



รายงานวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟอาราบิก้าผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง
Development of Arabica Coffee Powder Using Drum Dryer



1. นางสาวภัทรกร ภาควีระชาติ
2. นางสาวศศธร สิงขรอาจ
3. นางสาวลลิตา ปานแก้ว
4. นายนิชูพยาน นิมะมิ่ง

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
งบประมาณเงินรายได้ ปี พ.ศ. 2561
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ



รายงานวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟอาราบิกาดำด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง
Development of Arabica Coffee Powder Using Drum Dryer



1. นางสาวภัทรกร ภาควีระชาติ
2. นางสาวศศธร สิงขรอาจ
3. นางสาวลลิตา ปานแก้ว
4. นายนิชูฟยาน นิมะมิ่ง

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
งบประมาณเงินรายได้ ปี พ.ศ. 2561
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยการพัฒนาลิขิตภัณฑ์กาฬอะราปิกางด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ดร.กฤษณ์ สงวนพวก (พี่เลี้ยงนักวิจัย) ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำเป็นอย่างดีมาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณศูนย์พัฒนาชาวไทยและสมุนไพรกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้คำปรึกษาสำหรับการใช้เครื่อง Gas chromatography และขอขอบพระคุณคณะทำงานวิจัยครั้งนี้ทุกท่าน

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ งบประมาณเงินรายได้ ปี พ.ศ. 2561 ให้ผู้วิจัยได้ค้นคว้าวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี



นางสาวภัทรกร ภควีระชาติ

นางสาวศศธร สิงขรอาจ

นางสาวลลิตา ปานแก้ว

นายนิชอุบาย นิมะมิง

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบ ลูกกลิ้ง
ชื่อนักวิจัย	นางสาวภัทรกร ภควีระชาติ นางสาวศศธร สิงขรอาจ นางสาวลลิตา ปานแก้ว นายนิษฐพยาน นิมะมิ่ง
ปีงบประมาณ	2561

บทคัดย่อ

การศึกษาชนิดของสารห่อหุ้ม 3 ชนิด คือ มอลโทเดกซ์ทริน ไฮโดรลิกเดกซ์ทริน และ กัมอะราบิก และปริมาณความเข้มข้น 3 ระดับ คือร้อยละ 5 10 และ 15 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ต่อ การผลิตกาแฟอะราบิกาผงโดยการทำให้แห้งแบบลูกกลิ้ง กำหนดให้มีอุณหภูมิที่ผิวของลูกกลิ้งเท่ากับ 130 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบของลูกกลิ้งเท่ากับ 2 รอบต่อนาที และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร จากนั้นศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผง จาก การศึกษาพบว่าการใช้สารห่อหุ้มไฮโดรลิกเดกซ์ทริน ร้อยละ 15 เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการผลิต จากนั้น นำมาศึกษาอุณหภูมิการทำให้แห้ง 3 ระดับ คือ 120 125 และ 130 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการผลิตคือ 125 องศาเซลเซียส และจากการทดสอบคุณสมบัติทางด้าน ประสาทสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงที่ผ่านการทำให้แห้งอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับไม่มีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสีพบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนการ ยอมรับสูงที่สุด ส่วนความชอบทางด้านกลิ่นผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงที่อุณหภูมิ 125 และ 130 องศาเซลเซียสให้ค่าการยอมรับไม่ต่างกัน ทางด้านเนื้อสัมผัสอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับไม่มีความแตกต่าง กันทางสถิติ และความชอบโดยรวมพบว่าที่อุณหภูมิ 125 และ 130 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่าง กัน

คำสำคัญ กาแฟอะราบิกา สารห่อหุ้ม เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง

Title	Development of Arabica Coffee Powder Using Drum Dryer
Researcher	Miss Pattarabhorn Pakaweerachat Miss Sasathorn Singhornart Miss Lalita Pankaew Mr. Nisufyan Nimaming
Year	2018

Abstract

The aim of this research was to studied maltodextrin, cyclodextrin and gum arabic which used as an encapsulation for arabica coffee powder (ACP) production on drum dryer. The ratio were 5, 10 and 15% w/v under the drying condition of 130°C drum temperature, 2 RPM drum speed and 0.5 mm gap between drums. The results found that using cyclodextrin at 15% w/v is the most suitable for ACP production. Then studied the optimal drying temperature at 120, 125 and 130°C. The results showed that 125°C was the best for production. The sensory evaluation revealed that the score of ACP from 120, 125 and 130°C drying conditions were not significantly different ($p \leq 0.05$) on the texture. The flavor and overall liking were not significantly different ($p \leq 0.05$) on 125 and 130°C drying conditions. The score on the color was higher when the higher drying temperature was applied.

Keywords Arabica, encapsulated, Drum Dryer

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 สถานที่ทำการทดลอง	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ประวัติและสายพันธุ์กาแฟ	3
2.2 การอบแห้ง	8
2.3 สารห่อหุ้มไซโคลเดกซ์ทรีน (Cyclodextrin)	14
2.4 สารห่อหุ้มกัมอะราบิก (Gum Arabic)	14
2.5 สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทรีน (maltodextrin)	16
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 วัตถุประสงค์	19
3.2 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ	19
3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง	19
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกาคว	22
4.2 ศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสารห่อหุ้มต่อคุณสมบัติทางกายภาพ	24
4.3 ศึกษาอุณหภูมิต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพ	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	31
5.2 ข้อเสนอแนะ	31
บรรณานุกรม	32
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก วัตถุติด อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	35
ภาคผนวก ข แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	38
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	40
ประวัติผู้จัดทำ	46



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	3
2.1 ตัวอย่างอาหารที่ค่าวอเตอร์แอกทวิตีต่างๆ	23
2.2 ค่าวอเตอร์แอกทวิตีของอาหารแต่ละประเภท	23
3.1 แสดงส่วนผสมของกาแฟต่อสารห่อหุ้ม	28
4.1 ค่าสีของเมล็ดกาแฟอะราบิกาคั่วที่อุณหภูมิ 3 ระดับ	30
4.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เมล็ดกาแฟอะราบิกาคั่วที่อุณหภูมิ 3 ระดับ	31
4.3 ค่าความหนาแน่นของเมล็ดกาแฟอะราบิกาคั่วอุณหภูมิ 3 ระดับ	32
4.4 ค่าสีของปริมาณสารห่อหุ้มและความเข้มข้น 3 ระดับ	33
4.5 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของปริมาณสารห่อหุ้มและความเข้มข้น 3 ระดับ	35
4.6 ค่าความหนาแน่นของปริมาณสารห่อหุ้มและความเข้มข้น 3 ระดับ	36
4.7 คะแนนเฉลี่ยทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผง	37
ค 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางค่าสีของเมล็ดกาแฟอะราบิกาคั่วที่อุณหภูมิ 3 ระดับ	58
ค 2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเมล็ดกาแฟอะราบิกาคั่วที่อุณหภูมิ 3 ระดับ	59
ค 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางค่าความหนาแน่นของ เมล็ดกาแฟอะราบิกา คั่วที่อุณหภูมิ 3 ระดับ	60
ค 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางค่าสีของผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	60
ค 5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	62
ค 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	62
ค 7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	63

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 เมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้าและอะราบิกา	5
2.2 เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่	14
2.3 โมเลกุลของไซเคิลเดคซ์ทริน	16
2.4 โมเลกุลของกัมอะราบิก	17
2.5 โมเลกุลของมอลโทเดกซ์ทริน	21
2.6 มวลของความหนาแน่น	24
ก 1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	44
ก 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	45
ก 3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าทางกายภาพและด้านสีของกาแฟอะราบิกาผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	46
ก 4 วิธีการดำเนินการทดลอง	47
ก 5 ตัวอย่างแผ่นพับ	53
ก 6 ตัวอย่างโปสเตอร์	54



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทยที่ทำรายได้ให้เกษตรกรปีละประมาณ 5,500 ล้านบาท ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (ปี 2554-2558) ซึ่งประเทศไทยสามารถปลูกกาแฟได้เป็นอันดับที่ 3 ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (กรมการค้าต่างประเทศกระทรวงพาณิชย์, 2551) จากข้อมูลที่มีการสำรวจทั่วโลกมีกาแฟอยู่มากกว่าประมาณ 500 สายพันธุ์ สายพันธุ์ที่มีการปลูกและเป็นที่นิยมทั่วไปมีด้วยกัน 2 พันธุ์หลัก คือ โรบัสต้าและอะราบิกา (ยอดยิ่ง, 2549) กาแฟพันธุ์โรบัสต้านำเข้ามาปลูกในราวปี พ.ศ. 2447 ที่จังหวัดสงขลา และได้มีการขยายพันธุ์ไปอย่างรวดเร็วทั่วทุกภูมิภาคของไทย กาแฟพันธุ์โรบัสต้ากลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดชุมพร นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี ส่วนพันธุ์อะราบิกามีการปลูกในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2393 นิยมปลูกในแถบภาคเหนือของไทย ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน และน่าน จนกลายเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญอีกชนิดหนึ่งของภาคเหนือเช่นกัน (ศรีนยา, 2547)

ปัจจุบันการแปรรูปอาหารเพื่อเก็บรักษาอาหารให้อยู่ได้นานและยังคงคุณภาพของอาหารให้ได้มากที่สุด สามารถทำได้หลายกระบวนการ เช่น การทำแห้ง (drying) โดยเฉพาะการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer) เป็นเครื่องทำแห้งแบบให้ความร้อนแบบนำความร้อน ซึ่งประกอบด้วยลูกกลิ้งทำด้วยเหล็กปลอดสนิม อาหารที่จะทำแห้งต้องมีลักษณะชื้นและป้อนเข้าเครื่องทำให้ความชื้นภายในอาหารกลายเป็นไ้ออกไป ตรงผิวชั้นนอกของลูกกลิ้งอาหารที่ทำแห้งจะออกมาในรูปแบบแผ่นฟิล์มบางๆ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปดัดเป็นผงได้ตามต้องการโดยใช้ระยะเวลาในการทำที่สั้น (สุคนธ์ชื่น, 2539) การทำแห้งผลิตภัณฑ์กาแฟด้วยวิธีนี้ต้องมีการใช้สารห่อหุ้ม (encapsulating agent) ควบคู่ด้วย เช่น มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) กัมอะราบิก (gum arabic) และไซโคลเดกซ์ทริน (cyclodextrin) เพื่อลดการสูญเสียของกลิ่นรสของกาแฟจากความร้อน

โดยทั่วการทำแห้งผลิตภัณฑ์กาแฟในประเทศไทยนั้นนิยมใช้กาแฟโรบัสต้า เนื่องจากต้นทุนกาแฟดำและมีปริมาณมากในประเทศ แต่ที่ผ่านมายังมีการศึกษาเกี่ยวกับการทำแห้งผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาน้อย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาเกี่ยวกับการทำแห้งผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงโดยใช้วิธีการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เพื่อเป็นทางเลือกเพิ่มเติมในการทำแห้งผลิตภัณฑ์กาแฟต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 ศึกษาอุณหภูมิการคั่วกาแฟที่เหมาะสม สำหรับการผลิตกาแฟอะราบิกาผงสำเร็จรูป
- 1.2.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกาแฟอะราบิกาผงสำเร็จรูปโดยการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง
- 1.2.3 ศึกษาคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของกาแฟอะราบิกา และผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงสำเร็จรูป

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ศึกษาอุณหภูมิการคั่วกาแฟ ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 200 220 และ 240 องศาเซลเซียส

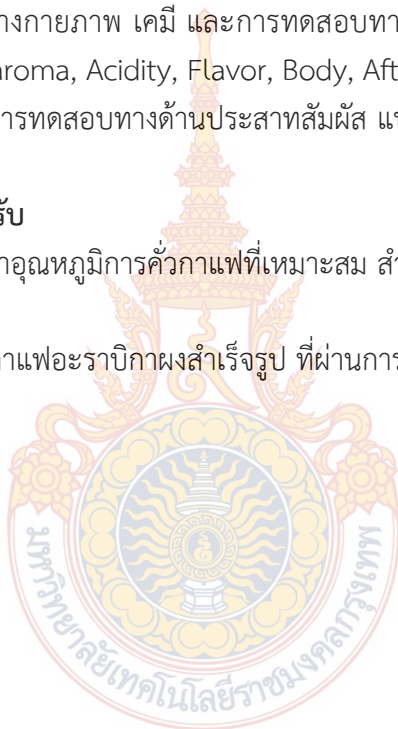
1.3.2 ศึกษาปัจจัยการทำแห้งกาแฟอาราบิก้าโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง โดยศึกษาสารหอม 3 ชนิด คือ มอลโทเด็กซ์ทริน กัมอาราบิก และไซโคเด็กซ์ทริน ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5 10 และ 15 (โดยน้ำหนัก) และอุณหภูมิที่ผิวของลูกกลิ้ง 3 ระดับ คือ 120 125 และ 130 องศาเซลเซียส

1.3.3 ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยทดสอบปัจจัยในเรื่อง Fragrance/aroma, Acidity, Flavor, Body, After test และ Balance โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส แบบ 9 point hedonic scale

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบผลศึกษาอุณหภูมิการคั่วกาแฟที่เหมาะสม สำหรับการผลิตกาแฟอาราบิก้าผงสำเร็จรูป

1.4.2 ได้ผลิตภัณฑ์กาแฟอาราบิก้าผงสำเร็จรูป ที่ผ่านการทำแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติและสายพันธุ์กาแฟ

กาแฟมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Coffea* spp. เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทยที่ทำรายได้ให้เกษตรกรปีละประมาณ 3,000 ล้านบาท กาแฟเจริญเติบโตได้ในลักษณะภูมิอากาศเขตร้อนชื้น แหล่งที่ปลูกคือ อเมริกาใต้ แอฟริกา และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นต้น ผลกาแฟเมื่อโตเต็มที่จะให้ผลสีแดงซึ่งภายในผลของกาแฟนั้นมีเมล็ดกาแฟอยู่ เมื่อนำมาคั่วแล้วสามารถชงเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมแพร่หลาย ทั้งนี้ประเทศไทยพบว่าการปลูกกาแฟสายพันธุ์โรบัสตาในภาคใต้ของประเทศไทยมานานกว่า 50 ปี เพื่อใช้เป็นพืชเสริมรายได้จากการทำสวนยาง และสวนผลไม้อื่นๆ (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2531) สำหรับกาแฟอาราบิก้าได้มีการนำเข้ามาปลูกโดยมูลนิธิโครงการหลวงซึ่งทางมูลนิธิฯ เล็งเห็นว่าเป็นพืชที่น่าจะทำการได้ดีให้กับเกษตรกร เนื่องจากเป็นพืชที่ชอบอากาศเย็นและปลูกได้ดีบนพื้นที่สูง (ศุภชัย, 2546)

