



## โครงการ การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ      การพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปในรูปแบบอัดเม็ด

ชื่อนิสิต            นางสาว พัทธริกา            งามผิว  
                         นาย    กฤษดา                ธรรมปรีชาถาวร

ภาควิชา            เทคโนโลยีทางอาหาร  
ปีการศึกษา        2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปในรูปแบบอัดเม็ด

โดย

นางสาว พัชริกา งามผิว

นาย กฤษดา ธรรมปรีชาถาวร

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประจำปีการศึกษา 2562

# Development of instant coffee in form of tablet

Patcharika Ngampiv  
Krissada Thampreechatavorn

Project Advisor

Assoc. Prof. Chaleeda Borompichaichartkul, Ph.D.

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2019

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปในรูปแบบอัดเม็ด

โดย นางสาว พัทธริกา งามผิว  
นาย กฤษดา ธรรมปรีชาถาวร

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ซาลีดา บรมพิชัยชาติกุล

ปีการศึกษา 2562

---

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร  
ประจำปีการศึกษา 2562



.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิษฐา ธนานุวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร



.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ซาลีดา บรมพิชัยชาติกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปในรูปแบบอัดเม็ด

โดย นางสาว พัทริกา งามผิว  
นาย กฤษดา ธรรมปรีชาถาวร

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ซาลีดา บรมพิชัยชาติกุล

ปีการศึกษา 2562

### บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปในรูปแบบอัดเม็ด โดยศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับการทำกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด ค่า pH และเวลาในการละลายของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด เพื่อให้การบริโภคกาแฟสำเร็จรูปมีความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันความต้องการในการบริโภคกาแฟมีมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของกาแฟสำเร็จรูป ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วัตถุดิบกาแฟ 2 ประเภทคือ กาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและกาแฟคั่วบด ประเภทละ 5 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการต้านการออกซิเดชันของกาแฟสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและกาแฟคั่วบด ด้วยวิธี DPPH และ FRAP พบว่า กาแฟสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่าการต้านการออกซิเดชันแตกต่างจาก กาแฟคั่วบดอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) จึงนำกาแฟสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมาเป็นวัตถุดิบหลักในการทำผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด และจากการศึกษาค่า pH ของ กาแฟสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จะพบว่ายี่ห้อกาแฟที่เหมาะสมสำหรับการทำกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดคือ C และ D ในกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดแต่ละสูตรมีการแปรสัดส่วน ปริมาณของชนิดของกาแฟ กรดทาร์ทาริก และโซเดียมไบคาร์บอเนตที่แตกต่างกันทั้งหมด 8 สูตร ซึ่งผลจากการใช้สารดังกล่าวส่งผลต่อค่า pH ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ค่าความแข็ง (Hardness) และเวลาในการละลายของผลิตภัณฑ์ รวมถึงลักษณะทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด จากการทดสอบค่า pH ของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด พบว่า เมื่อเติมกรดทาร์ทาริกและโซเดียมไบคาร์บอเนตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) จากนั้นนำไปทดสอบค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ในค่าสีแดง ( $a^*$ ) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) และจากการทดสอบค่าความแข็ง (Hardness) ของตัวอย่างมีค่าลดลงอย่าง มีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) และเมื่อนำไปทดสอบค่าในการละลายของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด พบว่าเวลา ในการละลายของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง กรดทาร์ทาริกและโซเดียมไบคาร์บอเนตซึ่งเป็นปฏิกิริยากรดเบส จากนั้นเมื่อนำกาแฟสำเร็จรูปแบบ

อัดเม็ดไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับจากผู้บริโภคด้วยวิธีทดสอบแบบ Hedonic test โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน พบว่าสูตรกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค คือ สูตรที่ประกอบด้วยกาแฟยี่ห้อ C 0.46g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.02g จากข้อมูลดังกล่าวเป็นการแสดงถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

**Project Title**      Development of instant coffee in form of tablet

**Student**            Patcharika Ngampiv  
                            Krissada    Thampreechatavorn

**Study Program**   Bachelor of Science in Food Technology

**Advisor**            Assoc. Prof. Chaleeda Borompichaichartkul, Ph.D.

**Academic Year**   2019

---

### ABSTRACT

The objective of this research is to develop the instant coffee products in a form of tablet by studying the suitable proportion for making instant tablet coffee, including its pH value and time of dissolution of instant coffee in a form of tablet for effectiveness in the preparation of drinks. Nowadays, coffee trade has been growing, especially increase in consumption of instant coffee. Using DPPH and FRAP assays 5 brands of freeze-dried instant coffee powders and 5 species of roasted coffee bean will be analyzed by value of antioxidant activity. The obtained results showed that the antioxidant activity was significantly different between freeze-dried instant coffee powders and roasted coffee ( $p < 0.05$ ). The freeze-dried instant coffee powder was substitute for instant coffee products in form of tablet. Moreover, according to the pH of freeze-dried instant coffee powders it is evidence that suitable for instant coffee tablet are brand C and D. In this study, used 8 different formulas with variable the ratio of weight and types of coffee, tartaric acid, and sodium bicarbonate value were tested. From the study of the pH values of instant coffee tablets, the pH value was increased significantly ( $p < 0.05$ ) as a result of the addition of tartaric acid and sodium bicarbonate. For lightness ( $L^*$ ), yellowness ( $b^*$ ) and hardness values were reduced significantly ( $p < 0.05$ ) and the redness ( $a^*$ ) was not significantly different ( $p > 0.05$ ). On the other hand, the decrease in dissolution time of instant coffee tablets due to the same reaction between tartaric acid and sodium bicarbonate was statistically significantly ( $p < 0.05$ ). In addition, the sensory evaluation and the consumer acceptance was tested by hedonic test with 30 subjects. The result concludes that the instant coffee tablet formula which consist of 0.46g brand

C coffee, 0.02g tartaric acid, 0.02g sodium bicarbonate most accepted by the subject.  
The data show highest possibility for development of the tablet instant coffee product.



## กิตติกรรมประกาศ

โครงการการพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปในรูปแบบอัดเม็ด เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากงบประมาณของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2562 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร. ชาลีตา บรมพิชัยชาติกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

คณะวิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชาลีตา บรมพิชัยชาติกุล ที่ให้ค้อยให้คำปรึกษา แนะนำ และให้การช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนตรวจและปรับแก้โครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณเหล่าคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ถ่ายทอดความรู้ตลอดหลักสูตรการศึกษา ให้ผู้วิจัยสามารถนำไปประยุกต์และบูรณาการให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่งานวิจัยนี้ อีกทั้งยังให้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆ ให้สามารถดำเนินโครงการนี้ได้อย่างราบรื่น

ขอกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการประกันคุณภาพ ห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร ห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร และห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร รุ่นพี่นิสิต รุ่นน้องนิสิต และเพื่อนนิสิตทุกท่าน ทั้งในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารและภาควิชาอื่นๆ ที่ช่วยอำนวยความสะดวก ให้ความช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในทุกๆด้าน ให้การดำเนินโครงการสำเร็จผ่านไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และคนในครอบครัวของคณะผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน ตลอดจนส่งเสริมด้านโอกาสทางการศึกษา จนโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการวิจัยแก่ผู้ที่สนใจในหัวข้อที่เกี่ยวข้องต่อไปในอนาคต ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นางสาว พัชริกา งามผิว

นาย กฤษดา ธรรมปรีชาถาวร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 กรอบแนวคิดของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
<b>บทที่ 2 วารสารปริทัศน์</b>	<b>3</b>
2.1 กาแฟอราบิก้าและโรบัสต้า	3
2.2 กาแฟผงสำเร็จรูป	5
2.3 กาแฟคั่วบด	7
2.4 เครื่องอัดเม็ด	9
2.5 เม็ดฟู	11

<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย</b>	13
3.1 วัสดุอุปกรณ์ในการทำกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด	13
3.1.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการผลิตกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด	
3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด	
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ	14
3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย	14
3.4 วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์	16
<b>บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง</b>	18
4.1 การศึกษาผลของการต้านการออกซิเดชันโดยวิธี DPPH และ FRAP	18
4.1.1 การวัดการต้านการออกซิเดชันของกาแฟ โดยวิธี DPPH	18
4.1.2 การวัดการต้านการออกซิเดชันของกาแฟ โดยวิธี FRAP	19
4.2 การศึกษาค่า pH ของกาแฟสำเร็จรูป	20
4.3 การวิเคราะห์ค่า pH ของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด	22
4.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด	23
4.5 การวิเคราะห์เวลาในการละลายของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด	25
4.6 การศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation)	26
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	29
5.1 สรุปผลการวิจัย	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	32

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณคาเฟอีนที่มีฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง	4
2	ปริมาณ tartaric acid และ sodium bicarbonate ที่ใช้ใน กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดในแต่ละสูตร	16
3	ค่าการต้านการออกซิเดชันของกาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็ง และกาแฟคั่วบด โดยวิธี DPPH	18
4	ค่าการต้านการออกซิเดชันของกาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็ง และกาแฟคั่วบด โดยวิธี FRAP	19
5	ค่า pH ของกาแฟผงสำเร็จรูป	21
6	ค่า pH ของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด	22
7	คุณภาพทางกายภาพของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด	23
8	เวลาในการละลายของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด	26
9	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดทั้ง 8 สูตร	27

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของเมล็ดกาแฟ Arabica และ Robusta	3
2	สูตรโครงสร้างทางเคมีของคาเฟอีน	4
3	กาแฟสำเร็จรูป	6
4	เมล็ดกาแฟคั่วบด	7
5	เครื่องตอกเมล็ดกาแฟ SPT – SERIES	9
6	ยาเม็ดฟู	11
7	กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดทั้ง 8 สูตร	24
8	การประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)	28
9	กราฟมาตรฐานการต้านการออกซิเดชันโดยวิธี DPPH	34
10	กราฟมาตรฐานการต้านการออกซิเดชันโดยวิธี FRAP	35

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันการรับประทานกาแฟสำเร็จรูปชนิดผงเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ซึ่งนิยมกันในกลุ่มของคนที่ต้องการความสะดวกรวดเร็วและพกพาได้ง่าย อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปแบบผง ไม่ว่าจะเป็นแบบบรรจุในขวดหรือแบบบรรจุในซอง ต่างก็มีข้อเสียบางประการ ยกตัวอย่างเช่น กาแฟสำเร็จรูปชนิดผงแบบบรรจุในขวดที่ให้ดักชงเอง จะมีการเก็บรักษาที่ยาก เนื่องจากเมื่อเราเปิดใช้งานแล้วจะทำให้ความชื้นจากอากาศเข้าไปในขวด อาจทำให้กาแฟผงสำเร็จรูปจับตัวเป็นก้อน ไม่สามารถดักชงปริมาณช้อนชาได้ตามที่ต้องการ ส่วนกาแฟสำเร็จรูปชนิดผงที่บรรจุในซอง แม้จะใช้หมดในครั้งเดียวโดยไม่ต้องเก็บรักษา แต่อาจเกิดปัญหาในเรื่องของปัจจัยทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ เช่น การสูญเสียผงกาแฟบางส่วนจากการกระจายออกเนื่องจากแรงที่ใช้ในการฉีกซอง ทำให้ปริมาณผงกาแฟที่ได้ไม่ตรงตามข้อมูลบนซองผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการพัฒนากาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการแก้ไขปัญหา โดยที่ในหนึ่งเม็ดจะมีปริมาณกาแฟเหมาะสมต่อการชงดื่มในหนึ่งครั้ง และมีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมและเทียบเท่ากับกาแฟสำเร็จรูปชนิดผง และสามารถพกพาได้สะดวก ไม่หกเลอะเทอะ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมผู้ประกอบการให้มีผลิตภัณฑ์แปรรูปแบบใหม่เพื่อให้ตอบสนองต่อผู้บริโภค (Capek, 2010)

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความแตกต่างของสมบัติการด้านการออกซิเดชันระหว่างกาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและกาแฟคั่วบดแต่ละชนิดที่นำมาศึกษา
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด โดยศึกษาสัดส่วนของส่วนประกอบของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด และความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด ที่มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส

## 1. ขอบเขต/กรอบแนวคิดของการวิจัย

1. กาแฟที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย กาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เปลือกแห้ง 5 ยี่ห้อ และกาแฟคั่วบด 5 สายพันธุ์
2. สารละลายพื้นฐานที่ใช้ในการทำเม็ดยู คือ กรดทาร์ทาริก และโซเดียมไบคาร์บอเนต
3. ทดสอบการออกฤทธิ์ต้านการออกซิเดชันของกาแฟแต่ละชนิดด้วย DPPH และ FRAP
4. ศึกษาปฏิกิริยาที่เกิดในเม็ดยูขณะละลายในน้ำ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด
5. ศึกษากระบวนการอัดเม็ด โดยใช้เครื่องอัดเม็ด
6. ระยะเวลาในการศึกษา 1 ปีการศึกษา

## 2. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด เพื่อเป็นอาหารทางเลือกให้กับผู้บริโภค
2. ได้ผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปที่มีอายุการเก็บที่นานยิ่งขึ้น

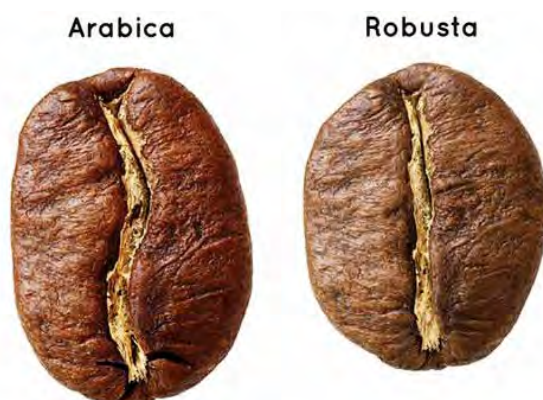
## บทที่ 2

### วารสารปริทัศน์

#### 1. กาแฟอาราบิก้าและโรบัสต้า

Arabica (อาราบิก้า) คือ พันธุ์กาแฟที่ถูกค้นพบและมีการปลูกมาอย่างยาวนาน เริ่มต้นที่แอฟริกาตะวันออกในประเทศเอธิโอเปีย ลักษณะของเมล็ดจะเป็นเมล็ดที่ค่อนข้างเรียวยาวและส่วนที่ผ่าตรงกลางเป็นเหมือนรูปตัว S ในภาษาอังกฤษ พื้นที่ที่ใช้ปลูกอาราบิก้าให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพควรจะเป็นที่สูง อากาศเย็น ซึ่งสายพันธุ์นี้เจริญเติบโตได้ดี จึงจำเป็นต้องปลูกบนพื้นที่ที่อยู่เหนือขึ้นไปจากระดับของน้ำทะเลประมาณ 600 – 2,000 เมตร สามารถพบการปลูกอาราบิก้ามากที่สุดในแถบจังหวัดภาคเหนือของไทย เช่น เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง เป็นต้น และด้วยเอกลักษณ์ของกลิ่นที่หอมอย่างพอดี พร้อมกับรสชาติที่ออกไปทางกลมกล่อมนุ่มนวล อีกทั้งยังมีปริมาณของคาเฟอีนที่ต่ำไม่ถึง 2%

Robusta (โรบัสต้า) เริ่มปลูกที่แอฟริกาตอนกลางถึงตะวันตก ลักษณะของเมล็ดจะอวบอ้วนและส่วนที่ผ่าตรงกลางจะเป็นเส้นตรง โรบัสต้าจะปลูกในพื้นที่ต่างกับอาราบิก้าโดยสิ้นเชิงคือ ปลูกในพื้นที่ต่ำ ให้ความสูงจากระดับน้ำทะเลเพียง 500 – 600 เมตร เท่านั้น เพราะพันธุ์นี้จะปลูกให้ได้คุณภาพที่ดีต้องปลูกในพื้นที่อากาศชุ่มชื้น จึงนิยมปลูกในจังหวัดแถบภาคใต้ เช่น ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี เป็นต้น ส่วนกลิ่นของสายพันธุ์กาแฟโรบัสต้าจะค่อนข้างออกไปทางฉุน รสชาติก็จะเข้มข้นและขมกว่า ส่วนมากจะถูกนำไปทำเป็นกาแฟสำเร็จรูป เพราะด้วยปริมาณคาเฟอีนที่มีมากถึง 2% ขึ้นไป โดยส่วนใหญ่กาแฟอาราบิก้าจะมีขนาดใหญ่กว่ากาแฟโรบัสต้า แต่จะมีความต้านทานต่อโรคระบาดน้อยกว่า



