

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผล

#### 4.1 ผลการศึกษาวิธีการอบแห้งผลลำไย เนื้อพุทราจีนและใบหม่อน

##### 4.1.1 ผลการศึกษาวิธีการอบแห้งเปลือกและเมล็ดลำไย โดยใช้เตาอบลมร้อนและโดยการคั่ว

ผลการเปรียบเทียบในด้านความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) และความพอใจของผู้ชิมในด้านกลิ่น และสีของเปลือกและเมล็ดลำไยทั้ง 2 วิธีคืออบแห้งด้วยลมร้อนและการคั่ว แสดงผลดังตารางที่ 4.1-4.2 พบว่า ปริมาณความชื้นของเปลือกลำไยที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่ 80 องศาเซลเซียสที่ 90 องศาเซลเซียส และการทำแห้งโดยการคั่ว ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเปลือกลำไยที่อบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้น การระเหยของน้ำยิ่งเร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Doymaz *et al.* (2006) ที่พบว่าในการอบแห้ง Dill และ Parsley Leaves ที่อุณหภูมิสูงขึ้น ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง

ผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) ของเปลือกลำไยอบแห้งทั้ง 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยค่า  $a_w$  ของเปลือกลำไยอยู่ในช่วงระหว่าง 0.254-0.282 เปลือกลำไยที่ผ่านกระบวนการคั่วมีค่า  $a_w$  ต่ำสุดเท่ากับ 0.254 และเปลือกลำไยที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมีค่า  $a_w$  สูงสุดเท่ากับ 0.282

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-Points Hedonic Scale พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่น และความชอบโดยรวมที่มีต่อเปลือกลำไยวิธีอบแห้งกับวิธีคั่วมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่นและความชอบโดยรวมที่มีต่อเปลือกลำไย วิธีคั่วมีคะแนนสูงกว่าวิธีอบแห้ง โดยมีคะแนนความชอบสูงสุดเท่ากับ 7.08 และ 6.90 (อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง) ตามลำดับ ขณะที่การอบแห้งทุกอุณหภูมิมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นและความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์เฉยๆ ไปจนถึงชอบเล็กน้อย 5.78-5.88 ทั้งนี้อาจเกิดจากวิธีคั่วเปลือกลำไยสัมผัสกับความร้อนโดยตรงจากผิวกระทะ

การคนตลอดเวลาทำให้เปลือกกล้วยสัมผัสความร้อนได้มากและอย่างทั่วถึง ทำให้สารต่างๆ ที่อยู่ในเปลือกกล้วยทำปฏิกิริยาได้ดีกว่าวิธีอบแห้ง โดยเฉพาะปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดกลิ่นหอม

สำหรับคะแนนความชอบของสี พบว่า วิธีการคั่วและวิธีอบแห้งด้วยลมร้อนทุกอุณหภูมิ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบสีของเปลือกกล้วยอยู่ในช่วง 6.08-6.30 (อยู่ในเกณฑ์ชอบน้อย)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ปริมาณความชื้นของเมล็ดกล้วยที่อบแห้งโดยใช้เตาอบลมร้อน อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 80 องศาเซลเซียส และ 90 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเมล็ดกล้วยที่อบแห้งโดยการคั่ว ( $p\leq 0.05$ ) โดยมีความชื้นต่ำสุดเท่ากับ 1.618 ซึ่งแสดงว่าการคั่วสามารถระเหยความชื้นในเมล็ดกล้วยออกไปได้ดีกว่า

ผลการวิเคราะห์ค่าคอรีเลชัน (a<sub>w</sub>) ของเมล็ดกล้วยอบแห้งทั้ง 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยค่า a<sub>w</sub> ของเมล็ดกล้วยอยู่ในช่วงระหว่าง 0.264-0.283 เมล็ดกล้วยที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสมีค่า a<sub>w</sub> ต่ำสุดเท่ากับ 0.264 และเมล็ดกล้วยที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสและผ่านกระบวนการคั่วมีค่า a<sub>w</sub> สูงสุดเท่ากับ 0.283

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-Points Hedonic Scale พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบด้านกลิ่น สี และความชอบโดยรวมที่มีต่อเมล็ดกล้วย วิธีคั่วมีคะแนนสูงสุด โดยมีคะแนนความชอบสูงสุดเท่ากับ 6.26, 6.40 และ 6.54 (อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง) ตามลำดับ และแตกต่างจากวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเปลือกกล้วยที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) การทดสอบประสาทสัมผัส และระยะเวลาการอบแห้งของเปลือกกล้วยที่ผ่านกระบวนการอบแห้ง

การอบแห้ง	ความชื้น (ร้อยละ)	$a_w$	กลิ่น	สี	ความชอบโดยรวม	ระยะเวลา (ชั่วโมง)
70 °C	2.74 <sup>a</sup> ±0.18	0.282 <sup>ns</sup> ±0.00	5.88 <sup>b</sup> ±1.86	6.30 <sup>ns</sup> ±1.72	6.12 <sup>b</sup> ±1.52	8 ชั่วโมง 45 นาที
80 °C	1.43 <sup>b</sup> ±0.11	0.276 <sup>ns</sup> ±0.00	5.82 <sup>b</sup> ±1.57	6.16 <sup>ns</sup> ±1.83	6.10 <sup>b</sup> ±1.50	5 ชั่วโมง 38 นาที
90 °C	1.68 <sup>b</sup> ±0.21	0.263 <sup>ns</sup> ±0.00	5.76 <sup>b</sup> ±1.66	6.08 <sup>ns</sup> ±1.68	5.78 <sup>b</sup> ±1.62	4 ชั่วโมง 30 นาที
คั่ว	1.68 <sup>b</sup> ±0.32	0.254 <sup>ns</sup> ±0.00	7.08 <sup>a</sup> ±1.76	6.30 <sup>ns</sup> ±1.74	6.90 <sup>a</sup> ±1.62	1 ชั่วโมง

หมายเหตุ: - ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่ต่างกัน

แสดงว่าให้ค่าที่ความแตกต่างกันอย่างน้อยสำคัญทางสถิติที่  $p \leq 0.05$

- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่  $P > 0.05$

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ ) การทดสอบประสาทสัมผัส และระยะเวลาการอบแห้งของเมล็ดกล้วยที่ผ่านกระบวนการอบแห้ง

การอบแห้ง	ความชื้น (ร้อยละ)	$a_w$	กลิ่น	สี	ความชอบโดยรวม	ระยะเวลา (ชั่วโมง)
70 °C	3.00 <sup>a</sup> ±0.12	0.283 <sup>ns</sup> ±0.00	5.28 <sup>c</sup> ±1.49	5.72 <sup>b</sup> ±1.51	5.76 <sup>b</sup> ±1.22	8 ชั่วโมง
80 °C	2.60 <sup>a</sup> ±1.09	0.274 <sup>ns</sup> ±0.00	5.44 <sup>bc</sup> ±1.49	5.80 <sup>ab</sup> ±1.68	5.82 <sup>b</sup> ±1.52	7 ชั่วโมง 23 นาที
90 °C	2.36 <sup>ab</sup> ±0.45	0.264 <sup>ns</sup> ±0.00	6.00 <sup>ab</sup> ±1.33	6.38 <sup>a</sup> ±1.41	6.20 <sup>ab</sup> ±1.16	6 ชั่วโมง 38 นาที
คั่ว	1.69 <sup>b</sup> ±0.05	0.280 <sup>ns</sup> ±0.00	6.26 <sup>a</sup> ±1.52	6.40 <sup>a</sup> ±1.69	6.54 <sup>a</sup> ±1.36	1 ชั่วโมง 30 นาที

หมายเหตุ: - ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่ต่างกัน

แสดงว่าให้ค่าที่ความแตกต่างกันอย่างน้อยสำคัญทางสถิติที่  $p \leq 0.05$

- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่  $P > 0.05$

สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งด้วยลมร้อนและการคั่ว พบว่า เปลือกกล้วยและเมล็ดกล้วยที่ผ่านการคั่วใช้เวลาน้อยกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อน และให้กลิ่นหอมมากกว่า เนื่องจากการคั่วทั้งของเปลือกและเมล็ดกล้วยสัมผัสกับพื้นผิวของกระทะโดยตรง ทำให้การส่งถ่ายความร้อน

ไปยังเปลือกและเมล็ดลำไยได้เร็วกว่า และการคั่วยังช่วยให้การกระจายความร้อนได้เร็วและทั่วถึงมากกว่าทำให้แห้งเร็วกว่า อีกทั้งการคั่วยังช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้มีกลิ่นหอมมากกว่า

#### 4.1.2 ผลการศึกษาวิธีการอบแห้งเนื้อลำไย พุทราจีน และใบหม่อน โดยใช้เตาอบลมร้อน

ผลการอบแห้งเนื้อลำไยปริมาณ 650 กรัม โดยวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และลดอุณหภูมิเป็น 80 องศาเซลเซียส อบอุ่นมีความชื้นสุดท้ายน้อยกว่าร้อยละ 4 ตามวิธีของวงเดือน (2542) พบว่า ต้องใช้เวลาในการอบแห้งทั้งหมด 18 ชั่วโมง

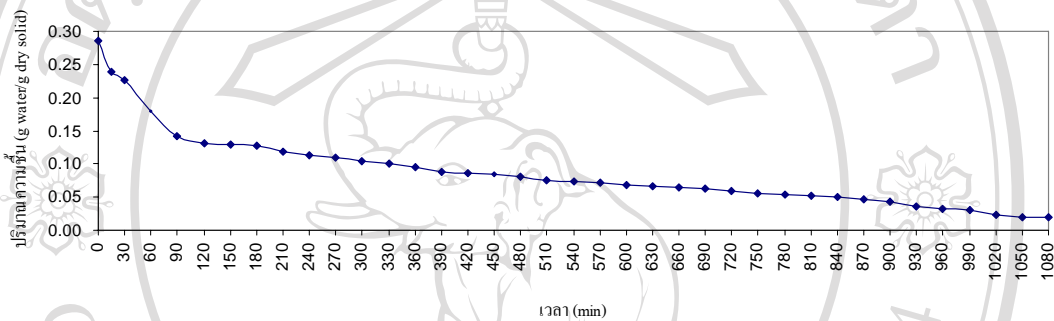
ผลการอบแห้งพุทราจีนปริมาณ 300 กรัม โดยวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อบอุ่นมีความชื้นสุดท้ายน้อยกว่าร้อยละ 4 ตามวิธีของจันทร์จิราและอาทิตย์ (2548) พบว่า ต้องใช้เวลาในการอบแห้งทั้งหมด 13 ชั่วโมง 30 นาที

