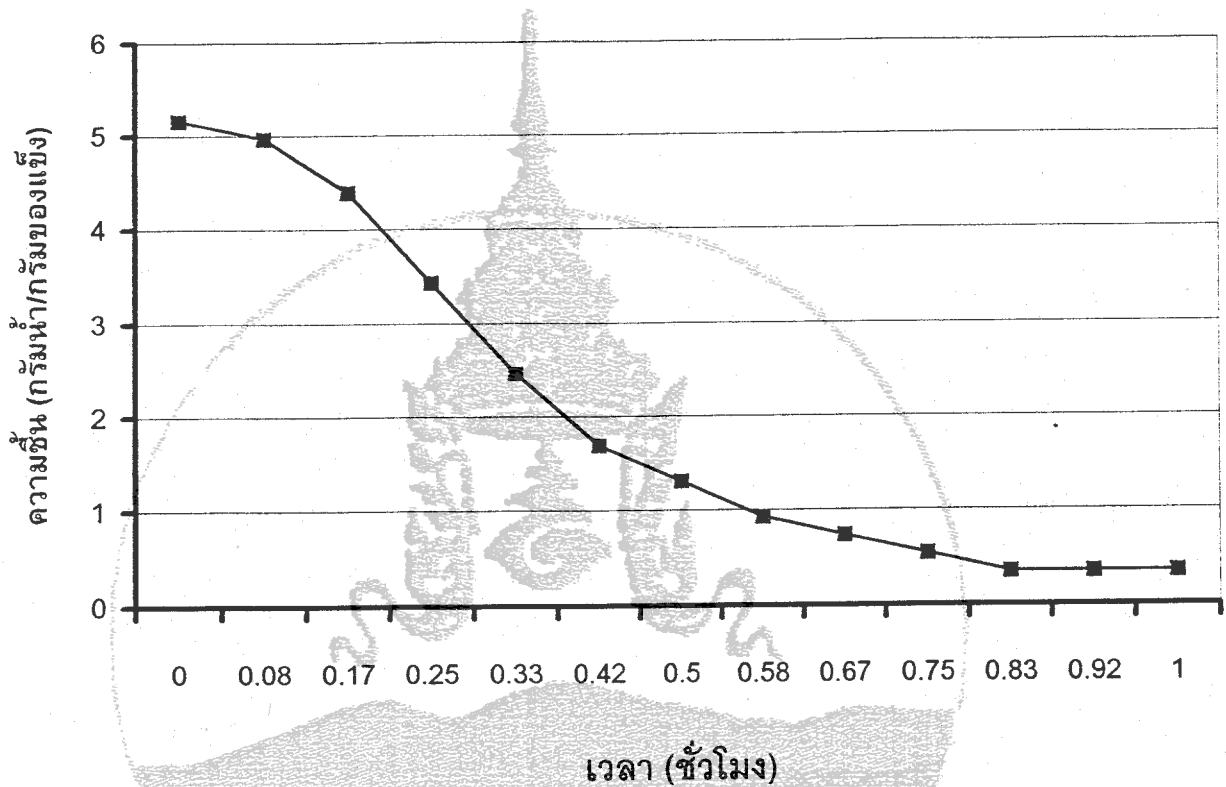


ภาพ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลาในการทำแห้งของเจียวกู่หลาน

ภาพ 3.2 เป็นภาพที่แสดงถึงการลดลงของความชื้นของเจียวกู่หลานเมื่อเวลาในการทำแห้งดำเนินการไปเรื่อยๆ ผลของความชื้นก็มีการลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกันในช่วง 20 นาทีแรก โดยมีความชื้นเริ่มต้นเป็น 5.158 กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง และลดลงใน 20 นาทีแรก เป็น 2.463 กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง และจะมีการลดลงของความชื้นเกิดขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเวลาในการทำแห้งตั้งแต่ 35 นาที เป็นต้นไป ความชื้นจะลดลงค่อนข้างช้า ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ลดลงเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไปดังสมการ

$$\text{Log ( ความชื้น )} = -3.1799 (\text{เวลา; ชั่วโมง}) + 1.8566$$

$$(\text{กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง}) \quad R^2 = 0.9795$$



ภาพ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาในการทำแห้งเจี๊ยวกู่หลาน

จากกราฟทั้งสองภาพจะสังเกตเห็นได้ว่าเจี๊ยวกู่หลานมีการระเหยของน้ำอย่างต่อเนื่องและเป็นไปอย่างง่าย เพราะโครงสร้างของใบบาง และก้านก็มีลักษณะที่ไม่แข็งมากนัก การเคลื่อนที่ของน้ำและการสัมผัสกับอากาศร้อนจึงเกิดโดยตรง และในช่วงนี้ปริมาณน้ำจะชุ่มฉ่ำมากที่ผิวของเจี๊ยวกู่หลาน และจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแห้ง (กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง-ชั่วโมง) กับปริมาณความชื้นดังภาพ 3.3 แสดงให้เห็นว่าอัตราการระเหยของน้ำคงที่ (Rate constant; Rc) ของเจี๊ยวกู่หลานจะมีค่าเป็น 3 ช่วงดังนี้

ในช่วง 20 นาทีแรก มีค่า Rc เป็น 11.545 กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง-ชั่วโมง

ในช่วง 20-35 นาที มีค่า Rc เป็น 6.157 กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง-ชั่วโมง

ในช่วง 35-60 นาที มีค่า Rc เป็น 2.309 กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง-ชั่วโมง

และมีค่า Critical moisture ที่ 1 ( $W_{c1}$ ) เท่ากับ  $W_{c0}$  เป็น 2.464 กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง โดยมีสมการการลดลงของอัตราการระเหยของน้ำอธิบายได้ดังสมการ

$$d\omega/d\theta = 5.2969(\omega) - 1.0800$$

$$R^2 = 0.9237$$

และจากภาพ 3.3 ค่า Critical moisture ที่ 2 ( $\omega_{c2}$ ) จะมีค่าเท่ากับ 0.3298 กรัม น้ำต่อกรัมของแข็ง และมีการลดลงของอัตราการระเหยของน้ำเป็นไปดังสมการ

$$d\omega/d\theta = 6.000(\omega) - 1.3119$$

$$R^2 = 0.7059$$

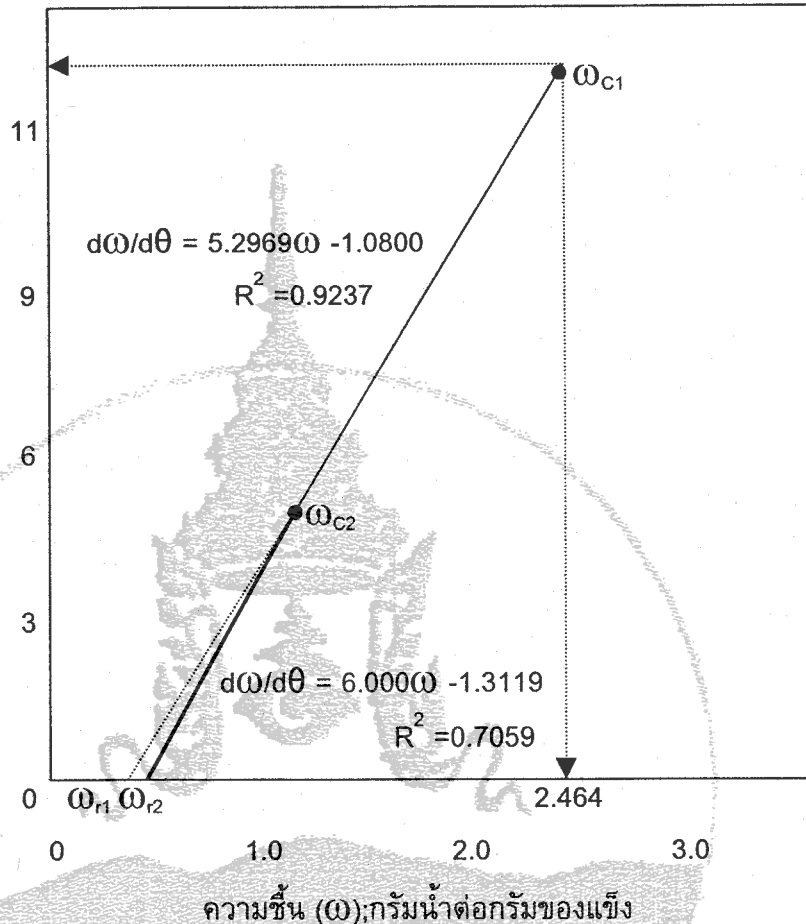
และเมื่อลากเส้นกราฟการลดลงของอัตราการระเหยสมการแรกมายังเส้นแกนของปริมาณความชื้น ( $\omega$ ) ทำให้ทราบค่า  $\omega_{r1}$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.204 กรัม น้ำต่อกรัมของแข็ง ส่วนกราฟการลดลงของอัตราการระเหยสมการที่สองเมื่อตัดกับแกนปริมาณความชื้นจะทำให้ทราบค่า  $\omega_{r2}$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.218 กรัม น้ำต่อกรัมของแข็ง

เมื่อต้องการทราบเวลาในการทำแห้งเจียวกู่หลานที่มีความชื้นเริ่มต้น 5.158 กรัม น้ำต่อกรัมของแข็ง ให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นเป็น 0.30 กรัม น้ำต่อกรัมของแข็ง สามารถใช้ข้อมูลข้างต้นมาแทนค่าในสมการ

$$\begin{aligned} \theta &= \left[ \frac{\omega_o - \omega_c}{R_{co}} \right] + \left[ \frac{\omega_{c1} - \omega_{r1} \ln \frac{\omega_{c1} - \omega_{r1}}{\omega_{c2} - \omega_{r1}}}{R_{c1}} \right] \\ &+ \left[ \frac{[\omega_{c1} - \omega_{r1}] [\omega_{c2} - \omega_{r2}] \ln \frac{\omega_{c2} - \omega_{r2}}{\omega - \omega_{r2}}}{R_{c1} R_{c2}} \right] \\ \theta &= \left[ \frac{[5.157 - 2.464]}{11.545} \right] + \left[ \frac{[2.464 - 0.204] \ln \frac{[2.464 - 0.204]}{0.330 - 0.204}}{6.157} \right] \\ &+ \left[ \frac{[2.464 - 0.204] [0.330 - 0.219] \ln \frac{[0.330 - 0.219]}{0.30 - 0.219}}{6.157 \cdot 2.309} \right] \\ \theta &= 0.23 + 1.05 + 0.0056 \\ &= 1.28 \text{ ชั่วโมง หรือ } 76.8 \text{ นาที} \end{aligned}$$



อัตราการทำแห้ง ( $d\omega/d\theta$ ); กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง-ชั่วโมง



ภาพ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งและปริมาณความชื้นของ  
เจียวกู่หลาน

### 3. การศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตเจียวกู่หลานที่เหมาะสม

ในการทดลองศึกษาหากระบวนการผลิตที่เหมาะสม พร้อมทั้งกระบวนการเบื้องต้นก่อนการทำแห้งในรูปแบบต่างๆ ได้ถูกกำหนดขึ้นในการทดลองนี้ โดยได้กำหนดสิ่งทดลองทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง เป็นการทดลองกระบวนการเบื้องต้นก่อนการทำแห้ง ได้แก่

- ชุดควบคุม (ไม่มีการผ่านกระบวนการใดๆเบื้องต้นก่อนการทำแห้ง)
- การนวดก้านและใบเจียวกู่หลานจนซ้ำ และหมักนาน 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส)

- และปัจจัยสุดท้ายคือการลวกใบและก้านเจียวกู่หลานในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ( $\text{NaHCO}_3$ ) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ร่วมกับเกลือแกงร้อยละ 1.2 นาน 1 นาทีที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

