



การพัฒนาผลิตภัณฑ์ส้มจัดผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

DEVELOPMENT OF CALAMONDIN POWDER BY SPRAY DRYING TECHNIQUE

วิทยานิพนธ์

ของ

นพรัตน์ หรรษาพันธุ์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สิงหาคม 2564

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

DEVELOPMENT OF CALAMONDIN POWDER BY SPRAY DRYING TECHNIQUE



เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สิงหาคม 2564



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย
Development of Calamondin Powder by Spray Drying Technique

นพรัตน์ หรรษาพันธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... 34 ประธานสอบวิทยานิพนธ์
(อาจารย์ ดร.บุญทริกา สุমনา)

..... [Signature] ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์)

..... [Signature] กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิเศษ นิลนนท์)

..... [Signature] กรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(อาจารย์ ดร.สรารุช แสงสว่างโชติ)

ได้รับอนุมัติจากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ให้นำเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

..... [Signature] คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศชัย จิตรอารี)

วันที่ 23 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2564

นพรัตน์ หารรษาพันธุ์. (2564). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย.

วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการเกษตร). จันทบุรี : มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์

ประธานกรรมการ

Ph.D. (Biotechnology)

รองศาสตราจารย์ ดร.วิเศษนม นิลนนท์

กรรมการ

Ph.D. (Environmental Science)

บทคัดย่อ

ส้มจี๊ด เป็นผลไม้ตระกูลเดียวกับมะนาว มีรสชาติเปรี้ยว มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว สามารถนำมาใช้แทนมะนาวในช่วงที่มะนาวมีราคาแพง ปัจจุบันส้มจี๊ดได้รับความนิยมและมีการส่งเสริมให้มีการปลูกมากขึ้นในจังหวัดจันทบุรี ส้มจี๊ดมักมีปริมาณมากในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวผลผลิต แต่ขาดแคลนและมีราคาแพงหลังจากช่วงเวลานั้น การเก็บรักษาส้มจี๊ดไว้ในรูปผงแห้ง น่าจะทำให้มีส้มจี๊ดใช้ตลอดปี งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำส้มจี๊ดผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยเตรียมน้ำส้มจี๊ดผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 และนำไปทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการป้อนสาร 20 รอบต่อนาที นำผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงที่ได้มาตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี เมื่อได้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่เหมาะสมในการทำแห้งส้มจี๊ดแล้ว จึงใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าดังกล่าวในการศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่เหมาะสม โดยผสมปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 20 และ 30 นำผงส้มจี๊ดที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในอาหาร 2 ชนิด ได้แก่ น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม และน้ำจิ้มซีฟู้ด และนำผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9- point Hedonic Scale) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน

ผลการทดลองพบว่า การใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่แตกต่างกัน 3 อุณหภูมิ มีปริมาณค่าการละลาย ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณวิตามินซี มีความแตกต่างกันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณวิตามินซี และความชื้น จึงเลือกอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 170 องศาเซลเซียส ไปศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่เหมาะสมในการทดลองต่อไปที่ศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ทริน 3 ระดับ พบว่าการใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 มีความเหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผง เนื่องจากมีกลิ่นหอมส้มจี๊ด มีสีเหลือง และมีปริมาณของวิตามินซีสูง จึงนำสภาวะที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 ไปทดสอบ

ในผลิตภัณฑ์อาหาร 2 ชนิดคือ น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม และน้ำจิ้มซีฟู้ด โดยพบว่าในน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม
สูตรที่ใช้ส้มจี๊ดผง 8 9 และ 10 กรัม ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p>0.05$) และผู้บริโภคมักมีความชอบในระดับชอบเล็กน้อย และในน้ำจิ้มซีฟู้ด พบว่าสูตร
ที่ใช้ส้มจี๊ดผง 12 14 และ 16 กรัม ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p>0.05$) และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในระดับชอบปานกลาง แสดงให้เห็นว่า
ส้มจี๊ดผงทั้ง 3 ระดับสามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม และในน้ำจิ้มซีฟู้ดได้
องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของส้มจี๊ดได้

คำสำคัญ : ส้มจี๊ด ส้มจี๊ดผง การทำแห้งแบบพ่นฝอย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Nopparat Hansapan. (2021). **Development of Calamondin Powder by Spray Drying Technique.**

Thesis M.S. (Agricultural Technology). Chanthaburi: Rambhai Barni Rajabhat University.

Thesis Advisors

Assistant Professor Dr. Yardrung Suwannarat Chairman

Ph.D. (Biotechnology)

Associate Professor Dr. Waritchon Ninlanon Member

Ph.D. (Environmental Science)

Abstract

Calamondin is in the same family as lemon which is an acid citrus fruit. Calamondin has a sour taste with a unique smell. It could be used to substitute for lemon when the price of lemons is expensive. Nowadays, calamondin is a famous plant, and it has been promoted to be cultivated in Chanthaburi Province. A plentiful yield of calamondin is observed at the harvest period, but the amount is inadequate and expensive. It is possible to keep calamondin in a powder form that can be stored for consumption throughout the year. This research aimed to study the optimal conditions to produce the calamondin powder by spray drying technique. The experiment was done by preparing calamondin juice and mixing it with maltodextrin at 20%. The calamondin juice was dried by spray drying technique with inlet temperatures of 150, 160 and 170 °C with a feed rate of 20 rpm. The chemical and physical properties of the obtained calamondin powder were determined. After obtaining the optimal inlet temperature, the optimal quantity of maltodextrin level was determined. Three levels of maltodextrin (10, 20 or 30%) mixing with calamondin powder were tested. The obtained calamondin powder was added to 2 types of food product which were ready-to-drink beverage and seafood sauce. 30 panelists evaluated the sensory quality by using a 9- point hedonic scale on those 2 types of food product.

The results showed that the three different inlet temperatures showed no significant difference in water solubility, total soluble solid and vitamin C content ($p>0.05$). When considering the total acidity, vitamin C content and moisture content, the calamondin powder that was produced by using inlet temperature of 170 °C was selected for further experimentation. The maltodextrin was mixed at the levels of 10, 20 and 30% to the calamondin juice, spray dried

at an inlet temperature of 170 °C with a feed rate of 20 rpm. The results showed that the utilization of maltodextrin at 10% was appropriate to produce the calamondin powder because it had a clear calamondin odor, yellow color and high vitamin C content. Thus, mixing of 10% maltodextrin was chosen for calamondin powder which was added to 2 types of food product. The results showed that using of 8, 9 and 10 grams, respectively, of calamondin powder for ready-to-drink beverage were not significantly different ($p>0.05$) and the panelist evaluated the ready-to-drink beverage from calamondin at the level of “like a little”. While using of 12, 14 and 16 grams, respectively, of calamondin powder for seafood sauce were not significantly different ($p>0.05$) and the panelists evaluated the seafood sauce at the “moderately like” level. It could be concluded that each food product, the three different levels of calamondin powder could be used for ready-to-drink beverage and seafood sauce. The obtained knowledge from this research could be used as a guideline to added value to the calamondin market.

Keywords: Calamondin, Calamondin powder, Spray drying

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้โดยได้รับความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือให้คำแนะนำเป็นอย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.วิเศษนัม นิลนนท์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.มณฑริกา สุมะนา ที่ให้เกียรติเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.สรารุช แสงสว่าง โษติ กรรมการเลขานุการ รวมถึงคณาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ ในเล่มวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ปรากฏชื่อในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบพระคุณความช่วยเหลือจากพี่ ๆ น้อง ๆ ที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนา นวัตกรรม สีนค้ำ เกษตรและอาหาร ภาคตะวันออก คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer) ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการเครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี ในการทำการทดลองที่ใช้ในเล่มวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณความช่วยเหลือจากพ่อแม่ ที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

นพรัตน์ หารยาพันธุ์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	(1)
สารบัญตาราง.....	(3)
สารบัญภาพ.....	(4)
สารบัญภาพภาคผนวก.....	(5)
บทนำ.....	1
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส้มจี๊ด.....	3
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์.....	3
คุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ด.....	5
สารในส้มจี๊ด.....	7
สรรพคุณทางยาของส้มจี๊ด.....	7
การใช้ประโยชน์ และการแปรรูปส้มจี๊ด.....	7
อนุมูลอิสระ.....	7
สารต้านอนุมูลอิสระ.....	8
กลไกในการต้านอนุมูลอิสระ.....	8
แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ.....	8
การถนอมอาหาร.....	9
ความสำคัญของการถนอมอาหาร.....	9
หลักการถนอมอาหาร.....	10
การทำแห้ง.....	11
การทำแห้ง.....	11
ความชื้นสมดุล.....	11
ค่าออคซิเจนแอกติวิตี้.....	12
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการทำแห้ง.....	12
เครื่องมือที่ใช้ในการทำแห้ง.....	13
การทำแห้งแบบพ่นฝอย.....	14
สารมอลโตเด็กซ์ทริน.....	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การผลิตมอลโตเด็กซ์ตริน.....	15
การนำสารมอลโตเด็กซ์ตรินไปใช้.....	15
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
งานวิจัยต่างประเทศ.....	17
งานวิจัยในประเทศ.....	18
อุปกรณ์และวิธีการ.....	21
อุปกรณ์.....	21
วิธีการทดลอง.....	22
การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	25
ผลและการวิจารณ์.....	26
สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	42
เอกสารและสิ่งอ้างอิง.....	43
ภาคผนวก.....	48
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	61

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ด ต่อ 100 กรัม.....	6
2 ค่าที่วัดได้ของคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำส้มจี๊ด.....	27
3 คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงโดยใช้อุณหภูมิร้อน ขาเข้าต่าง ๆ.....	32
4 ผลการศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่ร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก โดยอุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ 170 องศาเซลเซียส.....	39
5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม.....	40
6 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำจิ้มซีฟู้ด.....	41