ผลการอบแห้งใบหม่อนปริมาณ 440 กรัม โดยวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อบอุ่นมีความชื้นสุดท้ายน้อยกว่าร้อยละ 4 พบว่าต้องใช้เวลาในการอบแห้งทั้งหมด 9 ชั่วโมง

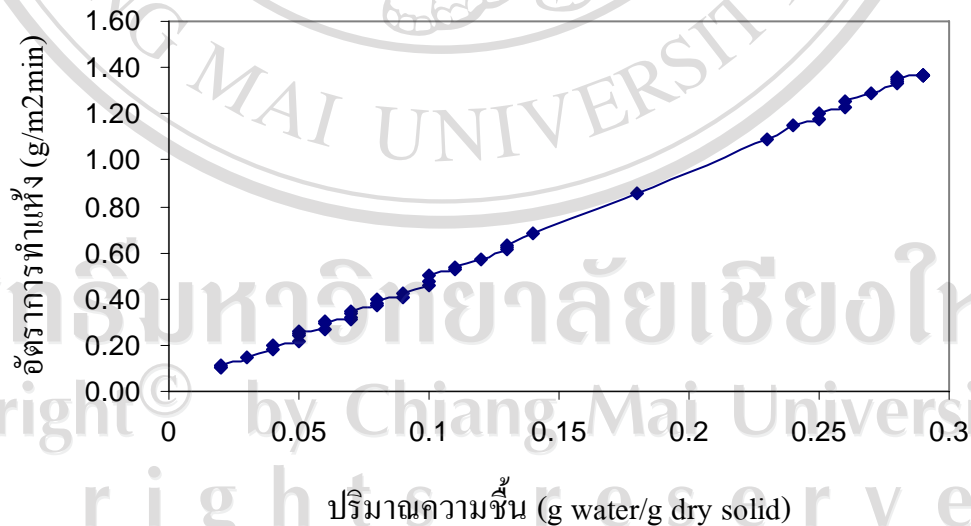
จะเห็นได้ว่าวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ใช้ระยะเวลาการอบแห้งที่ต่างกัน เนื่องจากวัตถุดิบมีปริมาณน้ำเริ่มต้นที่แตกต่างกัน โดยปริมาณน้ำเริ่มต้นในเนื้อลำไยก่อนการอบแห้งมีค่าเท่ากับร้อยละ 22.24 เท่านั้น เนื่องจากเป็นลำไยอบแห้งที่เปลือกที่ผ่านกระบวนการอบแห้งมาแล้ว ปริมาณน้ำจึงถูกกำจัดออกไปบางส่วน เช่นเดียวกับปริมาณน้ำเริ่มต้นของพุทราจีนก่อนการอบแห้งมีค่าเท่ากับร้อยละ 18.55 สำหรับใบหม่อนปริมาณน้ำเริ่มต้นก่อนการอบแห้งมีค่าเท่ากับร้อยละ 83.94 เนื่องจากเป็นใบหม่อนสดที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการอบแห้งใดๆ ทั้งสิ้น

จากภาพที่ 4.1 พบว่า เมื่อช่วงระยะเวลาเริ่มต้นของเนื้อลำไยที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ในอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณความชื้นลดระดับลงอย่างรวดเร็ว จนเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 120 นาที ได้ปรับลดระดับอุณหภูมิเป็น 80 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นมีการลดลงอย่างช้าๆ และภายหลังจากการอบแห้งเนื้อลำไยเป็นเวลา 18 ชั่วโมง 30 นาที หรือ 1,080 นาที มีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 1.44 ทำให้ลักษณะกราฟมีความชันในช่วงแรกมาก และจากภาพที่ 4.2 พบว่า อัตราการอบแห้งมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในเนื้อลำไยอบแห้ง โดย

อัตราการอบแห้งในช่วงเริ่มต้นมีค่าสูง เนื่องจากมีปริมาณความชื้นในเนื้อลำไยอบแห้งสูง ทำให้บริเวณผิวหน้าผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำอิสระเพียงพอต่อการระเหยจึงเร่งให้อัตราการอบแห้งเกิดเร็วขึ้น หลังจากนั้นอัตราการอบแห้งจะลดลงแบบเชิงเส้น เนื่องจากปริมาณความชื้นในเนื้อลำไยอบแห้งลดลง ทำให้น้ำที่อยู่ภายในเนื้อลำไยอบแห้ง เกิดการเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์ไม่เพียงพอต่ออัตราการระเหย อัตราการอบแห้งจึงลดลง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการอบแห้ง Dill และ Parsley Leaves ของ Doymaz (2005) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กราฟการอบแห้งพบเฉพาะช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling rate period) เท่านั้น

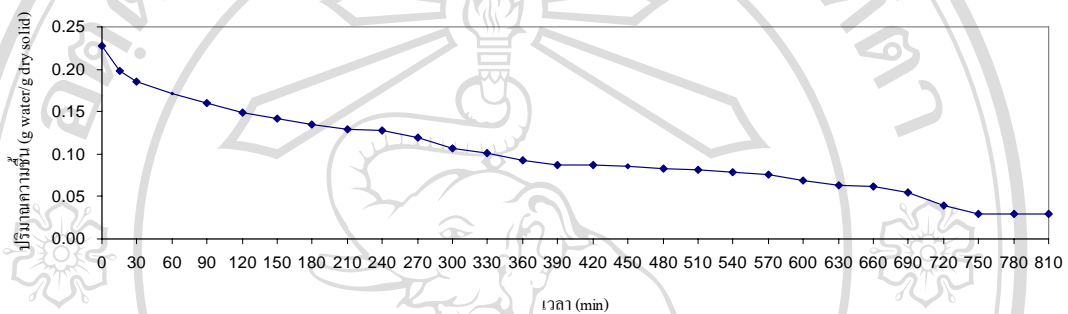


ภาพที่ 4.1 กราฟปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนไปของเนื้อลำไยโดยใช้เตาอบลมร้อน

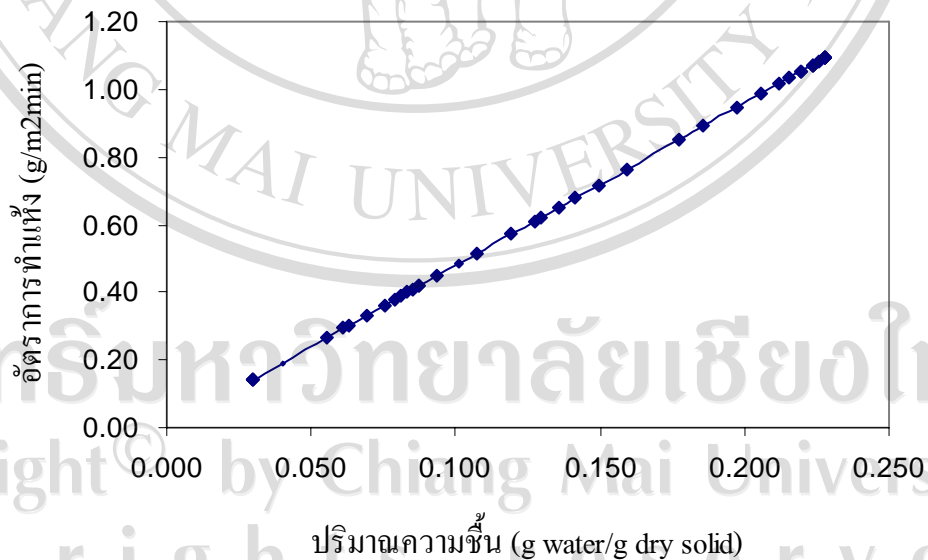


ภาพที่ 4.2 กราฟอัตราการอบแห้งของเนื้อลำไยโดยใช้เตาอบลมร้อน

จากภาพที่ 4.3 พบว่า เมื่อช่วงระยะเวลาเริ่มต้นของพุทราจีนที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนในอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว และลดลงอย่างช้าๆ อย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 13 ชั่วโมง 30 นาที หรือ 810 นาที มีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 1.98 และจากภาพที่ 4.4 พบว่า อัตราการอบแห้งมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในพุทราจีน อัตราการอบแห้งลดลงแบบเชิงเส้น เนื่องจากปริมาณความชื้นของพุทราจีนลดลง ทำให้น้ำที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์เกิดการเคลื่อนที่ออกมาที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์ไม่เพียงพอต่อการระเหย จึงทำให้อัตราการอบแห้งลดลง เช่นเดียวกันกับที่พบในการอบแห้งเนื้อลำไย



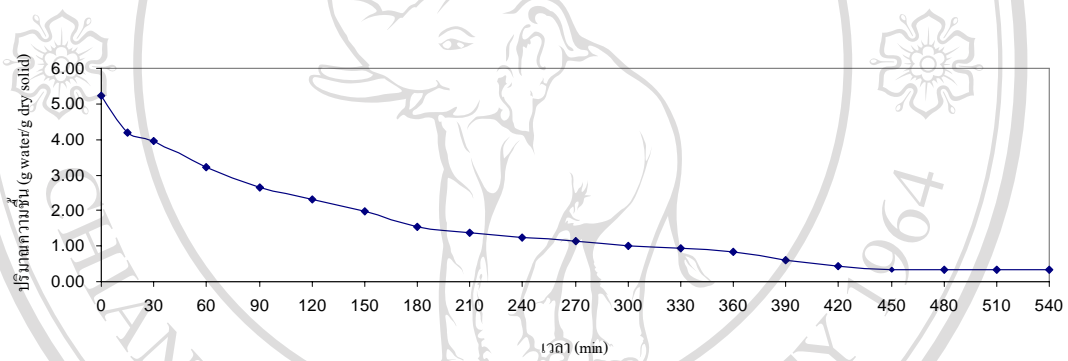
ภาพที่ 4.3 กราฟปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปของพุทราจีน โดยใช้เตาอบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส



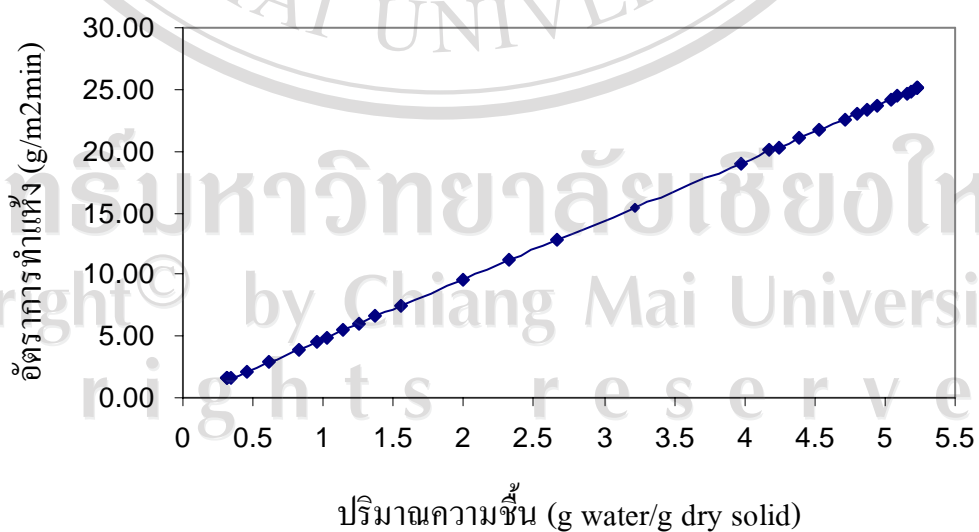
ภาพที่ 4.4 กราฟอัตราการอบแห้งของพุทราจีน โดยใช้เตาอบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส

จากภาพที่ 4.5 พบว่า ลักษณะของเส้นกราฟในการอบแห้งใบหม่อนคล้ายกับการอบแห้งเนื้อลำไย และพุทราจีน โดยในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นที่อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีค่าปริมาณความชื้น

ลดระดับลงอย่างรวดเร็วจากนั้นจะค่อยๆ ลดลงจนมีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 1.98 และจากภาพที่ 4.6 พบว่า อัตราการอบแห้งมีความสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในใบหม่อน โดยอัตราการอบแห้งจะลดลงแบบเชิงเส้น เนื่องจากระหว่างการอบแห้งจะเกิดการระเหยน้ำอย่างต่อเนื่อง และอัตราการระเหยน้ำในช่วงแรกสูงมาก ปริมาณน้ำในอาหารยังมีความร้อนที่ถ่ายเทไปสู่อาหารจะทำให้ น้ำระเหยออกมาอย่างรวดเร็วทำให้ปริมาณความชื้นของใบหม่อนลดลง และอัตราการอบแห้งค่อยๆ ลดลง ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำหรือไอน้ำผ่านช่องแคบด้วยการแพร่ (Diffusion) ทำให้ผิวหน้าของอาหารแห้งและการระเหยเกิดขึ้นช้าลง จึงเรียกรอบแห้งช่วงนี้ว่าช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling rate period) (สุคนธ์ชื่น, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Doymaz (2005) พบว่า อัตราส่วนปริมาณความชื้นที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.5 กราฟปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนไปของใบหม่อนโดยใช้เตาอบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.6 กราฟอัตราการอบแห้งของใบหม่อนโดยใช้เตาอบลมร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส

### ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ

นำเนื้อลำไยอบแห้ง พุทราจีนอบแห้ง และใบหม่อนอบแห้ง วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ ได้ผลดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 ผลการทดลอง พบว่า วัตถุประสงค์แห้งแต่ละชนิดมีปริมาณแทนนินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยปริมาณแทนนินของเมล็ดลำไยและเปลือกลำไยมีปริมาณมากที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของผลไม้โดยทั่วไป มีปริมาณแทนนินในส่วนของเปลือกและเมล็ดมากกว่าในส่วนของเนื้อผลไม้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วงเดือน (2542) ที่พบว่าปริมาณแทนนินในเมล็ดและเปลือกลำไยมีมากกว่าเนื้อลำไย และ Soong *et al.* (2006) ที่พบว่าในเมล็ดผลไม้มีสารฟีนอลิก สูงกว่าเนื้อผลไม้ และ Nuchanart (2005) ที่ศึกษาสารสำคัญในลำไย และพบว่าในเมล็ดลำไยมีกลุ่มสารโพลีฟีนอลิกมากที่สุด และน้อยที่สุดคือเนื้อลำไย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่า วัตถุประสงค์แห้งแต่ละชนิดมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 4 ซึ่งไม่เกินมาตรฐานในผลิตภัณฑ์ชา (มพช. 120/2549) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยเมล็ดลำไยจะมีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด และใบหม่อนมีความชื้นมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี ( $a_w$ ) พบว่า วัตถุประสงค์แห้งแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยค่า  $a_w$  ของวัตถุประสงค์อยู่ในช่วงระหว่าง 0.250-0.280 ซึ่งเป็นช่วงที่ปลอดภัยจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเป็นช่วงที่เกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางเคมีน้อย (นิธิยา, 2549)

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่า วัตถุประสงค์แห้งแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยค่า pH ของวัตถุประสงค์อยู่ในช่วงระหว่าง 5.85-6.59



ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแห้ง

องค์ประกอบ	แทนนิน (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	วอเตอร์แอคทีวิตี ( $a_w$ )	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)
เปลือกลำไย	3.29 <sup>b</sup> ±0.23	1.68 <sup>b</sup> ±0.32	0.254 <sup>ns</sup> ±0.00	6.07 <sup>ns</sup> ±0.00
เมล็ดลำไย	5.78 <sup>a</sup> ±0.28	0.20 <sup>c</sup> ±0.05	0.280 <sup>ns</sup> ±0.00	5.85 <sup>ns</sup> ±0.00
เนื้อลำไย	0.33 <sup>d</sup> ±0.47	1.44 <sup>b</sup> ±0.08	0.274 <sup>ns</sup> ±0.00	5.85 <sup>ns</sup> ±0.00
พุทราจีน	0.50 <sup>c</sup> ±0.05	1.98 <sup>b</sup> ±0.81	0.262 <sup>ns</sup> ±0.00	5.59 <sup>ns</sup> ±0.00
ใบหม่อน	0.17 <sup>c</sup> ±0.23	3.51 <sup>a</sup> ±0.29	0.250 <sup>ns</sup> ±0.00	6.59 <sup>ns</sup> ±0.00

หมายเหตุ: - ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวดิ่งเดียวกันที่ต่างกัน

แสดงว่าให้ค่าที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p \leq 0.05$

- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่  $P > 0.05$

ผลการวิเคราะห์ในด้านสีของวัตถุดิบแห้งทั้ง 5 ชนิด (ตารางที่ 4.4) พบว่า วัตถุดิบแต่ละชนิดให้ค่าสี  $L^*$   $a^*$   $b^*$  แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยมีค่าสี  $L^*$  อยู่ช่วงระหว่าง 33.19-50.89 และเนื้อลำไยมีค่าสี  $L^*$  ต่ำสุดเท่ากับ 33.19 และพุทราจีนมีค่าสี  $L^*$  สูงสุดเท่ากับ 50.89 ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะที่ปรากฏคือพุทราจีนอบแห้งยังคงความมันวาวมากกว่าเนื้อลำไยอบแห้ง ค่าสี  $a^*$  คือสีแดงหรือสีเขียวอยู่ช่วงระหว่าง (-)1.34-(+)13.71 โดยใบหม่อนให้สีเขียวสูงที่สุดเท่ากับ (-)1.34 และเนื้อลำไยให้สีแดงสูงที่สุดเท่ากับ (+)13.71 และค่าสี  $b^*$  คือสีเหลืองหรือสีน้ำตาลอยู่ช่วงระหว่าง (+)9.65-(+)28.64 พุทราจีนให้สีเหลืองต่ำสุดเท่ากับ (+)9.65 และเนื้อลำไยให้สีเหลืองมากที่สุด (+)28.64 ซึ่งสอดคล้องกับสีที่ปรากฏคือ เนื้อลำไยมีสีน้ำตาลเข้ม พุทราจีนมีสีน้ำตาลอ่อน ใบหม่อนมีสีเขียวอมเหลือง

ผลการวิเคราะห์ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด พบว่า วัตถุดิบแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของวัตถุดิบอยู่ในช่วงระหว่าง 2.30-23.00 โดยเนื้อลำไยและพุทราจีนมีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้สูง ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อลำไยแห้งและพุทราจีนมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของวัตถุดิบแห้ง

องค์ประกอบ	ค่าสี			ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (° brix)
	L*	a*	b*	
เปลือกลำไย	45.98 <sup>c</sup> ±0.21	+ 1.31 <sup>c</sup> ±0.03	+ 21.87 <sup>c</sup> ±0.10	2.65 <sup>ns</sup> ±0.00
เมล็ดลำไย	41.76 <sup>d</sup> ±0.30	+ 4.23 <sup>b</sup> ±0.47	+ 26.35 <sup>b</sup> ±0.16	2.30 <sup>ns</sup> ±0.00
เนื้อลำไย	33.19 <sup>e</sup> ±0.54	+ 13.71 <sup>a</sup> ±0.28	+ 28.64 <sup>a</sup> ±0.57	23.00 <sup>ns</sup> ±0.00
พุทราจีน	50.89 <sup>a</sup> ±0.42	- 1.00 <sup>c</sup> ±0.10	+ 9.65 <sup>c</sup> ±0.37	18.40 <sup>ns</sup> ±0.00
ใบหม่อน	48.83 <sup>b</sup> ±0.19	- 1.34 <sup>c</sup> ±0.08	+ 13.84 <sup>d</sup> ±0.04	2.88 <sup>ns</sup> ±0.00