ภาพที่ 1 ลักษณะของเมล็ดกาแฟ Arabica และ Robusta

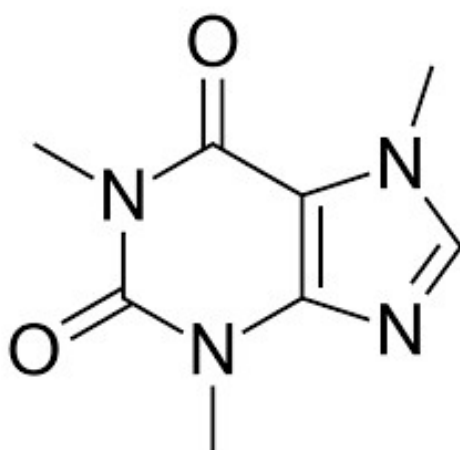


คาเฟอีน (Caffeine) เป็นสารที่พบมากที่สุดในการประเภที่มีผลต่อการกระตุ้นทางชีวภาพทั่วโลก โดยในธรรมชาติ คาเฟอีนพบในพืชมากกว่า 60 ชนิด เช่น เมล็ดกาแฟ ใบชา เมล็ดโกโก้ และอื่นๆ

ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ก็มีการนำพืชที่มีคาเฟอีนมาใช้ในการทำเครื่องดื่มเพื่อบริโภค ซึ่งเครื่องดื่มส่วนใหญ่ที่มีคาเฟอีนคือ กาแฟ ชา เครื่องดื่มชูกำลัง โดยที่ความเข้มข้นของคาเฟอีนนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ สิ่งแวดล้อม และกระบวนการผลิต ข้อดีการบริโภคคาเฟอีนสามารถคือสามารถลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งบางชนิด ป้องกันโรคเบาหวาน และลดความเสี่ยงโรคซึมเศร้า ส่วนข้อเสียของคาเฟอีนจะเกิดขึ้นเมื่อบริโภคคาเฟอีนในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้เกิดความวิตกกังวล ความดันโลหิตเพิ่มสูงขึ้น ระบายย่อยและระบบขับถ่ายมีปัญหา (Elvira, 2014)

ตารางที่ 1 ปริมาณคาเฟอีนที่มีฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง (วรรณุช ศรีเจษฎารักษ์, 2542)

ปริมาณคาเฟอีน	ฤทธิ์การกระตุ้นต่อระบบประสาทส่วนกลาง
ขนาดต่ำ (50-200 มิลลิกรัม)	จะกระตุ้นทำให้ไม่ง่วงนอน มีความตื่นตัวและกระปรี้กระเปร่าสดชื่น ความคิดว่องไวขึ้น มีความรู้สึกว่ามีแรงและมีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น และลดความอ่อนเพลีย
ขนาดกลาง (200-500 มิลลิกรัม)	อาจทำให้ปวดศีรษะ เกรียด กระวนกระวาย มือสั่น และนอนไม่หลับ
ขนาดสูง (1,000 มิลลิกรัม)	จะเริ่มทำให้เกิดพิษของคาเฟอีนที่เรียกว่า "caffeinism" ซึ่งจะมีอาการกระสับกระส่าย อยู่นิ่งไม่ได้ พุดติดขัด หัวใจเต้นเร็ว คลื่นไส้ เบื่ออาหาร ปัสสาวะบ่อย



ภาพที่ 2 สูตรโครงสร้างทางเคมีของคาเฟอีน

## 2. กาแฟผงสำเร็จรูป

กาแฟผงสำเร็จรูป (instant coffee) เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกาแฟ (coffee) ที่สะดวกในการชง มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ด ละลายได้ดีในน้ำร้อน การผลิตกาแฟสำเร็จรูป เริ่มต้นจากการทำกาแฟคั่วบดการสกัดน้ำกาแฟเข้มข้น แล้วผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) หรือเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (freeze dried) การผลิตกาแฟผงสำเร็จรูปนั้น เป็นการสกัดและทำแห้งของแข็งที่ละลายน้ำได้ในกาแฟและองค์ประกอบของสารให้กลิ่นให้ผงหรือเป็นเมล็ดเล็กๆ วัตถุดิบที่ใช้สำหรับผลิตกาแฟผงสำเร็จรูป คือนำเมล็ดกาแฟกะลา (parchment coffee) มาขัดกะลาได้เป็นเมล็ดกาแฟดิบ (green coffee bean) ใช้ทั้งกาแฟพันธุ์อาราบิก้า (Arabica) และโรบัสต้า (Robusta) หรือผสมกัน ขึ้นกับสูตร รสชาติ ความขม ที่ต้องการในการที่จะผลิตกาแฟผงสำเร็จรูปนั้น ต้องผ่านหลายกระบวนการเพื่อให้ได้มา ดังนี้

การคั่วกาแฟ ซึ่งการคั่วกาแฟจะทำให้เกิดสารประกอบที่ระเหยได้ (volatile compound) และสารประกอบที่ไม่ระเหย (non-volatile compound) ซึ่งตำแหน่งของสารประกอบที่ระเหยได้ในกาแฟคั่วนี้ เป็นหน่วยวัดบ่งบอกถึงเอกลักษณ์และคุณภาพของชนิดเมล็ดที่ผ่านการคั่ว (Flament, 2002) ในระหว่างกระบวนการคั่วกาแฟ จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น Maillard Reaction, Strecker degradation, carbohydrate caramelization and oxidation (Prinya, 2019)

การบด (Grinding) การบดมีลักษณะดังนี้คือ 1) แบบหยาบ 2) แบบหยาบปานกลาง 3) แบบละเอียด 4) แบบละเอียดมาก โดยใช้เครื่องบดมาตรฐาน เรียกว่า motorized grinders เพื่อบดเมล็ดกาแฟวัตถุดิบให้ละเอียดมีขนาดเล็กลง

การสกัด (extraction) เพื่อแยกส่วนประกอบที่ละลายน้ำได้ของกาแฟที่ผ่านการคั่วและการบดละเอียดแล้ว โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เพื่อให้ได้ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ละลายออกมาอยู่ในน้ำปกติจะสกัดจนได้ สารละลายมีความเข้มข้นประมาณ 15 - 25 % w/w การสกัดจะทำภายใต้ความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ เพื่อให้อุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของน้ำเพื่อเพิ่มอัตราการละลาย

การทำให้เข้มข้น (concentration) เพื่อแยกน้ำออกจากสารสกัดจากกาแฟให้เข้มข้นขึ้นก่อนการทำแห้งด้วยเครื่องระเหย (evaporator) อุตสาหกรรมขนาดใหญ่มักใช้เครื่องระเหยแบบหลายขั้นตอน (multiple effect evaporator)

การแยกสารที่ให้กลิ่นหอม (aroma recovery) เป็นการถนอมกลิ่นกาแฟไม่ให้สูญเสียไปกับกระบวนการผลิตและให้สภาพของกลิ่นคงความหอมและสดใหม่อยู่เสมอ

การปรับค่ามาตรฐาน (standardization) เป็นการวัดความเข้มข้นของกาแฟให้ได้มาตรฐานตามที่ต้องการ

การทำแห้ง (dehydration) โดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drier) เป็นการทำให้กาแฟเกิดเป็นละอองเล็กขนาดหยดน้ำ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 - 200 ไมโครเมตร) ในกระแสลมร้อนที่ไหลในทิศทางเดียวกัน (150 - 300 องศาเซลเซียส) ในถังทำแห้งขนาดใหญ่ กาแฟแห้งที่ได้จะถูกแยกออกไปโดยการใช้ centrifugal atomizer ส่วนของเหลวจะถูกส่งไปยังภาชนะหมุน เพื่อสร้างขนาดของหยดสารละลายใหม่ในการสเปรย์

การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นการทำแห้งโดยการทำให้ของแข็งกลายเป็นไอโดยไม่ละลายหรือเรียกว่า การระเหิด โดยน้ำกาแฟจะผ่านการแช่เยือกแข็ง (freezing) จากนั้นจึงทำการระเหิดภายใต้ความดันสูงจนเป็นเกล็ด

การบรรจุ (filling & packing) เมื่อได้กาแฟสำเร็จรูปก็จะนำเข้าสู่กระบวนการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เครื่องมือในการบรรจุภัณฑ์ หลังจากนั้นก็จะทำการบรรจุลงหีบห่อและขนย้ายไปยังโกดังพักสินค้า เพื่อรอการขนส่งต่อไป



ภาพที่ 3 กาแฟผงสำเร็จรูป

### 3. กาแฟคั่วบด

กาแฟคั่วบดเกิดจากการคั่วเมล็ดกาแฟดิบ โดยการคั่วเมล็ดกาแฟ คือ การให้ความร้อนกับเมล็ดกาแฟดิบจนกระทั่งเมล็ดกาแฟสุกพร้อมนำมาชงดื่มได้เป็นกระบวนการที่ดึงหัวใจสำคัญของเมล็ดกาแฟออกมา ระดับการคั่วที่ดีที่สุด คือ ระดับที่สามารถแสดงลักษณะกาแฟจากแหล่งเพาะปลูกนั้นๆ (origin character) ได้ชัดเจนที่สุด ซึ่งระดับการคั่วมีหลายระดับ ดังนี้

1. การคั่วเมล็ดกาแฟระดับเบา หรือ Light Roast (city roast) เป็นการคั่วแบบอ่อนที่สุด จะได้เมล็ดกาแฟสีน้ำตาลอ่อนผิวเมล็ดแห้ง acidity ยังสูงอยู่ เกิดการ caramelize ไปแล้วประมาณ 50% รสชาติกาแฟยังไม่ขมมากนัก เป็นระดับการคั่วที่แสดงลักษณะเฉพาะของสายพันธุ์กาแฟ (origin character) ได้ดีที่สุด การคั่วระดับนี้ กาแฟจะมีรสเปรี้ยวแหลมของความเป็นกรดจึงไม่เหมาะแก่การนำมาใช้ทำเป็นเครื่องดื่ม Espresso
2. การคั่วเมล็ดกาแฟระดับกลาง หรือ Medium Roast (full city roast) การคั่วระดับนี้จะได้เมล็ดกาแฟที่มีสีเรียกว่า Cinnamon Roast เป็นการคั่วในระดับปานกลางที่ให้ความเข้มมากกว่าแบบแรก บอดีกาแฟเต็มขึ้น acidity ลดลง โดยจะมีรสชาติดกมกล่อม มีกลิ่นหอมละมุนละไม ซึ่งผู้คั่วกาแฟทั่วไปนิยมการคั่วในระดับนี้ และเป็นระดับการคั่วที่เหมาะสมที่จะนำไปทำเป็นเครื่องดื่ม Espresso
3. การคั่วเมล็ดกาแฟระดับเข้ม หรือ Dark Roast (viennist roast) เป็นการคั่วในระดับเข้ม การคั่วเมล็ดกาแฟในขั้นนี้ จะได้เมล็ดกาแฟสีเข้มมากจนเกือบดำและให้กลิ่นกาแฟอย่างเต็มที่ กาแฟคั่วเข้มจะมีน้ำมันซึมออกมาเคลือบเมล็ดจนมันวาว acidity ลดลงอีก body กาแฟลดลงด้วย เป็นระดับการคั่วที่แสดงลักษณะการคั่ว (roast character) มากกว่า origin character เหมาะกับการชงเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของนม เช่น Cappuccino หรือ Latte
4. การคั่วเมล็ดกาแฟแบบอื่นๆ เช่น Italian Roast, French Roast, Spanish Roast เป็นการคั่วที่เข้มมากจนเกือบจะไหม้ body กาแฟเจือจาง ให้กลิ่นควันแทนกลิ่นหอมของกาแฟ คาเฟอีนเหลือน้อยลง



ภาพที่ 4 เมล็ดกาแฟคั่วบด

ความแตกต่างระหว่าง กาแฟคั่วบด กับ กาแฟผงสำเร็จรูป

- กาแฟคั่วบด (Roasted and Ground Coffee)

ได้มาจากผลกาแฟที่ผ่านกระบวนการผลิตจนเหลือแต่เมล็ด จากนั้นนำมาคั่วตามสูตรเฉพาะของแต่ละยี่ห้อ เป็นที่รู้จักกันในนามว่า กาแฟสด จะมีอยู่ 2 สายพันธุ์หลักๆ ซึ่งที่ขายกันอยู่ปัจจุบันจะมีอยู่ 3 แบบ คือ Arabica 100%, Robusta 100% และ Blending ตามสัดส่วนต่างๆ ส่วนการเก็บรักษากาแฟมีข้อควรคำนึงอยู่ 4 อย่างคือ อากาศ ความชื้น แสง และความร้อน เพราะเป็นตัวเปลี่ยนรสชาติและความหอมของกาแฟคั่วบด ต้องเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทและไม่เก็บในที่อุณหภูมิสูง

ข้อดีของกาแฟคั่วบด คือ จะได้ความหอมและรสชาติของกาแฟที่แท้จริง ได้ความสดใหม่

- กาแฟผงสำเร็จรูป (Instant Coffee)

คือการนำกาแฟคั่วบดไปสกัดเป็นน้ำกาแฟ แล้วนำไปแปรรูปให้เป็นผง ซึ่งมีการผลิตอยู่ 2 แบบคือ

- 1.) การผลิตในระบบพ่นแห้ง (Spray drying) เป็นการนำเมล็ดกาแฟไปต้มแล้วพ่นน้ำกาแฟเป็นฝอยละเอียดผ่านไปในอากาศร้อน น้ำจะถูกระเหยออกไปเหลือแต่ผงกาแฟละเอียด จะได้กาแฟเป็นผงสีต่างๆ
- 2.) การผลิตในระบบเย็น (Freeze drying) คือการนำน้ำกาแฟเข้มข้นที่แช่เย็นจัดต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ภายใต้อากาศสูงจนเป็นเกล็ด เพื่อระเหยน้ำอย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องเปลี่ยนสภาพ จะได้กาแฟผงสำเร็จรูปในรูปเกล็ดแข็ง สามารถเก็บรักษากลิ่น หอมและรสชาติกาแฟได้ดี

กาแฟสำเร็จรูปนิยมผสมครีมเทียม และน้ำตาล ที่เรียกว่ากาแฟ 3 in 1 หรือแต่งกลิ่น (Flavored Coffee) ให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกเพื่อความแปลกใหม่สำหรับผู้บริโภคเช่น กลิ่นวานิลลา กลิ่นโสม หรือกลิ่นของพืช บางชนิด เป็นต้น

ข้อดีของกาแฟผงสำเร็จรูป คือ ชงง่าย ได้ความสะอาดรวดเร็ว แบบซองพกไปดื่มที่ไหนก็ง่าย มีปรุงแต่งหลากหลายรสชาติให้เลือก

#### 4. เครื่องอัดเม็ด

เครื่องตอกเม็ดยา หรือ เครื่องอัดเม็ด (Tablet Press Machine) คือ เครื่องจักรที่สามารถอัดผงยาที่ผสมตามสูตรเรียบร้อยแล้ว ให้เป็นเม็ด โดยมีสากที่เป็นตัวกด และมีตัวรับผงยาด้านล่าง หรือ โมลด์ อัดจนผงยากลายเป็นเม็ดแข็ง ตามขนาด และรูปแบบต่าง ซึ่งจะได้เม็ดยาที่เนื้อแน่นเป็นรูปร่างชัดเจน ไม่แตกร้าว โดยปกติทั่วไปอาจเรียกว่า เครื่องอัดเม็ดยา มีเครื่องหลายขนาด หลายรูปแบบให้เลือกตามกำลังการผลิตของเรา เช่น เครื่องตอกเม็ดยาแบบสากเดี่ยว สำหรับกำลังการผลิตน้อย และเครื่องตอกเม็ดยาอัตโนมัติ สำหรับการผลิตเยอะ ได้ปริมาณการผลิตที่มากกว่า