การผลิตกาแฟเพื่อบริโภคนั้น ต้องการการผลิตที่มีคุณภาพเพื่อให้สามารถผลิตกาแฟคั่ว (Roasted Coffee) ที่ดี การคัดคุณภาพของกาแฟตลอดจนการเก็บรักษาเพื่อให้ได้สารกาแฟ (Green Coffee หรือ Clean Coffee) ที่มีคุณภาพสูง ขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และขั้นตอนการผลิตสารกาแฟ ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้กาแฟเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ขั้นตอนการผลิตจากการศึกษาขั้นตอนการผลิตสารกาแฟพบว่ามีกรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง แบบเปียก และแบบกึ่งเปียกกึ่งแห้ง การผลิตกาแฟแบบแห้งเป็นวิธีการทำสารกาแฟที่ง่าย มีขั้นตอนน้อย ประหยัดแรงงานและไม่ต้องการเครื่องมือที่ซับซ้อน แต่มีข้อเสียคือเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จากการหมักจากเมือกหุ้มรอบกะลา (Mucilage) ได้เปลือกกาแฟซึ่งมีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ ทำให้รสชาติและกลิ่นของกาแฟที่ได้ผิดไปจากปกติ สารกาแฟที่ได้จึงมีคุณภาพต่ำ และผลกาแฟตากแห้งไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน ต้องสีกะเทาะเปลือกทันที วิธีแบบกึ่งเปียกกึ่งแห้ง จะลดความเสี่ยงจากการหมักของกาแฟได้ดีกว่าแบบแห้ง โดยผลกาแฟจะถูกล้างและทำความสะอาด จากนั้นจะถูกแกะเปลือกออกด้วยการใช้เครื่องเปลือก (Depulper) และนำเมล็ดกาแฟที่ได้ไปตากให้แห้ง ส่วนวิธีแบบเปียกนั้นเป็นวิธีที่นิยมในการผลิตสารกาแฟอาราบิก้า เพราะสามารถผลิตสารกาแฟที่มีกลิ่น และรสชาติที่ดี เป็นที่ยอมรับว่าการผลิตแบบเปียกทำให้ได้สารกาแฟที่มีคุณภาพดีที่สุดในขั้นตอนมากกว่ากรรมวิธีการผลิตแบบแห้งและแบบกึ่งเปียก (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ปัจจัยที่มีผลต่อสารให้กลิ่นในกาแฟคือสายพันธุ์ แหล่งที่ปลูก การคั่วและการชงกาแฟ กาแฟจากสายพันธุ์ที่แตกต่างกันจะมีกลิ่นรสที่เป็นลักษณะเฉพาะ โดย Semmelroch and Grosch (1996) ศึกษาปัจจัยของกาแฟ 2 สายพันธุ์หลัก พบว่ากาแฟโรบัสตาจะให้ลักษณะกลิ่นที่แรงและฉุน ประกอบด้วยกลิ่นคั่ว (roasty)/ ซัลเฟอร์ (sulphury) กลิ่นดิน (earthy)/ กลิ่นอับ (musty) กลิ่นควัน (smoky) / ฟีนอลิก (phenolic) ส่วนกาแฟอาราบิก้าจะให้ลักษณะกลิ่นที่อ่อนนุ่ม โดยมีลักษณะของกลิ่นคาราเมล/ หวาน กลิ่นเนย และกลิ่นดินสำหรับแหล่งที่ปลูกกาแฟมีการปลูกกันมากในส่วนต่างๆ ของโลก ในแต่ละประเทศที่ปลูกกาแฟมีสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศแตกต่างกัน ทำให้มีปริมาณองค์ประกอบในเมล็ดกาแฟที่ไม่เหมือนกัน ส่งผลให้สารให้กลิ่นที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกัน

Spadone et al. (1990) ศึกษากลิ่น off-flavor ในกาแฟจากบริเวณที่แตกต่างกันของประเทศบราซิล และเปอร์โตริโก พบว่า 2, 4, 6-trichloroanisole (TCA) ซึ่งเป็นสารให้กลิ่น off-flavor จะพบในปริมาณที่ต่างกันแม้จะมาจากประเทศเดียวกันก็ตาม การคั่วมีผลต่อเมล็ดกาแฟโดยทำให้เกิดกลิ่นรสและลดปริมาณความชื้นของเมล็ด ในช่วงการคั่วนี้ระยะแรกจะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งจะเปลี่ยนกรดอะมิโนเปปไทด์ ตลอดจนสารประกอบเชิงซ้อนของโปรตีน และน้ำตาลรีดิวซ์ให้เป็นอัลดีไฮด์ (aldehyde) คีโตน (ketone) เอมีน (amine) ฟูแรน (furan) และ ไพราซีน (pyrazine) เมื่ออุณหภูมิในการคั่วสูงขึ้นจะเกิดปฏิกิริยาไฟโรไลซิสทำให้เกิดสารให้กลิ่น และกาซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้น้ำหนักเมล็ดลดลง ทั้งนี้ Holscher et al. (1992) รายงานว่าการคั่วกาแฟจะทำให้ prenyl alcohol เปลี่ยนโครงสร้างกลายเป็นสารประกอบซัลเฟอร์ (sulfur containing compound) ที่ให้กลิ่นของซัลเฟอร์ในกาแฟคั่ว อีกทั้ง Czerny et al. (1999) พบว่ากลิ่นดินที่ได้จากการคั่วนี้มาจากสารในกลุ่มไพราซีนเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตสกับอะลานีน ส่วนการชงกาแฟนั้น Deibler et al. (1998) พบว่าการชงแบบใช้ระยะเวลาสั้น และลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว โดยมีการใช้สุญญากาศเพื่อเพิ่มอัตราการไหลยังคงรักษาปริมาณสารให้กลิ่นไว้ได้ดีกว่าการชงแบบดั้งเดิม

กาแฟมีหลากหลายพันธุ์หลายชนิด แต่ที่นิยมปลูกและมีขายกันโดยทั่วไปมีอยู่ 2 พันธุ์คือ Coffee Arabica ชื่อทางการค้าคือ อะราบิกา (Arabica) และ Coffee anaphora ชื่อทางการค้าคือ โรบัสต้า (Robusta) ในประเทศไทยมีการปลูกกาแฟทั้งหมด 2 สายพันธุ์ ซึ่งกาแฟสองชนิดนี้มีคุณสมบัติที่ต่างกัน

2.1.1 ประเภทของกาแฟ

กาแฟอะราบิกา (*Coffea Arabica*) เป็นสายพันธุ์ที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากที่สุดในโลก มีปริมาณการผลิตถึง 80 เปอร์เซ็นต์ในตลาดกาแฟโลก แต่จะมีจำนวนเพียง 1 ใน 8 เท่านั้นที่เป็นกาแฟที่มีคุณภาพ ได้มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับ กาแฟชนิดนี้ให้ผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณสารกาแฟชั้นดี มีกลิ่นและรสชาติดีที่สุด เมล็ดพันธุ์อะราบิกานี้จะมีรูปทรงค่อนข้างรีวผอม รอยผ่าไส้กลางมีลักษณะคล้ายตัวเอส (S) เมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้วกาแฟพันธุ์นี้จะมีกลิ่นหอมหวานอบอวล ชับซ้อน คล้ายกลิ่นช็อกโกแลตและดอกไม้ รสชาตินุ่มละมุน มีปริมาณคาเฟอีนประมาณ ร้อยละ 1.1-1.7 หรือประมาณครึ่งหนึ่งของพันธุ์โรบัสต้าในสัดส่วนที่เท่ากัน ส่วนราคาต่อกิโลกรัมสูงกว่ากาแฟโรบัสต้า ทั้งนี้กาแฟอะราบิกานิยมนำมาคั่วบดชงโดยการกรองกากออก หรือนิยมเรียกว่ากาแฟสด กาแฟอะราบิกาชอบความเย็นเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีในพื้นที่ที่มีระดับความสูงตั้งแต่ 800 - 2,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล สำหรับในประเทศไทยบนเขาสูงในจังหวัดทางภาคเหนือ เช่น เชียงใหม่ เชียงราย ตาก และลำปาง จึงเป็นแหล่งที่ดีในการปลูกกาแฟพันธุ์อะราบิกา

กาแฟโรบัสต้า (*Coffea Robusta*) เป็นกาแฟพันธุ์ที่ต้องการความชุ่มชื้นสูงปลูกง่ายให้ปริมาณผลผลิตมาก นิยมปลูกกันมากในทวีปแอฟริกาและเอเชีย สามารถปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูงตั้งแต่ 500 - 600 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล สำหรับประเทศไทยนิยมปลูกกันทางภาคใต้ เช่น ชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช เมล็ดพันธุ์ของโรบัสต้าจะอวบ ด้านหลังมีลักษณะเป็นหลังเต่า รอยผ่าไส้กลางเมล็ดจะเป็นเส้นค่อนข้างตรง กาแฟสายพันธุ์นี้กลิ่นไม่หอมหวานอบอวล ไม่ซับซ้อน

รสชาติฝาดกว่าพันธุ์อะราบิกา และมีปริมาณคาเฟอีนสูงกว่า 1 - 2 เท่า หรือประมาณร้อยละ 2 - 4.5 ถึงแม้ว่าจะให้รสชาติด้อยกว่า มีรสฝาดมากกว่า แต่บดดีของกาแฟพันธุ์นี้จะมีมากกว่า สามารถรับรู้ได้เวลาดื่ม ส่วนใหญ่นำมาผลิตเป็นกาแฟสำเร็จรูป หรือนำมาผสมกับกาแฟพันธุ์อะราบิกาเพื่อให้ได้รสชาติที่แตกต่างออกไป



ภาพที่ 2.1 เมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้าและอะราบิกา
ที่มา : พศ (2559)

2.1.2 ผลกาแฟ

ขนาดของผลกาแฟแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ของกาแฟ โดยรวมแล้วผลกาแฟจะมีขนาดประมาณองุ่นผลเล็ก แต่สิ่งที่ต่างจากองุ่นคือปริมาตร ส่วนใหญ่ของผลกาแฟคือ ตัวเมล็ดกาแฟ ผลกาแฟสุกนั้นขาวไร้กาแฟเรียกกันว่า "ผลเชอร์รี่กาแฟ" ส่วนดอกกาแฟจะมีสีขาวกลิ่นหอมคล้ายมะลิป่า ออกตามซอกกิ่ง ดอกเป็นแฉกคล้ายดาวก้านสั้นอยู่รวมกันเป็นช่อ ดอกกาแฟเป็นดอกสมบูรณ์เพศ คือมีทั้งเกสรตัวผู้และตัวเมียในดอกเดียว โดยจะมีเกสรตัวเมียสองอัน เกสรตัวผู้มีประมาณ 2-4 อัน ช่วงของการออกดอกขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศ ในแถบประเทศไทยซึ่งมีภูมิอากาศร้อนชื้น กาแฟจึงสามารถออกดอกได้สม่ำเสมอตลอดปี (ยอดยิ่ง, 2549) แม้ว่าผลกาแฟจะมีชั้นเนื้อกาแฟ แต่เป็นเพียงชั้นบาง ๆ ใต้ชั้นเปลือกกาแฟ ผลกาแฟทุกผลเริ่มจากสีเขียวและจะเปลี่ยนเป็นสีที่เข้มขึ้นเมื่อเริ่มโต เปลือกกาแฟจะมีสีแดงเข้มเมื่อผลสุก (Hoffmann, 2559)

การเก็บกาแฟควรเลือกผลที่มีความสุกร้อยละ 90 - 100 โดยสามารถทดสอบความสุกของผลที่พร้อมจะเก็บเกี่ยวได้ โดยการปอกผลกาแฟแล้วใช้นิ้วบีบผล ถ้าผลสุกเปลือกจะแตกได้ง่าย และเมล็ดกาแฟจะโผล่ออกมา เมล็ดกาแฟที่อยู่ในเปลือกแข็งหุ้ม จะมีเยื่อบางๆ ห่อหุ้มอีกชั้นหนึ่ง ส่วนเนื้อในของผลกาแฟนั้นเมื่อสุกเต็มที่แล้วจะมีรสหวานมีลักษณะเป็นยางเหนียวๆ ระดับความสุกนั้นเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำตาลในผลกาแฟ

2.1.3 เมล็ดกาแฟ

เมล็ดกาแฟประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ หลายชั้น เมล็ดกาแฟจะมีชั้นผิวป้องกันเมล็ดอยู่ชั้นนอกสุดซึ่งเรียกว่ากะลา (Parchment) จากนั้นจะเป็นชั้นที่บางกว่าซึ่งเรียกว่าชั้นเยื่อหุ้มเมล็ด (Silverskin) โดยทั่วไปแล้วผลส่วนใหญ่จะมีเมล็ดกาแฟ 2 เมล็ดที่หันเข้าหากันและพัฒนาไปพร้อมกันโดยหน้าที่หันเข้าหากันจะแบน พอเมล็ดสุกจะมีสีน้ำตาลปนแดงที่เรียกว่า "ผลเชอร์รี่กาแฟ" อาจมีบางครั้งที่ผลกาแฟมีเมล็ดเดียวซึ่งกาแฟชนิดนี้จะเรียกว่าพีเบอร์รี่ (Peaberry) โดยแทนที่เมล็ดจะมีด้านแบนด้านหนึ่ง พีเบอร์รี่จะกลมและมีผลผลิตประมาณร้อยละ 5 ของผลผลิตของไร่ พีเบอร์รี่เหล่านี้จะถูกแยกประเภทออกมาจากกาแฟปกติ เพราะมีคุณลักษณะที่เป็นที่ต้องการหรือคัดออกมาแล้วแตกต่างจากเมล็ดกาแฟที่มีด้านแบน (Hoffmann, 2559)

2.1.4 กระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟ

กระบวนการแปรรูปกาแฟที่เป็นที่นิยมมีอยู่ 2 กระบวนการ ดังนี้

1. กระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโดยวิธีเปียก (Wet Method or Wash Method) วิธีการนี้ใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์ มีขั้นตอนมาก เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายเพราะสารกาแฟที่ได้นั้นจะมีคุณภาพมากกว่า รสชาติดีกว่า ราคาของสารกาแฟที่ได้ก็สูงกว่าอีกด้วย นิยมใช้กับกาแฟพันธุ์อะราบิกา ขั้นตอนในการทำสารกาแฟนี้มีด้วยกัน 5 ขั้นตอน คือ

1.1 การปอกเปลือก (Pulping) เมื่อเก็บผลกาแฟสุกมาแล้ว ให้ปอกเปลือกนอกทันทีโดยใช้เครื่องปอก ใช้น้ำในระหว่างที่เครื่องทำงาน ปอกเปลือกแล้วไม่ควรเก็บผลกาแฟไว้นาน เนื่องจากรสชาติและคุณภาพของสารกาแฟจะลดลงด้วยการหมัก

1.2 การกำจัดเมือก (Demucilaging) เมล็ดกาแฟที่ผ่านการปอกเปลือกแล้วจะมีเมือกห่อหุ้มอยู่ ต้องกำจัดออกไปทันที โดยวิธีการหมักตามธรรมชาติโดยวิธีการใช้ได้ต่าง และใช้แรงเสียดทาน

1.3 การตากหรือการทำแห้ง (Drying) หลังจากทำความสะอาดเมือกแล้วจะต้องตากสารกาแฟเพื่อไล่ความชื้นของเมล็ดกาแฟ เมล็ดกาแฟที่ดีควรจะมีค่าความชื้นไม่เกิน ร้อยละ 13