หมายเหตุ: - ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันที่ต่างกัน แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p \leq 0.05$

- ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่  $P > 0.05$

#### 4.2 การลดขนาดให้เป็นผง

ตารางที่ 4.5 ผลการลดขนาดให้เป็นผง

องค์ประกอบ	รูตะแกรง 40 mesh		รูตะแกรง 30 mesh		รูตะแกรง 12 mesh	
	ความชุ่ม	ก่ล้น	ความชุ่ม	ก่ล้น	ความชุ่ม	ก่ล้น
เปลือกลำไย	+++	+	++	++	+	+++
เมล็ดลำไย	+++	+	++	++	+	+++
เนื้อลำไย	+++	+	++	++	+	+++
พุทราจีน	+++	+	++	++	+	+++
ใบหม่อน	+++	+	++	++	+	+++

หมายเหตุ : +++ หมายถึง มาก

++ หมายถึง ปานกลาง

+ หมายถึง น้อย

ผลการบดละเอียดและร่อนด้วยตะแกรงร่อนตามลำดับ พบว่า ขนาดรูช่องของตะแกรงมีผลต่อการผลิตชาขงผสม โดยรูตะแกรง 40 mesh ส่งผลให้น้ำชาที่ได้มีความขุ่นมาก และรูตะแกรง 12 mesh ส่งผลให้น้ำชาที่มีความใสแต่ มีผลต่อระดับกลิ่นของน้ำชา คือมีความหอมลดลง ขนาดรูตะแกรง 30 mesh ส่งผลให้น้ำชาที่มีความใส และมีกลิ่นหอมมากกว่า

ดังนั้น ขนาดผงที่เหมาะสมคือผงที่ร่อนผ่านตะแกรง 30 mesh

#### 4.3 ผลการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมของชาขงผสมลำไย พุทราจีน และใบหม่อน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส ของชาขงผสมทั้ง 27 สูตร โดยวิเคราะห์ค่าแทนนิน pH ความขุ่น ความชื้น ของแข็งที่ละลายน้ำได้  $a_w$  ค่าสี  $L^*$   $a^*$   $b^*$  สีที่ปรากฏ กลิ่น รสชาติขมเค็ม ความรู้สึกหลังชิม ความใส และการยอมรับโดยรวม ได้ผลดังตารางที่ 4.6-4.8

สูตรที่เหมาะสมของชาขงผสมทั้ง 27 สูตร พิจารณาจากปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเปลือกลำไย เมล็ดลำไย เนื้อลำไย พุทราจีน และใบหม่อนโดยใช้ Response surface โปรแกรม Design Expert v.7.1.5 นำผลการวิเคราะห์ค่าแทนนิน pH ความขุ่น ความชื้น ของแข็งที่ละลายน้ำได้  $a_w$  ค่าสี  $L^*$   $a^*$   $b^*$  สีที่ปรากฏ กลิ่น รสชาติขมเค็ม ความรู้สึกหลังชิม ความใส และการยอมรับโดยรวม จากตารางที่ 4.6-4.8 มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ได้ผลดังตาราง 4.9

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ห้อยค์ประกอบทางเคมีของชาชงผสมลำไย พุทราจีนและใบหม่อน

สูตร	แทนนิน (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	วอเตอร์แอกทิวิตี ( $a_w$ )
1	0.73±0.07	4.06±0.00	0.295±0.01
2	0.58±0.03	3.87±0.00	0.282±0.00
3	0.64±0.01	3.33±0.00	0.264±0.00
4	0.89±0.01	3.31±0.00	0.283±0.00
5	0.55±0.00	3.24±0.00	0.263±0.00
6	0.70±0.06	4.20±0.00	0.263±0.00
7	0.81±0.02	3.78±0.00	0.251±0.00
8	0.72±0.01	5.23±0.00	0.262±0.00
9	0.76±0.07	3.99±0.00	0.262±0.00
10	0.65±0.00	5.62±0.00	0.251±0.00
11	0.83±0.29	2.64±0.19	0.274±0.00
12	0.91±0.05	3.68±0.00	0.252±0.00
13	0.39±0.00	5.14±0.00	0.252±0.00
14	1.07±0.00	3.59±0.00	0.283±0.00
15	0.86±0.02	4.54±0.00	0.263±0.00
16	0.63±0.00	3.84±0.00	0.254±0.00
17	0.69±0.01	3.38±0.00	0.272±0.00
18	0.66±0.00	3.78±0.00	0.263±0.00
19	0.78±0.02	4.03±0.00	0.252±0.00
20	0.75±0.02	3.78±0.00	0.271±0.00
21	0.79±0.02	5.52±0.00	0.271±0.00
22	0.71±0.00	5.63±0.00	0.291±0.00
23	0.85±0.00	4.97±0.00	0.295±0.01
24	0.62±0.01	4.27±0.00	0.272±0.00
25	0.51±0.01	4.48±0.00	0.291±0.00
26	0.63±0.00	3.63±0.00	0.281±0.00
27	0.53±0.01	3.54±0.00	0.270±0.00

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.7 ผลวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของน้ำชาขงผสมลำไย พุทราจีนและใบหม่อน

สูตร	ค่าสี			ค่าของแข็ง	ค่าความขุ่น	ความเป็น
	L*	a*	b*	ที่ละลายได้ ทั้งหมด(°Brix)	(Turbidity)	กรด-ด่าง (pH)
1	48.56+0.08	0.44+0.01	20.09+0.04	11.30±0.00	0.62±0.00	5.60±0.04
2	50.04+0.15	0.39+0.03	16.41+0.01	11.50±0.00	0.51±0.00	5.70±0.03
3	51.71+0.00	0.82+0.01	13.95+0.24	12.30±0.00	0.43±0.00	5.77±0.06
4	49.75+0.01	0.21+0.01	17.36+0.06	12.00±0.00	0.55±0.00	5.78±0.04
5	48.21+0.32	0.63+0.03	21.91+1.14	12.30±0.00	0.76±0.00	5.85±0.04
6	49.45+0.13	0.34+0.01	21.91+0.08	11.70±0.00	0.72±0.00	5.70±0.03
7	49.63+0.18	0.17+0.01	21.28+0.10	12.50±0.00	0.67±0.00	5.60±0.02
8	49.76+0.30	0.12+0.00	19.83+0.41	11.50±0.00	0.63±0.00	5.70±0.04
9	48.88+0.14	0.20+0.01	19.50+0.01	12.50±0.00	0.63±0.00	5.60±0.01
10	47.36+1.77	0.45+0.01	21.12+0.32	11.50±0.00	0.76±0.00	5.50±0.02
11	48.07+1.71	0.33+0.01	17.48+0.20	12.50±0.00	0.53±0.00	5.51±0.03
12	47.93+0.48	0.50+0.04	21.22+0.62	11.50±0.00	0.74±0.00	5.50±0.02
13	49.36+0.03	0.38+0.02	17.61+0.09	11.30±0.00	0.60±0.00	5.67±0.02
14	47.70+0.45	0.58+0.06	22.01+0.17	11.70±0.00	0.75±0.00	5.60±0.03
15	46.53+0.01	1.32+0.01	21.78+0.02	12.30±0.00	0.78±0.00	5.56±0.04
16	47.21+0.44	0.87+0.01	22.45+0.04	11.70±0.00	0.79±0.00	5.63±0.02
17	47.05+0.36	1.34+0.02	21.39+0.45	12.00±0.00	0.73±0.00	5.58±0.03
18	45.76+0.17	1.49+0.07	22.58+1.35	11.50±0.00	0.81±0.00	5.54±0.05
19	46.71+0.30	1.07+0.03	22.54+0.52	12.00±0.00	0.78±0.00	5.59±0.01
20	48.87+0.00	0.25+0.00	19.75+0.00	11.50±0.00	0.66±0.00	5.59±0.01
21	47.27+0.38	0.97+0.06	22.26+0.24	11.30±0.00	0.77±0.00	5.59±0.01
22	45.48+0.38	1.43+0.02	22.13+0.40	11.30±0.00	0.76±0.00	5.49±0.01
23	46.58+0.42	0.91+0.04	20.78+0.29	11.50±0.00	0.67±0.00	5.59±0.02
24	45.58+1.61	0.73+0.06	23.93+0.44	11.00±0.00	0.81±0.00	5.51±0.04
25	49.16+0.02	0.16+0.03	17.75+0.16	11.00±0.00	0.54±0.00	5.53±0.03
26	46.01+0.11	1.22+0.03	21.28+0.31	11.30±0.00	0.73±0.00	5.48±0.02
27	46.33+0.17	1.42+0.02	20.20+0.01	12.00±0.00	0.67±0.04	5.49±0.02

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ห้อยประกอบทางประสาทสัมผัสของชาชงผสมลำไย พุทราจีนและ  
ใบหม่อน