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ต้นส้มจี๊ด.....	3
2 ใบส้มจี๊ด.....	4
3 ดอกส้มจี๊ด.....	5
4 ผลส้มจี๊ด.....	5
5 ลักษณะน้ำส้มจี๊ดสดที่คั้นได้.....	27
6 ลักษณะผงส้มจี๊ดที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้า (ก) 150 องศาเซลเซียส (ข) 160 องศาเซลเซียส (ค) 170 องศาเซลเซียส.....	31
7 ลักษณะผงส้มจี๊ดที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ 170 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเด็คซ์ทรินระดับต่าง ๆ (ก) ร้อยละ 10 (ข) ร้อยละ 20 (ค) ร้อยละ 30.....	33

สารบัญสภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวก	หน้า
1 การเตรียมน้ำส้มจืด ก) ผลส้มจืดที่ล้างทำความสะอาดแล้ว ข) ผลส้มจืดที่ทำการผ่านหัวออก ค) ผลส้มจืดที่ผ่านการบีบเอาน้ำออก ง) น้ำส้มจืดที่ผ่านการกรองด้วยผ้าขาวบางแล้ว.....	55
2 การเตรียมน้ำส้มจืดผสมมอลโตเด็กซ์ตริน ก) ผสมน้ำส้มจืดและมอลโตเด็กซ์ตรินให้เข้ากัน ข) น้ำส้มจืดผสมมอลโตเด็กซ์ตริน.....	55
3 การทำแห้งแบบพ่นฝอย ก) เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (High Speed Centrifugal Spray Dryer) รุ่น LPG-5/10 ยี่ห้อ MINHUA PM ข) หัวฉีดของเครื่อง High Speed Centrifugal Spray Dryer ขณะทำงาน.....	56
4 น้ำส้มจืดพร้อมดื่ม ก) สิ่งทดลองที่ 1 คือ มะนาวผง 7 กรัม (สูตรควบคุม 1) ข) สิ่งทดลองที่ 2 คือ น้ำส้มจืดสด 40 กรัม (สูตรควบคุม 2) ค) สิ่งทดลองที่ 3 คือ ผงส้มจืดจำนวน 8 กรัม ง) สิ่งทดลองที่ 4 คือ ผงส้มจืดจำนวน 9 กรัม จ) สิ่งทดลองที่ 5 คือ ผงส้มจืดจำนวน 10 กรัม.....	57
5 น้ำจิ้มซีฟู้ด ก) สิ่งทดลองที่ 1 คือ มะนาวผง 4 กรัม (สูตรควบคุม 1) ข) สิ่งทดลองที่ 2 คือ น้ำส้มจืดสด 30 กรัม (สูตรควบคุม 2) ค) สิ่งทดลองที่ 3 คือ ผงส้มจืดจำนวน 12 กรัม ง) สิ่งทดลองที่ 4 คือ ผงส้มจืดจำนวน 14 กรัม จ) สิ่งทดลองที่ 5 คือ ผงส้มจืดจำนวน 16 กรัม.....	58

บทนำ

ความเป็นมา

ส้มจี๊ด (*Citrus mitis* Blanco) หรือที่คนในจังหวัดจันทบุรีรู้จักกันในชื่อ ส้มมะปืด เป็นผลไม้ตระกูลเดียวกับมะนาว ส้มโอ ส้มเขียวหวาน มีรสชาติเปรี้ยว มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว (มัลลิกา จินดาสิงห์. 2562 : 1 - 2) สามารถนำมาใช้แทนมะนาวได้ โดยเฉพาะในช่วงที่มะนาวมีราคาแพง อีกทั้งยังพบว่า ส้มจี๊ด มีปริมาณวิตามินซีมากกว่ามะนาวประมาณร้อยละ 10 ที่ผ่านมามีการนำส้มจี๊ดมาใช้เพียงในครัวเรือน คือมีการนำมาปรุงรสอาหาร ประเภทน้ำพริก แกงเหลือง ยำ แต่ในปัจจุบัน ส้มจี๊ดเริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นจะเห็นได้จากทางศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรีได้มีการดำเนินการส่งเสริมถ่ายทอดความรู้ให้กับเกษตรกรหันมาปลูกส้มจี๊ดเชิงการค้าเพิ่มขึ้น และมีการอบรมให้ความรู้ในการแปรรูปส้มจี๊ดเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม น้ำส้มจี๊ดเข้มข้น ไอศกรีมส้มจี๊ด แยมส้มจี๊ด เยลลี่ส้มจี๊ด เค้กส้มจี๊ด เป็นต้น การออกผลของส้มจี๊ดจะใช้เวลาประมาณ 60 - 90 วันนับตั้งแต่ติดผลถึงจะเริ่มเก็บเกี่ยวได้ โดยสามารถดูได้จากเมื่อใช้มือบีบผลเบา ๆ ผลจะมีลักษณะนิ่ม ไม่แข็ง ผิวเริ่มมีสีเหลืองปน ในช่วงฤดูการปลูกดีจะให้ผลดก และมีปริมาณเยอะมาก เก็บผลผลิตไม่ทัน แต่เมื่อพ้นช่วงฤดูการปลูกดี ก็จะเกิดการขาดแคลน หายาก ราคาของส้มจี๊ดก็จะแตกต่างกันไปในแต่ละฤดูกาล ในช่วงฤดูการปลูกดีจะมีราคาอยู่ที่ประมาณ 5 - 10 บาทต่อกิโลกรัม (สำเร็จ ช่างประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์. 2558 : 5) แต่หากอยู่ในช่วงที่ขาดแคลนอาจมีราคาสูง 30 - 50 บาทต่อกิโลกรัม ราคาของส้มจี๊ดมีความแตกต่างกันตามปริมาณผลผลิตที่ออกสู่ท้องตลาด ผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะนำผลของส้มจี๊ดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในอีกรูปแบบหนึ่ง เพื่อเป็นอีกทางเลือกให้แก่เกษตรกรและผู้บริโภค โดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถเก็บไว้จำหน่ายได้ตลอดทั้งปี ดังมีรายงานการวิจัยทำมะนาวผง (ประศาสตร์ พุตระกูล และคณะ. 2546 : 1 - 12) กล่าวว่า การใช้น้ำมะนาวผสมกับมอลโตเด็กซ์ตริน D.E.17 หรือ กลูโคสไซรัป D.E.25 - 29 ในอัตราส่วน 100 : 30 จะทำให้มะนาวผงที่ได้มีคุณภาพที่ดี และการทำแห้งแบบพ่นฝอย การใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 150 - 160 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมร้อนออกที่ 90 - 95 องศาเซลเซียสสามารถเก็บไว้ได้นาน 6 เดือนเมื่อบรรจุมะนาวผงในถุงอลูมิเนียมภายใต้ระบบสุญญากาศ ซึ่งเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาและสามารถนำมะนาวผงไปใช้ต่อยอดเป็นรูปแบบอื่น ๆ ได้

ผู้วิจัยจึงสนใจนำส้มจี๊ดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผง โดยการนำเทคโนโลยีในเรื่องของการทำแห้งแบบพ่นฝอยเข้ามาช่วยเพื่อให้เก็บรักษาได้นาน โดยยังคงคุณภาพที่ดีของส้มจี๊ดเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาไว้ใช้ได้ตลอดปี พกพาสะดวก และง่ายต่อการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำส้มจี๊ดผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงที่ผลิตได้
3. เพื่อประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงในอาหารและทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ขอบเขตของการวิจัย

ผลส้มจี๊ดที่ใช้ในการทดลองเป็นผลส้มจี๊ดสด ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี โดยนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผง ศึกษาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ และประยุกต์ใช้ในอาหาร การศึกษาเริ่มจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำส้มจี๊ดผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย หลังจากได้ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงจึงนำมาตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงที่ผลิตได้ และนำไปประยุกต์ใช้ในอาหารและทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตส้มจี๊ดผง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา
2. เพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์จากส้มจี๊ด
3. สามารถนำผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงไปต่อยอดเชิงพาณิชย์ และจำหน่ายเป็นรายได้เสริมให้กับเกษตรกร ผู้ประกอบการ และกลุ่มต่าง ๆ ในชุมชน เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ของชุมชนได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส้มจี๊ด

ส้มจี๊ด หรือ ส้มมะปืด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus mitis* Blanco, *Citrus madurensis* Lour., *Citrofortunella mitis* J. Ingram & H.E. Moore จัดอยู่ในวงศ์ Rutaceae มีชื่อสามัญว่า Calamondin, Calamondin orange, China Orange, Panama Orange, Golden Lime, Scarlet Lime, Chinese Orange เป็นต้น (สำเริง ช่างประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์. 2558 : 3) ส้มจี๊ดเป็นลูกผสมระหว่าง *Citrus reticulata* Blanco และ *Fortunella* spp.