1.4 การบรรจุ (Packing) เมล็ดกาแฟที่ได้ควรเก็บไว้ในรูปของกาแฟกะลา เพื่อรักษาเนื้อกาแฟและป้องกันความชื้นให้เมล็ดกาแฟ โดยบรรจุในกระสอบป่านใหม่ และเก็บในโรงเก็บที่มีอากาศถ่ายเทไม่อับชื้นหรือมีกลิ่นเหม็น

1.5 การสีกาแฟกะลา (Hulling) กาแฟกะลาที่จะนำไปจำหน่ายควรจะทำการสีเพื่อเอากะลาออกด้วยเครื่องสีกะลา จะได้สารกาแฟซึ่งมีผลสีเขียวอมฟ้า

2. กระบวนการแปรรูปเมล็ดกาแฟโดยวิธีแห้ง (Dry Method หรือ Natural -Method) วิธีการแปรรูปแบบแห้งนั้นง่าย ต้นทุนต่ำ มีความยุ่งยากน้อยกว่าแบบเปียกแต่จะใช้เวลานานมาก และสารกาแฟที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแบบเปียกแล้วคุณภาพจะด้อยกว่า กรรมวิธีนี้เหมาะกับการผลิตสารกาแฟในปริมาณมากนิยมใช้กับการแปรรูปโรบัสต้า ขั้นตอนการทำคือนำผลเชอร์รี่ที่เก็บได้มาตากบนลานในระหว่างวันต้องหมั่นเฝ้ากลับด้าน เพื่อให้เมล็ดกาแฟแห้งอย่างทั่วถึง ซึ่งต้องใช้เวลาประมาณ 15 วัน หรือจนกว่าจะแห้งดี เมื่อเมล็ดกาแฟแห้งดีแล้วจะต้องนำไปสีเอาเปลือกแห้ง

ออก จึงจะได้สารกาแฟแบบที่เห็นกัน สารกาแฟที่ผลิตโดยกรรมวิธีนี้จะมีคุณภาพต่ำกว่าสารกาแฟที่ผลิตโดยวิธีแบบเปียก เพราะในช่วงระหว่างการตากที่ผลเชอร์รี่กาแฟยังไม่แห้งดีนั้นจะเกิดการหมักตัวของเมือกที่อยู่ภายในผลเชอร์รี่ อันมีผลทำให้กลิ่นและรสของสารกาแฟที่ได้ด้อยลง (นงนภา, 2548; ยอดยิ่ง, 2549)

2.1.5 น้ำตาลในกาแฟ

เมล็ดกาแฟดิบ ประกอบไปด้วยน้ำตาลเชิงเดี่ยว แม้ว่าน้ำตาลเชิงเดี่ยวมักมีรสชาติดหวาน น้ำตาลในเมล็ดกาแฟนั้นทำปฏิกิริยากับความร้อนจากการคั่วค่อนข้างมาก โดยเมื่อความชื้นระเหยออกจากเมล็ดกาแฟหมดน้ำตาลก็เริ่มเกิดปฏิกิริยาหลายอย่าง บางตัวก็เปลี่ยนเป็นคาราเมลและก่อให้เกิดรสคาราเมลในกาแฟบางชนิด อย่างไรก็ตามกาแฟที่มีปฏิกิริยาแบบนี้จะมีความหวานลดลงและเริ่มมีรสขมในที่สุด ส่วนน้ำตาลตัวอื่นจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนในเมล็ดกาแฟซึ่งเราเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard-Reaction) ทั้งนี้ น้ำตาลเชิงเดี่ยวจะไม่มีเหลืออยู่ต่อไปเมื่อเราคั่วไปถึงขั้นเสียงแตกครั้งแรกเพราะพวกมันจะทำปฏิกิริยาต่าง ๆ ไปจนหมดเพื่อสร้างกลิ่นในกาแฟที่มีอยู่มากมาย (Hoffmann, 2559)

2.1.6 กรดในกาแฟ

เมล็ดกาแฟดิบประกอบไปด้วยกรดหลากหลายชนิด บางตัวก็รสชาติดี กรดชนิดหนึ่งที่สำคัญสำหรับนักคั่วกาแฟก็คือ กรดคลอโรจีนิก (Chlorogenic Acids (CDAS)) ซึ่งหนึ่งในเป้าหมายหลักของนักคั่วกาแฟก็คือ การทำปฏิกิริยากับกรดที่ไม่ต้องการ เพื่อกำจัดออกไปโดยไม่ทำให้รสชาติกาแฟเสียหรือสูญเสียกลิ่นและรสชาติที่ต้องการ กรดในเมล็ดกาแฟบางตัวนั้นจะไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ ระหว่างการคั่ว เช่น กรดควินิก (Quinic Acid) ที่ช่วยเพิ่มรสสะอาดให้กับกาแฟ (Hoffmann, 2559)

2.1.7 องค์ประกอบกลิ่นในกาแฟ

กลิ่นหอมในกาแฟที่ดีส่วนใหญ่เกิดขึ้นระหว่างการคั่วผ่านปฏิกิริยา 3 แบบได้แก่ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน และ ปฏิกิริยาสเตรเกอร์ดีเกรเดชัน (Maillard- reaction, Caramelization, และ Strecker Degradation) ซึ่งเป็นอีกปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดกับกรดอะมิโนโดยปฏิกิริยา ทั้งหมดเกิดขึ้นจากความร้อนระหว่างการคั่ว และสามารถสร้างองค์ประกอบที่มีกลิ่นหอมและระเหยไปได้ง่ายมากกว่า 800 ชนิด (Hoffmann, 2559)

2.1.8 ระดับขั้นตอนการคั่วเมล็ดกาแฟ

การคั่วกาแฟคือ กระบวนการที่ทำให้เมล็ดกาแฟอุณหภูมิสูงขึ้นจากระดับอุณหภูมิห้องไปถึง 200-230 องศาเซลเซียส หรือประมาณ 400-450 องศาฟาเรนไฮต์ ในระหว่างการคั่วนี้และความชื้นที่อยู่ภายในเมล็ดกาแฟจะถูกไล่ออกไปทำให้สีของเมล็ดกาแฟเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวมัน เงา แล้วกลายเป็นสีน้ำตาลซีด จากนั้นจะค่อยๆเข้มขึ้นตามลำดับ หากคั่วจนเข้มมาก ๆ น้ำมันที่อยู่ภายในเมล็ดกาแฟจะหลั่งออกมาเคลือบเมล็ดกาแฟจนเป็นเงามัน การคั่วกาแฟมีระดับขั้นที่สำคัญอยู่หลายระดับ

ซึ่งระยะเวลาที่กาแฟแต่ละชนิดใช้เพื่อก้าวข้ามแต่ละขั้นนั้นเรียกว่า Profile การคั่ว (Hoffmann, 2559)

ขั้นที่ 1 ทำให้แห้ง (Drying) กาแฟดิบมีความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ 7-11 ซึ่งกระจายอยู่ทั่ว ๆ โครงสร้างเมล็ดกาแฟ กาแฟจะไม่เปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลหากยังมีความชื้นอยู่

ขั้นที่ 2 เปลี่ยนเป็นสีเหลือง (Yellowing) เมื่อความชื้นถูกขจัดออกไปจนหมดกาแฟก็จะเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล เมล็ดกาแฟในขั้นตอนนี้จะยังคงมีความหนาแน่นสูงและมีกลิ่นคล้ายข้าวและขนมปัง

สองขั้นตอนแรกนี้สำคัญมากเพราะหากเมล็ดกาแฟไม่แห้งดี เมล็ดกาแฟก็จะคั่วออกมาได้ไม่สม่ำเสมอในขั้นตอนต่อไปซึ่งภายนอกเมล็ดกาแฟอาจคั่วได้ระดับดีแล้ว แต่ด้านในยังไม่ได้ระดับที่ต้องการและกาแฟที่ชงออกมาจะมีรสชาติไม่พึงประสงค์ทั้งรสขมจากด้านนอก รสเปรี้ยวและเหม็นเขียวจากเมล็ดกาแฟด้านใน การคั่วกาแฟให้ช้าลงหลังจากขั้นตอนนี้ไปแล้ว ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ เพราะเมล็ดกาแฟจะมีระดับการคั่วที่ต่างกันเสมอ

ขั้นที่ 3 เสียงแตกครั้งแรก (First Crack) เมื่อเมล็ดกาแฟเริ่มเปลี่ยนสี แก๊สส่วนใหญ่เป็นแก๊ส CO_2 และไอน้ำก็จะเริ่มก่อตัวขึ้นแล้วเมื่อมีแรงดันในเมล็ดกาแฟมากพอ เมล็ดกาแฟจะแตกออกมาจนเป็นเสียงและมีขนาดเมล็ดขยายขึ้นเกือบเท่าตัว รสชาติของกาแฟจะเริ่มก่อตัวจากจุดนี้เป็นต้นไป และนักคั่วสามารถหยุดคั่วได้ในเวลาใดก็ได้หลังจากนี้ อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิจะลดลงแม้ว่าจะใช้ความร้อนเหมือนเดิมก็ตาม หากนักคั่วใช้ความร้อนไม่เพียงพอจะกลายเป็นการ “อบกาแฟ” ทำให้คุณสมบัติกาแฟในแก้วแย่ลง

ขั้นที่ 4 การพัฒนารสชาติ หลังจากเสียงแตกครั้งแรกเมล็ดกาแฟจะมีผิวเรียบขึ้นอีก โดยขั้นตอนนี้จะเป็นตัวกำหนดสีและระดับคั่วสุดท้าย สามารถกำหนดความสมดุลระหว่างความเปรี้ยวและความขมที่ต้องการเพราะความเปรี้ยวในเมล็ดกาแฟจะหายไปอย่างรวดเร็วในขณะที่ความขมจะเพิ่มขึ้นหากคั่วต่อ

ขั้นที่ 5 เสียงแตกครั้งที่ 2 ในขั้นนี้เมล็ดกาแฟจะส่งเสียงแตกอีกครั้งหนึ่งแต่จะเป็นเสียงที่เบาและสั้นกว่าครั้งแรก น้ำมันในกาแฟจะถูกขับออกมาที่ผิวกาแฟและความเปรี้ยวส่วนใหญ่จะหายไปแล้วมีรสชาติใหม่เกิดขึ้นซึ่งมักจะเรียกกันว่ารส “คั่ว” โดยรสนี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของกาแฟที่ใช้เพราะเป็นผลมาจากความไหม้ของกาแฟ เมล็ดกาแฟอาจติดไฟได้หากคั่วต่อหลังจากได้ยินเสียงแตกครั้งที่ 2 ดังนั้นมันจึงเป็นสิ่งที่อันตรายโดยเฉพาะสำหรับเครื่องคั่วกาแฟอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ในการคั่วกาแฟ จะมีการใช้คำศัพท์เฉพาะทาง เช่น ‘French Roast’ หรือ ‘Italian Roast’ ทั้งสองคำนี้มีความหมายถึง การคั่วแบบเข้มมากซึ่ง ทำให้กาแฟมีบอดี้และความขมสูงแต่จะสูญเสียรสชาติเฉพาะตัวของกาแฟตัวนั้นไป

2.2 การอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) คือ การดึงน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) โดยส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา วัสดุจะแห้งได้มาก-น้อยจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของมันด้วย ในการอบเมื่อทำให้ของเหลวในวัตถุระเหยเป็นไอ จะได้ผลิตภัณฑ์

ของแข็งที่มีสัดส่วนของของเหลวต่ำลง ซึ่งนอกจากจะมีกรณีที่วัตถุดิบมีสภาพเป็นของแข็งที่เปียกชื้นแล้ว ยังมีกรณีที่ขอบของเหลวชั้น (slurry) หรือของเหลวใสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงอีกด้วย

เครื่องอบโดยมากมักจะเป็นส่วนสุดท้ายของกระบวนการผลิต โดยผลิตภัณฑ์ที่อบแล้วจะกลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จทันที ดังนั้น การอบไม่สม่ำเสมอ เช่น ไม่แห้งหรือแห้งเกินไป และรูปร่างของผลิตภัณฑ์ เช่น วัตถุดิบเป็นก้อน รวมทั้งปริมาณผลได้ จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจ

อาหารที่นำมาทำแห้งมีหลากหลาย วัตถุดิบเริ่มต้นที่นำมาทำแห้งอาจมีสถานะเป็นของเหลวของแข็งหรือของแข็ง ให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีสถานะเป็นของแข็ง ซึ่งอาจเป็นชิ้น เป็นแผ่นหรือเป็นผงที่มีลักษณะและคุณภาพแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับกระบวนการทำให้แห้งที่เลือกใช้ ตัวอย่างอาหารแห้งที่พบทั่วไป ได้แก่ ผัก ผลไม้ ถั่วเมล็ดแห้ง นมผง ชา กาแฟ โกโก้ น้ำตาล เนื้อสัตว์ พาสต้า สมุนไพร เป็นต้น เนื่องจากกระบวนการอบแห้งอาหารเกี่ยวข้องกับทั้งการถ่ายเทมวลและการถ่ายเทความร้อน มวลที่ถ่ายเทระหว่างการทำให้แห้งอาหารส่วนใหญ่คือน้ำที่มีอยู่ในอาหาร ระหว่างการอบแห้งอาหารจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ขึ้นมากมาย ทั้งที่ต้องการและไม่ต้องการ การทำให้อาหารที่มีประสิทธิภาพสูงต้องคำนึงถึงคุณภาพของอาหารที่ได้หลังจากการทำให้แห้ง เช่น การนำมาคั้นตัวด้วยการดูดน้ำกลับเข้าไปใหม่ คุณค่าทางโภชนาการ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และรูปทรง ทั้งยังต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน มีการนำพลังงานกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย (วิศรุต, 2558)

2.2.1 วัตถุประสงค์ของการทำแห้งอาหาร

1. ยืดอายุการเก็บรักษา การทำให้แห้งเป็นการลดปริมาณน้ำในอาหาร เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทุกชนิด เช่น รา ยีสต์ แบคทีเรีย ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ หรือชะลอปฏิกิริยาต่างๆ ทั้งทางเคมีและทางชีวเคมีซึ่งมีน้ำเป็นส่วนร่วมและเป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย (พิมพ์เพ็ญ, ม.ม.ป.)
2. เพื่อให้อาหารนั้นน้ำหนักเบา ลดปริมาตร ทำให้สะดวกต่อการขนส่ง ลดพื้นที่และค่าใช้จ่าย
3. เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการบริโภค เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป ซึ่งผู้บริโภคเพียงแค่น้ำร้อนแล้วคนก็สามารถบริโภคได้เลย
4. สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นทางเลือกของผู้บริโภคมากขึ้น

2.2.2 ประเภทของเครื่องอบแห้งกับการเลือกใช้

ขั้นตอนการเลือก

ลักษณะของวัตถุดิบที่จะนำมาอบจะมีความหลากหลาย ในการเลือกตู้อบจะยึดตามลักษณะความชื้นของวัตถุดิบเป็นหลัก หลังจากนั้นจึงพิจารณาถึงปริมาณการผลิต รูปแบบของกระบวนการ (ต่อเนื่องหรือ BATCH) รวมทั้งคุณลักษณะของกระบวนการและคุณลักษณะของตู้อบ เพื่อกำหนดเงื่อนไขการเดินเครื่อง พิจารณาค่ากำลังการผลิตของตู้อบ เลือกอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ รวมทั้งเครื่องป้อนถ่ายวัตถุดิบออกจากตู้อบ แล้วคำนวณค่าเครื่องจักรและค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง เมื่อออกแบบพื้นฐานได้เป็นรูปธรรมแล้ว ยังต้องทำการทดสอบอบภายใต้เงื่อนไขที่ใกล้เคียงที่สุดกับเงื่อนไขการอบที่คาดการณ์เอาไว้อีกด้วยในการทดสอบจะทำการตรวจสอบคุณลักษณะการอบ