สูตร	สี	กลิ่น	รสชาติ		ความใส	การยอมรับ โดยรวม
			ขณะชิม	หลังชิม		
1	3.20±1.36	3.75±1.07	3.40±1.14	3.25±1.21	4.70±1.26	3.85±0.99
2	3.30±1.13	3.70±1.03	2.80±1.15	3.20±1.15	4.80±1.28	3.50±0.76
3	2.40±0.50	2.75±0.44	2.75±0.97	3.15±1.18	3.40±1.05	2.90±0.31
4	2.55±0.69	2.90±0.45	2.80±0.83	2.75±0.91	3.90±1.41	2.95±0.39
5	3.25±1.07	3.20±0.62	2.85±0.81	2.70±0.92	3.70±0.80	3.00±0.32
6	3.85±1.31	4.20±1.15	3.6±1.23	4.00±1.12	5.05±1.19	4.30±0.86
7	3.35±0.99	3.25±0.55	2.85±0.81	2.75±0.91	4.25±0.64	3.05±0.39
8	5.05±0.89	4.10±1.02	3.90±1.21	3.85±1.23	5.55±1.39	4.45±1.05
9	3.00±1.08	3.05±0.69	2.90±0.97	3.00±1.17	3.55±1.00	2.95±0.39
10	3.35±1.23	3.25±0.64	2.80±0.83	2.90±0.97	4.00±1.21	3.20±0.83
11	6.40±1.19	5.59±1.00	6.65±0.81	6.55±0.83	7.65±0.49	6.65±0.49
12	6.50±0.76	5.75±0.64	6.55±0.83	6.55±0.83	7.65±0.49	6.65±0.51
13	6.85±0.49	7.35±0.81	6.40±0.82	6.35±0.75	7.60±0.60	6.60±0.60
14	6.83±0.51	7.28±0.89	6.56±0.70	6.56±0.62	7.78±0.55	6.72±0.57
15	5.67±0.84	4.72±2.05	4.94±1.21	5.00±1.19	6.56±1.50	5.39±0.92
16	6.33±0.84	7.22±0.88	6.61±0.78	6.56±0.62	7.72±0.46	6.89±0.47
17	4.78±1.99	5.33±2.09	5.22±1.63	5.06±1.86	6.44±1.65	5.11±1.68
18	6.06±1.21	6.61±1.38	6.28±1.13	6.33±1.03	7.67±0.59	6.39±1.14
19	5.67±1.85	6.28±1.47	5.94±1.84	5.72±1.75	7.11±1.75	6.06±1.73
20	6.00±1.14	6.78±1.44	6.17±1.10	6.33±0.91	7.72±0.46	6.28±1.13
21	5.67±1.64	6.44±1.95	5.78±1.56	5.83±1.62	7.72±1.17	5.83±1.50
22	6.00±1.19	6.72±1.56	6.06±1.21	6.17±1.10	7.33±0.91	6.11±1.13
23	5.00±1.68	5.56±1.69	5.17±1.50	5.11±1.68	6.39±1.58	5.56±1.20
24	5.00±1.68	5.56±1.69	5.17±1.50	5.11±1.68	6.39±1.58	5.56±1.20
25	6.00±0.91	6.72±1.49	6.11±1.13	6.17±1.10	7.22±1.06	6.06±1.00
26	6.17±0.99	6.83±1.25	6.44±0.98	6.44±0.98	7.72±0.57	6.50±0.99
27	6.11±1.32	6.67±1.37	6.39±1.33	6.33±1.28	7.56±0.92	6.39±1.04

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.9 ANOVA ของแต่ละค่าตอบบนต้นของน้ำราชผสมลำไยพุทราจีนและใบหม่อน

Source	df	Sum of squares									
		แทนทิน (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	วอเตอร์ แอกทีวิตี ( $a_w$ )	ความเย็น กรด-ด่าง (pH)	ค่าของแข็งที่ ละลายได้ ทั้งหมด (° brix)	ค่าความขุ่น (Turbidity)	ค่าดี L*	ค่าดี a*	ค่าดี b*	
Model	24	0.97*	29.78*	0.010*	0.49*	9.88 <sup>ns</sup>	0.53*	127.66*	10.43*	262.86*	
Residual	29	0.13	1.83	5.993 x10 <sup>-4</sup>	0.026	0.85	0.023	15.19	1.14	18.24	
- Lack-of-fit	2	0.24 <sup>ns</sup>	1.83*	4.993 x10 <sup>-4</sup> *	2.124x10 <sup>-3</sup> <sup>ns</sup>	0.80 <sup>ns</sup>	0.0238*	4.85 <sup>ns</sup>	1.11*	13.58*	
- Pure error	27	0.10	3.272x10 <sup>-6</sup>	1.000x10 <sup>-4</sup>	0.024	0.045	5.066x10 <sup>-5</sup>	10.34	0.025	4.65	
R <sup>2</sup>		0.8829	0.9422	0.9452	0.9491	0.9211	0.9578	0.8937	0.9015	0.9351	
C.V.		9.45	6.09	1.70	0.54	1.46	4.17	1.39	27.63	3.89	

หมายเหตุ: \* แสดงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p \leq 0.05$

<sup>ns</sup> แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p > 0.05$

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

Source	df	Sum of squares	Mean square	F	Pr > F	Partial eta squared	Power
Model	24	106.15*	4.42	131.30*	<.0001	0.99	107.35*
Residual	29	0.65	0.02	1.35	0.99	0.00	0.86
- Lack-of-fit	2	0.64*	0.32	1.11*	0.34	0.00	0.76*
- Pure error	27	5.000x10 <sup>-3</sup>	0.00	0.25	0.99	0.00	0.10
R <sup>2</sup>		0.9940		0.9898			0.9920
C.V.	3.00			4.12			3.35

หมายเหตุ: \* แสดงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p \leq 0.05$

ns แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p > 0.05$



ตารางที่ 4.10 สมการความถ่วงสัมพัทธ์ของสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำชาชงผสมลำไยพุทราจีนและใบหม่อน

คำตอบตนเอง	สมการแสดงความถ่วงสัมพัทธ์	R <sup>2</sup>
แทนนิน	+209.42A + 356.61B + 252.58C + 574.71D + 173.66E + 137.20AB - 398.08AC - 154.66AD - 286.54AE - 375.13BC - 644.34BD - 376.35BE - 810.89CD - 354.34CE - 647.34DE - 67.04ABC - 11.92ABD - 80.79ABE + 123.07ACD + 333.57ACE + 38.50ADE + 260.14BCD + 246.24BCE + 405.27BDE + 738.28CDE	0.8829
ความเป็นกรดต่าง	-177.67A - 81.33B + 90.82C + 152.10D + 52.934E + 692.86AB + 71.86AC + 297.04AD + 68.83AE - 125.78BC + 312.50BD + 14.81BE - 258.10CD - 120.19CE - 175.90DE - 278.21ABC - 310.10ABD - 335.89ABE - 158.45ACD + 12.95ACE - 156.81ADE - 17.02BCD + 153.58BCE - 276.79BDE + 244.60CDE	0.9491
ค่าสี L*	+44.09A + 46.36B + 51.93C + 74.11D + 55.14E + 9.28AB + 12.06AC - 26.57AD - 27.42BD - 29.87CD - 95.41DE - 70.27ABC - 79.90ABD - 103.22ABE - 133.13ACD - 113.25ACE + 147.70ADE - 91.54BCE + 139.90BDE + 86.59CDE	0.8937