โดยปัจจัยดังกล่าวทั้งสามปัจจัยได้ถูกทดลองทำแห้งด้วยรูปแบบต่างๆ ได้แก่

- ตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 45 mBar
- ตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
- ตู้อบพลังแสงอาทิตย์ ที่อุณหภูมิประมาณ 38-48 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศร้อยละ 49-69

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อทำแห้งโดยใช้ตู้อบสุญญากาศจะใช้เวลาในการทำแห้งประมาณ 7.15 ชั่วโมงที่สภาวะดังกล่าวข้างต้น ในขณะที่การทำแห้งโดยใช้ตู้อบไฟฟ้าจะใช้เวลาในการทำแห้งนาน 10 ชั่วโมงที่สภาวะดังกล่าวข้างต้น ส่วนการทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์จะใช้เวลาในการทำแห้งนาน 70.3 ชั่วโมง โดยที่วันแรกของการทำแห้งสามารถวัดอุณหภูมิเฉลี่ยในตู้อบได้ 41 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศเท่ากับร้อยละ 69 ส่วนวันที่ 2 และ 3 ของการทำแห้งสามารถวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศได้เท่ากับ 38 และ 48 องศาเซลเซียส และร้อยละ 53 และ 49 ตามลำดับ

เมื่อทำการวัดผลผลิต (Yield) ของเงี้ยวกู่หลานที่ได้หลังการทำแห้งพบว่าผลผลิตที่ได้อยู่ในช่วงร้อยละ 8.08-15.42 โดยที่สิ่งทดลองที่ทำการนวดและหมักก่อนการทำแห้งโดยใช้ตู้อบพลังแสงอาทิตย์ได้รับผลผลิตต่ำสุดคือร้อยละ 8.08 ในขณะที่สิ่งทดลองที่ทำการลวกก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศให้ผลผลิตที่สูงสุดคือร้อยละ 15.42 ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ที่การนวดและหมักในเบื้องต้นของเงี้ยวกู่หลานมีแนวโน้มของการสูญเสียสารประกอบบางอย่างออกจากในและก้านไม่ว่าจะทำแห้งด้วยวิธีใดก็ตาม (ตาราง 3.3) แต่ดูเหมือนว่าเงี้ยวกู่หลานที่ไม่ผ่านกระบวนการเบื้องต้นก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศจะได้ผลผลิตที่สูงพอประมาณคือร้อยละ 15.30 (ตาราง 3.3) ซึ่งอาจจะใช้สิ่งทดลองนี้มาใช้ในการผลิตเงี้ยวกู่หลานแห้งก็เป็นได้ เพราะเป็นการลดขั้นตอนเบื้องต้นก่อนการทำแห้งได้ทางหนึ่ง และเป็นการลดต้นทุนการผลิตทางหนึ่ง

ตาราง 3.3 ผลผลิตของเหี่ยวกุ่มหลานที่ได้จากการผ่านกระบวนการ  
เบื้องต้นก่อนการทำแห้งในรูปแบบต่าง ๆ

สิ่ง ทดลอง	กระบวนการ ก่อนทำแห้ง	รูปแบบ การทำแห้ง	น้ำหนัก เริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนัก หลัง ทำแห้ง (กรัม)	ผลผลิต (ร้อยละ)
1	ชุดควบคุม	สุญญากาศ	1,321.41	202.29	15.30
2	นวดและหมัก	สุญญากาศ	1,504.54	159.95	10.63
3	ลวก	สุญญากาศ	1,505.95	232.16	15.42
4	ชุดควบคุม	ไฟฟ้า	1,502.66	184.55	12.28
5	นวดและหมัก	ไฟฟ้า	1,485.66	163.45	11.00
6	ลวก	ไฟฟ้า	1,523.13	195.27	12.82
7	ชุดควบคุม	พลังแสงอาทิตย์	1,523.53	184.05	12.08
8	นวดและลวก	พลังแสงอาทิตย์	1,390.92	112.44	8.08
9	ลวก	พลังแสงอาทิตย์	1,232.48	125.59	10.19

เมื่อนำเหี่ยวกุ่มหลานที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์หาความชื้น (moisture content) และค่าปริมาณน้ำอิสระหรือค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Water activity; Aw) พบว่าสิ่งทดลองที่ทำการทดลองทั้ง 9 สิ่งทดลองมีปริมาณความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระที่ไม่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  (ตาราง 3.4) โดยที่สิ่งทดลองที่ทำการลวกเบื้องต้นก่อนการทำแห้งแบบสุญญากาศ (สิ่งทดลองที่ 3) และสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆก่อนการทำแห้งแบบสุญญากาศ (สิ่งทดลองที่ 1) มีปริมาณความชื้นที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือมีปริมาณความชื้นร้อยละ  $16.99 \pm 0.11$  และ  $15.20 \pm 0.91$  ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นที่สูงกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  โดยที่สิ่งทดลองที่ 5 ซึ่งเป็นเหี่ยวกุ่มหลานที่ผ่านการนวดและหมักก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบไฟฟ้าจะเป็นตัวอย่างที่ให้ปริมาณความชื้นต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  กล่าวคือมีปริมาณความชื้นร้อยละ  $11.06 \pm 0.29$

อย่างไรก็ตามเหี่ยวกุ่มหลานที่ผ่านกระบวนการต่างๆก่อนการทำแห้งด้วยรูปแบบต่างๆมีผลต่อค่าปริมาณอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  โดยสิ่งทดลองที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆก่อนการทำแห้งแบบสุญญากาศ (สิ่งทดลองที่ 1) และสิ่งทดลองที่ทำการลวกเบื้องต้นก่อนการทำแห้งแบบสุญญากาศ (สิ่งทดลองที่ 3) มีปริมาณน้ำอิสระที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือมีปริมาณน้ำอิสระคิดเป็น  $0.5690 \pm$  และ  $0.5590 \pm$  ซึ่งเป็นปริมาณน้ำอิสระที่สูงกว่าสิ่งทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  โดยที่สิ่งทดลองที่ 8 ซึ่งเป็นเหี่ยวกุ่มหลานที่

ผ่านการนวดและหมักก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์ รวมทั้งสิ่งทดลองที่ 5 ซึ่งเป็น  
 เจียวกู่หลานที่ผ่านการนวดและหมักก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบไฟฟ้า และสิ่งทดลองที่ 4 ซึ่งเป็น  
 เจียวกู่หลานที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบไฟฟ้า จะเป็นตัวอย่างที่ให้  
 ปริมาณความชื้นต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  กล่าวคือมีปริมาณน้ำอิสระเป็น  
 $0.3837 \pm$  ,  $0.3660 \pm$  และ  $0.3647 \pm$  ตามลำดับ (ตาราง 3.4)

ตาราง 3.4 ความชื้น และปริมาณน้ำอิสระของเจียวกู่หลานที่ได้จากการ  
 ผ่านกระบวนการเบื้องต้นก่อนการทำแห้งในรูปแบบต่าง ๆ

สิ่ง ทดลอง	กระบวนการ ก่อนทำแห้ง	รูปแบบ การทำแห้ง	ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณ น้ำอิสระ (Aw)
1	ชุดควบคุม	สุญญากาศ	$15.20 \pm 0.91^a$	$0.5680 \pm 0.0200^a$
2	นวดและหมัก	สุญญากาศ	$12.16 \pm 1.12^c$	$0.4934 \pm 0.0100^b$
3	ลวก	สุญญากาศ	$16.99 \pm 0.11^a$	$0.5990 \pm 0.0200^a$
4	ชุดควบคุม	ไฟฟ้า	$12.71 \pm 1.89^c$	$0.3647 \pm 0.0200^e$
5	นวดและหมัก	ไฟฟ้า	$11.06 \pm 0.29^d$	$0.3660 \pm 0.0200^e$
6	ลวก	ไฟฟ้า	$13.15 \pm 0.17^b$	$0.4660 \pm 0.0200^c$
7	ชุดควบคุม	พลังแสงอาทิตย์	$12.52 \pm 0.13^c$	$0.4260 \pm 0.0300^d$
8	นวดและลวก	พลังแสงอาทิตย์	$12.85 \pm 0.04^c$	$0.3837 \pm 0.0100^e$
9	ลวก	พลังแสงอาทิตย์	$13.05 \pm 0.19^b$	$0.4227 \pm 0.0100^d$

หมายเหตุ : ค่าแสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย+ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 อักษรภาษาอังกฤษที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความ  
 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$

ในส่วนคุณภาพทางด้านกายภาพของเจียวกู่หลานที่ผ่านกระบวนการเบื้องต้น  
 ก่อนการทำแห้งในรูปแบบต่างๆ พบว่าค่าสีที่ปรากฏในรูปค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง-เขียว ( $a^*$ )  
 สีเหลือง-น้ำเงิน ( $b^*$ ) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.05$  ในสิ่งทดลองที่ทำการ  
 ทดลอง โดยที่ค่าความสว่างของสิ่งทดลองที่ 2 (เจียวกู่หลานที่ผ่านการนวดและหมักก่อนการ  
 ทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ) และสิ่งทดลองที่ 7 (เจียวกู่หลานที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆก่อนการ  
 ทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์)มีค่าที่ใกล้เคียงกันคือมีค่า L เท่ากับ  $83.547 \pm 1.000$  และ  
 $83.463 \pm 1.630$  ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่สว่างกว่าสิ่งทดลองที่เหลืออื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  
 $P \leq 0.05$  โดยเฉพาะสิ่งทดลองที่ 4 ซึ่งเป็นเจียวกู่หลานที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆก่อนการ

ทำแห้งด้วยตู้อบไฟฟ้า มีค่าความสว่างที่น้อยที่สุด ( $79.200 \pm 1.190$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.05$  (ตาราง 3.5)

ส่วนค่าสีแดง-เขียว ( $a^*$ ) ของชาเขียวกู่หลานที่ทดลองนี้พบว่า สิ่งทดลองทั้ง 9 สิ่งทดลองมีค่าดังกล่าวที่ไม่เหมือนกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  กล่าวคือสิ่งทดลองที่ 8 ซึ่งเป็นชาเขียวกู่หลานที่ผ่านการนวดและหมักก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์ และสิ่งทดลองที่ 9 ซึ่งเป็นชาเขียวกู่หลานที่ผ่านการลวกก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์ มีค่า  $a^*$  เท่ากับ  $-3.314 \pm 0.040$  และ  $-3.103 \pm 0.180$  ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าสีเขียวที่มากกว่าสิ่งทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  ในขณะที่สิ่งทดลองที่ 2 ซึ่งเป็นชาเขียวกู่หลานที่ผ่านการนวดและหมักก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ จะมีค่าสีเขียวที่น้อยสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  กล่าวคือมีค่า  $a^*$  เท่ากับ  $-1.670 \pm 0.120$  (ตาราง 3.5)

ตาราง 3.5 คุณภาพทางกายภาพ สีที่ปรากฏ ( $L$   $a^*$   $b^*$ ) ของเขียวกู่หลานที่ได้จากการผ่านกระบวนการเบื้องต้นก่อนการทำแห้งในรูปแบบต่างๆ

สิ่งทดลอง	กระบวนการก่อนทำแห้ง	รูปแบบการทำแห้ง	ค่าสีที่ปรากฏ		
			L	$a^*$	$b^*$
1	ชุดควบคุม	สุญญากาศ	$81.373 \pm 2.620^d$	$-2.457 \pm 0.290^d$	$5.847 \pm 0.710^e$
2	นวดและหมัก	สุญญากาศ	$83.547 \pm 1.000^a$	$-1.670 \pm 0.120^a$	$5.047 \pm 0.600^f$
3	ลวก	สุญญากาศ	$79.627 \pm 1.940^f$	$-2.717 \pm 0.150^e$	$6.230 \pm 0.710^d$
4	ชุดควบคุม	ไฟฟ้า	$79.200 \pm 1.190^g$	$-2.647 \pm 0.220^e$	$6.300 \pm 0.810^c$
5	นวดและหมัก	ไฟฟ้า	$82.743 \pm 0.440^b$	$-2.043 \pm 0.270^b$	$6.183 \pm 0.970^d$
6	ลวก	ไฟฟ้า	$80.870 \pm 1.160^d$	$-2.570 \pm 0.170^e$	$4.857 \pm 0.510^g$
7	ชุดควบคุม	พลังแสงอาทิตย์	$83.463 \pm 1.630^a$	$-2.137 \pm 0.250^c$	$6.540 \pm 0.560^c$
8	นวดและลวก	พลังแสงอาทิตย์	$80.383 \pm 3.090^e$	$-3.314 \pm 0.040^f$	$7.863 \pm 0.270^b$
9	ลวก	พลังแสงอาทิตย์	$82.427 \pm 0.490^c$	$-3.103 \pm 0.180^f$	$12.097 \pm 0.970^a$

หมายเหตุ : ค่าแสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรภาษาอังกฤษที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$

ส่วนค่าสีเหลือง-น้ำเงิน ( $b^*$ ) ของชาเขียวกู่หลานที่ทดลองนี้พบว่า สิ่งทดลองทั้ง 9 สิ่งทดลองมีค่าดังกล่าวที่ไม่เหมือนกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  กล่าวคือสิ่งทดลองที่ 9 ซึ่งเป็นชาเขียวกู่หลานที่ผ่านการลวกก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์ มีค่า  $b^*$  เท่ากับ  $12.097 \pm 0.970$  ซึ่งมีค่าสีเหลืองที่สูงกว่าสิ่งทดลองที่ 8 ซึ่งเป็นชาเขียวกู่หลานที่ผ่านการนวดและหมักก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  (ค่า  $b^*$  เท่ากับ  $7.863 \pm 0.270$ ) อย่างไรก็ตามสิ่งทดลองอื่นๆที่เหลือมีค่าสีเหลืองที่น้อยกว่าสิ่งทดลองที่ 9 และ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  โดยเฉพาะสิ่งทดลองที่ 6 ซึ่งเป็นชาเขียวกู่หลานที่ผ่านการลวกก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบไฟฟ้า จะมีค่าสีเหลืองที่น้อยสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  กล่าวคือมีค่า  $b^*$  เท่ากับ  $4.857 \pm 0.510$  (ตาราง 3.5)

ส่วนคุณภาพชาเขียวกู่หลานทางด้านประสาทสัมผัส ได้ใช้เทคนิคการใช้ Hedonic scaling test โดยวัดลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ใน 4 ลักษณะ ได้แก่

- ความแรงของกลิ่น โดยจะให้ผู้ประเมิน 20 คน ดมกลิ่นของชาเขียวกู่หลาน และให้คะแนน 1-9 กล่าวคือคะแนนเท่ากับ 1 จะเป็นลักษณะความแรงของกลิ่นชาเขียวกู่หลานที่ไม่ดี และคะแนนเท่ากับ 9 จะเป็นลักษณะของชาเขียวกู่หลานที่มีกลิ่นแรงที่ดีที่สุด

- รสชาติของชาเขียวกู่หลาน โดยจะให้ผู้ประเมิน 20 คน ทดสอบชิมชาชงเขียวกู่หลาน และให้คะแนน 1-9 กล่าวคือ คะแนนเท่ากับ 1 เป็นรสชาติของชาเขียวกู่หลานที่ไม่ดีที่สุด ส่วนคะแนนเท่ากับ 9 เป็นลักษณะรสชาติของชาเขียวกู่หลานที่ดีที่สุด

- สีที่ปรากฏของชาเขียวกู่หลาน โดยจะให้ผู้ประเมิน 20 คน ทำการประเมินคุณลักษณะสีของชาเขียวกู่หลาน และให้คะแนน 1-9 กล่าวคือ คะแนนเท่ากับ 1 เป็นลักษณะสีที่ปรากฏของชาเขียวกู่หลานที่ไม่ดีที่สุด ส่วนคะแนนเท่ากับ 9 เป็นลักษณะสีที่ปรากฏของชาเขียวกู่หลานที่ดีที่สุด

- การยอมรับโดยรวมของชาเขียวกู่หลาน โดยจะให้ผู้ประเมิน 20 คน ทำการประเมินคุณลักษณะรวมของชาเขียวกู่หลาน และให้คะแนน 1-9 กล่าวคือ คะแนนเท่ากับ 1 เป็นค่าการยอมรับโดยรวมของชาเขียวกู่หลานที่น้อยที่สุด ส่วนคะแนนเท่ากับ 9 เป็นการยอมรับโดยรวมของชาเขียวกู่หลานที่มากที่สุด

ในการทดสอบประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของชาเขียวกู่หลานนี้จะมีวิธีการเตรียมชาก่อนการทดสอบดังนี้ นำชาเขียวกู่หลานในแต่ละสิ่งทดลองมาชงด้วยน้ำร้อน 100 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที แล้วสูมตัวอย่างให้ผู้ทดสอบทำการประเมิน และทำการรวบรวมข้อมูล ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า

ความแรงของกลิ่นชาเขียวกู่หลานในสิ่งทดลองที่ทำการทดลองทั้ง 9 สิ่งทดลองมีความแรงของกลิ่นชาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  กล่าวคือชาเขียวกู่หลานมีค่าความแรงของกลิ่นชาคิดเป็นคะแนนในช่วง 4.00-6.40 (ตาราง 3.6) โดยที่สิ่งทดลองที่ 3

ซึ่งเป็นชาเจียวกู่หลานที่ผ่านการลวกก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศจะมีความแรงของกลี้นชาเจียวกู่หลานที่สูงกว่าสิ่งทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  ซึ่งมีค่าคะแนนความแรงของกลี้นชาเท่ากับ  $6.40 \pm 1.19$  ในขณะที่สิ่งทดลองที่ 8 ซึ่งเป็นชาเจียวกู่หลานที่ผ่านการนวดและหมักก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์มีความแรงของกลี้นชาที่น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  คือมีคะแนนความแรงของกลี้นชาเท่ากับ  $4.00 \pm 1.65$  (ตาราง 3.6)

รสชาติของชาเจียวกู่หลานพบว่าสิ่งทดลองทั้ง 9 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างในด้านรสชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) กล่าวคือรสชาติของชาเจียวกู่หลานมีค่าอยู่ในช่วงคะแนน 4.25-5.55 (ตาราง 3.6)

สีที่ปรากฏของชาเจียวกู่หลานพบว่าสิ่งทดลองทั้ง 9 สิ่งทดลองมีสีที่ปรากฏของชาที่ไม่เหมือนกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.03$  กล่าวคือชาเจียวกู่หลานมีค่าคะแนนสีที่ปรากฏอยู่ในช่วง 5.05-6.80 โดยที่สิ่งทดลองที่ 7 ซึ่งเป็นชาเจียวกู่หลานที่ไม่ผ่านกระบวนการเบื้องต้นก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์มีคะแนนสีที่ปรากฏที่มากกว่าสิ่งทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.05$  กล่าวคือมีค่าคะแนนสีที่ปรากฏเท่ากับ  $6.80 \pm 1.50$  อย่างไรก็ตามสิ่งทดลองที่ 3 ซึ่งเป็นสิ่งทดลองที่ผ่านการลวกก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศมีคะแนนสีที่ปรากฏที่รองลงมาคือมีค่าเท่ากับ  $6.65 \pm 1.39$  แต่สิ่งทดลองที่ 4 ซึ่งเป็นชาเจียวกู่หลานที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบไฟฟ้า สิ่งทดลองที่ 2 ซึ่งเป็นชาเจียวกู่หลานที่ผ่านการนวดและหมักก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ และสิ่งทดลองที่ 9 ซึ่งเป็นชาเจียวกู่หลานที่ผ่านการลวกก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์ มีค่าคะแนนสีที่ปรากฏต่ำกว่าสิ่งทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.05$  กล่าวคือมีค่าดังกล่าวเท่ากับ  $5.05 \pm 1.79$ ,  $5.10 \pm 2.13$  และ  $5.35 \pm 1.66$  ตามลำดับ (ตาราง 3.6)

ในการยอมรับโดยรวมของชาเจียวกู่หลานพบว่าสิ่งทดลองทั้ง 9 สิ่งทดลองผู้ประเมินมีการยอมรับที่ไม่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  กล่าวคือมีการยอมรับโดยรวมของชาเจียวกู่หลานมีคะแนนในช่วง 4.20-6.10 โดยที่สิ่งทดลองที่ 3 เป็นชาเจียวกู่หลานที่มีการยอมรับมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  ซึ่งเป็นชาเจียวกู่หลานที่ผ่านการลวกก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ (คะแนนการยอมรับโดยรวมเท่ากับ  $6.10 \pm 1.65$ ) ในขณะที่สิ่งทดลองที่ 8 เป็นสิ่งทดลองที่มีการยอมรับโดยรวมที่น้อยที่สุด (คะแนนเท่ากับ  $4.20 \pm 1.73$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$  ซึ่งเป็นชาเจียวกู่หลานที่ผ่านการนวดและหมักก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์ (ตาราง 3.6)



ตาราง 3.6 การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส ความแรงของกลิ่น รสชาติ สีที่ปรากฏ และการยอมรับโดยรวมของชาเขียวกู่หลานที่ผ่านกระบวนการเบื้องต้นก่อนการทำแห้งในรูปแบบต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	กระบวนการก่อนทำแห้ง	รูปแบบการทำแห้ง	คะแนนทางประสาทสัมผัสด้าน			
			ความแรงของกลิ่น	รสชาติ	สีที่ปรากฏ	การยอมรับโดยรวม
1	ชุดควบคุม	สุญญากาศ	6.00±1.65 <sup>b</sup>	5.00±2.29	5.70±2.54 <sup>d</sup>	5.20±1.88 <sup>b</sup>
2	นวดและหมัก	สุญญากาศ	5.50±1.39 <sup>c</sup>	5.10±1.68	5.10±2.13 <sup>f</sup>	5.00±1.72 <sup>c</sup>
3	ลวก	สุญญากาศ	6.40±1.19 <sup>a</sup>	5.55±1.47	6.65±1.39 <sup>b</sup>	6.10±1.65 <sup>a</sup>
4	ชุดควบคุม	ไฟฟ้า	6.15±1.46 <sup>b</sup>	4.50±1.96	5.05±1.79 <sup>f</sup>	4.75±1.83 <sup>c</sup>
5	นวดและหมัก	ไฟฟ้า	5.10±1.68 <sup>d</sup>	5.05±1.57	5.45±1.70 <sup>e</sup>	5.35±1.27 <sup>b</sup>
6	ลวก	ไฟฟ้า	5.00±1.65 <sup>d</sup>	4.25±1.97	6.50±1.43 <sup>c</sup>	4.95±1.47 <sup>c</sup>
7	ชุดควบคุม	พลังแสงอาทิตย์	6.15±1.14 <sup>b</sup>	4.95±1.99	6.80±1.50 <sup>a</sup>	5.50±1.73 <sup>b</sup>
8	นวดและลวก	พลังแสงอาทิตย์	4.00±1.65 <sup>e</sup>	4.25±1.58	5.55±1.64 <sup>e</sup>	4.20±1.73 <sup>d</sup>
9	ลวก	พลังแสงอาทิตย์	4.90±1.55 <sup>d</sup>	4.85±1.63	5.35±1.66 <sup>f</sup>	4.85±1.42 <sup>c</sup>

หมายเหตุ : ค่าแสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรภาษาอังกฤษที่ปรากฏในคอลัมน์เดียวกันที่ไม่เหมือนกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P \leq 0.01$

#### 4. การศึกษาการทำแห้งวัตถุดิบที่ใช้ผสมชาเขียวกู่หลาน

ในการทดลองใช้การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบ Tray dryer ที่มีลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที จากการศึกษาทำแห้งมินต์สายพันธุ์ USA ด้วยระบบดังกล่าวให้ผลดังแสดงในตาราง 3.7