เครื่องอัดเม็ด, เครื่องตอกเม็ดยา แบบสากเดี่ยว (Single Punch Tablet Machine) เป็นเครื่องที่ออกแบบมาให้ใช้งาน และดูแลรักษาง่าย เหมาะกับการผลิตในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือ กำลังการผลิตไม่มาก เช่น งานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ งานในห้องแล็บหรือโรงพยาบาล งานผลิตยาสมุนไพร หรืออื่นๆ สามารถผลิตยาได้หลายรูปแบบและหลากหลายขนาด

คุณสมบัติโดยทั่วไปของเครื่องอัดเม็ด, เครื่องตอกเม็ดยา ยี่ห้อ Carver รุ่น 4350

- ผลิตจากสแตนเลสคุณภาพสูง
- ราคาถูกลงทุนต่ำ กำไรสูง
- แรงตอก, อัดเม็ดสม่ำเสมอเหมาะกับผงละเอียดทุกประเภท
- สามารถใช้ผลิตเม็ดตัวอย่างเพื่อทดลองใช้หรือก่อนการผลิตจริง
- ใช้แบบใช้มือหมุน จึงสามารถใช้ในที่ไม่มีไฟฟ้าได้



ภาพที่ 5 เครื่องตอกเม็ดยา ยี่ห้อ Carver รุ่น 4350

### รายละเอียดต่างๆของเครื่องตอกเม็ดยา ยี่ห้อ Carver รุ่น 4350

- Heavy-duty extended base frame with die storage cavity
- Rugged construction to eliminate deflection
- Extended daylight opening and stroke for procedures requiring high compaction ratios
- Clamping force 12 tons
- Daylight opening 0" – 5.5"
- Stroke 5-1/8"
- Fully enclosed hydraulic unit
- Two (2) fully threaded columns
- 3.5" round top platen, 4" round bottom work area
- Front mounted (0-24,000 lb) Analog pressure gauge
- Front mounted pump for easy application of full tonnage
- Special features, including:
- Dimensions: 10.25"L-R x 15"F-B x 23"H
- Weight: 115 pounds

### อุปกรณ์ต่างๆที่มีให้เลือกในการใช้งานเครื่องตอกเม็ดยา ยี่ห้อ Carver รุ่น 4350

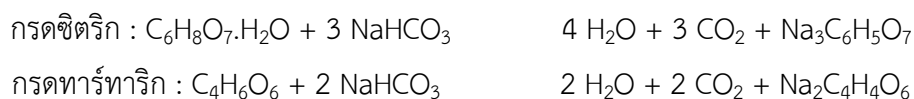
- Force Calibration Certificate using equipment traceable to NIST
- Floor stand 19"L-R x 19"F-B x 30"H Wt 125#
- Floor stand 36"L-R x 26"F-B x 30"H W/6" Casters Wt 260#
- 12 ton hydraulic unit repair kit
- Carver Special Hydraulic Fluid (Oil)
- 1/8 HP Vacuum pump
- Evacuable 6mm Pellet Die Set
- Evacuable 12mm Pellet Die Set
- Evacuable 13mm Pellet Die Set
- Evacuable 25mm Pellet Die Set
- Evacuable 31mm Pellet Die Set
- Evacuable 40mm Pellet Die Set
- Digital Gauge (catalog# 6306.PN23 100 lb or 6306.PN22 10 lb)
  - Easy read LCD Round Gauge Face
  - Back mounted for Manual Pellet Presses only
  - Battery powered
  - Readings generate in 100 or 10 pound increments on 24,000 pound gauge
  - Approx. accuracy: +/- 1% of reading between 1,000 lbs. & 24,000 lbs. Force

## 5. ยาเม็ดฟู่

ยาเม็ดฟู่โดยทั่วไปเป็นยาเม็ดที่ไม่มีการเคลือบ ประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น กรดซิตริก (citric acid) หรือกรดทาร์ทาริก (tartaric acid) และสารกลุ่มคาร์บอเนต (carbonates) หรือไบคาร์บอเนต (bicarbonates) ซึ่งเกิดปฏิกิริยาในน้ำอย่างรวดเร็วและมีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ส่วนประกอบของตำรับยาเม็ดฟู่ประกอบด้วย

- (1) ตัวยาสำคัญ ซึ่งมักเป็นตัวยาคือละลายได้ในน้ำ เช่น แอสไพริน เป็นต้น
- (2) ยาพื้นสำหรับเกิดฟองฟู่ (effervescent base) เป็นส่วนผสมของสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดและด่าง เช่น สารกลุ่มคาร์บอเนต ซึ่งเป็นแหล่งของคาร์บอนไดออกไซด์
- (3) สารช่วยอื่นๆ ในการผลิตยาเม็ด เช่น สารช่วยหล่อลื่น สารแต่งกลิ่นรส เป็นต้น ซึ่งในการเลือกใช้ยาพื้นและสารช่วยอื่นๆ ในการผลิตนั้นจะต้องพิจารณาเลือกใช้สารที่มีความชื้นต่ำเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาฟองฟู่ก่อนใช้งาน (premature effervescent reaction) รวมถึงต้องเลือกใช้สารที่ละลายน้ำได้ดี เพื่อให้เป็ยกน้ำได้ง่าย (ผศ.ดร.พรศักดิ์ 2547)

ปฏิกิริยาการเกิดฟองฟู่เป็นปฏิกิริยากรดต่าง ระหว่างกรดซิตริกหรือกรดทาร์ทาริกและด่างที่เป็นไบคาร์บอเนต ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาทันทีเมื่อเติมน้ำลงไป ดังตัวอย่างสมการต่อไปนี้



ภาพที่ 6 ยาเม็ดฟู่ (มังกร ประพันธ์วิวัฒน์, 2555)



สมบัติความคงตัวและบรรจุภัณฑ์สำหรับยาเม็ดฟู

ปัญหาความคงตัวที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ชนิดฟองฟู คือการสูญเสียความสามารถในการเกิดฟองฟูเมื่อเก็บไว้นานๆ โดยเฉพาะเมื่อสัมผัสกับความชื้น นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาเรื่องความคงตัวของตัวยาสำคัญและสารช่วยบางชนิด เช่น สารแต่งกลิ่น เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ชนิดฟองฟูไม่คงตัวเมื่อสัมผัสกับความชื้น ผลิตภัณฑ์ชนิดฟองฟูส่วนใหญ่จะดูดความชื้นได้ดี ทำให้เกิดการเสื่อมสลายถ้าไม่ได้บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของโซเดียมไบคาร์บอเนตอาจเกิดการเสื่อมสลายได้ ถ้าเก็บในภาชนะที่ไม่ได้ปิดสนิท โดยเกิดปฏิกิริยาดังนี้



บรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดฟองฟูควรจะป้องกันความชื้นได้ดี โดยส่วนใหญ่ที่นิยมปฏิบัติก็คือการห่อเม็ดยาด้วยฟอยล์อะลูมิเนียม (aluminum foil) และใส่ในหลอดโลหะ เพื่อป้องกันการสัมผัสกับความชื้นหลังจากที่ผู้บริโภคนำออกใช้ โดยหลอดโลหะที่ใช้ต้องมีฝาปิดชนิดที่ป้องกันความชื้นได้ (moisture-proof closure) หรืออาจบรรจุแยกเม็ดโดยใช้บลิสเตอร์ชนิดปิดผนึกด้วยฟอยล์อะลูมิเนียม (aluminum foil blister) โดยใช้ฟอยล์อะลูมิเนียมชนิดที่เคลือบภายในด้วยโพลีเอทิลีน (polyethylene) เพื่อป้องกันการฉีกขาดหรือรอยร้าวของฟอยล์อะลูมิเนียม การบรรจุต้องทำในสภาวะที่มีความชื้นต่ำ โดยเม็ดยาขณะบรรจุต้องแห้งเพียงพอ ไม่นิ่มหรือแตกหักระหว่างการบรรจุ

### บทที่ 3

#### วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

##### 3.1 วัสดุอุปกรณ์ในการทำกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

###### 3.1.1 วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการผลิตกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

- 3.1.1.1 กาแฟคั่วบดสายพันธุ์ Sidamo Ethiopia
- 3.1.1.2 กาแฟคั่วบดสายพันธุ์ Vietnam Arabica
- 3.1.1.3 กาแฟคั่วบดสายพันธุ์ Doi Chang
- 3.1.1.4 กาแฟคั่วบดสายพันธุ์ Uganda Robusta
- 3.1.1.5 กาแฟคั่วบดสายพันธุ์ Brazil Cerrado
- 3.1.1.6 กาแฟสำเร็จรูปสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็ง A
- 3.1.1.7 กาแฟสำเร็จรูปสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็ง B
- 3.1.1.8 กาแฟสำเร็จรูปสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็ง C
- 3.1.1.9 กาแฟสำเร็จรูปสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็ง D
- 3.1.1.10 กาแฟสำเร็จรูปสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็ง E
- 3.1.1.11 โซเดียมคาร์บอเนต (ตราแม่ไก่กาแรต, ประเทศไทย)
- 3.1.1.12 กรดทาร์ทาริก (บริษัทเคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด, ประเทศไทย)
- 3.1.1.13 DPPH reagent
- 3.1.1.14 FRAP reagent
- 3.1.1.15 100% methanol
- 3.1.1.16 95% ethanol
- 3.1.1.17 สารมาตรฐาน Trolox (ที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80, 100, 120 และ 140  $\mu\text{M}$ )

###### 3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

- 3.1.2.1 เครื่องตอกเม็ดคั่ว
- 3.1.2.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 3.1.2.3 เครื่องปั่นละเอียด
- 3.1.2.4 ซ้อนตักสาร
- 3.1.2.5 ถ้วยผสม

### 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพ

#### 3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- 3.2.1.1 เครื่องวัดค่าสี Chroma meter (Model CR-300 series, Minolta, Japan)
- 3.2.1.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer (TA-XT2, Stable Micro System, UK)

#### 3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- 3.2.2.1 ปีกเกอร์ 50 ml
- 3.2.2.2 กระจกบอกลง 100 ml
- 3.2.2.3 ขวดปรับปริมาตร 25 และ 50 ml
- 3.2.2.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 3.2.2.5 ขวดสีชา
- 3.2.2.6 เครื่อง Spectrophotometer
- 3.2.2.7 เครื่องวัด pH (pH meter Mettler Toledo FE20)

### 3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย

#### 3.3.1 วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านการออกซิเดชันในตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็งและกาแฟคั่วบด ด้วยวิธี DPPH

- 3.3.1.1 เตรียม 0.1 mM DPPH โดยละลาย DPPH 0.07 g ใน 95% ethanol 250 mL
- 3.3.1.2 เตรียมสารมาตรฐาน Trolox ความเข้มข้น 0-140  $\mu$ M โดยเตรียม Trolox ความเข้มข้น 500  $\mu$ M โดยชั่ง Trolox 0.0031 g ละลายใน methanol 100% 25 ml
- 3.3.1.3 ปิเปตสารมาตรฐาน 0.5 ml ผสมสาร DPPH reagent 5 ml เขย่าให้เข้ากัน นำไปตั้งไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที
- 3.3.1.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm โดย blank คือ 95% ethanol 0.5 ml ผสมสาร DPPH reagent 5 ml
- 3.3.1.5 สร้างกราฟมาตรฐาน แล้วหาค่าการต้านอนุมูลอิสระโดยคำนวณจากสูตร

$$DPPH \text{ radical scavenging activity} = \frac{\text{blank absorbance} - \text{sample absorbance}}{\text{blank absorbance}} \times 100$$

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Brand-Williams, Cuvelier และ Berset, (1994)

#### 3.3.2 วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านการออกซิเดชันในตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็งและกาแฟคั่วบด ด้วยวิธี FRAP

- 3.3.2.1 เตรียม FRAP reagent โดยผสม acetate buffer pH 3.6 ปริมาตร 250 ml กับ 10 mM TPTZ 25 ml กับ 20 mM  $FeCl_3$  25 ml (อัตราส่วน 10 : 1 : 1)

- 3.3.2.2 เตรียมสารมาตรฐาน Trolox ความเข้มข้น 0-140  $\mu\text{M}$  โดยเตรียม Trolox ความเข้มข้น 500  $\mu\text{M}$  โดยชั่ง Trolox 0.0031 g ละลายใน methanol 100% 25 ml
  - 3.3.2.3 ปิเปตสารมาตรฐาน 0.5 ml ผสมสาร FRAP reagent 7.5 ml เขย่าให้เข้ากัน นำไปตั้งไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 30 นาที
  - 3.3.2.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 nm
  - 3.3.2.5 สร้างกราฟมาตรฐาน แล้วหาค่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่าง
- ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Benzie และ Strain (1996)

### 3.3.3 การหาค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกาแฟตัวอย่าง

- 3.3.3.1 ชั่งกาแฟตัวอย่างทั้ง 10 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1.25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 25 ml
- 3.3.3.2 นำสารละลายตัวอย่างมาเจือจาง 10 เท่าด้วยน้ำกลั่น
- 3.3.3.3 ปิเปตสารตัวอย่างมา 0.5 ml ผสมสาร DPPH reagent 5 ml เขย่าให้เข้ากัน นำไปตั้งไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที
- 3.3.3.4 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm โดย blank คือ 95% ethanol 0.5 ml ผสมสาร DPPH reagent 5 ml
- 3.3.3.5 นำค่าที่ได้เทียบกับกราฟมาตรฐานของ DPPH
- 3.3.3.6 ปิเปตตัวอย่างมา 0.5 ml ผสมสาร FRAP reagent 7.5 ml เขย่าให้เข้ากัน นำไปตั้งไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 30 นาที
- 3.3.3.7 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 nm
- 3.3.3.8 นำค่าที่ได้เทียบกับกราฟมาตรฐานของ FRAP

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Benzie และ Strain (1996) และ Brand-Williams, Cuvelier และ Berset, (1994)

### 3.3.4 สูตรที่ใช้ในการศึกษาปริมาณ tartaric acid และ sodium bicarbonate การทำกาแฟกาแฟสำเร็จรูปอัดเม็ด

ตารางที่ 2 ปริมาณ tartaric acid และ sodium bicarbonate ที่ใช้ในกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดในแต่ละสูตร

สูตร	ปริมาณกาแฟสำเร็จรูป	Tartaric acid	Sodium bicarbonate
T1	กาแฟยี่ห้อ C 0.45g	0.02g	0.03g
T2	กาแฟยี่ห้อ C 0.46g	0.02g	0.02g
T3	กาแฟยี่ห้อ C 0.47g	0.01g	0.02g
T4	กาแฟยี่ห้อ C 0.5g	0.00g	0.00g
T5	กาแฟยี่ห้อ D 0.45g	0.02g	0.03g
T6	กาแฟยี่ห้อ D 0.46g	0.02g	0.02g
T7	กาแฟยี่ห้อ D 0.47g	0.01g	0.02g
T8	กาแฟยี่ห้อ D 0.5g	0.00g	0.00g

### 3.4 วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์

#### 3.4.1 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) (ดัดแปลงจากวิธีของ Tania Maria Leite da Silveira )

วัดโดยใช้ pH meter ชั่งตัวอย่างกาแฟ 1.5 กรัม และน้ำ 50 mL คนให้ละลายแล้วจึงนำไปวัด pH ด้วย pH meter

#### 3.4.2 การวัดค่าความสว่าง (L\*) ค่าสีแดง (a\*) และค่าสีเหลือง (b\*)

นำตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดมาวัดค่าสีในระบบ CLE โดยใช้เครื่อง Minolta CR 300 ค่าที่อ่านได้คือ L\* a\* และ b\* แสดงถึงค่า ความสว่าง, ความเขียว-แดง และ ความเหลือง-ฟ้า ตามลำดับ