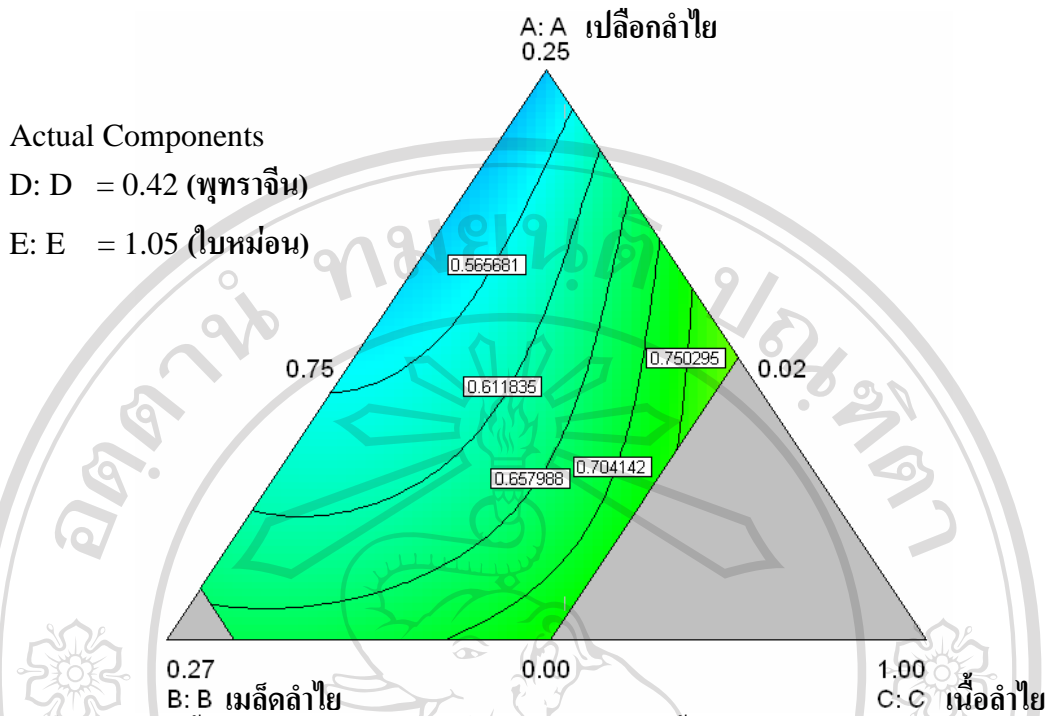
หมายเหตุ: A คือ เปลือกลำไย

B คือ เมล็ดลำไย

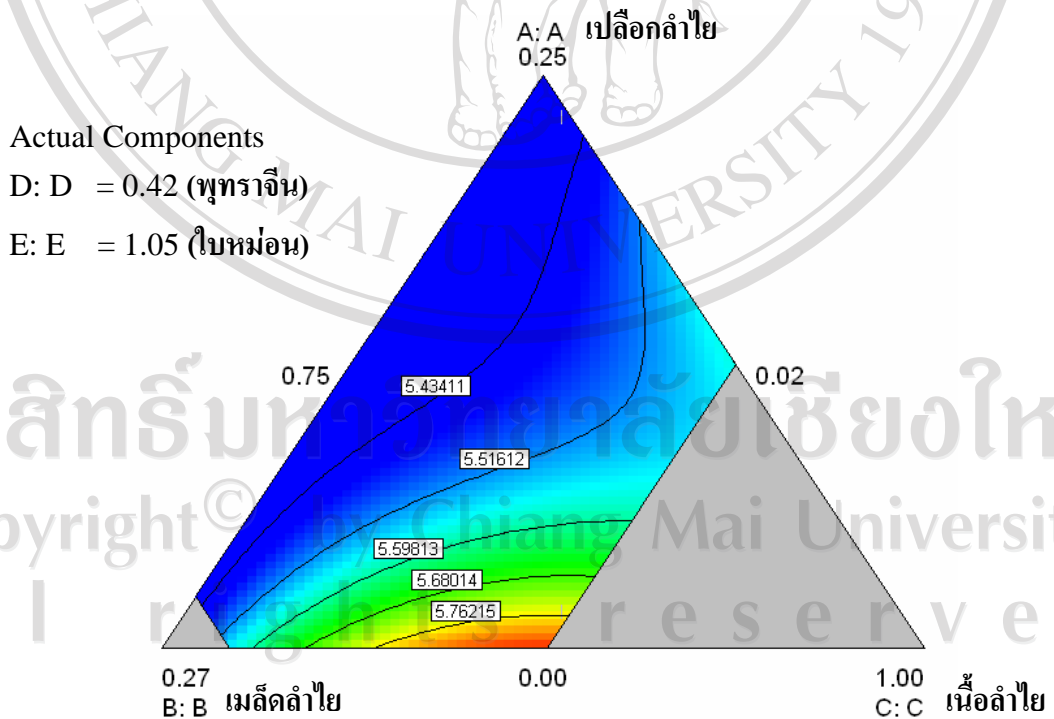
D คือ พุทราจีน

E คือ ใบหม่อน

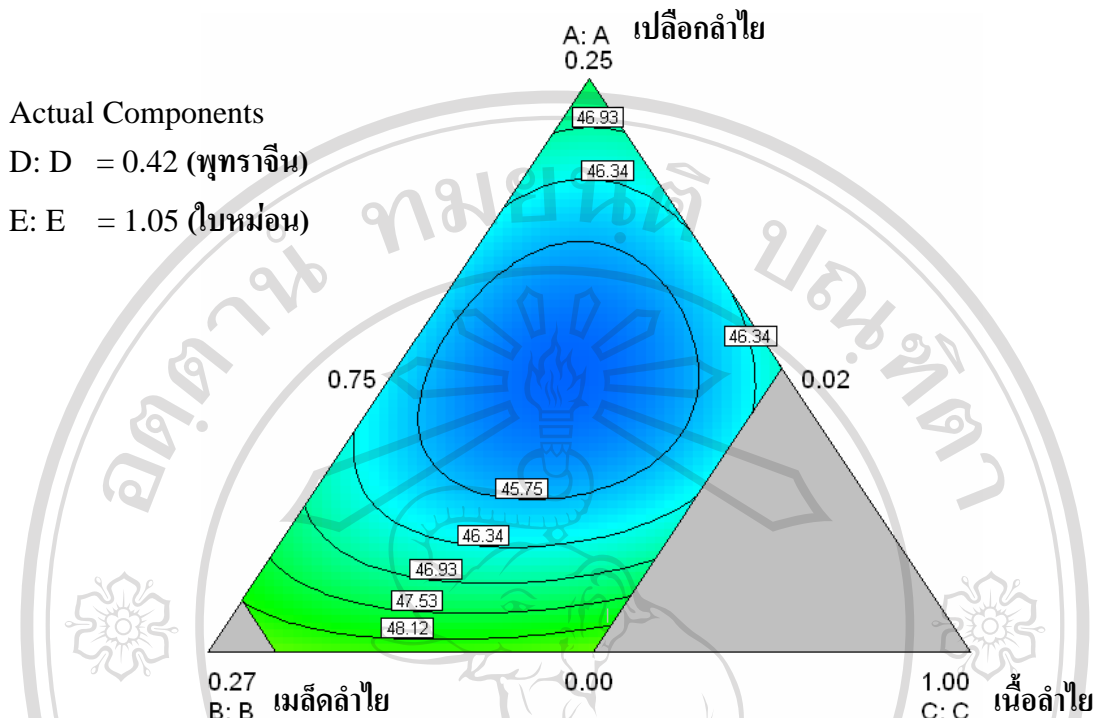
C คือ เนื้อลำไย



ภาพที่ 4.7 กราฟพื้นที่การตอบสนองต่อปริมาณแทนนินของน้ำชาขงผสมลำไย พุทราจีน และใบหม่อน



ภาพที่ 4.8 กราฟพื้นที่การตอบสนองต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำชาขงผสมลำไย พุทราจีน และใบหม่อน



ภาพที่ 4.9 กราฟพื้นที่การตอบสนองต่อค่าสี  $L^*$  ของน้ำชาชงผสมลำไย พุทราจีน และใบหม่อน

จากตารางที่ 4.9 พบว่า โมเดลที่สร้างขึ้นของแต่ละค่าตอบสนองมีความเหมาะสม โดยพิจารณาจากค่า Variance ratio (Significant) ค่า Lack of fit (non-significant) และค่า  $R^2$  (มีค่ามากกว่า 0.750) (Sharma and Prasad, 2006) ยกเว้นโมเดลของค่าตอบสนองปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าความขุ่น ค่าสี  $a^*$  ค่าสี  $b^*$  สีที่ปรากฏ กลิ่น รสชาติขมเค็ม ความรู้สึกหลังชิม ความใส และการยอมรับโดยรวม และเนื่องจากให้ค่า Lack of fit เป็น Significant ซึ่งแสดงถึงความไม่เหมาะสมของโมเดล ดังนั้นค่าตอบสนองที่ดีในการกำหนดช่วงในการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของชาชงผสมคือ ปริมาณแทนนิน ความเป็นกรด-ด่าง และค่าสี เมื่อนำผลการวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์ของค่าตอบสนองของน้ำชาชงผสมซึ่งเป็นสมการเส้นตรง (Linear model) ได้ผลดังตารางที่ 4.10 จากสมการ Significant ของแต่ละค่าตอบสนองสามารถนำมาสร้างกราฟพื้นที่ตอบสนองได้ดังภาพที่ 4.7-4.9

จากตาราง 4.9 พิจารณาความสัมพันธ์ของแทนนินซึ่งมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.8829 พบว่า ปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเปลี่ยนลำไย เมล็ดลำไย เนื้อลำไย พุทราจีน และใบหม่อน มีผลต่อปริมาณแทนนินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มหรือลดอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเปลี่ยนลำไย เมล็ดลำไย เนื้อลำไย พุทราจีน และใบหม่อนต่างมีผลทำให้ปริมาณ

แทนนินเปลี่ยนไปดังภาพที่ 4.7 โดยพบว่าปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเปลือกลำไย เมล็ดลำไย เนื้อลำไย พุทราจีน และใบหม่อน ในสูตรที่ 14 ให้ปริมาณแทนนินสูงที่สุด คือ ร้อยละ 1.07 การที่พบปริมาณแทนนินสูงอาจเนื่องจากในสูตรที่ 14 มีปริมาณสัดส่วนของเมล็ดและเปลือกลำไยมาก เมื่อเทียบกับสูตรที่ 13 ซึ่งให้ปริมาณแทนนินต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 0.39 และมีปริมาณสัดส่วนของเมล็ดและเปลือกลำไยน้อย ทั้งนี้ปริมาณแทนนิน ซึ่งเป็นสารประกอบที่ได้มาจากส่วนต่างๆ ของเปลือก เมล็ด เนื้อ และใบของพืชที่แสดงถึงจำนวนของสารประกอบฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์ชาชงผสมจากลำไย พุทราจีน และใบหม่อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวงเดือน (2542) ที่พบว่าปริมาณแทนนินในเมล็ดและเปลือกลำไยมีมากกว่าเนื้อลำไย และ Soong *et al.* (2006) ที่พบว่าในเมล็ดผลไม้มีสารฟีนอลิกสูงกว่าเนื้อผลไม้

ความเป็นกรด-ด่างมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9491 พบว่า ปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเปลือกลำไย เมล็ดลำไย เนื้อลำไย พุทราจีน และใบหม่อนมีผลต่อปริมาณ pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และจากภาพที่ 4.8 จะเห็นว่าอัตราส่วนทุกตัวมีผลต่อค่า pH โดยค่า pH ที่พบจะมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ช่วงระหว่าง 5.48-5.85 สอดคล้องกับผลงานวิจัยของวงเดือน (2542) ที่พบว่าค่า pH ของน้ำชามีความเป็นกรดเล็กน้อยเกือบเป็นกลางและมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ใกล้เคียงกันในแต่ละสูตร

ค่าสี  $L^*$  (ความสว่าง) มีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.8937 พบว่า ปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเปลือกลำไย เมล็ดลำไย เนื้อลำไย พุทราจีน และใบหม่อนมีผลต่อค่าสี  $L^*$  ของชาชงผสมทั้ง 27 สูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่าสี  $L^*$  จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสัดส่วนของพุทราจีน และค่าสี  $L^*$  ลดลงเมื่อเพิ่มสัดส่วนปริมาณเปลือกลำไย เมล็ดลำไย เนื้อลำไย (ภาพที่ 4.8) ซึ่งสัมพันธ์กับค่าสี  $L^*$  ของวัตถุดิบแต่ละชนิดและสอดคล้องของ Kotwaliwale *et al.* (2007) ที่รายงานว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) จะลดลง

ตารางที่ 4.11 การกำหนดช่วงของค่าตอบสนองในการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของชาขงผสม  
ลำไย พุทราจีน และใบหม่อน

ค่าตอบสนอง	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ค่าสี L*	45.48 <sup>1</sup>	52.24 <sup>2</sup>
แทนนิน <sup>1</sup>	0.39	1.07
ความเป็นกรด-ด่าง <sup>1</sup>	5.48	5.85