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ พฤติกรรมของวัตถุดิบภายในเครื่องอบ ฯลฯ ผลจากการทดสอบ อาจทำให้ต้องย้อนกลับไปพิจารณาเลือกชนิดของตู้อบใหม่เลยก็ได้ การทดสอบจะเป็นสิ่งที่สำคัญมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่ไม่สามารถคาดการณ์เกี่ยวกับคุณลักษณะของวัตถุดิบได้

การแบ่งประเภทเครื่องอบแห้ง โดยแบ่งประเภทตู้อบเอาไว้ตามวิธีการรับความร้อนและสภาพของวัตถุดิบภายในตู้อบ ดังนี้

1. วิธีรับความร้อนด้วยลมร้อน

1.1 ตู้อบแบบแฟลช (flash dryer)

ตู้อบแบบนี้จะใช้วิธีเป่าวัตถุดิบที่เป็นผงขึ้นเข้าไปในกระแสมลอุณหภูมิสูงภายในท่อ ตั้ง ลมจะเป่าวัตถุดิบให้ปลิวพุ่งเพื่ออบให้แห้งอย่างรวดเร็ว ผงวัตถุดิบเมื่อแห้งแล้วจะลอยออกไปกับลมร้อน และเข้าสู่กระบวนการแยกด้วยการกรอง หรือใช้ไซโคลนอีกขั้นตอนหนึ่ง ตู้อบชนิดนี้มีโครงสร้างง่ายที่สุด แต่เนื่องจากมีระยะเวลาอบสั้นเพียงไม่กี่วินาที จึงไม่เหมาะกับการอบชิ้นสุดท้าย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากวัตถุดิบจะปลิวพุ่งอยู่ในกระแสอากาศ อัตราความชื้นวิกฤตจึงมีค่าต่ำมาก นอกจากนั้น ยังเดินเครื่องด้วยกระแสรอบเรียบ จึงสามารถใช้ลมร้อนอุณหภูมิสูง 400-600 องศาเซลเซียสได้

1.2 ตู้อบแบบสเปรย์ (spray dryer)

วิธีอบของเครื่องอบแบบสเปรย์ จะใช้กับสารละลาย และวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นของเหลวข้น (slurry) และครีม ดังนั้น จึงมีวิธีการแตกต่างไปจากวิธีอบน้ำที่เกาะบนอนุภาคทั่วไป โดยนำวัตถุดิบเหล่านี้ไปพ่นเป็นละอองในกระแสดำอากาศให้ความร้อน เพื่อให้แห้งเป็นผงก่อนที่จะตกลงมา เนื่องจากในช่วงแรกวัตถุดิบจะมีอัตราความชื้นสูง จึงต้องใช้ปริมาณความร้อนในการระเหยต่อผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยมวลที่มีค่าสูง แต่การอบจะเสร็จสิ้นในเวลารวดเร็วมาก และอนุภาคของผลิตภัณฑ์จะไม่ต้องสัมผัสกับอุณหภูมิสูง วิธีนี้จึงสามารถอบสารที่ไม่เสถียรต่อความร้อนได้ ทำให้ได้อนุภาคเป็นเม็ดกลมกลางอากาศ และยังสามารถปรับขนาดของอนุภาคได้สะดวกด้วยการปรับหัวพ่นละออง และด้วยสมบัติที่ดีเหล่านี้ จึงนำตู้อบแบบนี้มาใช้ในการอบอาหาร เป็นต้น

1.3 ตู้อบ (drying tumbler)

ตู้อบ drying tumbler เป็นเครื่องอบแบบต่อเนื่องที่สำคัญแบบหนึ่ง การเดินเครื่องจะมีเสถียรภาพสูง ใช้กับการอบผงวัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำ (ปุ๋ย ถ่านหินสีอนินทรีย์ เป็นต้น) และมีปริมาณวัตถุดิบมาก

1.4 ตู้อบแบบถาด (tray dryer)

ตู้อบแบบนี้ จะนำวัตถุดิบวางไว้ในถาด ตะแกรง หรือแผ่นที่มีรูพรุน แล้วเป่าลมร้อนขนานไปกับผิวหน้าวัตถุดิบ หรือเป่าตั้งฉากกับกันถาดที่ยอมให้ลมผ่านได้ ลมร้อนจะผ่านเข้าไปในชั้นวัตถุดิบ เนื่องจากจะใช้ลมร้อนที่มีความเร็วไม่สูงนัก วัตถุดิบจึงยังอยู่นิ่ง ไม่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือน หรือการกระแทกใดๆ ไม่เกิดความเสียหายจากการแตกหัก ตู้อบแบบนี้จะทำงานแบบกะจึงเหมาะกับวัตถุดิบที่ต้องการอบด้วยการควบคุมภายใต้เงื่อนไขการอบเข้มงวด หรืออบวัตถุดิบหลายๆ ชนิดแต่จำนวนน้อยๆ หรือใช้กับการควบคุมแบบโปรแกรมซึ่งค่อย ๆ ปรับอุณหภูมิไปตามความเหมาะสม

1.5 ตู้อบแบบอุโมงค์ (tunnel dryer) และแบบสายพาน (band dryer) แบบต่อเนื่อง

ตู้อบแบบอุโมงค์ จะมีรถเข็นสำหรับเข็นพาวัตถุดิบเข้าในอุโมงค์ แต่ถ้าวัตถุดิบเป็นแผ่นบาง เช่น กระดาษ จะสอดวัตถุดิบผ่านลูกกลิ้งบน-ล่าง ให้ลูกกลิ้งดึงวัตถุดิบเข้าไป แล้วเป่าลมร้อนให้วัตถุดิบเพื่ออบให้แห้ง ตู้อบแบบสายพานลำเลียง จะวางวัตถุดิบไว้บนสายพานที่ทำจากแผ่นโลหะหรือยางที่มีรูปทรงซึ่งถูกขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ผ่านมู่เลย์ เพื่อให้วัตถุดิบเคลื่อนตัวสัมผัสกับลมร้อนแล้วทำการอบอย่างต่อเนื่อง

2. วิธีรับความร้อนด้วยการนำความร้อน

2.1 ตู้อบแบบ bezel stirring dryer

ตู้อบนี้จะมีของเหลวซึ่งเป็นตัวกลางให้ความร้อนวิ่งอยู่ในใบพัดและแจ็กเก็ตซึ่งข้างในกลวง ขณะที่ให้ความร้อนจะมีการกวน โดยตัวใบพัดกวนจะทำหน้าที่เป็นพื้นผิวถ่ายเทความร้อน พื้นผิวถ่ายเทความร้อนต่อปริมาตรภาชนะจึงมีค่าสูงไม่ต้องใช้ลมแรง ดังนั้นจึงสามารถระบายอากาศออกได้ง่าย และมีประสิทธิภาพความร้อนสูง

2.2 เครื่องอบภายใต้สุญญากาศ (vacuum dryer)

เครื่องอบ vacuum dryer จะใช้หลักการว่า เมื่อวางวัตถุดิบที่จะอบไว้ในสุญญากาศอ่อนๆ แล้วให้ความร้อน ผลต่างความดันระหว่างความดันไอของตัวทำละลายกับสุญญากาศที่ผิวหน้าตัวทำละลาย จะทำให้ตัวทำละลายในวัตถุดิบระเหยเป็นไอออกมา และเนื่องจากอุณหภูมิระเหยจะขึ้นอยู่กับระดับความเป็นสุญญากาศ ดังนั้นจึงเหมาะกับวัตถุดิบที่มีความเสื่อมสภาพง่ายต่อความร้อน จึงใช้การอบแบบนี้ในอุตสาหกรรมเวชภัณฑ์และอาหาร โดยทั่วไปแล้วอุตสาหกรรมเวชภัณฑ์จะมีการผลิตเป็นจำนวนไม่มาก จึงมักเดินเครื่องอบแบบ batch และใช้การอบบนถาด ส่วนในอุตสาหกรรมอาหาร ในแง่ของต้นทุนจะต้องผลิตเป็นจำนวนมาก ส่วนมากจึงใช้เครื่องอบต่อเนื่องแบบลำเลียงด้วยสายพาน

2.3 เครื่องอบ freeze dryer

เมื่อนำวัตถุดิบที่มีน้ำอยู่ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -30 องศาเซลเซียส จนน้ำในวัตถุดิบแข็งตัวเป็นน้ำแข็ง แล้วนำไปวางไว้ในสุญญากาศอ่อนๆ แล้วให้ความร้อนเพียงเล็กน้อย ผลึกน้ำแข็งในวัตถุดิบนั้นจะระเหิดกลายเป็นไอน้ำในเวลาอันสั้น เครื่องอบที่ใช้ปรากฏการณ์ระเหิดโดยไม่ผ่านสถานะของเหลวนี้ เรียกว่า เครื่องอบ vacuum freeze dryer โดยจะทำงานในสภาพที่วัตถุดิบแช่แข็งอยู่ ดังนั้น จึงใช้กับการอบวัตถุดิบที่เสื่อมสภาพได้ง่ายต่อความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งได้นำมาใช้กันมากในการอบเวชภัณฑ์ จุลินทรีย์ อาหารที่มีสรรพคุณเฉพาะทางซึ่งไม่ต้องการให้เปลี่ยนสภาพด้วยความร้อน รวมทั้งการอบอาหารที่เน้นเรื่องกลิ่นหอม เช่น กาแฟสำเร็จรูป หรือการอบอาหารที่มีของแข็งรวมอยู่ด้วย เช่น แยมสำเร็จรูป เป็นต้น

2.4 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน drum dryer

การอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน เป็นกระบวนการอบแห้งสารละลายที่อยู่ในรูปแผ่นฟิล์มบางบนลูกกลิ้งร้อน และขูดออกด้วยใบมีด (doctor blade) จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางกรอบ สามารถนำไปดัดเป็นผงหรือลดขนาดได้ตามต้องการ เหมาะสำหรับการอบแห้งอาหารที่สูญเสียสารอาหารได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อนสูง เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นประมาณ 10-20 วินาที แผ่นฟิล์มบางได้รับความร้อนโดยการนำความร้อนจากตัวกลางนำความร้อน เช่น ไฟฟ้า ไอน้ำ หรือน้ำร้อน ที่อยู่ภายในลูกกลิ้งผ่านผนังลูกกลิ้งสู่แผ่นฟิล์มบางมี ประสิทธิภาพการใช้งาน 1.1

กิโลกรัมไอน้ำต่อ 1 กิโลกรัมน้ำที่ระเหย หรือ 2,500 กิโลจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย ซึ่งสูงกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อน (air drying) (นฤดี, 2544)

2.2.3 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนสามารถแบ่งประเภทตามจำนวนและทิศทางการหมุนของลูกกลิ้ง ได้ดังนี้

1. Single drum

เป็นเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน ที่มีรูปแบบง่ายที่สุด มีวิธีการป้อนอาหารสู่ลูกกลิ้ง 3 วิธีคือ วิธีแรกเป็นแบบ dip feed โดยลูกกลิ้งจะจุ่มในรางที่บรรจุสารละลาย เมื่อลูกกลิ้งหมุนสารละลายจะเกาะติดกับผนังลูกกลิ้ง และหลุดออกด้วยใบมีดที่ติดตั้งไว้ด้านข้างของลูกกลิ้ง วิธีที่สองเป็นแบบพ่นอาหารลงบนลูกกลิ้ง (splash feed) และวิธีสุดท้ายเป็นแบบใช้ลูกรีดอาหารสู่ลูกกลิ้ง (transfer roll)

2. Double drum

เครื่องอบแห้งชนิดนี้ อาหารถูกป้อนในช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง (nip feed) จากนั้นลูกกลิ้งทั้งสองจะหมุนเข้าหากันเพื่อรีดวัสดุให้เป็นแผ่นฟิล์มบาง และหลุดออกด้วยใบมีดทั้งสองข้าง เหมาะในการอบแห้งสารละลายเจือจางและสารละลายที่มีแรงตึงผิวต่ำ เช่น wetting agent เนื่องจากถ้าอบแห้งสารละลายดังกล่าวด้วย single drum หรือ twin drum จะเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบางมากทำให้ output rate ต่ำ สามารถแก้ปัญหาด้วยเครื่องอบแห้งแบบ double drum ซึ่งสามารถปรับความหนาแผ่นฟิล์มได้ เครื่องอบแห้งชนิดนี้ไม่เหมาะกับสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง เพราะจะต้องมีการติดตั้งปั๊มเพื่อป้อนอาหารสู่เครื่องอบแห้ง หรือในกรณีที่ใช้ความร้อนสูงในการอบแห้ง วัสดุอาจจะเดือดบริเวณช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งได้ ข้อเสียประการหนึ่งของเครื่องนี้ คือเมื่อใบมีดหลุดวัสดุจากผิวลูกกลิ้งแล้ว อาจเกิดการสะสมของวัสดุที่บริเวณใบมีดได้ ซึ่งควรใช้เครื่องอบแห้งแบบ single drum เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว



ภาพที่ 2.2 เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่

3. Twin drum

เป็นเครื่องอบแห้งที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติการ และบำรุงรักษาต่ำกว่าชนิดอื่น มีวิธีการป้อนอาหาร 2 วิธีคือ แบบ dip feed และแบบ splash feed เหมาะกับวัสดุที่มีความหนืดสูง เช่นเดียวกับแบบ single drum ที่ป้อนอาหารโดยใช้ลูกรีด แต่วัสดุที่ใช้ควรมีปริมาณของแข็งอยู่ระหว่างร้อยละ 12 ถึง ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก เนื่องจากถ้าอบแห้งวัสดุที่มีปริมาณของแข็งสูง ทำให้แผ่นฟิล์มมีความหนาไม่สม่ำเสมอ แต่ถ้าอบแห้งวัสดุที่มีปริมาณของแข็งต่ำกว่าร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก จะได้แผ่นฟิล์มที่บางเกินไป ทำให้ชุดวัสดุออกได้ยาก

2.2.4 การระเหยความชื้นในกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน แบ่งได้เป็น 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 เริ่มจากอาหารถูกป้อนสู่ลูกกลิ้ง อุณหภูมิของอาหารเพิ่มขึ้นจนถึง 100 องศาเซลเซียส อย่างรวดเร็ว อาหารยังคงมีสถานะเป็นของเหลว

ระยะที่ 2 เป็นช่วงที่ยังมีการระเหยของน้ำอิสระ โดยการเดือดอยู่ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ดังนั้นในช่วงนี้อาหารเริ่มเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง อุณหภูมิของอาหารคงที่หรือสูงขึ้นเล็กน้อยถ้าการเปลี่ยนสถานะเป็นไปอย่างช้าๆ