#### 3.4.3 การวัดค่าความแข็ง (Hardness)

นำตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดมาวัดค่าความแข็ง โดยใช้เครื่อง Texture analyzer TA-TX2 โดยใช้หัววัด P/2N

#### 3.4.4 การทดสอบทางการละลาย (ดัดแปลงจากวิธีการใช้ของเม็ดฟูละลายน้ำยี่ห้อ Berocca)

นำกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดที่มีน้ำหนัก 0.5 กรัม ละลายในน้ำ 20 mL ที่อุณหภูมิ 50°C จับเวลาในการละลายตั้งแต่นำกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดลงไปในน้ำจนกระทั่งกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดละลายจนหมด

#### 3.4.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation)

ใช้การวิเคราะห์แบบ 7-point hedonic โดยจะทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่น รสชาติ ความเป็นเนื้อเดียวกัน เวลาในการละลาย และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

### 3.4.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ใช้การประมวลผลโดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS (Statistical Packages for the Social Science) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (Analysis of variance; One way ANOVA) และเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในการวิเคราะห์ ค่าการต้านการออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ FRAP ค่า pH ค่าความสว่าง (L\*) ค่าสีแดง (a\*) ค่าสีเหลือง (b\*) ค่าความแข็ง (Hardness) และเวลาในการละลาย

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ใช้การประมวลผลโดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS (Statistical Packages for the Social Science) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (Analysis of variance; One way ANOVA) และเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในการวิเคราะห์การทดสอบ 7-point hedonic

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

#### 4.1 การศึกษาผลของการต้านการออกซิเดชันโดยวิธี DPPH และ FRAP

##### 4.1.1 การวัดการต้านการออกซิเดชันของกาแฟ โดยวิธี DPPH

จากการนำตัวอย่างกาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งทั้ง 5 ยี่ห้อ และกาแฟคั่วบด 5 สายพันธุ์ มาวัดค่าการต้านการออกซิเดชัน (antioxidant activity) โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ที่ 515nm ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ค่าการต้านการออกซิเดชันของกาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็งและกาแฟคั่วบด โดยวิธี DPPH

ตัวอย่างกาแฟ	% DPPH radical scavenging activity
ยี่ห้อ A	72.499 <sup>c</sup> ±0.58
ยี่ห้อ B	83.624 <sup>b</sup> ±0.56
ยี่ห้อ C	84.217 <sup>ab</sup> ±0.03
ยี่ห้อ D	84.769 <sup>a</sup> ±0.42
ยี่ห้อ E	84.829 <sup>a</sup> ±0.53
Sidamo Ethiopia	11.480 <sup>e</sup> ±0.32
Vietnam Arabica	9.653 <sup>s</sup> ±0.13
Doi Chang	10.557 <sup>f</sup> ±0.16
Uqanda Robusta	12.588 <sup>d</sup> ±0.16
Brazil Cerrado	4.89 <sup>h</sup> ±0.13

หมายเหตุ

- รายงานเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดการต้านการออกซิเดชันของกาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและกาแฟคั่วบด โดยวิธี DPPH 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ ) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

จากการวิเคราะห์ค่าการต้านการออกซิเดชัน (antioxidant activity) ของตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็ง 5 ยี่ห้อและกาแฟคั่วบด 5 สายพันธุ์ ด้วยวิธี DPPH แล้วทำการบันทึกค่าการต้านการออกซิเดชันได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3

เมื่อพิจารณาค่าการต้านการออกซิเดชัน พบว่ากาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็งและกาแฟคั่วบดมีค่าการต้านการออกซิเดชันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยค่า DPPH radical scavenging activity สามารถวิเคราะห์จาก antioxidant ที่อยู่ในตัวอย่างกาแฟทำปฏิกิริยากับ DPPH ในสารละลายเมทานอล โดย antioxidant จะให้อิเล็กตรอนกับ DPPH radical ทำให้ DPPH radical ที่ดูดกลืนแสงที่ 515nm ลดลง เมื่อนำมาคำนวณตามสูตรได้ค่า DPPH radical scavenging activity ออกมา ตัวอย่างที่มีค่า DPPH radical scavenging activity มากที่สุดจึงมีค่า antioxidant activity จึงสามารถต้านการออกซิเดชันมากที่สุด (Wendy et al., 1995)

#### 4.1.2 การวัดการต้านการออกซิเดชันของกาแฟ โดยวิธี FRAP

จากการนำตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็งทั้ง 5 ยี่ห้อ และกาแฟคั่วบด 5 สายพันธุ์ มาวัดค่าการต้านการออกซิเดชัน (antioxidative activity) โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ที่ 593nm ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** ค่าการต้านการออกซิเดชันของกาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็งและกาแฟคั่วบด โดยวิธี FRAP

ตัวอย่างกาแฟ	FRAP value (mM Fe <sup>2+</sup> /g)
ยี่ห้อ A	0.542 <sup>c</sup> ±0.00
ยี่ห้อ B	0.588 <sup>b</sup> ±0.00
ยี่ห้อ C	0.666 <sup>a</sup> ±0.00
ยี่ห้อ D	0.668 <sup>a</sup> ±0.00
ยี่ห้อ E	0.671 <sup>a</sup> ±0.00
Sidamo Ethiopia	0.175 <sup>e</sup> ±0.00
Vietnam Arabica	0.144 <sup>s</sup> ±0.00
Doi Chang	0.160 <sup>f</sup> ±0.00
Uqanda Robusta	0.204 <sup>d</sup> ±0.00
Brazil Cerrado	0.091 <sup>h</sup> ±0.00



หมายเหตุ

- รายงานเป็นค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดการต้านการออกซิเดชันของกาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและกาแฟคั่วบด โดยวิธี FRAP 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ ) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

จากการวิเคราะห์ค่าการต้านการออกซิเดชัน (antioxidant activity) ของตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็ง 5 ยี่ห้อและกาแฟคั่วบด 5 สายพันธุ์ ด้วยวิธี FRAP แล้วทำการบันทึกค่าการต้านการออกซิเดชันได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4

เมื่อพิจารณาค่าการต้านการออกซิเดชัน พบว่ากาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็งและกาแฟคั่วบดมีค่าการต้านการออกซิเดชันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยค่า antioxidant activity จะมาจาก antioxidant ในตัวอย่างกาแฟทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับ ferric-tripyridyltriazine complex ให้เปลี่ยนรูปเป็น ferrous ( $Fe^{2+}$ ) form ซึ่งสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593nm ซึ่งถ้าในตัวอย่างกาแฟมีปริมาณ antioxidant มาก จะทำให้มี ferrous ( $Fe^{2+}$ ) form มากขึ้น ทำให้ค่าที่วัดด้วย spectrophotometer มีค่ามากตามไปด้วย (Iris et al., 1996)

จากการพิจารณาตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็ง 5 ยี่ห้อและกาแฟคั่วบด 5 สายพันธุ์ มาวิเคราะห์ค่าการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ทำให้พบว่ากาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็งและกาแฟคั่วบดมีค่าการต้านการออกซิเดชันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยในตัวอย่างกาแฟที่มีค่าการต้านการออกซิเดชันสูงเป็นกาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็ง โดยสาร antioxidant สามารถช่วยต่อต้านหรือกำจัดอนุมูลอิสระ (Free Radicals) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันภายในร่างกายได้ โดยจะเข้าไปรีดิวซ์สารอนุมูลอิสระที่จะเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ และยับยั้งไม่ให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นเราจึงเลือกใช้กาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งในการทดลองทำผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

#### 4.2 การศึกษาค่า pH ของกาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

จากผลการทดลองการวัดค่า pH ของกาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 5 ยี่ห้อ โดยใช้เครื่อง pH meter ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่า pH ของกาแฟผงสำเร็จรูปผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ตัวอย่างกาแฟ	pH
ยี่ห้อ A	4.19 <sup>c</sup> ±0.02
ยี่ห้อ B	4.43 <sup>a</sup> ±0.01
ยี่ห้อ C	4.42 <sup>a</sup> ±0.02
ยี่ห้อ D	4.46 <sup>a</sup> ±0.03
ยี่ห้อ E	4.28 <sup>b</sup> ±0.00

หมายเหตุ

- รายงานเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดค่า pH ของกาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 5 ยี่ห้อ แต่ละยี่ห้อวัดค่า 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ ) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

จากการนำตัวอย่างกาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งทั้ง 5 ยี่ห้อ มาวัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH meter แล้วทำการบันทึกค่า pH ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5

เมื่อพิจารณาค่า pH ของตัวอย่างกาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งพบว่า กาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่า pH ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยค่าของ pH นั้นมีความสัมพันธ์กับรสชาติเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์กาแฟ เนื่องจากสารตั้งต้นที่ทำให้เกิดรสเปรี้ยวนั้นมาจาก hydrogen ion รวมถึง free hydrogen ions และ undissociated hydrogen ions ความเข้มข้นของรสเปรี้ยวสามารถประมาณได้จากความเข้มข้นรวมของ free hydrogen ions (Hong et al., 2015) เราจึงเลือกกาแฟที่มีค่า pH ที่สูงในการทดลองทำกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

จากการพิจารณาค่าการต้านการออกซิเดชันและค่า pH จากผลการทดลองในตารางที่ 3, 4 และ 5 จึงเลือกกาแฟสำเร็จรูปยี่ห้อ D และ C ในการทดลองทำกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด เนื่องจากมีค่าการต้านการออกซิเดชันสูง ทั้งการวัดค่าด้วยวิธี DPPH และ FRAP โดยมีค่าอยู่ในช่วง 84.217-84.829 และ 1.916-1.931 ตามลำดับ และมีค่า pH ที่สูงเพื่อไม่ให้ผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดมีความเปรี้ยวมากเกินไปจากการเติมกรดลงไป

#### 4.3 การวิเคราะห์ค่า pH ของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

จากผลการทดลองการวัดค่า pH หลังจากผสมกาแฟสำเร็จรูปตามสูตรที่เรากำหนดทั้ง 8 สูตร โดยใช้เครื่อง pH meter ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 6

**ตารางที่ 6** ค่า pH ของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

Treatment	pH
T1 (กาแฟยี่ห้อ C 0.45g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.03g)	4.98 <sup>c</sup> ±0.02
T2 (กาแฟยี่ห้อ C 0.46g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.02g)	4.60 <sup>e</sup> ±0.02
T3 (กาแฟยี่ห้อ C 0.47g, tartaric acid 0.01g, Sodium bicarbonate 0.02g)	4.76 <sup>d</sup> ±0.01
T4 (กาแฟยี่ห้อ C 0.5g)	4.42 <sup>s</sup> ±0.02
T5 (กาแฟยี่ห้อ D 0.45g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.03g)	5.40 <sup>a</sup> ±0.02
T6 (กาแฟยี่ห้อ D 0.46g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.02g)	4.55 <sup>f</sup> ±0.02
T7 (กาแฟยี่ห้อ D 0.47g, tartaric acid 0.01g, Sodium bicarbonate 0.02g)	5.21 <sup>b</sup> ±0.02
T8 (กาแฟยี่ห้อ D 0.5g)	4.46 <sup>s</sup> ±0.03

หมายเหตุ

- รายงานเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดค่า pH ของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด 8 สูตร แต่ละสูตรวัดค่า 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ ) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

จากการนำตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดหลังการเติม tartaric acid และ sodium bicarbonate ตามสัดส่วนทั้ง 8 สูตร มาวัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH meter แล้วทำการบันทึกค่า pH ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 6

เมื่อพิจารณาค่า pH ของตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดพบว่ากาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดมีค่า pH ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดที่มีค่า pH สูงที่สุดมีค่า  $5.40 \pm 0.02$  เป็นผลมาจากสัดส่วนของชนิดกาแฟ, ปริมาณกาแฟ, tartaric acid และ sodium bicarbonate ในตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด เนื่องจากสูตรนี้มีปริมาณ sodium bicarbonate มากที่สุดซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเบส และชนิดของกาแฟยี่ห้อ D ที่มีค่า pH C

#### 4.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

จากการนำตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดทั้ง 8 สูตร มาวัดค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) โดยใช้เครื่องวัดค่าสี Chroma meter และวัดค่าความแข็ง (Hardness) โดยเครื่อง Texture analyzer TA-XT2 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7

**ตารางที่ 7** คุณภาพทางกายภาพของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

Treatment	$L^*$	$a^*$	$b^*$	Hardness (g)
T1 (กาแฟยี่ห้อ C 0.45g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.03g)	48.41 <sup>ab</sup> ±0.17	9.40 <sup>a</sup> ±0.20	25.51 <sup>bc</sup> ±0.08	1249.60 <sup>c</sup> ±113.97
T2 (กาแฟยี่ห้อ C 0.46g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.02g)	48.04 <sup>abc</sup> ±0.82	9.65 <sup>a</sup> ±0.30	26.67 <sup>a</sup> ±0.10	1500.57 <sup>b</sup> ±211.19
T3 (กาแฟยี่ห้อ C 0.47g, tartaric acid 0.01g, Sodium bicarbonate 0.02g)	47.73 <sup>bc</sup> ±0.23	9.87 <sup>a</sup> ±0.12	25.84 <sup>b</sup> ±0.19	1831.77 <sup>a</sup> ±77.21
T4 (กาแฟยี่ห้อ C 0.5g)	47.33 <sup>c</sup> ±0.52	9.21 <sup>a</sup> ±0.64	24.72 <sup>d</sup> ±0.61	1909.07 <sup>a</sup> ±256.25
T5 (กาแฟยี่ห้อ D 0.45g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.03g)	48.79 <sup>a</sup> ±0.35	9.68 <sup>a</sup> ±0.28	26.10 <sup>ab</sup> ±0.62	1409.13 <sup>bc</sup> ±59.61
T6 (กาแฟยี่ห้อ D 0.46g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.02g)	48.43 <sup>ab</sup> ±0.69	9.74 <sup>a</sup> ±0.69	25.75 <sup>b</sup> ±0.70	1511.27 <sup>b</sup> ±4.16
T7 (กาแฟยี่ห้อ D 0.47g, tartaric acid 0.01g, Sodium bicarbonate 0.02g)	48.51 <sup>ab</sup> ±0.51	9.85 <sup>a</sup> ±0.12	26.80 <sup>a</sup> ±0.23	1899.13 <sup>a</sup> ±42.47
T8 (กาแฟยี่ห้อ D 0.5g)	48.44 <sup>ab</sup> ±0.15	9.43 <sup>a</sup> ±0.56	24.82 <sup>cd</sup> ±0.53	2011.83 <sup>a</sup> ±16.43

หมายเหตุ

- รายงานเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดค่า pH ของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด 8 สูตร แต่ละสูตรวัดค่า 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p < 0.05$ ) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

จากผลการทดลองพบว่าค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดสูตรที่ 4 มีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากสัดส่วนที่แตกต่างกันของส่วนผสมในสูตรกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด โดยในสูตรที่มีส่วนผสมของ tartaric acid และ sodium bicarbonate ที่มากขึ้นจะมีค่าความสว่างที่มากขึ้นด้วย เนื่องจาก tartaric acid และ sodium bicarbonate เป็นผลึกที่มีสีขาวทำให้เม็ดกาแฟมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นตามปริมาณที่ใส่ลงไป

และในสูตรที่มีปริมาณกาแฟที่มากขึ้นจะมีค่าความสว่างที่ลดลงตามไปด้วย ในส่วนของค่าสีแดง ( $a^*$ ) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ )



ภาพ a



ภาพ b



ภาพ c



ภาพ d



ภาพ e



ภาพ f



ภาพ g



ภาพ h

### ภาพที่ 7 กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดทั้ง 8 สูตร

ภาพ a กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดสูตร T1

ภาพ b กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดสูตร T2

ภาพ c กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดสูตร T3

ภาพ d กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดสูตร T4

ภาพ e กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดสูตร T5

ภาพ f กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดสูตร T6

ภาพ g กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดสูตร T7

ภาพ h กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดสูตร T8

จากการวิเคราะห์ค่าความแข็ง (Hardness) ของตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดทั้ง 8 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยตัวอย่างที่มีค่าความแข็งสูงที่สุดคือสูตร T8 ซึ่งมีค่า  $2011.83 \pm 16.43$  กรัม เป็นสูตรกาแฟที่ไม่มีการเติม tartaric acid และ sodium bicarbonate โดยกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดมีค่าความแข็งลดลง เนื่องจาก tartaric acid และ sodium bicarbonate ที่เติมลงไปมีความแข็งของโครงสร้างน้อยกว่ากาแฟสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งทำให้ความแข็งของตัวอย่างมีค่าลดลงตามปริมาณส่วนผสมที่ใส่ลงไป

#### 4.5 การวิเคราะห์เวลาในการละลายของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

จากผลการทดลองเวลาในการละลายของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดทั้ง 8 สูตร โดยใช้นาฬิกาจับเวลา ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เวลาในการละลายของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

Treatment	Time (sec)
T1 (กาแฟหือ C 0.45g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.03g)	272.67 <sup>bc</sup> ±13.32
T2 (กาแฟหือ C 0.46g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.02g)	295.00 <sup>ab</sup> ±20.30
T3 (กาแฟหือ C 0.47g, tartaric acid 0.01g, Sodium bicarbonate 0.02g)	304.33 <sup>ab</sup> ±6.51
T4 (กาแฟหือ C 0.5g)	337.33 <sup>a</sup> ±13.80
T5 (กาแฟหือ D 0.45g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.03g)	238.00 <sup>c</sup> ±14.00
T6 (กาแฟหือ D 0.46g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.02g)	285.33 <sup>b</sup> ±12.22
T7 (กาแฟหือ D 0.47g, tartaric acid 0.01g, Sodium bicarbonate 0.02g)	297.00 <sup>ab</sup> ±9.54
T8 (กาแฟหือ D 0.5g)	309.33 <sup>ab</sup> ±65.25

หมายเหตุ

- รายงานเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดเวลาในการละลายของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด 8 สูตร แต่ละสูตรวัดค่า 3 ซ้ำ
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p \leq 0.05$ ) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

จากการนำตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดตามสัดส่วนทั้ง 8 สูตร มาจับเวลาในการละลาย โดยใช้นาฬิกาจับเวลา แล้วทำการบันทึกเวลาที่ใช้ในการละลาย ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 8

เมื่อพิจารณาเวลาในการละลายของตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบแช่เยือกแข็งพบว่ากาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดใช้เวลาในการละลายต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยกาแฟสำเร็จรูปที่ใช้เวลาในการละลายน้อยที่สุดอยู่ที่ 238.00±14.00 สัดส่วนของ tartaric acid และ sodium bicarbonate ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ใช้เวลาในการละลายน้อยลง เนื่องจาก tartaric acid ที่มีฤทธิ์เป็นกรดและสารโซเดียมไบคาร์บอเนตซึ่งเกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วเมื่อเติมน้ำลงไป โดยไบคาร์บอเนตจะดูดความชื้นและเริ่มสลายตัว มีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา เกิดเป็นฟองฟู ซึ่งช่วยในการแตกตัวของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

#### 4.6 การศึกษาการทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation)

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดทั้ง 8 สูตร มาให้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คนประเมินลักษณะทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ความเป็นเนื้อเดียวกัน เวลาในการละลาย และความชอบโดยรวม โดยใช้การทดสอบแบบ Hedonic test และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดทั้ง 8 สูตร

Treatment	สี	กลิ่น	รสชาติ
T1 (กาแฟหือ C 0.45g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.03g)	4.40 <sup>c</sup> ±1.63	4.17 <sup>c</sup> ±1.68	3.80 <sup>cd</sup> ±1.58
T2 (กาแฟหือ C 0.46g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.02g)	4.97 <sup>bc</sup> ±1.50	5.23 <sup>ab</sup> ±1.19	5.00 <sup>a</sup> ±1.68
T3 (กาแฟหือ C 0.47g, tartaric acid 0.01g, Sodium bicarbonate 0.02g)	3.63 <sup>d</sup> ±1.22	4.20 <sup>c</sup> ±1.21	3.40 <sup>d</sup> ±1.52
T4 (กาแฟหือ C 0.5g)	4.77 <sup>bc</sup> ±1.55	4.53 <sup>bc</sup> ±1.80	4.10 <sup>bcd</sup> ±1.75
T5 (กาแฟหือ D 0.45g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.03g)	5.13 <sup>b</sup> ±1.11	4.70 <sup>abc</sup> ±0.88	4.60 <sup>ab</sup> ±1.04
T6 (กาแฟหือ D 0.46g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.02g)	4.87 <sup>bc</sup> ±1.55	4.67 <sup>abc</sup> ±1.65	4.10 <sup>bcd</sup> ±1.73
T7 (กาแฟหือ D 0.47g, tartaric acid 0.01g, Sodium bicarbonate 0.02g)	5.43 <sup>ab</sup> ±1.01	5.00 <sup>ab</sup> ±1.26	4.20 <sup>bc</sup> ±1.42
T8 (กาแฟหือ D 0.5g)	5.97 <sup>a</sup> ±0.81	5.27 <sup>a</sup> ±1.36	4.10 <sup>bcd</sup> ±1.42

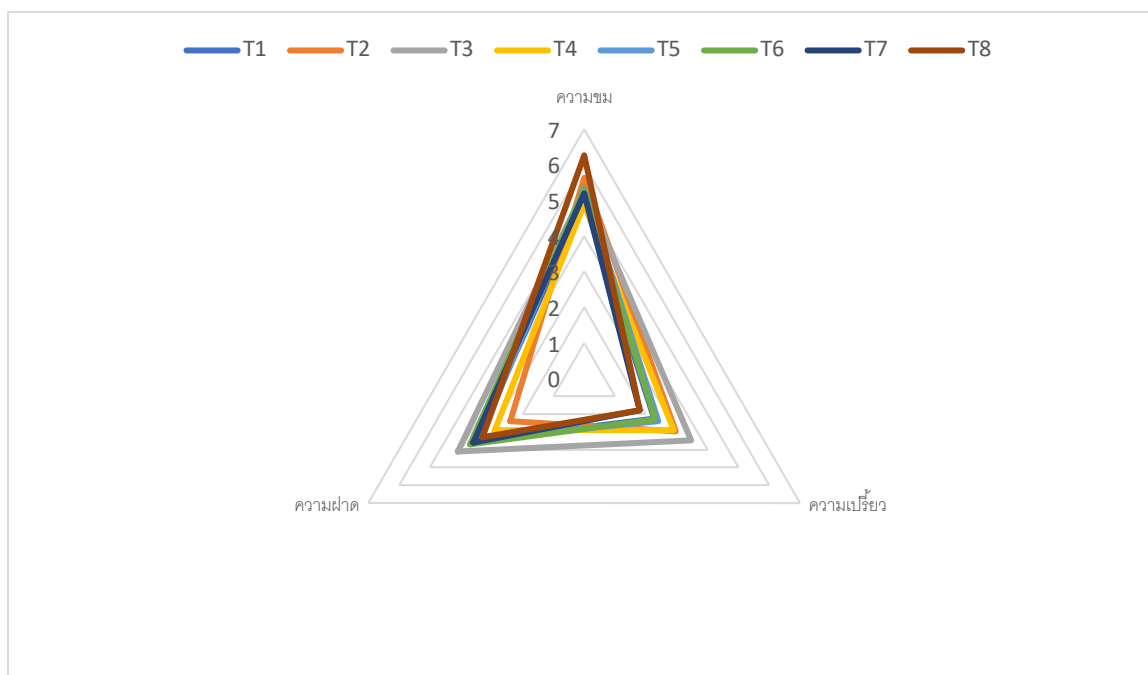
Treatment	ความเป็นเนื้อเดียวกัน	เวลาในการละลาย	ความชอบโดยรวม
T1 (กาแฟหือ C 0.45g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.03g)	5.47 <sup>ab</sup> ±1.63	5.17 <sup>ab</sup> ±1.23	4.60 <sup>ab</sup> ±1.22
T2 (กาแฟหือ C 0.46g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.02g)	5.70 <sup>a</sup> ±1.50	5.60 <sup>a</sup> ±1.00	5.17 <sup>a</sup> ±1.21
T3 (กาแฟหือ C 0.47g, tartaric acid 0.01g, Sodium bicarbonate 0.02g)	5.70 <sup>a</sup> ±1.22	3.97 <sup>d</sup> ±1.03	3.87 <sup>c</sup> ±1.30
T4 (กาแฟหือ C 0.5g)	4.23 <sup>c</sup> ±1.55	3.93 <sup>d</sup> ±1.17	4.60 <sup>ab</sup> ±1.65
T5 (กาแฟหือ D 0.45g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.03g)	5.47 <sup>ab</sup> ±1.11	5.33 <sup>a</sup> ±1.18	4.80 <sup>ab</sup> ±1.06
T6 (กาแฟหือ D 0.46g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.02g)	4.57 <sup>c</sup> ±1.55	5.43 <sup>a</sup> ±1.28	4.17 <sup>bc</sup> ±1.39
T7 (กาแฟหือ D 0.47g, tartaric acid 0.01g, Sodium bicarbonate 0.02g)	5.07 <sup>bc</sup> ±1.01	4.67 <sup>bc</sup> ±1.09	4.60 <sup>ab</sup> ±1.22
T8 (กาแฟหือ D 0.5g)	5.30 <sup>ab</sup> ±0.81	4.50 <sup>cd</sup> ±1.04	4.37 <sup>bc</sup> ±1.45



หมายเหตุ

- รายงานเป็นค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด 8 สูตร
- ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $p < 0.05$ ) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ผลการทดลองแสดงว่ากาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดสูตร T8 ที่ใช้กาแฟผงสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ยี่ห้อ D และไม่ได้เติม tartaric acid และ sodium bicarbonate ให้ค่าสีและกลิ่นมากที่สุด มีค่าเท่ากับ  $5.97 \pm 0.81$  และ  $5.27 \pm 1.36$  ตามลำดับ กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดสูตร T2 ที่ประกอบด้วยกาแฟยี่ห้อ C 0.46g, tartaric acid 0.02g, Sodium bicarbonate 0.02g ให้ค่ารสชาติ ความเป็นเนื้อเดียวกัน เวลาในการละลาย และความชอบโดยรวมมากที่สุด มีค่าเท่ากับ  $5.00 \pm 1.68$ ,  $5.70 \pm 1.50$ ,  $5.60 \pm 1.00$  และ  $5.17 \pm 1.21$  ตามลำดับ โดยการประเมินทั้ง 6 คุณลักษณะ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) และจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่ากาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดสูตร T2 ได้รับคะแนนการประเมินทางลักษณะประสาทสัมผัสโดยรวมมากที่สุด



ภาพที่ 8 การประเมินการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation)

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

- ฤทธิ์การต้านการออกซิเดชัน

ฤทธิ์การต้านการออกซิเดชันของกาแฟสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีฤทธิ์การต้านการออกซิเดชันมากกว่ากาแฟคั่วบดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

- สัดส่วนของส่วนประกอบของกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

- ความสามารถในการในการละลาย

การแปรสัดส่วนปริมาณของชนิดของกาแฟสำเร็จรูป กรดทาร์ทาริก และโซเดียมไบคาร์บอเนตที่แตกต่างกันส่งผลต่อความสามารถในการละลาย โดยหากสัดส่วนของกรดทาร์ทาริก และโซเดียมไบคาร์บอเนตมากจะทำให้ใช้เวลาในการละลายน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

- การยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบทั้ง 30 คน พบว่ากาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดสูตร T2 มีค่าความชอบโดยรวมมากที่สุด

#### ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการทดลองในการแปรสัดส่วนกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดเพิ่มมากขึ้น เพื่อปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและเป็นที่ยอมรับมากขึ้น
2. ควรทำการทดลองในการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์กาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ดเพิ่ม เพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์

### เอกสารอ้างอิง

- กิตติพัฒน์ โสภิตธรรมคุณ และ ปารทิพย์ รัตนศิลป์ภัลชาญ. การสกัดและวิธีวัดความสามารถการต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 3 (2017) : 86-94
- ชาคริต หริมพานิช. สารต้านอนุมูลอิสระ กำจัดพิษ ทำให้อายุยืน ช่วยต้านมะเร็ง [ออนไลน์]. 2563. แหล่งที่มา: <https://www.honestdocs.co/antioxidants-longevity> [7 พฤษภาคม 2563]
- บริษัท สยามอินเตอร์คอร์ป (ประเทศไทย) จำกัด. [ออนไลน์]. 2563. แหล่งที่มา : <https://siamintercorp.co.th/รายละเอียดสินค้า-265317-bench-top-laboratory-pellet-press-ยี่ห้อ-carven-รุ่น-4350.html> [18 มิถุนายน 2563]
- บริษัท ไบเออร์ไทย จำกัด. [ออนไลน์]. 2561. แหล่งที่มา : <https://www.berocca.co.th/th/medication-information-leaflet/> [27 เมษายน 2563]
- พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์. แนวทางการตั้งตำรับยาในรูปแบบฟองฟู. ไทยเภสัชนิพนธ์ 1 (สิงหาคม 2547) : 33-42. มังกร ประพันธ์วัฒน์. [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา : [https://www.tudsinjai.com/welcome/knowledge/share/use\\_drug/effervescent-tablets/](https://www.tudsinjai.com/welcome/knowledge/share/use_drug/effervescent-tablets/) [11 กันยายน 2562]
- ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนานนท์. [ออนไลน์]. 2557. แหล่งที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3134/instant-coffee-กาแฟผงสำเร็จรูป> [5 กันยายน 2562]
- เภสัชกร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์. แนวทางการตั้งตำรับยาในรูปแบบฟองฟู. 1 (สิงหาคม 2547) : 11-19
- สุพัตรา คามบุศย์, จอมใจ จีรพัฒนา. การพัฒนาตำรับอาหารเสริมอัดเม็ดฟองฟูสำหรับสัตว์ปีก. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน 5 (ธันวาคม 2552) : 228-234.
- Suzuki coffee. [ออนไลน์]. 2559. แหล่งที่มา: <http://suzuki-coffee.com/ทำความรู้จักกับ-arabica-robusta/> [5 กันยายน 2562]
- Benzie, I.F.F., and Strain. J.J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. Analytical Biochemistry 239 (July 1996) : 70-76.
- Brand-Williams W., Cuvelier M.-E., and Berset C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. LWT-Food Science and Technology 28 (1995) : 25-30.
- Capek, P., Paulovicova, E., Matulova, M., Mislovicova, D., Navarini, L., and Suggi Liverani, F. Coffea arabica instant coffee - Chemical view and immunomodulating properties. Carbohydrate Polymers 103 (March 2014) : 418-426

- Cerio, E.D., Hernandez, E.G., Estepa, R.G., Villanova, B.G., and Verardo, V. 9 – Analytical Approaches in Coffee Quality Control. Caffeinated and Cocoa Based Beverages 8 (2019) : 285-336.
- Da Silveira, T.M.L., Tavares, E., and Gloria, M.B.A. Profile and levels of bioactive amines in instant coffee. Journal of Food Composition and Analysis 20 (September 2007) : 451-457
- Ferreira S., and others. Structural polymeric features that contribute to *in vitro* immunostimulatory activity of instant coffee. Food Chemistry 242 (March 2018) : 548-554.
- Li, H., and Liu, F. The chemistry of sour taste and the strategy to reduce the sour taste of beer. Food Chemistry 185 (October 2015) : 200-204.
- Gonzalez de Mejia, E., and Ramirez-Mares, M.V. Impact of caffeine and coffee on our health. Trends in Endocrinology & Metabolism 25 (October 2014) : 489-492.
- Podczeck, F. Method of the practical determination of the mechanical strength of tablets- From empiricism to science. International Journal of Pharmaceutics 436 (June 2012) : 214-232
- Samsonowicz, M., Regulska, E., Karpowicz, D., and Lesniewska, B. Antioxidant properties of coffee substitutes rich in phenols and minerals. Food Chemistry 278 (April 2019) : 101-109
- Wongsa, P., Khampa, N., Horadee, S., Chaiwarith, J., and Rattanapanone, N. Quality and bioactive compounds of blends of Arabica and Robusta spray-dried coffee. Food Chemistry 283 (June 2019) : 579-587.