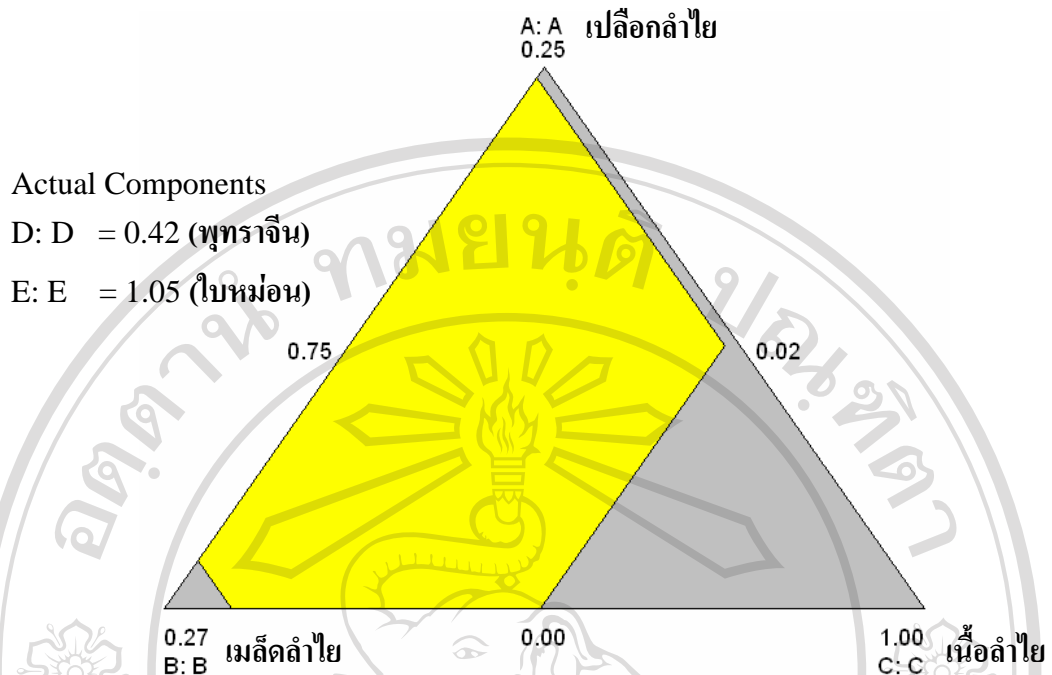
ที่มา : 1 จากการทดลอง

2 ผลวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของชากลิ่นแอปเปิล และกลิ่นพีช

ในการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของชาขงผสมจะกำหนดช่วงของแต่ละค่าตอบสนองโดย  
ผลจากการวิเคราะห์ร่วมกับสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของชากลิ่นแอปเปิลและกลิ่นพีช  
ในห้องตลาด (ค-4 และ ค-5) รายละเอียดดังตารางที่ 4.11 และทำการ Optimize จะได้กราฟ  
Contour plot แสดงพื้นที่สูตรที่เหมาะสมดังภาพที่ 4.10 สูตรที่เหมาะสมคือ

เปลือกลำไยแห้ง	ร้อยละ 2.00
เมล็ดลำไยแห้ง	ร้อยละ 2.80
เนื้อลำไยแห้ง	ร้อยละ 32.80
เนื้อพุทราจีนแห้ง	ร้อยละ 17.20
ชาใบหม่อนแห้ง	ร้อยละ 45.20

โดยมีค่าทำนายคือ ปริมาณแทนนินร้อยละ 0.77 ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.59 และค่าสี  
L\* เท่ากับ 46.93 เมื่อนำสูตรที่เหมาะสมที่ได้ไปทดลองจริง และนำผลมาวิเคราะห์ พบว่า มี  
ปริมาณแทนนินร้อยละ 1.44±0.05 ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.56±0.00 และค่าสี L\* เท่ากับ  
47.16±0.06 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ทำนายได้ (ตารางที่ 4.10) แสดงว่าสูตรของชาขงผสมจาก  
ลำไย พุทราจีน และใบหม่อนที่ได้มีความเหมาะสมจริง



ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงพื้นที่ที่เหมาะสมของชาชงผสมกล้วย พุทราจีน และใบหม่อน

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากการทำนายและค่าที่วัดได้จริงของชาชงผสมกล้วย พุทราจีน และใบหม่อน

คุณลักษณะ	ค่าการทำนาย	ค่าที่วัดได้จริง	ค่าความคลาดเคลื่อน	ร้อยละความคลาดเคลื่อน
แทนนิน	0.77	0.75±0.03	0.02	2.60
ความเป็นกรด-ด่าง	5.59	5.56±0.00	0.03	0.54
ค่าสี L*	46.93	47.16±0.06	0.23	0.49

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสูตรที่เหมาะสมของชาชงผสมกล้วย พุทราจีน และใบหม่อน โดยวิธี 9-Points Hedonic Scale ได้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลทดสอบทางประสาทสัมผัส

ปัจจัยที่ทดสอบ	ผลคะแนนที่ได้
สี	6.84±1.08
กลิ่น	6.50±1.23
รสชาติขม	6.48±1.17
ความรู้สึกล้น	6.96±0.90
ความใส	7.52±0.81
การยอมรับโดยรวม	7.30±0.56

หมายเหตุ : ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.13 พบว่าในด้านรสชาติขม กลิ่น สี และความรู้สึกล้น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเฉลี่ยในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมากที่สุด โดยให้คะแนนด้านรสชาติขมเท่ากับ 6.48 ด้านกลิ่นเท่ากับ 6.50 ด้านสีเท่ากับ 6.84 และความรู้สึกล้นเท่ากับ 6.96 ในด้านความใสและการยอมรับโดยรวมผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยความชอบปานกลางถึงชอบมากที่สุด โดยให้คะแนนความใสเท่ากับ 7.52 และการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 7.30

#### 4.4 วิเคราะห์องค์ประกอบของชาลำไย พุทราจีน และใบหม่อน สูตรที่ได้รับการยอมรับเปรียบเทียบกับมาตรฐานชาจากลำไย พุทราจีน และใบหม่อน

ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) เพื่อหาปริมาณแกลลิก แอซิด (Gallic acid) และอีลาจิก แอซิด (Ellagic acid) พบว่า การวิเคราะห์ชาผสมจากลำไย พุทราจีน และใบหม่อนที่เหมาะสม ตรวจไม่พบแกลลิก แอซิด และอีลาจิก แอซิด ดังภาพที่ 4.11-4.13 ทั้งนี้เนื่องจากสูตรชาผสมจากลำไย พุทราจีน และใบหม่อนที่เหมาะสมใช้ปริมาณ 2.5 กรัมต่อถุงชา มีเปลือกลำไยแห้งร้อยละ 2.00 เมล็ดลำไยแห้งร้อยละ 2.80 ซึ่งนับว่ามีปริมาณต่ำมาก และในการวิเคราะห์จำเป็นต้องทำเป็นน้ำชาซึ่งทำให้สารต่างๆ เจือจางลงเป็นเหตุให้ตรวจวิเคราะห์ไม่พบสารแกลลิก แอซิด และอีลาจิก แอซิด ซึ่งทำให้ผลไม่สอดคล้องกับ ยุทธนา (2005), อุษณีย์ (2549), Nuchanart (2005), Soong และ Barlow (2004, 2006) ที่พบว่าในเปลือกและเมล็ดลำไยจะมีสารแกลลิก แอซิด และอีลาจิก แอซิด ซึ่งเป็นสารป้องกันการก่อมะเร็ง (Anticarcinogenic Agent) ช่วยลดอนุมูลอิสระในเม็ดเลือดขาว เป็นสารที่ป้องกันการก่อ

กลายพันธุ์ (Antimutagenic Compound) ช่วยลดการหดตัวของหลอดเลือดที่ถูกกระตุ้นด้วย นอร์อีพิเนฟริน (Norepinephrine) และสารสกัดเมล็ดลำไยยังสามารถยับยั้งเชื้อมาลาเรียได้ หากเพิ่มปริมาณเมล็ดและเปลือกลำไยจะส่งผลให้ชาวมิไรซมและผู้บริโภคไม่ยอมรับ และหากต้องการ สารเกลติก แอซิด และอีลาจิก แอซิดจากชาชงผสมลำไย พุทราจีน และใบหม่อน ผู้บริโภคอาจต้อง รับประทานเข้าไปจำนวนมาก

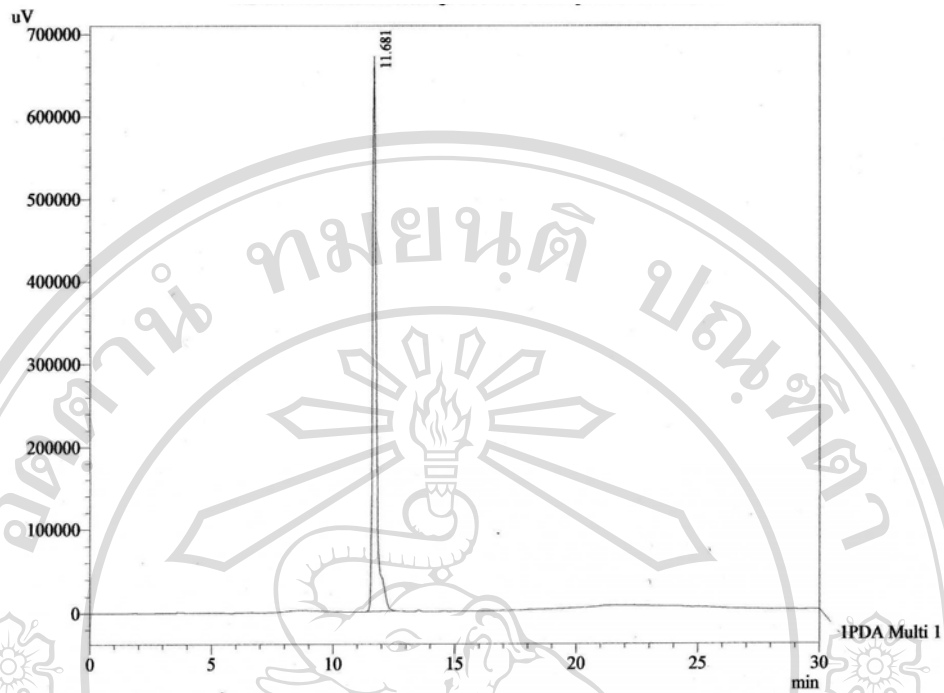
เมื่อนำสูตรชาชงผสมลำไย พุทราจีนและใบหม่อนที่เหมาะสมเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชนชา (มผช.120/2549) และชาใบหม่อน (มผช.30/2546) พบว่า ชาชงผสมลำไย พุทราจีน และใบหม่อนมีคุณลักษณะมาตรฐานมาตรฐานชาและชาใบหม่อน ดังตารางที่ 4.14