ระยะที่ 3 น้ำในอาหารของระยะนี้เป็น bound water อุณหภูมิอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 100 องศาเซลเซียส เป็น 120 องศาเซลเซียส และ 130 องศาเซลเซียส ที่ตำแหน่งก่อนถูกใบมีดขูด

ระยะที่ 4 เป็นระยะหลังจากอาหารถูกใบมีดขูดออกแล้ว จนกระทั่งอาหารป้อนสู่ลูกกลิ้งใหม่ ในช่วงนี้ไม่มีการถ่ายเทความร้อนไปยังอาหาร นอกจากการสูญเสียเนื่องจากแผ่รังสี

2.2.5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน

1. ความดันไอน้ำหรืออุณหภูมิของตัวกลางนำความร้อน ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง
2. ระยะเวลาที่แผ่นฟิล์มสัมผัสกับผิวลูกกลิ้ง
3. ความหนาของฟิล์มอาหาร
4. สภาพของอาหารที่จะอบแห้ง ได้แก่ ปริมาณความเข้มข้น ลักษณะทางกายภาพ และ อุณหภูมิของอาหาร

2.2.6 ข้อดีของการใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง

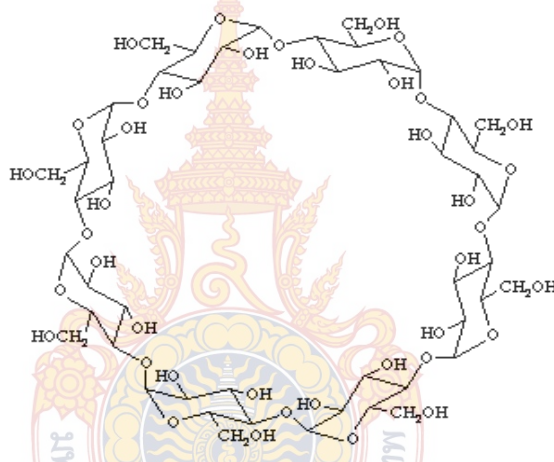
1. ใช้เวลาสั้นสามารถอบแห้งได้รวดเร็ว
2. สามารถควบคุมอุณหภูมิได้สม่ำเสมอตลอดระยะเวลาการอบ
3. มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง
4. มีวิธีการดูแลรักษาได้ง่าย

2.2.7 ข้อเสียของการใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง

อาหารที่ไวต่อความร้อนอาจเกิดความเสียหายได้

2.3 สารหล่อหุ้มไซโคลเดกซ์ทริน (Cyclodextrin)

ไซโคลเดกซ์ทริน เป็นโอลิโกแซคคาไรด์ ที่มีโครงสร้างประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสต่อกันเป็นวงกลมด้วยพันธะ α -1,4-glycosidic ไซโคลเดกซ์ทรินสามารถนำไปใช้ในการนำส่งสารเติมแต่งกลิ่นรสในอาหาร และยังสามารถนำไปใช้ในด้านเภสัชกรรมในการดัดแปลงการปลดปล่อยยา โดยในเบต้าไซโคลเดกซ์ทรินที่มีองค์ประกอบของกลูโคส 7 โมเลกุล เป็นไซโคลเดกซ์ทรินที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากมีความสามารถในการกักเก็บสารได้หลายชนิด (พิมพ์เพ็ญ, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 2.3 โมเลกุลของไซโคลเดกซ์ทริน

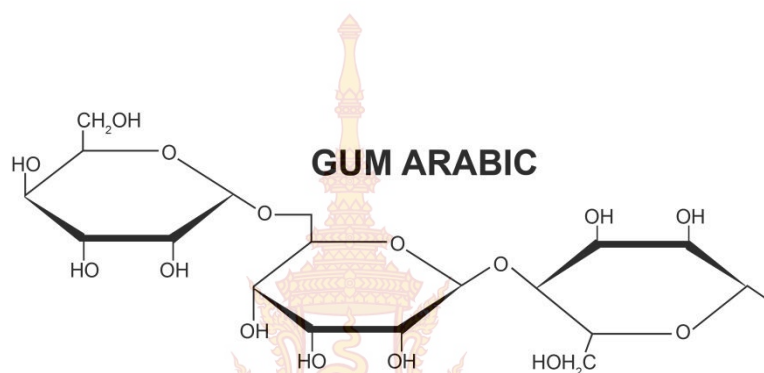
ที่มา : ธารพงษ์ (2552)

2.4 สารหล่อหุ้มกัมอะราบิก (Gum Arabic)

เป็นสารประกอบธรรมชาติชนิดหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มสารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloids) ที่นิยมใช้กันแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมอาหาร กัมอะราบิกมาจากน้ำยางธรรมชาติที่ไหลออกมาจากผิวเปลือกของลำต้นของพืชในกลุ่มอากาเซีย (Acacia) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Acacia Senegal น้ำยางจะไหลเกาะกันเป็นก้อน เมื่อกระทบความร้อนจากแสงแดดจะแห้งแข็ง ตัวใสคล้ายแก้ว เกาะอยู่ตามกิ่งก้านและลำต้นของพืช มีสีสันทดต่างกันไปตั้งแต่ขาวใสจนถึงเหลือง รูปทรงมองดูคล้ายหยดน้ำบ้างทรงกลมรีบ้างไปจนถึงมีเหลี่ยมมุมบ้างตามธรรมชาติ น้ำยางธรรมชาติจากพืชกลุ่มนี้ได้ถูกรวบรวมนำมาจำหน่ายในเชิงพาณิชย์มานานกว่า 4,000 ปีก่อนคริสตศักราช โดยในระยะเริ่มแรกได้นำมาใช้ในรูปแบบของกาวเพื่อผสมสีประเภท Mineral paint ใช้เขียนอักษรและรูปภาพตามความเชื่อของชาวอียิปต์โบราณ น้ำยางในกลุ่มพืชอากาเซียมีอยู่มากมายหลายชนิด ซึ่งชนิดที่ให้น้ำยางมีคุณภาพดีที่สุดคือ อากาเซียเซเนกัล (Acacia Senegal) ที่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ตอนกลางของประเทศซูดานในทวีปอาฟริกา (Sahel Zone) จึงมีชื่อเรียกขานและเป็นที่รู้จักกันอย่างดีในเชิงพาณิชย์ว่า กัมอะราบิก (Gum Arabic) และกัมอากาเซีย (Acacia Gum) หรือกัมซูดาน (Sudan

Gum) อันสืบเนื่องมาจากการจัดขนส่งทางเรือที่ทำเรือในกลุ่มประเทศอาหรับ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2553)

โครงสร้างโมเลกุล ของ gum arabic เป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ และซับซ้อน ประกอบด้วยน้ำตาลและอนุพันธ์ของน้ำตาล 4 ชนิดคือ น้ำตาลกาแล็กโทส (galactose, ร้อยละ44) แอราบินโนส (arabinose, ร้อยละ27) แรมโนส (L- rhamnose, ร้อยละ13) กรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid, ร้อยละ14.5) นอกจากนี้ในโมเลกุลยังประกอบด้วยกรดอะมิโน ได้แก่ ไฮดรอกซีโพรลีน (hydroxyproline) และซีรีน (serine)



ภาพที่ 2.4 โมเลกุลของกัมอะราบิก
ที่มา : Arslanoglu and Tallent (2003)

2.4.1 คุณสมบัติของกัมอะราบิก

1. ทางชีววิทยาและพิษวิทยา

กัมอะราบิกเป็นสารประกอบจากธรรมชาติที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ไม่มีรส และที่สำคัญไม่เป็นพิษต่อร่างกายและมลภาวะ ซึ่งได้ผ่านการรับรองระบบมาตรฐานของอาหารโลก และได้รับกำหนดในตำรับ GRAS (Generally Recognized as Safe) และมาตรฐานของ United State pharmacopodia, Food Chemical Codex และ EU Number E414 รวมทั้งผ่านการรับรองจากสำนักคณะกรรมการอาหารและยาประเทศไทย ในแง่โภชนาการยอมรับว่ากัมอะราบิกถูกย่อยได้ต่ำมากในระบบการย่อยของร่างกายมนุษย์ จึงเป็นสารที่ไม่ให้พลังงาน สามารถใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารที่ให้พลังงานต่ำ หรือปราศจากน้ำตาลได้เป็นอย่างดี

2. การละลาย

กัมอะราบิก สามารถละลายได้ดีในน้ำทั้งอุณหภูมิปกติ น้ำร้อน หรือน้ำเย็นได้ง่าย เพียงนำมาผสมในน้ำ และกวนหรือคนจนละลาย กัมอะราบิกสามารถละลายได้ดีที่ความเข้มข้นสูงถึง ร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นซึ่งค่อนข้างละลายได้ยาก และละลายได้ไม่เกินความเข้มข้นที่ร้อยละ 5 เท่านั้น

3. พฤติกรรมการไหลและความหนืด

สารละลายกัมอะราบิกจะให้ความหนืดต่ำเมื่อวัดความหนืดได้ด้วยความเข้มข้นร้อยละ 10 แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นขึ้นสูงกว่าร้อยละ 40 จะให้ความหนืดสูงมากจนมีลักษณะข้นหนืดคล้ายเจล และความหนืดของกัมอะราบิกนี้จะคงอยู่ได้ทั้งระดับความเป็นกรด-ด่างที่ช่วงกว้างคือ 4 – 10 พฤติกรรมการไหลที่เข้มข้นต่ำกว่าร้อยละ 40 ลงไป จะเป็นการไหลแบบ Newtonian ซึ่งไม่พบในสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น แต่ในขณะเดียวกันถ้าความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 40 ขึ้นไป จะเป็นการไหลแบบ Pseudoplastic ซึ่งพบว่ามีผลต่อความรู้สึกรับรสสัมผัสภายในปาก Mouthfeel Sensation คือ ทำให้ไม่เกิดการระคายเคืองหรือมีสิ่งตกค้างภายในปาก ไม่รู้สึกกระด้าง เหตุนี้จึงนิยมนำกัมอะราบิกมาใช้เป็นสารแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำเพื่อเสริมสุขภาพ

2.5 สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin)

คือคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภท polysaccharide ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช (starch) บางส่วนให้เป็นสายสั้นๆ ของน้ำตาลกลูโคส (glucose) มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาวไม่มีรส หรือมีรสหวานเล็กน้อยสามารถละลายในน้ำได้ดี (พิมพ์เพ็ญ, 2547)

2.5.1 กรรมวิธีการผลิตมอลโทเดกซ์ทริน

มอลโทเดกซ์ทริน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์สตาร์ช (starch hydrolysate) วัตถุดิบที่ใช้เพื่อผลิตมอลโทเดกซ์ทรินคือ สตาร์ช (starch) จากพืชต่าง ๆ เช่น สตาร์ชจากมันสำปะหลัง (tapioca starch) สตาร์ชข้าวโพด (corn starch) สตาร์ชมันฝรั่ง (potato starch) ขั้นตอนแรก คือการเตรียมสารละลายสตาร์ช (starch slurry) และให้ความร้อนจนเม็ดสตาร์ชเกิดการสุก (gelatinization) แล้วจึงย่อยสตาร์ช (starch hydrolysis) ให้มีโมเลกุลเล็กลง ทำได้โดยการใช้เอนไซม์อะไมเลส (amylase) ชนิด แอลฟา-อะไมเลสแล้วจึงนำไปกรอง (filtration) และทำให้บริสุทธิ์ จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้เข้มข้น (concentration) และทำแห้ง (dehydration) ให้เป็นผง ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drier)

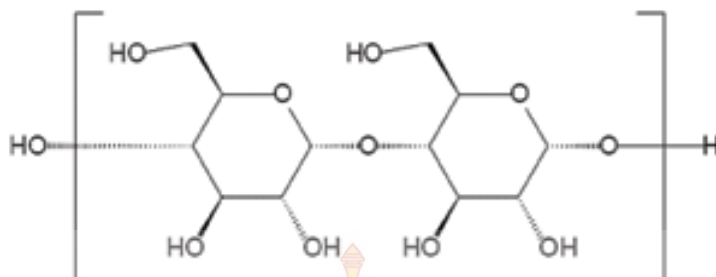
2.5.2 ประเภทของมอลโทเดกซ์ทริน

Maltodextrin แบ่งได้ตามค่าสมมูลเดกซ์โทรส (Dextrose Equivalent, DE) มอลโทเดกซ์ทรินที่มีค่า dextrose equivalent ต่ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 5-20 maltodextrin ที่มีค่า DE สูง แสดงว่าโมเลกุลของสตาร์ช ถูกย่อยได้น้ำตาลกลูโคสมาก จะมีความหวานมากกว่า maltodextrin ที่มีค่า DE ต่ำ

2.5.3 การใช้มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) ในผลิตภัณฑ์อาหาร

มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างกว้างขวาง ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน อาหารไขมันต่ำ ในผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ประเภทอาหารผง เช่น เครื่องดื่มผง เครื่องปรุงรสชนิดผง ใช้ในอาหาร เพื่อสุขภาพ โดย จัดเป็น Functional food ประเภท prebiotic เป็นสารให้ความหวาน (sweetener) เป็นสารทดแทนไขมัน (fat substitute) ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) ไอศกริมป้องกันการเกาะเป็นก้อน (anticaking agent) เพิ่มเนื้อ (bulking agent) เช่น เพิ่มเนื้อใน

การทำแห้ง (dehydration) อาหารแห้ง ประเภท อาหารผง เครื่องต้มผง ด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drier หรือ drum drier ห่อหุ้มสารให้กลิ่นรส (flavor encapsulation)



ภาพที่ 2.5 โมเลกุลของมอลโทเดกซ์ทริน

ที่มา : Geesha (2016)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นาฏชนก ปรางปรุ เทวรัตน์ ตรีอำนรรค และ กระวี ตรีอำนรรค (2558) จากการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารตัวพาที่มีผลต่อกระบวนการทำแห้งน้ำมะขามเปียกด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของสารตัวพาต่อความสามารถในการอบแห้ง และคุณภาพของมะขามเปียกผงที่ผลิตได้ด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง โดยศึกษาชนิดของสารตัวพา 3 ชนิด คือ มอลโทเดกซ์ทริน แป้งชัคซินิล และกัมอะราบิก ซึ่งอัตราส่วนของน้ำมะขามเปียกต่อสารตัวพาที่ใช้เป็น 1:0.3 1:0.4 1:0.5 1:0.6 1:0.7 และ 1:0.8 (โดยน้ำหนัก) เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเป็นชนิดลูกกลิ้งคู่มีอุณหภูมิผิวของลูกกลิ้งเท่ากับ 140 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบของลูกกลิ้งเท่ากับ 0.50 รอบต่อนาที และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งเท่ากับ 0.15 มิลลิเมตร ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนของสารตัวพามีผลต่อความสามารถในการทำแห้ง โดยมะขามเปียกผงจะสามารถร่อนออกจากผิวของลูกกลิ้งได้เมื่อใช้สารตัวพามอลโทเดกซ์ทริน แป้งชัคซินิล และกัมอะราบิก ที่อัตราส่วนต่ำสุดเท่ากับ 1:0.6 1:0.4 และ 1:0.3 ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคุณภาพของมะขามเปียกผงจะเห็นว่ามะขามเปียกผงที่ใช้แป้งชัคซินิลมีคุณภาพดีกว่ามอลโทเดกซ์ทรินและกัมอะราบิก