## ภาคผนวก ก.

## 1. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

## 1.1 การวัดค่าความแข็ง (Hardness)

อุปกรณ์

1. เครื่อง Texture analyzer

วิธีการทดลอง

1. การ Calibrate เครื่องวัดค่าแรงกด โดยเปิดสวิทซ์เครื่อง นำก้อนน้ำหนักขนาด 1 กิโลกรัมวางบนแท่นวางน้ำหนัก (ใช้ค่าแรงกด 50 กิโลกรัม)
2. การ Calibrate ความสูงโดยใส่หัว P/2N กำหนดระยะห่างที่ต้องการกดคือ 10 มิลลิเมตร
3. เตรียมตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด
4. นำไปวัดค่าความแข็งด้วยเครื่อง Texture analyzer โดยกำหนดค่าต่างๆของการวัดดังนี้  
หัววัด  $p = 2 \text{ mm}$  (needle)

Mode: Measure force in compression

Option: Return to start

Pre-test speed: 1.0 mm/s

Test speed: 1.0 mm/s

Post-test speed: 1.0 mm/s

Distance: 3 mm

Trigger force: 5 g

## 2. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

## 2.1 ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter ()

อุปกรณ์

1. เครื่อง pH meter

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1.5 กรัม นำไปละลายในน้ำ 50 มิลลิลิตร
2. นำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter

## ภาคผนวก ข.

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

วันที่ทดสอบ.....

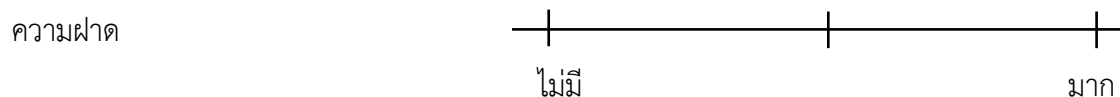
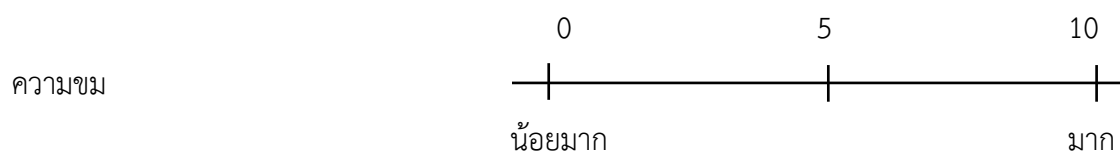
ชื่อ..... เพศ..... อายุ.....

คำแนะนำ : โปรดทดสอบตัวอย่างกาแฟโดยเรียงลำดับจากซ้ายไปขวา และแสดงเครื่องหมาย ✓ ในระดับการยอมรับที่ตรงกับใจท่านมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง.....

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก
ความชอบด้านสี							
ความชอบด้านกลิ่น							
ความชอบด้านรสชาติ							
ความเป็นเนื้อเดียวกัน							
เวลาในการละลาย							
ความชอบโดยรวม							

คำแนะนำ : โปรดประเมินความเข้มลักษณะต่างๆของตัวอย่างกาแฟ โดยการขีดระดับคะแนนในสเกลตามความรู้สึกของท่าน



ข้อเสนอแนะ

.....

.....

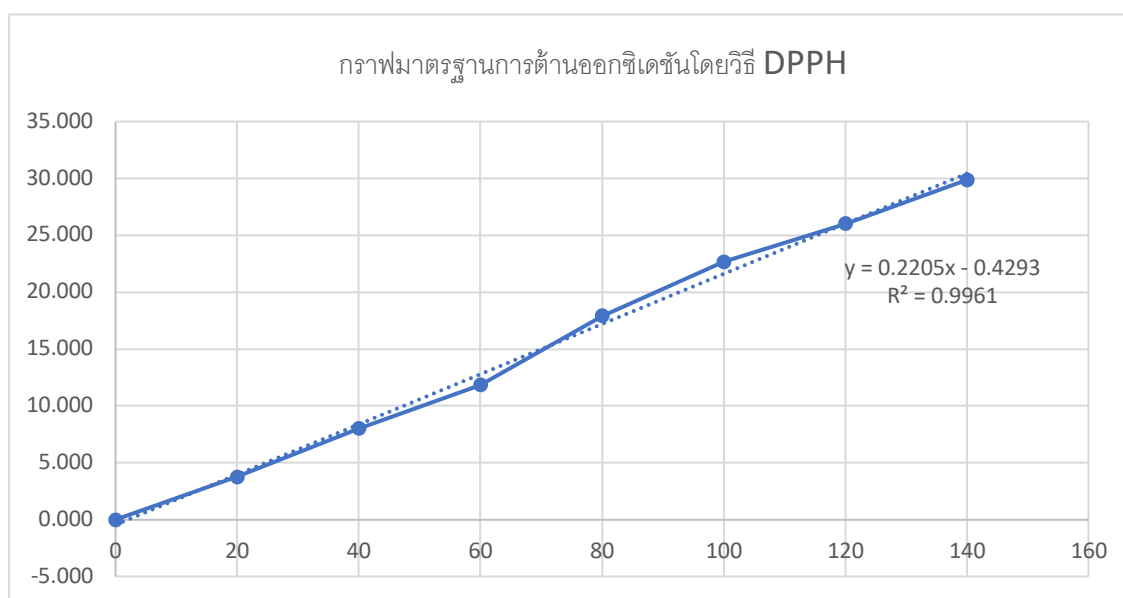
.....

### ภาคผนวก ค.

กราฟมาตรฐานการต้านการออกซิเดชันของ Trolox โดยวิธี DPPH

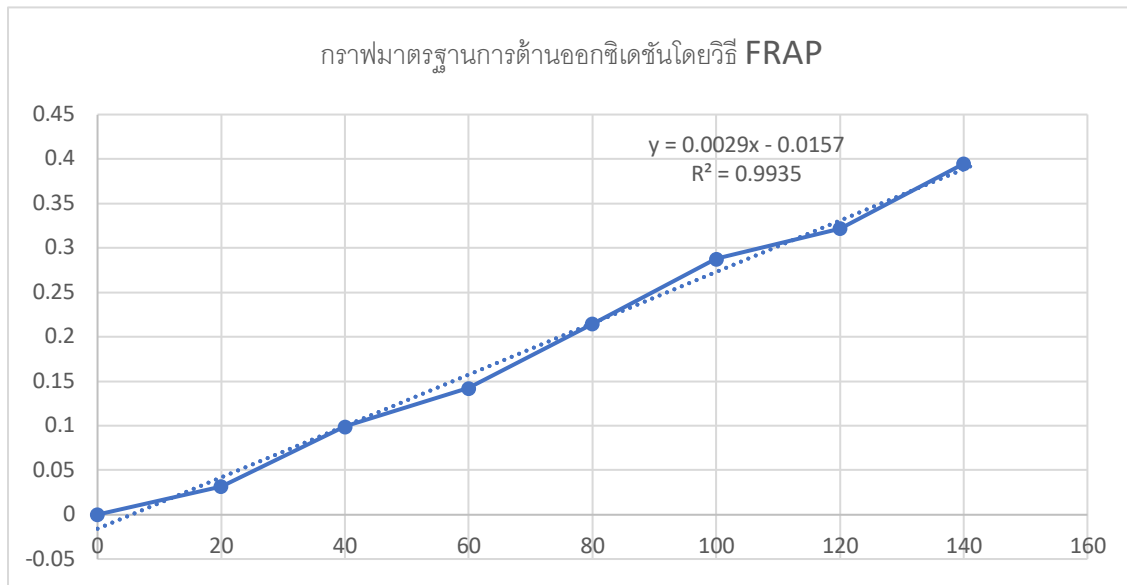
Trolox เป็นอนุพันธ์ของวิตามินอีที่ดัดแปลงโครงสร้างโดยการเปลี่ยนแปลงสายอัลเคนให้เป็นหมู่คาร์บอกซิลิก ทำให้สามารถละลายน้ำได้ดีขึ้นจึงทำให้ออกฤทธิ์ได้เร็วกว่าวิตามินอี ใช้เป็นสารมาตรฐานในการวัดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ นิยมใช้เป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณ จะรายงานเป็นค่าน้ำหนักสมมูลกับ Trolox (Trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC) จึงใช้ Trolox เป็นสารตั้งต้นในการทำกราฟมาตรฐานการต้านการออกซิเดชัน

กราฟมาตรฐานการวัดการต้านการออกซิเดชันของ Trolox โดยวิธี FRAP



ภาพที่ 8 กราฟมาตรฐานการต้านออกซิเดชันโดยวิธี DPPH

กราฟมาตรฐานการวัดการต้านการออกซิเดชันของ Trolox โดยวิธี FRAP



ภาพที่ 9 กราฟมาตรฐานการต้านออกซิเดชันโดยวิธี FRAP



## ภาคผนวก ง.

## ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

โดยโปรแกรม IBM SPSS Version 22 Statistics

ตาราง ข.1 ผลการทดสอบ LSD ของค่าการต้านการออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH

## Multiple Comparisons

Dependent Variable: FRAP

LSD

(I) treatment	(J) treatment	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.13400 <sup>*</sup>	.008598	.000	-.15194	-.11606
	3	-.35933 <sup>*</sup>	.008598	.000	-.37727	-.34140
	4	-.36500 <sup>*</sup>	.008598	.000	-.38294	-.34706
	5	-.37500 <sup>*</sup>	.008598	.000	-.39294	-.35706
	10	1.30833 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.29040	1.32627
	6	1.06567 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.04773	1.08360
	7	1.15400 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.13606	1.17194
	8	1.10767 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.08973	1.12560
	9	.98067 <sup>*</sup>	.008598	.000	.96273	.99860
2	1	.13400 <sup>*</sup>	.008598	.000	.11606	.15194
	3	-.22533 <sup>*</sup>	.008598	.000	-.24327	-.20740
	4	-.23100 <sup>*</sup>	.008598	.000	-.24894	-.21306
	5	-.24100 <sup>*</sup>	.008598	.000	-.25894	-.22306
	10	1.44233 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.42440	1.46027
	6	1.19967 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.18173	1.21760
	7	1.28800 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.27006	1.30594
	8	1.24167 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.22373	1.25960
	9	1.11467 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.09673	1.13260
3	1	.35933 <sup>*</sup>	.008598	.000	.34140	.37727
	2	.22533 <sup>*</sup>	.008598	.000	.20740	.24327
	4	-.00567	.008598	.517	-.02360	.01227
	5	-.01567	.008598	.083	-.03360	.00227
	10	1.66767 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.64973	1.68560
	6	1.42500 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.40706	1.44294
	7	1.51333 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.49540	1.53127
	8	1.46700 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.44906	1.48494
	9	1.34000 <sup>*</sup>	.008598	.000	1.32206	1.35794
4	1	.36500 <sup>*</sup>	.008598	.000	.34706	.38294

	2	.23100 <sup>+</sup>	.008598	.000	.21306	.24894
	3	.00567	.008598	.517	-.01227	.02360
	5	-.01000	.008598	.259	-.02794	.00794
	10	1.67333 <sup>+</sup>	.008598	.000	1.65540	1.69127
	6	1.43067 <sup>+</sup>	.008598	.000	1.41273	1.44860
	7	1.51900 <sup>+</sup>	.008598	.000	1.50106	1.53694
	8	1.47267 <sup>+</sup>	.008598	.000	1.45473	1.49060
	9	1.34567 <sup>+</sup>	.008598	.000	1.32773	1.36360
5	1	.37500 <sup>+</sup>	.008598	.000	.35706	.39294
	2	.24100 <sup>+</sup>	.008598	.000	.22306	.25894
	3	.01567	.008598	.083	-.00227	.03360
	4	.01000	.008598	.259	-.00794	.02794
	10	1.68333 <sup>+</sup>	.008598	.000	1.66540	1.70127
	6	1.44067 <sup>+</sup>	.008598	.000	1.42273	1.45860
	7	1.52900 <sup>+</sup>	.008598	.000	1.51106	1.54694
	8	1.48267 <sup>+</sup>	.008598	.000	1.46473	1.50060
	9	1.35567 <sup>+</sup>	.008598	.000	1.33773	1.37360
10	1	-1.30833 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.32627	-1.29040
	2	-1.44233 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.46027	-1.42440
	3	-1.66767 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.68560	-1.64973
	4	-1.67333 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.69127	-1.65540
	5	-1.68333 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.70127	-1.66540
	6	-.24267 <sup>+</sup>	.008598	.000	-.26060	-.22473
	7	-.15433 <sup>+</sup>	.008598	.000	-.17227	-.13640
	8	-.20067 <sup>+</sup>	.008598	.000	-.21860	-.18273
	9	-.32767 <sup>+</sup>	.008598	.000	-.34560	-.30973
6	1	-1.06567 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.08360	-1.04773
	2	-1.19967 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.21760	-1.18173
	3	-1.42500 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.44294	-1.40706
	4	-1.43067 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.44860	-1.41273
	5	-1.44067 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.45860	-1.42273
	10	.24267 <sup>+</sup>	.008598	.000	.22473	.26060
	7	.08833 <sup>+</sup>	.008598	.000	.07040	.10627
	8	.04200 <sup>+</sup>	.008598	.000	.02406	.05994
	9	-.08500 <sup>+</sup>	.008598	.000	-.10294	-.06706
7	1	-1.15400 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.17194	-1.13606
	2	-1.28800 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.30594	-1.27006
	3	-1.51333 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.53127	-1.49540
	4	-1.51900 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.53694	-1.50106
	5	-1.52900 <sup>+</sup>	.008598	.000	-1.54694	-1.51106
	10	.15433 <sup>+</sup>	.008598	.000	.13640	.17227

	6	-.08833*	.008598	.000	-.10627	-.07040
	8	-.04633*	.008598	.000	-.06427	-.02840
	9	-.17333*	.008598	.000	-.19127	-.15540
8	1	-1.10767*	.008598	.000	-1.12560	-1.08973
	2	-1.24167*	.008598	.000	-1.25960	-1.22373
	3	-1.46700*	.008598	.000	-1.48494	-1.44906
	4	-1.47267*	.008598	.000	-1.49060	-1.45473
	5	-1.48267*	.008598	.000	-1.50060	-1.46473
	10	.20067*	.008598	.000	.18273	.21860
	6	-.04200*	.008598	.000	-.05994	-.02406
	7	.04633*	.008598	.000	.02840	.06427
	9	-.12700*	.008598	.000	-.14494	-.10906
9	1	-.98067*	.008598	.000	-.99860	-.96273
	2	-1.11467*	.008598	.000	-1.13260	-1.09673
	3	-1.34000*	.008598	.000	-1.35794	-1.32206
	4	-1.34567*	.008598	.000	-1.36360	-1.32773
	5	-1.35567*	.008598	.000	-1.37360	-1.33773
	10	.32767*	.008598	.000	.30973	.34560
	6	.08500*	.008598	.000	.06706	.10294
	7	.17333*	.008598	.000	.15540	.19127
	8	.12700*	.008598	.000	.10906	.14494

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตาราง ข.2 ผลการทดสอบ LSD ของค่าการต้านการออกซิเดชันด้วยวิธี FRAP