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

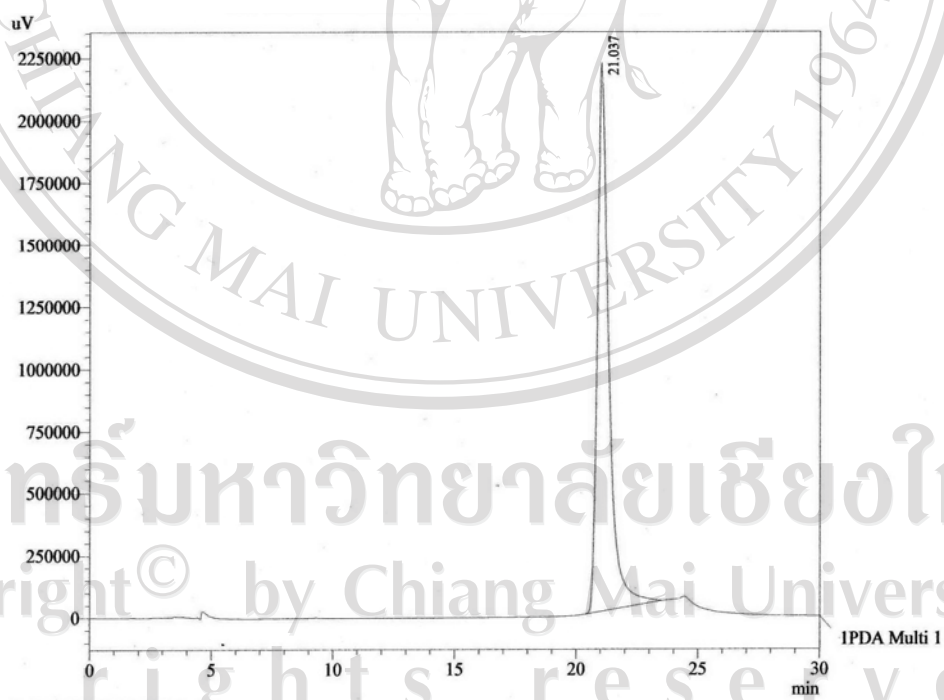


**ตารางที่ 4.14** ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของผสมลำไย พุทรจีน และใบหม่อนเทียบกับมาตรฐานชาและชาใบหม่อน

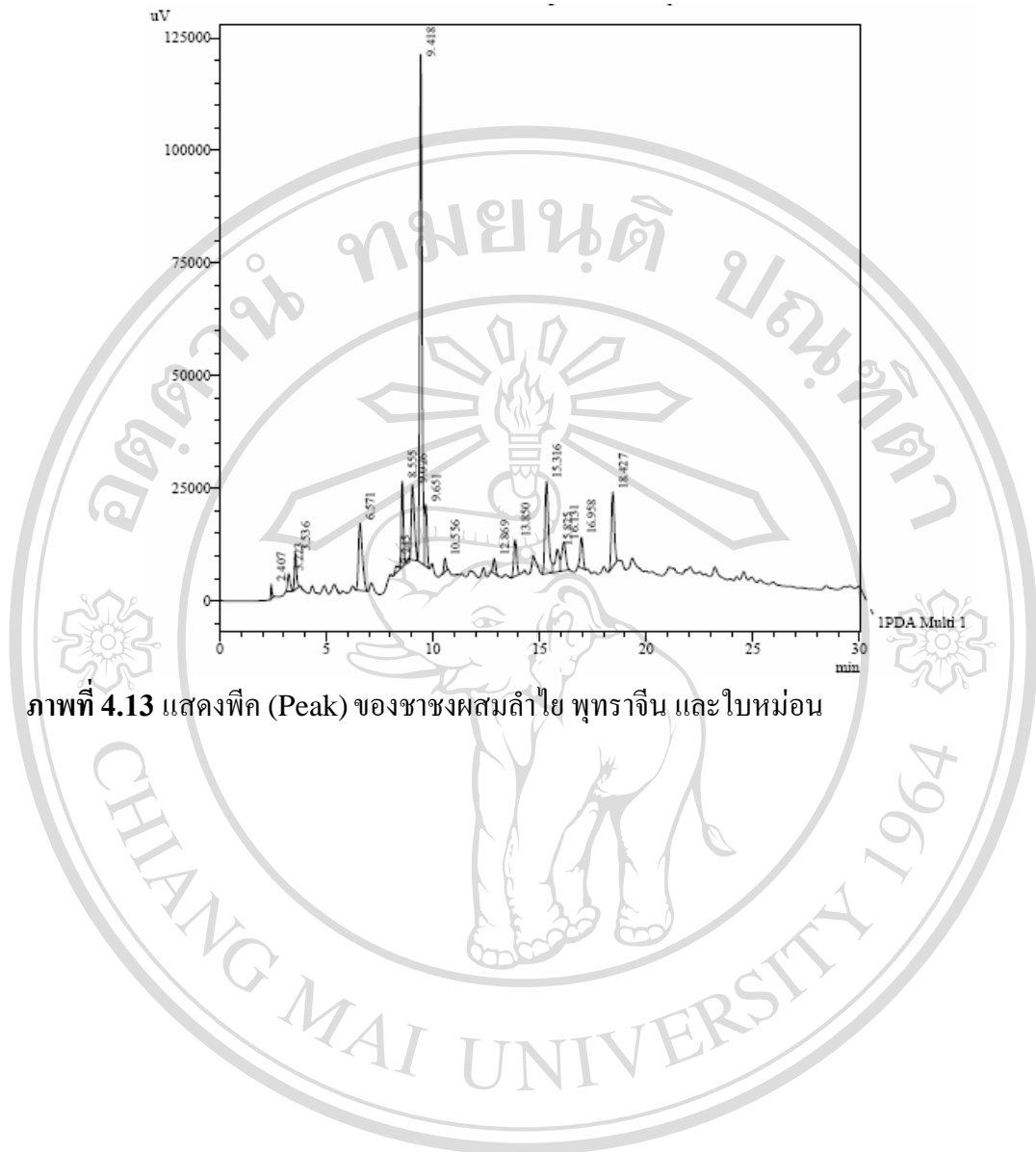
องค์ประกอบ	ชาหลงชงกล้ำไย	พุทราจีน และใบหม่อน	มาตรฐานชา (มท. 120/2549)	มาตรฐานชาใบหม่อน (มท. 30/2546)
ลักษณะทั่วไป	เป็นผงหยาบแห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน	เป็นชิ้นหรือเป็นผงแห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน	เป็นชิ้นหรือเป็นผงแห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน	เป็นชิ้นแห้งหรือเป็นผงแห้ง สะอาด
สี	สีที่ได้เป็นตามธรรมชาติของชา สีนํ้าตาลแดง โส เป็นมันวาว	มีสีธรรมชาติของชาชนิดนั้นๆ	มีสีธรรมชาติของชาชนิดนั้นๆ	มีสีธรรมชาติที่ได้จากการแปรรูปใบหม่อนและส้มน้ำเลมอ
กลิ่น	กลิ่นหอมคล้ายใบไม้แห้ง และมีกลิ่นของลำไยอ่อนๆ	มีกลิ่นที่ติดตามธรรมชาติชาชนิดนั้นๆ ปราศจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์	มีกลิ่นที่ติดตามธรรมชาติชาชนิดนั้นๆ ปราศจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์	กลิ่นหอมตามธรรมชาติของชาใบหม่อน อาจมีกลิ่นหอมของดอกไม้อหรือใบเตยที่นำมาแต่งกลิ่น และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค
รส	รสฝาดอ่อนๆ	มีรสที่ติดตามธรรมชาติของชาชนิดนั้นๆ	มีรสที่ติดตามธรรมชาติของชาชนิดนั้นๆ	มีรสตามธรรมชาติของชาใบหม่อน และไม่มีรสขม
สิ่งแปลกปลอม	ไม่พบสิ่งแปลกปลอม สังเกตได้จากความใสของชา มีค่าเท่ากับ 0.67	ไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กวาด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปนเปื้อนจากสัตว์	ไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กวาด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปนเปื้อนจากสัตว์	ไม่มีสิ่งแปลกปลอม เช่น เส้นผม ชิ้นส่วน หรือสิ่งปนเปื้อนของแมลง หนอน หนู และนกดิน ทราย และกรวด หรือส่วนต่างๆ ที่ไม่ใช่ใบหม่อน
การเจือสี	ไม่พบการเจือสีใดๆ	ต้องไม่พบการเจือสีใดๆ	ต้องไม่พบการเจือสีใดๆ	ต้องไม่พบการเจือสีใดๆ
ความชื้น	มีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 3.60 โดยน้ำหนัก	ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก	ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก	ไม่ระบุ



ภาพที่ 4.11 แสดงพีก (Peak) ของสารตัวอย่างแกลลิก แอซิด (Gallic acid)



ภาพที่ 4.12 แสดงพีก (Peak) ของสารตัวอย่างอีลาจิก แอซิด (Ellagic acid)



ภาพที่ 4.13 แสดงพีค (Peak) ของชาชงผสมลำไย พุทราจีน และใบหม่อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved