

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายคือ การทำให้ผลิตภัณฑ์ชาฝรั่งของโรงงานขนาดเล็กและเกษตรกรผู้ปลูกชามีคุณภาพดีขึ้น โดยการจัดทำมาตรฐานกระบวนการผลิตโดยใช้วิธีการเชิงสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ความสม่ำเสมอในการผลิตและการออกแบบการทดลองยังช่วยในการหาจุดที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตชาฝรั่ง โดยเริ่มจากการศึกษากระบวนการแปรรูปชาฝรั่งเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของสี กลิ่น และรสชาติของชาฝรั่ง ซึ่งปัจจัยที่ควบคุมในกระบวนการแปรรูปชาฝรั่ง คือ เวลาและอุณหภูมิในกระบวนการผึ่ง และเวลาในการนวด จากนั้นทำการกำหนดระดับของปัจจัย ในการศึกษาริวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้คุณภาพของสี กลิ่น และรสชาติของชาฝรั่ง มีความสำคัญเท่ากัน ฉะนั้นผู้วิจัยจึงทำการรวมปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติทั้งสามเข้าด้วยกัน เพื่อนำปัจจัยเหล่านี้ไปหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่มีผลต่อคุณภาพของสี กลิ่น และรสชาติของชาฝรั่ง ต่อไป โดยอาศัยการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน ในการวิเคราะห์ข้อมูลและหาผลที่ดีที่สุด ซึ่งเป็นการพิจารณาจากความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบ เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลเฉพาะต่อสาร Theaflavin (TF) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นหอมในชา และสาร Thearubigin (TR) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ทำให้เกิดสีแดงในน้ำชาาร่วมกัน ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลเฉพาะต่อค่าสี กลิ่น และรสชาติจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้เชี่ยวชาญร่วมกัน รวมถึงค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อสาร Theaflavin (TF) สาร Thearubigin (TR) ค่าสี กลิ่น และรสชาติจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้เชี่ยวชาญร่วมกัน

#### 5.2 อภิปรายผล

การทดลองนี้ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน และการออกแบบพื้นผิวผลตอบ เพื่อค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของสี กลิ่น และรสชาติของชาฝรั่ง ซึ่งแยกเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบหาปริมาณสารเคมีกับค่าที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้เชี่ยวชาญ ที่ได้จากกระบวนการแปรรูปชาฝรั่ง ซึ่งการออกแบบการทดลองเหล่านี้ประกอบด้วย การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การถดถอยเพื่อสร้างสมการทำนาย และการหา

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย ฉะนั้นการใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลและหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยจึงมีความจำเป็นมาก เพราะจะช่วยให้ประหยัดเวลาในการประมวลผลข้อมูล รวมถึงช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับผลการทดลองได้อีกด้วย ผู้วิจัยจึงเลือกโปรแกรม MINITAB Release 14 เป็นเครื่องมือช่วยในการทดลองในครั้งนี้ เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ทั้งในสถานศึกษาและสถานประกอบการต่างๆ โดยเฉพาะงานทางด้านวิศวกรรมที่จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ และที่สำคัญคือ มีฟังก์ชันต่างๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ สร้างสมการทำนายและหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของชุดการทดลอง อีกทั้งผู้ออกแบบโปรแกรมนี้ ยังได้แนะนำว่าโปรแกรมนี้ถูกเขียนขึ้นโดยใช้พื้นฐานทางสถิติเป็นหลัก และใช้เอกสารอ้างอิงมากกว่า 300 เล่ม ดังนั้นจึงมั่นใจได้ว่าสามารถรองรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถิติได้เกือบทั้งหมด และเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากนัก

จากการศึกษากระบวนการผลิตชาฝรั่งซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ เริ่มจากนำยอดชาสดมาตัดละเอียด ผึ่งประมาณ 18 ชม. ให้เกิดการหมักของสารเคมีในยอดชา จนเหลือความชื้นประมาณ 75% โดยน้ำหนัก แล้วเข้าสู่กระบวนการนวด จากนั้นทำการอบแห้ง ซึ่งกระบวนการหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีที่ส่งผลต่อคุณภาพชาฝรั่งอยู่ 2 กระบวนการคือ การผึ่งและการนวด เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อผลตอบมีจำนวนไม่มากสามารถทำการทดลองตามการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวนได้และเป็นปัจจัยที่นักวิจัยจากสถานีทดลองเกษตรขอนแก่นวิจัยนี้จึงจะไม่ทำการคัดกรองปัจจัย แต่จะทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาสภาวะ การทดลอง และค่าระดับปัจจัยที่จะใช้ในการทดลองจริง เมื่อทำการทดลองเบื้องต้นแล้ว จะได้ปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวนคือ เวลาในกระบวนการผึ่งมีจำนวนระดับเท่ากับ 3 (เวลา 2 ชั่วโมง 10 ชั่วโมง และ 18 ชั่วโมง) ปัจจัยอุณหภูมิในกระบวนการผึ่งมีจำนวนระดับเท่ากับ 2 (อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส และ 20 องศาเซลเซียส) และปัจจัยเวลาในการนวดมีจำนวนระดับเท่ากับ 3 (2 นาที 8 นาที และ 16 นาที) ในการทดลองนี้จะประกอบด้วยการทดลองร่วมปัจจัยจำนวน 18 การทดลองและมีการทดลองซ้ำ 1 ครั้ง ซึ่งการทดลองจะใช้ยอดชา 2 แบบ คือ แบบโม้และแบบใบ รวมเป็น 72 การทดลอง