## Multiple Comparisons

Dependent Variable: FRAP

LSD

(I) treatment	(J) treatment	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.04621 <sup>*</sup>	.002965	.000	-.05239	-.04002
	3	-.12391 <sup>*</sup>	.002965	.000	-.13009	-.11772
	4	-.12586 <sup>*</sup>	.002965	.000	-.13205	-.11968
	5	-.12931 <sup>*</sup>	.002965	.000	-.13550	-.12313
	10	.45115 <sup>*</sup>	.002965	.000	.44496	.45733
	6	.36747 <sup>*</sup>	.002965	.000	.36129	.37366
	7	.39793 <sup>*</sup>	.002965	.000	.39175	.40412
	8	.38195 <sup>*</sup>	.002965	.000	.37577	.38814
	9	.33816 <sup>*</sup>	.002965	.000	.33198	.34435
2	1	.04621 <sup>*</sup>	.002965	.000	.04002	.05239
	3	-.07770 <sup>*</sup>	.002965	.000	-.08389	-.07152
	4	-.07966 <sup>*</sup>	.002965	.000	-.08584	-.07347
	5	-.08310 <sup>*</sup>	.002965	.000	-.08929	-.07692
	10	.49736 <sup>*</sup>	.002965	.000	.49117	.50354
	6	.41368 <sup>*</sup>	.002965	.000	.40749	.41986
	7	.44414 <sup>*</sup>	.002965	.000	.43795	.45032
	8	.42816 <sup>*</sup>	.002965	.000	.42198	.43435
	9	.38437 <sup>*</sup>	.002965	.000	.37818	.39055
3	1	.12391 <sup>*</sup>	.002965	.000	.11772	.13009
	2	.07770 <sup>*</sup>	.002965	.000	.07152	.08389
	4	-.00195	.002965	.517	-.00814	.00423
	5	-.00540	.002965	.083	-.01159	.00078
	10	.57506 <sup>*</sup>	.002965	.000	.56887	.58124
	6	.49138 <sup>*</sup>	.002965	.000	.48519	.49756
	7	.52184 <sup>*</sup>	.002965	.000	.51565	.52802
	8	.50586 <sup>*</sup>	.002965	.000	.49968	.51205
	9	.46207 <sup>*</sup>	.002965	.000	.45588	.46825
4	1	.12586 <sup>*</sup>	.002965	.000	.11968	.13205
	2	.07966 <sup>*</sup>	.002965	.000	.07347	.08584
	3	.00195	.002965	.517	-.00423	.00814
	5	-.00345	.002965	.259	-.00963	.00274
	10	.57701 <sup>*</sup>	.002965	.000	.57083	.58320
	6	.49333 <sup>*</sup>	.002965	.000	.48715	.49952

	7	.52379 <sup>+</sup>	.002965	.000	.51761	.52998
	8	.50782 <sup>+</sup>	.002965	.000	.50163	.51400
	9	.46402 <sup>+</sup>	.002965	.000	.45784	.47021
5	1	.12931 <sup>+</sup>	.002965	.000	.12313	.13550
	2	.08310 <sup>+</sup>	.002965	.000	.07692	.08929
	3	.00540	.002965	.083	-.00078	.01159
	4	.00345	.002965	.259	-.00274	.00963
	10	.58046 <sup>+</sup>	.002965	.000	.57427	.58664
	6	.49678 <sup>+</sup>	.002965	.000	.49060	.50297
	7	.52724 <sup>+</sup>	.002965	.000	.52106	.53343
	8	.51126 <sup>+</sup>	.002965	.000	.50508	.51745
	9	.46747 <sup>+</sup>	.002965	.000	.46129	.47366
10	1	-.45115 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.45733	-.44496
	2	-.49736 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.50354	-.49117
	3	-.57506 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.58124	-.56887
	4	-.57701 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.58320	-.57083
	5	-.58046 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.58664	-.57427
	6	-.08368 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.08986	-.07749
	7	-.05322 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.05940	-.04703
	8	-.06920 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.07538	-.06301
	9	-.11299 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.11917	-.10680
6	1	-.36747 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.37366	-.36129
	2	-.41368 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.41986	-.40749
	3	-.49138 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.49756	-.48519
	4	-.49333 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.49952	-.48715
	5	-.49678 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.50297	-.49060
	10	.08368 <sup>+</sup>	.002965	.000	.07749	.08986
	7	.03046 <sup>+</sup>	.002965	.000	.02427	.03664
	8	.01448 <sup>+</sup>	.002965	.000	.00830	.02067
	9	-.02931 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.03550	-.02313
7	1	-.39793 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.40412	-.39175
	2	-.44414 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.45032	-.43795
	3	-.52184 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.52802	-.51565
	4	-.52379 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.52998	-.51761
	5	-.52724 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.53343	-.52106
	10	.05322 <sup>+</sup>	.002965	.000	.04703	.05940
	6	-.03046 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.03664	-.02427
	8	-.01598 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.02216	-.00979
	9	-.05977 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.06595	-.05359
8	1	-.38195 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.38814	-.37577
	2	-.42816 <sup>+</sup>	.002965	.000	-.43435	-.42198

	3	-.50586*	.002965	.000	-.51205	-.49968
	4	-.50782*	.002965	.000	-.51400	-.50163
	5	-.51126*	.002965	.000	-.51745	-.50508
	10	.06920*	.002965	.000	.06301	.07538
	6	-.01448*	.002965	.000	-.02067	-.00830
	7	.01598*	.002965	.000	.00979	.02216
	9	-.04379*	.002965	.000	-.04998	-.03761
9	1	-.33816*	.002965	.000	-.34435	-.33198
	2	-.38437*	.002965	.000	-.39055	-.37818
	3	-.46207*	.002965	.000	-.46825	-.45588
	4	-.46402*	.002965	.000	-.47021	-.45784
	5	-.46747*	.002965	.000	-.47366	-.46129
	10	.11299*	.002965	.000	.10680	.11917
	6	.02931*	.002965	.000	.02313	.03550
	7	.05977*	.002965	.000	.05359	.06595
	8	.04379*	.002965	.000	.03761	.04998

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 1.319E-5.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตาราง ข.3 ผลการทดสอบ LSD ของค่า pH ของตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: pH

LSD

(I) treatment	(J) treatment	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.2400*	.01619	.000	-.2761	-.2039
	3	-.2333*	.01619	.000	-.2694	-.1973
	4	-.2667*	.01619	.000	-.3027	-.2306
	5	-.0900*	.01619	.000	-.1261	-.0539
2	1	.2400*	.01619	.000	.2039	.2761
	3	.0067	.01619	.689	-.0294	.0427
	4	-.0267	.01619	.131	-.0627	.0094
	5	.1500*	.01619	.000	.1139	.1861
3	1	.2333*	.01619	.000	.1973	.2694
	2	-.0067	.01619	.689	-.0427	.0294
	4	-.0333	.01619	.067	-.0694	.0027
	5	.1433*	.01619	.000	.1073	.1794
4	1	.2667*	.01619	.000	.2306	.3027
	2	.0267	.01619	.131	-.0094	.0627
	3	.0333	.01619	.067	-.0027	.0694
	5	.1767*	.01619	.000	.1406	.2127
5	1	.0900*	.01619	.000	.0539	.1261
	2	-.1500*	.01619	.000	-.1861	-.1139
	3	-.1433*	.01619	.000	-.1794	-.1073
	4	-.1767*	.01619	.000	-.2127	-.1406

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตาราง ข.4 ผลการทดสอบ LSD ของค่า pH ของตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

## Multiple Comparisons

Dependent Variable: coffee

LSD

(I) treatment	(J) treatment	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
T1	T2	.3733 <sup>*</sup>	.01691	.000	.3375	.4092
	T3	.2167 <sup>*</sup>	.01691	.000	.1808	.2525
	T4	.5533 <sup>*</sup>	.01691	.000	.5175	.5892
	T5	-.2467 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.2825	-.2108
	T6	.4233 <sup>*</sup>	.01691	.000	.3875	.4592
	T7	-.4267 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.4625	-.3908
	T8	.5200 <sup>*</sup>	.01691	.000	.4841	.5559
T2	T1	-.3733 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.4092	-.3375
	T3	-.1567 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.1925	-.1208
	T4	.1800 <sup>*</sup>	.01691	.000	.1441	.2159
	T5	-.6200 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.6559	-.5841
	T6	.0500 <sup>*</sup>	.01691	.009	.0141	.0859
	T7	-.8000 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.8359	-.7641
	T8	.1467 <sup>*</sup>	.01691	.000	.1108	.1825
T3	T1	-.2167 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.2525	-.1808
	T2	.1567 <sup>*</sup>	.01691	.000	.1208	.1925
	T4	.3367 <sup>*</sup>	.01691	.000	.3008	.3725
	T5	-.4633 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.4992	-.4275
	T6	.2067 <sup>*</sup>	.01691	.000	.1708	.2425
	T7	-.6433 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.6792	-.6075
	T8	.3033 <sup>*</sup>	.01691	.000	.2675	.3392
T4	T1	-.5533 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.5892	-.5175
	T2	-.1800 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.2159	-.1441
	T3	-.3367 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.3725	-.3008
	T5	-.8000 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.8359	-.7641
	T6	-.1300 <sup>*</sup>	.01691	.000	-.1659	-.0941
	T7	-.9800 <sup>*</sup>	.01691	.000	-1.0159	-.9441
	T8	-.0333	.01691	.066	-.0692	.0025
T5	T1	.4267 <sup>*</sup>	.01691	.000	.3908	.4625
	T2	.8000 <sup>*</sup>	.01691	.000	.7641	.8359
	T3	.6433 <sup>*</sup>	.01691	.000	.6075	.6792
	T4	.9800 <sup>*</sup>	.01691	.000	.9441	1.0159
	T6	.8500 <sup>*</sup>	.01691	.000	.8141	.8859



	T7	.1800*	.01691	.000	.1441	.2159
	T8	.9467*	.01691	.000	.9108	.9825
T6	T1	-.4233*	.01691	.000	-.4592	-.3875
	T2	-.0500*	.01691	.009	-.0859	-.0141
	T3	-.2067*	.01691	.000	-.2425	-.1708
	T4	.1300*	.01691	.000	.0941	.1659
	T5	-.6700*	.01691	.000	-.7059	-.6341
	T7	-.8500*	.01691	.000	-.8859	-.8141
	T8	.0967*	.01691	.000	.0608	.1325
	T7	T1	.2467*	.01691	.000	.2108
T2		.6200*	.01691	.000	.5841	.6559
T3		.4633*	.01691	.000	.4275	.4992
T4		.8000*	.01691	.000	.7641	.8359
T5		-.1800*	.01691	.000	-.2159	-.1441
T6		.6700*	.01691	.000	.6341	.7059
T8		.7667*	.01691	.000	.7308	.8025
T8		T1	-.5200*	.01691	.000	-.5559
	T2	-.1467*	.01691	.000	-.1825	-.1108
	T3	-.3033*	.01691	.000	-.3392	-.2675
	T4	.0333	.01691	.066	-.0025	.0692
	T5	-.7667*	.01691	.000	-.8025	-.7308
	T6	-.0967*	.01691	.000	-.1325	-.0608
	T7	-.9467*	.01691	.000	-.9825	-.9108

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตาราง ข.5 ผลการทดสอบ LSD ของค่าสี L\* ของตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

## Multiple Comparisons

Dependent Variable: L\*

LSD

(I) trt	(J) trt	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
T1	T2	.3667	.39746	.370	-.4759	1.2092
	T3	.6800	.39746	.106	-.1626	1.5226
	T4	1.0800 <sup>*</sup>	.39746	.015	.2374	1.9226
	T5	-.3833	.39746	.349	-1.2259	.4592
	T6	-.0267	.39746	.947	-.8692	.8159
	T7	-.1000	.39746	.805	-.9426	.7426
	T8	-.0300	.39746	.941	-.8726	.8126
T2	T1	-.3667	.39746	.370	-1.2092	.4759
	T3	.3133	.39746	.442	-.5292	1.1559
	T4	.7133	.39746	.092	-.1292	1.5559
	T5	-.7500	.39746	.077	-1.5926	.0926
	T6	-.3933	.39746	.337	-1.2359	.4492
	T7	-.4667	.39746	.258	-1.3092	.3759
	T8	-.3967	.39746	.333	-1.2392	.4459
T3	T1	-.6800	.39746	.106	-1.5226	.1626
	T2	-.3133	.39746	.442	-1.1559	.5292
	T4	.4000	.39746	.329	-.4426	1.2426
	T5	-1.0633 <sup>*</sup>	.39746	.017	-1.9059	-.2208
	T6	-.7067	.39746	.094	-1.5492	.1359
	T7	-.7800	.39746	.067	-1.6226	.0626
	T8	-.7100	.39746	.093	-1.5526	.1326
T4	T1	-1.0800 <sup>*</sup>	.39746	.015	-1.9226	-.2374
	T2	-.7133	.39746	.092	-1.5559	.1292
	T3	-.4000	.39746	.329	-1.2426	.4426
	T5	-1.4633 <sup>*</sup>	.39746	.002	-2.3059	-.6208
	T6	-1.1067 <sup>*</sup>	.39746	.013	-1.9492	-.2641
	T7	-1.1800 <sup>*</sup>	.39746	.009	-2.0226	-.3374
	T8	-1.1100 <sup>*</sup>	.39746	.013	-1.9526	-.2674
T5	T1	.3833	.39746	.349	-.4592	1.2259
	T2	.7500	.39746	.077	-.0926	1.5926
	T3	1.0633 <sup>*</sup>	.39746	.017	.2208	1.9059
	T4	1.4633 <sup>*</sup>	.39746	.002	.6208	2.3059
	T6	.3567	.39746	.383	-.4859	1.1992

	T7	.2833	.39746	.486	-.5592	1.1259
	T8	.3533	.39746	.387	-.4892	1.1959
T6	T1	.0267	.39746	.947	-.8159	.8692
	T2	.3933	.39746	.337	-.4492	1.2359
	T3	.7067	.39746	.094	-.1359	1.5492
	T4	1.1067*	.39746	.013	.2641	1.9492
	T5	-.3567	.39746	.383	-1.1992	.4859
	T7	-.0733	.39746	.856	-.9159	.7692
	T8	-.0033	.39746	.993	-.8459	.8392
	T7	T1	.1000	.39746	.805	-.7426
T2		.4667	.39746	.258	-.3759	1.3092
T3		.7800	.39746	.067	-.0626	1.6226
T4		1.1800*	.39746	.009	.3374	2.0226
T5		-.2833	.39746	.486	-1.1259	.5592
T6		.0733	.39746	.856	-.7692	.9159
T8		.0700	.39746	.862	-.7726	.9126
T8		T1	.0300	.39746	.941	-.8126
	T2	.3967	.39746	.333	-.4459	1.2392
	T3	.7100	.39746	.093	-.1326	1.5526
	T4	1.1100*	.39746	.013	.2674	1.9526
	T5	-.3533	.39746	.387	-1.1959	.4892
	T6	.0033	.39746	.993	-.8392	.8459
	T7	-.0700	.39746	.862	-.9126	.7726

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .237.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตาราง ข.6 ผลการทดสอบ LSD ของค่าสี a\* ของตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

## Multiple Comparisons

Dependent Variable: a\*

LSD

(I) treatment	(J) treatment	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
T1	T2	-.2433	.34724	.494	-.9794	.4928
	T3	-.4633	.34724	.201	-1.1994	.2728
	T4	.1900	.34724	.592	-.5461	.9261
	T5	-.2800	.34724	.432	-1.0161	.4561
	T6	-.3367	.34724	.347	-1.0728	.3994
	T7	-.4467	.34724	.217	-1.1828	.2894
	T8	-.0267	.34724	.940	-.7628	.7094
T2	T1	.2433	.34724	.494	-.4928	.9794
	T3	-.2200	.34724	.535	-.9561	.5161
	T4	.4333	.34724	.230	-.3028	1.1694
	T5	-.0367	.34724	.917	-.7728	.6994
	T6	-.0933	.34724	.792	-.8294	.6428
	T7	-.2033	.34724	.566	-.9394	.5328
	T8	.2167	.34724	.541	-.5194	.9528
T3	T1	.4633	.34724	.201	-.2728	1.1994
	T2	.2200	.34724	.535	-.5161	.9561
	T4	.6533	.34724	.078	-.0828	1.3894
	T5	.1833	.34724	.605	-.5528	.9194
	T6	.1267	.34724	.720	-.6094	.8628
	T7	.0167	.34724	.962	-.7194	.7528
	T8	.4367	.34724	.227	-.2994	1.1728
T4	T1	-.1900	.34724	.592	-.9261	.5461
	T2	-.4333	.34724	.230	-1.1694	.3028
	T3	-.6533	.34724	.078	-1.3894	.0828
	T5	-.4700	.34724	.195	-1.2061	.2661
	T6	-.5267	.34724	.149	-1.2628	.2094
	T7	-.6367	.34724	.085	-1.3728	.0994
	T8	-.2167	.34724	.541	-.9528	.5194
T5	T1	.2800	.34724	.432	-.4561	1.0161
	T2	.0367	.34724	.917	-.6994	.7728
	T3	-.1833	.34724	.605	-.9194	.5528
	T4	.4700	.34724	.195	-.2661	1.2061
	T6	-.0567	.34724	.872	-.7928	.6794

	T7	-.1667	.34724	.638	-.9028	.5694
	T8	.2533	.34724	.476	-.4828	.9894
T6	T1	.3367	.34724	.347	-.3994	1.0728
	T2	.0933	.34724	.792	-.6428	.8294
	T3	-.1267	.34724	.720	-.8628	.6094
	T4	.5267	.34724	.149	-.2094	1.2628
	T5	.0567	.34724	.872	-.6794	.7928
	T7	-.1100	.34724	.756	-.8461	.6261
	T8	.3100	.34724	.385	-.4261	1.0461
	T7	T1	.4467	.34724	.217	-.2894
T2		.2033	.34724	.566	-.5328	.9394
T3		-.0167	.34724	.962	-.7528	.7194
T4		.6367	.34724	.085	-.0994	1.3728
T5		.1667	.34724	.638	-.5694	.9028
T6		.1100	.34724	.756	-.6261	.8461
T8		.4200	.34724	.244	-.3161	1.1561
T8		T1	.0267	.34724	.940	-.7094
	T2	-.2167	.34724	.541	-.9528	.5194
	T3	-.4367	.34724	.227	-1.1728	.2994
	T4	.2167	.34724	.541	-.5194	.9528
	T5	-.2533	.34724	.476	-.9894	.4828
	T6	-.3100	.34724	.385	-1.0461	.4261
	T7	-.4200	.34724	.244	-1.1561	.3161

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .181.

ตาราง ข.7 ผลการทดสอบ LSD ของค่าสี b\* ของตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

## Multiple Comparisons

Dependent Variable: b\*

LSD

(I) treatment	(J) treatment	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
T1	T2	-1.1633 <sup>*</sup>	.36836	.006	-1.9442	-.3825
	T3	-.3367	.36836	.374	-1.1175	.4442
	T4	.7833 <sup>*</sup>	.36836	.049	.0025	1.5642
	T5	-.5933	.36836	.127	-1.3742	.1875
	T6	-.2433	.36836	.518	-1.0242	.5375
	T7	-1.2933 <sup>*</sup>	.36836	.003	-2.0742	-.5125
	T8	.6833	.36836	.082	-.0975	1.4642
T2	T1	1.1633 <sup>*</sup>	.36836	.006	.3825	1.9442
	T3	.8267 <sup>*</sup>	.36836	.039	.0458	1.6075
	T4	1.9467 <sup>*</sup>	.36836	.000	1.1658	2.7275
	T5	.5700	.36836	.141	-.2109	1.3509
	T6	.9200 <sup>*</sup>	.36836	.024	.1391	1.7009
	T7	-.1300	.36836	.729	-.9109	.6509
	T8	1.8467 <sup>*</sup>	.36836	.000	1.0658	2.6275
T3	T1	.3367	.36836	.374	-.4442	1.1175
	T2	-.8267 <sup>*</sup>	.36836	.039	-1.6075	-.0458
	T4	1.1200 <sup>*</sup>	.36836	.008	.3391	1.9009
	T5	-.2567	.36836	.496	-1.0375	.5242
	T6	.0933	.36836	.803	-.6875	.8742
	T7	-.9567 <sup>*</sup>	.36836	.019	-1.7375	-.1758
	T8	1.0200 <sup>*</sup>	.36836	.014	.2391	1.8009
T4	T1	-.7833 <sup>*</sup>	.36836	.049	-1.5642	-.0025
	T2	-1.9467 <sup>*</sup>	.36836	.000	-2.7275	-1.1658
	T3	-1.1200 <sup>*</sup>	.36836	.008	-1.9009	-.3391
	T5	-1.3767 <sup>*</sup>	.36836	.002	-2.1575	-.5958
	T6	-1.0267 <sup>*</sup>	.36836	.013	-1.8075	-.2458
	T7	-2.0767 <sup>*</sup>	.36836	.000	-2.8575	-1.2958
	T8	-.1000	.36836	.789	-.8809	.6809
T5	T1	.5933	.36836	.127	-.1875	1.3742
	T2	-.5700	.36836	.141	-1.3509	.2109
	T3	.2567	.36836	.496	-.5242	1.0375
	T4	1.3767 <sup>*</sup>	.36836	.002	.5958	2.1575
	T6	.3500	.36836	.356	-.4309	1.1309

	T7	- .7000	.36836	.076	-1.4809	.0809
	T8	1.2767*	.36836	.003	.4958	2.0575
T6	T1	.2433	.36836	.518	-.5375	1.0242
	T2	-.9200*	.36836	.024	-1.7009	-.1391
	T3	-.0933	.36836	.803	-.8742	.6875
	T4	1.0267*	.36836	.013	.2458	1.8075
	T5	-.3500	.36836	.356	-1.1309	.4309
	T7	-1.0500*	.36836	.012	-1.8309	-.2691
	T8	.9267*	.36836	.023	.1458	1.7075
	T7	T1	1.2933*	.36836	.003	.5125
T2		.1300	.36836	.729	-.6509	.9109
T3		.9567*	.36836	.019	.1758	1.7375
T4		2.0767*	.36836	.000	1.2958	2.8575
T5		.7000	.36836	.076	-.0809	1.4809
T6		1.0500*	.36836	.012	.2691	1.8309
T8		1.9767*	.36836	.000	1.1958	2.7575
T8		T1	-.6833	.36836	.082	-1.4642
	T2	-1.8467*	.36836	.000	-2.6275	-1.0658
	T3	-1.0200*	.36836	.014	-1.8009	-.2391
	T4	.1000	.36836	.789	-.6809	.8809
	T5	-1.2767*	.36836	.003	-2.0575	-.4958
	T6	-.9267*	.36836	.023	-1.7075	-.1458
	T7	-1.9767*	.36836	.000	-2.7575	-1.1958

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .204.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตาราง ข.8 ผลการทดสอบ LSD ของค่าความแข็งของตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

## Multiple Comparisons

Dependent Variable: hardness

LSD

(I) treatment	(J) treatment	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
T1	T2	-250.9667 <sup>*</sup>	106.01056	.031	-475.6990	-26.2343
	T3	-582.1667 <sup>*</sup>	106.01056	.000	-806.8990	-357.4343
	T4	-659.4667 <sup>*</sup>	106.01056	.000	-884.1990	-434.7343
	T5	-159.5333	106.01056	.152	-384.2657	65.1990
	T6	-261.6667 <sup>*</sup>	106.01056	.025	-486.3990	-36.9343
	T7	-649.5333 <sup>*</sup>	106.01056	.000	-874.2657	-424.8010
	T8	-762.2333 <sup>*</sup>	106.01056	.000	-986.9657	-537.5010
T2	T1	250.9667 <sup>*</sup>	106.01056	.031	26.2343	475.6990
	T3	-331.2000 <sup>*</sup>	106.01056	.007	-555.9323	-106.4677
	T4	-408.5000 <sup>*</sup>	106.01056	.001	-633.2323	-183.7677
	T5	91.4333	106.01056	.401	-133.2990	316.1657
	T6	-10.7000	106.01056	.921	-235.4323	214.0323
	T7	-398.5667 <sup>*</sup>	106.01056	.002	-623.2990	-173.8343
	T8	-511.2667 <sup>*</sup>	106.01056	.000	-735.9990	-286.5343
T3	T1	582.1667 <sup>*</sup>	106.01056	.000	357.4343	806.8990
	T2	331.2000 <sup>*</sup>	106.01056	.007	106.4677	555.9323
	T4	-77.3000	106.01056	.476	-302.0323	147.4323
	T5	422.6333 <sup>*</sup>	106.01056	.001	197.9010	647.3657
	T6	320.5000 <sup>*</sup>	106.01056	.008	95.7677	545.2323
	T7	-67.3667	106.01056	.534	-292.0990	157.3657
	T8	-180.0667	106.01056	.109	-404.7990	44.6657
T4	T1	659.4667 <sup>*</sup>	106.01056	.000	434.7343	884.1990
	T2	408.5000 <sup>*</sup>	106.01056	.001	183.7677	633.2323
	T3	77.3000	106.01056	.476	-147.4323	302.0323
	T5	499.9333 <sup>*</sup>	106.01056	.000	275.2010	724.6657
	T6	397.8000 <sup>*</sup>	106.01056	.002	173.0677	622.5323
	T7	9.9333	106.01056	.927	-214.7990	234.6657
	T8	-102.7667	106.01056	.347	-327.4990	121.9657
T5	T1	159.5333	106.01056	.152	-65.1990	384.2657
	T2	-91.4333	106.01056	.401	-316.1657	133.2990
	T3	-422.6333 <sup>*</sup>	106.01056	.001	-647.3657	-197.9010
	T4	-499.9333 <sup>*</sup>	106.01056	.000	-724.6657	-275.2010
	T6	-102.1333	106.01056	.350	-326.8657	122.5990



	T7	-490.0000*	106.01056	.000	-714.7323	-265.2677
	T8	-602.7000*	106.01056	.000	-827.4323	-377.9677
T6	T1	261.6667*	106.01056	.025	36.9343	486.3990
	T2	10.7000	106.01056	.921	-214.0323	235.4323
	T3	-320.5000*	106.01056	.008	-545.2323	-95.7677
	T4	-397.8000*	106.01056	.002	-622.5323	-173.0677
	T5	102.1333	106.01056	.350	-122.5990	326.8657
	T7	-387.8667*	106.01056	.002	-612.5990	-163.1343
	T8	-500.5667*	106.01056	.000	-725.2990	-275.8343
	T7	T1	649.5333*	106.01056	.000	424.8010
T2		398.5667*	106.01056	.002	173.8343	623.2990
T3		67.3667	106.01056	.534	-157.3657	292.0990
T4		-9.9333	106.01056	.927	-234.6657	214.7990
T5		490.0000*	106.01056	.000	265.2677	714.7323
T6		387.8667*	106.01056	.002	163.1343	612.5990
T8		-112.7000	106.01056	.304	-337.4323	112.0323
T8		T1	762.2333*	106.01056	.000	537.5010
	T2	511.2667*	106.01056	.000	286.5343	735.9990
	T3	180.0667	106.01056	.109	-44.6657	404.7990
	T4	102.7667	106.01056	.347	-121.9657	327.4990
	T5	602.7000*	106.01056	.000	377.9677	827.4323
	T6	500.5667*	106.01056	.000	275.8343	725.2990
	T7	112.7000	106.01056	.304	-112.0323	337.4323

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 16857.358.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตาราง ข.9 ผลการทดสอบ LSD ของเวลาในการละลายของตัวอย่างกาแฟสำเร็จรูปแบบอัดเม็ด

## Multiple Comparisons

Dependent Variable: time

LSD

(I) treatment	(J) treatment	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
T1	T2	-22.3333	21.43919	.313	-67.7824	23.1157
	T3	-31.6667	21.43919	.159	-77.1157	13.7824
	T4	-64.6667 <sup>*</sup>	21.43919	.008	-110.1157	-19.2176
	T5	34.6667	21.43919	.125	-10.7824	80.1157
	T6	-12.6667	21.43919	.563	-58.1157	32.7824
	T7	-24.3333	21.43919	.273	-69.7824	21.1157
	T8	-36.6667	21.43919	.107	-82.1157	8.7824
T2	T1	22.3333	21.43919	.313	-23.1157	67.7824
	T3	-9.3333	21.43919	.669	-54.7824	36.1157
	T4	-42.3333	21.43919	.066	-87.7824	3.1157
	T5	57.0000 <sup>+</sup>	21.43919	.017	11.5509	102.4491
	T6	9.6667	21.43919	.658	-35.7824	55.1157
	T7	-2.0000	21.43919	.927	-47.4491	43.4491
	T8	-14.3333	21.43919	.513	-59.7824	31.1157
T3	T1	31.6667	21.43919	.159	-13.7824	77.1157
	T2	9.3333	21.43919	.669	-36.1157	54.7824
	T4	-33.0000	21.43919	.143	-78.4491	12.4491
	T5	66.3333 <sup>+</sup>	21.43919	.007	20.8843	111.7824
	T6	19.0000	21.43919	.389	-26.4491	64.4491
	T7	7.3333	21.43919	.737	-38.1157	52.7824
	T8	-5.0000	21.43919	.819	-50.4491	40.4491
T4	T1	64.6667 <sup>+</sup>	21.43919	.008	19.2176	110.1157
	T2	42.3333	21.43919	.066	-3.1157	87.7824
	T3	33.0000	21.43919	.143	-12.4491	78.4491
	T5	99.3333 <sup>+</sup>	21.43919	.000	53.8843	144.7824
	T6	52.0000 <sup>+</sup>	21.43919	.027	6.5509	97.4491
	T7	40.3333	21.43919	.078	-5.1157	85.7824
	T8	28.0000	21.43919	.210	-17.4491	73.4491
T5	T1	-34.6667	21.43919	.125	-80.1157	10.7824
	T2	-57.0000 <sup>+</sup>	21.43919	.017	-102.4491	-11.5509
	T3	-66.3333 <sup>+</sup>	21.43919	.007	-111.7824	-20.8843
	T4	-99.3333 <sup>+</sup>	21.43919	.000	-144.7824	-53.8843
	T6	-47.3333 <sup>+</sup>	21.43919	.042	-92.7824	-1.8843

	T7	-59.0000*	21.43919	.014	-104.4491	-13.5509
	T8	-71.3333*	21.43919	.004	-116.7824	-25.8843
T6	T1	12.6667	21.43919	.563	-32.7824	58.1157
	T2	-9.6667	21.43919	.658	-55.1157	35.7824
	T3	-19.0000	21.43919	.389	-64.4491	26.4491
	T4	-52.0000*	21.43919	.027	-97.4491	-6.5509
	T5	47.3333*	21.43919	.042	1.8843	92.7824
	T7	-11.6667	21.43919	.594	-57.1157	33.7824
	T8	-24.0000	21.43919	.279	-69.4491	21.4491
	T7	T1	24.3333	21.43919	.273	-21.1157
T2		2.0000	21.43919	.927	-43.4491	47.4491
T3		-7.3333	21.43919	.737	-52.7824	38.1157
T4		-40.3333	21.43919	.078	-85.7824	5.1157
T5		59.0000*	21.43919	.014	13.5509	104.4491
T6		11.6667	21.43919	.594	-33.7824	57.1157
T8		-12.3333	21.43919	.573	-57.7824	33.1157
T8		T1	36.6667	21.43919	.107	-8.7824
	T2	14.3333	21.43919	.513	-31.1157	59.7824
	T3	5.0000	21.43919	.819	-40.4491	50.4491
	T4	-28.0000	21.43919	.210	-73.4491	17.4491
	T5	71.3333*	21.43919	.004	25.8843	116.7824
	T6	24.0000	21.43919	.279	-21.4491	69.4491
	T7	12.3333	21.43919	.573	-33.1157	57.7824

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 689.458.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวพัชริกา งามผิว  
ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ  
วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)  
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร  
คณะ วิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีที่สำเร็จการศึกษา 2562  
โทรศัพท์ 0871824536  
Email patcharika.ng@gmail.com



## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายกฤษดา ธรรมปรีชาถาวร  
ตำแหน่ง ผู้วิจัยร่วม  
วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)  
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร  
คณะ วิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีที่สำเร็จการศึกษา 2562  
โทรศัพท์ 0959507933  
Email peat.dent@hotmail.com