ตาราง 3.7 น้ำหนัก ความชื้น และอัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการทำแห้ง  
ที่เวลาต่างๆของมินต์สายพันธุ์ USA ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตร  
ต่อวินาที

เวลาในการทำแห้ง (นาทีก)	น้ำหนักสด (กรัม)	ความชื้น $\omega$ (กรัมน้ำ ต่อกรัมของแข็ง)	$\frac{\omega t \times 100}{\omega_0}$	อัตราการทำแห้ง $d\omega/d\theta$ (กรัมน้ำ/นาทีก-กรัมของแข็ง)
0	100	85.00	5.667	
5	92	77.00	5.133	0.053
10	84	69.00	4.600	0.053
15	76	61.00	4.067	0.053
30	70	55.00	3.667	0.040
35	66	51.00	3.400	0.027
40	61	46.00	3.067	0.033
45	57	42.00	2.800	0.027
50	54	39.00	2.600	0.020
55	51	36.00	2.400	0.020
60	48	33.00	2.200	0.020
65	46	31.00	2.067	0.013
70	44	29.00	1.933	0.013
75	41	26.00	1.733	0.020
80	39	24.00	1.600	0.013
85	37	22.00	1.467	0.013
90	35	20.00	1.333	0.013
95	34	19.00	1.267	0.007
100	33	18.00	1.200	0.007
110	29	14.00	0.933	0.027
120	27	12.00	0.800	0.013
130	25	10.00	0.667	0.013
140	22	7.00	0.467	0.020
150	21	6.00	0.400	0.007
165	18	3.00	0.200	0.020
180	17	2.00	0.133	0.007

หมายเหตุ ความชื้น =  $\frac{\text{น้ำหนักมินต์ USA ณ เวลาใดๆ} - \text{น้ำหนักมินต์ USA ที่แห้งสนิท}}{\text{น้ำหนักของมินต์ USA ที่แห้งสนิท}}$

$\omega t$  = ความชื้นของมินต์ USA ณ เวลาใดๆ  $\omega_0$  = ความชื้นของมินต์ USA เริ่มต้น

จากผลการทดลองในตาราง 3.7 ความชื้นมินต์สายพันธุ์ USA เริ่มต้นเท่ากับ ร้อยละ 85.00 (คิดเทียบน้ำหนักเปียก) ดังนั้นน้ำหนักมินต์เริ่มต้น 100 กรัม จะมีปริมาณน้ำ 85.00 กรัม ซึ่งมีเนื้อมินต์จริงๆเท่ากับ  $100 - 85 = 15$  กรัม (ของแห้ง) และจากตาราง 3.7 จะเห็นว่ามินต์ USA ในช่วง 20 นาทีแรกมีการระเหยน้ำค่อนข้างมากพิจารณาจากน้ำหนักเป็นกรัมที่ลดลงอย่างมาก การระเหยจะมีอย่างต่อเนื่อง และเมื่อถึงเวลาที่ 40 นาทีในระหว่างการทำแห้ง น้ำหนักจะลดลงค่อนข้างช้าและเริ่มคงที่

ในการทดลองใช้การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบ Tray dryer ที่มีลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที จากการศึกษาทำแห้งมินต์สายพันธุ์เจแปนนิส ด้วยระบบดังกล่าวให้ผลดังแสดงในตาราง 3.8

ตาราง 3.8 น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของมินต์ เจแปนนิส ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที

เวลาในการทำแห้ง (นาที)	น้ำหนักสุทธิ (กรัม)	ความชื้น $\omega$ (กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง)	$\frac{\omega t}{\omega_0} \times 100$	อัตราการทำแห้ง $d\omega/d\theta$ (กรัมน้ำ/นาที-กรัมของแข็ง)
0	100	82.000	4.556	
5	93	75.000	4.167	0.039
10	88	70.000	3.889	0.028
15	80	62.000	3.444	0.044
20	75	57.000	3.167	0.028
25	70	52.000	2.889	0.028
30	67	49.000	2.722	0.017
35	63	45.000	2.500	0.022
40	59	41.000	2.278	0.022
45	56	38.000	2.111	0.017
50	53	35.000	1.944	0.017
55	50	32.000	1.778	0.017
60	48	30.000	1.667	0.011
65	45	27.000	1.500	0.017
70	43	25.000	1.389	0.011
75	41	23.000	1.278	0.011
80	39	21.000	1.167	0.011
90	36	18.000	1.000	0.017
100	32	14.000	0.778	0.022
110	29	11.000	0.611	0.017
125	26	8.000	0.444	0.017
140	23	5.000	0.278	0.017
155	20	2.000	0.111	0.017
170	19	1.000	0.056	0.006
180	18	0.000	0.000	0.006
200	18	0.000	0.000	0.000

หมายเหตุ ความชื้น = น้ำหนัก มินต์ เจแปนนิส ณ เวลาใด ๆ - น้ำหนักของมินต์ เจแปนนิสที่แห้งสนิท

น้ำหนักของมินต์ เจแปนนิสที่แห้งสนิท

$\omega t$  = ความชื้นของมินต์ เจแปนนิส ณ เวลาใด ๆ  $\omega_0$  = ความชื้นของมินต์ เจแปนนิส เริ่มต้น

จากผลการทดลองในตาราง 3.8 ความชื้นมินต์สายพันธุ์เจแปนนิส เริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 82.00 (คิดเทียบน้ำหนักเปียก) ดังนั้นน้ำหนักมินต์เริ่มต้น 100 กรัม จะมีปริมาณ

น้ำ 82.00 กรัม ซึ่งมีเนื้อมินต์จริงๆเท่ากับ  $100-82 = 18$  กรัม (ของแห้ง) และจากตาราง 3.8 จะเห็นว่ามินต์เจแปนนิส ในช่วง 25 นาทีแรกมีการระเหยน้ำค่อนข้างมากพิจารณาจากน้ำหนักเป็นกรัมที่ลดลงอย่างมาก การระเหยจะมีอย่างต่อเนื่อง และเมื่อถึงเวลาที่ 40 นาทีในระหว่างการทำแห้งน้ำหนักจะลดลงค่อนข้างช้าและเมื่อเวลาทำแห้งผ่านไป 155 นาที น้ำหนักจะเริ่มคงที่

ตาราง 3.9 น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของมินต์ โรมัน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที

เวลาในการทำแห้ง (นาที)	น้ำหนักสุทธิ (กรัม)	ความชื้น $\omega$ (กรัมน้ำ ต่อกรัมของแห้ง)	$\frac{\omega t \times 100}{\omega_0}$	อัตราการทำแห้ง $d\omega/dt$ (กรัมน้ำ/นาที-กรัมของแห้ง)
0	90	73.998	4.624	
5	82	65.998	4.124	0.050
10	73	56.998	3.562	0.056
15	68	51.998	3.249	0.031
20	65	48.998	3.062	0.019
25	60	43.998	2.750	0.031
30	55	38.998	2.437	0.031
35	51	34.998	2.187	0.025
40	45	28.998	1.812	0.037
50	39	22.998	1.437	0.037
60	35	18.998	1.187	0.025
70	30	13.998	0.875	0.031
85	26	9.998	0.625	0.025
100	21	4.998	0.312	0.031
115	18	1.998	0.125	0.019
130	16	-0.002	0.000	0.012
145	16	-0.002	0.000	0.000
160	16	-0.002	0.000	0.000

หมายเหตุ ความชื้น =  $\frac{\text{น้ำหนัก มินต์ โรมัน ณ เวลาใด ๆ} - \text{น้ำหนักของมินต์โรมันที่แห้งสนิท}}{\text{น้ำหนักของมินต์โรมันที่แห้งสนิท}}$

$\omega t$  = ความชื้นของมินต์โรมัน ณ เวลาใด ๆ  $\omega_0$  = ความชื้นของมินต์โรมัน เริ่มต้น

จากผลการทดลองในตาราง 3.9 ความชื้นมินต์สายพันธุ์โรมัน เริ่มต้น เท่ากับร้อยละ 82.22 (คิดเทียบน้ำหนักเปียก) ดังนั้นน้ำหนักมินต์เริ่มต้น 90 กรัม จะมีปริมาณน้ำ 73.998 กรัม ซึ่งมีเนื้อมินต์จริงๆเท่ากับ  $90-73.998 = 16.002$  กรัม (ของแห้ง) และจากตาราง 3.9 จะเห็นว่า มินต์โรมัน ในช่วง 15 นาทีแรกมีการระเหยน้ำค่อนข้างมากพิจารณาจากน้ำหนักเป็นกรัมที่ลดลง

อย่างมาก การระเหยจะมีอย่างต่อเนื่อง และเมื่อถึงเวลาที่ 20 นาทีในระหว่างการทำแห้งน้ำหนัก จะลดลงค่อนข้างช้าและเมื่อเวลาทำแห้งผ่านไป 115 นาที น้ำหนักจะเริ่มเข้าใกล้ศูนย์

ตาราง 3.10 น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของมินต์ เปปเปอร์ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที

เวลาในการทำแห้ง (นาที)	น้ำหนักสุทธิ (กรัม)	ความชื้น $\omega$ (กรัม/น้ำ ต่ogram ของแห้ง)	$\frac{\omega t \times 100}{\omega_0}$	อัตราการทำแห้ง $d\omega/dt$ (กรัม/นาที-กรัมของแห้ง)
0	140	132.006	16.513	
5	126	118.006	14.762	0.175
10	115	107.006	13.386	0.138
15	108	100.006	12.510	0.088
20	93	85.006	10.634	0.188
25	82	74.006	9.258	0.138
30	70	62.006	7.757	0.150
35	62	54.006	6.756	0.100
40	57	49.006	6.130	0.063
45	52	44.006	5.505	0.063
50	49	41.006	5.130	0.038
60	40	32.006	4.004	0.113
70	34	26.006	3.253	0.075
80	29	21.006	2.628	0.063
95	27	19.006	2.378	0.025
110	25	17.006	2.127	0.025
125	21	13.006	1.627	0.050
140	14	6.006	0.751	0.088
155	10	2.006	0.251	0.050
170	8	0.006	0.001	0.025
185	8	0.006	0.001	0.000
200	8	0.006	0.001	0.000

หมายเหตุ ความชื้น = น้ำหนัก มินต์ เปปเปอร์ ณ เวลาใด ๆ - น้ำหนักของมินต์ เปปเปอร์ที่แห้งสนิท  
 น้ำหนักของมินต์ เปปเปอร์ที่แห้งสนิท

$\omega t$  = ความชื้นของมินต์ เปปเปอร์ ณ เวลาใด ๆ  $\omega_0$  = ความชื้นของมินต์ เปปเปอร์ เริ่มต้น

จากผลการทดลองในตาราง 3.10 ความชื้นมินต์สายพันธุ์เปปเปอร์ เริ่มต้น เท่ากับ ร้อยละ 94.29 (คิดเทียบน้ำหนักเปียก) ดังนั้นน้ำหนักมินต์เริ่มต้น 140 กรัม จะมีปริมาณน้ำ 132.006 กรัม ซึ่งมีเนื้อมินต์จริงๆเท่ากับ  $140 - 132.006 = 7.994$  กรัม (ของแห้ง) และจาก

ตาราง 3.10 จะเห็นว่ามินต์เปปเปอร์ ในช่วง 30 นาทีแรกมีการระเหยน้ำค่อนข้างมากพิจารณาจากน้ำหนักเป็นกรัมที่ลดลงอย่างมาก การระเหยจะมีอย่างต่อเนื่อง และเมื่อถึงเวลาที่ 40 นาที ในระหว่างการทำให้แห้งน้ำหนักจะลดลงค่อนข้างช้าและเมื่อเวลาทำให้แห้งผ่านไป 150 นาที น้ำหนักจะเริ่มคงที่

ตาราง 3.11 น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำให้แห้งที่เวลาต่าง ๆ ของชาหอม ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที

เวลาในการทำให้แห้ง (นาที)	น้ำหนักสุทธิ (กรัม)	ความชื้น $\omega$ (กรัม น้ำ ต่อกรัมของแห้ง)	$\frac{\omega t \times 100}{\omega_0}$	อัตราการทำแห้ง $d\omega/d\theta$ (กรัม น้ำ/นาที-กรัมของแห้ง)
0	39	38.002	38.062	
5	22	21.002	21.035	1.703
10	17	16.002	16.027	0.501
15	14	13.002	13.022	0.300
20	10	9.002	9.016	0.401
25	9	8.002	8.014	0.100
30	8	7.002	7.013	0.100
35	7	6.002	6.011	0.100
40	4	3.002	3.006	0.300
45	2	1.002	1.003	0.200
50	1	0.002	0.002	0.100
55	1	0.002	0.002	0.000
60	1	0.002	0.002	0.000

หมายเหตุ ความชื้น =  $\frac{\text{น้ำหนัก ชาหอม ณ เวลาใด ๆ} - \text{น้ำหนักของ ชาหอมที่แห้งสนิท}}{\text{น้ำหนักของชาหอมที่แห้งสนิท}}$

$\omega t$  = ความชื้นของชาหอม ณ เวลาใด ๆ  $\omega_0$  = ความชื้นของชาหอม เริ่มต้น

จากผลการทดลองในตาราง 3.11 ความชื้นของชาหอมเริ่มต้น เท่ากับ ร้อยละ 97.44 (คิดเทียบน้ำหนักเปียก) ดังนั้นน้ำหนักชาหอมเริ่มต้น 39 กรัม จะมีปริมาณน้ำ 38 กรัม ซึ่งมีเนื้อชาหอมจริงๆเท่ากับ  $39 - 38 = 1.0$  กรัม (ของแห้ง) และจากตาราง 3.11 จะเห็นว่าชาหอม ในช่วง 5 นาทีแรกมีการระเหยน้ำค่อนข้างมากพิจารณาจากน้ำหนักเป็นกรัมที่ลดลงอย่างมาก การระเหยจะมีอย่างต่อเนื่อง และเมื่อถึงเวลาที่ 10 นาทีในระหว่างการทำให้แห้งน้ำหนักจะลดลงค่อนข้างช้าและเมื่อเวลาทำให้แห้งผ่านไป 45 นาที น้ำหนักจะเริ่มคงที่

ตาราง 3.12 น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของผิวเลมอนสีเหลือง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที

เวลาในการทำแห้ง (นาท)	น้ำหนักสด (กรัม)	ความชื้น $\omega$ (กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง)	$\omega \times 100$ $\omega_0$	อัตราการทำแห้ง $d\omega/dt$ (กรัมน้ำ/นาท-กรัมของแข็ง)
0	354	263.978	2.932	
5	343	252.978	2.810	0.012
10	334	243.978	2.710	0.010
15	322	231.978	2.577	0.013
30	308	217.978	2.421	0.016
35	297	206.978	2.299	0.012
40	288	197.978	2.199	0.010
45	276	185.978	2.066	0.013
50	270	179.978	1.999	0.007
55	261	170.978	1.899	0.010
60	251	160.978	1.788	0.011
65	243	152.978	1.699	0.009
70	235	144.978	1.610	0.009
75	226	135.978	1.510	0.010
80	219	128.978	1.433	0.008
85	212	121.978	1.355	0.008
90	205	114.978	1.277	0.008
95	197	106.978	1.188	0.009
100	191	100.978	1.122	0.007
105	186	95.978	1.066	0.006
110	181	90.978	1.011	0.006
115	175	84.978	0.944	0.007
120	169	78.978	0.877	0.007
125	169	78.978	0.877	0.000
130	163	72.978	0.811	0.007
135	160	69.978	0.777	0.003
140	155	64.978	0.722	0.006
145	150	59.978	0.666	0.006
150	146	55.978	0.622	0.004
155	142	51.978	0.577	0.004
160	137	46.978	0.522	0.006
165	133	42.978	0.477	0.004
170	129	38.978	0.433	0.004
175	126	35.978	0.400	0.003
180	124	33.978	0.377	0.002
185	121	30.978	0.344	0.003
190	118	27.978	0.311	0.003
195	115	24.978	0.277	0.003
200	112	21.978	0.244	0.003
205	110	19.978	0.222	0.002
210	108	17.978	0.200	0.002
215	106	15.978	0.177	0.002
220	104	13.978	0.155	0.002
225	102	11.978	0.133	0.002
230	100	9.978	0.111	0.002
235	98	7.978	0.089	0.002
240	96	5.978	0.066	0.002
245	95	4.978	0.055	0.001
250	95	4.978	0.055	0.000
255	93	2.978	0.033	0.002
260	92	1.978	0.022	0.001
265	91	0.978	0.011	0.001
270	91	0.978	0.011	0.000
275	90	-0.022	0.000	0.001
280	90	-0.022	0.000	0.000
285	90	-0.022	0.000	0.000

หมายเหตุ ความชื้น = น้ำหนัก ผิวเลมอนสีเหลือง ณ เวลาใด ๆ - น้ำหนักของ ผิวเลมอนสีเหลืองที่แห้งสนิท

น้ำหนักของผิวเลมอนสีเหลืองที่แห้งสนิท

$\omega$  = ความชื้นของผิวเลมอนสีเหลือง ณ เวลาใด ๆ  $\omega_0$  = ความชื้นของผิวเลมอนสีเหลือง เริ่มต้น

จากผลการทดลองในตาราง 3.12 ความชื้นของเลมอนเปลือกสีเหลืองเริ่มต้น เท่ากับ ร้อยละ 74.58 (คิดเทียบน้ำหนักเปียก) ดังนั้นน้ำหนักเปลือกเลมอนเริ่มต้น 354 กรัม จะมี ปริมาณน้ำ 264 กรัม ซึ่งมีเนื้อเปลือกเลมอนจริงๆเท่ากับ  $354 - 264 = 90.0$  กรัม (ของแห้ง) และ จากตาราง 3.12 จะเห็นว่าเปลือกเลมอน ในช่วง 30 นาทีแรกมีการระเหยน้ำค่อนข้างมาก พิจารณาจากน้ำหนักเป็นกรัมที่ลดลงอย่างมาก การระเหยจะมีอย่างต่อเนื่อง และเมื่อถึงเวลาที่ 90 นาทีในระหว่างการทำแห้งน้ำหนักจะลดลงค่อนข้างช้าและเมื่อเวลาทำแห้งผ่านไป 190 นาที น้ำหนักจะเริ่มคงที่

ตาราง 3.13 น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลา ต่าง ๆ ของผิวเลมอนสีเขียว ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที

เวลาในการทำแห้ง (นาที)	น้ำหนักสุทธิ (กรัม)	ความชื้น $\omega$ (กรัม น้ำ ต่อกรัมของแห้ง)	$\omega \times 100$ $\omega_0$	อัตราการทำแห้ง $d\omega/d\theta$ (กรัม น้ำ/นาที-กรัมของแห้ง)
0	489	364.647	2.932	
5	482	357.647	2.876	0.006
10	472	347.647	2.796	0.008
15	460	335.647	2.699	0.010
30	448	323.647	2.603	0.010
35	438	313.647	2.522	0.008
40	426	301.647	2.426	0.010
45	418	293.647	2.361	0.006
50	408	283.647	2.281	0.008
55	396	271.647	2.184	0.010
60	388	263.647	2.120	0.006
65	378	253.647	2.040	0.008
70	368	243.647	1.959	0.008
75	362	237.647	1.911	0.005
80	352	227.647	1.831	0.008
85	343	218.647	1.758	0.007
90	335	210.647	1.694	0.006
95	326	201.647	1.622	0.007
100	319	194.647	1.565	0.006
105	311	186.647	1.501	0.006
110	303	178.647	1.437	0.006
115	296	171.647	1.380	0.006
120	289	164.647	1.324	0.006
125	283	158.647	1.276	0.005
130	275	150.647	1.211	0.006
135	270	145.647	1.171	0.004
140	264	139.647	1.123	0.005
145	256	131.647	1.059	0.006
150	252	127.647	1.026	0.003
155	246	121.647	0.978	0.005
160	241	116.647	0.938	0.004
165	236	111.647	0.898	0.004
170	229	104.647	0.842	0.006
175	223	98.647	0.793	0.005
180	219	94.647	0.761	0.003
185	215	90.647	0.729	0.003
190	209	84.647	0.681	0.005
195	206	81.647	0.657	0.002
200	201	76.647	0.616	0.004
205	197	72.647	0.584	0.003
210	193	68.647	0.552	0.003



ตาราง 3.13 น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำแห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำแห้งที่เวลาต่าง ๆ ของผิวเลมอนสีเขียว ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที (ต่อ)

เวลาในการทำแห้ง (นาที)	น้ำหนักสด (กรัม)	ความชื้น $\omega$ (กรัมน้ำต่อกรัมของแข็ง)	$\omega \times 100$ $\omega_0$	อัตราการทำแห้ง $d\omega/dt$ (กรัมน้ำ/นาที-กรัมของแข็ง)
215	189	64.647	0.520	0.003
220	185	60.647	0.488	0.003
225	181	56.647	0.456	0.003
230	177	52.647	0.423	0.003
235	174	49.647	0.399	0.002
240	170	45.647	0.367	0.003
245	167	42.647	0.343	0.002
250	164	39.647	0.319	0.002
255	162	37.647	0.303	0.002
260	158	33.647	0.271	0.003
265	156	31.647	0.254	0.002
270	153	28.647	0.230	0.002
275	150	25.647	0.206	0.002
280	149	24.647	0.198	0.001
285	146	21.647	0.174	0.002
290	145	20.647	0.166	0.001
295	142	17.647	0.142	0.002
300	140	15.647	0.126	0.002
305	139	14.647	0.118	0.001
310	138	13.647	0.110	0.001
315	136	11.647	0.094	0.002
320	133	8.647	0.070	0.002
325	132	7.647	0.061	0.001
330	130	5.647	0.045	0.002
335	129	4.647	0.037	0.001
340	128	3.647	0.029	0.001
345	127	2.647	0.021	0.001
350	127	2.647	0.021	0.000
355	126	1.647	0.013	0.001
360	125	0.647	0.005	0.001
365	124	-0.353	-0.003	0.001
370	124	-0.353	-0.003	0.000
375	123	-1.353	-0.011	0.001
380	123	-1.353	-0.011	0.000
385	122	-2.353	-0.019	0.001
390	122	-2.353	-0.019	0.000
395	121	-3.353	-0.027	0.001
400	120	-4.353	-0.035	0.001
405	120	-4.353	-0.035	0.000
410	120	-4.353	-0.035	0.000

หมายเหตุ ความชื้น = น้ำหนัก ผิวเลมอนสีเขียว ณ เวลาใด ๆ - น้ำหนักของ ผิวเลมอนสีเขียวที่แห้งสนิท

น้ำหนักของผิวเลมอนสีเขียวที่แห้งสนิท

$\omega t$  = ความชื้นของผิวเลมอนสีเขียว ณ เวลาใด ๆ     $\omega_0$  = ความชื้นของผิวเลมอนสีเขียว เริ่มต้น

จากผลการทดลองในตาราง 3.13 ความชื้นของเลมอนเปลือกสีเขียวเริ่มต้น เท่ากับ ร้อยละ 75.46 (คิดเทียบน้ำหนักเปียก) ดังนั้นน้ำหนักเปลือกเลมอนเริ่มต้น 489 กรัม จะมีปริมาณน้ำ 369 กรัม ซึ่งมีเนื้อเปลือกเลมอนจริงๆเท่ากับ 489-369 = 120.0 กรัม (ของแห้ง) และจากตาราง 3.13 จะเห็นว่าเปลือกเลมอน ในช่วง 30 นาทีแรกมีการระเหยน้ำค่อนข้างมาก พิจารณาจากน้ำหนักเป็นกรัมที่ลดลงอย่างมาก การระเหยจะมีอย่างต่อเนื่อง และเมื่อถึงเวลาที่ 135 นาทีในระหว่างการทำแห้งน้ำหนักจะลดลงค่อนข้างช้าและเมื่อเวลาทำแห้งผ่านไป 220 นาที น้ำหนักจะเริ่มคงที่



