



อิทธิพลของการทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมท (foam-mat drying) ต่อคุณภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ
และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดองุ่น



โดย
นางสาวชญญพัชร อุปมา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

อิทธิพลของการทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมท (foam-mat drying) ต่อคุณภาพ สารออกฤทธิ์
ทางชีวภาพ และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล่อนผง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต
ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

INFLUENCE OF FOAM-MAT DRYING ON QUALITY, BIOACTIVE COMPOUNDS
AND SENSORY EVALUATION OF MELON POWDER.



By
MISS Chanyapat OUPPAMA

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Science (FOOD TECHNOLOGY)
Department of FOOD TECHNOLOGY
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2022
Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ อธิพลของการทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมท (foam-mat drying) ต่อ
คุณภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และการประเมินคุณภาพทาง
ประสาทสัมผัสของเมล่อนผง

โดย นางสาวชญญพัชร์ อุปมา

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุศราภรณ์ มหาโยธี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย (ผู้รักษาการแทน)
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิต นิรติศัย)

พิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ คุวิจิตรจารุ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุศราภรณ์ มหาโยธี)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(อาจารย์ ดร. ขวัญใจ กลิ่นจงกล)

620920022 : เทคโนโลยีอาหาร แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทบัณฑิต

คำสำคัญ : โพรตีนพืช, สารก่อให้เกิดโฟม, เมล่อนผง, การทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมท

นางสาว ชัญญุพัชร อุปมา: อิทธิพลของการทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมท (foam-mat drying) ต่อคุณภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล่อนผง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุศราภรณ์ มหาโยธี

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาอิทธิพลของโปรตีนจากพืช ซึ่งใช้เป็นสารก่อให้เกิดโฟมต่อคุณภาพของโฟมเมล่อน จลนศาสตร์ของการทำแห้ง สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล่อนผง โดยใช้เมล่อนที่ตากเกรด และใช้โปรตีนต่างชนิดกัน ได้แก่ โพรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต (SPI), โพรตีนข้าว (RP), โพรตีนถั่วลันเตา (PP) และกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท (GMS) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 (ตามปริมาณโปรตีน) และสารที่ช่วยให้โฟมคงตัวที่ใช้คือ แชนแทนกัม (XG) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) เมล่อนสดมีค่า TSS เท่ากับ 7.38 ± 1 °Brix จากนั้นทำการเติมสารก่อให้เกิดโฟมและสารที่ช่วยให้โฟมคงตัวลงในเมล่อนบดละเอียดแล้วตีด้วยเครื่องผสมแบบมือเป็นเวลา 5 นาที ที่ความเร็วสูงสุด 13,200 รอบต่อนาที หลังจากนั้นวัดค่าความหนาแน่น การขยายตัว ความคงตัว และสีของโฟม นำโฟมเมล่อนไปทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่า PP และ SPI ทำให้เกิดโฟมได้ดีโดยมีการขยายตัวของโฟมร้อยละ 272.93 และ 243.50 และความเสถียรของโฟมมากกว่า 97% และความหนาแน่นของโฟม 0.207 และ 0.222 g/cm³ ตามลำดับ RP และ GMS ไม่สามารถผลิตโฟมได้ โฟมที่เติม PP และ SPI แห้งเร็วกว่าจาก RP และ GMS แต่ตัวอย่างทั้งสี่สามารถแปรรูปเป็นผงที่ไหลได้อย่างอิสระ ซึ่งมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 นอกจากนี้ SPI ให้ตัวอย่างที่มีความสว่างกว่า PP RP และ GMS เมื่อทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสแล้ว พบว่า การเติม PP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งสั้นที่สุด เนื่องจากมีความหนาแน่นของโฟมต่ำที่สุด เมื่อความหนาแน่นของโฟมต่ำจะมีการขยายตัวของโฟมที่สูง ทำให้สามารถอัดอากาศเข้าไปได้มากกว่า ทำให้โฟมเมล่อนมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศร้อนมากกว่าจึงทำให้มีอัตราการระเหยน้ำที่เร็วกว่า เมื่อทำการ fit model พบว่า สมการ Page มีความเหมาะสมมากที่สุดในการอธิบายการทำแห้งของโฟมเมล่อน เนื่องจากมีค่า R² สูงที่สุด และมีค่า RMSE ต่ำที่สุดของทุกตัวอย่าง และตัวอย่างที่เติม GMS มีปริมาณของเบต้าแคโรทีนและความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันมากกว่าการเติมโปรตีนชนิดอื่นๆ

620920022 : Major (FOOD TECHNOLOGY)

Keyword : Plant-based protein, Foaming agent, Melon powder, Foam-mat drying

MISS CHANYAPAT OUPPAMA : INFLUENCE OF FOAM-MAT DRYING ON QUALITY, BIOACTIVE COMPOUNDS AND SENSORY EVALUATION OF MELON POWDER.

THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR BUSARAKORN MAHAYOTHEE

In this study, the influence of plant proteins used as a foaming agent on foam properties, drying kinetics, bioactive compounds and sensory evaluation of melon powder obtained from low-grade fruits was studied. Different proteins including rice protein (RP), pea protein (PP), soy protein isolate (SPI) and glyceryl monostearate (GMS) were used at the concentrations of 5% and 10% (as protein content). Melon puree was prepared from fresh fruits with TSS of 7.38 ± 1 °Brix and whipped using a hand mixer for 5 min at 13,200 rpm. Xanthan gum (XG) at 1% (w/w) was also added as a stabilizer. The density, expansion, stability and color of foams were measured. The foams were dried in a conventional hot-air dryer at the temperature of 70 °C. It was found that PP and SPI resulted in good foaming performances with 272.93 and 243.50% foam expansion and more than 97% foam stability, and the foam densities of 0.207 and 0.222 g/cm³, respectively. The RP and GMS could not produce foam at all. The foams from PP and SPI dried faster than that from RP and GMS but all four samples could be processed into free-flowing powders with moisture contents lower than 10%. In addition, SPI provides brighter samples than PP RP and GMS. After drying at 70 °C, it was found that adding 5% PP took the shortest drying time due to the lowest foam density at low foam density, high foam expansion allows more air to be compressed. Thus, the foam melon has a higher surface area exposed to hot air, resulting in a faster evaporation rate. When fitting the model, it was found that the Page equation was the most appropriate to describe the drying of the foam melon. This was because it had the highest R² value and the lowest RMSE of all samples and the GMS-added samples had more beta-carotene and antioxidant capacity than other protein additions.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้เนื่องจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุศราภรณ์ มหาโยธี ขอกราบขอบพระคุณที่ให้คำแนะนำความช่วยเหลือ ข้อเสนอแนะ คำปรึกษา และแนวทางให้การส่งเสริมในด้านการคิดวิเคราะห์ในการทำวิจัย ตลอดจนตรวจสอบเล่มวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ และดูแลในหลายๆด้านจนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ คุวิจิตรจรรู ที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และคำปรึกษาในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลที่ การวิเคราะห์ค่าทางเคมี และเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงสำหรับคำแนะนำ และความกรุณาในการตรวจสอบ แกไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อ. ดร. ขวัญใจ กลิ่นจกกล ที่ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้การสนับสนุนด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่

ขอขอบพระคุณบุคคลในครอบครัว พี่ และเพื่อนร่วมงานที่ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนในการทำงานของดิฉันเสมอมา



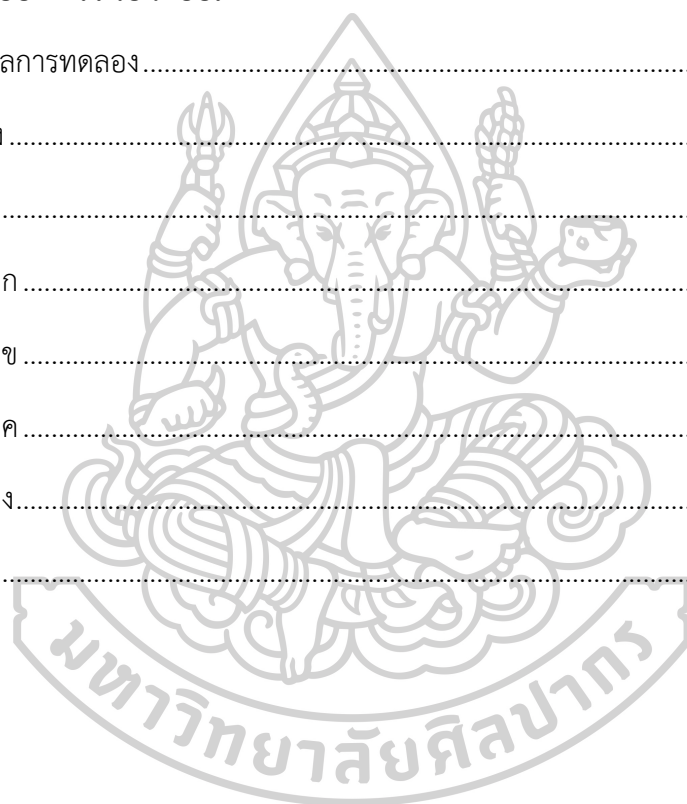
นางสาว ชัญญพัชร อุปมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 สมมติฐาน.....	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร.....	4
2.1 เมล่อน.....	4
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเมล่อน.....	4
2.2 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเมล่อน.....	5
2.2.1 แคโรทีนอยด์.....	5
2.2.2 สารประกอบฟีนอล.....	7
2.2.3 ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชั่น.....	8
2.3 การทำแห้ง (Drying).....	9
2.3.1 การทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมท (Foam-mat drying).....	10
2.3.2 การเกิดโฟม (Foaming ability).....	14

2.3.3 สารก่อให้เกิดโฟม (Foaming agent) และสารที่ช่วยให้โฟมคงตัว (Foam stabilizers)	15
2.3.4 ความสามารถในการละลายน้ำและการดูดซึมน้ำ.....	17
2.3.5 ผลของการทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมทต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลไม้	18
2.4 จลนพลศาสตร์การทำแห้ง (Drying kinetic).....	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย.....	23
3.1 วัตถุประสงค์.....	23
3.2 สารเคมี.....	25
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	26
3.4 วิธีการทดลอง.....	28
3.4.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบสด	28
3.4.2 การเตรียมน้ำแมล่อนปั่นพร้อมเนื้อแช่แข็ง	32
3.4.3 การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดโฟมต่อคุณภาพของ โฟมแมล่อน	33
3.4.4 การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดโฟมต่อพฤติกรรมการทำแห้งของโฟมแมล่อนร่วมกับการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนแบบถาด.....	36
3.4.5 การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดโฟมต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแมล่อนผง	37
3.4.6 การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดโฟมต่อการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแมล่อนผง.....	40
3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ	41
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	42
4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแมล่อน	42
4.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ	42
4.1.2 คุณสมบัติทางเคมี	42

4.2 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดเกิดโคมต่อคุณภาพของโคมเมลอน	44
4.3 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดโคมต่อจลนพลศาสตร์การทำแห้ง โคมเมลอน ด้วยวิธีการทำแห้งแบบโคมแมทรวมกับการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนแบบภาค	53
4.4 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดโคมต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ของเมลอนผง	62
4.5 ผลของประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมลอนผงที่ผ่านการทำแห้งแบบโคมแมทใน เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบภาค	68
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	79
รายการอ้างอิง	80
ภาคผนวก.....	84
ภาคผนวก ก	85
ภาคผนวก ข	87
ภาคผนวก ค	101
ภาคผนวก ง	105
ประวัติผู้เขียน.....	111



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ปริมาณวิตามินใน 100 กรัมของเมล็ดสน.....	7
ตารางที่ 2 พารามิเตอร์สารก่อให้เกิดฟองและการทำแห้งที่ใช้สำหรับวัสดุอาหารต่างๆ.....	16
ตารางที่ 3 แบบจำลองการอบแห้งแบบชั้นบางที่ใช้ในการทำนายพฤติกรรมการทำแห้ง.....	20
ตารางที่ 4 ข้อมูลการรับผลเมล็ดสนสำหรับใช้ในการศึกษา.....	24
ตารางที่ 5 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟม.....	35
ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดสนที่ใช้ศึกษา.....	42
ตารางที่ 7 คุณภาพด้านสีของเมล็ดสนก่อนการตีโฟมและการทำแห้ง.....	43
ตารางที่ 8 คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดสนเริ่มต้นก่อนการตีโฟมและการทำแห้ง.....	43
ตารางที่ 9 ระยะเวลาในการตีโฟมเมล็ดสนต่อความหนาแน่นและการขยายตัวของโฟมเมื่อเปรียบเทียบกับสารก่อให้เกิดโฟมที่ความเข้มข้นร้อยละ 5.....	46
ตารางที่ 10 ระยะเวลาในการตีโฟมเมล็ดสนต่อความหนาแน่นและการขยายตัวของโฟมเมื่อเปรียบเทียบกับสารก่อให้เกิดโฟมที่ความเข้มข้นร้อยละ 10.....	47
ตารางที่ 11 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อคุณภาพของโฟมเมล็ดสน.....	49
ตารางที่ 12 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อค่าสีและปริมาณความชื้นของโฟมเมล็ดสน.....	52
ตารางที่ 13 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการทำนายพฤติกรรมการทำแห้งโฟมเมล็ดสน.....	53
ตารางที่ 14 ค่าทางสถิติที่ได้จากการสร้างสมการทำแห้งโฟมเมล็ดสนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	56
ตารางที่ 15 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อระยะเวลาการทำแห้ง ปริมาณความชื้น และค่าวอเตอร์แอกติวิตี้.....	58
ตารางที่ 16 ผลของสีของผงเมล็ดสนที่ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่างกัน.....	61
ตารางที่ 17 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อปริมาณความชื้น และ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้.....	63

ตารางที่ 18 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อปริมาณเบต้าแคโรทีนของผงเมล็ดอ่อน	65
ตารางที่ 19 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลของผงเมล็ดอ่อน	66
ตารางที่ 20 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อความสามารถในการเป็น สารต้านออกซิเดชั่นของผงเมล็ดอ่อน	67
ตารางที่ 21 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 30 คน ในการทดสอบผู้บริโภคร่วมเมล็ดอ่อนผงขงดื่ม 69	
ตารางที่ 22 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคร่วมเมล็ดอ่อนผงดื่มที่มีการเติม SPI ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5	70
ตารางที่ 23 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคร่วมเมล็ดอ่อนผงดื่มที่มีการเติม SPI ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5	71
ตารางที่ 24 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคร่วมเมล็ดอ่อนผงดื่มที่มีการเติม SPI ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10	71
ตารางที่ 25 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคร่วมเมล็ดอ่อนผงดื่มที่มีการเติม SPI ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10	72
ตารางที่ 26 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคร่วมเมล็ดอ่อนผงดื่มที่มีการเติม RP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5	72
ตารางที่ 27 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคร่วมเมล็ดอ่อนผงดื่มที่มีการเติม RP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5	73
ตารางที่ 28 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคร่วมเมล็ดอ่อนผงดื่มที่มีการเติม RP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10	73
ตารางที่ 29 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคร่วมเมล็ดอ่อนผงดื่มที่มีการเติม RP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10	74
ตารางที่ 30 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคร่วมเมล็ดอ่อนผงดื่มที่มีการเติม PP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5	74
ตารางที่ 31 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคร่วมเมล็ดอ่อนผงดื่มที่มีการเติม PP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5	75

ตารางที่ 32 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงดื่มที่มีการเติม PP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10..... 75

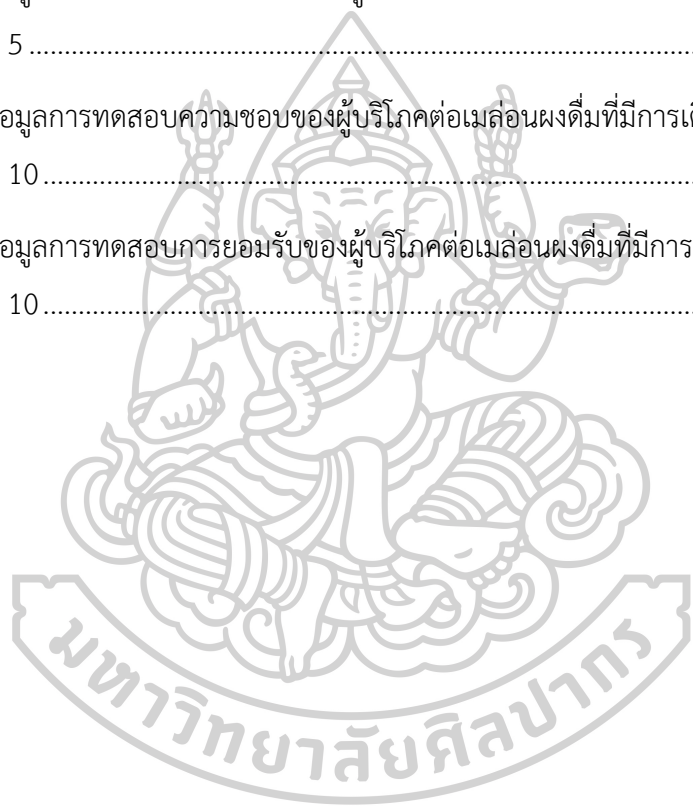
ตารางที่ 33 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงดื่มที่มีการเติม PP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10..... 76

ตารางที่ 34 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงดื่มที่มีการเติม GMS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 76

ตารางที่ 35 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงดื่มที่มีการเติม GMS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 77

ตารางที่ 36 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงดื่มที่มีการเติม GMS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 77

ตารางที่ 37 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงดื่มที่มีการเติม GMS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 78



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเมล่อน.....	5
ภาพที่ 2 การสลายตัวของ all-trans- β -carotene	6
ภาพที่ 3 โครงสร้างของ β -carotene.....	6
ภาพที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของแคนตาลูปฟงที่ความเข้มข้นของกัมอาร์บิกที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0-15).....	8
ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำอิสระและแผนภาพความคงตัวของอาหาร.....	10
ภาพที่ 6 กระบวนการทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมท (Foam-mat drying).....	11
ภาพที่ 7 โครงสร้างของโฟม	14
ภาพที่ 8 ผลของความหนาของโฟมต่ออัตราการทำแห้ง	17
ภาพที่ 9 ผลของอุณหภูมิการทำแห้งต่ออัตราส่วนความชื้นและอัตราการทำแห้ง.....	18
ภาพที่ 10 ค่าสีของการทำแห้งที่อุณหภูมิต่างกันของตัวอย่างตุ้มหลวง	19
ภาพที่ 11 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นในการทดลองและทำนายของ (a) สมการ midilli-kucuk และ (b) สมการ two term ที่อุณหภูมิต่างกัน 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส	21
ภาพที่ 12 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นของข้อมูลการทดลองและการทำนายโดยใช้สมการ logarithmic สำหรับใบแมงลัก.....	22
ภาพที่ 13 ลักษณะของผลเมล่อนตกเกรด.....	23
ภาพที่ 14 ลักษณะการวัดความกว้างและความยาวรอบลูก	28
ภาพที่ 15 การชั่งน้ำหนักของผลเมล่อน.....	28
ภาพที่ 16 การวิเคราะห์ค่าสีของเมล่อนสด.....	29
ภาพที่ 17 ขั้นตอนการเตรียมน้ำเมล่อนปั่นพร้อมเนื้อแช่แข็ง	33
ภาพที่ 18 ขั้นตอนการเตรียมโฟมเมล่อน.....	35
ภาพที่ 19 ขั้นตอนทั่วไปในการทำแห้งโฟมเมล่อน	37

ภาพที่ 20 ลักษณะปรากฏของน้ำเมลอนผงขงดื่ม	41
ภาพที่ 21 ชนิดของสารก่อให้เกิดโพลีที่ต่างกันที่ความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพลีร้อยละ 5 ต่อ ระยะเวลาต่างๆในการตีขึ้นโพลี	44
ภาพที่ 22 ชนิดของสารก่อให้เกิดโพลีที่ต่างกันที่ความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพลีร้อยละ 10 ต่อ ระยะเวลาต่างๆในการตีขึ้นโพลี	45
ภาพที่ 23 ลักษณะปรากฏของโพลีเมลอนโดยใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพลีแตก ต่างกัน.....	51
ภาพที่ 24 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพลีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งของโพลีเมลอน (ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5).....	54
ภาพที่ 25 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพลีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งของโพลีเมลอน (ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10)	55
ภาพที่ 26 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพลีต่อพฤติกรรมการทำแห้งของโพลีเมลอน	57
ภาพที่ 27 ลักษณะปรากฏของผงเมลอนที่ได้จากชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพลีที่ แตกต่างกัน.....	60
ภาพที่ 28 โครมาโตแกรมของมาตรฐานเบต้าแคโรทีน (ก) และสารเบต้าแคโรทีนของโพลีเมลอน (ข) และเมลอนผง (ค) ที่เติมโปรตีนถั่วลิสงที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศา เซลเซียส วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร.....	62
ภาพที่ 29 ภาพตัวอย่างการทดสอบผู้บริโภคร่วมสำหรับตัวอย่างเมลอนผงขงดื่ม ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวัง สนามจันทร์	68
ภาพที่ 30 เรขาคณิตของค่าสีในระบบ CIE L*a*b*	88
ภาพที่ 31 กราฟมาตรฐานเบต้าแคโรทีน สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน.....	91
ภาพที่ 32 โครมาโทแกรมของสารเบต้าแคโรทีนในตัวอย่างเมลอนผงที่เติม SPI 5%.....	92
ภาพที่ 33 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก สำหรับการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด.....	94
ภาพที่ 34 กราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ สำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (สำหรับวิเคราะห์ DPPH).....	96

ภาพที่ 35 กราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ สำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน
(สำหรับวิเคราะห์ ABTS) 99

ภาพที่ 36 องค์ประกอบของโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท 107

ภาพที่ 37 องค์ประกอบของโปรตีนข้าว 108

ภาพที่ 38 องค์ประกอบของโปรตีนถั่วลันเตา 109

ภาพที่ 39 องค์ประกอบของกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท 110



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมล่อนหรือแตงเทศมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis melo* Linn. เป็นผลไม้ที่มีลักษณะผลค่อนข้างใหญ่ น้ำหนักมาก เปลือกหนา ผิวเปลือกมีทั้งแบบเรียบและแบบร่างแห เนื้อเมล่อนมี 2 สี คือ สีส้มและสีเขียว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) เนื้อมีรสหวาน กลิ่นหอม รสชาติดี สีส้มและสีเขียวของเนื้อเมล่อน เกิดจากรงควัตถุแคโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ (Tadmor, Burger, Yaakov, Feder, Libhaber, Portnoy, et al., 2010) แคโรทีนอยด์ที่สำคัญในเมล่อน ได้แก่ เบต้าแคโรทีน (beta-carotene) ลูทีน (lutein) และซีแซนทีน (zeaxanthin) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเป็นสารต้านออกซิเดชั่น สามารถจับกับออกซิเจนชนิดที่เกิดปฏิกิริยาได้ เมล่อนยังเป็นแหล่งวิตามินซี กรดโฟลิก โฟแทสเซียม และใยอาหารที่ดีอีกด้วย (Lester & Hodges, 2008) จึงทำให้เมล่อนเป็นที่นิยมปลูกทางการค้า และมีราคาต่อผลค่อนข้างสูง

ประเทศไทยพบการปลูกเมล่อนมากในพื้นที่ภาคกลาง ภาคอีสาน และภาคเหนือ มีปริมาณผลผลิตในปี 2564 จำนวน 600 กิโลกรัม/สัปดาห์ (เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2564) การคัดเลือกคุณภาพของเมล่อนทำโดยการคัดขนาด โดยเกรด A มีน้ำหนักต่อผลมากกว่า 2 กิโลกรัม ราคาขาย 60 - 85 บาท/กิโลกรัม เกรด B มีน้ำหนักต่อผลอยู่ในช่วง 1.5 ถึง 2 กิโลกรัม ราคาขาย 40 บาท/กิโลกรัม สำหรับเกรด C มีน้ำหนักต่อผลอยู่ในช่วง 1 ถึง 1.5 กิโลกรัม มีราคาขาย 25 บาท/กิโลกรัม (มาตรการสินค้าเกษตร, 2559) และเมล่อนตกเกรด ซึ่งจะมีน้ำหนักน้อยกว่า 1 กิโลกรัม ผิวมีรอยแมลงเจาะ อย่างไรก็ตามในช่วงที่ผ่านมา พบว่า เกษตรกรประสบปัญหาด้านการตลาด ผลผลิตเมล่อนที่มีขายไม่ออก อีกทั้งยังมีเมล่อนที่ตกเกรดมากถึงร้อยละ 30

ผลไม้แห้งได้รับความนิยมเนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพ สะดวกและง่ายต่อการนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตภัณฑอาหารได้หลากหลาย เช่น ขนมขบเคี้ยว เครื่องดื่ม และสินค้าเบเกอรี่ การผลิตผงจากผลไม้มักใช้เทคนิคการทำแห้งที่หลากหลาย เช่น การทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) การทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum drying) แต่ข้อเสียของการทำแห้งดังกล่าว คือใช้ต้นทุนในการผลิตสูง ใช้กับการผลิตในอุตสาหกรรมขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ และใช้ความร้อนสูงในการผลิต ทำให้มักเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (de Cól, Tischer, Hickmann Flôres, & Rech, 2021; Sangamithra, Sivakumar, Kannan, & John, 2015) การทำแห้งแบบแช่

เยือกแข็ง (freeze drying) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดีพร้อมการคืนสภาพและสีที่ดี แต่มีต้นทุนในการผลิตที่สูง เหมาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์คุณภาพระดับพรีเมียม

การทำให้แห้งด้วยวิธีโฟมแมท (foam-mat drying) เป็นวิธีที่ง่ายและเป็นทางเลือกที่อำนวยความสะดวกในการกำจัดน้ำออกจากผลไม้และผักบดละเอียด (Sangamithra, Sivakumar, Kannan, & John, 2015) ตัวอย่างเหลวจะถูกเปลี่ยนเป็นโฟมโดยการตีผสมหลังจากการเติมสารก่อให้เกิดโฟมที่สามารถรับภาระน้ำหนัก สารก่อให้เกิดโฟมที่นิยมใช้ได้แก่ โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท (soy protein isolate) ในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 0.5-10 (Brar, Kaur, Kaur, Subramanian, Kumar, & Singh, 2020; Sangamithra, Sivakumar, Kannan, & John, 2015) และผงไข่ขาวในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 2.0-8.0 (de Cól, Tischer, Hickmann Flóres, & Rech, 2021)

อย่างไรก็ตาม ทั้งโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทและผงไข่ขาวเป็นสารก่อให้เกิดภูมิแพ้ (food allergy) และเป็นการจำกัดตลาดของผลไม้ผง นอกจากนี้ โปรตีนจากพืชในเชิงพาณิชย์อื่นๆ เช่น โปรตีนจากข้าวและถั่ว ยังมีวางจำหน่ายในท้องตลาด อีกทั้งคุณภาพ รงควัตถุและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในเมล็ดอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการทำแห้ง จากการศึกษาของ Suet Li และคณะ (2021) ได้มีการเติมกัมอารบิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0-15 พบว่าเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการลดลงของปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดเกิดจากความเข้มข้นของกัมอารบิกที่สูงทำให้เกิดการเจือจางในน้ำแคนตาลูป

แต่อย่างไรก็ตามการศึกษการใช้โปรตีนจากพืชชนิดอื่นในการผลิตเมล็ดผงด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบโฟมแมทยังพบน้อยมาก ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ปัญหาผลผลิตเมล็ดนราคาตกต่ำ และเพิ่มมูลค่าให้แก่เมล็ดนตากเกรด ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้ทำการศึกษาชนิดของสารที่ก่อให้เกิดโฟม จากโปรตีนจากพืช ได้แก่ โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท (soy protein isolate, SPI) โปรตีนข้าว (rice protein, RP) โปรตีนถั่วลันเตา (pea protein, PP) และกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท (glycerol monostearate, GMS) ต่อคุณภาพของผงเมล็ดน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อสี ความหนาแน่น การขยายตัว และความคงตัวของโฟมเมล็ดน

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อจลนพลศาสตร์การทำแห้ง โฟมเมล็ดนด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมทรวมกับการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนแบบถาด

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อคุณภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล่อนผงที่ผ่านการทำแห้งแบบโฟมแมท ร่วมกับการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนแบบถาด

1.3 สมมติฐาน

1.3.1 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมมีผลต่อการขยายตัวและความคงตัวของโฟมเมล่อน

1.3.2 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมมีผลต่อจลนพลศาสตร์การทำแห้งของโฟมเมล่อนโดยใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เมื่อความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดโฟมได้ดี ทำให้มีพื้นที่ในการระเหยน้ำได้เร็วยิ่งขึ้น

1.3.3 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมมีผลต่อคุณภาพ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันของเมล่อนผง

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการศึกษา คือ เมล่อนพันธุ์สามแก้ว ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 45 วัน หลังติดผล และเก็บเกี่ยวจากพื้นที่เพาะปลูกในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลดอนตูม อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม

1.4.2 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟม คือ โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein isolate) โปรตีนข้าว (rice protein) โปรตีนถั่วลันเตา (pea protein) และกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท (glycerol monostearate) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10

1.4.3 สารที่ช่วยให้โฟมคงตัว คือ แซนแทนกัม (xanthan gum) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0

1.4.4 การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

1.4.5 คุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผงเมล่อนที่ศึกษาครั้งนี้ได้แก่ สี ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี ปริมาณเบต้าแคโรทีน ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน

1.4.6 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล่อนผงด้วยวิธี hedonic 9 point scale

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 เมล่อน

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเมล่อน

เมล่อน (*Cucumis melo* L. var. *cantalpensis*) อยู่ในวงศ์ cucurbitaceous ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกันกับแตงไทย บางท้องถิ่นที่เรียก แตงเทศ หรือ แตงหอม เป็นพืชเถาเลื้อยตามดินหรือตามกิ่งไม้ ลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน มีลักษณะกลม ความยาวประมาณ 2-3 เมตร (ภาพที่ 1) ลำต้นมีหนามคล้ายขน ช่วงข้อมีความยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร บริเวณข้อแตกกิ่งย่อยออก และบริเวณข้อย่อยจะแตกใบ และดอก ส่วนซอกใบจะแตกหนวดสำหรับยึดเกาะขณะเจริญเติบโต ใบมีลักษณะคล้ายใบแตงหรือผักทอง แตกออกบริเวณข้อกิ่ง ข้อละ 1 ใบ เรียงสลับกัน ก้านใบกลม ยาว 5-10 เซนติเมตร มีขนบริเวณฐานใบเว้า ขอบใบหยักเป็นคลื่น ผิวใบขรุขระ ใบอ่อนมีขนที่ริมขอบใบ และใต้ใบ เมื่อใบมีอายุมากขึ้นที่ใต้ใบจะน้อยลง ดอกมีทั้งดอกแบบเพศผู้ ดอกเพศเมีย และดอกสมบูรณ์เพศบนต้นเดียวกัน แต่ส่วนใหญ่มักพบแบบมีดอกเพศผู้ และดอกสมบูรณ์เพศ ซึ่งดอกเพศผู้แทงออกที่ซอกใบบริเวณแขนงย่อยเกือบทุกแขนง ดอกจะมีสีเหลืองคล้ายดอกแตงกวา โดยดอกเพศผู้มีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ กลีบดอก 5 กลีบ อับละอองเกสร 3 อับ และก้านชูเกสรสั้น ส่วนดอกเพศเมีย และดอกสมบูรณ์เพศจะแทงออกที่แขนงย่อยข้อแรก ดอกสมบูรณ์เพศมีกลีบเลี้ยงสีเขียว ส่วนกลีบดอกมีสีเหลือง 5 กลีบ อับละอองเกสรตัวผู้ 3 อับ ล้อมรอบเกสรตัวเมียที่มี 3-5 แฉก ส่วนรังไข่มีลักษณะกลม ยาว 2-4 เซนติเมตร มี 3-5 ห้อง และฐานดอกสมบูรณ์เพศมีรังไข่ที่เจริญเป็นผล และผลพัฒนามาจากรังไข่จากดอกที่เกิดอยู่บนแขนงย่อย ผลมีลักษณะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ บางพันธุ์มีร่างแหปกคลุม บางพันธุ์ผิวเรียบไม่มีร่างแห บางพันธุ์มีร่องเป็นทางยาวจากขั้วผลถึงท้ายผล ลักษณะผลทุกสายพันธุ์ค่อนข้างกลมรี ผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-15 เซนติเมตร หนักประมาณ 0.5-2 กิโลกรัม มีสีผิวเปลือก และสีเนื้อแตกต่างกันตามสายพันธุ์ เนื้ออาจมีสีเหลือง สีเหลืองอมเขียว และสีส้ม ส่วนเมล็ดมีสีน้ำตาลเหลือง มีลักษณะผลค่อนข้างใหญ่ น้ำหนักมาก เปลือกหนา เนื้อมีรสหวาน และมีกลิ่นหอม ส่วนเมล็ดมีสีน้ำตาลเหลือง (สวนเมล่อนเศรษฐกิจพอเพียง, 2563)



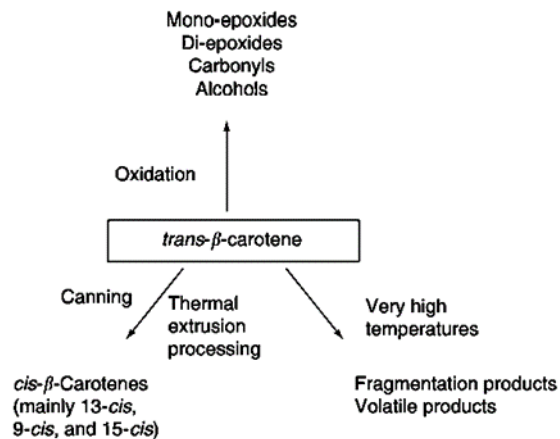
ภาพที่ 1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเมล่อน

2.2 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเมล่อน

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในเมล่อน ได้แก่ สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ คือ เบต้าแคโรทีน สารประกอบฟีนอล (Asokapandian, Venkatachalam, Swamy, & Kuppusamy, 2016)

2.2.1 แคโรทีนอยด์

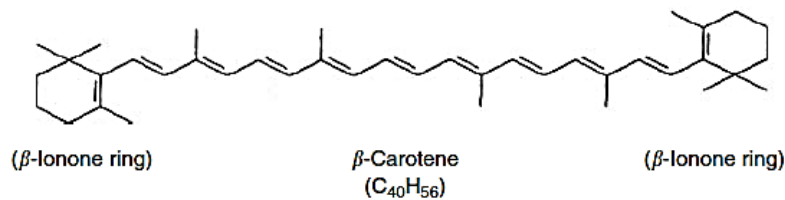
แคโรทีนอยด์เป็นกลุ่มของรงควัตถุที่พบในพืช ให้สีเหลือง ส้ม และส้มแดง มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งในเมล่อนจะพบสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์คือ เบต้าแคโรทีน แคโรทีนอยด์ที่พบในอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป all-trans อาจพบ cis บ้าง แต่น้อยมาก แคโรทีนอยด์ที่มีโครงสร้างอยู่ในรูป all-trans จะมีสีเข้ม ถ้ามีจำนวนพันธะคู่อยู่ในรูป cis มากขึ้น สีจะจางลง ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนจาก trans เป็น cis คือ แสง ความร้อน และกรด เมื่ออาหารได้รับอนุมูลอิสระสูงจะเกิด trans-cis isomerization ได้ หากอยู่ในรูป cis มากขึ้นจะทำให้ vitamin A activity ลดลง แคโรทีนอยด์ยังสลายตัวได้ง่ายเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะเมื่อละลายอยู่ในน้ำมัน จึงถูกทำลายได้ง่ายเมื่อน้ำมันเกิดการออกซิเดชัน ปฏิกิริยาการสลายตัวของเบต้าแคโรทีนเนื่องจากปัจจัยต่างๆ แสดงดังภาพที่ 2 (Fennema, 1996)



ภาพที่ 2 การสลายตัวของ all-trans- β -carotene

ที่มา: Fennema (1996)

เมล่อนหรือแคนตาลูป เป็นแหล่งที่ดีของวิตามินซีและเป็นแหล่งวิตามินเอที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จะมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูง (Solval, Sundararajan, Alfaro, & Sathivel, 2012) โครงสร้างของ สารเบต้าแคโรทีนแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างของ β -carotene

ที่มา: Fennema (1996)

Solval และคณะ (2012) ได้ศึกษาการพัฒนาผงน้ำแคนตาลูปโดยใช้เทคโนโลยีการทำแห้งแบบ ฟนฝอย และมีการเติมมอลโทเดกซ์ทรีน (maltodextrin, MD) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 หลังจากนั้น นำน้ำแคนตาลูปไปทำแห้งโดยมีอุณหภูมิเข้าที่ 170 180 และ 190 องศาเซลเซียส จากนั้นวิเคราะห์ ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ วิตามินซี และเบต้าแคโรทีน ตัวอย่างเริ่มต้นมีค่าความชื้น 91.56 ± 0.01 กรัมต่อ 100 กรัม มีปริมาณน้ำอิสระ 0.95 ± 0.01 มีปริมาณวิตามินซีและปริมาณเบต้าแคโรทีน 151.2 ± 4.75 และ 195.76 ± 26.91 ตามลำดับ หลังจากทำแห้งพบว่ายิ่งใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น ค่าความชื้น จะยิ่งลดลง มีปริมาณน้ำอิสระอยู่ที่ 0.15–0.19 นอกจากนั้นการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณ ของวิตามินซีและปริมาณเบต้าแคโรทีนลดลง เนื่องจากวิตามินซีเกิดการออกซิเดชันระหว่าง

กระบวนการทางความร้อน และโครงสร้างทางเคมีของแคโรทีนอยด์ไวต่อการทำลายด้วยความร้อน และการเกิดออกซิเดชัน นอกจากนี้อาจเกิดไอโซเมอร์ไรเซชันระหว่างกระบวนการทางความร้อน

ตัวอย่างมัสมั่นเมล่อนประกอบไปด้วยวิตามินที่ละลายได้ในไขมันและน้ำ มีปริมาณของ provitamin A แคโรทีนอยด์ และเบต้าแคโรทีนสูง (Manchali & Murthy, 2020) แสดงองค์ประกอบของต่างๆ ของมัสมั่นเมล่อนสดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณวิตามินใน 100 กรัมของเมล่อนสด

วิตามิน	ปริมาณในแคนตาลูป	ปริมาณในเมล่อนฮันนี่ดีว
Water soluble		
B-Complex vitamin		
Vitamin B1	0.75 mg	0.42 mg
Vitamin B2	0.02 mg	0.02 mg
Vitamin B6	0.13 mg	0.04 mg
Vitamin C	28.72 mg	18.0 mg
Fat soluble		
Vitamin A (retinoids and carotenoids)		
Vitamin A	169.10 µg	-
Carotenoid	338.2 mcg	-
Beta-carotene	2020.00 µg	30 µg
Lutein and zeaxanthin	26.25 µg	27.15 µg
Vitamin E	0.06 mg	0.02 mg
Vitamin K	2.5 µg	2.8 µg

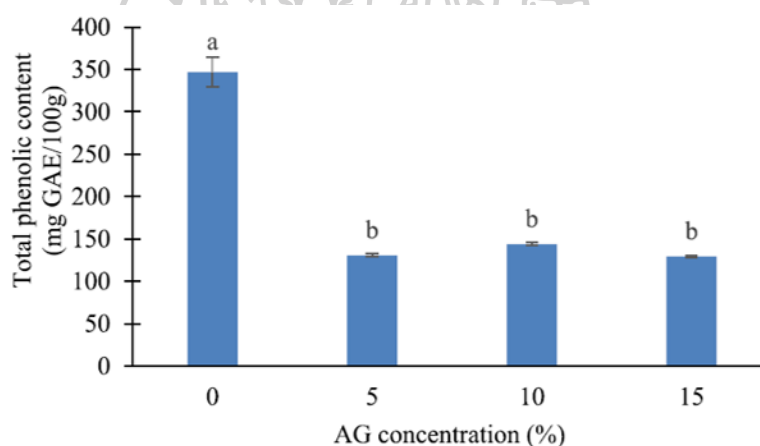
ที่มา : Eitenmiller et al. (1985)

2.2.2 สารประกอบฟีนอล

สารประกอบฟีนอลจัดเป็นสารต้านออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอลที่พบในเมล่อน ได้แก่ กรดฟีนอล (27.57 ± 0.28 มิลลิกรัม/100 กรัม) และฟลาโวนอยด์ (24.34 ± 0.15 มิลลิกรัม/100 กรัม) เป็นต้น กรดฟีนอลที่พบในเมล่อนพันธุ์ Maazoun ได้แก่ gallic acid, 4-hydroxybenzoic acid, isovanillic acid, 3- hydroxybenzoic acid, protocatechuic acid, chlorogenic acid, *p*-coumaric acid, *m*-coumaric acid และ phenylacetic acid นอกจากนี้สารฟลาโวนอยด์ที่

พบในเมล็ดองุ่น ได้แก่ luteolin-7-glycoside, apigenin-7-glycoside, luteolin, apigenin, flavone, isoflavone และ amentoflavone เป็นต้น ซึ่งในเนื้อเมล็ดองุ่นพันธุ์ Maazoun พบปริมาณสารประกอบฟีนอล 57.80 ± 0.74 มิลลิกรัม/100 กรัม (Mallek-Ayadi, Bahloul, Baklouti, & Kechaou, 2022)

Suet Li และคณะ (2021) ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในแคนตาลูปผงที่ทำแห้งด้วยวิธีโฟมเมทโดยมีการเติมกัมอารบิกที่ความเข้มข้นต่างกันพบว่า แคนตาลูปผงที่ไม่มีการเติมกัมอารบิก มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 346.73 มิลลิกรัมเทียบเท่ากรดแกลลิก/100 กรัม ซึ่งมีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับแคนตาลูปผงที่มีการเติมกัมอารบิก ($p < 0.05$) และสารประกอบฟีนอลทั้งหมดไม่ได้รับอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญจากการเพิ่มความเข้มข้นของกัมอารบิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 5-15 แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของแคนตาลูปผงที่ความเข้มข้นของกัมอารบิกที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0-15)

ที่มา: Suet Li, Sulaiman, Rukayadi และ Ramli (2021)

2.2.3 ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน

มีสค์เมล็ดองุ่นและเมล็ดองุ่นพันธุ์อื่นๆ มีองค์ประกอบหลายอย่างที่มีสารต้านอนุมูลอิสระและมีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระที่มีศักยภาพบางชนิด ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก แคโรทีนอยด์ กรดฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ (Manchali & Murthy, 2020)

Plaza และคณะ (2016) ใช้เมล็ดองุ่นสายพันธุ์สเปน 'Piel de Sapo' (*C. melo* L.) ในการทดลองซึ่งเมล็ดองุ่นสายพันธุ์นี้มีปริมาณกรดแอสคอร์บิก 10.93 ± 0.99 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ปริมาณ

สารต้านออกซิเดชันที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH มีค่า 91.57 ± 15.16 ไมโครโมลกรดแอสคอร์บิก/100 กรัม น้ำหนักสด นอกจากนี้ในเมล็ดองุ่นพันธุ์ฮันนี่โกลด์ (Honey Gold) ออเรนจ์ดีไลท์ (Orange Delight) และออเรนจ์ดีว (Orange Dew) มีปริมาณสารต้านออกซิเดชันทั้งหมด 12.50, 12.30 และ 14.8 trolox $\mu\text{equiv./g}$ กิโลกรัม ตามลำดับ (Lester & Hodges, 2008)

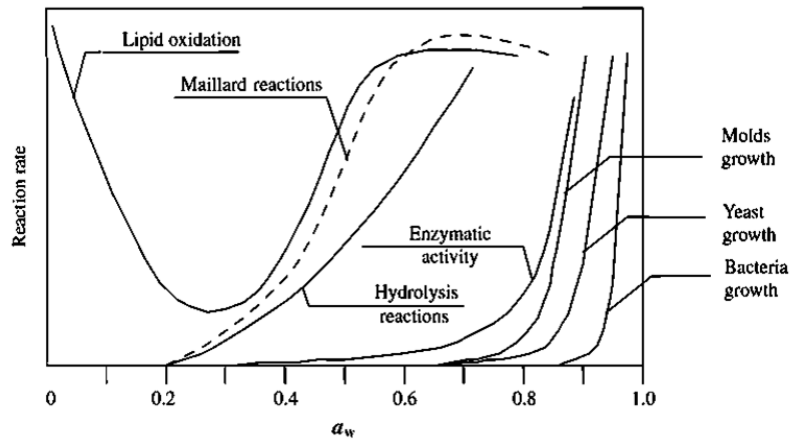
2.3 การทำแห้ง (Drying)

การทำแห้งและการแยกน้ำมีบทบาทสำคัญในการผลิตอาหารหรือการแปรรูปอาหารทั่วโลก การดำเนินการขั้นสุดท้ายในการแปรรูปอาหารมักเป็นขั้นตอนหนึ่ง โดยจะควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายในระดับสูง การทำแห้งถูกนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายประเภท ตั้งแต่ซีเรียลไปจนถึงสินค้าสำเร็จรูป จากวัตถุดิบไปจนถึงผลพลอยได้ กระบวนการที่ใช้มีมากมายตามชนิดและปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่จะทำแห้ง ปริมาณน้ำที่จะกำจัด คุณภาพขั้นสุดท้ายที่ต้องการหรือฟังก์ชันการทำงานของผลิตภัณฑ์แห้ง

การทำแห้งและการแยกน้ำจะส่งผลต่อคุณสมบัติทางกล ทางประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหาร และสามารถนำมาใช้เพื่อสร้างฟังก์ชันการทำงานใหม่ๆ (Bonazzi and Bimbenet, 2003, 2008)

การทำแห้งเป็นเทคนิคหลักวิธีหนึ่งในการถนอมผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอาหาร มักเกิดขึ้นในกระบวนการแปรรูปของผลิตภัณฑ์จำนวนมากเป็นการดำเนินการหลักหรือเป็นผลจากกระบวนการแปรรูปขั้นตอนอื่นๆ การถ่ายเทความร้อนและมวลเป็นเรื่องทั่วไปของการทำแห้งมักปรากฏขึ้นในระหว่างกระบวนการอื่นๆ เช่น ในการปรุงอาหาร การอบ การคั่ว การรมควัน การแช่เย็น การแช่แข็ง และระหว่างการเก็บรักษา

วัตถุประสงค์หลักของการทำแห้งคือการลดปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) ของวัสดุที่เน่าเสียง่ายต่างๆ ให้เหลือค่าน้อยกว่า 0.5 เพื่อให้สามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิแวดล้อม ความสำคัญของการควบคุมอายุการเก็บรักษาของอาหารโดยการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยการลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการยับยั้งการเสื่อมสภาพของเอนไซม์ ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องได้รับการสรุปโดย Labuza et al. (1970) ดังภาพที่ 5

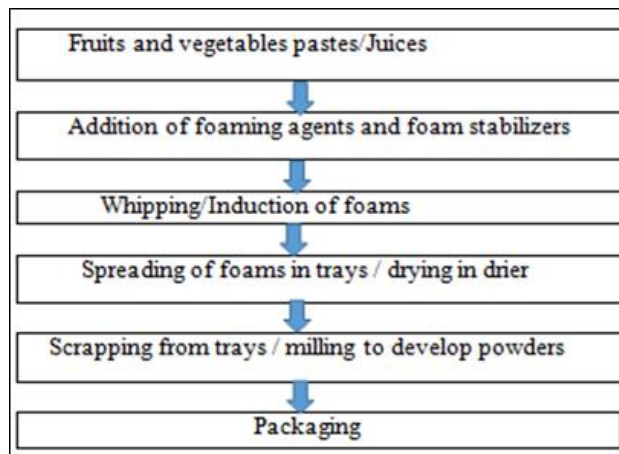


ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำอิสระและแผนภาพความคงตัวของอาหาร
ที่มา: Labuza และคณะ (1970)

ปริมาณน้ำอิสระมีความสำคัญต่อความคงตัวของอาหารมากกว่าปริมาณน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ และทำให้สามารถพัฒนากฎเกณฑ์ทั่วไปหรือข้อจำกัดด้านความเสถียรของอาหารได้ ซึ่งอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ต่ำกว่าจุดวิกฤตซึ่งไม่มีจุลินทรีย์ใดสามารถเติบโตได้อยู่ในช่วงปริมาณน้ำอิสระ 0.6–0.7 ผลผลิตภัณฑ์อาหารมีความเสถียรมากที่สุดเมื่อมีความชื้นในชั้นเดียว ซึ่งแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมี ปริมาณน้ำอิสระยังมีประโยชน์สำหรับการทำนายความชื้นสุดท้ายที่สภาวะสมดุลกับสภาวะการทำแห้ง (อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์) และยังใช้สำหรับการเลือกส่วนผสมและวิธีการบรรจุหีบห่อ

2.3.1 การทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมท (Foam-mat drying)

การทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมท เป็นการทำแห้งที่ใช้กับอาหารเหลว ซึ่งขั้นตอนสำคัญคือทำให้อาหารที่ต้องการทำแห้งให้เป็นโฟมก่อนแล้วจึงนำมาทำแห้ง แผ่นแห้งที่ได้จะมีลักษณะรูพรุนคล้ายรังผึ้ง จากนั้นนำมาบดละเอียดให้เป็นผง (ภาพที่ 6) ผลผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการทำแห้งด้วยโฟมแมท จะมีคุณภาพดีกว่า มีรูพรุน และคงคุณสมบัติเดิมไว้ เทคนิคการทำแห้งนี้มีประสิทธิภาพมากและเหมาะสมสำหรับส่วนประกอบของอาหารที่ไวต่อความร้อนเนื่องจากเกิดการทำแห้งค่อนข้างเร็ว มีคุณภาพสูง และคืนสภาพของผลิตภัณฑ์ได้ง่าย (M, Abbas, Rafique, M, & Rasool, 2018)



ภาพที่ 6 กระบวนการทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมท (Foam-mat drying)

ที่มา: Javed Iqbal และคณะ (2018)

Susanti และคณะ (2021) ใช้ข้าวฟ่างแดงในการศึกษา และใช้สารก่อให้เกิดโฟม คือ กัมอารบิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 และ เวย์โปรตีนไอโซเลทที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และใช้สารที่ช่วยให้โฟมความคงตัว คือ แชนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.12, 0.25 และ 0.5 โดยเกลี่ยโฟมให้มีความหนา 1 เซนติเมตร จากนั้นนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง พบว่า การใช้ระยะเวลาในการตีโฟม 15 นาที และเติมแชนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 จะทำให้โฟมมีความคงตัวมากที่สุด และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นแชนแทนกัมจะส่งผลให้มีความคงตัวของโฟมที่ดีขึ้นและใช้ระยะเวลาในการทำแห้งสั้นที่สุด

Suet Li และคณะ (2021) ได้ใช้แคนตาลูปในการศึกษา และใช้สารก่อให้เกิดโฟม คือ เมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และกัมอารบิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 จากนั้นใช้ระยะเวลาในการตีโฟม 10 นาที แล้วเกลี่ยให้โฟมมีความหนา 1 เซนติเมตร นำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่า การทำแห้งแบบโฟมแมทของแคนตาลูปที่มีการเติมกัมอารบิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีความหนาแน่นของโฟมที่ดีขึ้น การขยายตัวของโฟม และความเสถียรของโฟมที่มากขึ้น

Falade และคณะ (2021) ใช้มะละกอในการศึกษาเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการทำมะละกอผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมท โดยเติมสารก่อให้เกิดโฟม คือ เมทิลเซลลูโลส (ความเข้มข้นร้อยละ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1.0) กลีเซอรอลโมโนสเตียเรท (ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3 และ 4) และไข่ขาว (ความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20) และใช้ระยะเวลาในการตีโฟม 20 นาที จากนั้นนำโฟมที่ได้ไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส ด้วยความ

หนาของโฟม 2, 4, 6, 8 และ 10 มิลลิเมตร จากผลการทดลองพบว่า เนื้อมะละกอมี่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 9 °Brix มีการขยายตัวของโฟมเกิดขึ้นมีค่าสูงสุดคือร้อยละ 72, 90 และ 125 ที่เมทิลเซลลูโลสความเข้มข้น 0.75 กลีเซอรอลโมโนสเตียเรทความเข้มข้นร้อยละ 3 และไข่ขาวที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 ตามลำดับ ภายหลังจากอบแห้งพบว่าที่ความหนาของโฟม 2 และ 4 มิลลิเมตรเป็นความหนาที่สามารถทำให้ผงมะละกอยังคงรักษาคุณภาพทางโภชนาการสูงกว่าที่ความหนาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาทั้งสองความหนาแล้ว สามารถสรุปได้ว่าที่ความหนาของโฟม 4 มิลลิเมตร เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำแห้งด้วยวิธีโฟมแม่ทของเนื้อมะละกอ และสรุปได้ว่าระยะเวลาในการทำแห้งโฟมเนื้อมะละกอที่ความหนา 4 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลา 4, 3 และ 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิไรการทำแห้ง 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เพื่อให้ได้ผงมะละกอที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 4.5 ± 0.3 (ฐานแห้ง) และจากการศึกษาโดยรวมพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับเนื้อมะละกอที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 9 °Brix คือ การเติมกลีเซอรอลโมโนสเตียเรทที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ใช้ระยะเวลาในการตีขึ้นโฟม 20 นาที และทำแห้งโฟมที่มีความหนา 4 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

Brar และคณะ (2020) ใช้พืชสำหรับการศึกษาการทำแห้งด้วยวิธีโฟมแม่ท ซึ่งได้มีการใช้สารก่อให้เกิดโฟม ได้แก่ โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 และโปรตีนถั่วลันเตาไอโซเลทที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 และใช้สารที่ช่วยให้โฟมคงตัว คือ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 จากนั้นศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการตีโฟม 2, 4 และ 6 นาที จากนั้นนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 1.5-10 ชั่วโมง พบว่า ระยะเวลาในการทำแห้งจะลดลง เมื่ออุณหภูมิและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมเพิ่มมากขึ้น

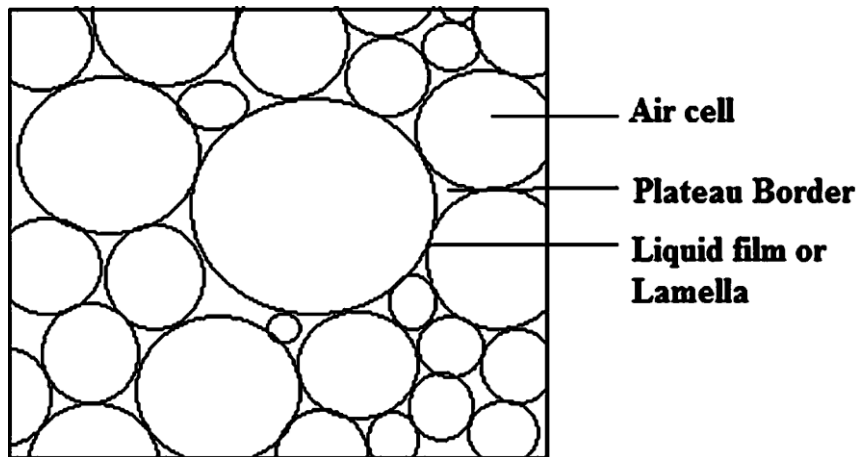
Vani และคณะ (2019) ใช้มะละกอสำหรับการศึกษานี้ โดยใช้กลีเซอรอลโมโนสเตียเรทเป็นสารก่อให้เกิดโฟม และใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นสารที่ช่วยให้โฟมความคงตัว ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1-3 จากนั้นนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9 ชั่วโมง พบว่า การทำให้แห้งของโฟมมะละกอโดยเติมกลีเซอรอลโมโนสเตียเรทที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ให้ผลผลิตร้อยละ 11.93 และพบว่าความเข้มข้นนี้เหมาะสมที่สุดโดยสัมพันธ์กับคุณสมบัติในการเกิดโฟมที่ต้องการ (การขยายตัวของโฟม ความหนาแน่นของโฟม และความคงตัวของโฟม) เมื่อเทียบกับความหนาแน่นของโฟมมะละกอ มีการขยายตัวของโฟมสูงขึ้นร้อยละ 21.72 และมีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด 928.76-1,242.98 ไมโครกรัม/100 กรัม

Sangamithra และคณะ (2015) ได้นำเมล็ดธัญพืชมาใช้ในการศึกษาการทำแห้งด้วยวิธี โฟมแมท และใช้สารก่อให้เกิดโฟม คือ โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทที่ความเข้มข้นร้อยละ 5, 7.5 และ 10 ใช้สารที่ช่วยให้โฟมคงตัว คือ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5 และ 1 จากนั้นนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 9.5, 7.5 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง พบว่า การเติมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทที่ความเข้มข้นร้อยละ 8.71 และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.54 และระยะเวลาในการตีขึ้นโฟม 5.7 นาที เหมาะกับการทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมทของเมล็ดธัญพืช

Thuwapanichayanan และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาผลของสารก่อให้เกิดโฟมและความหนาแน่นของโฟม โดยตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือกล้วย สารก่อให้เกิดโฟมที่ใช้ได้แก่ ไข่ขาวสด โปรตีนเวย์เข้มข้น และโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทที่ความเข้มข้น 5 กรัม/100 กรัม นำไปตีขึ้นโฟมโดยใช้เครื่องผสมอาหาร (Kitchen Aid mixer) ที่ความเร็วสูงสุด (220 รอบ/นาที) จากผลการทดลองพบว่า ที่ความเข้มข้น 5 กรัม/100 กรัม ของไข่ขาวสดและโปรตีนเวย์เข้มข้น ทำให้มีความหนาแน่นของโฟมเท่ากับ 0.3 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทได้โฟมที่มีความหนาแน่น 0.8 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร อาจเป็นเพราะการกระจายตัวของโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทได้ไม่ดีในระหว่างการตีโฟม แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทเป็น 10 กรัม/100 กรัม จะสามารถทำให้ความหนาแน่นของโฟมลดลงได้ต่ำสุดที่ 0.5 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทที่มากกว่า 10 กรัม/100 กรัม จะไม่สามารถลดความหนาแน่นให้ต่ำกว่า 0.5 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทถึงเพียง 10 กรัม/100 กรัม ก็เพียงพอในการทำให้เกิดโฟม นอกจากนั้นการเติมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทใช้ระยะเวลาในการตีโฟมสั้นกว่าในการเกิดโฟมที่มีความหนาแน่น 0.5 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (10 นาที)

2.3.2 การเกิดโฟม (Foaming ability)

โฟมคือการกระจายตัวของคอลลอยด์ โดยแบ่งเป็น 2 เฟส คือ เฟสกระจาย (ก๊าซ) และเฟสต่อเนื่อง (ของเหลว) ซึ่งเฟสกระจายจะมีขนาดใหญ่กว่าเฟสต่อเนื่อง โครงสร้างโฟมแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 โครงสร้างของโฟม

ที่มา: Sangamithra และคณะ (2015)

โฟมสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ โฟมโพลีเฮดริก (polyhedral foams) และโฟมฟองเจือจาง (dilute bubbly foam) ซึ่งตามอัตราส่วนของเฟสกระจายต่อเฟสต่อเนื่อง ในโฟมโพลีเฮดริก จะมีอัตราส่วนของเฟสกระจายมากกว่า ซึ่งส่งผลให้มีฟองอากาศจำนวนมาก เมื่อจำนวนฟองอากาศเพิ่มขึ้นจะกลายเป็นโครงสร้างรังผึ้ง เช่น โฟมไข่ขาว และโฟมเบียร์ เป็นต้น ส่วนโฟมฟองเจือจาง อัตราส่วนของเฟสกระจายจะน้อยกว่า จึงทำให้ฟองอากาศแต่ละฟองจะคงรูปทรงกลมไว้ ยกตัวอย่าง เช่น มูสช็อคโกแลต เป็นต้น

เฟสกระจายคือก๊าซ (โดยปกติคืออากาศ) มักจะรวมอยู่ในรูปของฟองอากาศขนาดเล็กที่กระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ และปรับเปลี่ยนเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์และลักษณะปรากฏ การกระจายตัวของฟองอากาศทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความเรียบเนียน เกิดความรู้สึกในปากแบบพิเศษ และการกระจายรสชาติที่สม่ำเสมอ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นโฟมจึงเป็นการกระจายตัวของก๊าซในระดับมหภาค ซึ่งรูปร่างและคุณสมบัติจะถูกควบคุมโดยแรงคอลลอยด์ แรงพื้นผิว และปฏิกิริยาระหว่างฟิล์มแต่ละแผ่นที่แยกฟองก๊าซ โฟมมีแผ่นฟิล์มบาง แบน หรือเรียกว่า ลามลลา (lamella) ระหว่างฟองอากาศ หากใช้ของเหลวที่มีความหนืดสำหรับทำโฟม จะทำให้โฟมมีความเสถียรมากกว่า

ความคงตัวตามธรรมชาติของโฟมอาจไม่เพียงพอต่อการคงโครงสร้างไว้เมื่อเวลาผ่านไป ดังนั้น การเติมสารที่ช่วยให้โฟมความคงตัวของอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อเพิ่มความเสถียร โดยทั่วไปสารที่ทำให้โฟมคงตัวเป็นประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) เช่น แซนแทนกัม (xanthan gum; XG) และโพรพิลีนไกลคอลอัลจิเนต (propylene glycol alginate; PGA) ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลาย และมีประสิทธิผลมากแม้ใช้ที่ความเข้มข้นต่ำ (A, Venkatachalam, John, & Kuppaswamy, 2015)

2.3.3 สารก่อให้เกิดโฟม (Foaming agent) และสารที่ช่วยให้โฟมคงตัว (Foam stabilizers)

สารก่อให้เกิดโฟมเป็นสารลดแรงตึงผิวที่ช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างของเหลวสองชนิดหรือระหว่างของเหลวกับของแข็ง และช่วยให้เกิดโฟม สารก่อให้เกิดโฟมที่ดีควรมีคุณสมบัติดูดซับได้อย่างรวดเร็วที่ผิวหน้าระหว่างอากาศกับน้ำและลดแรงตึงผิวได้ดี (Dickinson, 1998) โพรตีนที่ช่วยก่อให้เกิดโฟมที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ไข่ขาว เจลาติน โพรตีนนม เช่น เคซีน เวย์โปรตีน และโปรตีนถั่วเหลือง ดังตารางที่ 1 แสดงสารก่อให้เกิดโฟมต่างๆและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมที่ใช้โดยนักวิจัยต่างๆ ซึ่งสารก่อให้เกิดโฟมของโปรตีนควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ (Zayas, 1997)

- ทำให้โฟมคงตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วที่ความเข้มข้นต่ำ
- ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วง pH ต่างๆ ที่มีอยู่ในอาหาร
- ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในตัวอย่างที่มีสารยับยั้งการเกิดโฟม เช่น ไขมัน แอลกอฮอล์ หรือสารแต่งกลิ่นรส

สารที่ช่วยให้โฟมคงตัวเป็นส่วนผสมที่ลดความไม่เสถียรของโฟม โดยทั่วไปจะใช้พอลิแซ็กคาไรด์เป็นสารที่ทำให้โฟมคงตัว พอลิแซ็กคาไรด์ส่วนมากจะชอบน้ำ โดยจะไม่ดูดซับที่ผิวหน้าที่อยู่ระหว่างสองส่วน มีการแสดงให้เห็นแล้วว่าสามารถเพิ่มความคงตัวของโปรตีนโฟมโดยการทำให้สารละลายในน้ำข้นขึ้นหรือทำให้เกิดเจล (Klitzing and Müller 2002)

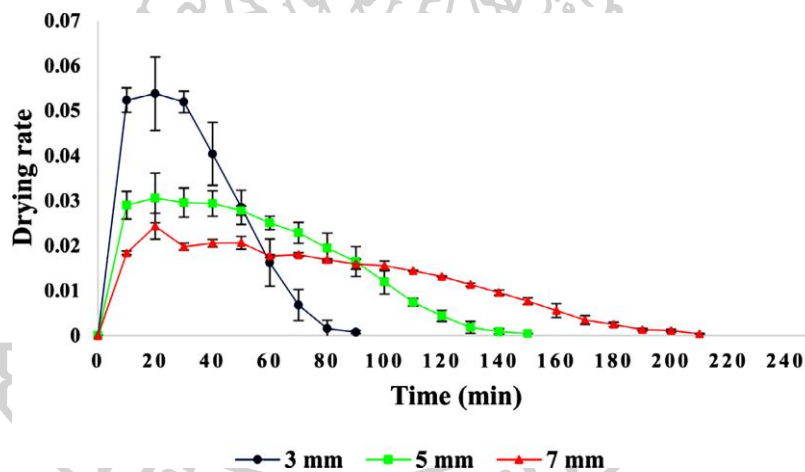
ตารางที่ 2 พารามิเตอร์สารก่อให้เกิดฟองและการทำแห้งที่ใช้สำหรับวัสดุอาหารต่างๆ

ลำดับ	ผลิตภัณฑ์	สารก่อให้เกิดโฟม	ระยะเวลาในการตีขึ้นโฟม เวลา และความรวดเร็ว (รอบ/นาที)	การทำแห้ง, อุณหภูมิ	อ้างอิง
1	ถั่วฝักยาว	Egg albumin 2.5–15% w/w, GMS 2.5–15% w/w	3–21min	AD, 60	Falade et al. 2003
2	ซีบัตเชอร์น	CMC 0–3%	3 min	AD, 55	Kaushal et al. 2013
3	กล้วย	Egg albumin 10g/100g, SPI 5g/100g, WPC 5g/100g	-	AD, 80	Thuwapanichayanan et al. 2012
4	มะตูม	GMS 0–8 g/100g, MC 0–1 g/100g	5,000 rpm	-	Bag et al. 2011
5	มะละกอ	EA 5–20% w/w, MC 0–1% GMS 1–4%	10–15 min	AD, 60–70	Kandasamy and Varadharaju 2014
6	ฮันนี่เบอร์รี่ / เบอร์รี่น้ำผึ้ง	GMS 6%, SPI 3%, CMC 0.5%	2 min , 360 radian/min	MWD, 140–700 W	Zheng et al. 2013
7	ไข่ขาว	XG 0.125–1%, MC 0.25–1%, Glycol Alginate 0.25–1%	5, 4,000 rpm	FD, 20C, 24 h	Muthukumar 2007

EA, egg albumen; CMC, carboxymethyl cellulose; GMS, glycerol mono stearate; MC, methyl cellulose; SPI, soy protein isolate; WPC, whey protein concentrate; XG, xanthan gum; AD, air drying; FD, freeze-drying; MWD, microwave drying

2.3.4 ความสามารถในการละลายน้ำและการดูดซึมน้ำ

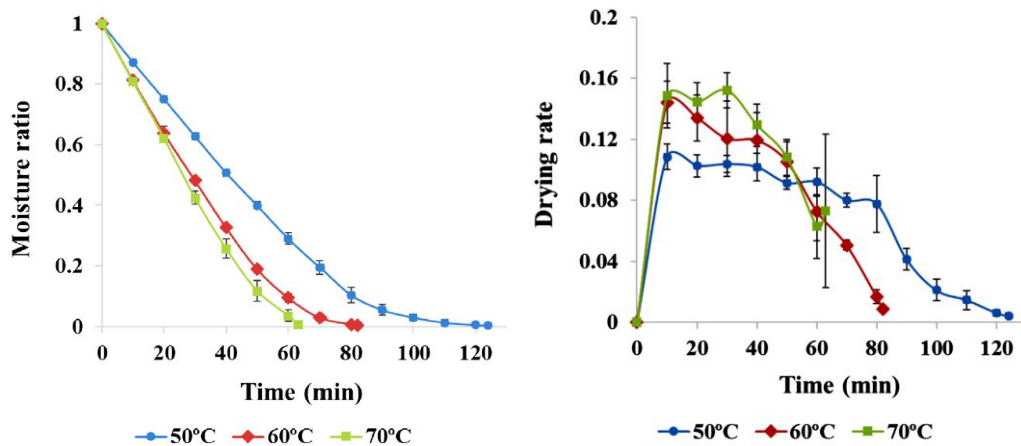
Kamali และคณะ (2022) ได้ศึกษาผลของความหนาของโฟม (3, 5 และ 7 มิลลิเมตร) ต่อคุณภาพโฟมและการทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ศึกษาความสามารถในการไหลของผง (powder flowability) ดัชนีความสามารถในการละลายน้ำ (water solubility index, WSI) และดัชนีการดูดซึมน้ำ (water absorption index, WAI) ของผงกล้วยดิบ พบว่า ความหนาของโฟม 3 มิลลิเมตร มีอัตราการทำให้แห้งสูงสุดและใช้ระยะเวลาในการทำแห้งสั้นที่สุด (ภาพที่ 8) ความสามารถในการไหลของผงที่ผลิตได้พบว่าการเพิ่มขึ้นของความหนาของโฟมทำให้ความสามารถในการไหลของผงลดลง การเพิ่มความหนาของโฟมทำให้กระบวนการทำให้แห้งนานขึ้น ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มการเสื่อมสภาพของโปรตีนและลดความสามารถในการไหลของผง นอกจากนี้ดัชนีความสามารถในการละลายน้ำยังลดลงและดัชนีการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 8 ผลของความหนาของโฟมต่ออัตราการทำให้แห้ง

ที่มา: Kamali และคณะ (2022)

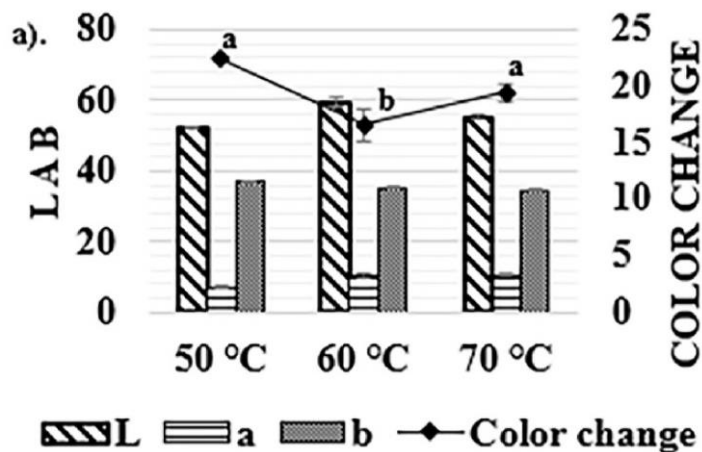
Dehghannya และคณะ (2019) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำให้แห้ง (50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส) ต่อคุณภาพของน้ำมะนาวในระหว่างการทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมท พบว่า การทำให้แห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น คือ 70 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการทำให้แห้งสั้นและมีอัตราการทำให้แห้งที่สูงกว่า (ภาพที่ 9) นอกจากนี้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นช่วยให้การไหลของผงดีขึ้น เมื่ออุณหภูมิลดลง ดัชนีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 17.74 นอกจากนี้อัตราการทำให้แห้งเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.23 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 9 ผลของอุณหภูมิการทำแห้งต่ออัตราส่วนความชื้นและอัตราการทำแห้ง
ที่มา: Deghannya และคณะ (2019)

2.3.5 ผลของการทำแห้งด้วยวิธีโคมเมทต่อคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลไม้

Osama และคณะ (2022) ได้ศึกษาผลของความหนาของโคม (2, 4, และ 6 มิลลิเมตร) อุณหภูมิในการทำแห้ง (50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส) ความเข้มข้นของอัลบูมิน (ร้อยละ 5, 10 และ 15) และน้ำ (ร้อยละ 50, 75 และ 100) ของตัวอย่างตุ้มหลวงหรือที่เรียกว่ากระทุ่ม พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของอัลบูมินจากร้อยละ 5 เป็นร้อยละ 10 ทำให้อัตราการแห้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 45.57 และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นจากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 15 ทำให้อัตราการแห้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 43.47 และการเติมน้ำลงในเนื้อผลไม้ช่วยเพิ่มความพรุนของโคมจึงช่วยเพิ่มอัตราการอบแห้งโดยเฉลี่ยได้ การเปลี่ยนสีระหว่างการอบแห้ง ค่า L^* , a^* , b^* ของผลไม้สดเท่ากับ 72.21 ± 0.43 , 2.55 ± 0.24 และ 30.68 ± 0.86 ตามลำดับ ในการเพิ่มอุณหภูมิการเปลี่ยนสีโดยรวมในครั้งแรกจะลดลง จากนั้นจึงเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 70 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนสีที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 50 และ 70 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ ในทำนองเดียวกัน ค่า L^* ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าที่อุณหภูมิ 50 และ 70 องศาเซลเซียส เช่นกัน สามารถอธิบายได้ด้วยระยะเวลาในการทำแห้งที่นานที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้เป็นสีน้ำตาลมากขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเกิดสีน้ำตาลสูง เมื่อเพิ่มความหนาของโคม สีโดยรวมจะเปลี่ยนไปเล็กน้อยแล้วเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ค่าสีของการทำแห้งที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันของตัวอย่างต้มหลวง
ที่มา: Deghannya และคณะ (2019)

บาคาบาเป็นปาล์มชนิดหนึ่ง Col และคณะ (2021) ได้นำมาเป็นตัวอย่างในการศึกษาผลของความหนาของโฟม (5–15 มิลลิเมตร) และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง (50–70 องศาเซลเซียส) ด้วยวิธีโฟมเมท พบว่าความหนาของโฟมที่ 5 มิลลิเมตร และใช้ระยะเวลาในการทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งสั้นที่สุด และส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ชั้นสุดท้ายมีความสามารถในการละลายได้ดี (ร้อยละ 37.5 ± 1.20) และมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูง

Brar และคณะ (2020) นำพืชมาศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งที่อุณหภูมิ 65, 70 และ 75 องศาเซลเซียส ความหนาของโฟมคือ 3, 5 และ 7 มิลลิเมตร และความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟม (โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตและโปรตีนถั่วลันเตาไอโซเลต) ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 พบว่าความเข้มข้นของโปรตีนที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นของโฟมต่ำสุด เมื่อนำไปทำแห้งจึงใช้ระยะเวลาในการทำแห้งสั้นลงที่ความหนาของโฟม 3 มิลลิเมตร นอกจากนั้นความหนาที่เพิ่มขึ้นของโฟมที่ 7 มิลลิเมตร ส่งผลให้สามารถกักเก็บปริมาณของสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันได้มากกว่า

2.4 จลนพลศาสตร์การทำแห้ง (Drying kinetic)

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นด้วยพารามิเตอร์การทำแห้งและกระบวนการของประสิทธิภาพในการทำแห้งถูกกำหนดโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การทำแห้งแบบชั้นบาง (thin-layer drying) ส่วนใหญ่แบ่งออกเป็นแบบจำลองเชิงทฤษฎี กึ่งทฤษฎี และเชิงประจักษ์ แต่แบบจำลองกึ่งทฤษฎีมีการใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด โดยให้ผลลัพธ์และการทำนายที่แม่นยำ

(Pan chariya et al., 2002; Guin' e et al., 2011) แบบจำลองกึ่งทฤษฎีเหล่านี้ได้รับการคัดเลือกตามการใช้ประโยชน์อย่างกว้างๆ เพื่อบ่งชี้พฤติกรรมการทำงานที่สภาวะการทำงานต่างๆ ของวัสดุชีวภาพ (Onwude et al., 2016)

ปริมาณความชื้นลดลงด้วยกลไกการกระจายความชื้น ตามกฎข้อที่สองของ Fick อธิบายไว้ว่าเป็นฟังก์ชันของการไล่ระดับความชื้น ปริมาณความชื้นถูกแปลงเป็นอัตราส่วนความชื้น (moisture ratio; MR) แบบไม่ต่อเนื่อง ตามที่แสดงไว้ในสมการที่ 1

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

โดยที่ M_t , M_e และ M_0 คือปริมาณความชื้นที่เวลา t , ปริมาณความชื้นสมดุล และปริมาณความชื้นเริ่มต้น ตามลำดับ (กิโลกรัมน้ำ/กิโลกรัมของแห้ง)

สำหรับการเลือกแบบจำลองการทำงานให้ข้อมูลการทดลองได้พอดีกับแบบจำลองการทำงานให้แห้งแบบชั้นบางที่รู้จักกันทั่วไปมี 6 แบบ ได้แก่ Lewis (หรือ Newton), Page, Modified Page, Logarithmic, Two term และ Midilli ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้สำหรับการทำแห้งของผลไม้และผัก แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แบบจำลองการอบแห้งแบบชั้นบางที่ใช้ในการทำนายพฤติกรรมการทำงานให้แห้ง

ชื่อแบบจำลอง	แบบจำลอง	อ้างอิง
Lewis (Newton)	$MR = \exp(-kt)$	Roberts et al. (2008)
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	Mundada et al. (2010)
Modified Page	$MR = \exp(-kt)^n$	Yaldiz et al. (2001)
Logarithmic	$MR = a \exp(-kt) + c$	Ertekin and Yaldiz (2004)
Two-term	$MR = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$	Lee and Kim (2009)
Midilli	$MR = \exp(-kt) + bt$	Midilli et al. (2002)

และวิเคราะห์การถดถอยเพื่อกำหนดพารามิเตอร์เหล่านี้: ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ผลรวมของข้อผิดพลาดกำลังสอง (SSE) และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองค่าเฉลี่ย (RMSE) ค่า R^2 สูงสุดและค่า SSE และ RMSE ที่น้อยที่สุดบ่งชี้ว่าแบบจำลองใดเหมาะสมที่สุด (Turan and Firatligil, 2019; Nag and Dash, 2016) ดังสมการที่ 2-4

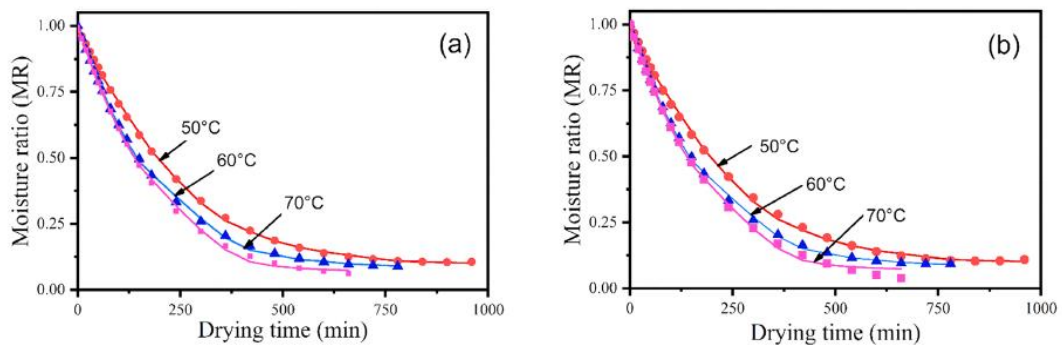
$$R^2 = \frac{(\sum MR_{exp} \times MR_{pre})^2}{\sum MR_{exp}^2 \times \sum MR_{pre}^2} \quad (2)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2 \right] \quad (3)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2 \quad (4)$$

โดยที่ N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด $MR_{exp,i}$ คือ อัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลอง และ $MR_{pre,i}$ คือ อัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทำนายโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์

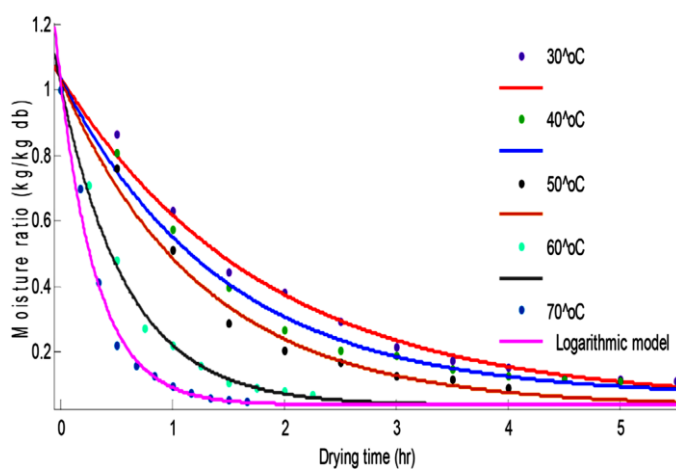
Sahoo และคณะ (2022) ศึกษาจลนพลศาสตร์ในการทำแห้งแผ่นกลอย (*Dioscorea hispida*) ศึกษาที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยทำแห้งแบบชั้นเดียวในเครื่องอบแห้งที่มีลมร้อน ไหลผ่าน พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการทำแห้ง โดยที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะใช้ระยะเวลาในการทำแห้งให้มีอัตราส่วนความชื้นต่ำกว่า 0.2 นั้นมากกว่าการใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 เท่า ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะสังเกตว่ามีจลนพลศาสตร์การถ่ายเทมวลและความร้อนที่สูงขึ้น เมื่อเทียบกับอุณหภูมิอีกสองอุณหภูมิที่เหลือ ซึ่งส่งผลให้เวลาในการทำแห้งลดลงร้อยละ 31 และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะมีอัตราการทำแห้งที่สูงกว่า โดยสมการ Midilli-kucuk สามารถอธิบายการทำแห้งของแผ่นกลอยได้ดีที่สุด (ภาพที่ 11) ซึ่งให้ค่าสูงสุดของ R^2 และค่าต่ำสุดของ chi square (χ^2), RMSE และ RSS สำหรับทุกอุณหภูมิ



ภาพที่ 11 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นในการทดลองและทำนายของ (a) สมการ midilli-kucuk และ (b) สมการ two term ที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส

ที่มา: Sahoo และคณะ (2022)

Mbegbu และคณะ (2021) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศต่อจลนพลศาสตร์ของการทำแห้ง และลักษณะของใบหอมและใบโหระพา โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 30, 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ผลการวิจัยพบว่า ใบหอมและใบโหระพาสารทำแห้งได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และแนะนำให้ใช้สมการ Logarithmic และ Two term เป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดสำหรับจลนพลศาสตร์การอบแห้งของใบหอม และใบแมงลัก เนื่องจากมีค่า R^2 สูงสุด และมีค่า SSE และ RMSE ต่ำที่สุด (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความชื้นของข้อมูลการทดลองและการทำนายโดยใช้สมการ logarithmic สำหรับใบแมงลัก

ที่มา: Mbegbu และคณะ (2021)

Suet Li และคณะ (2021) ศึกษาผลของความเข้มข้นของกัมอาร์บิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 ต่อคุณสมบัติของโฟม จลนพลศาสตร์ในการทำแห้ง และคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของการทำแห้งด้วยวิธีโฟมเมทของแคนตาลูป (*Cucumis melo*) โดยใช้ตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และความหนาของโฟม 3 มิลลิเมตร ผลการทดลองพบว่า โฟมแคนตาลูปที่มีการเติมกัมอาร์บิกที่ความเข้มข้น 10 สามารถลดปริมาณความชื้นได้เร็วกว่า เนื่องจากโฟมแคนตาลูปที่มีการเติมกัมอาร์บิกที่ความเข้มข้น 10 มีการขยายตัวของโฟมสูงและความหนาแน่นของโฟมต่ำสุด ซึ่งช่วยให้การระเหยน้ำในกระบวนการทำให้แห้งได้เร็วขึ้น โดยการศึกษาจลนพลศาสตร์ในการทำแห้งใช้สมการทำแห้งชั้นบาง 3 สมการ ได้แก่ Page, Lewis และ Henderson-Pabis พบว่าสมการ Page เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดในการอธิบายขั้นตอนการทำแห้งด้วยวิธีโฟมเมทของแคนตาลูป บดละเอียด ซึ่งให้ค่า R^2 สูงสุด มีค่า 0.9894

บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย

3.1 วัสดุดิบ

3.1.1 เมล่อนที่ใช้ในการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เมล่อนพันธุ์ฮามิกัว (*Cucumis melo* L.) ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 45 วัน หลังติดผล พื้นที่เพาะปลูกในตำบลดอนตูม อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม คัดเลือกเมล่อนที่ตกรวด ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้น้อยกว่า 10 °Brix น้ำหนักต่อผลน้อยกว่า 1 กิโลกรัม และเปลือกมีรอยตำหนิ จากนั้นขนส่งมาทางรถยนต์ไปยังห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร อำเภอมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม ใช้ระยะเวลาในการขนส่งประมาณ 30 นาที เมื่อเมล่อนถึงห้องปฏิบัติการจะถูกนำมาทำความสะอาดโดยล้างผ่านน้ำไหล จากนั้นผึ่งให้แห้ง แล้วนำมาวัดขนาดและชั่งน้ำหนักต่อผลด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง จำนวน 3 รุ่น แสดงดังตารางที่ 4



ภาพที่ 13 ลักษณะของผลเมล่อนตกรวด

ตารางที่ 4 ข้อมูลการรับผลประเมินสดสำหรับใช้ในการศึกษา

ชุดการทดลอง	วัน เดือน ปี ที่รับผลประเมิน	น้ำหนักผลประเมิน (กิโลกรัม)	น้ำหนักเนื้อเมล็ด (กิโลกรัม)	ชุดการทดลอง
1	16 มกราคม 2564	23.15	12.21	การศึกษผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพมต่อคุณภาพของโพมเมล็ด และหาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการตัดขึ้นโพม (ทำการทดลอง 2 ซ้ำ)
2	6 มีนาคม 2564	33.94	17.98	การศึกษผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพมต่อजनपलसासर्कारทำโพมเมล็ดด้วยวิธีการทำแห้งแบบโพมแห้งร่วมกับการทำแห้งด้วยตูบแห้งลมร้อนแบบภาตที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ทำการทดลอง 2 ซ้ำ)
3	7 พฤษภาคม 2564	29.46	15.85	การศึกษผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพมต่อคุณภาพ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (ทำการทดลอง 2 ซ้ำ) และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดผง

3.1.2 สารก่อให้เกิดโฟมและสารที่ช่วยให้โฟมคงตัว

สารก่อให้เกิดโฟม (foaming agent) ที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต (soy protein isolate, SPI) จากบริษัทกรุงเทพเคมีจำกัด (ประเทศไทย), โปรตีนข้าว (rice protein, RP) จากบริษัท Nutribiotic (USA), โปรตีนถั่วลันเตา (pea protein, PP) จาก Nutravita eco products company limited (ประเทศไทย) และ กลีเซอรอลโมโนสเตียเรท (glycerol monostearate, GMS) จากบริษัทกรุงเทพเคมีจำกัด (ประเทศไทย) และสารที่ช่วยให้โฟมคงตัว (foam stability) ที่ใช้ ได้แก่ แซนแทนกัม (xanthan gum, XG) จากบริษัทกรุงเทพเคมีจำกัด (ประเทศไทย)

3.1.3 การเตรียมสารละลายกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท

เตรียมสารละลายกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท โดยดัดแปลงจากวิธีของ Falade และคณะ (2021) ความเข้มข้น 25 กรัม/100 มิลลิลิตร ผสมกลีเซอรอลโมโนสเตียเรทลงในน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส กวนสารละลายอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเป็นเนื้อเดียวกัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) จนกว่าจะพร้อมใช้งาน โดยการเติมสารละลายกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท 25 และ 50 กรัม ลงในน้ำเมล่อนปั่นพร้อมเนื้อ 100 กรัม ซึ่งคิดเป็นปริมาณร้อยละ 5 และ 10 ของสารละลายกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท

3.2 สารเคมี

- สารมาตรฐานเบต้าแคโรทีน (β -carotene, synthetic, Type II, $\geq 95\%$) เกรด HPLC (Sigma-AldrichTM, Germany)
- 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH, Sigma-AldrichTM, USA)
- 2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS, Sigma-AldrichTM, USA)
- 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox standard, Sigma-AldrichTM, USA)
- โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (potassium persulphate, Ajax Finechem, Australia)
- เมทานอลบริสุทธิ์ เกรด AR (absolute methanol AR 99.9%, RCI Labscan, Thailand)

- เมทานอลบริสุทธิ์ เกรด HPLC (absolute methanol HPLC 99.9%, RCI Labscan, Thailand)
- อะซิโตนไนไตรล์บริสุทธิ์ เกรด HPLC (absolute acetonitrile HPLC 99.9%, RCI Labscan, Thailand)
- เฮกเซน เกรด AR (hexanes AR 99.0%, RCI Labscan, Thailand)
- น้ำกลั่น (distilled water, Vunique, Thailand)
- อะซิโตน (acetone) เกรด AR (RCI Labscan Limited, Thailand)
- โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride) (Ajax Finechem Pty Ltd, Australia)
- BHT (butylated hydroxytoluene), 99% (ACROS organics, Belgium)
- โซเดียมซัลเฟต แอนไฮไดรรัส (sodium sulphate anhydrous) (CARLO ERBA Reagents S.A.S., Italy)
- ไอโซโพรพานอล (propan-2-ol) เกรด HPLC (RCI Labscan Limited, Thailand)
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) 0.1 นอร์มัล (Merck, Germany)
- กรดแกลลิก (gallic acid) (Fluka Sigma-Aldrich™, Germany)
- โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) (Ajax, New Zealand)
- สารโพลิน เซลเคลทีส ฟีนอล (Folin-Ciocalteu's phenol reagent) (Merck, Germany)
- กรดอะซิติก (acetic acid) (J.T. baker, Thailand)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- เครื่องวัดสี (Hunter lab รุ่น Colorflex EZ, Hunter Associates Laboratory, Inc., USA)
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (analytical balance รุ่น BP 221S, Sartorius AG, Inc., Germany)
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง (analytical balance, รุ่น TE 3102S, Sartorius AG, Inc., Germany)
- เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (benchtop water activity meter รุ่น AQUALAB 4TE, METEER Group, Inc., USA)

- เครื่องปั่นแบบมือถือ (blender รุ่น 600 วัตต์ HR2120, Royal Philips Electronics, Inc., Thailand)
- เครื่องเขย่าสารละลาย (vortex mixer, รุ่น Vortex-Genie 2 G560E, Scientific Industries, USA)
- ตู้อบลมร้อนแบบมีพัดลม (hot air oven, รุ่น FD53, Binder, Germany)
- เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด (Tray dryer, ประเทศไทย)
- เครื่องอัลตราโซนิก (ultrasonic cleaner, รุ่น 360D, Advance Ceramics Technology, Malaysia)
- เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC; high performance liquid chromatography, Shimadzu, Japan)
- เครื่องกวนสารละลาย (magnetic stirrer, รุ่น Topolino, IKA labor technik, Co. Ltd., Germany)
- เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (homogenizer รุ่น Ultra Turrax T25 basic, IKA labor technik, Co. Ltd., Germany)
- พีเอชมิเตอร์ (pH meter, รุ่น pH M 210, Metro LAB, France)
- เครื่องระเหยตัวทำละลายแบบหมุน (rotary evaporator, รุ่น RV 10, IKA labor technik, Co. Ltd., Germany)
- เครื่องวัดค่าความหวานแบบดิจิตอล (digital refractometer, รุ่น Pal-1, Atago, Japan)
- เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV/Vis Spectrophotometer รุ่น Thermo scientific™ Genesys 10s, USA)
- คอลัมน์ (column) C18 ชนิด reverse-phase (150 x 4.6 มิลลิเมตร) (GL Sciences, USA)
- กรวยแยกสีชาขนาด 500 มิลลิตร (brown glass separatory funnel, 500 ml, รุ่น NS29,2/32, witeg, Germany)
- ปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump, รุ่น TC-501/v/, Sparmax, Taiwan)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath, รุ่น WNB 14 SC, Memmert, Germany)
- กระดาษกรอง whatman เบอร์ 4 ขนาด 70 มิลลิเมตร (filter paper, circles 70 mm, watman, UK)

3.4 วิธีการทดลอง

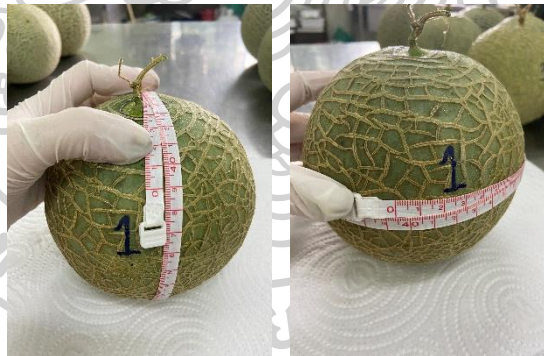
3.4.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุดิบสด

ทำการวัดคุณสมบัติทางกายภาพของเมล่อนที่ศึกษา ได้แก่ ขนาด น้ำหนัก และสีของเนื้อเมล่อน สำหรับคุณสมบัติทางเคมีที่ทำการศึกษา ได้แก่ ปริมาณความชื้น (moisture content, MC) ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity, a_w) ปริมาณเบต้าแคโรทีน (beta-carotene content) ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolic content, TPC) และความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidation activity) ดังนี้

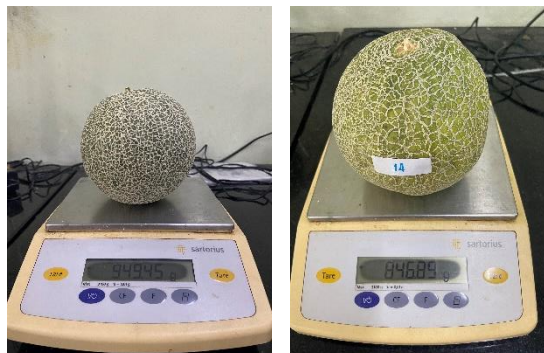
3.4.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

3.4.1.1.1 ขนาดและน้ำหนักของผลเมล่อน

นำผลเมล่อนที่ล้างทำความสะอาดแล้วมาวัดความกว้างและความยาวรอบลูกด้วยสายวัด (ภาพที่ 14) และชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ภาพที่ 15) โดยสุ่มวัดขนาดและน้ำหนักของผลเมล่อนจำนวน 20 ผล ต่อชุดการทดลอง



ภาพที่ 14 ลักษณะการวัดความกว้างและความยาวรอบลูก



ภาพที่ 15 การชั่งน้ำหนักของผลเมล่อน



ภาพที่ 16 การวิเคราะห์ค่าสีของเมล่อนสด

3.4.1.1.2 ค่าสี

ทำการวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้ระบบ CIE L*, a*, b* ด้วยเครื่องวัดสี (HunterLab) (รุ่น ColorFlex EZ, USA) โดยจะให้ค่า L* คือ ความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 – 100 ที่ 0 แสดงถึง สีดำ และ 100 แสดงถึง สีขาว, a* คือ สีแดง - เขียว โดย +a* หมายถึง ทิศของสีแดง และ -a* หมายถึง ทิศของสีเขียว, b* คือ สีเหลือง - น้ำเงิน โดย +b* หมายถึง ทิศของสีเหลือง และ -b* หมายถึง ทิศของสีน้ำเงิน โดยสุ่มชิ้นเมล่อนมา 30 ชิ้น ทำการวัดค่าสีที่บริเวณตรงกลางชิ้น ดังภาพที่ 16 จากนั้นนำค่า L*, a* และ b* มาคำนวณค่า Chroma (C*), hue angle (h°) และ ΔE ดังสมการ 5-7

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (5)$$

$$\text{hue angle} = \tan^{-1} \cdot \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (6)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (7)$$

3.4.1.2 คุณสมบัติทางเคมี

สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทำการสุ่มตัวอย่างเมล่อน 30 ชิ้น มาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสม และนำไปวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.4.1.2.1 ปริมาณความชื้น (moisture content)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยในตู้อบลมร้อนตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างป่นละเอียดจำนวน 3-5 กรัม ลงในกระป๋องอลูมิเนียม (moisture can) สำหรับหาปริมาณความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่างและกระป๋องอลูมิเนียม หลังจากนั้นนำกระป๋องอลูมิเนียมบรรจุตัวอย่างไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างและกระป๋องอลูมิเนียมหลังการอบ คำนวณหาค่าปริมาณความชื้น (ภาคผนวก ข) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง

3.4.1.2.2 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity; a_w)

ชั่งตัวอย่างที่ป่นละเอียดแล้วประมาณ 2-3 กรัม ลงในภาชนะตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตี และทำการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตีด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง

3.4.1.2.3 ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ (titratable acidity: TA)

ชั่งตัวอย่างที่ป่นละเอียดแล้วจำนวน 5.0 ± 0.1 กรัม บันทึคน้ำหนัก จากนั้นเติมน้ำกลั่นจำนวน 100 มิลลิลิตร ทำการไตเตรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล และนำไปคำนวณหาค่า TA เทียบกับกรดซิตริก (ภาคผนวก ข) ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง

3.4.1.2.4 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)

วัด pH ของตัวอย่างป่นละเอียดด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH-meter รุ่น S220 SevenCompact™ pH/Ion, USA) ทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง

3.4.1.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS)

นำตัวอย่างที่ป่นละเอียดไว้มากรองผ่านผ้าขาวบาง เพื่อแยกส่วนใสออกมา จากนั้นนำส่วนใสมาวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ด้วยมาตรวัดดัชนีหักเห (Digital refractometer, รุ่น Pal 1, Atago Co.Ltd., Japan) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

3.4.1.2.6 ปริมาณเบต้าแคโรทีน (β -carotene content)

ชั่งตัวอย่างเมล็ดป่นละเอียด จำนวน 10 ± 0.1 กรัม ด้วยเครื่องชั่งชนิดละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง แล้วบันทึคน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำมันปริมาตร 40 มิลลิลิตร ปั่นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องโฮมจีไนเซอร์ เป็นระยะเวลา 1 นาที กรองสาร

สกัดผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ด้วยชุดกรองสารระบบสุญญากาศ และเก็บสารสกัดสีเหลืองในขวดรูปชมพู่ที่ผ่านกระดาษกรองแล้วลงในในกรวยแยกสีชา จากนั้นนำกากที่เหลือไปสกัดซ้ำด้วยเมทานอล เป็นครั้งที่ 2, 3, 4, และ 5 โดยใช้ปริมาณเมทานอล 20, 10, 10 และ 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ สกัดโดยใช้เครื่องกวนสารละลาย จนกระทั่งตัวอย่างไม่มีสีเหลืองปรากฏ นำสารสกัดสีเหลืองใสที่ได้มาสกัดด้วยสารละลายผสมเฮกเซนและอะซิโตนอัตราส่วน 3 : 1 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ในกรวยแยกสีชา เขย่าและตั้งทิ้งไว้จนแยกชั้น ไซสารละลายส่วนล่างไปทำการสกัดซ้ำด้วยสารละลายผสมเฮกเซนและอะซิโตนจนกว่าจะหมดสีเหลือง สำหรับสารสกัดส่วนบนในทุกๆครั้งของการสกัดจะทำการบรรจุลงในขวดรูปชมพู่แล้วเก็บในที่มืด นำสารสกัดส่วนบนที่ได้ทั้งหมดมาเติมน้ำปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในกรวยแยกสีชาเพื่อแยกอะซิโตนออกจากสารสกัด เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้จนแยกชั้น เก็บชั้นที่มีสีเหลือง และสกัดซ้ำด้วยน้ำอีกครั้ง จากนั้นนำสารละลายสีเหลืองที่ได้มาเติมโซเดียมซัลเฟต แอนไฮดรัส (Na_2SO_4) และ BHT อย่างละ 2 กรัม แล้วนำไประเหยสารละลายเฮกเซนด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน จนแห้ง ละลายตัวอย่างด้วยไอโซโพรพานอลและปรับปริมาตรด้วยไอโซโพรพานอลเป็น 10 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างในขวดสีชา นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณ β -carotene ด้วยวิธี HPLC โดยใช้คอลัมน์ C18 ชนิด reverse-phase ขนาด 5 มิลลิลิตร เป็นเฟสหยุดนิ่ง และใช้เมทานอลต่ออะซิโตน ไตรล์อัตราส่วน 7 : 3 เป็นเฟสเคลื่อนที่ด้วยอัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ด้วยระบบการไหลแบบ Gradient ทำการฉีดตัวอย่างปริมาตร 20 ไมโครลิตร ตรวจวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วย UV diode-array detector ทำการเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนที่ได้จากตัวอย่างกับสารมาตรฐานเบต้าแคโรทีน สร้างกราฟมาตรฐานเบต้าแคโรทีนเพื่อคำนวณปริมาณเบต้าแคโรทีนที่มีอยู่ในตัวอย่าง ในหน่วยมิลลิกรัม/กรัมฐานแห้ง แสดงดังรายละเอียดในภาคผนวก ข (ดัดแปลงจาก Pott และคณะ, 2003) ทำการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

3.4.1.2.7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolic content; TPC)

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด โดยดัดแปลงจากวิธีของ Maisuthisukul และคณะ (2004) นำตัวอย่างป่นละเอียดจำนวน 10 ± 0.01 กรัม มาสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลใสในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารสกัดที่ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ดูดสารละลายปริมาตร 0.2 มิลลิลิตรมาทำปฏิกิริยากับสาร Folin Cioculțeu's reagent ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ (มวล/ปริมาตร) ลงไป 1.6 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 120 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance; A) ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสารประกอบ

พินอลทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกในหน่วยมิลลิกรัมของกรดแกลลิก/กรัมฐานแห้ง ทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง (แสดงดังรายละเอียดในภาคผนวก ข)

3.4.1.2.8 ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant capacity)

ในการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ทำการวิเคราะห์ 2 วิธี ได้แก่ วิธี DPPH และ ABTS assay สำหรับวิธี DPPH ดัดแปลงจากวิธีของ Hou และคณะ (2001) โดยนำสารสกัด ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl ที่มีความเข้มข้น 9×10^{-5} โมลาร์ ปริมาตร 3.9 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 120 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และนำมาคำนวณสมบัติในการต้านออกซิเดชันในหน่วยมิลลิกรัมโทรลอกซ์/กรัมฐานแห้ง ทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข)

ในการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS assay ดัดแปลงจากวิธีของ Re และคณะ(1999) โดยนำสารละลายที่ปรับปริมาตรแล้ว มาทำปฏิกิริยากับ 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzoline-6-sulfonic acid) ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 120 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร และนำมาคำนวณสมบัติในการต้านออกซิเดชันในหน่วยไมโครโมลาร์โทรลอกซ์/กรัมฐานแห้ง ทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข)

3.4.2 การเตรียมน้ำเมล่อนปั่นพร้อมเนื้อแช่แข็ง

นำเมล่อนที่ล้างทำความสะอาดแล้วมาปอกเปลือกและเอาเมล็ดออก จากนั้นหั่นให้มีขนาดเล็กลง และนำไปปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหาร Nenotech รุ่น KS-767 ที่ความเร็วสูงสุด เป็นระยะเวลา 1 นาที นำเมล่อนบดละเอียดแล้ว ซึ่งน้ำหนักใส่ถุงร้อน ถุงละ 500 กรัม แล้วนำไปให้ความร้อนที่น้ำเดือด เป็นระยะเวลา 10 นาที เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลหลังจากนั้นทำให้เย็นโดยทันที โดยนำไปแช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที นำเมล่อนบดละเอียดที่ได้เก็บที่ตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทดลองในขั้นตอนต่อไปแสดงดังภาพที่ 17



ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และนำเมล็ดออก



หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และนำไปปั่นละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหาร Nenotech ที่ความเร็วสูงสุด เป็น

ระยะเวลา 1 นาที



นำไปให้ความร้อนที่น้ำเดือด เป็นระยะเวลา 10 นาที

นำไปแช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที



เก็บเมล่อนบดละเอียดที่ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 17 ขั้นตอนการเตรียมน้ำเมล่อนปั่นพร้อมเนื้อแช่แข็ง

3.4.3 การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดโฟมต่อคุณภาพของ โฟมเมล่อน

3.4.3.1 การเตรียมโฟมเมล่อน

นำเมล่อนบดละเอียดที่แช่แข็งมาละลายในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งเมล่อนบดละเอียดมา 100 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร จากนั้น

เติมสารที่ทำให้เกิดโฟมและสารที่ช่วยให้โฟมคงตัว ดังตารางที่ 5 แล้วตีขึ้นโฟมโดยใช้เครื่องปั่นแบบมือถือ (Electrolux รุ่น ESTM5417S) ที่ความเร็วสูงสุด (13,200 รอบต่อนาที) เป็นระยะเวลา 5 นาที แสดงดังภาพที่ 18 หลังจากนั้นวัดคุณสมบัติของโฟม ได้แก่ ความหนาแน่นของโฟม การขยายตัวของโฟม และความคงตัวของโฟม ดังสมการที่ 8, 9 และ 10 ตามลำดับ



นำเมล่อนบดละเอียดที่แช่แข็งมาละลายในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส

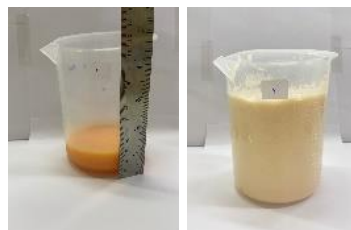


ชั่งเมล่อนบดละเอียดมา 100 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร



เติมสารที่ทำให้เกิดโฟมและสารที่ช่วยให้โฟมคงตัว ตีขึ้นโฟมโดยใช้เครื่องปั่นแบบมือถือที่ความเร็ว

สูงสุด ระยะเวลา 5 นาที



(ก่อน-หลังเกิดโฟม)

หลังจากนั้นวัดคุณสมบัติของโฟม โดยการวัดความคงตัวของโฟม จะตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องและวัด
 ความสูงทุกๆ 30 นาที จนครบ 3 ชั่วโมง
 ภาพที่ 18 ขั้นตอนการเตรียมโฟมเมล่อน

ตารางที่ 5 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟม

สารก่อให้เกิดโฟม	ความเข้มข้น (ร้อยละน้ำหนัก/น้ำหนัก, %)	สารที่ช่วยให้โฟมคงตัว (ร้อยละน้ำหนัก/น้ำหนัก, %)
Soy protein isolate (SPI)	5, 10	1.0
Rice protein (RP)	5, 10	1.0
Glycerol monostearate (GMS)	5, 10	1.0
Pea protein (PP)	5, 10	1.0

*ในตัวอย่างควบคุม (control) มีการเติมแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0

- ความหนาแน่นของโฟม (Foam Density, FD)

ความหนาแน่นของโฟมคำนวณโดยใช้อัตราส่วนของมวลโฟมต่อปริมาตรโฟมและแสดงเป็น
 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Falade et al., 2003) คำนวณโดยใช้สูตรต่อไปนี้ตามสมการที่ (8) :

$$\text{Foam Density} = \frac{\text{Mass of the foam (g)}}{\text{Volume of the foam (cm}^3\text{)}} \quad (8)$$

- การขยายตัวของโฟม (Foam Expansion, FE)

การขยายตัวของโฟมแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของปริมาตรของเนื้อหลังจากการเกิด
 โฟมด้วยความเข้มข้นที่ต้องการของสารที่ทำให้เกิดโฟมและเวลาในการตี (Akiokato et al., 1983)
 คุณภาพของโฟมที่ตีขึ้นโฟมในแง่ของการขยายตัวของโฟม คำนวณได้ตามสมการที่ (9) :

$$\text{Foam Expansion} = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100 \quad (9)$$

โดยที่ FE แสดงเป็นร้อยละ (%)

V_0 คือ ปริมาตรเริ่มต้นของเมล่อนบดละเอียดก่อนตีโฟม (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

V_1 คือ ปริมาตรสุดท้ายของเมล่อนบดละเอียดหลังตีโฟม (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

- ความคงตัวของโฟม (Foam Stability, FS)

โดยการวัดความคงตัวของโฟม จะตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องและบันทึกค่าความสูงของโฟมทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง และถูกบันทึกว่าใช้เป็นดัชนีในการกำหนดความคงตัวทุกๆ 30 นาที อ้างอิงโดยใช้สมการที่ (10) :

$$\text{Foam Stability} = \frac{A_0}{A_1} \times 100 \quad (10)$$

โดยที่ FS แสดงเป็นร้อยละ (%)

A_0 คือ ปริมาตรสุดท้ายของเมล่อนบดละเอียดหลังเกิดโฟม 3 ชั่วโมง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

A_1 คือ ปริมาตรเริ่มต้นของเมล่อนบดละเอียดหลังเกิดโฟม (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.4.3.2 การศึกษาระยะเวลาในการตีขึ้นโฟม

นำเมล่อนบดละเอียดที่เตรียมตามขั้นตอนที่ 3.4.3.1 มาตีโฟมเป็นระยะเวลา 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 นาที วัดความสูงของโฟมและชั่งน้ำหนักทุกครั้งหลังตีโฟม จากนั้นนำมาคำนวณความหนาแน่นของโฟม และการขยายตัวของโฟม ตามวิธีการในข้อ 3.4.3.1

3.4.4 การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดโฟมต่อพฤติกรรม

การทำแห้งของโฟมเมล่อนร่วมกับการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนแบบถาด

เตรียมโฟมเมล่อนตามวิธีในข้อ 3.4.3.1 และความเข้มข้นตามตารางที่ 5 เกลี่ยโฟมลงในพิมพ์ขนาดกว้าง 7 นิ้ว x ยาว 7 นิ้ว ที่รองด้วยแผ่นเทพลอนให้โฟมมีความสูง 0.5 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้นและแผ่นเทพลอนเริ่มต้นก่อนการทำแห้ง จากนั้นนำไปทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ติดตามการทำแห้งทุก ๆ 30 นาที โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างพร้อมแผ่นรอง จนน้ำหนักคงที่ (ความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าร้อยละ 10 ฐานแห้ง) คงที่จำนวน 3 จุด จากนั้นนำตัวอย่างมาบดเป็นผงและร่อนผ่านตะแกรง 400 ไมครอน เก็บตัวอย่างในถุงอลูมิเนียมฟอยล์เป็นระยะเวลา 1 คืน วิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ (วิเคราะห์จำนวน 2 ซ้ำ) นำค่าความชื้นสุดท้ายมาคำนวณและสร้างกราฟการทำแห้ง หลังจากนั้น fit curve

เพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสม ขั้นตอนการศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดโฟมต่อพฤติกรรมการทำแห้งของโฟมเมลอนโดยใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบภาคแสดงตามภาพที่ 19



นำโฟมเมลอนมาเกลี่ยลงในพิมพ์ขนาด 7x7 นิ้ว ที่รองด้วยแผ่นเทฟลอน

เกลี่ยให้โฟมมีความสูง 0.5 เซนติเมตร



ซั่งน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้นและแผ่นเทฟลอนเริ่มต้นก่อนการทำแห้ง ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบภาคที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ติดตามการทำแห้งทุก ๆ 30 นาที โดยการซั่งน้ำหนัตัวอย่างพร้อมแผ่นรอง จนน้ำหนักคงที่ (ความชื้นสุดท้ายต่ำกว่า 10% wb)



นำตัวอย่างมาบดเป็นผงและร่อนผ่านตะแกรง No. 40 เก็บตัวอย่างในถุงอลูมิเนียมฟอยล์

ก่อนนำไปวิเคราะห์

ภาพที่ 19 ขั้นตอนทั่วไปในการทำแห้งโฟมเมลอน

3.4.5 การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดโฟมต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเมลอนผง

3.4.5.1 การเตรียมโฟมเมลอนก่อนการทำแห้ง

เตรียมโฟมเมลอนบดละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 3.4.4.1 นำไปทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบภาคที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาในการทำแห้งตามผลการทดลองใน

ขั้นตอนที่ 3.4.4.1 เพื่อให้เมล็ดองุ่นมีค่าปริมาณความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 10 จากนั้นนำตัวอย่างมาด เป็นผงและร่อนผ่านตะแกรง 400 ไมครอน เก็บตัวอย่างในถุงอลูมิเนียมฟอยล์เป็นระยะเวลา 1 คืน ก่อนนำไปวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี (วิเคราะห์จำนวน 2 ซ้ำ)

เมล็ดองุ่นถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีเดียวกับวัตถุดิบสด ได้แก่

- ค่าสี

ทำการวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้ระบบ CIE L*, a*, b* ด้วยเครื่องวัดสี (HunterLab) (รุ่น ColorFlex EZ, D65, USA) โดยจะให้ค่า L* คือ ความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 – 100 ที่ 0 แสดงถึง สีดำ และ 100 แสดงถึง สีขาว, a* คือ สีแดง - เขียว โดย +a* หมายถึง ทิศของสีแดง และ -a* หมายถึง ทิศของสีเขียว, b* คือ สีเหลือง - น้ำเงิน โดย +b* หมายถึง ทิศของสีเหลือง และ -b* หมายถึง ทิศของสีน้ำเงิน โดยนำผงเมล็ดองุ่นใส่ภาชนะสำหรับวัดสี ทำการวัดค่าสีที่บริเวณตรงกลาง ทำ การทดลองจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่า L*, a* และ b* มาคำนวณค่า Chroma (C*), hue angle (h°) และ ΔE ดังสมการ 5-7

- ปริมาณความชื้น (moisture content)

ทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยในตู้อบลมร้อนตามวิธีมาตรฐาน AOAC (2000) โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างผงจำนวน 3-5 กรัม ลงในกระป๋องอลูมิเนียม (moisture can) สำหรับหา ปริมาณความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่างและกระป๋องอลูมิเนียม หลังจากนั้นนำกระป๋อง อลูมิเนียมบรรจุตัวอย่างไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้ว ชั่งน้ำหนักตัวอย่างและกระป๋องอลูมิเนียมหลังการอบ คำนวณหาค่าปริมาณความชื้น (ภาคผนวก ข) ทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง

- ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (water activity; a_w)

ชั่งตัวอย่างผงประมาณ 2-3 กรัม ลงในภาชนะตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ค่าวอเตอร์ แอกติวิตี้ และทำการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่อุณหภูมิ 25 ± 0.2 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์จำนวน 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง

- ปริมาณเบต้าแคโรทีน (β -carotene content)

ชั่งตัวอย่างเมล็ดองุ่น จำนวน 5 ± 0.1 กรัม ด้วยเครื่องชั่งชนิดละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง แล้วบดน้ำหนักรวมที่แน่นอน ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำมันอลปริมาตร 40 มิลลิลิตร ปั่นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ เป็นระยะเวลา 1 นาที กรองสารสกัดผ่าน กระดาษกรองเบอร์ 4 ด้วยชุดกรองสารระบบสุญญากาศ และเก็บสารสกัดสีเหลืองในขวดรูปชมพู่ที่

ผ่านกระดาษกรองแล้วลงในกรวยแยกสีชา จากนั้นนำกากที่เหลือไปสกัดซ้ำด้วยเมทานอล เป็นครั้งที่ 2, 3, 4, และ 5 ปริมาณ 20, 10, 10 และ 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ สกัดโดยใช้เครื่องกวนสารละลาย จนกระทั่งตัวอย่างไม่มีสีเหลืองปรากฏ นำสารสกัดสีเหลืองใสที่ได้มาสกัดด้วยสารละลายผสมเฮกเซนและอะซิโตนอัตราส่วน 3 : 1 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ในกรวยแยกสีชา เขย่าและตั้งทิ้งไว้จนแยกชั้น ไซสารละลายส่วนล่างไปทำการสกัดซ้ำด้วยสารละลายผสมเฮกเซนและอะซิโตนจนกว่าจะหมดสีเหลือง สำหรับสารสกัดส่วนบนในทุกๆ ครั้งของการสกัดจะทำการบรรจุลงในขวดรูปชมพู่แล้วเก็บในที่มืด นำสารสกัดส่วนบนที่ได้ทั้งหมดมาเติมน้ำปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในกรวยแยกสีชา เพื่อแยกอะซิโตนออกจากสารสกัด เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้จนแยกชั้น เก็บชั้นที่มีสีเหลืองและสกัดซ้ำด้วยน้ำอีกครั้ง จากนั้นนำสารละลายสีเหลืองที่ได้มาเติมโซเดียมซัลเฟต แอนไฮดรัส (Na_2SO_4) และ BHT อย่างละ 2 กรัม แล้วนำไปประเหยสารละลายเฮกเซนด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน จนแห้งละลายตัวอย่างด้วยไอโซโพรพานอลและปรับปริมาตรด้วยไอโซโพรพานอลเป็น 10 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างในขวดสีชา นำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณ β -carotene content ด้วยวิธี HPLC โดยใช้คอลัมน์ C18 ชนิด reverse-phase ขนาด 5 มิลลิลิตร เป็นเฟสหยุดนิ่ง และใช้เมทานอลต่ออะซิโตนในอัตราส่วน 7 : 3 เป็นเฟสเคลื่อนที่ด้วยอัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ด้วยระบบการไหลแบบ Gradient ทำการฉีดตัวอย่างปริมาตร 20 ไมโครลิตร ตรวจวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วย UV diode-array detector ทำการเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนที่ได้จากตัวอย่างกับสารมาตรฐานเบต้าแคโรทีน (β -carotene, synthetic, Type II, $\geq 95\%$) สร้างกราฟมาตรฐานเบต้าแคโรทีนเพื่อคำนวณปริมาณเบต้าแคโรทีนที่มีอยู่ในตัวอย่าง ในหน่วยมิลลิกรัม/กรัมสารแห้ง แสดงดังรายละเอียดในภาคผนวก ข (ดัดแปลงจาก Pott และคณะ, 2003) ทำการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีนตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

- ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolic content; TPC)

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด โดยดัดแปลงจากวิธีของ Maisuthisukul และคณะ (2004) นำตัวอย่างผงจำนวน 5 ± 0.01 กรัม มาสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลใสในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารสกัดที่ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ดูดสารละลายปริมาตร 0.2 มิลลิลิตรมาทำปฏิกิริยากับสาร Folin Cioculțeu's reagent ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ (มวล/ปริมาตร) ลงไป 1.6 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 120 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเทียบกับกราฟ

มาตรฐานของกรดแกลลิกในหน่วยมิลลิกรัมของกรดแกลลิก/กรัมฐานแห้ง ทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง (แสดงดังรายละเอียดในภาคผนวก ข)

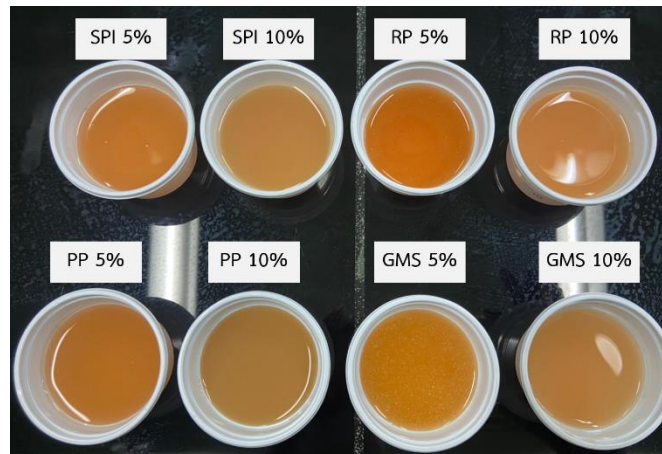
3.4.1.2.8 ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant capacity)

ในการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ทำการวิเคราะห์ 2 วิธี ได้แก่ วิธี DPPH และ ABTS assay สำหรับวิธี DPPH ดัดแปลงจากวิธีของ Hou และคณะ (2001) โดยนำสารสกัด ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยากับ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl ที่มีความเข้มข้น 9×10^{-5} โมลาร์ ปริมาตร 3.9 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 120 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และนำมาคำนวณสมบัติในการต้านออกซิเดชันในหน่วยมิลลิกรัมโพลลอกซ์/กรัมฐานแห้ง ทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข)

ในการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS assay ดัดแปลงจากวิธีของ Re และคณะ(1999) โดยนำสารละลายที่ปรับปริมาตรแล้ว มาทำปฏิกิริยากับ 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzoline-6-sulfonic acid) ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 120 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร และนำมาคำนวณสมบัติในการต้านออกซิเดชันในหน่วยไมโครโมลาร์โพลลอกซ์/กรัมฐานแห้ง ทำการวิเคราะห์ 2 ซ้ำต่อตัวอย่าง (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข)

3.4.6 การศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดโฟมต่อการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมลอนผง

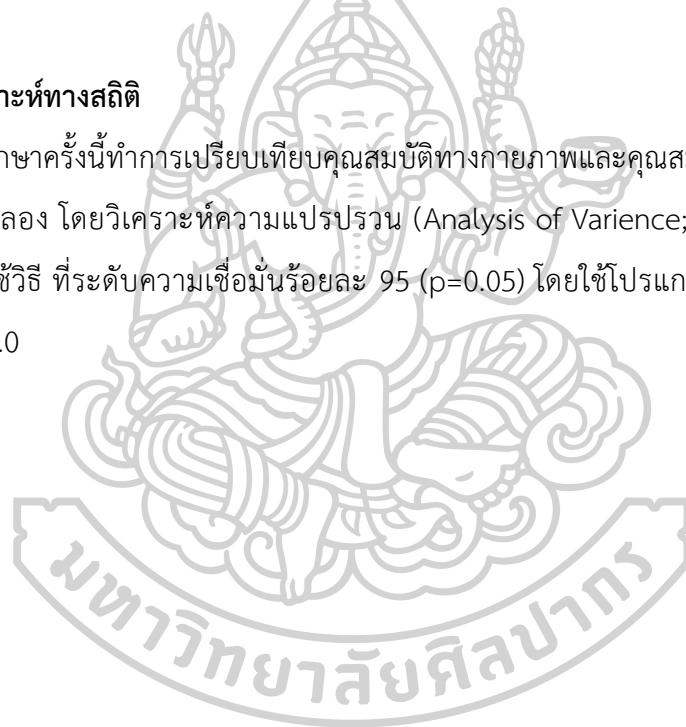
การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale Test (1=ไม่ชอบมากที่สุด 9=ชอบมากที่สุด) โดยให้คะแนนในคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน มีการเตรียมตัวอย่างโดยนำเมลอนผง 10 กรัม ผสมน้ำ 20 มิลลิลิตร จากนั้นแบ่งใส่ถ้วยชิม ถ้วยละ 10 มิลลิลิตร แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในภาคผนวก ข



ภาพที่ 20 ลักษณะปรากฏของน้ำเมลอนผงขงดื่ม

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของเมลอนแต่ละการทดลอง โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics 23.0



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเมล่อน

4.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพของเมล่อนจำนวน 3 รุ่น ที่ใช้ศึกษา แสดงดังตารางที่ 6 พบว่า น้ำหนักต่อผล ความยาวและความกว้างของผลเมล่อนที่นำมาใช้ในการทดลองมีค่า $1,157.56 \pm 312.12$, 870.42 ± 212.60 , 866.53 ± 166.43 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำหนักเนื้อภายหลังการปอกเปลือกและเอาเมล็ดออกเท่ากับ 475.19 ± 148.06 กรัม

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล่อนสดที่ใช้ศึกษา

คุณสมบัติทางกายภาพ	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	รุ่นที่ 1 (20 ผล)	รุ่นที่ 2 (39 ผล)	รุ่นที่ 3 (34 ผล)
น้ำหนักต่อผล (กรัม)	$1,157.56 \pm 312.12^a$	870.42 ± 212.60^b	866.53 ± 166.43^b
ความกว้างผล (เซนติเมตร)	41.92 ± 4.01^a	37.38 ± 2.79^b	37.45 ± 2.27^b
ความยาวผล (เซนติเมตร)	41.36 ± 3.56^a	38.75 ± 3.25^b	38.23 ± 2.44^b

^{a, b} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในแถวเดียวกัน

จากการวัดค่าสีของเนื้อเมล่อน พบว่าเมล่อนสดมีค่า L^* อยู่ในช่วง 60.66 ถึง 64.45 ค่า a^* อยู่ในช่วง 16.44 ถึง 16.93 ค่า b^* อยู่ในช่วง 29.24 ถึง 32.57 ค่า chroma อยู่ในช่วง 33.61 ถึง 36.68 และมีค่า hue angle อยู่ในช่วง 60.67 ถึง 62.68 แสดงดังตารางที่ 7 โดยเมล่อนสดที่ใช้เป็นวัตถุดิบก่อนการทำแห้งในทุกชุดการทดลองมีค่า L^* , a^* , b^* , chroma และ hue angle แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (แต่ละขั้นตอนของการศึกษาใช้ตัวอย่าง 1 รุ่น ต่อ 1 ขั้นตอนการศึกษา)

4.1.2 คุณสมบัติทางเคมี

คุณสมบัติทางเคมีของเนื้อเมล่อนก่อนการทำแห้ง แสดงดังตารางที่ 8 จะเห็นว่า ปริมาณความชื้นของเนื้อเมล่อนสดที่ใช้ในการทำแห้งในแต่ละชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 91.18-94.01 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าวอเตอร์แอกติวิตีของเมล่อนสดที่ใช้ในการศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 0.978-0.995

ตารางที่ 7 คุณภาพด้านสีของเมล็ดนวดก่อนการตีโม่และการทำแห้ง

คุณภาพด้านสี	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	รุ่นที่ 1 (20 ผล)	รุ่นที่ 2 (39 ผล)	รุ่นที่ 3 (34 ผล)
L*	60.66±2.72 ^c	63.41±1.46 ^b	64.45±1.54 ^a
a* ^{ns}	16.85±1.50	16.93±0.97	16.44±2.22
b*	32.57±2.23 ^a	30.19±1.43 ^b	29.24±2.46 ^b
Chroma	36.68±2.65 ^a	34.62±1.65 ^b	33.61±2.59 ^b
Hue angle	62.68±0.77 ^a	60.73±0.83 ^b	60.67±3.91 ^b

^{a, b} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในแถวเดียวกัน

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในแถวเดียวกัน

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเนื้อเมล็ดนวดในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 7.23 ถึง 7.53 °Brix และมีค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ เท่ากับ 0.03 กรัมต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง ค่าพีเอชของเนื้อเมล็ดนวดที่นำมาใช้ในการศึกษาค้างนี้ไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.77 ถึง 6.90

ตารางที่ 8 คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดนวดเริ่มต้นก่อนการตีโม่และการทำแห้ง

คุณสมบัติทางเคมี	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	รุ่นที่ 1 (20 ผล)	รุ่นที่ 2 (39 ผล)	รุ่นที่ 3 (34 ผล)
TSS (°Brix) ^{ns}	7.37±0.06	7.53±0.06	7.23±0.06
TA (g/100 g sample) ^{ns}	0.03±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00
pH ^{ns}	6.89±0.03	6.77±0.01	6.90±0.05
MC (%)	91.18±0.40 ^b	93.60±0.02 ^a	94.01±0.01 ^a
a _w	0.982±0.03 ^b	0.995±0.001 ^a	0.978±0.002 ^b

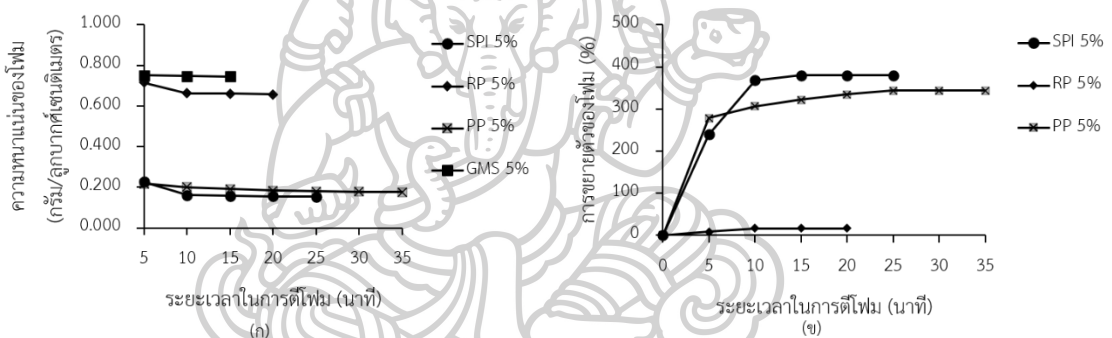
^{a, b} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในแถวเดียวกัน

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในแถวเดียวกัน

ขนาดของผลเมล็ดนวดนั้นสัมพันธ์กับน้ำหนักของผลเมล็ดนวด และขนาด ความแก่ของผลยังสัมพันธ์กันกับค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ซึ่งจะบ่งบอกถึงการเลือกเมล็ดนวดที่ตกเกรดที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ. 26-2559)

4.2 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพลีเมอร์ต่อคุณภาพของโพลีเมอร์

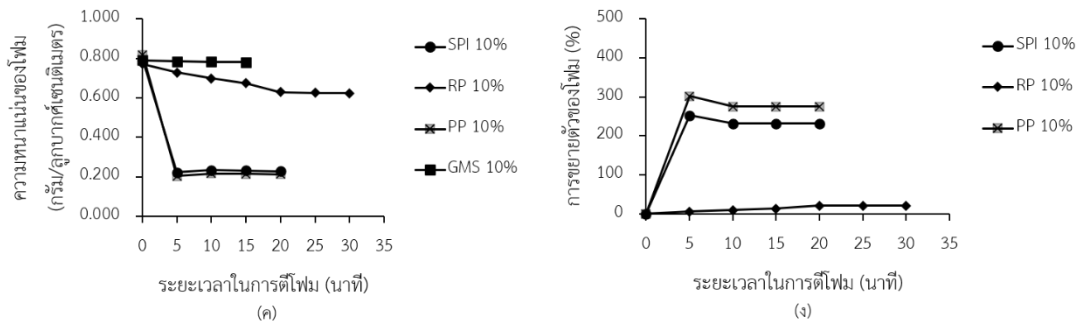
เบื้องต้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการตีขึ้นโพลีเมอร์ เพื่อให้ได้โพลีเมอร์ที่มีความหนาแน่นต่ำสุด และมีการขยายตัวของโพลีเมอร์มากที่สุด โดยทำการตีโพลีเมอร์ที่เติม SPI, RP, PP และ GMS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 และเติมสารที่ช่วยให้โพลีเมอร์คงตัว คือ แชนแทนกัม ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการตีโพลีเมอร์ทุก 5 นาที ที่ทั้ง 2 ความเข้มข้น โพลีเมอร์ที่มีการเติม SPI และ PP จะมีความหนาแน่นของโพลีเมอร์ต่ำสุดและมีการขยายตัวของโพลีเมอร์สูงสุด และเมื่อเทียบกับโพลีเมอร์ที่มีการเติม RP และ GMS มีความหนาแน่นของโพลีเมอร์ที่สูงกว่า ซึ่งการเติม RP จะมีการขยายตัวของโพลีเมอร์เพียงเล็กน้อย แต่การเติม GMS ไม่พบการขยายตัวของโพลีเมอร์เมื่อใช้ระยะเวลาในการตีโพลีเมอร์เพิ่มขึ้น ดังนั้นระยะเวลาในการตีขึ้นโพลีเมอร์ที่เหมาะสมสำหรับสารก่อให้เกิดโพลีเมอร์และความเข้มข้นที่ต่างกัน คือ ระยะเวลาที่ 5 นาที แสดงดังภาพที่ 21 และ 22



ภาพที่ 21 ชนิดของสารก่อให้เกิดโพลีเมอร์ที่ต่างกันที่ความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพลีเมอร์ร้อยละ 5 ต่อระยะเวลาต่างๆในการตีขึ้นโพลีเมอร์

- ก. ความหนาแน่นของโพลีเมอร์ต่อระยะเวลาในการตีโพลีเมอร์ ที่ชนิดของสารก่อให้เกิดโพลีเมอร์ต่างๆ
- ข. การขยายตัวของโพลีเมอร์ต่อระยะเวลาในการตีโพลีเมอร์ ที่ชนิดของสารก่อให้เกิดโพลีเมอร์ต่างๆ

ซึ่งมีงานวิจัยที่ศึกษาระยะเวลาในการตีขึ้นโพลีเมอร์ของกล้วย โดยเติมสารก่อให้เกิดโพลีเมอร์คือ ไข่ขาว โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท และเวย์โปรตีนเข้มข้น ที่ความเข้มข้น 5 กรัม/ 100 กรัม พบว่า การเติมไข่ขาวลงในโพลีเมอร์กล้วยใช้ระยะเวลาในการตีขึ้นโพลีเมอร์ 20 นาที ทำให้ได้โพลีเมอร์ที่มีความหนาแน่นต่ำสุด 0.3 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร การเติมเวย์โปรตีนเข้มข้นมีความหนาแน่นต่ำสุด 0.3 0.3 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร เช่นกัน แต่จะใช้ระยะเวลาในการตีขึ้นโพลีเมอร์ 50 นาที เนื่องจากโปรตีนไข่ขาวเป็นของเหลวทำให้สามารถดูดซึมได้เร็วกว่าที่ผิวระหว่างของเหลวและอากาศ



ภาพที่ 22 ชนิดของสารก่อให้เกิดโฟมที่ต่างกันที่ความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมร้อยละ 10 ต่อระยะเวลาต่างๆในการตีขึ้นโฟม

ค. ความหนาแน่นของโฟมต่อระยะเวลาในการตีโฟม ที่ชนิดของสารก่อให้เกิดโฟมต่างๆ

ง. การขยายตัวของโฟมของโฟมต่อระยะเวลาในการตีโฟม ที่ชนิดของสารก่อให้เกิดโฟมต่างๆ

ส่วนการเติมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทจะมีความหนาแน่นต่ำสุดคือ 0.8 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการตีโฟมประมาณ 10 นาที แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทเป็น 10 กรัม/ 100 กรัม จะทำให้ความหนาแน่นของโฟมกล้วยลดลงอยู่ที่ 0.5 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้ระยะเวลาในการตีขึ้นโฟมเท่ากัน จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมสขจะสามารถลดความหนาแน่นของโฟมให้ต่ำลงได้ (Thuwapanichayanan, Prachayawarakorn, & Soponronnarit, 2012)

นอกจากนี้ความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมส่งผลต่อความหนาแน่นของโฟม เมื่อความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ความหนาแน่นของโฟมลดต่ำลง และความหนาแน่นของโฟมจะลดต่ำลงเมื่อใช้ระยะเวลาในการตีโฟมเพิ่มขึ้น ซึ่งมีรายงานแนวโน้มที่คล้ายกันไว้ในตัวอย่างกล้วยกล้วย (Kolawole O. Falade & Okocha, 2010) ถั่วฝักยาว (K. O. Falade, Adeyanju, & Uzo-Peters, 2003) และกล้วยสุก (Sankat & Castaigne, 2004) นอกจากความเข้มข้นและชนิดของสารก่อให้เกิดโฟมที่ส่งผลต่อการขยายตัวของโฟมแล้ว ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดยังส่งผลต่อการขยายตัวของโฟมอีกด้วย กล่าวคือ เมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้การขยายตัวของโฟมลดลง (Kandasamy, Varadharaju, Kalemullah, & Maladhi, 2014)

ตารางที่ 9 ระยะเวลาในการตีโพมเมล็ดต่อความหนาแน่นและการขยายตัวของโพมเมื่อเปรียบเทียบสารถ่อให้เกิดโพมที่ความเข้มข้นร้อยละ 5

ระยะเวลาในการตีโพม (นาที)	สารถ่อให้เกิดโพมที่ความเข้มข้นร้อยละ 5									
	ความหนาแน่นของโพม (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)					การขยายตัวของโพม (ร้อยละ, %)				
	SPI	RP	PP	GMS ^{ns}		SPI	RP	PP	GMS	
0	0.771±0.02 ^c	0.775±0.02 ^c	0.823±0.00 ^f	0.754±0.00		0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^f	-	
5	0.226±0.00 ^b	0.715±0.02 ^b	0.217±0.00 ^e	0.750±0.00		238.92±9.78 ^b	8.17±0.23 ^b	278.26±0.00 ^e	-	
10	0.162±0.00 ^a	0.663±0.02 ^a	0.201±0.00 ^d	0.746±0.00		367.50±10.61 ^a	16.34±0.47 ^a	306.52±9.22 ^d	-	
15	0.157±0.00 ^a	0.661±0.01 ^a	0.192±0.00 ^c	0.745±0.00		379.75±10.96 ^a	16.34±0.47 ^a	321.74±0.00 ^c	-	
20	0.156±0.00 ^a	0.657±0.02 ^a	0.185±0.00 ^b			379.75±10.96 ^a	16.34±0.47 ^a	334.78±0.00 ^b	-	
25	0.154±0.00 ^a		0.179±0.00 ^a			379.75±10.96 ^a		343.48±0.00 ^a	-	
30			0.178±0.00 ^a					343.48±0.00 ^a	-	
35			0.177±0.00 ^a					343.48±0.00 ^a	-	

a, b, c,... หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบในคอลัมน์เดียวกัน

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) เมื่อเปรียบเทียบในคอลัมน์เดียวกัน

ตารางที่ 10 ระยะเวลาลำไยการตีโพมเมล็ดต่อความหนาแน่นและการขยายตัวของโพมเมื่อเปรียบเทียบกับสารก่อให้เกิดโพมที่ความเข้มข้นร้อยละ 10

ระยะเวลาในการตีโพม (นาที)	สารก่อให้เกิดโพมที่ความเข้มข้นร้อยละ 10									
	ความหนาแน่นของโพม (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)					การขยายตัวของโพม (ร้อยละ, %)				
	SPI	RP	PP	GMS ^{ns}	SPI	RP	PP	GMS		
0	0.793±0.00 ^d	0.771±0.00 ^d	0.818±0.02 ^b	0.7897±0.00	0.00±0.00 ^c	0.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^c	-		
5	0.222±0.00 ^a	0.728±0.02 ^c	0.203±0.00 ^a	0.7849±0.00	252.00±0.00 ^a	5.77±2.72 ^{cd}	302.17±8.72 ^a	-		
10	0.233±0.00 ^c	0.700±0.02 ^{bc}	0.216±0.00 ^a	0.7833±0.01	232.00±0.00 ^b	9.62±2.72 ^{bc}	275.67±10.84 ^b	-		
15	0.231±0.00 ^{bc}	0.673±0.02 ^b	0.214±0.00 ^a	0.7815±0.00	232.00±0.00 ^b	13.46±2.72 ^b	275.67±10.84 ^b	-		
20	0.229±0.00 ^b	0.629±0.01 ^a	0.212±0.00 ^a	0.7815±0.00	232.00±0.00 ^b	21.16±2.72 ^a	275.67±10.84 ^b	-		
25		0.626±0.01 ^a				21.16±2.72 ^a				
30		0.624±0.01 ^a				21.16±2.72 ^a				
35										

a, b, c,... หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับในคอลัมน์เดียวกัน

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับในคอลัมน์เดียวกัน

จากผลการทดลองผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อคุณภาพของ โฟมเมลอน ผลลัพธ์ที่แสดงในตารางที่ 11 จะเห็นได้ว่ามีเพียงโฟมเมลอนที่มีการเติม PP และ SPI เท่านั้นที่สามารถสร้างโฟมที่มีการขยายตัวของโฟมร้อยละ 272.92 และ 243.75 และความหนาแน่น ของโฟมที่ 0.208 และ 0.223 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ โฟมทั้งสองมีความคงตัวของโฟม ประมาณร้อยละ 97 ภายหลังจากวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง ซึ่งความหนาแน่นของโฟมที่ลดลง เนื่องจากแรงตึงผิวของของเหลวลดลง เมื่อตีอากาศเข้าไปทำให้โฟมเกิดการขยายตัวที่สูงและสามารถ บ่งชี้ว่าอากาศถูกกักเก็บอยู่ในโฟมได้มากขึ้น (Thuwapanichayanan, Prachayawarakorn, & Soponronnarit, 2012) ซึ่งมีรายงานที่สอดคล้องกันในมัสด์ เมลอน (Asokapandian, Venkatachalam, Swamy, & Kuppusamy, 2016) ที่เติมสารก่อให้เกิดโฟมคือ โพรตีนถั่วเหลือง ไอโซเลท (ความเข้มข้นร้อยละ 5-10) ซึ่งใช้ร่วมกับสารที่ช่วยให้โฟมคงตัวคือ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (ความเข้มข้นร้อยละ 0-1) มีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.502-0.709 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร นอกจากนี้ยังมีรายงานในตัวอย่างพืช (Brar, Kaur, Kaur, Subramanian, Kumar, & Singh, 2020) ที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทและโปรตีนถั่วลันเตาไอโซเลทที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 ร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ความเข้มข้นที่แตกต่างกันของโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท และโปรตีนถั่วลันเตาไอโซเลทในพืชบดละเอียดมีผลอย่างมากต่อความหนาแน่นของโฟมพืช ความ หนาแน่นของโฟมของส่วนผสมที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทนั้นสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนถั่ว ลันเตาไอโซเลท ความหนาแน่นของโฟมที่สูงขึ้นบ่งชี้ว่าอากาศกักเก็บอยู่ในโฟมได้น้อยลงน้อยลง (Kandasamy, Varadharaju, Kalemullah, & Maladhi, 2014) เมื่อความเข้มข้นของสารก่อให้เกิด โฟมเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นของโฟมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อใช้โปรตีนถั่วเหลือง ไอโซเลทที่มีความเข้มข้นใกล้เคียงกันพบว่าความสามารถในการเกิดฟองของโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท นั้นต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนถั่วลันเตาไอโซเลท เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทกระจาย ตัวได้ไม่ดีในตัวอย่างพืชบดละเอียด ส่งผลให้บริเวณผิวหน้าที่อยู่ระหว่างอากาศและของเหลวดูดซึม สารได้ลดต่ำลง ซึ่งค่าความหนาแน่นของโฟมที่แนะนำสำหรับกระบวนการการทำแห้งด้วยโฟมอยู่ ในช่วง 0.3-0.6 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (Ratti & Kudra, 2007)

นอกจากนี้ยังมีรายงานที่สอดคล้องกับความเข้มข้นของสารกลีเซอรอลโมโนสเตียเรทใน ถั่วฝักยาว (K. O. Falade, Adeyanju, & Uzo-Peters, 2003) ที่มีการเติมสารกลีเซอรอลโมโน สเตียเรทที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 และ 15 ต่อความหนาแน่น พบว่าความ เข้มข้นที่สูงขึ้นจะส่งผลให้โฟมมีความหนาแน่นที่สูงขึ้น เนื่องจากสารกลีเซอรอลโมโนสเตียเรทเป็นโม

โนกลีเซอไรด์ที่มักใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในอาหารมากกว่า ซึ่งจะทำให้อาหารมีความข้นหนืดมากขึ้น แต่เมื่อใช้สารกลีเซอรอลโมโนสเตียเรทที่ความเข้มข้นต่ำจะสามารถลดความหนาแน่นของโฟมลง อย่างเช่นในตัวอย่าง กล้วยกล้วย (Kolawole O. Falade & Okocha, 2010) ที่ใช้ความเข้มข้นของ สารกลีเซอรอลโมโนสเตียเรทร้อยละ 0.005, 0.01, 0.015 และ 0.02 ซึ่งสามารถลดความหนาแน่น ของโฟมลงได้และมีค่าอยู่ในช่วง 0.4-0.6 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตารางที่ 11 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อคุณภาพของโฟมเมลอน

ชนิดของสาร ก่อให้เกิดโฟม	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ความหนาแน่นของโฟม (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	การขยายตัว ของโฟม(ร้อยละ)	ความคงตัว ของโฟม(ร้อยละ)
Control	-	0.724±0.004	-	-
SPI	5%	0.223±0.002 ^e	243.75±2.94 ^c	96.97±0.88 ^c
	10%	0.232±0.002 ^e	254.17±0.00 ^c	100.00±0.00 ^a
RP	5%	0.780±0.001 ^b	-	-
	10%	0.706±0.001 ^d	16.67±0.00 ^d	100.00±0.00 ^a
PP	5%	0.208±0.009 ^f	272.92±14.73 ^b	97.77±0.09 ^b
	10%	0.211±0.004 ^f	291.67±5.89 ^a	100.00±0.00 ^a
GMS	5%	0.761±0.001 ^c	-	-
	10%	0.810±0.001 ^a	-	-

a, b, c... หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในคอลัมน์เดียวกัน

ลักษณะของโฟมเมลอนจากทรีตเมนต์ต่างๆ แสดงในภาพที่ 24 ในขณะที่ตารางที่ 12 แสดง พารามิเตอร์สีของโฟมเมลอน เนื่องจากตัวอย่างที่เติม PP และ SPI มีโครงสร้างโฟมที่ดีกว่า ทำให้สามารถกักเก็บอากาศได้มากกว่าและฟองอากาศจะกระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอตามที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งส่งผลต่อลักษณะปรากฏของโฟม จากภาพที่ 24 จะเห็นว่าโฟมเมลอนที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลือง ไอโซเลทและโปรตีนถั่วลันเตาจะมีความสว่างมากกว่า ในขณะที่สีของโฟมที่เติมสารกลีเซอรอลโมโน สเตียเรทจะมีลักษณะที่คล้ายกับตัวอย่างควบคุม และโฟมเมลอนที่เติมโปรตีนข้าวที่เกิดโฟมเพียง

เล็กน้อยและสีของผงโปรตีนข้าวซึ่งเป็นโปรตีนจากข้าวกล้องงอกส่งผลให้ลักษณะปรากฏของโพนมีสีน้ำตาลมากกว่าตัวอย่างอื่น ดังนั้นตัวอย่างที่เติมสารก่อให้เกิดโพนที่สามารถเกิดโพนได้ดีจึงมีค่า L^* สูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ แต่ในขณะที่ตัวอย่างที่เติมโปรตีนข้าวและสารกลีเซอรอลโมโนสเตียเรทพบค่า a^* และ b^* ที่สูงกว่า เนื่องจากตัวอย่างเกิดโพนได้ไม่ดี นอกจากนั้นโพนเมล่อนที่เติมสารก่อให้เกิดโพนที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 จะมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าโพนเมล่อนที่เติมสารก่อให้เกิดโพนที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของผงโปรตีนที่เติมลงไปใ้ในน้ำเมล่อนปั่นพร้อมเนื้อเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งลงในตัวอย่าง และค่าปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่เติมสารกลีเซอรอลโมโนสเตียเรทมีค่าสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ เนื่องจากการเตรียมเป็นสารละลายกลีเซอรอลโมโนสเตียเรทก่อนนำไปใช้ส่งผลให้ความชื้นเริ่มต้นของโพนเมล่อนเพิ่มสูงขึ้น (K. O. Falade, Adeyanju, & Uzo-Peters, 2003)





ภาพที่ 23 ลักษณะปรากฏของฟิล์มเคลือบโดยใช้ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพลีเอทแตกต่างกัน

ตารางที่ 12 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดใหม่ต่อค่าสีและปริมาณความชื้นของฟิมเมลอน

สารก่อให้เกิดใหม่	L*	a*	b*	Chroma	Hue	ปริมาณความชื้น (ร้อยละฐานเปียก)
Control	39.87±0.08	11.20±0.06	21.09±0.19	23.88±0.20	62.02±0.12	92.95±0.11
SPI 5%	72.41±0.01 ^a	7.05±0.01 ^e	14.84±0.06 ^s	16.43±0.05 ^{ef}	64.60±0.09 ^e	88.49±0.05 ^c
SPI 10%	72.53±0.19 ^a	5.84±0.06 ^s	14.67±0.07 ^s	15.79±0.09 ^f	68.30±0.12 ^b	84.17±0.06 ^f
RP 5%	50.79±0.19 ^d	12.60±0.30 ^a	28.40±0.35 ^b	31.07±0.44 ^a	66.07±0.25 ^d	88.06±0.04 ^d
RP 10%	52.73±0.04 ^c	11.62±0.03 ^b	29.17±0.05 ^a	31.40±0.05 ^a	68.28±0.05 ^b	83.38±0.06 ^s
PP 5%	72.68±0.14 ^a	6.38±0.49 ^f	15.47±0.73 ^f	16.74±0.86 ^e	67.61±0.61 ^c	87.62±0.02 ^e
PP 10%	70.03±0.32 ^b	5.79±0.07 ^s	16.87±0.09 ^e	17.84±0.11 ^d	71.06±0.14 ^a	82.41±0.08 ^h
GMS 5%	39.74±0.88 ^f	10.29±0.21 ^d	19.90±0.48 ^d	22.41±0.51 ^c	62.65±0.26 ^f	92.27±0.15 ^a
GMS 10%	43.37±0.88 ^e	11.15±0.16 ^c	20.58±0.15 ^c	23.40±0.19 ^b	61.56±0.25 ^s	91.75±0.06 ^b

a, b, c,... หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบเป็นคอลัมน์เดียวกัน

4.3 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดโพลีเมอร์ต่อจลนพลศาสตร์การทำแห้งโพลีเมอร์ด้วยวิธีการทำแห้งแบบโพลีเมอร์รวมกับการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนแบบถาด

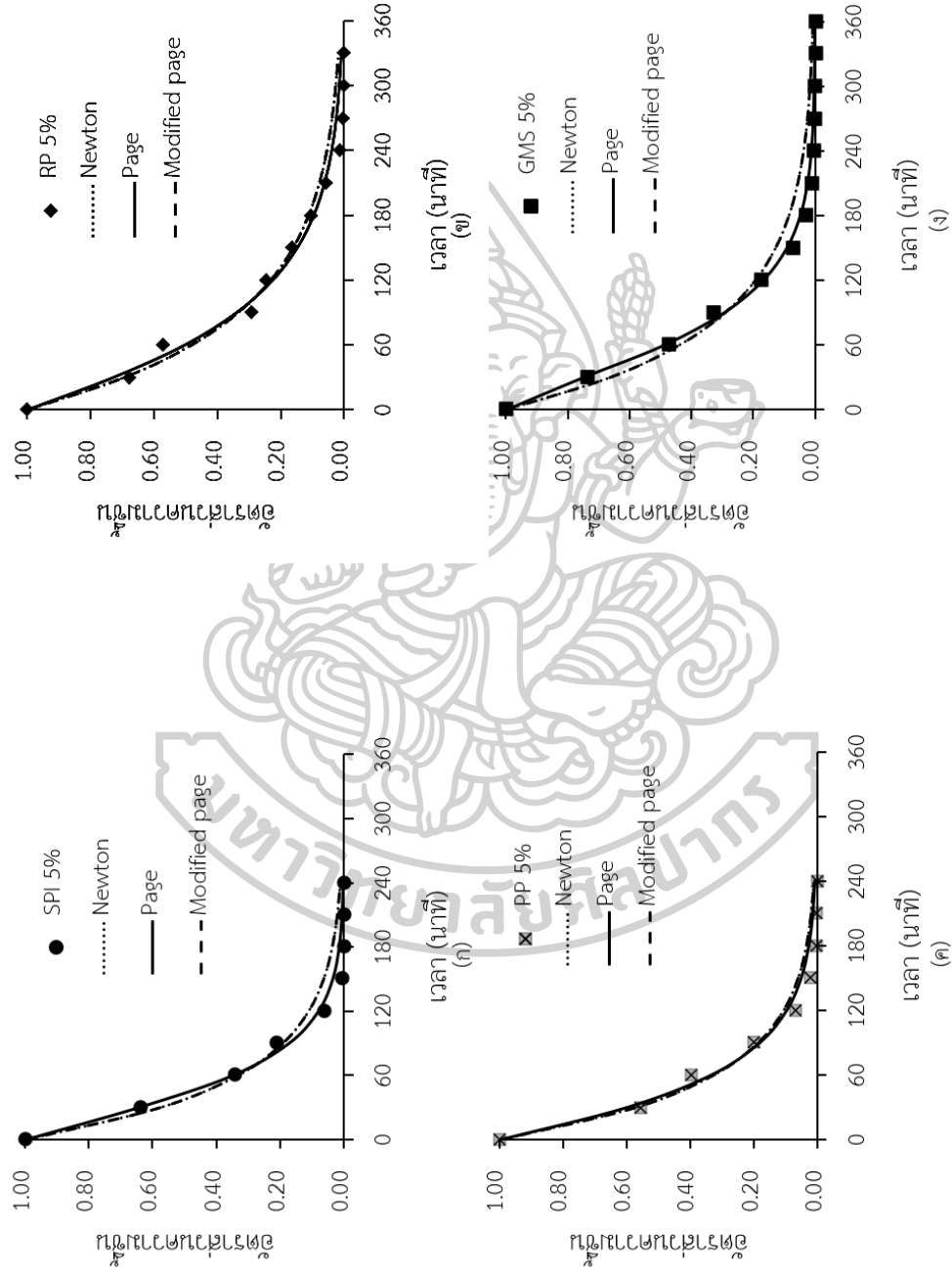
จากผลการทดลองชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพลีเมอร์ต่อจลนพลศาสตร์การทำแห้งโพลีเมอร์ด้วยวิธีการทำแห้งแบบโพลีเมอร์รวมกับการทำแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า พฤติกรรมการทำแห้งของโพลีเมอร์ในช่วงแรกโพลีเมอร์จะสัมผัสกับอากาศร้อนจึงเกิดการถ่ายเทความร้อนจนอุณหภูมิผิวหน้าของโพลีเมอร์เท่ากับอุณหภูมิลมร้อน น้ำที่ผิวหน้าของโพลีเมอร์จึงเกิดการระเหยกลายเป็นไอ จากนั้นมวลความชื้นถูกพาออกไปกับอากาศร้อนที่ไหลผ่าน ส่งผลให้น้ำที่อยู่ภายในโพลีเมอร์เคลื่อนที่มาที่ผิวหน้าของโพลีเมอร์ โดยที่อัตราการระเหยน้ำที่ผิวหน้าจะเท่ากับอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากด้านใน ซึ่งจะเห็นการลดลงของปริมาณความชื้นอย่างต่อเนื่อง และดำเนินต่อไปจนกระทั่งความชื้นในโพลีเมอร์เหลือน้อยหรืออัตราการแห้งคงที่

นอกจากนี้นำมาวิเคราะห์หาสมการการแห้งชั้นบาง (thin-layer) ที่เหมาะสมสำหรับทำนายจลนพลศาสตร์ของการทำแห้งโพลีเมอร์ ดำเนินการโดยนำค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์หรือค่าคงที่ของสมการการแห้งชั้นบาง ได้แก่ สมการของนิวตัน (Newton) เพจ (Page) และโมดิฟายด์เพจ (Modified Page) แสดงดังตารางที่ 13

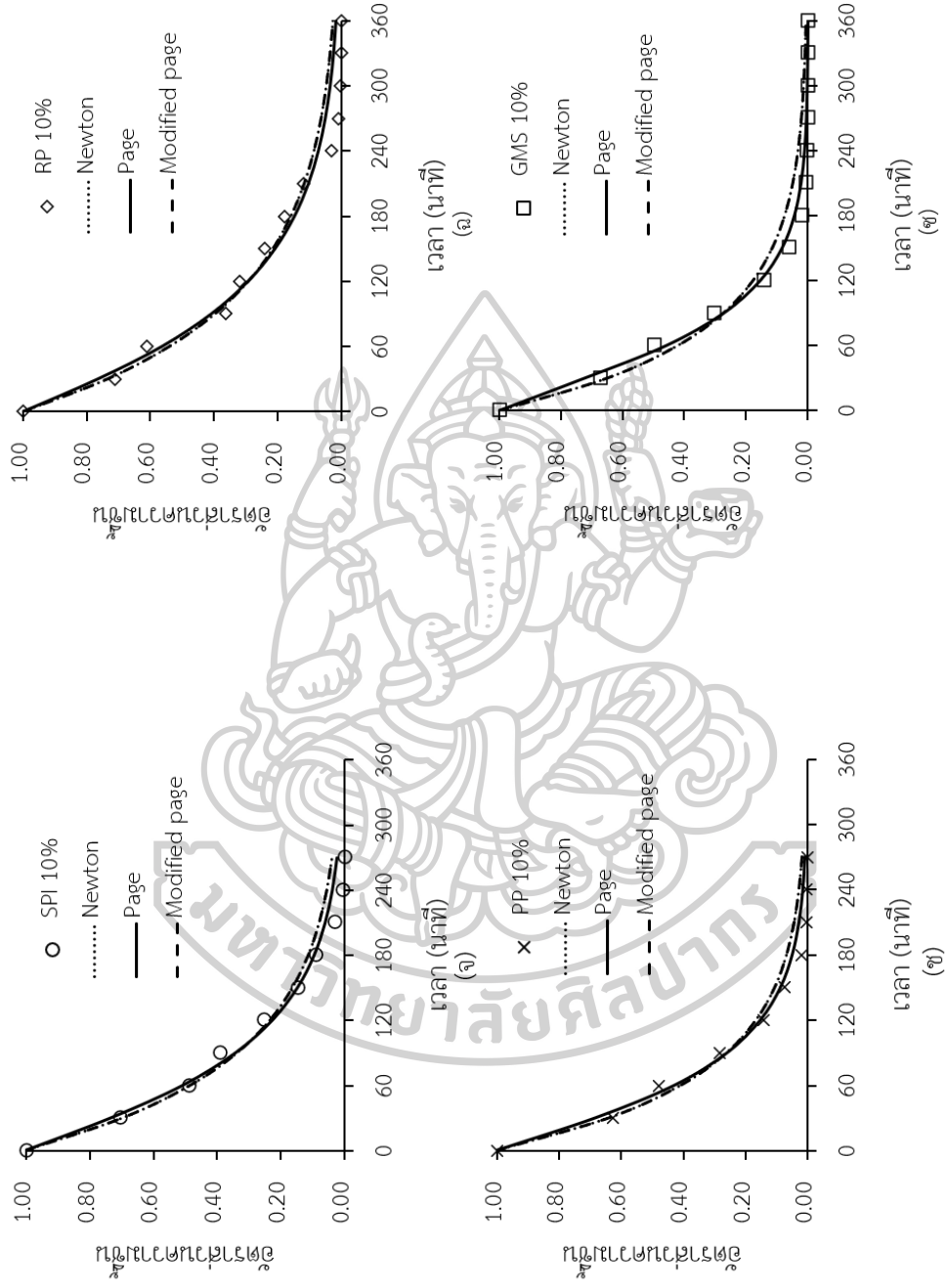
ตารางที่ 13 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการทำนายพฤติกรรมกรทำแห้งโพลีเมอร์

ชื่อแบบจำลอง	แบบจำลอง	อ้างอิง
Lewis (Newton)	$MR = \exp(-kt)$	Roberts et al. (2008)
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	Mundada et al. (2010)
Modified Page	$MR = \exp(-kt)^n$	Yaldiz et al. (2001)

พิจารณาเลือกสมการการแห้งที่สามารถทำนายลักษณะการทำแห้งโพลีเมอร์ได้เหมาะสมที่สุดโดยพิจารณาสมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (coefficient of determination; R^2) สูงที่สุด และค่ารากที่สองของค่าความคาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error; RMSE) ต่ำที่สุด ซึ่งค่า RMSE ได้จากการคำนวณค่าความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลองกับอัตราส่วนความชื้นที่ประมาณได้จากสมการการแห้งชั้นบาง



ภาพที่ 24 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพรมีทอลนพลศาสตร์การอบแห้งของโพรมีทอลน (ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5)

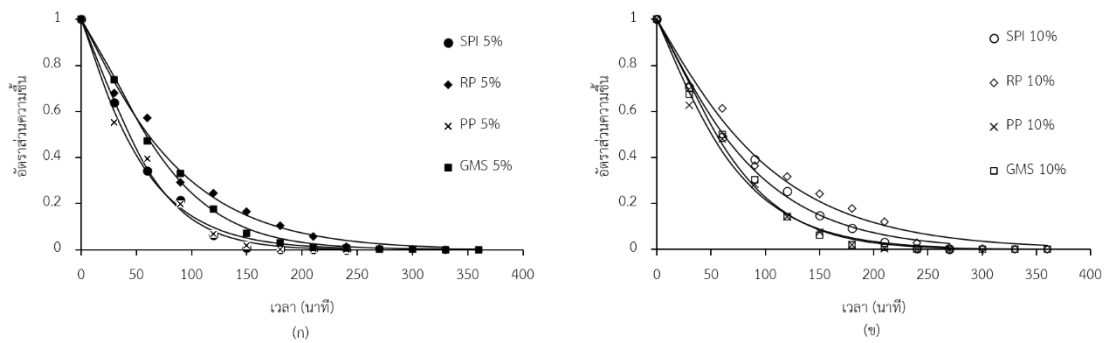


ภาพที่ 25 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพลีเมตอลศาสตร์การอบแห้งของโพลีเมลอน (ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10)

ตารางที่ 14 ค่าทางสถิติที่ได้จากการสร้างสมการทำแห้งโพลีเมลอนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สารก่อให้เกิดโพลีเมอร์	สมการนิวตัน					สมการเพจ					สมการไมติฟายต์เพจ				
	$k^{(min-1)}$	R^2	RMSE	$k^{(min-1)}$	n	R^2	RMSE	$k^{(min-1)}$	n	R^2	RMSE	$k^{(min-1)}$	n	R^2	RMSE
SPI 5%	0.0183	0.7557	0.0359	0.0059	1.2643	0.7624	0.0184	0.0442	0.4136	0.7557	0.0359	0.0442	0.4136	0.7557	0.0359
RP 5%	0.0122	0.7853	0.0349	0.0072	1.1139	0.7915	0.0313	0.0275	0.4437	0.7853	0.0349	0.0275	0.4437	0.7853	0.0349
PP 5%	0.0186	0.7498	0.0331	0.0122	1.0997	0.7557	0.0307	0.0453	0.4117	0.7498	0.0331	0.0453	0.4117	0.7498	0.0331
GMS 5%	0.0137	0.7218	0.0379	0.0033	1.3133	0.7136	0.0142	0.0321	0.4270	0.7218	0.0379	0.0321	0.4270	0.7218	0.0379
SPI 10%	0.0121	0.8395	0.0320	0.0067	1.1269	0.8526	0.0262	0.0273	0.4430	0.8395	0.0320	0.0273	0.4430	0.8395	0.0320
RP 10%	0.0103	0.8102	0.0374	0.0064	1.0994	0.8177	0.0345	0.0265	0.3879	0.8102	0.0374	0.0265	0.3879	0.8102	0.0374
PP 10%	0.0150	0.7816	0.0349	0.0076	1.1505	0.7910	0.0289	0.0350	0.4281	0.7816	0.0349	0.0350	0.4281	0.7816	0.0349
GMS 10%	0.0144	0.7044	0.0364	0.0045	1.2610	0.6983	0.0222	0.0335	0.4300	0.7044	0.0364	0.0335	0.4300	0.7044	0.0364

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในคอลัมน์เดียวกัน



ภาพที่ 26 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโคมต่อพฤติกรรมการทำแห้งของโคมเมล็ดอ่อน
 (ก) ชนิดของสารก่อให้เกิดโคมที่ความเข้มข้นร้อยละ 5
 (ข) ชนิดของสารก่อให้เกิดโคมที่ความเข้มข้นร้อยละ 10

จากภาพที่ 25 และ 26 แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำค่าอัตราส่วนความชื้นของโคมเมล็ดอ่อนที่ได้จากการทดลอง ไปหาค่าความสัมพันธ์กับค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ สมการของนิวตัน เพจ และโมดิฟายด์เพจ จะเห็นได้ว่าสมการที่สามารถทำนายออกมาได้ใกล้เคียงกับค่าการทดลองของการเติมสารก่อให้เกิดโคม (SPI, RP, PP และ GMS) และความเข้มข้นที่ต่างกัน (ร้อยละ 5 และ 10) คือ สมการเพจ โดยพิจารณาค่าจากรางที่ 14 จะสังเกตได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ หรือ R^2 สูงที่สุด และมีค่ารากที่สองของความคาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย หรือ RMSE ที่ต่ำที่สุดในทุกตัวอย่างที่มีการเติมสารก่อให้เกิดโคมและความเข้มข้นที่ต่างกัน

จากแบบจำลองทั้ง 3 แบบ ทางผู้วิจัยได้เลือกสมการเพจมาเปรียบเทียบกับค่าจากการทดลอง พบว่ามีความสอดคล้องกัน (ภาพที่ 27) จะเห็นได้ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสมการเพจสามารถใช้ในการทำแห้งโคมเมล็ดอ่อนได้เหมาะสมที่สุด และเมื่อพิจารณาจากค่าคงที่หรือค่า k จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำแห้งสั้นลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าชนิดของสารก่อให้เกิดโคมมีผลต่ออัตราการแห้ง โดยสารก่อให้เกิดโคมที่เกิดโคมได้ดีจะใช้ระยะเวลาในการทำแห้งสั้นเนื่องจากมีอัตราการระเหยที่เร็วกว่า ซึ่งสอดคล้องกับตัวอย่างโคมเมล็ดอ่อนที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทและโปรตีนถั่วลันเตาที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 240 นาที (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพลีเมอร์ต่อระยะเวลาการทำแห้ง ปริมาณ ความชื้น และค่าวอเตอร์แอกติวิตี้

สารก่อ ให้เกิดโพลีเมอร์	ความเข้มข้น (ร้อยละ, %)	ระยะเวลาในการ ทำแห้ง (นาทิจ)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละฐานเปียก)	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้
SPI	5%	240	9.70±0.49 ^b	0.181±0.011 ^c
	10%	270	7.49±0.19 ^a	0.154±0.011 ^b
RP	5%	330	9.81±0.13 ^b	0.179±0.001 ^c
	10%	360	9.43±0.26 ^b	0.186±0.003 ^c
PP	5%	240	9.20±0.09 ^b	0.183±0.004 ^c
	10%	270	6.94±0.21 ^a	0.139±0.006 ^a
GMS	5%	360	16.40±0.92 ^d	0.275±0.015 ^d
	10%	360	15.43±0.18 ^c	0.269±0.009 ^d

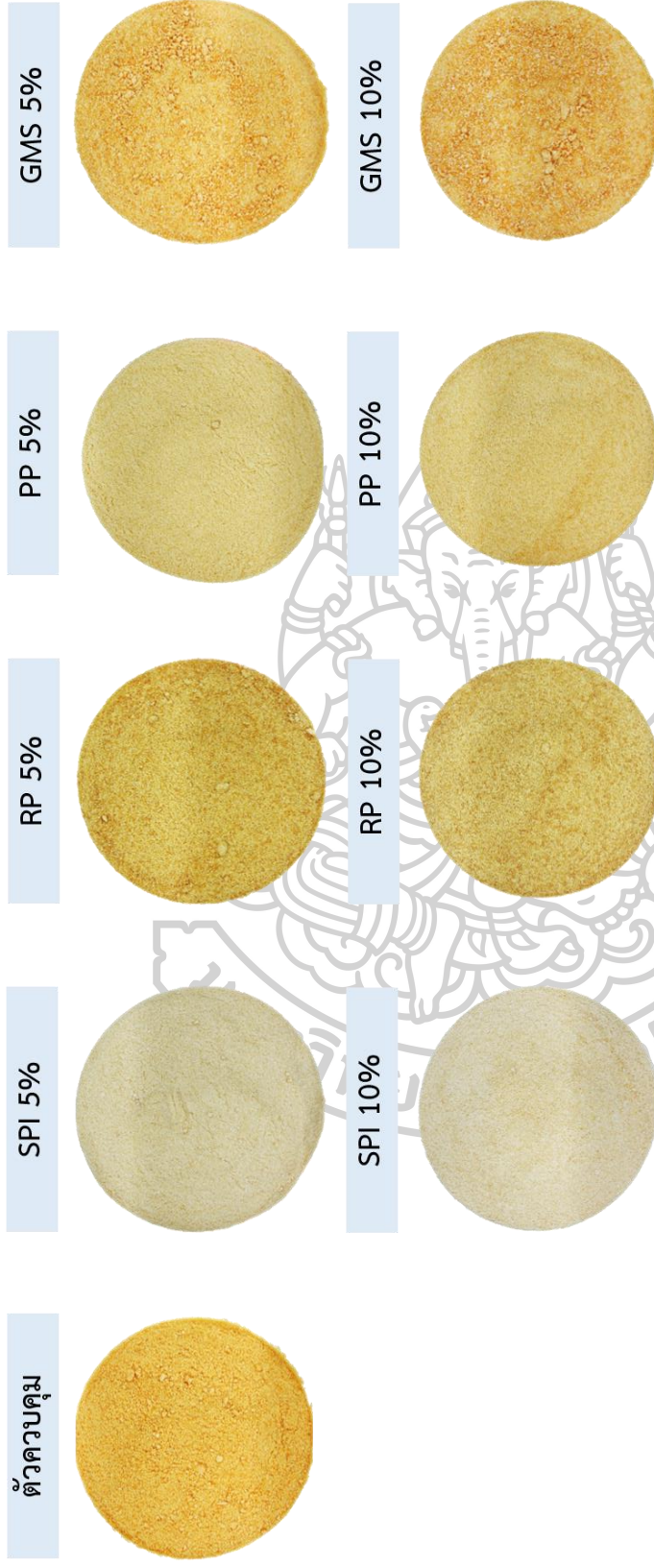
a, b, c,... หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในคอลัมน์ เดียวกัน

นอกจากนี้ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดอบคือร้อยละ 92.95 ฐานเปียก ในขณะที่ โพลีเมอร์ที่มีการเติมโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 82.41 ถึง 91.75 ฐานเปียก โพลีเมอร์ที่มีการเติมโปรตีนถั่ว ลันเตาและโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทมีพฤติกรรมการทำงานที่ค่อนข้างคล้ายคลึงกัน โดยใช้ระยะเวลาใน การทำแห้งที่สั้นกว่าการเติมโปรตีนข้าวและสารกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท แสดงว่าโครงสร้างโพลีเมอร์เพิ่ม อัตราการทำแห้ง และการทำแห้งด้วยวิธีโพลีเมอร์ ต้องอาศัยพื้นที่ผิวที่ใหญ่ขึ้นของโพลีเมอร์ซึ่งช่วยในการ กำจัดน้ำออกอย่างรวดเร็ว (Rajkumar, Kailappan, Viswanathan, & Raghavan, 2007)

หลังจากการอบแห้ง 360 ชั่วโมง (GMS) ปริมาณความชื้นของตัวอย่างควบคุมยังคงสูงถึงร้อยละ 16.40 ฐานแห้ง และผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่จะจับตัวเป็นก้อนหลังจากการอบแห้ง (ภาพที่ 28) อาจ เป็นเพราะตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติม GMS ไม่ได้เกิดโครงสร้างโพลีเมอร์ ตัวอย่างที่ได้มีความชื้น หนืดมากกว่า ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะเอาน้ำออกจากตัวอย่างที่ไม่มีโครงสร้างโพลีเมอร์และมีน้ำตาล ค่อนข้างสูง ในทางตรงกันข้ามปริมาณความชื้นของตัวอย่างทั้งหมดที่มีการเติมโปรตีนอีก 3 ชนิด มี ปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

ลักษณะปรากฏของเมลอนผงที่เติมสารก่อให้เกิดโฟมต่างชนิดกัน สามารถบดเป็นผงที่ไหลได้
อย่างอิสระ ดังแสดงในภาพที่ 27 จากตารางที่ 16 คุณภาพด้านสีของเมลอนผงที่ทำแห้งด้วยตู้อบแห้ง
ลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เมลอนมีสีส้มโดยจะมีค่า b^* ที่สูง และมีค่า Hue
angle อยู่ไปทาง 90 องศา ภายหลังจากการทำแห้งพบว่า โฟมเมลอนที่ผ่านการทำแห้งเป็นเมลอนผงจะมี
ค่า b^* และค่า Chroma ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โฟมเมลอนที่สามารถเกิดโฟ
มได้ดีทำให้โฟมมีสีที่สว่างกว่าตัวอย่างอื่นๆ แต่ภายหลังจากทำแห้งแล้วจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีสว่าง
ลดลง โดยมีค่า L^* ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) มีรายงานการทำแห้งด้วยวิธีโฟมเมท
ของแคนตาลูป เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟม ค่า L^* จึงมีค่าสูงขึ้น (Suet Li,
Sulaiman, Rukayadi, & Ramli, 2021)





ภาพที่ 27 ลักษณะปรากฏของแผงเม็มนที่ได้จากชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดใหม่ที่แตกต่างกัน

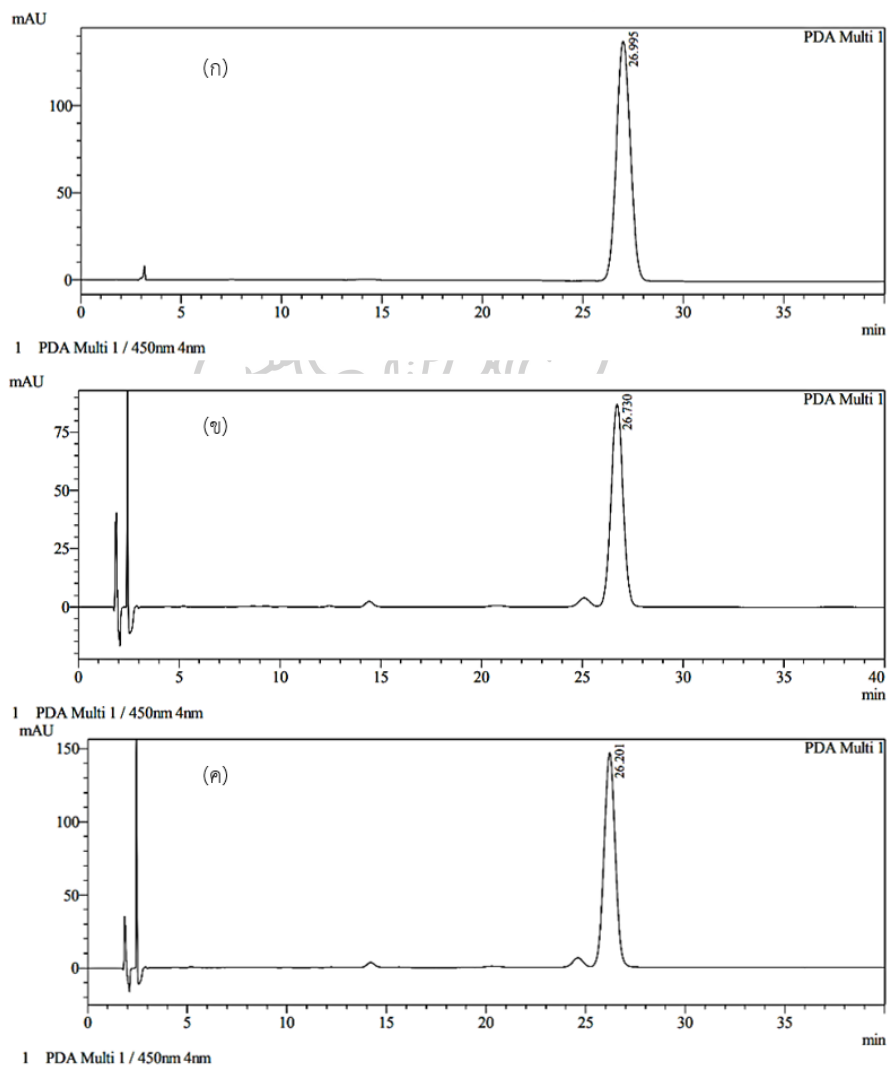
ตารางที่ 16 ผลของสีของผงเมล็ดอนที่ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพรมต่างกัน

สารก่อให้เกิดโพรม	L*	a*	b*	Chroma	Hue angle
Control	62.18±0.12	21.10±0.06	36.85±0.18	42.46±0.19	60.21±0.05
SPI 5%	74.23±0.21 ^a	12.45±0.18 ^f	23.91±0.41 ^e	26.96±0.45 ^e	62.50±0.09 ^e
SPI 10%	73.32±0.38 ^b	12.13±0.57 ^f	25.86±1.24 ^d	28.56±1.36 ^d	64.88±0.14 ^c
RP 5%	60.49±0.48 ^g	13.76±0.12 ^d	31.39±0.67 ^a	34.28±0.66 ^b	66.33±0.30 ^b
RP 10%	61.10±0.27 ^f	11.56±0.06 ^g	30.16±0.15 ^b	32.30±0.14 ^c	69.03±0.16 ^a
PP 5%	70.32±0.07 ^c	14.24±0.10 ^c	29.65±0.32 ^{bc}	32.90±0.33 ^c	64.35±0.09 ^d
PP 10%	68.71±0.34 ^d	13.11±0.15 ^e	29.73±0.04 ^{bc}	32.49±0.09 ^c	66.20±0.23 ^b
GMS 5%	66.14±0.06 ^e	19.20±0.04 ^a	31.72±0.34 ^a	37.09±0.28 ^a	58.81±0.32 ^g
GMS 10%	68.51±0.06 ^d	16.74±0.03 ^b	28.83±0.11 ^c	33.34±0.08 ^{bc}	59.86±0.14 ^f

a, b, c... หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบเป็นคอลัมน์เดียวกัน

4.4 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดโฟมต่อคุณภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเมล่อนผง

โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานเบต้าแคโรทีน และสารเบต้าแคโรทีนของโฟมเมล่อนและเมล่อนผงที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร แสดงดังภาพที่ 28 ซึ่งพีคของสารเบต้าแคโรทีนขึ้นที่ retention time 26.0 นาที



ภาพที่ 28 โครมาโตแกรมของสารมาตรฐานเบต้าแคโรทีน (ก) และสารเบต้าแคโรทีนของโฟมเมล่อน (ข) และเมล่อนผง (ค) ที่เติมโปรตีนถั่วลันเตาที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

ตัวอย่างผงเมล็ดที่นำไปวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ มีความชื้นประมาณร้อยละ 9 ฐานเปียก แต่การเติม GMS ความชื้นจะอยู่ที่ร้อยละ 16 ถึง 17 ฐานเปียก เนื่องจากไม่สามารถลด ความชื้นให้ต่ำกว่าร้อยละ 10 ได้ แม้จะใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนานขึ้นแสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อปริมาณความชื้น และ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้

ชนิดของสารก่อให้เกิด โฟม	ความเข้มข้น (ร้อยละ, %)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละฐานเปียก)	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้
Control	-	20.01±0.33	0.287±0.003
SPI	5%	9.62±0.22 ^{cd}	0.193±0.005 ^b
	10%	9.57±0.06 ^{cd}	0.167±0.006 ^e
RP	5%	9.72±0.20 ^c	0.183±0.003 ^d
	10%	9.47±0.14 ^{cd}	0.186±0.005 ^{bc}
PP	5%	9.19±0.04 ^d	0.154±0.003 ^f
	10%	9.56±0.12 ^{cd}	0.145±0.004 ^g
GMS	5%	17.82±0.17 ^a	0.294±0.003 ^a
	10%	16.32±0.63 ^b	0.298±0.002 ^a

a, b, c,... หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในคอลัมน์เดียวกัน

ปริมาณเบต้าแคโรทีนในตัวอย่างน้ำเมล็ดอบแห้งพร้อมเนื้อที่มีปริมาณ 359.07±0.47 ไมโครกรัม/กรัมฐานแห้ง จากตารางที่ 18 แสดงปริมาณเบต้าแคโรทีนของโคมเมล็ดอบแห้งและเมล็ดอบแห้ง พบว่า ภายหลังจากการทำแห้งแล้วปริมาณเบต้าแคโรทีนในเมล็ดอบแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมล็ดอบแห้งที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทและโปรตีนถั่วลันเตาที่ทั้ง 2 ความเข้มข้น จะมีปริมาณของเบต้าแคโรทีนน้อยที่สุด เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทและโปรตีนถั่วลันเตาสามารถ ทำให้โคมเมล็ดอบแห้งเกิดความหนาแน่นต่ำที่สุดและมีการขยายตัวของโคมที่มากกว่า ทำให้มีพื้นที่

ผิวสัมผัสในการสัมผัสกับออกซิเจนและแสงมากกว่าโพนที่เติมโปรตีนข้าวและสารกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท เพราะสารเบต้าแคโรทีนจะสลายตัวได้ง่ายเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจนร่วม จะเกิดการสลายตัวของสารเบต้าแคโรทีนเป็นสารอีพอกไซด์ เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Darijani, Shahraki, & Mostafa Habibi-Khorassani, 2022) โดยเฉพาะเมื่อละลายอยู่ในไขมัน จะถูกทำลายได้ง่ายเมื่อไขมันเกิดการออกซิเดชัน (Fennema, 1996) ในเมล็ดโพนและเมล็ดองุ่นที่มีการเติมโปรตีนถั่วลันเตาและโปรตีนข้าวมีปริมาณโปรตีนอยู่ร้อยละ 80 ซึ่งยังมีส่วนประกอบของไขมันอยู่จึงทำให้มีปริมาณเบต้าแคโรทีนต่ำ แต่ในทางตรงกันข้ามการเติมสารกลีเซอรอลโมโนสเตียเรทสามารถกักเก็บปริมาณเบต้าแคโรทีนไว้ได้มากที่สุด แต่เมื่อเทียบกับวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยของแคนตาลูปองุ่นที่อุณหภูมิ 170-190 องศาเซลเซียส มีปริมาณเบต้าแคโรทีนอยู่ที่ 121.42-164.54 ไมโครกรัม/กรัมฐานแห้ง (Solval, Sundararajan, Alfaro, & Sathivel, 2012) ซึ่งเมื่อเทียบกับผลการทดลองที่ได้ยังพบในปริมาณที่น้อยกว่า

ปริมาณสารประกอบฟีนอล สารต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และ ABTS ในน้ำเมล็ดองุ่นพร้อมเนื้อที่มีปริมาณ 1.81±0.20 มิลลิกรัมโทรลอกซ์/กรัมฐานแห้ง, 0.99±0.11 มิลลิกรัมโทรลอกซ์/กรัมฐานแห้ง และ 69.57±0.38 ไมโครโมลาร์โทรลอกซ์ ตามลำดับ ภายหลังจากการทำแห้งพบปริมาณของสารเหล่านี้ลดลง เนื่องจากเกิดการสลายตัวของสารจากสภาวะที่มีออกซิเจนและการใช้อุณหภูมิสูงในการทำแห้ง นอกจากนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโพนเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดและเกิดการเจือจางปริมาณสารเหล่านี้ (Suet Li, Sulaiman, Rukayadi, & Ramli, 2021) ทำให้มีค่าลดลงอย่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 18 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อปริมาณเบต้าแคโรทีนของผงเมล็ดอ่อน

ชนิดของสารก่อให้เกิดโฟม	ความเข้มข้น (ร้อยละ, %)	ปริมาณเบต้าแคโรทีน (ไมโครกรัม/กรัมฐานแห้ง)	
		โฟม	ผง
Control	-	298.09±1.33	144.48±1.28
SPI	5%	188.74±0.61 ^b	65.08±3.98 ^c
	10%	144.13±3.95 ⁿ	37.03±2.57 ^e
RP	5%	159.32±9.62 ^c	70.91±2.31 ^b
	10%	115.09±0.37 ^e	58.86±2.59 ^d
PP	5%	147.17±0.31 ^d	39.31±1.69 ^e
	10%	103.79±0.88 ^f	37.67±1.72 ^e
GMS	5%	251.81±1.23 ^a	91.77±4.04 ^a
	10%	195.16±11.13 ^b	91.02±2.10 ^a

a, b, c,... หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบในคอลัมน์เดียวกัน



ตารางที่ 19 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลของผงเมล็ดอ่อน

ชนิดของสารก่อให้เกิดโฟม	ความเข้มข้น (ร้อยละ, %)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัมฐานแห้ง)	
		โฟม	ผง
Control	-	1.11±0.10	2.74±0.13
SPI	5%	1.68±0.05 ^{ab}	0.86±0.10 ^d
	10%	1.78±0.19 ^a	0.35±0.07 ^f
RP	5%	1.19±0.15 ^{cd}	0.99±0.08 ^c
	10%	1.02±0.11 ^{de}	0.49±0.04 ^e
PP	5%	1.29±0.27 ^c	0.97±0.07 ^c
	10%	0.86±0.06 ^e	0.39±0.03 ^f
GMS	5%	1.77±0.04 ^a	1.97±0.04 ^a
	10%	1.58±0.07 ^b	1.73±0.06 ^b

a, b, c,... หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบในคอลัมน์เดียวกัน

ตารางที่ 20 ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมต่อความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันของผงเมล็ดอ่อน

ชนิดของสาร ก่อให้เกิดโฟม	ความเข้มข้น (ร้อยละ, %)	DPPH assay (มิลลิกรัมโทรลอคซ์/กรัมฐานแห้ง)		ABTS assay (ไมโครโมลาร์โทรลอคซ์/กรัมฐานแห้ง)	
		โฟม	ผง	โฟม	ผง
		Control	-	0.80±0.19	2.54±0.13
SPI	5%	0.71±0.12 ^{cd}	0.78±0.08 ^e	36.17±0.14 ^b	8.41±0.03 ^c
	10%	0.67±0.05 ^d	0.36±0.09 ^f	26.45±0.04 ^e	4.10±0.03 ^g
RP	5%	0.99±0.02 ^a	0.98±0.04 ^c	26.52±0.59 ^e	9.22±0.24 ^b
	10%	0.82±0.05 ^{bc}	0.39±0.07 ^f	18.09±0.50 ^g	4.65±0.02 ^f
PP	5%	0.63±0.09 ^e	0.87±0.02 ^d	28.24±0.50 ^d	8.31±0.03 ^d
	10%	0.42±0.05 ^e	0.38±0.02 ^f	20.89±0.16 ^f	3.84±0.07 ^h
GMS	5%	0.79±0.10 ^{bc}	1.25±0.18 ^a	42.83±1.31 ^a	5.13±0.02 ^e
	10%	0.86±0.14 ^b	1.16±0.08 ^b	33.43±0.45 ^c	15.13±0.11 ^a

a, b, c... หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบในคอลัมน์เดียวกัน

4.5 ผลของประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล่อนผงที่ผ่านการทำแห้งแบบโฟมแมทในเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด

สำหรับการทดสอบผู้บริโภคมะลอนผงชงดื่ม ซึ่งกลุ่มผู้บริโภคที่เป็นเป้าหมายในการทดสอบของตัวอย่างผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่มจะอยู่ในช่วงวัยเรียนไปจนถึงวัยทำงานที่มีความสนใจในเมล่อนผงชงดื่ม จำนวน 30 คน โดยมีการเก็บข้อมูลที่คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ (ภาพที่ 29)



ภาพที่ 29 ภาพตัวอย่างการทดสอบผู้บริโภคมะลอนผงชงดื่ม ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

จากผลการรวบรวมการทำแบบสอบถามที่ได้รับของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 30 คน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิงและเพศชายคิดเป็นร้อยละ 86.67 และ 13.33 ตามลำดับ และส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีอายุอยู่ในช่วง 21 ถึง 30 ปี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 96.67 และประกอบอาชีพเป็นนักศึกษาทั้งหมด และโดยส่วนใหญ่ของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นผู้ที่ไม่ดื่มสุราและไม่สูบบุหรี่คิดเป็นร้อยละ 56.67 และ 93.33 ตามลำดับ นอกจากนี้ในวันที่ทำการทดสอบนั้นผู้ตอบแบบสอบถามมีสุขภาพที่แข็งแรงดี ไม่มีอาการเจ็บป่วย (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 21 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 30 คน ในการทดสอบผู้บริโภคร่วมเล่นผงขงดื่ม

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	4	13.33
หญิง	26	86.67
ช่วงอายุ		
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 ปี	1	3.33
ช่วงอายุ 21-30 ปี	29	96.67
ช่วงอายุ 31-40 ปี	-	-
ช่วงอายุ 41-50 ปี	-	-
ช่วงอายุ 51-60 ปี	-	-
อายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป	-	-
อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	30	100
ท่านดื่มสุราหรือไม่		
ดื่ม	13	43.33
ไม่ดื่ม	17	56.67
ท่านสูบบุหรี่หรือไม่		
สูบ	2	6.67
ไม่สูบ	28	93.33
ในวันที่ทำการทดสอบและแบบสอบถามท่านมีอาการเจ็บป่วยหรือไม่		
ไม่มี	30	100
มี	-	-

ผู้ตอบแบบสอบถามเป็นผู้ที่ไม่เคยบริโภคผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่มจำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 100

ผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนนการทดสอบผู้บริโภคต่อเมล่อนผงชงดื่มแบบการใช้มาตราวัดความชอบ 9 จุด (9-point Hedonic Scale Test) ในคุณลักษณะต่างๆ ทั้ง 5 คุณลักษณะของเมล่อนผงชงดื่ม คือ ลักษณะปรากฏของเมล่อนผงชงดื่ม สีของเมล่อนผงชงดื่ม กลิ่นรสของเมล่อนผงชงดื่ม รสชาติของเมล่อนผงชงดื่ม และความชอบโดยรวม โดยตัวอย่างที่ทำการชิมมีทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ได้แก่ เมล่อนผงที่เติม SPI, RP, PP และ GMS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10

ตัวอย่างเมล่อนผงที่เติม SPI ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 4.67 ดังแสดงในตารางที่ 23 ซึ่งเป็นความชอบในระดับเฉยๆ ซึ่งมีผู้ทดสอบที่ยอมรับจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 36.67 โดยผู้ที่ไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่มให้เหตุผลในการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่ม ดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์มีรสชาติขมเหมือนยา
2. ไม่มีกลิ่นเมล่อน รสชาติไม่หวาน และเหม็นเขียวเล็กน้อย
3. มีกลิ่นเขียวๆคล้ายกับกลิ่นของแตง และไม่หวาน
4. รสชาติค่อนข้างขม
5. กลิ่นโปรตีนแรง
6. ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นเหม็นเขียว

ตารางที่ 22 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงชงดื่มที่มีการเติม SPI ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5

ลักษณะคุณภาพ	ระดับคะแนนเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏของเมล่อนผงชงดื่ม	6.12±1.00
สีของเมล่อนผงชงดื่ม	6.90±1.06
กลิ่นรสของเมล่อนผงชงดื่ม	4.70±0.62
รสชาติของเมล่อนผงชงดื่ม	4.40±0.40
ความชอบโดยรวม	4.67±0.38

ตารางที่ 23 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเมล็ดองุ่นที่ผ่านการเติม SPI ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5

การยอมรับผลิตภัณฑ์เมล็ดองุ่น	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ยอมรับ	11	36.67
ไม่ยอมรับ	19	63.33

ตัวอย่างเมล็ดองุ่นที่เติม SPI ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 4.63 ดังแสดงในตารางที่ 25 ซึ่งเป็นความชอบในระดับเฉยๆ ซึ่งมีผู้ทดสอบที่ยอมรับจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 โดยผู้ที่ไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์เมล็ดองุ่นให้เหตุผลในการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมล็ดองุ่น ดังนี้

1. รสชาติไม่ชัดเจน กลิ่นรสไม่ชัดเจน
2. ยังมีความขมอยู่
3. เหม็นเขียวเล็กน้อย รสขม ไม่หวาน ไม่มีกลิ่นเมล็ดองุ่น
4. ขาดรสหวาน
5. กลิ่นโปรตีนชัดเจน

นอกจากนี้ผู้บริโภคยังมีการให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับผลิตภัณฑ์เมล็ดองุ่น ดังนี้

1. กลิ่นเขียวของตัวอย่างลดลง ควรเพิ่มกลิ่นของเมล็ดองุ่น และความหวานเล็กน้อย

ตารางที่ 24 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อเมล็ดองุ่นที่ผ่านการเติม SPI ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10

ลักษณะคุณภาพ	ระดับคะแนนเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏของเมล็ดองุ่น	6.13±0.76
สีของเมล็ดองุ่น	6.37±0.75
กลิ่นรสของเมล็ดองุ่น	4.90±0.70
รสชาติของเมล็ดองุ่น	4.63±0.59
ความชอบโดยรวม	4.63±0.71

ตารางที่ 25 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเมล็ดองุ่นที่ผ่านการเติม SPI ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10

การยอมรับผลิตภัณฑ์เมล็ดองุ่น	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ยอมรับ	9	30.00
ไม่ยอมรับ	21	70.00

ตัวอย่างเมล็ดองุ่นที่เติม RP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 4.37 ดังแสดงในตารางที่ 27 ซึ่งเป็นความชอบในระดับเฉยๆ ซึ่งมีผู้ทดสอบที่ยอมรับจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 โดยผู้ที่ไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์เมล็ดองุ่นทำให้เหตุผลในการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมล็ดองุ่น ดังนี้

1. รุ้สึกเหมือนเป็นผงๆ
2. กลิ่นของตัวอย่างแปลก ขาดรสหวาน
3. ไม่มีกลิ่นเมล็ดองุ่น ไม่มีรสหวาน และเหม็นเขียวเล็กน้อย
4. เหมือนมีรสเปรี้ยว
5. สีของตัวอย่างขุ่นขึ้น

นอกจากนี้ผู้บริโภคยังมีการให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับผลิตภัณฑ์เมล็ดองุ่น ดังนี้

1. กลิ่นรสดีขึ้น มีกลิ่นเมล็ดองุ่นมากขึ้น

ตารางที่ 26 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อเมล็ดองุ่นที่ผ่านการเติม RP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5

ลักษณะคุณภาพ	ระดับคะแนนเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏของเมล็ดองุ่น	5.20±0.72
สีของเมล็ดองุ่น	5.00±0.63
กลิ่นรสของเมล็ดองุ่น	4.33±0.60
รสชาติของเมล็ดองุ่น	4.27±0.75
ความชอบโดยรวม	4.37±0.51

ตารางที่ 27 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเมล็ดองุ่นที่ผ่านการเติม RP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5

การยอมรับผลิตภัณฑ์เมล็ดองุ่น	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ยอมรับ	6	20.00
ไม่ยอมรับ	24	80.00

ตัวอย่างเมล็ดองุ่นที่เติม RP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 4.40 ดังแสดงในตารางที่ 29 ซึ่งเป็นความชอบในระดับเฉยๆ ซึ่งมีผู้ทดสอบที่ยอมรับจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 โดยผู้ที่ไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์เมล็ดองุ่นทำให้เหตุผลในการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมล็ดองุ่น ดังนี้

1. มีกากของเมล็ดองุ่น ขาดรสหวาน และรู้สึกเป็นผงๆมากกว่า
2. สีของตัวอย่างไม่น่าทาน กลิ่นของโปรตีนกลบกลิ่นเมล็ดองุ่น
3. เหนียวเคี้ยวเล็กน้อย ไม่หวาน ไม่มีกลิ่นเมล็ดองุ่น
4. สีเข้มเกินไปทำให้ไม่น่ารับประทาน
5. รสชาติเหมือนขนมปังเก่า
6. เหมือนมีผงไม่ละลาย กลิ่นแฉะมาก
7. สีสีความขุ่น

ตารางที่ 28 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อเมล็ดองุ่นที่ผ่านการเติม RP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10

ลักษณะคุณภาพ	ระดับคะแนนเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏของเมล็ดองุ่น	4.80±0.47
สีของเมล็ดองุ่น	4.80±0.49
กลิ่นรสของเมล็ดองุ่น	4.50±0.60
รสชาติของเมล็ดองุ่น	4.50±0.62
ความชอบโดยรวม	4.40±0.66

ตารางที่ 29 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงดื่มที่มีการเติม RP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10

การยอมรับผลิตภัณฑ์เมล่อนผงดื่ม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ยอมรับ	8	26.67
ไม่ยอมรับ	22	73.33

ตัวอย่างเมล่อนผงที่เติม PP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 3.57 ดังแสดงในตารางที่ 35 ซึ่งเป็นความชอบในระดับไม่ชอบเล็กน้อย ซึ่งมีผู้ทดสอบที่ยอมรับจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 โดยผู้ที่ไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์เมล่อนผงดื่มให้เหตุผลในการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมล่อนผงดื่ม ดังนี้

1. รู้สึกเป็นผงๆมากเกินไป
2. มีรสเค็ม
3. สีขุ่น รสชาติแปลกๆ
4. มีกลิ่นฝัก ขาดรสหวาน
5. มีความฝืด
6. ไม่มีกลิ่นเมล่อน เหมือนเขียวเล็กน้อย
7. รสออกเค็มๆเล็กน้อย เหมือนการละลายตัวไม่ค่อยดี

นอกจากนี้ผู้บริโภคยังมีการให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับผลิตภัณฑ์เมล่อนผงดื่ม ดังนี้

1. ควรเพิ่มกลิ่นเมล่อนและรสหวาน

ตารางที่ 30 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงดื่มที่มีการเติม PP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5

ลักษณะคุณภาพ	ระดับคะแนนเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏของเมล่อนผงดื่ม	6.10±0.87
สีของเมล่อนผงดื่ม	6.17±0.81
กลิ่นรสของเมล่อนผงดื่ม	4.70±0.71
รสชาติของเมล่อนผงดื่ม	3.47±0.49
ความชอบโดยรวม	3.57±0.47

ตารางที่ 31 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงดื่มที่มีการเติม PP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5

การยอมรับผลิตภัณฑ์เมล่อนผงดื่ม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ยอมรับ	13	43.33
ไม่ยอมรับ	17	56.67

ตัวอย่างเมล่อนผงที่เติม PP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 4.13 ดังแสดงในตารางที่ 37 ซึ่งเป็นความชอบในระดับเฉยๆ ซึ่งมีผู้ทดสอบที่ยอมรับจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 โดยผู้ที่ไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์เมล่อนผงดื่มให้เหตุผลในการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมล่อนผงดื่ม ดังนี้

1. มีกลิ่นเหม็นเขียว สีขุ่น รสขม
2. มีความขม กลิ่นเขียวแฉง
3. กลิ่นโปรตีนกลบกลิ่นเมล่อน
4. กลิ่นโปรตีนชัดเจนเกินไป
5. ยังรู้สึกผงยังไม่ละลาย
6. รสชาติแปลกๆ
7. ดมแล้วเหม็นเขียว ไม่มีกลิ่นเมล่อน

ตารางที่ 32 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงดื่มที่มีการเติม PP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10

ลักษณะคุณภาพ	ระดับคะแนนเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏของเมล่อนผงดื่ม	5.67±0.74
สีของเมล่อนผงดื่ม	5.60±0.73
กลิ่นรสของเมล่อนผงดื่ม	4.47±0.75
รสชาติของเมล่อนผงดื่ม	4.07±0.60
ความชอบโดยรวม	4.13±0.67

ตารางที่ 33 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงดื่มที่มีการเติม PP ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10

การยอมรับผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่ม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ยอมรับ	5	16.67
ไม่ยอมรับ	25	83.33

ตัวอย่างเมล่อนผงที่เติม GMS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 5.27 ดังแสดงในตารางที่ 31 ซึ่งเป็นความชอบในระดับชอบเล็กน้อย ซึ่งมีผู้ทดสอบที่ยอมรับจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 โดยผู้ที่ไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่มให้เหตุผลในการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่ม ดังนี้

1. มีความหนืดมากเกินไป
2. ขาดรสหวาน มีกากเมล่อน รสชาติมีความขม
3. กลิ่นเหมือนสาหร่าย
4. เหม็นเขียวเล็กน้อย ไม่หวาน ไม่มีกลิ่นเมล่อน
5. มีความหนืดเกินไป ไม่มีรสชาติ

นอกจากนี้ผู้บริโภคยังมีการให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่ม ดังนี้

1. มีกลิ่นของเมล่อนเพิ่มมากขึ้น
2. มีความหนืด ออกแนวขมมากกว่าผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่ม
3. มีกลิ่นเมล่อนอ่อนๆ สีกำลังดี คล้ายกับสีจริงของน้ำเมล่อน
4. ได้กลิ่นรสเมล่อนเล็กน้อย ควรเพิ่มรสหวาน
5. ตัวอย่างค่อนข้างมีความหนืดมากเกินไป

ตารางที่ 34 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงดื่มที่มีการเติม GMS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5

ลักษณะคุณภาพ	ระดับคะแนนเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏของเมล่อนผงชงดื่ม	5.67±0.82
สีของเมล่อนผงชงดื่ม	6.70±1.08
กลิ่นรสของเมล่อนผงชงดื่ม	5.40±0.78
รสชาติของเมล่อนผงชงดื่ม	5.13±0.54
ความชอบโดยรวม	5.27±0.63

ตารางที่ 35 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเมลอนผงดื่มที่มีการเติม GMS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5

การยอมรับผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่ม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ยอมรับ	16	53.33
ไม่ยอมรับ	14	46.67

ตัวอย่างเมลอนผงที่เติม GMS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 4.37 ดังแสดงในตารางที่ 33 ซึ่งเป็นความชอบในระดับเฉยๆ ซึ่งมีผู้ทดสอบที่ยอมรับจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 โดยผู้ที่ไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่มให้เหตุผลในการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่ม ดังนี้

1. มีโปรตีนที่ไม่ละลายลอยอยู่ที่ผิวทำให้มีลักษณะไม่น่าทาน
2. รุ้สึกเหมือนผงไม่ละลาย
3. มีรสขมเล็กน้อย
4. รสชาติจืด
5. มีตะกอนสีขาวๆ
6. ไม่มีกลิ่นเมล่อน เหม็นเขียวเล็กน้อย ไม่น่าทาน
7. ตัวอย่างไม่เป็นเนื้อเดียวกัน
8. ลักษณะปรากฏไม่ดี มีแขวนลอยอยู่มาก

ตารางที่ 36 ข้อมูลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อเมลอนผงดื่มที่มีการเติม GMS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10

ลักษณะคุณภาพ	ระดับคะแนนเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏของเมล่อนผงชงดื่ม	4.20±0.45
สีของเมล่อนผงชงดื่ม	4.90±0.35
กลิ่นรสของเมล่อนผงชงดื่ม	4.90±0.61
รสชาติของเมล่อนผงชงดื่ม	4.50±0.70
ความชอบโดยรวม	4.37±0.60

ตารางที่ 37 ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อเมล่อนผงดื่มที่มีการเติม GMS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10

การยอมรับผลิตภัณฑ์เมล่อนผงดื่ม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ยอมรับ	6	20.00
ไม่ยอมรับ	24	80.00



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ชนิดและความเข้มข้นของสารก่อให้เกิดโฟมมีผลต่อความหนาแน่น การขยายตัว และความคงตัวของโฟม ซึ่งสารก่อให้เกิดโฟมที่สามารถเกิดโฟมได้ดีคือโปรตีนถั่วลันเตาและโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท ซึ่งโปรตีนถั่วลันเตาเกิดโฟมได้ดีที่ความหนาแน่นในช่วง 0.208 ถึง 0.211 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทเกิดโฟมได้ดีที่ความหนาแน่นในช่วง 0.223 ถึง 0.232 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อนำโฟมเมลอนไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าสารก่อให้เกิดโฟมที่สามารถทำให้เกิดความหนาแน่นที่ต่ำที่สุดและเกิดการขยายตัวของโฟมมากที่สุด จะส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้น เนื่องจากการเกิดโฟมได้ดีทำให้สามารถกักเก็บอากาศไว้ได้มากและมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศร้อนได้มากกว่า จึงใช้ระยะเวลาในการทำแห้งสั้นกว่า นั่นคือการเติมโปรตีนถั่วลันเตาและโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 240 นาที จะได้เมลอนที่มีความชื้นร้อยละ 9.20 ± 0.09 และ 9.70 ± 0.49 ฐานเปียก ตามลำดับ ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่จะพบปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในปริมาณที่น้อยกว่า ในทางกลับกัน การเติมสารกลีเซอรอลโมโนสเตียเรทสามารถกักเก็บสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ดีกว่า และในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมลอนผงซึ่งดื่มตัวอย่างที่มีการยอมรับคือเมลอนผงที่มีการเติมสารกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท ทั้งนี้อาจมีการพัฒนาในการใช้สารก่อให้เกิดโฟม 2 ชนิดร่วมกัน เพื่อให้ได้คุณภาพและมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มมากขึ้น และเป็นกระบวนการที่แนะนำสำหรับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หรือสินค้าทางการเกษตรในระดับรากหญ้า ที่ส่วนมากใช้ตู้อบแห้งลมร้อนแบบภาคในการผลิต ซึ่งอาจนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ผงด้วยการทำแห้งแบบโฟมเมท เพื่อนำไปเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสในไอศกรีม วิปครีม หรือซีเรียลต่างๆ เพื่อให้ได้เป็นเมลอนผงที่มีโปรตีนเสริม

รายการอ้างอิง

- A, S., Venkatachalam, S., John, S. G., & Kuppaswamy, K. (2015). Foam Mat Drying of Food Materials: A Review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 3165-3174.
- Asokapandian, S., Venkatachalam, S., Swamy, G. J., & Kuppasamy, K. (2016). Optimization of Foaming Properties and Foam Mat Drying of Muskmelon Using Soy Protein. *Journal of Food Process Engineering*, 39(6), 692-701.
- Brar, A. S., Kaur, P., Kaur, G., Subramanian, J., Kumar, D., & Singh, A. (2020). Optimization of Process Parameters for Foam-Mat Drying of Peaches. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup3), S1495-S1518.
- Darjani, M., Shahraki, M., & Mostafa Habibi-Khorassani, S. (2022). Theoretical study on the mechanism and kinetics of the formation beta-carotene epoxides from the oxidative degradation of beta-carotene. *Food Chem*, 389, 133082.
- de Cól, C. D., Tischer, B., Hickmann Flóres, S., & Rech, R. (2021). Foam-mat drying of bacaba (*Oenocarpus bacaba*): Process characterization, physicochemical properties, and antioxidant activity. *Food and Bioproducts Processing*, 126, 23-31.
- Dehghannya, J., Pourahmad, M., Ghanbarzadeh, B., & Ghaffari, H. (2019). Heat and mass transfer enhancement during foam-mat drying process of lime juice: Impact of convective hot air temperature. *International Journal of Thermal Sciences*, 135, 30-43.
- Falade, K. O., Adeyanju, K. I., & Uzo-Peters, P. I. (2003). Foam-mat drying of cowpea (*Vigna unguiculata*) using glyceryl monostearate and egg albumin as foaming agents. *European Food Research and Technology*, 217(6), 486-491.
- Falade, K. O., & Adeniyi, O. G. (2021). Instant soups from cowpea varieties using foam-mat drying. *Lwt*, 151.
- Falade, K. O., & Okocha, J. O. (2010). Foam-Mat Drying of Plantain and Cooking Banana (*Musa spp.*). *Food and Bioprocess Technology*, 5(4), 1173-1180.
- Kamali, R., Dadashi, S., Dehghannya, J., & Ghaffari, H. (2022). Numerical simulation and

- experimental investigation of foam-mat drying for producing banana powder as influenced by foam thickness. *Applied Food Research*, 2(1).
- Kandasamy, P., Varadharaju, N., Kalemullah, S., & Maladhi, D. (2014). Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. *J Food Sci Technol*, 51(10), 2526-2534.
- Lester, G. E., & Hodges, D. M. (2008). Antioxidants associated with fruit senescence and human health: Novel orange-fleshed non-netted honey dew melon genotype comparisons following different seasonal productions and cold storage durations. *Postharvest Biology and Technology*, 48(3), 347-354.
- M, J. I., Abbas, A., Rafique, H., M, F. N., & Rasool, A. (2018). A review paper on foam-mat drying of fruits and vegetables to develop powders. *MOJ Food Processing & Technology*, 6(6).
- Mallek-Ayadi, S., Bahloul, N., Baklouti, S., & Kechaou, N. (2022). Bioactive compounds from Cucumis melo L. fruits as potential nutraceutical food ingredients and juice processing using membrane technology. *Food Science & Nutrition*.
- Manchali, S., & Murthy, K. N. C. (2020). Muskmelon. In *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables*, (pp. 533-546).
- Mbegbu, N. N., Nwajinka, C. O., & Amaefule, D. O. (2021). Thin layer drying models and characteristics of scent leaves (*Ocimum gratissimum*) and lemon basil leaves (*Ocimum africanum*). *Heliyon*, 7(1), e05945.
- Mundada, M., Hathan, B.S., Maske, S., 2010. Convective dehydration kinetics of osmotically pretreated pomegranate arils. *Biosyst. Eng.* 107, 307–316.
- Osama, K., Younis, K., Qadri, O. S., Parveen, S., & Siddiqui, M. H. (2022). Development of under-utilized kadam (*Neolamarkia cadamba*) powder using foam mat drying. *Lwt*, 154.
- Owen R. Fennema. (1996). *Food Chemistry*. 4th ed., Taylor and Francis Group., New York, USA. pp. 593-598.
- Plaza, L., Altisent, R., Alegre, I., Viñas, I., & Abadias, M. (2016). Changes in the quality and antioxidant properties of fresh-cut melon treated with the biopreservative culture *Pseudomonas graminis* CPA-7 during refrigerated storage. *Postharvest*

Biology and Technology, 111, 25-30.

- Pott, I., Marx, M., Neidhart, S., Mu-Hlbauer, W. and Carle R. (2003). Quantitative Determination of β -Carotene Stereoisomers in Fresh, Dried, and Solar-Dried Mangoes (*Mangifera indica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. (51); 4527-4531.
- Rajkumar, P., Kailappan, R., Viswanathan, R., & Raghavan, G. S. V. (2007). Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. *Journal of Food Engineering*, 79(4), 1452-1459.
- Ratti, C., & Kudra, T. (2007). Drying of Foamed Biological Materials: Opportunities and Challenges. *Drying Technology*, 24(9), 1101-1108.
- Roberts, J.S., Kidd, D.R., Padilla-Zakour, O., 2008. Drying kinetics of grape seeds. *J. Food Eng.* 89 (4), 460–465.
- Sahoo, M., Titikshya, S., Aradwad, P., Kumar, V., & Naik, S. N. (2022). Study of the drying behaviour and color kinetics of convective drying of yam (*Dioscorea hispida*) slices. *Industrial Crops and Products*, 176.
- Sangamithra, A., Sivakumar, V., Kannan, K., & John, S. G. (2015). Foam-Mat Drying of Muskmelon. *International Journal of Food Engineering*, 11(1), 127-137.
- Sankat, C. K., & Castaigne, F. (2004). Foaming and drying behaviour of ripe bananas. *LWT - Food Science and Technology*, 37(5), 517-525.
- Solval, K. M., Sundararajan, S., Alfaro, L., & Sathivel, S. (2012). Development of cantaloupe (*Cucumis melo*) juice powders using spray drying technology. *LWT - Food Science and Technology*, 46(1), 287-293.
- Susanti, D. Y., Sediawan, W. B., Fahrurrozi, M., & Hidayat, M. (2021). Foam-mat drying in the encapsulation of red sorghum extract: Effects of xanthan gum addition on foam properties and drying kinetics. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(4), 270-279.
- Suet Li, T., Sulaiman, R., Rukayadi, Y., & Ramli, S. (2021). Effect of gum Arabic concentrations on foam properties, drying kinetics and physicochemical properties of foam mat drying of cantaloupe. *Food Hydrocolloids*, 116.
- Tadmor, Y., Burger, J., Yaakov, I., Feder, A., Libhaber, S. E., Portnoy, V., Meir, A., Tzuri, G., Sa'ar, U., Rogachev, I., Aharoni, A., Abeliovich, H., Schaffer, A. A., Lewinsohn, E., &

Katzir, N. (2010). Genetics of flavonoid, carotenoid, and chlorophyll pigments in melon fruit rinds. *J Agric Food Chem*, 58(19), 10722-10728.

Thuwapanichayanan, R., Prachayawarakorn, S., & Soponronnarit, S. (2012). Effects of foaming agents and foam density on drying characteristics and textural property of banana foams. *Lwt*, 47(2), 348-357.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

สมการที่ใช้ในการทำแห้ง

1. การหาปริมาณความชื้น (ฐานเปียก)

$$MC_{wb} = 100 \times \left(1 + \frac{W_f}{W_t} \left(\frac{MC_f}{100-1} \right) \right) \quad (11)$$

เมื่อ MC_{wb} หมายถึง ปริมาณความชื้นฐานเปียก

W_f หมายถึง น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)

W_t หมายถึง น้ำหนักที่เวลา t (กรัม)

MC_f หมายถึง ความชื้นสุดท้าย (เปอร์เซ็นต์)

2. การหาปริมาณความชื้น (ฐานแห้ง)

$$MC_{db} = 100 \times \left(\frac{MC_t}{100-MC_t} \right) \quad (12)$$

เมื่อ MC_{db} หมายถึง ปริมาณความชื้นฐานแห้ง (เปอร์เซ็นต์)

MC_t หมายถึง ความชื้นที่เวลา t (เปอร์เซ็นต์)

3. การหาอัตราส่วนความชื้น

$$MR = \frac{MC_t - MC_{eq}}{MC_0 - MC_{eq}} \quad (13)$$

เมื่อ MR หมายถึง อัตราส่วนความชื้น

MC_0 หมายถึง ความชื้นเริ่มต้น (เปอร์เซ็นต์ฐานแห้ง)

MC_{eq} หมายถึง ความชื้นสมดุล (เปอร์เซ็นต์)



ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ค่าทางกายภาพและเคมี

1. การวัดค่าสี

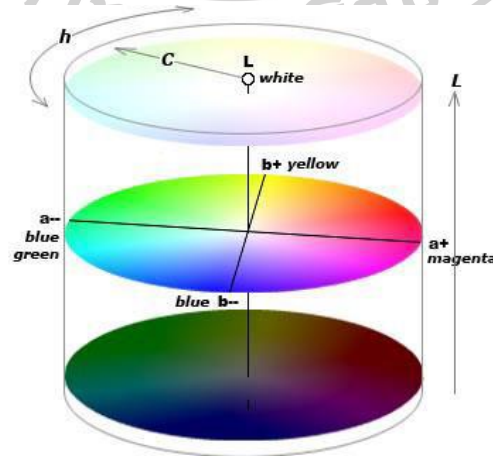
วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี Hunter lab (รุ่น Colorflex EZ, Hunter Associates Laboratory, Inc., USA) ทำการแคลิเบรชันด้วยแผ่น calibration plate สีขาว และ แผ่น calibration plate สีดำ โดยในการวัดแต่ละครั้งแสดงค่าผลเป็น L^* , a^* , b^* , chroma และ hue angle โดยวัดทั้งตัวอย่าง เมล่อนสด โฟมเมล่อน และตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการทำแห้งทุกตัวอย่าง และนำมาคำนวณค่า chroma ซึ่งเป็นตัวเลขที่แสดงถึงความอิ่มตัวของค่าสี ค่า hue angle ซึ่งเป็นตัวเลขที่ระบุว่าสีมีตำแหน่งอยู่ที่ใดในกราฟ และค่าความแตกต่างสี (total color difference; ΔE) ตาม สมการ 14, 15 และ 16

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (14)$$

$$\text{hue angle} = \tan^{-1} \cdot \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (15)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (16)$$

เมื่อ hue angle = 0° แสดงว่าเป็นสีแดง
 = 90° แสดงว่าเป็นสีเหลือง
 = 180° แสดงว่าเป็นสีเขียว
 = 270° แสดงว่าเป็นสีน้ำเงิน



ภาพที่ 30 เรขาคณิตของค่าสีในระบบ CIE $L^*a^*b^*$

2. การวัดปริมาณความชื้นด้วยวิธี Hot air oven (AOAC, 1999)

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

2.1.1 เมล่อนสด สุ่มตัวอย่างในแต่ละชุดการทดลองนำมาสับละเอียด จากนั้นเก็บในปีกเกอร์ที่ปิดด้วยพาราฟิล์มเพื่อป้องกันการระเหยของความชื้น

2.2 วิธีวิเคราะห์

2.2.1 ชั่งน้ำหนักภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น ที่อบทิ้งไว้และทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที ชั่งด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.2.2 ใส่ตัวอย่างลงในภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นประมาณ 3 กรัม บันทึกน้ำหนักภาชนะอะลูมิเนียมรวมกับตัวอย่าง และนำไปอบโดยเปิดฝาในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.2.3 ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที

2.2.4 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังอบด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน และนำมาคำนวณปริมาณความชื้นโดยใช้สูตรแสดงดังสมการที่ 6

$$MC(\%) = \frac{W_i - W_t}{W_t} \times 100 \quad (17)$$

เมื่อ MC หมายถึง ปริมาณความชื้นในหน่วยเปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก)

W_i หมายถึง น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_t หมายถึง น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

3. การวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี

วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี โดยใส่ตัวอย่างเมล่อนสดที่สับละเอียดประมาณ 3 กรัมลงในถ้วยสำหรับการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตี จากนั้นใส่ถ้วยสำหรับการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่บรรจุตัวอย่างลงในช่องใส่ตัวอย่างและวางหัววัดลงด้านบนของช่องใส่ตัวอย่างและอ่านค่าหลังจับเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

4. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid; TSS)

ก่อนทำการวิเคราะห์ทุกครั้งต้องทำการเทียบมาตรฐานกับน้ำกลั่นก่อน ซึ่งค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำกลั่นมีค่าเท่ากับ 0 นำตัวอย่างสดที่สับละเอียดที่เตรียมไว้ในบีกเกอร์ วางบนผ้าขาวบางหนา 2 ชั้น จากนั้นบีบตัวอย่างลงบนมาตรฐานวัดดัชนีหักเหแสงแบบดิจิตอลและกดอ่านค่า

5. การวิเคราะห์ปริมาณที่ไทเทรตได้ (AOAC, 2000)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเมล็ดสดที่เตรียมไว้ในข้อ 2 จำนวน 5 ± 0.02 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นทำการเติมน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร ทำการไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยขณะทำการไทเทรตใช้แท่งแม่เหล็กกวนสารละลายตลอดเวลาจากนั้นไทเทรตจนกระทั่งถึงจุดยุติ ซึ่งสารละลายจะมีค่าพีเอช เท่ากับ 8.1 วัดพีเอชด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (รุ่น pH M 210, Metro LAB, France) บันทึกปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ จากนั้นนำมาคำนวณปริมาณทั้งหมดเทียบกับกรดซิตริก ดังสมการ 18

$$TA = \frac{[ml NaOH] \times [milliequivalent factor of citric acid] \times 100}{g sample} \quad (10)$$

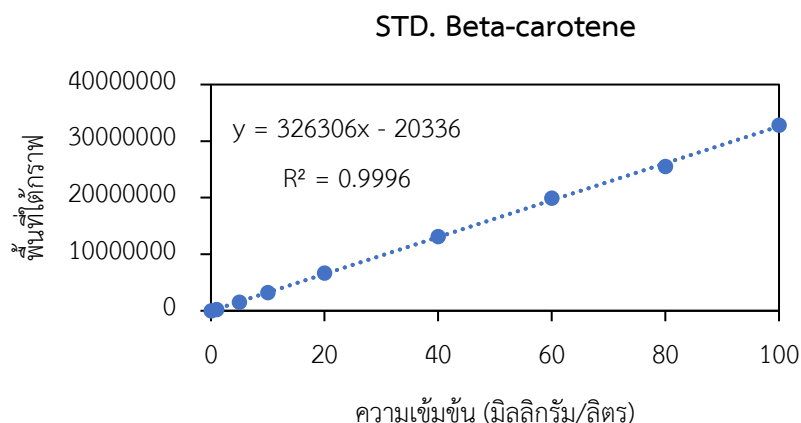
เมื่อ *ml NaOH* หมายถึง ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

g sample หมายถึง น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ไทเทรต (กรัม)

milliequivalent factor of citric acid มีค่าเท่ากับ 0.007

6. การวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน (Beta-carotene)

วิเคราะห์โดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography; HPLC, Shimadzu, Japan) โดยใช้คอลัมน์ C18 ชนิด reverse-phase (150 x 4.6 มิลลิเมตร) (GL Sciences, USA), UV diode-array detector โดยเฟสเคลื่อนที่ที่ใช้คืออัตราส่วนของเมทานอลต่ออะซิโตนไตรล์ (7:3) เกรด HPLC (RCI Labscan, Thailand) ใช้อัตราการไหล (flow rate) 0.1 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาณที่ฉีด 20 ไมโครลิตร และวัดค่าในช่วงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร



ภาพที่ 31 กราฟมาตรฐานเบต้าแคโรทีน สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน

6.1 การคำนวณ

จากการทดลองได้เจือจางสารสกัดแตกต่างกัน ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างเพื่อแสดงการคำนวณ ดังนี้

6.1.1 ตัวอย่างแห้ง

ซึ่งตัวอย่างมา 5 กรัม สกัดตัวอย่าง นำไปประเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนเหวี่ยงและปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร จากนั้นวัดค่าด้วย HPLC จะได้พื้นที่ใต้กราฟของเบต้าแคโรทีนเท่ากับ 9,425,870

จากกราฟเทียบมาตรฐานเบต้าแคโรทีน ให้สมการเส้นตรง $Y = 326306x - 20336$

เมื่อ y คือ พื้นที่ใต้กราฟ

x คือ ความเข้มข้นของสารมาตรฐานเบต้าแคโรทีน

แทนค่า พื้นที่ใต้กราฟ = 9,425,870 ลงในสมการจะได้

$$9,425,870 = 326306x - 20336$$

$$x = (9,425,870 + 20336) / 326306$$

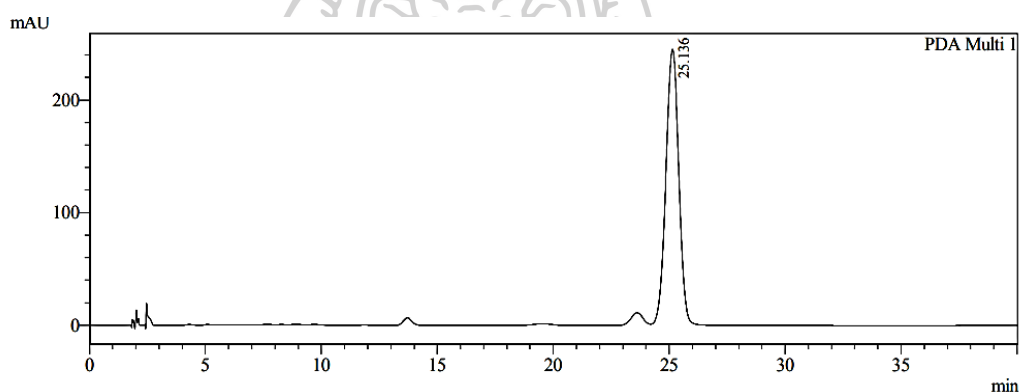
$$x = 28.9489 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร}$$

แสดงว่า ปริมาณเบต้าแคโรทีนในสารสกัดจึงมีค่าเท่ากับ 28.95 ส่วนในล้านส่วน หรือ 28.95 มิลลิกรัม/น้ำ 1000 มิลลิลิตร

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ในสารสกัด 10 มิลลิลิตร จะมีสารสกัดเริ่มต้น} &= (28.95 \times 10) / 1000 \\ &= 0.2895 \text{ มิลลิกรัม} \end{aligned}$$

ดังนั้น สารแห้ง 4.5361 กรัม มีเบต้าแคโรทีน 0.2895 มิลลิกรัม

$$\begin{aligned} \text{ถ้าสารแห้ง 1.00 กรัม มีเบต้าแคโรทีน เท่ากับ } &(1 \times 0.2895) / 4.5361 \text{ มิลลิกรัม} \\ &= 0.0638 \text{ มิลลิกรัม/กรัมสารแห้ง} \\ &= 63.8191 \text{ ไมโครกรัม/กรัมสารแห้ง} \end{aligned}$$



ภาพที่ 32 โครมาโทแกรมของสารเบต้าแคโรทีนในตัวอย่างเมล็ดองุ่นที่เติม SPI 5%

7. การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic content)

7.1 การเตรียมสารสกัด

7.1.1 นำตัวอย่างสดและตัวอย่างที่ทำแห้งแล้วมาปั่นละเอียด ตัวอย่างแห้งจะร่อนผ่านตะแกรง No. 40 จากนั้นชั่งตัวอย่างสดจำนวน 10 กรัม ตัวอย่างแห้ง 5 กรัม ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร

7.1.2 เติมเมทานอลที่ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงไปในหลอดที่มีตัวอย่าง

7.1.3 จากนั้นปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 30 นาที ควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 38-40 องศาเซลเซียส

7.1.4 หลังจากนั้นนำมากรองผ่านแผ่นกรอง Whatman No. 4 กรองใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตร (ตัวอย่างสด)/ 25 มิลลิลิตร (ตัวอย่างแห้ง)

7.1.5 สกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยใช้เมทานอล 15 และ 10 มิลลิลิตรตามลำดับและปรับปริมาตร เป็น 50 มิลลิลิตร (ใช้เมทานอล 10, 10 และ 5 มิลลิลิตร สำหรับปรับปริมาตร 25 มิลลิลิตร)

7.1.6 เก็บสารสกัดใส่ขวดสีชาและแช่ที่อุณหภูมิ -22 องศาเซลเซียสก่อนนำไปวิเคราะห์

7.2 การเตรียมสารละลาย

7.2.1 สารละลาย Folin Ciocalteu's phenol reagent ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ในน้ำกลั่น ปิเปต Folin Ciocalteu's phenol reagent ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

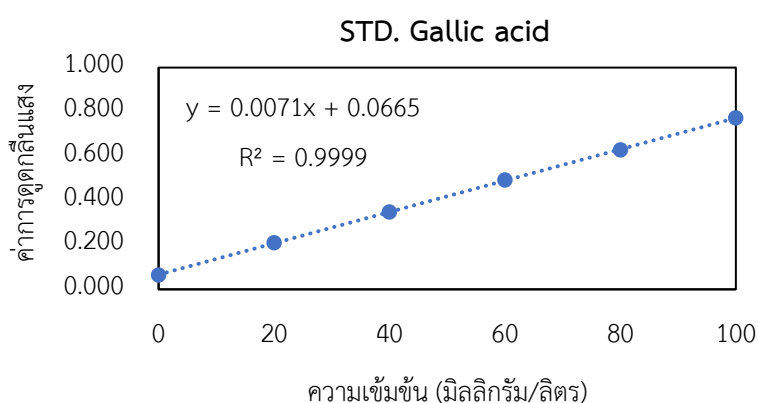
7.2.2 สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ที่ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ (มวล/ปริมาตร) ในน้ำกลั่น ชั่ง Na_2CO_3 ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งจำนวน 7.5 กรัม จากนั้นละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

7.2.3 สารมาตรฐานกรดแกลลิก

โดยชั่งกรดแกลลิกด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง จำนวน 0.1000 กรัม พร้อมบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นละลายกรดแกลลิกด้วยเมทานอลที่มีความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ซึ่งใช้เป็นสารสกัด จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร และติดฉลากข้างขวดให้เป็นสารละลายเข้มข้น (stock solution) เตรียมสารมาตรฐานกรดแกลลิกที่มีความเข้มข้นต่างๆ โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกจากสารละลายเข้มข้นที่เตรียมไว้ ปริมาตร 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยเมทานอล จะได้สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่มีความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

7.3 การเตรียมกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid standard curve)

ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่เตรียมไว้ที่ความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ลงในขวดสีชา เติม Folin Ciocalteu's phenol reagent ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงไป จากนั้นผสมโดยใช้เครื่องเขย่าสารตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ (มวล/ปริมาตร) ลงไป ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตร เขย่าโดยใช้เครื่องเขย่าสาร และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 120 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร



ภาพที่ 33 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิก สำหรับการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

7.4 การวิเคราะห์

ปิเปตสารสกัดตัวอย่างที่เตรียมไว้ในข้อ 4.1 ที่เตรียมไว้ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ลงในขวดสีชา เติม 10 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร) Folin Ciocalteu's phenol reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงไป จากนั้นผสมโดยใช้เครื่องเขย่าสาร (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่มีความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ (มวล/ปริมาตร) ลงไป 1.6 มิลลิลิตร เขย่าโดยใช้เครื่องเขย่าสาร และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 120 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยค่าการดูดกลืนแสง (A) อยู่ในช่วง 0.2-0.8

7.5 การคำนวณ

จากการทดลอง ได้เจือจางสารสกัดแตกต่างกัน ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างเพื่อแสดงการคำนวณมา 1 ตัวอย่าง ดังนี้

7.5.1 ตัวอย่างแห้ง

ซึ่งตัวอย่างมา 5.0008 กรัม หลังสกัดตัวอย่างปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 25 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารสกัดมาเจือจางโดยปิเปตสารสกัดเริ่มต้นมา 1 มิลลิลิตร เจือจางด้วยเมทานอล 1 มิลลิลิตร (1 เท่า) ไปเกิดปฏิกิริยาและวัดค่าการดูดกลืน ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ได้ค่าการดูดกลืนเท่ากับ 0.612

จากกราฟเทียบมาตรฐานกรดแกลลิกให้สมการเส้นตรง $Y = 0.0071x + 0.0665$

เมื่อ y คือ ค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

x คือ ความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแกลลิก

แทนค่า การดูดกลืน = 0.612 ลงในสมการจะได้

$$0.612 = 0.0071x + 0.0665$$

$$x = (0.612 - 0.0665)/0.0071$$

$$x = 76.83 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร}$$

แสดงว่า ปริมาณกรดแกลลิกในสารสกัดจึงมีค่าเท่ากับ $76.83 \times 2 = 153.66$ ส่วนในล้านส่วน หรือ 153.66 มิลลิกรัม/น้ำ 1000 มิลลิลิตร

ดังนั้น ในสารสกัดเริ่มต้น 25 มิลลิลิตรจึงมีกรดแกลลิก $= (153.66 \times 25)/1000$

$$= 7.68 \text{ มิลลิกรัม}$$

ดังนั้น สารแห้ง 4.5290 กรัม มีกรดแกลลิก 7.68 มิลลิกรัม

ถ้าสารแห้ง 1.00 กรัม มีกรดแกลลิกเท่ากับ $(1.00 \times 7.68)/4.5290$ มิลลิกรัม

$$= 1.70 \text{ มิลลิกรัมของกรดแกลลิก/กรัมสารแห้ง}$$

8. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH

8.1 การเตรียมสารสกัด

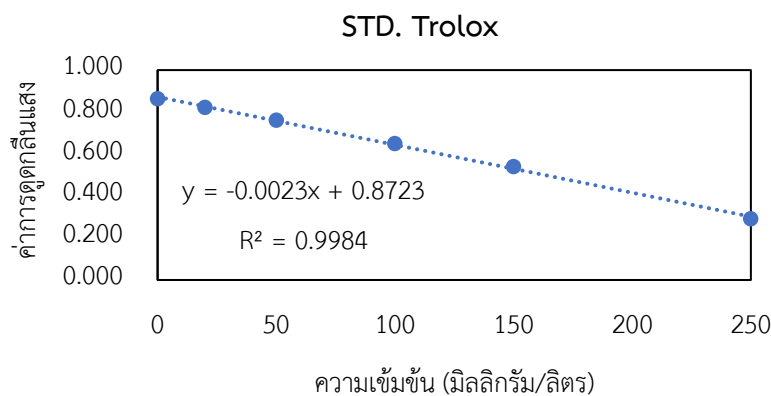
ใช้สารสกัดจากข้อ 7.1

8.2 การเตรียมสารละลาย

8.2.1 สารละลาย 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ที่มีความเข้มข้น 9×10^{-5} โมลาร์ เตรียม 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ที่มีความเข้มข้น 9×10^{-5} โมลาร์ โดยชั่งสาร DPPH ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง จำนวน 0.0177 กรัม ลงในปิกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ค่อยๆละลายด้วยเมทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร โดยใช้แท่งแก้วคน ต้องระวังไม่ให้โดนแสง รินใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร ที่ห่อหุ้มด้วยถุงดำเพื่อป้องกันแสง จากนั้นปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจนครบ 500 มิลลิลิตร (ควรเตรียมแล้วใช้ทันที)

8.2.2 สารมาตรฐานโทรลอกซ์ ที่มีความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

เตรียมสารโทรลอกซ์ที่มีความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่งสารโทรลอกซ์ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง จำนวน 0.0250 กรัม ลงในปิกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ละลายด้วยเมทานอลปริมาตร 10 มิลลิลิตร รินใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และติดฉลากข้างขวดให้เป็นสารละลายเข้มข้น (stock solution) เตรียมสารมาตรฐานโทรลอกซ์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์จากสารละลายเข้มข้นที่เตรียมไว้ปริมาตร 0, 0.8, 2.0, 4.0, 6.0 และ 10.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยเมทานอล จะได้สารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ที่มีความเข้มข้น 0, 20, 50, 100, 150 และ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 34 กราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ สำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (สำหรับวิเคราะห์ DPPH)

8.3 การวิเคราะห์

ปิเปตสารสกัดตัวอย่างที่เตรียมไว้ในข้อ 7.1 ที่เตรียมไว้ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 20 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 3.9 มิลลิลิตร จากนั้นผสมโดยใช้เครื่องเขย่าสาร (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ในที่มีดเป็นเวลา 120 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอลเป็น blank โดยค่าการดูดกลืนแสง (A) อยู่ในช่วง 0.2-0.8

8.4 การคำนวณ

8.4.1 ตัวอย่างสด

ชั่งตัวอย่างมา 10.0860 กรัม หลังสกัดตัวอย่างปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารสกัดมาเจือจางโดยปิเปตสารสกัดเริ่มต้นมา 0.1 มิลลิลิตร ไปเกิดปฏิกิริยาและวัดค่าการดูดกลืน ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ได้ค่าการดูดกลืนเท่ากับ 0.833

จากกราฟเทียบมาตรฐานโพลีฟีนอลให้สมการเส้นตรง $Y = -0.0023x + 0.8723$

เมื่อ y คือ ค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

x คือ ความเข้มข้นของสารมาตรฐานโพลีฟีนอล

แทนค่า การดูดกลืน = 0.833 ลงในสมการจะได้

$$0.833 = -0.0023x + 0.8723$$

$$x = (0.833 - 0.8723)/-0.0023$$

$$x = 17.09 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร}$$

แสดงว่า ปริมาณโพลีฟีนอลในสารสกัดจึงมีค่าเท่ากับ 17.09 ส่วนในล้านส่วน หรือ 17.09 มิลลิกรัม/น้ำ 1000 มิลลิลิตร

ดังนั้น ในสารสกัดเริ่มต้น 50 มิลลิลิตรจึงมีโพลีฟีนอล = $(17.09 \times 50)/1000$

$$= 0.85 \text{ มิลลิกรัม}$$

ดังนั้น สารแห้ง 1.1649 กรัม มีโพลีฟีนอล 0.85 มิลลิกรัม

ถ้าสารแห้ง 1.00 กรัม มีไทรลอกซ์เท่ากับ $(1.00 \times 0.85) / 1.1649$ มิลลิกรัม

$$= 0.73 \text{ มิลลิกรัมของไทรลอกซ์/กรัมสารแห้ง}$$

9. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ABTS

9.1 การเตรียมสารสกัด

ใช้สารสกัดจากข้อ 7.1

9.2 การเตรียมสารละลาย

9.2.1 สารละลาย 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) ที่มีความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ เตรียม 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) ที่มีความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งสาร ABTS ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง จำนวน 0.0192 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ค่อยๆ ละลายด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 2 มิลลิลิตร โดยใช้แท่งแก้วคน รินใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 5 มิลลิลิตร ที่ห่อหุ้มด้วยถุงดำเพื่อป้องกันแสง จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

9.2.2 สารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ที่ความเข้มข้น 2.6 มิลลิโมลาร์

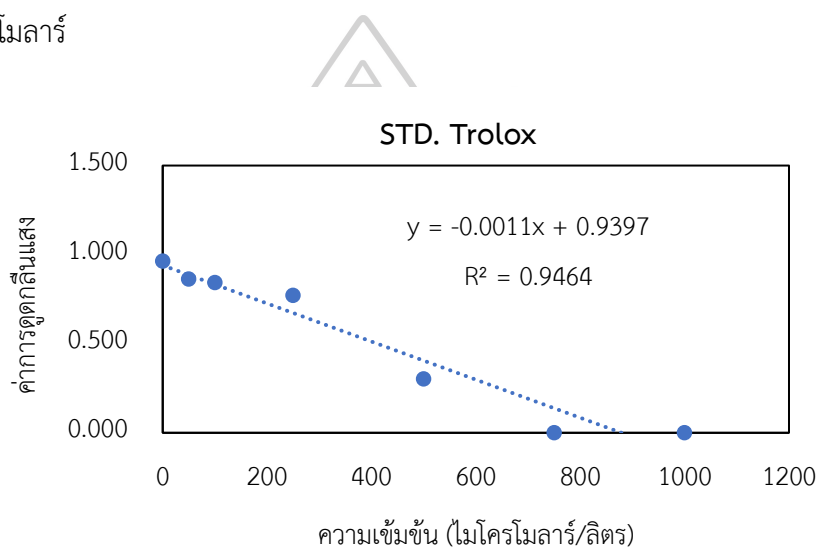
สารละลาย โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ที่ความเข้มข้น 2.6 มิลลิโมลาร์ โดยชั่งสารโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต จำนวน 0.7028 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

9.2.3 เตรียมสารละลาย ABTS^{•+} ซึ่งเป็น radical solution

โดยนำสารละลายในข้อ 9.2.1 มา 5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายในข้อ 9.2.2 จำนวน 5 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร บ่มในตู้เย็นและเก็บให้พ้นแสงเป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง จากนั้นปิเปตสารที่บ่มแล้วมา 9 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมนีออนอล 300 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนที่ 734 นาโนเมตร ค่าต้องอยู่ในช่วง 1.100 ± 0.02 หากไม่ได้ให้เติม ABTS^{•+} ทีละหยดแล้วนำไปวัดค่าใหม่ หรือเติมนีออนอลในกรณีที่เข้มข้นไป เรียกสารนี้ว่า working solution

9.2.4 สารมาตรฐานไทรลอกซ์ ที่ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

เตรียมสาร Trolox ที่มีความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่งสาร Trolox ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง จำนวน 0.0250 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ละลายด้วยเมทานอลปริมาตร 10 มิลลิลิตร รินใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และติดฉลากข้างขวดให้เป็นสารละลายเข้มข้น (stock solution) เตรียมสารมาตรฐาน Trolox ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Trolox จากสารละลายเข้มข้นที่เตรียมไว้ปริมาตร 0, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยเมทานอล จะได้สารละลายมาตรฐาน Trolox ที่มีความเข้มข้น 0, 50, 100, 250, 500, 750 และ 1000 ไมโครโมลาร์



ภาพที่ 35 กราฟมาตรฐาน Trolox สำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (สำหรับวิเคราะห์ ABTS)

9.3 การวิเคราะห์

ปิเปตสารสกัดตัวอย่างที่เตรียมไว้ในข้อ 7.1 ที่เตรียมไว้ ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ลงในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 20 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายในข้อ 9.2.3 ปริมาตร 2850 ไมโครลิตร จากนั้นผสมโดยใช้เครื่องเขย่าสาร (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 120 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอลเป็น blank โดยค่าการดูดกลืนแสง (A) อยู่ในช่วง 0.2-0.8

9.4 การคำนวณ

9.4.1 ตัวอย่างแห้ง

ซึ่งตัวอย่างมา 5.0400 กรัม หลังสกัดตัวอย่างปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 25 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารสกัดมาเจือจางโดยปิเปตสารสกัดเริ่มต้นมา 1 มิลลิลิตร เจือจางด้วยเมทานอล 1 มิลลิลิตร (2 เท่า) ไปเกิดปฏิกิริยาและวัดค่าการดูดกลืน ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ได้ค่าการดูดกลืนเท่ากับ 0.002

จากกราฟเทียบมาตรฐานโทรลอกซ์ให้สมการเส้นตรง $Y = -0.0011x + 0.9397$

เมื่อ y คือ ค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร

x คือ ความเข้มข้นของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

แทนค่า การดูดกลืน = 0.002 ลงในสมการจะได้

$$0.002 = -0.0011x + 0.9397$$

$$x = (0.002 - 0.9397)/-0.0011$$

$$x = 847.73 \text{ ไมโครโมลาร์/ลิตร}$$

แสดงว่า ปริมาณโทรลอกซ์ในสารสกัดจึงมีค่าเท่ากับ $847.73 \times 2 = 1695.45$ ส่วนในล้านส่วน หรือ 1695.45 ไมโครโมลาร์ต่อน้ำ 1000 มิลลิลิตร

ดังนั้น ในสารสกัดเริ่มต้น 25 มิลลิลิตรจึงมีโทรลอกซ์ = $(1695.45 \times 25)/1000$

$$= 42.39 \text{ ไมโครโมลาร์}$$

ดังนั้น สารแห้ง 4.5526 กรัม มีโทรลอกซ์ 42.39 ไมโครโมลาร์

ถ้าสารแห้ง 1.00 กรัม มีโทรลอกซ์เท่ากับ $(1.00 \times 42.39)/4.5526$ ไมโครโมลาร์

$$= 9.31 \text{ ไมโครโมลาร์ของโทรลอกซ์/กรัมสารแห้ง}$$



แบบสอบถามความชอบของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์
“เมลอนผงขงดื่ม”

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย ลงใน ที่ตรงกับท่านมากที่สุด (ข้อมูลจะถูกเก็บเป็นความลับ และข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เมลอนผงขงดื่มนี้เท่านั้น)

1.1 เพศ

- 1) ชาย 2) หญิง

1.2 ช่วงอายุ

- 1) ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 ปี 2) ช่วงอายุ 21 – 30 ปี 3) ช่วงอายุ 31 – 40 ปี
 4) ช่วงอายุ 41- 50 ปี 5) ช่วงอายุ 51 – 60 ปี 6) อายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป

1.3 อาชีพ

- 1) นักเรียน/นักศึกษา 2) ข้าราชการ/พนักงานของรัฐ 3) พนักงานรัฐวิสาหกิจ
 4) พนักงานบริษัทเอกชน 5) ธุรกิจส่วนตัว 6) รับจ้างทั่วไป
 7) อื่นๆ.....

1.4 ท่านดื่มสุราหรือไม่

- 1) ดื่ม 2) ไม่ดื่ม

1.5 ท่านสูบบุหรี่หรือไม่

- 1) สูบ 2) ไม่สูบ

1.6 ในวันที่ทำการทดสอบและตอบแบบสอบถามท่านมีปัญหาเจ็บป่วยทางสุขภาพหรือไม่

- 1) ไม่มี 2) มี โปรดระบุ.....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภค

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน O ที่ตรงกับท่านมากที่สุด (ข้อมูลจะถูกเก็บเป็นความลับ และข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่มนี้เท่านั้น)

2.1 ท่านเคยบริโภคผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่มมาก่อนหรือไม่

- 1) เคย 2) ไม่เคย (ถ้าตอบ ไม่เคย ไม่ต้องตอบคำถามถัดไป)

2.2 ท่านมีความรู้สึกอย่างไรต่อผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่ม

- 1) รู้สึกชอบ 2) รู้สึกเฉยๆ 3) รู้สึกไม่ชอบ

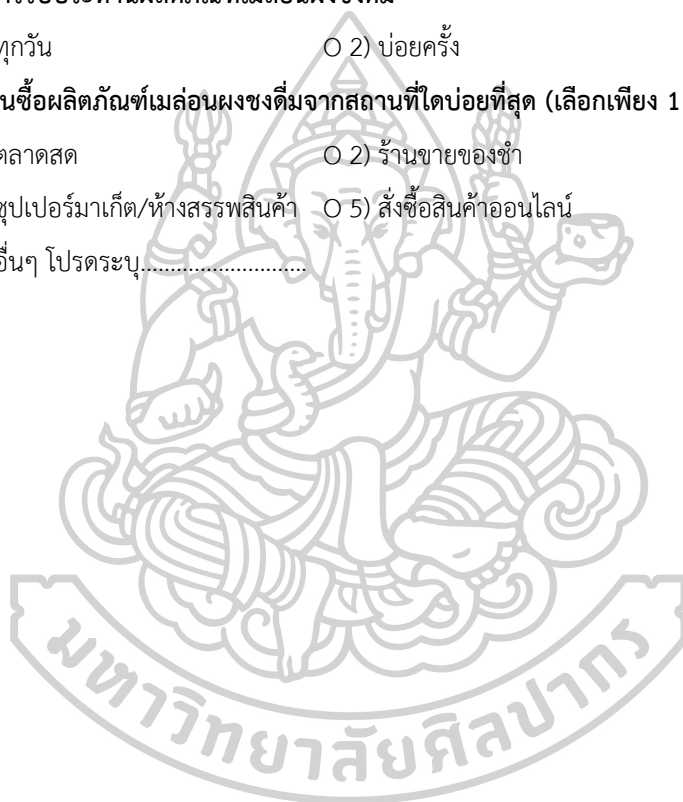
2.3 ความถี่ในการรับประทานผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่ม

- 1) ทุกวัน 2) บ่อยครั้ง 3) นานๆ ครั้ง

2.4 โดยปกติท่านซื้อผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่มจากสถานที่ใดบ่อยที่สุด (เลือกเพียง 1 คำตอบ)

- 1) ตลาดสด 2) ร้านขายของชำ 3) ร้านสะดวกซื้อ
 4) ซูเปอร์มาเก็ต/ห้างสรรพสินค้า 5) สั่งซื้อสินค้าออนไลน์
 6) อื่นๆ โปรดระบุ.....

มีต่อหน้าถัดไป



ส่วนที่ 3 ข้อมูลความชอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่

คำชี้แจง กรุณาดูลักษณะปรากฏของเมล่อนผงชงดื่ม จากนั้นชิมผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่ม แล้วให้คะแนนตามความรู้สึกของท่าน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ○ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด (ข้อมูลจะถูกเก็บเป็นความลับ และข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เมล่อนผงชงดื่มนี้เท่านั้น)

กรุณาติมน้ำก่อนชิมตัวอย่าง

ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
○ ชอบมากที่สุด	○ ชอบมากที่สุด	○ ชอบมากที่สุด	○ ชอบมากที่สุด	○ ชอบมากที่สุด
○ ชอบมาก	○ ชอบมาก	○ ชอบมาก	○ ชอบมาก	○ ชอบมาก
○ ชอบปานกลาง	○ ชอบปานกลาง	○ ชอบปานกลาง	○ ชอบปานกลาง	○ ชอบปานกลาง
○ ชอบเล็กน้อย	○ ชอบเล็กน้อย	○ ชอบเล็กน้อย	○ ชอบเล็กน้อย	○ ชอบเล็กน้อย
○ เฉยๆ	○ เฉยๆ	○ เฉยๆ	○ เฉยๆ	○ เฉยๆ
○ ไม่ชอบเล็กน้อย	○ ไม่ชอบเล็กน้อย	○ ไม่ชอบเล็กน้อย	○ ไม่ชอบเล็กน้อย	○ ไม่ชอบเล็กน้อย
○ ไม่ชอบปานกลาง	○ ไม่ชอบปานกลาง	○ ไม่ชอบปานกลาง	○ ไม่ชอบปานกลาง	○ ไม่ชอบปานกลาง
○ ไม่ชอบมาก	○ ไม่ชอบมาก	○ ไม่ชอบมาก	○ ไม่ชอบมาก	○ ไม่ชอบมาก
○ ไม่ชอบมากที่สุด	○ ไม่ชอบมากที่สุด	○ ไม่ชอบมากที่สุด	○ ไม่ชอบมากที่สุด	○ ไม่ชอบมากที่สุด

โดยรวมท่านสามารถยอมรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้หรือไม่

○ ยอมรับ

○ ไม่ยอมรับ โปรดระบุเหตุผล.....

ข้อเสนอแนะ

///ขอขอบคุณทุกท่านที่สละเวลาในการให้ข้อมูลครั้งนี้ ทางผู้วิจัยจะนำข้อมูลไปใช้ในการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป///



1. ปริมาณโปรตีนที่เติมลงในน้ำแม่ก่อนปั่นพร้อมเนื้อ

โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท มีโปรตีนร้อยละ 90

โปรตีนข้าว มีโปรตีนร้อยละ 80

โปรตีนถั่วลันเตา มีโปรตีนร้อยละ 80

2. การคำนวณ

โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทมีโปรตีนร้อยละ 90 ในโปรตีน 100 กรัม

ถ้าต้องการใช้โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทร้อยละ 5 คิดเป็น $= 5 \times 100 / 90$

$= 5.56$ กรัม/100 กรัมตัวอย่าง

โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทมีโปรตีนร้อยละ 90 ในโปรตีน 100 กรัม

ถ้าต้องการใช้โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทร้อยละ 10 คิดเป็น $= 10 \times 100 / 90$

$= 11.11$ กรัม/100 กรัมตัวอย่าง

โปรตีนข้าวมีโปรตีนร้อยละ 80 ในโปรตีน 100 กรัม

ถ้าต้องการใช้โปรตีนข้าวร้อยละ 5 คิดเป็น $= 5 \times 100 / 80$

$= 6.25$ กรัม/100 กรัมตัวอย่าง

โปรตีนข้าวมีโปรตีนร้อยละ 80 ในโปรตีน 100 กรัม

ถ้าต้องการใช้โปรตีนข้าวร้อยละ 10 คิดเป็น $= 10 \times 100 / 80$

$= 12.50$ กรัม/100 กรัมตัวอย่าง



กรุงเทพเคมี
KRUNGTHEPCHEMI.COM

73 Yu Yen Road Khaewng Ladprao Khet Ladprao, Bangkok 10230
เลขที่ 73 ถนนอยู่เย็น แขวงลาดพร้าว เขตลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร 10230
Tel. 02-015-6262, 093-038-3875 E-mail : Sale@krungthepchemi.com
โทร. 02-015-6262, 093-038-3875 อีเมล : Sale@krungthepchemi.com

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

PRODUCT IDENTITY INFORMATION

Name of product: SOY PROTEIN ISOLATE
Appearance: Light brown fine powder with characteristic odor.

DANGEROUS COMPONENT MIXTURE

NO

DATA ON PHYSICAL PROPERTIES

PROTEIN(DRY BASIS)	90.3%
MOISTURE	6.0
NSI:	95.4%
ASH:	4.8
PH:	7.2
Sieve analysis: 99.2% PASS 100 MESH	

GMO None

DATA ON DANGERS TO HEALTH

AFTER MANY YEARS OF EXPERIENCE IN THE PRODUCTION AND USE OF THE PRODUCT NO EFFECTS DETRIMENTAL TO HEALTH ARE KNOWN

MICROBIOLOGICAL CONTROL

TOTAL PLATE COUNT: 3,000/G
E. COLI: NEGATIVE/NEGATIVE
SALMOSELLA: NEGATIVE/NEGATIVE

DATA CHARACTERIZING FIRE-EXPLOSION DEGREE

SPECIAL FIRE AND EXPLOSION DANGER: NO
THIS IS A NON-COMBUSTIBLE ARTICLE.

SPECIAL SAFETY MEASURE OR SPECIAL PRECAUTIONS

ORDINARY HANDLING AND STORAGE VIA OSHA REGULATIONS IS ALL THAT IS REQUIRED.

STORAGE AND LABELLING

KEEP AWAY FROM LIGHT AND MOISTURE, IN COOL AND DRY PLACE

DATA ON TRANSPORTATION OF SUBSTANCES

RULES ON TRANSPORTATION OF THE SUBSTANCE

ECOLOGICAL DATA

DATA ON DECOMPOSITION OF THE SUBSTANCE: NO
THE WASTE OF THIS SUBSTANCE IS NOT DANGEROUS AND HARMFUL.

MEASURES IN SPILLING, SCATTERING OR LEAKAGE OUT OF SUBSTANCE

MOP UP OR SWEEP WITH ABSORBENT

ภาพที่ 36 องค์ประกอบของโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท

Nutrition Facts
40 servings per container
Serving size 2 Tbsp. (15 g)

Amount per serving
Calories 60

	% Daily Value*
Total Fat 0 g	0%
Saturated Fat 0 g	0%
Trans Fat 0 g	
Cholesterol 0 mg	0%
Sodium 5 mg	<1%
Total Carbohydrate 2 g	<1%
Dietary Fiber <1 g	3%
Total Sugars 1 g	
Includes 0 g Added Sugars	0%
Protein 12 g	24%
Vitamin D 0 mcg 0%	• Calcium 1 mg <1%
Iron 2 mg 10%	• Potassium 0 mg 0%
Phosphorus 29 mg 3%	• Manganese <1 mg 1%

DIRECTIONS:
As a protein source, add one serving to a shaker bottle or glass. Add water, rice milk, or beverage of your choice. Shake or mix well. You may also add a serving to your favorite smoothie or recipe. Not intended for children under the age of 7 years.

NITRO PAK
NATURALLY FRESH
Bacteria Free Environment

Produced exclusively for
NutriBiotic
P.O. Box 238
Lakeport, CA 95453
nutribiotic.com

* The % Daily Value (DV) tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice.

INGREDIENTS: Enzymatically processed rice protein from whole grain, sprouted brown rice.

ภาพที่ 37 องค์ประกอบของโปรตีนข้าว

100% Pea Protein



16 g Protein Per Serving

Organic Isolate Pea Protein

"Pure Protein"
1 Serving 20 g = 16 g Protein

DAIRY
FREE

SOY
FREE

GLUTEN
FREE

100% Pea Protein

Nutrition Information	
Serving size : 2 scoops (20g)	
Serving (s) per container : 25	
Amount per serving (Energy from fat 10 kcal)	
Percent Daily Values*	
Total Fat 1 g	2%
Saturated fat 0 g	0%
Trans fat 0 g	0%
Cholesterol 0 mg	0%
Protein 16 g	32%
Total carbohydrate 1 g	0%
Dietary fiber 0 g	0%
Sugars 0 g	0%
Sodium 200 mg	10%
Percent Daily Values*	
Vitamin A 0%	Vitamin B1 4%
Vitamin B2 0%	Calcium less than 2%
Iron 20%	Vitamin B6 0%

16 g Protein Per Serving

Organic Isolate Pea Protein

"Pure Protein"
1 Serving 20 g = 16 g Protein

DAIRY
FREE

SOY
FREE

GLUTEN
FREE

100% Pea Protein

Amino Acid Profile			
Amino Acid	Unit	Per 20g/	Per 100g/
1. L-Alanine	mg	656	3280
2. L-Arginine	mg	1892	9460
3. Glycine	mg	604	3020
4. Aspartic Acid	mg	1822	9110
5. Valine**	mg	678	3390
6. Cystine	mg	230	1150
7. Glutamic Acid	mg	2580	12900
8. Leucine**	mg	1188	5940
9. Isoleucine**	mg	502	2510
10. Histidine	mg	294	1470
11. Threonine*	mg	556	2780
12. Proline	mg	776	3880
13. Lysine*	mg	1472	7360
14. Methionine*	mg	163.4	817
15. Serine	mg	768	3840
16. Phenylalanine*	mg	760	3800
17. Tyrosine*	mg	492	2460
18. Tryptophan*	mg	89.8	449

16 g Protein Per Serving

Organic Isolate Pea Protein

"Pure Protein"
1 Serving 20 g = 16 g Protein

DAIRY
FREE

SOY
FREE

GLUTEN
FREE

ภาพที่ 38 องค์ประกอบของโปรตีนถั่วลันเตา



กรุงเทพเคมี
KRUNGTHEPCHEMI.COM

73 Yu Yen Road Khaewng Ladprao Khet Ladprao, Bangkok 10230

เลขที่ 73 ถนนอยู่เย็น แขวงลาดพร้าว เขตลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร 10230

Tel. 02-015-6262, 093-038-3875 E-mail : Sale@krungthepchemi.com

โทร. 02-015-6262, 093-038-3875 อีเมล : Sale@krungthepchemi.com

GLYCEROL MONOSTEARATE

SPECIFICATION		
Handling and Storage Keep in a tightly closed container, stored in a cool, dry, ventilated area. Protect against physical damage. Containers of this material may be hazardous when empty since they retain product residues (dust, solids); observe all warnings and precautions listed for the product.		Product Identification Synonyms: GMS; Glycerol monostearate CAS No.: 31566-31-1
ITEMS	UNIT	SPECIFICATION
Appearance		White to Slightly yellowish
Colour (Garder)	Garder	3 MAX
Melting Point	Celsius	58-61
Acid Value	mg KOH/g	3 MAX
Saponification Value	mg KOH/g	150.0-165.0
Iodine Value	G I ₂ /100g	3 MAX
Moisture	%	2 MAX
Monoglycerides	%	40 MIN
Free Glycerol	%	6 MAX
Soap	%	0-8
THIS PRODUCT IS CONFORMED TO THE SPECIFICATION		

Quality Control Manager - Mr. Asmi

ภาพที่ 39 องค์ประกอบของกลีเซอรอลโมโนสเตียเรท



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ชญญพัชร อูปมา
วัน เดือน ปี เกิด	6 พฤษภาคม 2540
สถานที่เกิด	เพชรบุรี
วุฒิการศึกษา	วท.บ. (เทคโนโลยีอาหาร)
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 167/1 หมู่ 2 ตำบลท่าตะคร้อ อำเภอหนองหญ้าปล้อง จังหวัดเพชรบุรี
ผลงานตีพิมพ์	Chanyapat Ouppama, Pramote Khuwijitjaru, and Busarakorn Mahayothee. 2021. EFFECT OF PLANT-BASED PROTEIN ON FOAM PROPERTIES AND DRYING BEHAVIOR OF FOAM-MAT DRYING OF MELON PUREE. Silpakorn International Conference on Total Art and Science 2021.