เทวรัตน์ ตรีอำนรรค เกียรติศักดิ์ ใจโต วีรชัย อาจหาญ และกระวี ตรีอำนรรค (2555) จากการศึกษาการอบแห้งกากมันสำปะหลังด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมรรถนะการอบแห้งกากมันสำปะหลังด้วยเครื่องอบแห้งลูกกลิ้งหมุนชนิดลูกกลิ้งคู่ โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบด้วยอุณหภูมิการอบแห้ง 100 120 และ 140 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง 0.5, 0.6 และ 0.7 rpm และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.15 0.3 และ 0.5 mm ทำการอบแห้งกากมันสำปะหลังที่มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 81.50 (% wb) เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านความเร็วรอบการหมุนพบว่าที่อุณหภูมิเดียวกันความชื้นสุดท้ายของกากมันมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบการหมุนเพิ่มขึ้น ผลจากการประเมินความสามารถในการทำงานพบว่าที่อุณหภูมิ 140

องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 0.7 rpm และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.5 mm มีความสามารถในการอบแห้งสูงสุด

สุกัญญา อภิภัทรกุล (2559) จากการศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณคาเฟอีน สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีในผงกาแฟบดและกากกาแฟ มีวัตถุประสงค์เพื่อตอบใจที่ว่าเหตุใดจึงควรใช้กากกาแฟให้เกิดประโยชน์สูงสุดก่อนทิ้งไป ซึ่งในการสกัดนั้นจะใช้เครื่องเย้าแบบควบคุมอุณหภูมิ และการสกัดโดยใช้เครื่องเย้าโดยใช้คลื่นเสียงมาสกัดคาเฟอีนโดยใช้ไดคลอโรมีเทน พบว่าการสกัดแบบแรกจะได้คาเฟอีนสูงกว่าการสกัดแบบที่สองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระนั้นได้สกัดแยกด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน (เฮกเซน เอทิลอะซิเตท และน้ำ) พบว่า ชั้นเอทิลอะซิเตทของสารสกัดผงกาแฟบด และกากกาแฟมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด (506.078 ± 11.16 และ 519.571 ± 20.86 mg gallic acid/kg) จากผลวิจัยอาจกล่าวได้ว่า การดื่มกาแฟสดอาจจะไม่ได้รับสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณที่มากเพียงพอในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1 เมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่
- 3.2 สารหอมหุ่มมอลโทเดกซ์ทริน
- 3.3 สารหอมหุ่มไซโคลเดกซ์ทริน
- 3.4 สารหอมหุ่มกัมอะราบิก

3.2 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

- 3.2.1 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ยี่ห้อ OFM
- 3.2.2 เครื่องชั่งดิจิตอล ยี่ห้อ Mata
- 3.2.3 เครื่องชงกาแฟสด ยี่ห้อ Duchess
- 3.2.4 เครื่องบดกาแฟ ยี่ห้อ Duchess
- 3.2.5 แปรงปิดอาหาร ยี่ห้อ daiso
- 3.2.6 ถูชิปล๊อค
- 3.2.7 Polaris Q Thermo Finnigan GC/MS
- 3.2.8 เครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ยี่ห้อ AQUA LAB
- 3.2.9 เครื่องวัดค่าสี (Hunter lab Model ColourFak) ยี่ห้อ A60-1012-402 รุ่น CQXE,US-VIS,US-PRO, ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 3.2.10 เครื่องมือวัดความหนาแน่น ด้วยกระบอกตวง สูง 5.7 รัศมี 2.9
- 3.2.11 เครื่องคั่วกาแฟ

3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.3.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าคั่ว

นำเมล็ดกาแฟอาราบิก้ามาคั่วที่อุณหภูมิ 200 220 และ 240 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยนำมาวัดค่าสี ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และความหนาแน่น วางแผนการทดลองแบบ CRD และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ตาราง ANOVA

3.3.2 ศึกษาอุณหภูมิการคั่วกาแฟที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกาแฟอาราบิก้าผงสำเร็จรูป

ศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัส แบบ hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนในด้านการทดสอบกาแฟโดยเฉพาะ จำนวน 10 คน (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 10 = ชอบมากที่สุด) โดยทดสอบปัจจัยในเรื่อง Fragrance/aroma, Acidity, Flavor, Body, Aftertest และ Balance วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี Analysis Variance โดยวางแผนการทดลองแบบ

Randomized Completely Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

3.3.3 ศึกษาปริมาณสารหอมหุ่มและความเข้มข้นของกาแฟอะราบิก้า

นำกาแฟที่คัดเลือกไว้จากข้อ 1 มาทำการบด จากนั้นนำกาแฟสภาวะที่ดีที่สุดมาสกัดด้วยน้ำในอัตราส่วน 10 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร (น้ำ : กาแฟ) จากนั้นผสมสารหอมหุ่ม 3 ชนิด คือ สารหอมหุ่มมอลโทเดกซ์ทริน สารหอมหุ่มไซโคลเดกซ์ทริน และสารหอมหุ่มกัมอะราบิก้า ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5 10 และ 15 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ นำส่วนผสมที่ได้ไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum Dryer) ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบของลูกกลิ้งเท่ากับ 2 รอบต่อนาที และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร จากนั้นวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in CRD และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ตาราง ANOVA

3.3.4 ศึกษาอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง

นำกาแฟที่คัดเลือกไว้จากข้อ 1 มาทำการบด จากนั้นนำกาแฟสภาวะที่ดีที่สุดจากข้อที่ 3 ไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum Dryer) ที่อุณหภูมิ 120 125 และ 130 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็วรอบของลูกกลิ้งเท่ากับ 2 รอบต่อนาที และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ตาราง ANOVA

3.3.5 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของกาแฟอะราบิก้า

นำผงกาแฟที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

1. วัดค่าสี โดยวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (Hunter lab Model ColourFalak) ยี่ห้อ A60-1012-402 รุ่น CQXE,US-VIS,US-PRO, ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่อง Lab Master- a_w ยี่ห้อ Novasina
3. วัดความหนาแน่นด้วยสมการ Bulk Density = $\frac{M}{V}$
4. วัดการละลายด้วยสมการ Solubility = $\frac{m}{m} \times 100$
5. การคำนวณความชื้นจากเมล็ดกาแฟใช้วิธีของ The Official Analytical Chemists (AOAC, 2000)

3.3.6 ศึกษาตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์กาแฟ

นำผลิตภัณฑ์กาแฟมาตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีในแต่ละระดับด้วยเครื่อง GC/MS

(Poyraz, 2016) เพื่อหาสารที่สามารถระเหยได้ สกัดสารประกอบระเหยด้วยวิธี Headspace ใช้ตัวอย่างกาแฟผง 5 กรัม ใส่ในขวดกลมที่มีแผนยางปด จากนั้นให้อุณหภูมิกาแฟผงสำเร็จรูป 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาที นำเข็มฉีดเข้าเครื่อง GC-MS

3.3.7 ศึกษาคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของกาแฟอะราบิกาผง

นำกาแฟอะราบิกาผงจำนวน 5 กรัม ต่อน้ำ 150 มิลลิลิตร ทดสอบกับผู้ทดสอบ 100 คน ให้คะแนนแบบ 9-Point Hedonic Scale โดย 1 คะแนน หมายถึง ชอบน้อยที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด และวางแผนการทดลองแบบ RCBD จากนั้นวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ตาราง ANOVA



บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกาแฟอาราบิกาคั่ว

4.1.1 ผลของอุณหภูมิการคั่วเมล็ดกาแฟอาราบิกาต่อค่าสี

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิการคั่วเมล็ดกาแฟ 3 ระดับ ที่อุณหภูมิ 200 220 และ 240 องศาเซลเซียส ต่อค่าสีผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสีของเมล็ดกาแฟอาราบิกาคั่วที่อุณหภูมิ 3 ระดับ

อุณหภูมิ	ค่าสี		
	L	a*	b*
200	43.93±5.42 ^a	5.91±0.26 ^a	8.86±0.44 ^a
220	36.18±2.20 ^b	3.52±0.83 ^b	4.21±1.24 ^b
240	35.67±0.91 ^b	1.93±0.34 ^c	1.95±0.25 ^c

หมายเหตุ a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

L หมายถึงค่าความสว่าง a* หมายถึงค่าสีแดง-เขียว b* หมายถึงค่าสีเหลือง-น้ำเงิน

จากตารางที่ 1 พบว่าการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านสีของเมล็ดกาแฟอาราบิกาคั่วทั้ง 3 อุณหภูมิ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความสว่าง (L) สูงที่สุด คือ อุณหภูมิที่ 200 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ อุณหภูมิที่ 220 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ 240 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่ออุณหภูมิในการคั่วเพิ่มขึ้นค่าความสว่างของเมล็ดกาแฟมีค่าลดลงเนื่องจากในเมล็ดกาแฟมีน้ำตาลซูโครส เมื่ออุณหภูมิในการคั่วสูงขึ้นน้ำตาลซูโครสเปลี่ยนเป็นคาราเมลด้วยกระบวนการคาราเมลไลเซชัน (caramelization) เป็นการใช้ความร้อนสูงสลายโมเลกุลของน้ำตาลให้แยกออกและเกิดพอลิเมอร์ไฮดรอกซีคาร์บอนทำให้เกิดสารที่มีสีน้ำตาล เมื่อระดับการคั่วเมล็ดกาแฟที่อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เมล็ดกาแฟมีสีที่เข้มขึ้น (Sivetz and Foote, 1963) เมื่อพิจารณาถึงค่าสีแดง - เขียว (a*) พบว่าที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส มีค่าสีแดงสูงที่สุด รองลงมาคือ อุณหภูมิที่ 220 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ 240 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิในการคั่วเมล็ดกาแฟเพิ่มขึ้น ทำให้สีของเมล็ดกาแฟเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวม่นเงาจนถึงสีน้ำตาลแดง จากนั้นจะค่อยๆ เข้มขึ้นตามลำดับ (นงนภา วงศ์วารี, 2548, หน้า 17) ส่วนค่าสีเหลือง - น้ำเงิน (b*) ที่อุณหภูมิที่ 200 องศาเซลเซียส มีค่าสีเหลืองสูงที่สุด รองลงมาคืออุณหภูมิที่ 220 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ 240 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากในขั้นตอนแรกของการคั่วเมล็ดกาแฟจะเริ่มดูดความร้อนและเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองอ่อน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นสีของเมล็ดกาแฟจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม (ณฐชา จรุงวิรุสท์, ณัฐวรรธน์ ศรีสุข และอนุวัฒน์ สิ้นดิรมัน, 2546, หน้า 90)

4.1.2 ผลของอุณหภูมิการคั่วเมล็ดกาแฟอบาริคาต่อค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิการคั่วเมล็ดกาแฟอบาริคา 3 ระดับ ที่ 200 220 และ 240 องศาเซลเซียส ต่อการวัดค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (Water Activity ; a_w) พบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระในเมล็ดกาแฟคั่วทั้ง 3 ระดับ มีค่าปริมาณน้ำอิสระที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเมล็ดกาแฟอบาริคาที่อุณหภูมิ 3 ระดับ

อุณหภูมิ	ค่าปริมาณน้ำอิสระ
200	0.43 ± 0.02^a
220	0.37 ± 0.02^b
240	0.33 ± 0.01^c

หมายเหตุ a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการคั่วเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าปริมาณน้ำอิสระลดลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิในการคั่วสูงขึ้นทำให้น้ำที่อยู่ภายในเมล็ดกาแฟเกิดการระเหยกลายเป็นไอออกจากเมล็ดกาแฟด้วยความร้อนในการคั่วทำให้ปริมาณน้ำอิสระลดลง ทั้งนี้ยังพบว่าเมล็ดกาแฟที่อุณหภูมิ 3 ระดับ มีค่าปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของอาหารแห้ง ($a_w \leq 0.6$) ซึ่งจะช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียในระหว่างการเก็บรักษา

4.1.3 ผลของอุณหภูมิการคั่วเมล็ดกาแฟอบาริคาต่อค่าความหนาแน่น

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิการคั่วเมล็ดกาแฟอบาริคา 3 ระดับ ที่ 200 220 และ 240 องศาเซลเซียส ต่อค่าความหนาแน่น มีค่าความหนาแน่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความหนาแน่นของเมล็ดกาแฟอบาริคาที่อุณหภูมิ 3 ระดับ

อุณหภูมิ	ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
200	0.85 ± 0.03^a
220	0.68 ± 0.0^b
240	0.55 ± 0.0^c

หมายเหตุ a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการคั่วเพิ่มขึ้นค่าความหนาแน่นลดลง เนื่องจากเมื่อทำการคั่วเมล็ดกาแฟในอุณหภูมิที่สูงขึ้น น้ำในเมล็ดกาแฟเกิดการระเหยออกไประหว่างการคั่ว และเมล็ดกาแฟจะมีขนาดพองขึ้น 1 เท่าตัว หากคั่วในอุณหภูมิที่สูงขึ้นน้ำหนักของเมล็ดกาแฟจะหายไป ความหนาแน่นของเมล็ดกาแฟลดลง ส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกาแฟคั่วมีลักษณะเมล็ดที่

กรอบ เปราะ และแตกหักง่าย (นงนภา วงศ์วารี, 2548, หน้า17) อีกทั้งเมื่ออุณหภูมิในการคั่วสูงขึ้นจะทำให้สามารถบดเมล็ดกาแฟได้ง่ายขึ้น

4.1.4 ศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนในด้านการทดสอบกาแฟ

จากการศึกษาการยอมรับ แบบ hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนในด้านการทดสอบกาแฟโดยเฉพาะ จำนวน 10 คน (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 10 = ชอบมากที่สุด) โดยทดสอบปัจจัยในเรื่อง Fragrance/aroma, Acidity, Flavor, Body, Aftertest และ Balance แสดงผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกาแฟคั่วที่อุณหภูมิ 3 ระดับ

คุณลักษณะ	200 °C	220 °C	240 °C
Fragrance/aroma	4.6±0.83 ^b	5.3±0.67 ^b	6.5±0.5 ^a
Acidity	2.4±0.83 ^b	6.3±1.03 ^a	5.7±1.15 ^a
Flavor	3.1±1.20 ^c	6.1±0.74 ^b	7.7±0.82 ^a
Body	2.7±1.17 ^c	6.6±0.67 ^b	7.5±0.69 ^a
Aftertest	2.9±0.92 ^c	5.5±0.69 ^b	7.4±0.50 ^a
Balance	2.9±1.13 ^c	5.7±0.82 ^b	7.7±0.94 ^a

หมายเหตุ a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่าที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส มีค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกาแฟคั่วทางด้าน Fragrance/aroma, Acidity, Flavor, Body, After test และ Balance สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดลองของ Puviprom (2003) พบว่าที่อุณหภูมิการคั่วกาแฟ 240 องศาเซลเซียส พบไพราซีน 15 ชนิด โดยชนิดที่พบมากที่สุดคือ methylpyrazine (กลิ่นกาแฟคั่ว) อีกทั้งช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมจากปริมาณไพราซีนที่สูง และพบกลิ่นกาแฟ และกลิ่นคั่วมากที่สุดคือ 220-240°C เวลา 15-20 นาที จึงทำให้ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนสูงที่สุด