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ส้มจี๊ด เป็นพรรณไม้ในกลุ่มเดียวกับมะนาว ส้มโอ ส้มเขียวหวาน แต่ส้มจี๊ดมีทรงพุ่มที่สวยงาม จึงมักนิยมปลูกเป็นไม้ประดับ (มัลลิกา จินดาสิงห์. 2562 : 1)

1. ต้น เป็นไม้พุ่มขนาดกลาง เมื่อมีอายุ 4 - 5 ปีขึ้นไป จะมีความสูงจากพื้นดินถึงยอดอยู่ระหว่าง 1.25 - 2.70 เมตร มีเส้นรอบวงระหว่างลำต้น 12.00 - 16.00 เซนติเมตร มีความกว้างของรัศมีทรงพุ่ม 1.30 - 1.65 เมตร เมื่ออายุยังน้อยเปลือกของลำต้นจะมีสีน้ำตาลอ่อน และเมื่อมีอายุมากขึ้น เปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม กิ่งอ่อนของส้มจี๊ดจะมีหนามแหลมคม (สำเริง ช่างประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์. 2558 : 4)



ภาพประกอบ 1 ต้นส้มจี๊ด

2. ใบ ใบของส้มจี๊ดจะเป็นรูปไข่ โคนใบมน ขอบใบเรียบ ปลายใบแหลม มีการเรียงตัวของใบเป็นแบบสลับ ใบมีขนาดความยาว 4.00 - 7.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 - 4.00 เซนติเมตร ใบจะมีสีเขียวอ่อน เมื่ออายุมากขึ้นใบจะมีสีเขียวเข้ม ผิวใบเป็นมัน (สำเริง ช่างประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์. 2558 : 4)



ภาพประกอบ 2 ใบส้มจี๊ด

3. ดอก มีลักษณะเป็นดอกเดี่ยว มีสีขาว มีกลิ่นหอมแรง ดอกจะออกตามซอกใบบริเวณปลายกิ่ง จะออกดอกพร้อมกับการแตกใบอ่อน ดอกประกอบไปด้วยกลีบดอก 4-5 กลีบ มีกลีบเลี้ยง 4-5 กลีบ มีก้านดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย และรังไข่ โดยเมื่อมีการผลิดอกออกมานั้นจะใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์ในการพัฒนาให้ดอกมีขนาดใหญ่ขึ้น จากนั้นดอกจะเริ่มบานในตอนเช้า และดอกจะหุบในเวลาเย็น ไปจนครบ 4-5 วัน จากนั้นถ้าได้รับการผสมเกสรก็จะพัฒนาไปเป็นผล แต่หากไม่ได้รับการผสมเกสร ดอกก็จะร่วงไปในที่สุด (สำเริง ช่างประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์. 2558 : 5)

4. ผล ผลอ่อนข้างกลม ผลอ่อนจะมีสีเขียวเข้มและขนาดเล็ก ส่วนผลแก่จะมีสีเขียวปนเหลือง หรือมีสีเหลืองอมส้ม และจะมีสีส้มเมื่อสุกมาก ผลส้มจี๊ดสามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุ 60-90 วัน นับตั้งแต่เริ่มติดผล หรือประมาณ 5 เดือนนับตั้งแต่เริ่มออกดอก โดยขนาดเก็บเกี่ยวขนาดของผลมีขนาดตั้งแต่ 1.5 เซนติเมตรขึ้นไป โดยเมื่อใช้มือบีบผลเบา ๆ ผลจะมีลักษณะนิ่มไม่แข็ง มีเมล็ด 1-3 เมล็ด เนื้อในมีสีเหลือง รสชาติเปรี้ยวจัด ผลส้มจี๊ดสามารถเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ได้นานประมาณ 10-14 วัน โดยจะต้องเป็นผลที่สมบูรณ์ปราศจากความชื้น และอยู่ในถุงพลาสติกบางที่มัดปากถุง (สำเริง ช่างประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์. 2558 : 5)

โดยสำหรับราคาขายช่วงฤดูฝน จะมีราคาอยู่ที่กิโลกรัมละ 5 - 10 บาท ช่วงที่ขาดแคลน จะมีราคาอยู่ที่กิโลกรัมละ 30 - 35 บาท



ภาพประกอบ 3 ดอกส้มจี๊ด



ภาพประกอบ 4 ผลส้มจี๊ด

คุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ด

ในส้มจี๊ดประกอบไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ด ต่อ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ค่าวิเคราะห์	หน่วย
พลังงาน	71	กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	15.9	กรัม
น้ำตาล	9.36	กรัม
ใยอาหาร	6.5	กรัม
ไขมัน	0.86	กรัม
โปรตีน	1.88	กรัม
วิตามินเอ	15	ไมโครกรัม
ลูทีนและซีแซนทีน	129	ไมโครกรัม
วิตามินบี 1	0.037	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.09	มิลลิกรัม
วิตามินบี 3	0.429	ไมโครกรัม
วิตามินบี 5	0.208	มิลลิกรัม
วิตามินบี 6	0.036	มิลลิกรัม
วิตามินบี 9	17	ไมโครกรัม
วิตามินซี	43.9	มิลลิกรัม
วิตามินอี	0.15	มิลลิกรัม
โคลีน	8.4	มิลลิกรัม
แคลเซียม	62	มิลลิกรัม
ธาตุเหล็ก	0.86	มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	20	มิลลิกรัม
แมงกานีส	0.135	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	19	มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	186	มิลลิกรัม
โซเดียม	10	มิลลิกรัม
สังกะสี	0.17	มิลลิกรัม

ที่มา : มัลลิกา จินดาสิงห์. ออนไลน์. 2562

สารในส้มจี๊ด

ในส้มจี๊ดผงเมื่อทำการสกัดสารประกอบไปด้วยสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoid Compositions) สารพวกฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ที่พบในสารสกัดของส้มจี๊ด ประกอบไปด้วย 3',5'-di-C- β -glucopyranosylphloretin (DGPP), Naringin, Diosmin, Hesperidin, Neohesperidin, Nobiletin และ Tangeretin (Shyi-Neng, Ya-Siou and Chi-Tang. 2014 : 293 - 294)

สรรพคุณทางยาของส้มจี๊ด

1. สรรพคุณยาจีน ส้มจี๊ดมีฤทธิ์เย็น สามารถใช้แก้ไอ ขับเสมหะ แก้เสียงแหบ
2. ผลของส้มจี๊ดคองเกลือ เมื่อนำมาทำให้แห้ง สามารถนำมาอมบรรเทาอาการเจ็บคอ ระคายเคืองคอ
3. ผิวของส้มจี๊ดมีน้ำมันหอมระเหย สามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำ น้ำมันหอมระเหย

การใช้ประโยชน์ และการแปรรูปส้มจี๊ด

ในปัจจุบันส้มจี๊ดได้รับความนิยมมากขึ้น โดยจะเห็นได้จากตามตลาด ตามร้านค้า ในจังหวัดจันทบุรีมีการวางขายน้ำส้มจี๊ดบรรจุขวด ยังพบว่าสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตรได้ร่วมกับอาจารย์จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี ได้นำส้มจี๊ดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น เค้กส้มจี๊ด ไอศกรีมส้มจี๊ด ส้มจี๊ดผง เปลือกส้มจี๊ดเชื่อม เยลลี่ส้มจี๊ด เปลือกส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม น้ำส้มจี๊ดเข้มข้น แยมส้มจี๊ด เป็นต้น

อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (Free Radical) คือ อะตอม โมเลกุล หรือสารประกอบที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวอยู่ในออร์บิทัล (Orbital) วงนอกสุดที่มีระดับพลังงานสูง (โอภา วัชระคุปต์ และคณะ. 2549 : 15) อนุมูลอิสระนั้นไม่เสถียรและมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับ โมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง เพื่อทำให้ตัวของอนุมูลอิสระนั้นมีความเสถียรขึ้น ทำให้โมเลกุลข้างเคียงที่ได้รับหรือสูญเสียอิเล็กตรอนไป กลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) โดยระดับความเป็นพิษของอนุมูลอิสระต่อร่างกายนั้นจะพิจารณาจากความสามารถในการออกซิไดซ์ (Oxidized) สารชีวโมเลกุลในร่างกาย สารที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์สารชีวโมเลกุลในร่างกาย จะเรียกว่า Reactive Species (RS) โดยมีจะอยู่ในรูปของ Reactive Oxygen Species (ROS)

Reactive Oxygen Species (ROS) เกิดขึ้นได้หลายสาเหตุ โดยอาจแบ่งออกเป็น

1. ปัจจัยภายในร่างกาย (Endogenous Sources) เกิดขึ้นจากกระบวนการต่าง ๆ ของร่างกาย ผ่านกระบวนการสร้าง Adenosine Triphosphate (ATP) อีกทั้งกลไกการป้องกันตัวเองของร่างกาย เมื่อถูก Pathogen เข้ามารุกรานก็สามารถทำให้เกิด ROS ขึ้นมาได้
2. ปัจจัยภายนอกในร่างกาย (Exogenous Sources) สิ่งแวดล้อมภายนอกมีผลอย่างมาก ในการกระตุ้นให้เกิด ROS โดยเฉพาะพวกรังสีต่าง ๆ รวมถึงพวกมลภาวะทางเคมีและโลหะหนัก ต่าง ๆ

สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) คือ สารที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ของอนุมูลอิสระได้

กลไกในการต้านอนุมูลอิสระ

กลไกในการต้านอนุมูลอิสระจะแบ่งออกเป็น

1. Free Radical Scavenging โดยสารต้านอนุมูลอิสระจะมีการให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรมากขึ้น
2. Singlet Oxygen Quenching จะไปยับยั้งการทำงานของ Singlet Oxygen ให้ไปอยู่ในรูปของ Triplet Oxygen
3. Metal Chelating เกิดจากการที่มีสารไปจับพวกโลหะหนักที่เร่งให้เกิดอนุมูลอิสระ ทำให้ช่วยชะลอการเกิดอนุมูลอิสระในร่างกายได้
4. Enzyme Inhibition เป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (อชิป สกุกเผือก, 2553 : 11 - 12)

แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ

แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ จะแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด คือ

1. สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthetic Antioxidants) ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกพวก BHT (Butylate Hydroxytoluene), Propyl Gallate, 2-Butylate Hydroxyanisole, 3-Butylate Hydroxyanisole และ Tertiarybutylhydroquinone ซึ่งนิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม
2. สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural Antioxidants) สามารถพบได้ในพืช สัตว์ รวมถึงจุลินทรีย์ มีทั้งที่เป็นวิตามินและสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (เจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหานาม, 2554 : 60)