ตาราง 3.14 น้ำหนัก ความชื้น และ อัตราการทำให้แห้งที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการทำให้แห้งที่เวลาต่าง ๆ ของสตรอบเบอร์รี่ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที

เวลาในการทำให้แห้ง (นาทีก)	น้ำหนักสุทธิ (กรัม)	ความชื้น $\omega$ (กรัมน้ำ ต่อกรัมของแข็ง)	$\omega \times 100$ $\omega_0$	อัตราการทำให้แห้ง $d\omega/dt$ (กรัมน้ำ/นาทีก-กรัมของแข็ง)
0	148	125.119	5.468	
5	141	118.119	5.162	0.031
10	135	112.119	4.900	0.026
15	132	109.119	4.769	0.013
20	131	108.119	4.725	0.004
25	128	105.119	4.594	0.013
30	126	103.119	4.507	0.009
35	124	101.119	4.419	0.009
40	122	99.119	4.332	0.009
45	120	97.119	4.245	0.009
50	117	94.119	4.113	0.013
55	116	93.119	4.070	0.004
60	112	89.119	3.895	0.017
65	110	87.119	3.808	0.009
70	109	86.119	3.764	0.004
80	104	81.119	3.545	0.022
85	100	77.119	3.370	0.017
100	93	70.119	3.065	0.031
110	89	66.119	2.890	0.017
120	84	61.119	2.671	0.022
125	81	58.119	2.540	0.013
135	77	54.119	2.365	0.017
140	75	52.119	2.278	0.009
150	73	50.119	2.190	0.009
160	69	46.119	2.016	0.017
170	62	39.119	1.710	0.031
180	57	34.119	1.491	0.022
190	54	31.119	1.360	0.013
200	51	28.119	1.229	0.013
215	46	23.119	1.010	0.022
220	44	21.119	0.923	0.009
230	42	19.119	0.836	0.009
240	38	15.119	0.661	0.017
255	36	13.119	0.573	0.009
270	33	10.119	0.442	0.013
280	31	8.119	0.355	0.009
305	28	5.119	0.224	0.013
320	27	4.119	0.180	0.004
330	25	2.119	0.093	0.009
340	24	1.119	0.049	0.004
350	23	0.119	0.005	0.004
360	23	0.119	0.005	0.000
370	23	0.119	0.005	0.000

หมายเหตุ ความชื้น = น้ำหนัก สตรอบเบอร์รี่ ณ เวลาใด ๆ - น้ำหนักของ สตรอบเบอร์รี่ที่แห้งสนิท  
น้ำหนักรวมของสตรอบเบอร์รี่ที่แห้งสนิท

$\omega_t$  = ความชื้นของสตรอบเบอร์รี่ ณ เวลาใด ๆ  $\omega_0$  = ความชื้นของสตรอบเบอร์รี่ เริ่มต้น

จากผลการทดลองในตาราง 3.14 ความชื้นของสตรอบเบอร์รี่เริ่มต้นเท่ากับ ร้อยละ 84.46 (คิดเทียบน้ำหนักเปียก) ดังนั้นน้ำหนักสตรอบเบอร์รี่เริ่มต้น 148 กรัม จะมีปริมาณน้ำ 125 กรัม ซึ่งมีเนื้อสตรอบเบอร์รี่จริงๆเท่ากับ  $148 - 125 = 23.0$  กรัม (ของแห้ง) และจากตาราง 3.14 จะเห็นว่า สตรอบเบอร์รี่ ในช่วง 10-20 นาทีแรกมีการระเหยน้ำค่อนข้างมากพิจารณาจากน้ำหนักเป็นกรัมที่

ลดลงอย่างมาก การระเหยจะมีอย่างต่อเนื่อง และเมื่อถึงเวลาที่ 200 นาทีในระหว่างการทำแห้ง น้ำหนักจะลดลงค่อนข้างช้าและเมื่อเวลาทำแห้งผ่านไป 305 นาที น้ำหนักจะเริ่มคงที่

### 5. ศึกษาสูตรที่เหมาะสมของชาชงเขียวกู่หลานผสม

ในการทดลองนี้ได้เตรียมวัตถุดิบชาหอม และมินต์อีก 4 ชนิด โดยการนำวัตถุดิบมาล้าง และตัดแต่ง ชาหอมจะใช้เฉพาะใบมาทำแห้ง ส่วนมินต์จะใช้ทุกส่วนคือทั้งก้านและใบมาทำแห้ง โดยการทำแห้งในตู้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 45 มิลลิบาร์ ซึ่งมินต์จะใช้เวลาทำแห้ง 25 ชั่วโมง ส่วนชาหอมจะใช้เวลาทำแห้ง 26 ชั่วโมง และจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design แล้วทำการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

#### 5.1. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตาราง 3.15 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ย Ideal Ratio Profile ของชาชงพีชสมุนไพรมินต์เขียวกู่หลานผสมจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design

ลักษณะที่สำคัญ	สูตรที่					
	1	2	3	4	5	6
สีชา	0.80±0.24	0.92±0.2	0.86±0.30	0.99±0.16	0.96±0.21	0.88±0.17
กลิ่นชา	0.79±0.16	0.86±0.18	0.87±0.26	0.97±0.18	0.79±0.16	0.79±0.18
กลิ่นมินต์	1.16±0.29	1.02±0.35	1.15±0.45	1.21±0.56	0.97±0.33	1.03±0.28
รสมินต์	1.09±0.26	1.10±0.34	1.09±0.27	1.34±0.46	0.95±0.26	0.97±0.24
รสขม	1.26±0.61	1.23±0.69	1.21±0.61	1.18±0.66	1.08±0.80	0.87±0.17

± หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( Standard Deviation; S.D. )

ตาราง 3.15 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ย Ideal Ratio Profile ของชาชงพีชสมุนไพรมินต์เขียวกู่หลานผสมจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design (ต่อ)

ลักษณะที่สำคัญ	สูตรที่					
	7	8	9	10	11	12
สีชา	1.03±0.16	0.87±0.21	0.84±0.33	0.96±0.34	1.09±0.25	0.82±0.27
กลิ่นชา	0.77±0.26	0.88±0.21	0.78±0.17	0.74±0.26	0.80±0.24	0.79±0.33
กลิ่นมินต์	0.96±0.31	1.10±0.26	1.07±0.35	0.91±0.39	0.99±0.29	0.86±0.37
รสมินต์	1.09±0.29	1.00±0.25	0.93±0.52	1.06±0.52	1.11±0.42	1.06±0.30
รสขม	0.99±0.45	1.09±0.58	1.00±0.43	1.13±0.50	1.20±0.56	1.09±0.50

± หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( Standard Deviation; S.D. )

จากตาราง 3.15 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ย Ideal ratio scores ของชาซงสมุนไพรวัวกล้วย  
 หลานผสมจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design จากนั้นนำค่าคะแนนไปวิเคราะห์  
 ด้วยโปรแกรม MUTAB88 และโปรแกรม LP88 ต่อไป

## 5.2. ผลการทดสอบทางกายภาพ

ตาราง 3.16 แสดงค่าเฉลี่ยการวัดค่าทางกายภาพของชาซงสมุนไพรวัวกล้วยหลานผสม  
 จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design

ค่า ทางกายภาพ	สูตรที่					
	1	2	3	4	5	6
<sup>o</sup> Brix	0.20±0.00	0.40±0.00	0.40±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00
L	85.32±0.41	84.49±0.21	84.97±0.49	84.32±0.48	84.18±0.59	83.74±0.60
a*	-2.68±0.42	-3.07±0.20	-2.72±0.42	-3.29±0.34	-3.62±0.26	-3.33±0.33
b*	10.42±1.93	12.84±1.18	10.88±2.02	13.63±2.05	14.01±1.46	14.31±2.14

± หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( Standard Deviation; S.D. )

ตาราง 3.16 แสดงค่าเฉลี่ยการวัดค่าทางกายภาพของชาซงสมุนไพรวัวกล้วยหลานผสม  
 จากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design (ต่อ)

ค่า ทางกายภาพ	สูตรที่					
	7	8	9	10	11	12
<sup>o</sup> Brix	0.40±0.00	0.40±0.00	0.40±0.00	0.20±0.00	0.40±0.00	0.40±0.00
L	84.46±0.62	84.65±0.39	82.58±0.64	87.20±0.82	87.56±0.21	87.99±0.28
a*	-3.32±0.41	-2.76±0.29	-3.96±0.21	-3.29±0.38	-3.23±0.09	-3.03±0.33
b*	13.00±2.2	13.36±1.6	18.78±1.66	12.31±2.38	12.46±0.69	11.19±1.45

± หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( Standard Deviation; S.D. )

จากตาราง 3.16 แสดงค่าเฉลี่ยการวัดค่าทางกายภาพของชาซงสมุนไพรวัวกล้วยหลาน  
 ผสมจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design จากนั้นนำค่าคะแนนไปวิเคราะห์ด้วย  
 โปรแกรม MUTAB88 และโปรแกรม LP88 ต่อไป

### 5.3 ผลการทดสอบทางเคมี

ตาราง 3.17 แสดงค่าเฉลี่ยการทดสอบทางเคมีของชาชงสมุนไพรเขียวกู่หลานผสมจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design

ค่าทางเคมี	สูตรที่					
	1	2	3	4	5	6
pH	7.48±0.02	7.44±0.03	7.53±0.02	7.45±0.03	7.56±0.02	7.55±0.02

± หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( Standard Deviation; S.D. )

ตาราง 3.17 แสดงค่าเฉลี่ยการทดสอบทางเคมีของชาชงสมุนไพรเขียวกู่หลานผสมจากการวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design (ต่อ)

ค่าทางเคมี	สูตรที่					
	7	8	9	10	11	12
pH	7.49±0.01	7.46±0.01	7.49±0.01	7.54±0.01	7.46±0.02	7.45±0.01

± หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( Standard Deviation; S.D. )

เมื่อได้ค่าที่ได้จากการชิม และการวัดค่าทั้งทางเคมีและกายภาพแล้วนำมาเข้าโปรแกรม MUTAB เพื่อทำการ Regression สมการแล้วนำสมการที่ได้เข้าโปรแกรม LP88 เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้คือ

#### การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม MUTAB 88 โดยกำหนดตัวแปรดังนี้คือ  
 USA = มินต์ USA , PEP = มินต์เปปเปอร์, JAP = มินต์เจแปนนิส ROM = มินต์โรมัน  
 ZURU = ชาเขียวกู่หลาน และ TEA = ชาหอม จะทำการวิเคราะห์โดยใช้ MULTIPLE REGRESSION ซึ่งจะได้สมการออกมาดังนี้ จะยกตัวอย่างในเรื่องของกลิ่นชา

#### กลิ่นชา

$$\text{กลิ่นชา} = 7.848(\text{USA}) + 7.279(\text{PEP}) - 70.079(\text{USA} \cdot \text{PEP})$$

$$\text{กลิ่นชา} = 6.659(\text{USA}) + 12.784(\text{JAP}) - 105.330(\text{USA} \cdot \text{JAP})$$

$$\text{กลิ่นชา} = 6.392(\text{USA}) + 12.483(\text{ROM}) - 98.726(\text{USA} \cdot \text{ROM})$$

$$\text{กลิ่นชา} = 11.400(\text{USA}) + 1.840(\text{ZURU}) - 24.400(\text{USA} \cdot \text{ZURU})$$

$$\text{กลิ่นชา} = 5.789(\text{USA}) + 7.123(\text{TEA}) - 50.885(\text{USA} \cdot \text{TEA})$$

$$\text{กลิ่นชา} = 6.440(\text{PEP}) + 13.043(\text{JAP}) - 105.05(\text{PEP} \cdot \text{JAP})$$