4.2 ศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสารหอมหุ่มและคุณสมบัติทางกายภาพของกาแฟอาราบิก้า

4.2.1 ผลของปริมาณและความเข้มข้นของสารหอมหุ่มต่อกาแฟอาราบิก้าต่อค่าสี

จากการศึกษาผลของกาแฟอาราบิก้าที่เติมสารหอมหุ่ม 3 ชนิด คือ สารหอมหุ่มมอลโทเดกซ์ทริน สารหอมหุ่มไซโคลเดกซ์ทริน และสารหอมหุ่มกัมอะราบิก โดยมีความเข้มข้นอยู่ในช่วงร้อยละ 4.23±0.95 ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5 10 และ 15 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าสีของปริมาณสารห่อหุ้มและความเข้มข้น 3 ระดับ

สารห่อหุ้ม	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ค่าสี		
		L	a [*]	b [*]
มอลโทเดกซ์ทริน	5	46.06±3.07 ^c	6.24±0.78 ^{bcd}	14.36±2.65 ^d
	10	48.01±1.76 ^c	5.95±0.48 ^d	15.92±1.94 ^{cd}
	15	54.32±0.52 ^a	7.12±0.04 ^{ab}	21.12±0.60 ^a
ไซโคลเดกซ์ทริน	5	48.32±0.80 ^{bc}	7.07±0.76 ^{ab}	17.37±1.56 ^{bc}
	10	51.29±0.34 ^{ab}	7.72±0.31 ^a	19.14±0.76 ^{ab}
	15	51.48±1.15 ^a	7.86±0.13 ^a	19.20±0.54 ^{ab}
กัมอะราบิก	5	40.67±0.45 ^d	7.33±0.42 ^a	14.97±0.62 ^{cd}
	10	47.00±1.97 ^c	6.98±0.67 ^{abc}	17.23±1.73 ^{bc}
	15	52.34±2.89 ^a	6.07±0.53 ^{cd}	15.61±1.73 ^{cd}

หมายเหตุ a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

L* หมายถึงค่าความสว่าง a* หมายถึงค่าสีแดง-เขียว b* หมายถึงค่าสีเหลือง-น้ำเงิน

จากตารางที่ 5 พบว่าการวิเคราะห์ทางสถิติด้านสีของกาแฟอะราบิกาผงที่เติมสารห่อหุ้มทั้ง 3 ชนิด คือ สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน สารห่อหุ้มไซโคลเดกซ์ทริน และสารห่อหุ้มกัมอะราบิก ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5 10 และ 15 (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05) ค่าความสว่าง (L) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารห่อหุ้มทั้ง 3 ชนิด ที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 มีค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงมากที่สุด โดยที่สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน มีค่าความสว่างมากที่สุด รองลงมาคือสารห่อหุ้มกัมอะราบิก และสารห่อหุ้มไซโคลเดกซ์ทริน ตามลำดับ เนื่องจากสารห่อหุ้มทั้ง 3 ชนิดมีสีขาวทำให้มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีแดง - เขียว (a*) พบว่าปริมาณสารห่อหุ้มทั้ง 3 ชนิด ที่ร้อยละ 5 และ 15 มีค่าการเปลี่ยนแปลงค่าสี (a*) ของผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผง โดยที่สารห่อหุ้มไซโคลเดกซ์ทริน ร้อยละ 15 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือสารห่อหุ้มกัมอะราบิก ร้อยละ 5 และสารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละ 15 ตามลำดับ และค่าสีเหลือง - น้ำเงิน (b*) พบว่าปริมาณสารห่อหุ้มทั้ง 3 ชนิด มีค่าการเปลี่ยนแปลงค่าสี (b*) ของผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผง โดยที่สารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละ 15 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือสารห่อหุ้มไซโคลเดกซ์ทริน ร้อยละ 15 และสารห่อหุ้มกัมอะราบิก ร้อยละ 10 ตามลำดับ

4.2.2 ผลของปริมาณและความเข้มข้นของสารห่อหุ้มต่อกาแฟอะราบิกาผงที่มีผลต่อค่าปริมาณน้ำอิสระ

จากการศึกษาผลของกาแฟอะราบิกาผงที่เติมสารห่อหุ้ม 3 ชนิด คือสารห่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน สารห่อหุ้มไซโคลเดกซ์ทริน และสารห่อหุ้มกัมอะราบิก ที่ความเข้มข้น 3 ระดับคือ ร้อยละ 5 10 และ 15 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ต่อค่าปริมาณน้ำอิสระ พบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระในกาแฟอะราบิกา

ผงที่เติมสารหอมทั้ง 3 ชนิด มีค่าปริมาณน้ำอิสระที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าปริมาณน้ำอิสระของปริมาณสารหอมและความเข้มข้น 3 ระดับ

สารหอม	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ค่าปริมาณน้ำอิสระ
มอลโทเดกซ์ทริน	5	0.50 ± 0.00^a
	10	0.53 ± 0.02^a
	15	0.50 ± 0.00^a
ไซโคลเดกซ์ทริน	5	0.48 ± 0.02^a
	10	0.41 ± 0.03^{bc}
	15	0.41 ± 0.08^b
กัมอะราบิก	5	0.35 ± 0.01^{cd}
	10	0.34 ± 0.01^{de}
	15	0.30 ± 0.02^e

หมายเหตุ a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 6 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารหอมมอลโทเดกซ์ทริน สารหอมไซโคลเดกซ์ทริน และสารหอมกัมอะราบิก ทำให้ปริมาณน้ำอิสระของกาแฟอะราบิกาผงลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารหอมกัมอะราบิกเพิ่มขึ้นที่ปริมาณร้อยละ 15 มีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด สารหอมไซโคลเดกซ์ทรินที่ปริมาณ ร้อยละ 10 และสารหอมมอลโทเดกซ์ทรินที่ปริมาณร้อยละ 5 และร้อยละ 15 เนื่องจากในกระบวนการสกัดน้ำกาแฟที่ผสมสารหอมทั้ง 3 ชนิดให้เป็นผง ความร้อนจากผิวลูกกลิ้งของเครื่องทำแห้งจะสกัดของแข็งที่ละลายได้ของกาแฟหรือผงกาแฟ ในกระบวนการนี้ น้ำจะถูกระเหยออกในรูปของไอน้ำทำให้ ปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงลดลง ทั้งนี้ สารหอมทั้ง 3 ชนิด มีคุณสมบัติช่วยให้อาหารแห้งง่ายขึ้นและเป็นสารให้ความคงตัวมีแนวโน้มทำให้ปริมาณน้ำอิสระลดลง (นนท์ กว้างชวน, น้ำฝน สามพร้า, พุฒิพร ชื่นธรรมการย์ และศิริไพลิน โกศลพิศิษฐ์, 2556, หน้า 76)

4.2.3 ผลของปริมาณและความเข้มข้นของสารหอมต่อกาแฟอะราบิกาผงต่อค่าความหนาแน่น

จากการศึกษาผลของกาแฟอะราบิกาผงที่เติมสารหอม 3 ชนิด คือ สารหอมมอลโทเดกซ์ทริน สารหอมไซโคลเดกซ์ทริน และสารหอมกัมอะราบิก ที่ปริมาณความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5 10 และ 15 (โดยน้ำหนัก) ตามลำดับ ต่อค่าความหนาแน่น มีค่าความหนาแน่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ต่อผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าความหนาแน่นของปริมาณสารหอมหุ่มและความเข้มข้น 3 ระดับ

สารหอมหุ่ม	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
มอลโทเดกซ์ทริน	5	1.03±0.03 ^a
	10	1.00±0.01 ^a
	15	0.81±0.01 ^b
ไซโคลเดกซ์ทริน	5	0.57±0.03 ^c
	10	0.55±0.02 ^{cd}
	15	0.51±0.01 ^d
กัมอะราบิก	5	0.40±0.02 ^e
	10	0.43±0.03 ^e
	15	0.35±0.04 ^f

หมายเหตุ a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 7 พบว่าเมื่ออัตราส่วนของสารหอมหุ่มเพิ่มขึ้นค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลงที่ปริมาณสารหอมหุ่มทั้ง 3 ชนิด ปริมาณร้อยละ 15 มีค่าความหนาแน่นต่ำที่สุด เนื่องจากสารหอมหุ่มทั้ง 3 ชนิดช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งในสารละลายส่งผลให้เกิดการสร้างโมเลกุลผงที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งอนุภาคจะมีความพรุนเพิ่มขึ้นและสามารถละลายน้ำได้ดี ทั้งนี้ยังพบว่า สารหอมหุ่มกัมอะราบิกจะทำให้ผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงที่ได้มีความหนาแน่นต่ำที่สุดหรือน้ำหนักที่น้อยกว่ามอลโทเดกซ์ทรินและไซโคลเดกซ์ทรินในทุกอัตราส่วน (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2558)

4.2.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอะราบิกาผง

การศึกษากองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอะราบิกาผงด้วยเครื่อง GC MS พบว่าสารหอมหุ่มสามารถเก็บสารประกอบของกาแฟอะราบิกาผงได้ 3 ชนิด คือ 2-furfurylthiol 3-Methylbutanal และ 2-methylpropanal แสดงผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณสารประกอบของกาแฟอะราบิกาผงของสารหอมหุ่ม 3 ชนิด

สารหอมหุ่ม	ปริมาณสารประกอบของกาแฟอะราบิกาผง (ไมโครกรัมต่อกรัม)		
	2-furfurylthiol	3-Methylbutanal	2-methylpropanal
มอลโทเดกซ์ทริน	Nd	0.31±0.09	Nd
ไซโคลเดกซ์ทริน	0.54±0.32	1.24±0.32	0.98±0.41
กัมอะราบิก	0.22±0.04	0.87±0.18	0.34±0.11

หมายเหตุ Nd = ไม่พบสารประกอบ

จากตารางที่ 8 สารประกอบทั้ง 3 เป็นสารประกอบที่มีในกาแฟอะราบิกา โดยที่สารประกอบ 2-furfurylthiol ให้กลิ่นกาแฟคั่ว ส่วน 3-Methylbutanal ให้กลิ่นเหมือนกลิ่นมอลต์ และ 2-methylpropanal ให้กลิ่นคล้ายโกโก้ (Yashin et al., 2017) เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของสารประกอบ พบว่าสารหอหุ้มที่สามารถเก็บกลิ่นของกาแฟอะราบิกาได้ดีที่สุดคือ ไซโคลเดกซ์ทริน เนื่องจากไซโคลเดกซ์ทรินเป็นโพลิเมอร์แบบไซโคลไดเอกซ์ไตรน ซึ่งมีโมเลกุลของกลูโคสต่อกันเป็นวงกลม ทำให้สามารถเก็บสารประกอบบางตัวของกาแฟอะราบิกาไว้ได้ดีกว่าชนิดอื่น

4.3 ศึกษาอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งต่อคุณสมบัติทางกายภาพของกาแฟอะราบิกา

ศึกษาผลอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งต่อคุณสมบัติทางกายภาพของกาแฟอะราบิกาที่สภาวะไซโคลเดกซ์ทรินความเข้มข้น ร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาคือ 120 125 และ 130 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบของลูกกลิ้งเท่ากับ 2 รอบต่อนาที ระยะห่างของลูกกลิ้งเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร

ตารางที่ 9 แสดงค่าสีของกาแฟอะราบิกาจากการทำแห้งที่อุณหภูมิ 3 ระดับ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี		
	L	a	b
120	53.74±0.80 ^a	7.27±0.06 ^c	17.07±0.12 ^c
125	53.19±1.83 ^{ab}	7.51±0.21 ^b	18.23±0.51 ^b
130	52.47±0.15 ^b	8.16±0.24 ^a	20.04±0.17 ^a

หมายเหตุ a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 9 พบว่าด้านสีของกาแฟอะราบิกาจากการอบแห้งต่างกัน 3 ระดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาจากค่าความสว่างพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งค่าความสว่างจะลดลง ส่วนค่าสีแดงและสีเหลืองเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งเพิ่มขึ้นค่าสีแดงและสีเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งตัวอย่างที่ใช้ในการทำแห้งจะสัมผัสกับลูกกลิ้งที่เป็นตัวกลางให้ความร้อนโดยตรงทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกา

ตารางที่ 10 ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของกาแฟอะราบิกาจากการทำแห้งที่อุณหภูมิ 3 ระดับ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าความชื้น (ร้อยละ)	ค่าปริมาณน้ำอิสระ
120	6.23±1.34 ^b	0.45±0.01 ^b
125	6.08±0.75 ^b	0.45±0.02 ^b
130	4.85±1.02 ^a	0.42±0.02 ^a

หมายเหตุ a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 10 พบว่าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส มีค่าความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด ทั้งนี้ค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระมีความสอดคล้องกันคือเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งเพิ่ม ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระมีค่าลดลง เนื่องจากเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้สามารถระเหยน้ำออกจากตัวผลิตภัณฑ์ได้ดีขึ้น

ตารางที่ 11 ค่าความหนาแน่นและความสามารถในการละลายของกาแฟอะราบิกาผงจากการทำแห้งที่อุณหภูมิ 3 ระดับ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าความหนาแน่น ^{ns} (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)
120	0.55±1.12	100
125	0.56±0.94	100
130	0.54±1.23	100

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

จากตารางที่ 11 ค่าความหนาแน่นและความสามารถในการละลายของกาแฟอะราบิกาผงจากการทำแห้งที่อุณหภูมิ 3 ระดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้กาแฟอะราบิกาผงเมื่อนำมาละลายแล้วพบว่าสามารถละลายได้ทั้งหมด เนื่องจากลักษณะที่สำคัญของไซโคลเดกซ์ทรินจะให้โมเลกุลของสารอื่นที่ไม่มีเข้าไปจับตรงช่องแคบตรงกลางที่เป็น hydrophobic ส่วนด้านนอกของไซโคลเดกซ์ทรินจะเป็น hydrophilic (ปิยาณี ลิ้มโสภารธรรม, 2550) ซึ่งเป็นส่วนของด้านที่ชอบน้ำทำให้สามารถละลายได้ดี

ตารางที่ 12 คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกา

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส ^{ns}	ความชอบโดยรวม
120	7.32±0.95 ^b	6.75±0.51 ^b	6.54±1.25	6.24±1.23 ^b
125	8.05±0.44 ^a	7.45±0.42 ^a	6.12±1.01	7.68±1.02 ^{ab}
130	8.31±0.54 ^a	7.89±0.77 ^a	6.36±1.14	8.04±0.71 ^a

หมายเหตุ a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 12 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 อุณหภูมิไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าสีพบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับสูงที่สุด ส่วนความชอบทางด้านกลิ่นผลิตภัณฑ์กาแฟอะราบิกาผงที่อุณหภูมิ 125 และ 130 องศาเซลเซียสให้ค่าการยอมรับไม่ต่างกัน โดยสารห่อหุ้มไซโคลเดกซ์ทรินมีลักษณะโมเลกุลเป็นวงแหวนและมีคุณสมบัติเป็นสารให้ความคงตัวสามารถเก็บรักษากลิ่นได้ดี (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2558) ทำให้เมื่อใช้อุณหภูมิสูง แต่ระยะเวลาในการทำแห้งสั้นจึงสามารถเก็บกลิ่นรสได้ดี ทั้งนี้

เนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกัน และความชอบโดยรวมพบว่าที่ 125 และ 130 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาอุณหภูมิการควบแน่นแก๊สที่ 3 ระดับ คือ 200 220 และ 240 องศาเซลเซียส พบว่าสภาวะที่เหมาะสมของเมล็ดกาแฟการควบแน่นในการผลิตกาแฟอาราบิกาคือ อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปศึกษาผลของกาแฟอาราบิกาที่เติมสารหอม 3 ชนิด คือ สารหอมมอลโทเดคซ์ทริน สารหอมไซโคลเดคซ์ทริน และสารหอมกำมะระบิก ที่ปริมาณความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5 10 และ 15 (โดยน้ำหนัก) พบว่าไซโคลเดคซ์ทรินปริมาณร้อยละ 15 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกาแฟอาราบิกา อีกทั้งศึกษาปริมาณสารประกอบของกาแฟอาราบิกาที่เติมสารหอม 3 ชนิด โดยพบสารประกอบดังนี้ 2-furfurylthiol ให้กลิ่นกาแฟ ส่วน 3-Methylbutanal ให้กลิ่นเหมือนกลิ่นมอลต์ และ 2-methylpropanal ให้กลิ่นคล้ายโกโก้ (Yashin et al., 2017) จากนั้นนำไปศึกษาอุณหภูมิในการทำแห้ง และคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตกาแฟอาราบิกาสำเร็จรูปโดยการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. หากมีการศึกษาเพิ่มเติม ควรศึกษาถึงระยะเวลาการเก็บรักษากาแฟอาราบิกา
2. นอกจากการสกัดแบบการชงกาแฟธรรมดาแล้ว ยังสามารถศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการสกัดด้วยวิธีต่างๆ ก่อนนำมาศึกษาชนิดของสารหอม

บรรณานุกรม

กรมการค้าต่างประเทศกระทรวงพาณิชย์. 2551. การส่งออกกาแฟในไทย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.dft.go.th> (เข้าถึงเมื่อ 5 ธันวาคม 2560).