การถนอมอาหาร

การถนอมอาหาร (Food Preservation) หมายถึง การเก็บรักษาอาหารโดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การทำแห้ง การหมักดอง การใช้ความร้อน และ การใช้ความเย็น เป็นต้น ให้อาหารอยู่ในสภาพใกล้เคียงกับของสดมากที่สุด สามารถเก็บรักษาอาหารเพื่อรับประทานได้นานขึ้น หรืออาจดัดแปลงให้มีสี กลิ่น รสชาติแตกต่างไปจากเดิม ให้อาหารดูน่ารับประทาน โดยสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่สุด แต่ยังคงคุณลักษณะทางคุณภาพเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (วิภาดา มุรินทร์นพมาศ. 2561 : 52)

ความสำคัญของการถนอมอาหาร

การถนอมอาหารมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารให้มีอาหารบริโภค โดยไม่ขาดแคลน และเพื่อเก็บอาหารที่เหลือจากการบริโภค ให้สามารถบริโภคได้ถึงแม้จะไม่ใช่อุดหนุนเกี่ยวกับของอาหารชนิดนั้น ดังนั้น การถนอมอาหารมีความสำคัญในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ทำให้อาหารมีความปลอดภัยในการบริโภค เป็นการกำจัด ยับยั้ง หรือทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคซึ่งอาจปนเปื้อนอยู่ในอาหาร และช่วยทำลายสารที่เป็นพิษ
2. ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ทำให้เก็บรักษาอาหารไว้ได้นานขึ้น
3. ทำให้เกิดความสะดวกในการใช้และการขนส่ง การถนอมอาหารบางวิธีอาหารจะได้รับความร้อน เกิดการสุกบางส่วนหรือทั้งหมด ทำให้มีปริมาณลดลง ส่งผลให้อาหารเกิดการหดตัวหรืออาหารที่อยู่ในลักษณะเป็นผง ซึ่งเป็นการผ่านกระบวนการระเหยน้ำออก ทำให้น้ำหนักเบา ประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ สะดวกในการใช้และการขนส่ง
4. ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลาย ได้มีการคิดค้นดัดแปลงเพื่อทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารใหม่ ๆ ที่หลากหลาย และดึงดูดผู้บริโภคมากขึ้น โดยมีการคำนึงถึงความปลอดภัยและคุณภาพทางโภชนาการ
5. ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ อาหารบางชนิดที่ผ่านการถนอมอาหารอาจมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นได้ เช่น ถั่วเหลืองที่ทำให้สุกจะย่อยง่าย และ โปรตีนมีคุณภาพดีขึ้นกว่าถั่วดิบ
6. ช่วยเพิ่มคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส เช่น การทำอาหารหมักดอง ทำให้อาหารมีกลิ่นหอม มีรสชาติดีขึ้น ย่อยง่ายขึ้น จึงส่งผลให้อาหารมีความน่าบริโภคมากขึ้น
7. ช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร เนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรให้ผลตามฤดูกาล เมื่อถึงฤดูกาลก็จะออกผลผลิตเป็นจำนวนมาก เกินความต้องการ ส่งผลให้ราคาตกลง หากนำมาทำการแปรรูป ก็จะสามารถนำไปจำหน่ายได้นอกฤดูกาล
8. ช่วยให้มีอาหารบริโภคนอกฤดูกาล
9. ช่วยบรรเทาภาวะขาดแคลนอาหาร อาหารที่ผ่านการถนอมด้วยวิธีการต่าง ๆ จะช่วยบรรเทาความขาดแคลนอาหารที่เกิดจากสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ เช่น อาหารกระป๋อง อาหารแห้ง

10. ช่วยกระจายอาหารไปยังท้องถิ่นต่าง ๆ ในพื้นที่ที่ไม่สามารถเพาะปลูกหรือเลี้ยงสัตว์ชนิดนั้น ๆ ได้ โดยอาหารไม่เกิดการเน่าเสีย หรือเสื่อมคุณภาพ

11. ช่วยส่งเสริมให้เกิดอาชีพ โดยการนำผลผลิตทางการเกษตรมาผ่านกระบวนการถนอมเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยอาจจะทำเป็นอุตสาหกรรมเล็ก ๆ ในครัวเรือน หรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดใหญ่

12. ใช้อาหารเหลือให้เกิดประโยชน์ ทำให้ไม่ต้องทิ้งอาหารไปโดยไร้ประโยชน์และช่วยเพิ่มรายได้

13. ช่วยส่งเสริมการศึกษาและแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมของชาติต่าง ๆ ทางด้านอาหารและโภชนาการได้โดยอาศัยการถนอมอาหาร เนื่องจากการนำอาหารที่ถนอมแล้วส่งไปจำหน่ายยังที่ต่าง ๆ ทำให้แต่ละชาติได้รู้จักลักษณะอาหารของชนชาติต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น (ปิยธิดา สุดเสนาะ. 2548 : 65)

❖ หลักการถนอมอาหาร

การถนอมอาหารมีวัตถุประสงค์สำคัญ คือ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารให้ได้ยาวนานยิ่งขึ้น โดยอาศัยหลักการสำคัญ คือ

1. การแยกจำนวนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและทำให้อาหารเน่าเสีย หลักการนี้เป็นการแยกจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและทำให้อาหารเน่าเสียออกจากอาหารด้วยเครื่องกรองจุลินทรีย์หรืออาศัยแรงเหวี่ยง วิธีนี้จะสามารถรักษากลิ่น รสชาติ และลักษณะที่ต้องการได้ดีกว่าการใช้ความร้อน

2. การลดกิจกรรมของเอนไซม์และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและทำให้อาหารเน่าเสีย ซึ่งอาจทำได้โดยการลดอุณหภูมิให้ต่ำลง การเปลี่ยนแปลงค่า pH การลดค่าออกซิเจนอิสระของอาหาร การกำจัดออกซิเจนและการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์ต่อต้านจุลินทรีย์

3. การทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ หลักการนี้จะมุ่งที่การทำลายจุลินทรีย์ ซึ่งอาจเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเพียงอย่างเดียว หรือจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียด้วย และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ซึ่งทำได้โดยการใช้ความร้อนหรือการฉายรังสี

4. การส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์และเอนไซม์บางชนิด หลักการนี้เป็นการส่งเสริมให้จุลินทรีย์บางชนิดที่ไม่ทำให้เกิดโรคและไม่ทำให้อาหารเน่าเสีย เจริญขึ้นในอาหารและสร้างสารต่าง ๆ เช่น กรด แอลกอฮอล์ เพื่อให้สภาพแวดล้อมที่มีไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (ปิยธิดา สุดเสนาะ. 2548 : 30)

การทำแห้ง

การทำแห้ง

การทำแห้ง (Drying) หมายถึง การลดความชื้นในอาหารโดยการดึงน้ำออกไปจากอาหาร หรือวิธีการใดก็ตามที่สามารถลดปริมาณน้ำอิสระให้ต่ำพอที่จะสามารถลดการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์ได้ หลักการทำอาหารแห้ง คือ การใช้หลักการดึงน้ำออกจากโมเลกุลของอาหาร เป็นการลดปริมาณน้ำหรือความชื้นในสภาพแวดล้อมที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ซึ่งมีหลักการใหญ่ ๆ 3 ประการ คือ การเอาน้ำออกโดยการระเหย การตกผลึกของน้ำเป็นน้ำแข็ง และการเติมตัวถูกละลาย

1. ข้อดีของการทำแห้ง

- 1.1 ป้องกันการเน่าเสียของอาหารจากจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์
 - 1.2 ทำให้มีอาหารไว้บริโภคในยามขาดแคลน
 - 1.3 เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้ตู้เย็นทำให้ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา
 - 1.4 ลดน้ำหนักหรือลดปริมาตรของอาหาร อาหารจึงมีน้ำหนักเบา สะดวกในการบรรจุ
- ลงในภาชนะ ขนส่งง่ายโดยไม่กินเนื้อที่
- 1.5 ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่
 - 1.6 ให้ความสะดวกในการบริโภคและสามารถบริโภคได้ทันที

2. ข้อเสียของการทำแห้ง

- 2.1 อาหารเกิดการสูญเสียกลิ่น รส สารระเหยที่ระเหยได้
 - 2.2 อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง
 - 2.3 เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เกิดจากเอนไซม์เนื่องจากความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น
- นอกจากนี้ยังเกิดการหืนของไขมัน
- 2.4 ความไวต่อความร้อน อาจเกิดการไหม้ได้ หากควบคุมสภาวะไม่เหมาะสม
 - 2.5 เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ ถ้าหากอัตราการอบแห้งเริ่มต้นช้า หรือปริมาณ ความชื้นสุดท้ายมีค่าสูง (วิภาดา มุรินทร์นพมาศ. 2516 : 100 - 101)

ความชื้นสมดุล

ค่าความชื้นสมดุลเป็นค่าที่มีความสำคัญต่อกระบวนการทำแห้ง และการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากเมื่อทำแห้งอาหารโดยใช้อากาศที่สภาวะคงที่ หรือเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร ภายใต้สภาวะอากาศคงที่ค่าหนึ่ง ความชื้นของอาหารจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจนถึงสภาวะสมดุล ทางความชื้นระหว่างน้ำในอาหารกับน้ำในอากาศ ซึ่งค่าความชื้นของอาหารในสภาวะนี้ เรียกว่า

ค่าความชื้นสมดุล โดยปัจจัยที่มีผลต่อค่าความชื้นสมดุลของอาหาร ได้แก่ องค์ประกอบภายในของอาหาร อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม ซึ่งการเข้าสู่ภาวะสมดุลทางความชื้นของอาหารเกิดขึ้นได้ใน 2 ลักษณะ คือ เกิดจากการที่อาหารคายความชื้นออกไปสู่อากาศแวดล้อม และเกิดจากการที่อาหารดูดซับความชื้นจากอากาศแวดล้อม

ความชื้นที่อยู่ภายในอาหารแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. น้ำที่ถูกยึดเหนี่ยว (Bound Water) คือ ความชื้นที่อยู่ในวัสดุ ซึ่งถูกยึดเหนี่ยวไว้ด้วยพันธะของสสารภายในวัสดุ
2. น้ำที่ไม่ถูกยึดเหนี่ยว (Unbound Moisture) คือ ความชื้นที่อยู่ในวัสดุ ซึ่งไม่ถูกยึดเหนี่ยวไว้ด้วยพันธะของสสารใด ๆ ภายในวัสดุ จึงส่งผลให้น้ำส่วนนี้ถูกดึงออกไปจากวัสดุได้ง่าย

ในกระบวนการทำแห้ง น้ำที่สามารถระเหยออกไปจากอาหารได้คือ น้ำส่วนที่เกินกว่าค่าความชื้นสมดุล อาจจะเป็นส่วนของน้ำที่ถูกยึดเหนี่ยวและไม่ถูกยึดเหนี่ยวก็ได้ โดยน้ำที่ไม่ถูกยึดเหนี่ยวจะเป็นน้ำที่ระเหยได้ง่ายกว่า ในการแสดงค่าความชื้นของอาหารจะแสดงในรูปของความชื้นฐานเปียก (Moisture Content on Wet Basis) และความชื้นฐานแห้ง (Moisture Content on Dry Basis) (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2559 : 224 - 227)

ค่าวอเตอร์แอกติวิตี

ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water Activity : a_w) ของอาหารแห้งมีความสำคัญมาก เพราะจะบ่งบอกถึงลักษณะที่น้ำจับกับ โมเลกุลของสารอื่น ๆ ในอาหารมากกว่าที่จะพิจารณาถึงน้ำที่มีอยู่ในอาหาร โดยการที่น้ำในอาหารจับกับโมเลกุลของสารอื่นทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลง ยิ่งอาหารที่มีสารละลายน้ำได้มากเท่าใด โมเลกุลของน้ำจะดูดจับมากขึ้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตีจะยิ่งต่ำลง จุลินทรีย์จะเจริญได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำมากและมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีสูง เมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลง จุลินทรีย์จะเจริญได้ช้าลง การเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้น และเมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลงจนต่ำกว่า 0.60 จุลินทรีย์จะหยุดการเจริญเติบโต ทำให้สามารถนำหลักการของค่าวอเตอร์แอกติวิตีมาใช้ในการถนอมอาหารได้ ซึ่งวิธีการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่นิยมใช้กัน คือ การลดปริมาณน้ำอิสระในอาหารโดยการทำแห้ง

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการทำแห้ง

การทำแห้งโดยทั่วไปจะอาศัยความร้อนส่งผ่านเข้าไปทำให้น้ำในอาหารเกิดการเคลื่อนที่และระเหยออกจากผิวของอาหาร ซึ่งน้ำจะระเหยได้ช้าหรือเร็วจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการส่งผ่านความร้อนไปยังโมเลกุลของน้ำในอาหาร และประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่โมเลกุลของน้ำมาที่ผิวอาหารเพื่อระเหยออกไปจากอาหาร ดังนั้นสิ่งที่ควรพิจารณาในการควบคุมการทำแห้ง ได้แก่

1. ลักษณะตามธรรมชาติของอาหาร อาหารมีลักษณะตามธรรมชาติที่แตกต่างกันออกไปตามแต่ละชนิดของอาหาร ปริมาณน้ำในอาหาร โครงสร้างของอาหาร และสารอาหาร ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีความสำคัญต่ออัตราการทำแห้ง

2. ขนาดและรูปร่างของอาหาร ขนาดและรูปร่างของอาหารมีผลอย่างยิ่งต่ออัตราการทำแห้ง โดยอาหารที่มีขนาดและรูปร่างที่ทำให้อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของอาหารมีมาก จะช่วยทำให้มีการระเหยของน้ำเร็วขึ้น

3. การเตรียมและตำแหน่งของอาหารในตู้อบ โดยอาหารบางชนิดจะมีการลวกในน้ำร้อนก่อน เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และเปลี่ยนแปลงสภาพหรือคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์และอาจทำลายเนื้อเยื่อบางส่วนทำให้น้ำเคลื่อนที่ออกได้เร็วขึ้น ทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น การลดขนาดโดยการตัดแต่งก็เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวมีผลทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น และหากจัดอาหารใส่ถาดเพื่ออบแห้ง ควรมีการจัดเรียงอาหารและจัดปริมาณอาหารต่อถาดในการอบแห้งให้เหมาะสม โดยควรจัดเรียงอาหารในถาดเป็นชั้นบาง ๆ ทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้นและสม่ำเสมอ

4. อุณหภูมิในการทำแห้ง อุณหภูมิขณะทำแห้งมีผลต่ออัตราการทำแห้งของอาหาร คือถ้าใช้อุณหภูมิสูงก็จะทำให้น้ำในอาหารเคลื่อนที่และระเหยออกจากอาหารได้ง่าย การเลือกอุณหภูมิระดับใดต้องคำนึงให้เหมาะสมกับชนิดและลักษณะของอาหาร

5. ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ถ้ามีความชื้นสัมพัทธ์สูงอัตราการทำแห้งจะช้าลง

6. ความดันบรรยากาศ ในการทำแห้งโดยทั่วไปจะทำที่ความดัน 1 บรรยากาศ ถ้ามีการลดความดันของบรรยากาศจะทำให้จุดเดือดของน้ำในอาหารลดลง ทำให้การเคลื่อนตัวของน้ำในอาหารเป็นไป得更เร็วขึ้น ซึ่งการทำแห้งที่ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศปกติ จะสามารถทำได้ที่อุณหภูมิต่ำลง และมีอัตราการทำแห้งเร็วกว่าการทำแห้งในบรรยากาศปกติ ซึ่งเหมาะกับอาหารที่เสื่อมคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ง่าย

7. ความเร็วลมร้อน จะมีผลโดยตรงต่ออัตราการทำแห้ง ลมที่พัดผ่านไอร้อนสู่ผิวหน้าของอาหารจะทำให้น้ำสามารถระเหยได้เร็วขึ้น อาหารจะแห้งเร็วขึ้น ช่วยลดเวลาในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ แต่หลังจากความชื้นระเหยไป 2 ใน 3 ความเร็วลมร้อนก็มีผลต่อการทำแห้งน้อยลงด้วย

เครื่องมือที่ใช้ในการทำแห้ง

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีการบุฉนวนไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนและทำให้สามารถนำอากาศมาหมุนเวียนใช้ใหม่เพื่อประหยัดพลังงาน เครื่องทำแห้งมีด้วยกันหลายชนิด คือ

1. เครื่องทำแห้งด้วยลมร้อน (Hot - air Dryers)

1.1 เครื่องอบแห้งแบบถัง (Bin Dryers)

1.2 เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray Dryers)

- 1.3 เครื่องอบแห้งแบบสายพาน (Conveyer Dryers)
- 1.4 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์ (Fluidized Bed Dryers)
- 1.5 เครื่องอบแห้งแบบเตาเผา (Kiln Dryers)
- 1.6 เครื่องอบแห้งแบบนิวแมติกส์ (Pneumatic Dryers)
- 1.7 เครื่องอบแห้งแบบโรตารี (Rotary Dryers)
- 1.8 เครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอย (Spray Dryers)
- 1.9 เครื่องอบแห้งบนสายพานแขวน (Trough Dryers)
- 1.10 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ (Tunnel Dryers)
- 1.11 การอบแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์หรือพลังงานแสงอาทิตย์ (Sun and Solar Drying)
2. เครื่องอบแห้งแบบใช้ผิวร้อน (Heated - surface Dryer)
 - 2.1 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum Dryers)
 - 2.2 เครื่องอบแห้งสุญญากาศ (Vacuum Band)

การทำแห้งแบบพ่นฝอย

การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryers) เป็นการเปลี่ยนแปลงอาหารที่อยู่ในสถานะของเหลวหรือของเหลวข้นให้อยู่ในรูปอาหารผงแห้ง โดยการพ่นฝอยของเหลวให้มีอนุภาคขนาดเล็กเข้าสู่พื้นที่หรือห้องทำแห้งที่มีการเป่าลมร้อนหรือให้ความร้อนเพื่อระเหยของเหลว ทำให้เกิดโครงสร้างอาหารแห้ง ผลิตภัณฑ์พ่นฝอยได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของอาหารผงที่เก็บได้จากกระบวนการแปรรูป การสูญเสียของผลิตภัณฑ์ผงส่วนใหญ่เกิดจากการเกาะของอาหารผงกับพื้นผิวห้องทำแห้ง ประสิทธิภาพของไซโคลนในการเก็บสะสมอาหารผง การเกาะตัวของอาหารผงบริเวณไซโคลนและห้องทำแห้ง รวมถึงองค์ประกอบตามธรรมชาติของอาหารและสถานะที่ใช้ในการทำแห้ง การทำแห้งด้วยการพ่นฝอยจะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในสถานะออสซิลลูชันจึงมีแนวโน้มที่จะเกิดการเกาะตัวกับพื้นผิว หรือเกาะตัวกันเอง การเกาะตัวเกิดขึ้นจากการสัมผัสระหว่างพื้นผิวของอาหารผง (ณัฐฉานัย หาญการสุจริต. 2562 : 153 - 154)

เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยมีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดโรงงานต้นแบบสำหรับผลิตเอ็นไซม์และกลีโคเจนจนถึงขนาดใหญ่ที่ไว้ผลิตนมผง

ข้อดีที่สำคัญของเครื่องนี้ คือ ใช้เวลาน้อย สามารถผลิตอาหารแบบต่อเนื่องในเวลาสั้นได้ ใช้แรงงานต่ำ การใช้และดูแลรักษาง่าย แต่ข้อจำกัด คือ ใช้เงินลงทุนสูง และอาหารที่จะส่งเข้ามาต้องมีความเข้มข้นสูง เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถป้อนเข้ามาในเครื่องอะตอมไมเซอร์ได้ ทำให้ต้องใช้พลังงานเพื่อกำจัดความชื้นและเกิดการสูญเสียสารหอมระเหยสูง (วิไล รัตนาทอง. 2547 : 85)

เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยนิยมใช้กับอาหารเหลวที่มีความข้นหนืดต่ำ ที่สามารถทำให้แตกเป็นละอองฝอยได้ เช่น นม กาแฟ และไข่ โดยการพ่นอาหารให้เป็นฝอยละเอียดไปยังถังที่มีอากาศสูงประมาณ 200 องศาเซลเซียส ไหลเวียนภายในถัง ทำให้น้ำในอาหารเกิดการระเหยอย่างรวดเร็ว และเป็นอาหารผงแห้งทันที อาหารนั้นจะแขวนลอยอยู่ในช่วง 1 - 10 วินาทีเท่านั้น จึงไม่ทำให้อาหารเกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อน ความชื้นของอาหารจะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 5 (วิภาดา มุรินทร์พมาศ. 2516 : 117)

สารมอลโตเด็กซ์ตริน

การผลิตมอลโตเด็กซ์ตริน

มอลโตเด็กซ์ตรินถูกตั้งชื่อเรียกก่อนที่จะมีการผลิตและใช้เป็นการค้าตั้งแต่ช่วงปี 1980 ซึ่งหมายถึง กลุ่มโมเลกุลใหญ่ ๆ ที่สามารถถูกน้ำย่อยกลุ่มอะมิเลสย่อยแล้วให้น้ำตาลมอลโทสได้ เช่น มอลโทไตรโอส (Maltotriose) มอลโทเตตราโอส (Maltotetraose) มอลโทเพนทาโอส (Maltopentaose) เป็นต้น ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า มอลโตเด็กซ์ตริน จัดเป็นผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมกลูโคสที่มีค่า D.E. ต่ำกว่า 20 การผลิตมอลโตเด็กซ์ตรินนั้นมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบขั้นตอนเดียว และแบบสองขั้นตอน

1. การผลิตแบบขั้นตอนเดียว คือ การย่อยแป้งโดยกรด (มากกว่า 105 องศาเซลเซียส) หรือเอนไซม์อะมิเลส (82 - 105 องศาเซลเซียส) แล้วหยุดปฏิกิริยาโดยปรับ pH หลังให้ความร้อน ทำการกรองกับสารช่วยกรอง ปรับกลิ่นสีโดยคาร์บอน (ผงถ่าน) แล้วกรองอีกครั้ง จากนั้นต้มระเหยให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นแล้วทำแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer)

2. การผลิตแบบสองขั้นตอน เริ่มต้นด้วยการย่อยแป้งด้วยน้ำย่อย อะมิเลสที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และหยุดปฏิกิริยาโดยความร้อน 110 ถึง 180 องศาเซลเซียสขนาดของ D.E. จะได้ปริมาณ 2 - 5 จากนั้นก็ใช้น้ำย่อยอะมิเลสอีกครั้งหนึ่ง (หรืออีกชนิดหนึ่ง) ที่ 85 องศาเซลเซียส จนได้ D.E. 5 - 20 จึงหยุดปฏิกิริยาโดยการปรับ pH หรือความร้อน จากนั้นก็ทำการกรองกับสารช่วยกรอง ปรับกลิ่นสีด้วยผงคาร์บอนแล้วกรอง ต้มระเหยให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น และทำแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer)

การนำสารมอลโตเด็กซ์ตรินไปใช้

อุตสาหกรรมของสารมอลโตเด็กซ์ตรินได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายประเภท โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหารและยา ดังนี้

1. ใช้ในทางการแพทย์

1.1 อาหารเหลว มอลโตเด็กซ์ตริน ใช้เป็นคาร์โบไฮเดรตในอาหารเด็กอ่อนที่ไม่มีน้ำตาลแลคโทสเป็นส่วนประกอบ มีทั้งในรูปของเหลวหรือผงแห้งที่ใช้ผสมกับน้ำ ในประเทศเยอรมันจะใช้มอลโตเด็กซ์ตริน ที่มีค่า D.E. เท่ากับ 18 ในประเทศบราซิลอาหารเด็กอ่อนสูตรโปรตีนถั่วเหลืองใช้ซูโครสและมอลโตเด็กซ์ตรินเป็นคาร์โบไฮเดรต การใช้ประโยชน์มอลโตเด็กซ์ตริน อีกประการคือใช้เป็นอาหารให้กับผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับลำไส้ ซึ่งอยู่ในรูปที่สามารถรับประทานได้โดยตรงหรือให้ผ่านทางหลอดให้อาหาร

1.2 ยาเม็ด ได้มีสิทธิบัตรและงานวิจัยมากมายที่กล่าวถึงการใช้สารมอลโตเด็กซ์ตรินในยาเม็ด นอกจากนี้ยังมีการนำสารมอลโตเด็กซ์ตรินมาใช้เป็นสารช่วยยึดเกาะ (Binder) ในการผลิตยาเม็ดที่ใช้เคี้ยวที่ด้านนอกแข็งแต่นุ่มด้านใน

1.3 การใช้ประโยชน์อื่น ๆ สารมอลโตเด็กซ์ตรินจะใช้เป็นส่วนประกอบในการเคลือบยาเม็ด ขนมหวานที่เป็นเม็ด และธาตุอาหารต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ส่วนผสมสารมอลโตเด็กซ์ตรินและเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ใช้เคลือบโปแทสเซียมคลอไรด์ ส่วนผสมสารมอลโตเด็กซ์ตรินและกรดฟูมาริก (Fumaric Acid) ใช้เคลือบ Ibuprofen เพื่อลดการระคายเคืองของหลอดอาหารและลำไส้ เป็นต้น

2. สารทดแทนไขมัน

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาประชากรในประเทศที่พัฒนาแล้วได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการลดน้ำหนักและสุขภาพมากขึ้น ได้มีการวิจัยมากมายเพื่อหาสารที่ใช้ทดแทนไขมัน จนกระทั่งนักวิจัยเยอรมันตะวันออก ได้ค้นพบสารมอลโตเด็กซ์ตริน (ที่ได้จากการย่อยแป้งมันฝรั่ง) สามารถทำให้เกิดเจล ซึ่งเจลที่เกิดขึ้นสามารถนำมาใช้ทดแทนส่วนที่เป็นไขมัน

3. การผลิตผงปรุงรส

ผงปรุงรสเป็นอุตสาหกรรมที่มีการนำมอลโตเด็กซ์ตรินมาใช้ประโยชน์มากที่สุด มอลโตเด็กซ์ตรินจะทำหน้าที่เป็นตัวจับสารปรุงรสที่อยู่ในรูปน้ำมันและช่วยให้การทำแห้งมีประสิทธิภาพดีขึ้นกระบวนการทำแห้งมีหลายวิธี แต่วิธีที่เป็นที่นิยมมากที่สุดคือ การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying) และเอ็กซ์ทรูชัน (Extrusion)

3.1 การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying) เป็นกระบวนการที่เป็นที่นิยมมากที่สุด กระบวนการผลิตมีดังนี้ น้ำมันที่มีกลิ่นรส (Flavonoil) จะถูกอิมัลซิไฟด์ในสารผสมของคาร์โบไฮเดรตและมอลโตเด็กซ์ตรินก่อนที่อุณหภูมิ 70 - 80 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใส่น้ำมันลงไปให้อิมัลซิไฟด์เป็นเวลา 10 นาที ที่ 40 - 50 องศาเซลเซียส นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอย จะได้ผงปรุงรสที่แห้งและสามารถเก็บไว้ได้นาน คาร์โบไฮเดรตที่ใช้ร่วมกับ

มอลโตเด็กซ์ตริน ได้แก่ กัมอารบิก แป้งดัดแปรด้วยสารที่มีหมู่ Octenyl Succinate มอลโตเด็กซ์ตริน จะไปรวมตัวกับคาร์โบไฮเดรตเหล่านี้เกิดเป็นร่างแหจับโมเลกุลของสารปรุงรสไว้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ ที่ได้มีความคงตัว ไม่ดูความชื้น และไม่เกิดกลิ่นหืน

3.2 เอ็กซ์ทรูชัน (Extrusion) กระบวนการผลิต คือ สารละลายของซูโครสและมอลโตเด็กซ์ตรินจะถูกให้ความร้อนพร้อมกับอิมัลซิฟายเออร์จนถึงอุณหภูมิ 120 - 125 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้เย็นลงจนถึง 110 องศาเซลเซียส ใส่น้ำมันสารปรุงรสลงไป นำไปผ่านเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (Extruder) สารที่ออกมาจากเครื่องจะใส่ลงในตัวทำละลายที่ร่างแหของซูโครสและมอลโตเด็กซ์ตริน ไม่ละลาย เช่น ไอโซโพรพานอล (Isopropanol) ผงปรุงรสจะตกตะกอนออกมา นอกจากนี้ตัวทำละลายยังช่วยแยกน้ำมันส่วนที่คงเหลืออยู่ที่ผิวของอนุภาคผงปรุงรสอีกด้วย

4. Bulking Agents

มอลโตเด็กซ์ตรินใช้ในการนี้มากเป็นอันดับ 2 โดยจะใช้ในผลิตภัณฑ์ผสมที่แห้ง เนื่องจากดูความชื้นน้อย ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ ได้แก่ เครื่องดื่มผสมผง (Beverage Mixes) ซอสสำเร็จรูป Gravy Mixes, Cake และ Cookie Mixes เป็นต้น หรือใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารช่วยพา (Carrier) ใน Yeast Extract และ Malt Extract เป็นต้น

5. สารเคลือบอาหาร

มีการนำมอลโตเด็กซ์ตรินไปใช้เคลือบอาหารหลายประเภท เช่น มีการนำมอลโตเด็กซ์ตรินไปเคลือบอาหารที่เป็นกรด เพื่อป้องกันปฏิกิริยาระหว่างกรดกับส่วนประกอบอื่น ๆ ในอาหาร ทำให้อายุการเก็บนานขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546 : 207 - 214)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่างประเทศ

วีรเชษฐ์ จิตตามิษฐ์, สิริวรรณ นิติรัฐ และอรอุมา เทชานันท์ชัชกุล (Weerachet Jittanit, Siriwon Niti-Att and Onuma Techanuntachaiikul. 2010 : 490 - 506) ได้ศึกษาการเติมสารมอลโตเด็กซ์ตริน ที่ใส่น้ำสับปะรด การเติมมอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 15 20 25 ก่อนการไปทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 130 150 และ 170 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 0.020, 0.022 และ 0.035 ลิตรต่อนาทีนั้น พบว่า การเติมมอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 15 ให้ปริมาณผงของสับปะรดที่ดีที่สุด วัดค่าความชื้นได้ที่ร้อยละ 5.1 และมีค่าการละลายที่ 6.2 นาที

ชาย-หนึ่ง ลอ, ยา-ซื่อ ชู และไช-แซง โฮ (Shyi-Neng Lou, Ya-Siou Hsu and Chi-Thang Ho. 2014 : 290 - 295) ได้ทำการสกัดหาสารประกอบฟลาโวนอยด์และสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยตัวทำ

ละลายต่าง ๆ พบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้จากเปลือกของส้มจี๊ดมากกว่าสกัดจากเนื้อของส้มจี๊ด และตัวทำละลายต่างชนิดกัน ก็ให้ปริมาณของสารประกอบฟลาโวนอยด์และสารต้านอนุมูลอิสระ โดยพบว่าสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่ตรวจพบในเปลือก และเนื้อของส้มจี๊ด เมื่อทำการสกัดสาร 3',5'-di-C- β -glucopyranosylphloretin (DGPP), Naringin, Diosmin, Hesperidin, Neohesperidin, Nobiletin และ Tangeretin โดยพบว่าปริมาณของสารประกอบฟลาโวนอยด์จากเปลือกจะให้ปริมาณสารมากที่สุด เมื่อใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำร้อน รองลงมาคือ เอทานอล เมทานอล เอทิล อะซิเตท ตามลำดับ และในส่วนของปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์จากเนื้อส้มจี๊ดจะพบสารประกอบฟลาโวนอยด์ 3 กลุ่มหลัก คือ DGPP, Naringin, และ Hesperidin 653-788 mg/100 g Dry Extract, 18-264 mg/100 g Dry Extract และ 6-226 mg/100 g Dry Extract ตามลำดับ

นอ มาดิฮัท และคณะ (Nor Madihah and et al. 2015 : 296 - 299) ได้ศึกษาผลของมอลโตเด็กซ์ทรินต่อการทำแห้งแบบพ่นฝอยในน้ำมะกรูด โดยใช้น้ำมะกรูด 200 มิลลิลิตร และเติมมอลโตเด็กซ์ทริน D.E. 12 เพิ่มเข้าไปที่ร้อยละ 10 - 100 พบว่า เมื่อใส่มอลโตเด็กซ์ทรินลงไป ร้อยละ 40 ในสภาวะการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมขาเข้า 140 องศาเซลเซียส อุณหภูมิขาออกที่ 70 องศาเซลเซียส ความดัน 40 psi ที่ความเร็ว 1 rpm จะให้ปริมาณของผงมะกรูดมากที่สุด คือ 23.43 กรัม ความชื้นร้อยละ 6 และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.38 และจากการทดลองพบว่า ยิ่งเติมสารมอลโตเด็กซ์ทรินมากขึ้น ปริมาณน้ำตาลและความเข้มข้นในน้ำผลไม้ยิ่งเพิ่ม

เตียด ที เอ เจิ่น และฮา วี เฮช เหงียน (Tuyet T. A. Tran and Ha V. H. Nguyen. 2018 : 1 - 12) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและตัวพาที่เหมาะสมของการทำใบตะไคร้ผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยในการทดลองใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 5 ระดับคือ ที่ 110, 120, 130, 140 และ 150 องศาเซลเซียส และใช้ตัวพา 3 ชนิด คือ สารกัมอาร์บิก สารมอลโตเด็กซ์ทริน และสารกัมอาร์บิกผสมมอลโตเด็กซ์ทริน ซึ่งจากการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำใบตะไคร้ผงคือการใช้มอลโตเด็กซ์ทริน และใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 130 องศาเซลเซียส โดยเป็นสภาวะที่ทำให้ผงใบตะไคร้มีความชื้นต่ำละลายได้ดี ให้ค่าต้านอนุมูลอิสระที่สูงที่สุด คือ 0.1288 $\mu\text{molTE/gDW}$, และให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ 329.10 mgCE/100 gDW

ลิขสิทธิ์ของงานวิจัยในประเศ

ประศาสตร์ พุตระกูล และคณะ (2546 : 1 - 12) ได้ทำการศึกษาพัฒนากรรมวิธีการผลิตมะนาวผงและการทดสอบคุณภาพระหว่างการทำเก็บรักษา พบว่า เมื่อใช้น้ำมะนาวผสมกับมอลโตเด็กซ์ทริน D.E.17 หรือกลูโคสไซรัป D.E.25 - 29 ในอัตราส่วน 100 : 30 จะทำให้มะนาวผงที่ได้มีคุณภาพที่ดี และการเติมน้ำมันจากผิวมะนาวที่ได้จากการกลั่นผิวมะนาวลงไปร้อยละ 0.3 ในส่วนของ

การทำแห้งแบบพ่นฝอย การใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 150 - 160 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมร้อนขาออกที่ 90 - 95 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้มะนาวที่มีคุณภาพดี และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และสามารถเก็บไว้ได้นาน 6 เดือน เมื่อบรรจุมะนาวลงในถุงอลูมิเนียมภายใต้ระบบสุญญากาศ

หลุทัย แก่นลา (2558 : 1 - 213) ได้ทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์ น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม จากการทดลองการแปรรูปน้ำส้มจี๊ดที่ผ่านกระบวนการผลิต ในการผลิตน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่มแบบต่าง ๆ พบว่า เมื่อทำการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสแบบ Hedonic Scale (1 - 9 คะแนน) ค่าคะแนนในการยอมรับในด้านสี กลิ่น ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติ แต่เมื่อดูที่คะแนนในเรื่องความหวาน สูตรที่ผสมน้ำส้มจี๊ด 120 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาล 140 กรัม เกลือ 3 กรัม ให้คะแนนความหวานมากกว่าสูตรที่ผสมน้ำส้มจี๊ด 80 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาล 140 กรัม เกลือ 3 กรัม ในการตรวจสอบคุณภาพทางเคมี น้ำส้มจี๊ดที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบต่าง ๆ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด - ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างทางสถิติ ในทุกกรรมวิธี ในการตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า หลังจากทำการเก็บรักษาน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม สูตรที่ผสมน้ำส้มจี๊ด 120 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาล 140 กรัม เกลือ 3 กรัม และนำไปฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที เมื่อเก็บรักษาไว้ 7 วัน ตรวจพบ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ดังนั้นสูตรที่ผสมน้ำส้มจี๊ด 120 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาล 140 กรัม เกลือ 3 กรัม และนำไปฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลส์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จึงเป็นสูตรและกระบวนการผลิตน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่มที่เหมาะสมที่สุด

นันทนิศ์ คงวัน (2559 : 486 - 493) ได้ทำการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มชนิดผง จากน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำผลไม้ พบว่า การใช้มอลโตเด็กซ์ทริน D.E.10 ร้อยละ 20 w/v เป็นสารช่วยทำแห้ง ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดจากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน

ศิริพร สอนสุขสมบูรณ์ (2561 : 1 - 102) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะตูมผงสำเร็จรูป ด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่มีการใช้สารมอลทิทอลที่เป็นสารให้ความหวานทดแทนการใช้ น้ำตาลทราย เนื่องจากมอลทิทอลให้พลังงานต่ำ แต่มีความหวานใกล้เคียงกับน้ำตาลทราย พบว่า ในการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่มีการใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 120 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมร้อนขาออกที่ 70 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนอยู่ที่ 17 - 18 มิลลิลิตรต่อนาที และใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 15 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดก่อนการทำแห้งแบบพ่นฝอย เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการทดลอง และสูตรที่ได้รับยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด คือ สูตรที่ใช้

น้ำตาลทราย ร้อยละ 7.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด และมอลทิทอลร้อยละ 7.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

ทัตดาว ภาษีผล, ประภาพร เพ็ญสังกะ และเทราตรี แจ็งสนาม (2562 : 1373 - 1378) ได้ศึกษาผลของปริมาณสารตัวพาต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของผงบีตาเลนจากผลผักปลังที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้มอลโตเด็กซ์ทรินเป็นสารตัวพา พบว่า เมื่อใช้มอลโตเด็กซ์ทริน (D.E. 20) ในปริมาณร้อยละ 10 น้ำหนักต่อปริมาตร ในสถานะอุณหภูมิร้อนขาเข้า 170 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิร้อนขาออก 90 องศาเซลเซียส ใช้ความดัน 1.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราการไหล 40 มิลลิลิตรต่อนาที จะทำให้ได้ผงสีที่มีสีแดงม่วงมากที่สุด และมีปริมาณบีตาเลนมากที่สุด คือ 103.02 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของสารมอลโตเด็กซ์ทริน ในปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30 น้ำหนักต่อปริมาตร เมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่า การเพิ่มปริมาณสารมอลโตเด็กซ์ทรินส่งผลต่อปริมาณน้ำอิสระ ความหนาแน่นโดยรวม ปริมาณบีตาไซยานิน และค่าสีแดงอย่างมีนัยสำคัญ