จากนั้นทำ Partial derivative และใช้เทคนิค Lag range จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$70.079 \text{ (USA)} - \lambda = 7.279$$

$$105.330 \text{ (JAP)} - \lambda = 6.659$$

$$98.726 \text{ (ROM)} - \lambda = 6.392$$

$$24.400 \text{ (ZURU)} - \lambda = 11.400$$

$$50.885 \text{ (TEA)} - \lambda = 5.789$$

$$105.05 \text{ (PEP)} - \lambda = 13.043$$

เมื่อได้สมการจากการทำ Partial derivative และใช้เทคนิค Lag range จึงนำสมการที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อโดยโปรแกรม LP88 เพื่อหาสูตรของชาชงผสม จะได้สูตรชาชงผสมตามสมการจากลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

ตาราง 3.18 แสดงสูตรชาชงสมุนไพรเจียวกู่หลานผสมตามสมการจากลักษณะสำคัญที่วิเคราะห์จากโปรแกรม LP88

ลักษณะที่สำคัญ	ร้อยละ					
	มินต์USA	เปปเปอร์	เจแปนนิส	โรมัน	เจียวกู่หลาน	ชาหอม
กลิ่นชา	11.952	12.913	6.826	7.000	48.886	12.414
รสขม	10.074	12.070	7.232	6.811	52.230	11.538
กลิ่นมินต์	9.984	12.672	6.757	7.486	50.649	12.453
ค่า L	12.388	12.280	7.523	7.330	48.403	12.072
PH	11.958	12.309	7.310	7.281	49.248	11.895
เฉลี่ย	11.271	12.449	7.130	7.182	49.880	12.000
สรุป	11	13	7	7	50	12

จากตาราง 3.18 แสดงสูตรชาชงผสมตามสมการจากลักษณะสำคัญที่วิเคราะห์จากโปรแกรม LP88 ทำการเลือกเฉพาะสูตรที่ ร้อยละของมินต์USA มินต์เปปเปอร์ มินต์เจแปนนิส มินต์โรมัน ชาเจียวกู่หลาน และชาหอม สามารถรวมกันเท่ากับ 100 และร้อยละของของมินต์ USA มินต์เปปเปอร์ มินต์เจแปนนิส มินต์โรมัน ชาเจียวกู่หลาน และชาหอม ยังอยู่ในช่วงที่กำหนดในการวางแผนแบบ Mixture design นำสูตรที่ได้มารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยจึงสรุปได้ว่าสูตรชาชงสมุนไพรเจียวกู่หลานผสมที่จะใช้ต่อไปคือดังนี้

มินต์ USA	ร้อยละ 11	มินต์ เปปเปอร์	ร้อยละ 13
มินต์ เจแปนนิส	ร้อยละ 7	มินต์ โรมัน	ร้อยละ 7
ชาเจียวกู่หลาน	ร้อยละ 50	ชาหอม	ร้อยละ 12

## 6. ศึกษาการใช้ผลไม้แห้งผสมในชาชงเขียวกู่หลานผสม

ในการทดลองนี้จะเตรียมเปลือกเลมอนสีเหลือง และสีเขียว รวมทั้งสตอเบอร์รี่ด้วยการทำแห้งในตู้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความดัน 45 มิลลิบาร์ ซึ่งเปลือกเลมอนทั้งสีเหลือง และสีเขียวจะใช้เวลาทำแห้ง 36 ชั่วโมง ส่วนสตอเบอร์รี่จะใช้เวลาทำแห้ง 48 ชั่วโมง จากการวางแผนการทดลองแบบ Factorial experiment in CRD แล้วทำการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

### 6.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตาราง 3.19 ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในแต่ละสิ่งทดลองในการทดลองแบบ Factorial experiment in CRD ที่มีปัจจัยที่ศึกษาคือผิวเลมอนสีเหลืองแห้ง ผิวเลมอนสีเขียวแห้ง และสตอเบอร์รี่แห้ง

สิ่งทดลอง	สีชา	กลิ่นชา	กลิ่นมินต์
1	0.97± 0.19	0.82± 0.19	1.11± 0.29
2	0.94± 0.16	0.88± 0.26	1.02± 0.06
3	0.81± 0.12	0.85± 0.18	1.11± 0.30
4	1.11± 0.50	0.77± 0.29	0.91± 0.40
5	0.85± 0.14	0.83± 0.28	1.01± 0.27
6	0.96± 0.38	0.74± 0.35	0.93± 0.36
7	1.09± 0.20	0.76± 0.35	0.95± 0.32
8	1.06± 0.10	0.74± 0.23	0.88± 0.19
9	0.98± 0.28	0.73± 0.29	0.89± 0.16
10	0.98± 0.29	0.77± 0.31	0.91± 0.16
11	0.83± 0.33	0.80± 0.21	0.86± 0.35

± หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( Standard Deviation; S.D. )

ตาราง 3.19 ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในแต่ละสิ่งทดลองในการทดลองแบบ Factorial experiment in CRD ที่มีปัจจัยที่ศึกษาคือผิวเลมอนสีเหลืองแห้ง ผิวเลมอนสีเขียวแห้ง และสตรอเบอร์รี่แห้ง (ต่อ)

สิ่งทดลอง	รสมินต์	รสชม	กลิ่นLamon	กลิ่นรสสตรอเบอร์รี่
1	1.07± 0.27	0.98± 0.27	0.71± 0.20	0.38± 0.27
2	0.92± 0.15	1.08± 0.23	0.66± 0.20	0.29± 0.20
3	1.00± 0.23	1.12± 0.21	0.62± 0.27	0.29± 0.20
4	0.94± 0.17	0.88± 0.29	0.61± 0.17	0.43± 0.15
5	0.95± 0.13	0.95± 0.31	0.54± 0.29	0.31± 0.21
6	0.88± 0.30	1.08± 0.34	0.49± 0.23	0.27± 0.15
7	0.96± 0.18	1.29± 0.31	0.60± 0.34	0.37± 0.32
8	0.96± 0.10	1.22± 0.33	0.58± 0.25	0.36± 0.33
9	0.90± 0.11	1.14± 0.36	0.67± 0.28	0.30± 0.18
10	0.95± 0.20	1.02± 0.28	0.60± 0.28	0.34± 0.25
11	0.95± 0.29	1.08± 0.23	0.84± 0.30	0.30± 0.10

± หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( Standard Deviation; S.D. )

เมื่อทำการทดสอบชิมแล้วก็นำผลมาเข้าวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SX 4.1 วิเคราะห์แบบ Linear Regression ได้ผลดังนี้

$$\text{สี} = 0.96132 + 0.08245 \text{ สตรอเบอร์รี่} \quad R^2 = 0.70$$

$$\begin{aligned} \text{กลิ่นรสสตรอเบอร์รี่} &= 0.3316 + 0.3452 (\text{เลมอนเขียว}) (\text{เลมอนเหลือง}) \\ &\quad - 0.02976 (\text{เลมอนเหลือง}) \quad R^2 = 0.67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กลิ่นมินต์} &= 0.8867 + 0.10283 (\text{เลมอนเขียว})^2 - 0.07328 (\text{สตรอเบอร์รี่}) \\ &\quad - 0.02894 (\text{เลมอนเหลือง}) \quad R^2 = 0.92 \end{aligned}$$

เมื่อได้สมการมาแล้วก็ทำการ Decoding สมการโดยใช้โปรแกรม MATHCAD ได้ผลดังนี้

สี :

$$f(b) = 0.96132 + 0.08245 \left[ \frac{b - (0.3+0)/2}{(0.3-0)/2} \right]$$

$$0.8787 + 0.5497 b$$

$$f(0) = 0.879 \quad ; \quad f(0.3) = 1.044$$

b คือ ระดับของสตรอเบอร์รี่



กลิ่นรสสตรอเบอร์รี่ :

$$f(Y,G) = 0.3316 + 0.3452 \left[ \frac{Y - (0.3+0.1)/2}{(0.3-0.1)/2} \right] \left[ \frac{G - (0.3+0.1)/2}{(0.3-0.2)/2} \right]$$

$$- 0.02976 \left[ \frac{Y - (0.3+0.1)/2}{(0.3-0.1)/2} \right]$$

$$1.77192 + 34.52 Y.G - 7.2016 Y - 6.904 G$$

$$f(0.1,0.1) = 0.707$$

$$f(0.1,0.3) = 0.016$$

$$f(0.3,0.1) = -0.043$$

$$f(0.3,0.3) = 0.647$$

Y คือ ระดับผิวเลมอนเหลือง

G คือ ระดับผิวเลมอนเขียว

กลิ่นมินต์ :

$$f(G,S,Y) = 0.8867 + 0.10283 \left[ \frac{G - (0.3+0.1)}{(0.3-0.1)/2} \right]^2 - 0.07328 \left[ \frac{S - (0.3+0)}{(0.3-0)/2} \right]$$

$$- 0.02894 \left[ \frac{Y - (0.3+0.1)/2}{(0.3-0.1)/2} \right]$$

$$1.4291 + 10.283 G^2 - 4.1132 G - 0.4885 S - 0.2894 Y$$

$$f(0.1, 0, 0.1) = 1.092$$

$$f(0.1, 0, 0.3) = 1.034$$

$$f(0.1, 0.3, 0.1) = 0.945$$

$$f(0.1, 0.3, 0.3) = 0.887$$

$$f(0.3, 0, 0.1) = 1.092$$

$$f(0.3, 0, 0.3) = 1.034$$

$$f(0.3, 0.3, 0.1) = 0.945$$

$$f(0.3, 0.3, 0.3) = 0.887$$

Y คือ ระดับผิวเลมอนเหลือง

G คือ ระดับผิวเลมอนเขียว

S คือ ระดับสตรอเบอร์รี่

ดูจากค่าที่ได้แล้ว พบว่าการใช้สตรอเบอร์รี่ในระดับสูง จะทำให้ชาที่มีสีที่ดีขึ้น ดูจากค่าของกลิ่นรสสตรอเบอร์รี่ พบว่าการใช้เลมอนเหลือง และ เลมอนเขียวในระดับต่ำ จะทำให้กลิ่นรสของสตรอเบอร์รี่ มีค่าเข้าใกล้ Ideal มากที่สุดอาจเนื่องมาจากกลิ่นรสเลมอนอาจจะกลบกลิ่น



สตรอเบอร์รี่ได้ แต่กลิ่นเลมอนไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละสูตรอาจเนื่องมาจากใส่ในปริมาณน้อยเกินไปหรืออาจมาจากกลิ่นมินต์กลบกลิ่นเลมอนก็เป็นได้ ส่วนรสขมไม่แตกต่างก็เนื่องมาจากรสขมโดยส่วนใหญ่แล้วมาจากซาเจียวกู่หลานและในสูตรก็มีปริมาณเท่า ๆ กันดังนั้นจึงไม่แตกต่าง และเมื่อดูจากค่าของกลิ่นมินต์แล้วการใส่สตรอเบอร์รี่ในระดับสูง เลมอนทั้งเขียวและเหลืองในระดับต่ำทำให้ค่าของกลิ่นมินต์เข้าใกล้ ค่า Ideal มากที่สุด