เมื่อได้ทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบการทดลองแล้ว สิ่งที่จะเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาฝรั่งก็คือ คุณสมบัติของสี กลิ่น และรสชาติ ซึ่งสีและกลิ่นจะต้องอาศัยการทดสอบทางเคมี ด้วยวิธี A Quick Method – Based Estimation (Ullah, 1972) เพื่อให้ทราบถึงปริมาณ Theaflavin (TF) และ Thearubigin (TR) ที่เป็นสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นหอม และสีแดงในน้ำชา คุณสมบัติในเรื่องของสีและกลิ่นสามารถประเมินออกมาในรูปของปริมาณสารเคมี และการใช้

เครื่องมือตรวจวัดได้ แต่คุณสมบัติในเรื่องของรสชาติซึ่งเป็นการวัดผลเชิงคุณภาพจะต้องใช้การประเมินค่าทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ทดสอบ ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวัดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ และวัดการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งตามหลักของการชิมชาคุณสมบัติที่จะต้องทำการให้คะแนนคือ สี กลิ่น และรสชาติ โดยเลือกการให้คะแนนโดยเทียบกับชาตัวอย่างอ้างอิง

จากการวิจัยจะแยกวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยฟังก์ชัน Response Optimizer ดังนี้

### 1. ผลจากการแปรรูปชาไม้

1.1 ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ TF และปริมาณสาร TR คือ อุณหภูมิในกระบวนการผึ่ง 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3.26 ชั่วโมงหรือ 3 ชั่วโมง 16 นาที จากนั้นนำมานวดเป็นเวลา 16 นาที และนำไปอบจนแห้ง จะได้ผลตอบคือ ปริมาณสาร TF 1.553 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณสาร TR 22.294 เปอร์เซ็นต์ ความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบเท่ากับ 0.9585

1.2 ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อค่าสี กลิ่น และรสชาติจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญ คือ อุณหภูมิในกระบวนการผึ่ง 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมานวดเป็นเวลา 16 นาที และนำไปอบจนแห้ง จะได้ผลตอบคือ ผลตอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสคือ สี -0.3 กลิ่น -1 และรสชาติ -1.5 ซึ่งความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบเท่ากับ 0.7603

1.3 ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ TF ปริมาณสาร TR ค่าสี กลิ่น และรสชาติจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญ คือ อุณหภูมิในกระบวนการผึ่ง 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมานวดเป็นเวลา 16 นาที และนำไปอบจนแห้ง จะได้ผลตอบคือ ปริมาณสาร TF 1.543 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสาร TR 21.490 เปอร์เซ็นต์ผลตอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสคือ สี -0.3 กลิ่น -1 และรสชาติ -1.5 ซึ่งความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบเท่ากับ 0.8115

All rights reserved

## 2. ผลจากการแปรรูปซาใบ ซึ่งจะเป็นมาตรฐานการแปรรูปซาฝรั่งที่เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับเกษตรกรผู้ปลูกซา

2.1 ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ TF ปริมาณสาร TR ค่าสี กลิ่น และรสชาติจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญ คือ อุณหภูมิในกระบวนการผึ่ง 16 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9.84 ชั่วโมงหรือ 9 ชั่วโมง 50 นาที จากนั้นนำมานวดเป็นเวลา 2 นาที และนำไปอบจนแห้ง จะได้ผลตอบคือ ปริมาณสาร TF 1.543 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสาร TR 22.741 เปอร์เซ็นต์ ความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบเท่ากับ 0.9487

2.2 ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อค่าสี กลิ่น และรสชาติจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญ คือ อุณหภูมิในกระบวนการผึ่ง 16 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7.34 ชั่วโมงหรือ 7 ชั่วโมง 20 นาที จากนั้นนำมานวดเป็นเวลา 2 นาที และนำไปอบจนแห้ง จะได้ผลตอบคือ ผลตอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสคือ สี -2.1 กลิ่น -1.2 และรสชาติ -1.5 ซึ่งความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบเท่ากับ 0.6754