กรมวิชาการเกษตร. 2547. ระบบการจัดการคุณภาพ GAP กาแฟสำหรับเกษตรกร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ณัฐชา จรุงวิสุทธิ์, ณัฐวรรณ ศรีสุข และอนุวัฒน์ สันติธรมัน. 2546. เครื่องต้นแบบการอบแห้งแบบลูกกลิ้งสำหรับผลิตภัณฑ์ข้าวผง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เทวรัตน์ ตรีอำนาจ, เกียรติศักดิ์ ใจโต, วีรชัย อาจहार และกระวี ตรีอำนาจ. (2555) การอบแห้งกากมันสำปะหลังด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ธราพงษ์ ศรีคงแก้ว. โมเลกุลของไซโคลเดกซ์ทริน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.biosite.dk/leksikon/beta-cyclodextrin.htm> (เข้าถึงเมื่อ 3 ธันวาคม 2560).

นงนภา วงศ์วารี. 2548. The Coffee Lovers. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

นนท์ กว้างชวน น้ำฝน สามพร้าว พุฒิพร ชื่นธรรมการย์ และศิริไพสิน โกศลพิศิษฐ์. 2556 การสกัดและการทำแห้งกาแฟ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นาฏชนก ปราปฐ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ และกระวี ตรีอำนาจ. 2558. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารตัวพาที่มีผลต่อกระบวนการทำแห้งน้ำมะขามเปียกด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ปิยาณี ลิ้มโสภารธรรม. 2550. การเตรียมเบต้าไซโคลเดกซ์ทรินที่เชื่อมกับผ้าฝ้ายสำหรับใช้ในงานด้านสิ่งทอ. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ สุนันท์ ละอองศรี และ ธีรภัทร สันติเมทินีดล. 2531. จากฝิ่นสู่กาแฟ From opium poppy to coffee. โรงพิมพ์ดารารัตน์, เชียงใหม่, p: 28-64.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. **ไซโคลเดกซ์ทริน**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetwork-solution.com/wiki/word/4771/cyclodextrin-ไซโคลเดกซ์ทริน>

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. **Gumacacia/กัมอะคาเซีย**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1489/acacia-gum-arabic> (เข้าถึงเมื่อ 3 ธันวาคม 2560).

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. **Maltodextrin**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1914/maltodextrin-มอลโทเดกซ์ทริน> (เข้าถึงเมื่อ 2 ธันวาคม 2560)

ยอดยิ่ง ถาวรไทย. 2549. **กาแฟสดสารพัดสูตร**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ไพลินบุ๊คเน็ต.

วิศรุต. **การอบแห้ง**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://sites.google.com/a/dsc.ac.th/-kar-tak-haeng/home/prayoch-n-khxng-kar-tak-haeng> (เข้าถึงเมื่อ 27 พฤศจิกายน 2560).

ศรินยา. 2547. **ชมรมคนรักกาแฟ**. กรุงเทพฯ: สิปประภา.

ศุภชัย ลีจรรย์เนียร. 2546. **ปฏิกิริยาของกาแฟอาราบิกาสัมผัสระหว่าง catuai and catimor by the infection of Hemileia vastatrix**. รายงานการประชุมวิชาการผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวงประจำปี 2546. มูลนิธิโครงการหลวง ฝ่ายวิจัย, เชียงใหม่, 385 หน้า.

สุกัญญา อภิทรกุล. (2559) **การเปรียบเทียบปริมาณคาเฟอีน สารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีในผงกาแฟและกากกาแฟ**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2539. **กระบวนการทำแห้งอาหารในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. กรุงเทพฯ: ไพลินบุ๊คเน็ต.

Arslanoglu and Tallent. **stuer gum Arabic**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.justpaint.org> (เข้าถึงเมื่อ 3 ธันวาคม 2560).

- Czerny, M., Mayer, F. and Grosch, W. 1999. **Sensory study on the character impact odorants of roasted arabica coffee.** J. Agric. Food Chem. 47: 695-699.
- Deibler, K.D., Acree, T.E. and Lavin E.H. 1998. **Aroma analysis of coffee brew by gas chromatography-olfactometry.** In Dev. Food Sci., Food Flavours, Morton and Macleod Eds, Elsevier 40, 69-78
- Geesha. โมเลกุลของมอลโทเดกซ์ทริน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://pediaa.com>. (เข้าถึงเมื่อ 3 ธันวาคม 2560).
- Holscher, W., Vitzthum, O.G. and Steinhart, H. 1992. **Prenyl alcohol-source for odorant in toasted coffee.** J. Agric. Food Chem. 40: 655-658.
- Hoffmann, J. 2559. **The world atlas of coffee.** กรุงเทพฯ: บลู สกาย บุ๊คส์.
- Puviprom, J. 2003. **Production Factor Affecting Flavor Compounds in Thai Coffee.** M. Sc. Thesis. Kasertsart University. Bangkok
- Yashin, A., Yakov, Y., Xiaoyan, X. and Boris, N. 2017. **Chromatographic Methods for Coffee Analysis: A Review.** Journal of Food Research; 6(4): 60-82

ภาคผนวก ก

วัตถุดิบ อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย และขั้นตอนการผลิต





เมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่



สารหล่อหุ้มมอลโทเดกซ์ทริน



สารหล่อหุ้มไซโคลเดกซ์ทริน



สารหล่อหุ้มกัมอะราบิก

ภาพที่ ก 1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์กาแฟอาราบิก้าผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง



ภาพที่ ก 2 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง



ภาพที่ ก 3 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งและกาแฟอะราบิกาผงสำเร็จรูป



ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส



ชุดที่.....

อายุ

เพศ ☐ หญิง ☐ ชาย

แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์กาแฟอาราบิก้าผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง

วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบชิมตัวอย่างที่เสนอให้ตามลำดับของตัวเลขรหัสในตาราง จากซ้ายไปขวา
แล้วให้คะแนนความชอบของท่านที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ โดยมีสเกลความชอบ 1-9 ดังนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ

6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง

8 = ชอบมาก

9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง		
	573	274	447
สี			
กลิ่นรส			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ.....

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ



ตารางที่ ค 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางค่าสีของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าที่อุณหภูมิ 3 ระดับ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: L

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	128.540 ^a	2	64.270	5.515	.044
Intercept	13405.008	1	13405.008	1150.336	.000
อุณหภูมิ	128.540	2	64.270	5.515	.044
Error	69.919	6	11.653		
Total	13603.467	9			
Corrected Total	198.459	8			

a. R Squared = .648 (Adjusted R Squared = .530)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: a

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	24.006 ^a	2	12.003	41.471	.000
Intercept	128.974	1	128.974	445.608	.000
อุณหภูมิ	24.006	2	12.003	41.471	.000
Error	1.737	6	.289		
Total	154.717	9			
Corrected Total	25.743	8			

a. R Squared = .933 (Adjusted R Squared = .910)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	74.571 ^a	2	37.286	62.407	.000
Intercept	225.600	1	225.600	377.602	.000
อุณหภูมิ	74.571	2	37.286	62.407	.000
Error	3.585	6	.597		
Total	303.756	9			
Corrected Total	78.156	8			

a. R Squared = .954 (Adjusted R Squared = .939)

ตารางที่ ค 2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าคั่วที่อุณหภูมิ 3 ระดับ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: a_w

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.016 ^a	2	.008	23.372	.001
Intercept	1.287	1	1.287	3689.021	.000
อุณหภูมิ	.016	2	.008	23.372	.001
Error	.002	6	.000		
Total	1.306	9			
Corrected Total	.018	8			

a. R Squared = .886 (Adjusted R Squared = .848)

ตารางที่ ค 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางค่าความหนาแน่นของเมล็ดกาแฟอาราบิก้าที่อุณหภูมิ 3 ระดับ

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: ความหนาแน่น					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.136 ^a	2	.068	291.000	.000
Intercept	4.326	1	4.326	18541.714	.000
อุณหภูมิ	.136	2	.068	291.000	.000
Error	.001	6	.000		
Total	4.464	9			
Corrected Total	.137	8			

a. R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .986)

ตารางที่ ค 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางค่าสีของผลิตภัณฑ์กาแฟอาราบิก้าผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: L					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	401.944 ^a	8	50.243	16.725	.000
Intercept	64385.773	1	64385.773	21432.845	.000
ปริมาณ	401.944	8	50.243	16.725	.000
Error	54.073	18	3.004		
Total	64841.791	27			
Corrected Total	456.018	26			

a. R Squared = .881 (Adjusted R Squared = .829)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: a

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11.603 ^a	8	1.450	5.370	.001
Intercept	1295.564	1	1295.564	4796.739	.000
ปริมาณ	11.603	8	1.450	5.370	.001
Error	4.862	18	.270		
Total	1312.029	27			
Corrected Total	16.465	26			

a. R Squared = .705 (Adjusted R Squared = .573)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	121.134 ^a	8	15.142	6.654	.000
Intercept	8000.757	1	8000.757	3516.118	.000
ปริมาณ	121.134	8	15.142	6.654	.000
Error	40.958	18	2.275		
Total	8162.850	27			
Corrected Total	162.092	26			

a. R Squared = .747 (Adjusted R Squared = .635)

ตารางที่ ค 5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์กาแฟอาราบิก้าผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: a_w					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.165 ^a	8	.021	21.123	.000
Intercept	4.858	1	4.858	4972.750	.000
ปริมาณ	.165	8	.021	21.123	.000
Error	.018	18	.001		
Total	5.041	27			
Corrected Total	.183	26			

a. R Squared = .904 (Adjusted R Squared = .861)

ตารางที่ ค 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์กาแฟอาราบิก้าผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: ความหนาแน่น					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.572 ^a	8	.196	342.232	.000
Intercept	10.641	1	10.641	18535.645	.000
ปริมาณ	1.572	8	.196	342.232	.000
Error	.010	18	.001		
Total	12.223	27			
Corrected Total	1.582	26			

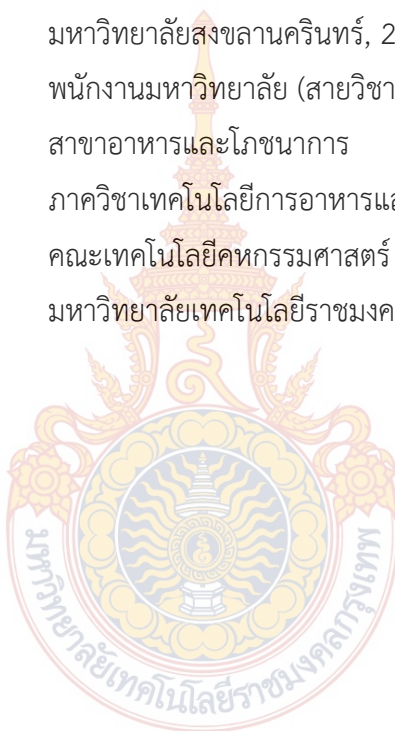
a. R Squared = .993 (Adjusted R Squared = .991)

ประวัติผู้เขียน (นักวิจัยคนที่ 1)

ชื่อ - นามสกุล	นางสาวภัทรภร ภควีระชาติ
วันเดือนปีเกิด	5 มีนาคม 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดบุรีรัมย์
ประวัติการศึกษา	2549 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2553 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมกระบวนการอาหาร) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ประวัติการทำงาน	2553 - 2554 ผู้ช่วยนักวิจัย ศูนย์วิจัยเกษตรหลวง เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร 2554 - 2556 นักวิทยาศาสตร์ ศูนย์พัฒนาฯไทยและสมุนไพร กระทรวงสาธารณสุข 2556 - 2557 นักวิทยาศาสตร์ (คหกรรมศาสตร์) มหาวิทยาลัย ราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ 2557-2558 อาจารย์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2558 - ปัจจุบัน อาจารย์ สาขาอาหารและโภชนาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ประวัตินักวิจัยคนที่ 2

ชื่อ – สกุล	นายนิชูพยาน นิมะมิ่ง
วัน เดือน ปี เกิด	5 มีนาคม 2529
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556 วิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2553
ตำแหน่งงานปัจจุบัน	พนักงานมหาวิทยาลัย (สายวิชาการ) สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ



ประวัตินักวิจัยคนที่ 3

ชื่อ – สกุล

นางสาวลลิตา ปานแก้ว

วัน เดือน ปี เกิด

3 พฤศจิกายน 2525

ประวัติการศึกษา

สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนาการชุมชน)

มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550

คหกรรมศาสตรบัณฑิต (อาหารและโภชนาการ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, 2547

ตำแหน่งงานปัจจุบัน

พนักงานมหาวิทยาลัย (สายวิชาการ)

สาขาอาหารและโภชนาการ

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ



ประวัตินักวิจัยคนที่ 4

ชื่อ – สกุล	นางสาวศศธร สิงขรอาจ
วัน เดือน ปี เกิด	28 กรกฎาคม 2526
ประวัติการศึกษา	Doctor of Philosophy (Food Science and Technology) Kongju National University, South Korea, 2556 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวเคมี) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2551 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547
ตำแหน่งงานปัจจุบัน	พนักงานมหาวิทยาลัย (สายวิชาการ) สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