## บทที่ 4

### สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองศึกษาพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์ชาขงเจียวกู่หลาน โดยในขั้นตอนแรกทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เจียวกู่หลานในการผลิตชาขงพีชสมุนไพรร ซึ่งพบว่าเจียวกู่หลานที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตชาขงมีความชื้นประมาณร้อยละ  $83.76 \pm 0.11$  เมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแฉ่ำทั้งหมดพบว่ามีค่าร้อยละ  $2.95 \pm 0.05$  ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ  $2.63 \pm 0.07$  และเป็นค่าที่ละลายน้ำได้ร้อยละ  $0.32 \pm 0.01$  ซึ่งมีค่าความเป็นด่างของแฉ่ำที่ละลายน้ำได้ร้อยละ  $0.133 \pm 0.005$  นอกจากนี้ชาเจียวกู่หลานยังมีปริมาณแฉ่ำที่ไม่ละลายในกรดคิดเป็นร้อยละ  $1.23 \pm 0.02$  อย่างไรก็ตามชาเจียวกู่หลานที่ทำการสกัดด้วยน้ำร้อนพบว่ามีสารที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อนคิดเป็นร้อยละ  $28.99 \pm 0.90$  และมีกากที่เหลืออยู่ร้อยละ  $51.89 \pm 0.37$  และชาเจียวกู่หลานนี้ปรากฏว่ามีปริมาณคาเฟอีนที่ค่อนข้างต่ำมากคือมีปริมาณร้อยละ  $0.006 \pm 0.001$  และมีปริมาณแทนนินร้อยละ  $1.70 \pm 0.06$

เมื่อทำการศึกษาการระเหยของน้ำออกจากใบและก้านเจียวกู่หลานในขณะที่ให้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที พบว่าในเบื้องต้นเจียวกู่หลานมีความชื้นร้อยละ 83.76 เมื่อทำแห้งลมร้อนจะพัดผ่านเอาน้ำออกจากระบบเจียวกู่หลานที่รวดเร็วในช่วง 20 นาทีแรก และจะลดลงต่อมาเรื่อยๆจนกระทั่งนาทีที่ 35 ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเจียวกู่หลานจะลดลงค่อนข้างช้า โดยที่อัตราเร็วคงที่ในการทำแห้งชาเจียวกู่หลานสามารถแบ่งได้ 3 ระยะคือระยะแรก (20 นาทีแรก) มีค่าเท่ากับ 11.545 กรัมต่อกรัมของแห้ง-ชั่วโมง ช่วงที่สอง (20-35 นาที) มีค่าเท่ากับ 6.157 กรัมต่อกรัมของแห้ง-ชั่วโมง และช่วงที่สาม (35-60 นาที) มีค่าเท่ากับ 2.309 กรัมต่อกรัมของแห้ง-ชั่วโมง ซึ่งมีค่า Critical moisture  $\omega_{c1}$  และ  $\omega_{c2}$  เท่ากับ 2.464 และ 0.3298 กรัมต่อกรัมของแห้งตามลำดับ และมีค่า  $\omega_{r1}$  เท่ากับ 0.204 กรัมต่อกรัมของแห้ง และ  $\omega_{r2}$  เท่ากับ 0.218 กรัมต่อกรัมของแห้ง

จากการศึกษากระบวนการผลิตชาเจียวกู่หลาน โดยที่ศึกษากระบวนการเบื้องต้นก่อนการทำแห้งด้วยรูปแบบต่างๆ พบว่า การผลิตชาเจียวกู่หลานโดยการทำการลวกด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ร่วมกับเกลือแกงความเข้มข้นร้อยละ 1.2 นาน 1 นาที ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ก่อนการทำแห้งด้วยตู้อบสุญญากาศ ที่มีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 45 mBar นาน 7.15 ชั่วโมง จะได้ผลิตภัณฑ์ชาขงเจียวกู่หลานที่ดีมีคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และทางด้านประสาทสัมผัสที่ดี กล่าวคือ มีค่า

ความชื้นร้อยละ  $16.99 \pm 0.11$  ค่าปริมาณน้ำอิสระ  $0.559 \pm 0.020$  มีสีที่ปรากฏเมื่อเวลาชงน้ำร้อน เป็นสีเหลืองใส คือมีค่าความสว่าง (L) เป็น  $79.627 \pm 1.940$  ค่าสีแดง-เขียว ( $a^*$ ) เป็น  $-2.717 \pm 0.150$  และมีค่าสีเหลือง-น้ำเงิน ( $b^*$ ) เป็น  $6.230 \pm 0.710$  นอกจากนี้ชาเขียวกู่หลาน ยังมีคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านความแรงของกลิ่นชา รสชาติ สีที่ปรากฏของน้ำชา และการยอมรับโดยรวม ที่ดี คิดเป็นคะแนนในลักษณะดังกล่าวดังนี้  $6.40 \pm 1.19$  ,  $5.55 \pm 1.47$  ,  $6.65 \pm 1.39$  และ  $6.10 \pm 1.65$  ตามลำดับ

ถ้าหากพิจารณาในกระบวนการทำแห้งในแต่ละกระบวนการผลิตพบว่า ถ้าหากต้องการทำแห้งชาเขียวกู่หลานด้วยการใช้ตู้อบสุญญากาศแล้ว ควรทำกระบวนการเบื้องต้นด้วยการลวกชาเขียวกู่หลานในสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ร่วมกับเกลือแกงร้อยละ 1.2 นาน 1 นาที ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ก่อนการทำแห้งด้วยการอบแห้งสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 45 mBar นาน 7.15 ชั่วโมง จะทำให้ชาเขียวกู่หลานที่มีคุณภาพที่ดี ส่วนถ้าต้องการทำแห้งด้วยการใช้ตู้อบไฟฟ้า ควรจะผ่านกระบวนการเบื้องต้นก่อนการทำแห้ง โดยผ่านการนวดใบและก้านชาเขียวกู่หลานให้ซ้ำ และหมัก นาน 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) และทำแห้งด้วยตู้อบไฟฟ้าที่สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลานาน 10 ชั่วโมง จะทำให้ได้ชาเขียวกู่หลานที่มีคุณภาพที่ดี นอกจากนี้ถ้าหากจะทำแห้งชาเขียวกู่หลานด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์ ไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการใดๆ เบื้องต้นก่อนการทำแห้งแต่อย่างใด เมื่อทำการล้างและตัดแต่ง ชาเขียวกู่หลานแล้วสามารถนำไปทำแห้งด้วยตู้อบพลังแสงอาทิตย์ โดยใช้เวลานาน 70.3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 38-48 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศร้อยละ 49-69 จะทำให้ชาชงเขียวกู่หลานที่มีคุณภาพที่ดี

การเตรียมวัตถุดิบเพื่อผสมในชาชงเขียวกู่หลานพบว่า การประยุกต์ใช้ตู้อบสุญญากาศสามารถผลิตวัตถุดิบดังกล่าวได้ โดยที่มินต์ต่างๆ และชาหอมจะใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ 40 องศาเซลเซียส 45 มิลลิบาร์ นาน 25 และ 26 ชั่วโมงตามลำดับ ส่วนเปลือกเลมอน สีเหลืองและสีเขียว รวมทั้งสตอเบอรี่จะใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ 45 องศาเซลเซียส 45 มิลลิบาร์ นาน 36 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ

ในการทำการทดลองเพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตชาชงเขียวกู่หลาน ผสมโดยทำการวางแผนการทดลองแบบ Mixture design สามารถได้ส่วนผสมที่ดีตั้งนี้เมื่อคิดค่าของสูตรทั้งหมดเป็น ร้อยละ 100 ของน้ำหนัก

มินต์ USA	ร้อยละ 11
มินต์ เปปเปอร์	ร้อยละ 13
มินต์ เจแปนนิส	ร้อยละ 7
มินต์ โรมัน	ร้อยละ 7
ชาเขียวกุหลาบ	ร้อยละ 50
ชาหอม	ร้อยละ 12

ในการทดลองเพื่อศึกษาการเพิ่มกลิ่นรสให้กับชาโดยการผสมกับผลไม้ เพื่อที่จะได้ชาที่มีกลิ่นรสที่ดีขึ้นหรือได้กลิ่นรสที่แปลกใหม่ซึ่งเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคได้สูตรส่วนผสมดังนี้

ผิวเลมอนเขียว ร้อยละ 10 ของสูตรข้างต้น  
 ผิวเลมอนเหลืองร้อยละ 10 ของสูตรข้างต้น  
 สตรอเบอร์รี่ ร้อยละ 30 ของสูตรข้างต้น

การที่ใส่สตรอเบอร์รี่ในระดับที่สูงเพราะจะช่วยให้ในด้านของสีสตรอเบอร์รี่จะทำให้ชาที่ชงได้มีสีเข้มขึ้น ส่วนผิวเลมอนเขียวและผิวเลมอนเหลืองใส่ในปริมาณที่น้อย เพราะในด้านของกลิ่นจะไม่มีผลเนื่องจากถูกกลิ่นมินต์กลบกลิ่นเลมอน แต่ถ้าใส่ในปริมาณที่น้อยก็จะช่วยให้กลิ่นรสของสตรอเบอร์รี่ดีขึ้น

ใบชา  
 สูตรที่ 1  
 สูตรที่ 2  
 สูตรที่ 3  
 สูตรที่ 4  
 สูตรที่ 5  
 สูตรที่ 6  
 สูตรที่ 7  
 สูตรที่ 8  
 สูตรที่ 9  
 สูตรที่ 10  
 สูตรที่ 11  
 สูตรที่ 12  
 สูตรที่ 13  
 สูตรที่ 14  
 สูตรที่ 15  
 สูตรที่ 16  
 สูตรที่ 17  
 สูตรที่ 18  
 สูตรที่ 19  
 สูตรที่ 20  
 สูตรที่ 21  
 สูตรที่ 22  
 สูตรที่ 23  
 สูตรที่ 24  
 สูตรที่ 25  
 สูตรที่ 26  
 สูตรที่ 27  
 สูตรที่ 28  
 สูตรที่ 29  
 สูตรที่ 30  
 สูตรที่ 31  
 สูตรที่ 32  
 สูตรที่ 33  
 สูตรที่ 34  
 สูตรที่ 35  
 สูตรที่ 36  
 สูตรที่ 37  
 สูตรที่ 38  
 สูตรที่ 39  
 สูตรที่ 40  
 สูตรที่ 41  
 สูตรที่ 42  
 สูตรที่ 43  
 สูตรที่ 44  
 สูตรที่ 45  
 สูตรที่ 46  
 สูตรที่ 47  
 สูตรที่ 48  
 สูตรที่ 49  
 สูตรที่ 50

## เอกสารอ้างอิง:

- ไพโรจน์ วิริยจรี. 2535. วิธีทางอุตสาหกรรมเครื่องดื่มน้ำ. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ไพโรจน์ วิริยจรี. 2535. เครื่องดื่มน้ำ. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ไพโรจน์ วิริยจรี. 2535. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ไมตรี สุทธิจิตต์. ไม่ปรากฏปี. เจริญกุหลาบ หรือ ชาปัญญาพันธ์-‘โสมคน’ สมุนไพรที่น่าจับตามอง. คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Fang, Z.P. and Seng, X. Y. 1989. Isolation and identification of flavonoids and organic acids from *Gynostemma pentaphyllum* Makino Chung-Kuo-Chung-Yao-Tsa- Chih., Nov. 14(11): 676-678,703.
- Lin, J.M., Lin, C.C., Shu, H.F., Yang, J.J. and Lee, S.G. 1993. Evaluation of the anti-inflammatory and liver protection effects of *anoectochilus formosanus, ganoderma lucidum* and *gynostemma pentaphyllum* in rats. Am. J. Chin. Med., 21(1):59-69.
- Minolta camera, Co., Ltd. 1991. Chroma Meter CR-300/CR-310/CR-321/CR-331/CR-331C, Instruction Manual, Minolta Osaka 541, Japan.
- Novasina, 1995. Water Activity equipment AWC 200, Operating instructions. Axair Ltd., Switzerland.
- Pearson, D. 1976. The Chemical Analysis of Food. Churchill Livingstone, London and New York.
- Tan, H. Liu, Z.L., Liu, M.J. 1993. Antithrombotic effect of *gynostemma pentaphyllum*. Chung-Kuo-Chung-His-Chien-Ho-Tsa-Chih. May, 13(5):278-281,261.
- Walonick, D.S. 1987. Stat-Packets. Walonick Associates Inc., Minneapolis, MN.