2.3 ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ TF ปริมาณสาร TR ค่าสี กลิ่น และรสชาติจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญ คือ อุณหภูมิในกระบวนการผึ่ง 16 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10.229 ชั่วโมงหรือ 10 ชั่วโมง 14 นาที จากนั้นนำมานวดเป็นเวลา 2 นาที และนำไปอบจนแห้ง จะได้ผลตอบคือ ปริมาณสาร TF 1.551 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสาร TR 22.267 เปอร์เซ็นต์ และผลตอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสคือ สี -2.3 กลิ่น -1.2 และรสชาติ -1.5 ซึ่งความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบเท่ากับ 0.7709

การทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลอง เป็นการทดลองบนค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยฟังก์ชัน Response Optimizer เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับการทดลองดังกล่าว แล้วชาวตัวอย่างที่ได้จากการทดลองเพื่อยืนยันผลไปทำการวิเคราะห์ปริมาณ TF TR และค่าของสี กลิ่น และรสชาติ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญที่ได้จากกระบวนการแปรรูปซาฝรั่งทั้ง 2 แบบ (ดูข้อมูลการทดสอบในภาคผนวก ฉ) เมื่อกำหนดค่าของผลตอบตามวิธีการทั้ง 3 วิธี เรียบร้อยแล้วจะได้ปริมาณ TF TR และค่าของสี กลิ่น และรสชาติ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญที่ได้จากกระบวนการแปรรูปซาฝรั่งทั้ง 2

แบบ ซึ่งค่าของผลตอบที่ได้เป็นค่าที่มีความใกล้เคียงกัน แสดงว่าผลการทดลองที่ได้เป็นค่าที่เหมาะสมของปัจจัย จากนั้นสร้างพื้นผิวผลตอบของชาวฝรั่งเศสทั้ง 2 แบบ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยแต่ละตัวกับค่าผลตอบ ดูข้อมูลจากบทที่ 4 ในหัวข้อ 4.2.4 – 4.2.5

จากการทดลองเพื่อหามาตรฐานกระบวนการแปรรูปชาวฝรั่งเศสทั้งแบบชาโมและชาไบเพื่อให้เกษตรกรผู้ปลูกชาสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จึงได้จัดทำเป็นคู่มือวิธีการแปรรูปชาวฝรั่งเศส (รายละเอียดสามารถดูได้ในภาคผนวก ฉ)

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของชาวฝรั่งเศสได้แก่ พันธุ์ชาที่นำมาแปรรูปควรเป็นชาพันธุ์อัสสัมยอดชาที่เก็บมาแปรรูปจะเลือกเฉพาะส่วนที่ยอดคือ 1 ยอดตมกับ 2 ใบบนเท่านั้นเนื่องจากส่วนนี้จะเป็นส่วนที่มีสารเคมีที่จะทำให้เกิดสีและกลิ่น สะสมอยู่มาก การทดลองนี้ทำการแปรรูปชาในพื้นที่เดียวกันและทำในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวชายอดชาที่เก็บมาจะมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์ หากยอดชาที่เก็บมามีความชื้นมากกว่านี้ควรทำการผึ่งลมให้มีความชื้นตั้งต้นที่ 78 เปอร์เซ็นต์ ในขั้นตอนการอบแห้งควรคลี่ชาให้ไม่จับตัวกันเป็นก้อนเพราะจะทำให้ชาบางส่วนไม่แห้งส่งผลให้มีกลิ่นสด เหม็นเขียว อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการเก็บรักษาจะสั้นลงเนื่องจากจะทำให้ขึ้นราได้ และเมื่อทำการแปรรูปชาจนได้ผลิตภัณฑ์ชาวฝรั่งเศสแล้วควรเก็บใส่ภาชนะปิดสนิทเนื่องจากชามีคุณสมบัติของการดูดกลิ่นซึ่งหากนำไปวางไว้ใกล้กับของที่มีกลิ่นจะทำให้ชาที่เราแปรรูปมามีกลิ่นเปลี่ยนแปลงไปตามสิ่งนั้น ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์ผลก็จะส่งผลให้การสรุปผลมีความผิดพลาด

#### แนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อ

1. ทำการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรความชื้นเริ่มต้นในยอดชาก่อนการแปรรูป
2. ออกแบบเครื่องตีไม่ยอดชาเนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เครื่องหั่นย่อยวัชพืชของศูนย์วิจัยมาใช้ในการทดลองซึ่งทำให้ต้องตีหลายครั้งและยังเกิดการสูญเสียวัตถุดิบยอดชาที่กระเด็นออกมาในระหว่างที่เครื่องทำงานอีกด้วย
3. ทำการศึกษาคุณภาพของชาที่เป็นคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ลักษณะภายนอกของชาวฝรั่งเศสแปรรูป ลักษณะของกากชาหลังชง เป็นต้น