ช่อลดา เทียงพุก, จันทร์เพ็ญ แสงประกาย และ อภิญญา จุฑาทงกูร (2563 : 325 - 336) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องคั้นน้ำส้มจี๊ดผสมสารสกัดจากเปลือกส้มจี๊ดพร้อมดื่ม พบว่า ในน้ำพร้อมดื่มเมื่อใช้ปริมาณของน้ำส้มจี๊ดและเปลือกส้มจี๊ดมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มมากขึ้น แต่ส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมชอบน้อยลง โดยสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ใช้น้ำส้มจี๊ดร้อยละ 10 สารสกัดจากเปลือกส้มจี๊ดร้อยละ 5 น้ำตาลทรายร้อยละ 10 และน้ำเปล่าร้อยละ 75 โดยใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ทำให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสได้นาน 15 วัน

สุกัญญา สุขะเหล็ก และคณะ (2563 : 448 - 463) ได้ศึกษาการเอนแคปซูลชันสารสกัดจากปลีกกล้วยด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้สารห่อหุ้มที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ มอลโตเด็กซ์ทริน มอลโตเด็กซ์ทรินผสมกัมอารบิก และมอลโตเด็กซ์ทรินผสมเจลาติน พบว่า มอลโตเด็กซ์ทรินผสมกัมอารบิกในอัตราส่วนร้อยละ 4:1 มีประสิทธิภาพในการกักเก็บสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากสารสกัดจากปลีกกล้วยได้สูงที่สุด คือ ร้อยละ 99.05 ซึ่งเป็นปริมาณ 245.12 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด และยังพบว่ามอลโตเด็กซ์ทรินผสมกัมอารบิกในอัตราส่วนร้อยละ 4:1 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP สูงที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

วัตถุดิบ

1. ผลส้มจัดสด ที่ปลูกในอำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี
2. น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ ตรามิตรผล
3. เกลือสมุทร ยี่ห้อแม่กลอง
4. พริกขี้หนูสวนสีเขียว
5. พริกขี้หนูสวนสีแดง
6. กระทียมไทย
7. รากผักชี
8. น้ำต้มสุก
9. ผงรสมะนาว ตราคนอร์

สารเคมี

1. มอลโตเด็คซ์ตริน (Maltodextrin) ชนิดใช้กับอาหาร (Food Grade) บริษัท ศรีเบญจา
2. ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein)
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) ยี่ห้อ Ajax Finechem

อุปกรณ์ในการแปรรูปและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1. เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (High Speed Centrifugal Spray Dryer) รุ่น LPG-5/10 ยี่ห้อ

MINHUA PM

2. อุปกรณ์เครื่องครัว
3. ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ Haier
4. เครื่องปั่นน้ำผลไม้ ยี่ห้อ Philips รุ่น HR2011 โถแก้ว ขนาด 1.5 ลิตร
5. เครื่องชั่งดิจิตอล รุ่น SF-400 ชั่งได้สูงสุด 10 กิโลกรัม ยี่ห้อ Electronic Kitchen Scale
6. เทอร์โมมิเตอร์สแตนเลส 0-200 องศาเซลเซียส
7. ภาชนะบรรจุพลาสติกทนความร้อน PP
8. ถังอลูมิเนียมฟอยล์
9. อุปกรณ์เครื่องแก้ว
10. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น CP32025 ยี่ห้อ Satorius
11. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น TB-214 ยี่ห้อ Denver Instrument

12. อุปกรณ์สำหรับไตเตรท
13. เครื่องวัดสี รุ่น CR-20 ยี่ห้อ Konica Minolta
14. เครื่องวัดค่า pH รุ่น pH/Ion S220 ยี่ห้อ SevenCompact
15. เครื่องวัดความชื้นในผลิตภัณฑ์ รุ่น MOC 63u ยี่ห้อ Shimadzu
16. เครื่องวัดค่าออสโมมิเตอร์ (a_w) รุ่น ms 1 ยี่ห้อ Novasina
17. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เครื่อง Hand Refractrometer ยี่ห้อ

ATAGO

วิธีการทดลอง

การเตรียมน้ำส้มจืด

นำผลส้มจืดมาล้างทำความสะอาด โดยถูอย่างเบาๆ ล้างซ้ำ 2 - 3 ครั้ง จากนั้นนำส้มจืดพักไว้บนตะกร้าสะอาด รอให้สะเด็ดน้ำ นำมาผ่าโดยแบ่งครึ่งตามแนวนอนออกเป็น 2 ส่วน แล้วบีบน้ำออกกรองผ่านผ้าขาวบาง นำน้ำส้มจืดที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มจืด (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก) ได้แก่

1. ค่าสี ด้วยระบบ $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่อง Hunter lab colorimeter
2. ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (A.O.A.C. 2000 : 110)
3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดย pH Meter ยี่ห้อ SevenCompact
4. ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic Acid) โดยวิธี โอตรี โอโซลา-ซอร์ราโน และคณะ (Odrizola-Serrano and et al. 2007 : 9038)

5. ปริมาณผลผลิต (%yield)

เก็บน้ำส้มจืดที่ได้ในถุงพลาสติก และเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อร่อนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อไป

การศึกษาอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มจืดผงโดยวิธีการพ่นฝอย

นำน้ำส้มจืดที่ผ่านการแช่เยือกแข็งมาละลาย และนำมาผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินในอัตราส่วนร้อยละ 20 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ผสมให้เข้ากัน โดยใช้เครื่องปั่นในการช่วยให้สารมอลโตเด็กซ์ทรินละลาย และนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อัตราการป้อนสารอยู่ที่ 20 รอบต่อนาที โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าในการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส ในการทดลองขั้นตอนนี้มี 3 สิ่งทดลอง ดังนี้

- สิ่งทดลองที่ 1 อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 150 องศาเซลเซียส
- สิ่งทดลองที่ 2 อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 160 องศาเซลเซียส
- สิ่งทดลองที่ 3 อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 170 องศาเซลเซียส

เก็บผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ นำผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก) ได้แก่

1. วิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี รุ่น ms 1 ยี่ห้อ Novasina
2. วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยเครื่องวัดความชื้นในผลิตภัณฑ์ รุ่น MOC 63u ยี่ห้อ Shimadzu
3. วิเคราะห์ความสามารถในการละลาย โดยตัดแปลงวิธีการของกลอยใจ เขยกลิ่นเทศ (2556 : 83)
4. วิเคราะห์ค่าสี ด้วยระบบ $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่อง Hunter lab colorimeter
5. วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (A.O.A.C. 2000 : 110)
6. วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยใช้ Hand Refractometer
7. วิเคราะห์ค่า pH ด้วยเครื่อง pH Meter ยี่ห้อ Seven Compact
8. วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic Acid) โดยวิธีของโอคริ โอโซลา-ซอร์ราโน และคณะ (Odrozola-Serrano and et al. 2007 : 9038)

9. ปริมาณผลผลิต (%yield)

การศึกษาระดับของปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มจี๊ดผง โดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

นำน้ำส้มจี๊ดที่ผ่านการแช่แข็งมาละลาย และนำมาผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 และ 30 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่นเพื่อให้สารมอลโตเด็กซ์ทรินละลาย และนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ใช้อัตราการป้อนสารที่ 20 รอบต่อนาที โดยอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าในการทำแห้งแบบพ่นฝอย คัดเลือกจากการศึกษาอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่เหมาะสม ซึ่งในการทดลองขั้นตอนนี้มี 3 สิ่งทดลอง ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 น้ำส้มจี๊ดผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10

สิ่งทดลองที่ 2 น้ำส้มจี๊ดผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20

สิ่งทดลองที่ 3 น้ำส้มจี๊ดผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 30

เก็บผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ นำผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก) ได้แก่

1. วิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี รุ่น ms 1 ยี่ห้อ Novasina
2. วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยเครื่องวัดความชื้นในผลิตภัณฑ์ รุ่น MOC 63u ยี่ห้อ Shimadzu

3. วิเคราะห์ความสามารถในการละลาย โดยตัดแปลงวิธีการของกลอยใจ เขยกลั่นเทศ (2556 : 83)

4. วิเคราะห์ค่าสี ด้วยระบบ $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่อง Hunter Lab Colorimeter

5. วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (A.O.A.C. 2000 : 110)

6. วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดโดยใช้ Hand Refractometer

7. วิเคราะห์ค่า pH ด้วยเครื่อง pH Meter ยี่ห้อ SevenCompact

8. วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic Acid) โดยวิธีของ โอคริ โอโซลา-ซอร์ราโน และคณะ (Odrozola-Serrano and et al. 2007 : 9038)

9. ปริมาณผลผลิต (%yield)

การศึกษาการใช้ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงในผลิตภัณฑ์อาหาร

ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงในผลิตภัณฑ์อาหาร 2 รูปแบบ ได้แก่ น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม และน้ำจิ้มซีฟู้ด จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม และน้ำจิ้มซีฟู้ด ด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-Point Hedonic Scale Test โดยให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์จากค่า 1 - 9 โดยที่ (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) ทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ความชอบโดยรวม จำนวน 9 สิ่งทดลอง ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

1. การทำน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม

ในการทำน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่มตัดแปลงจากสูตรของสำเร็จ ช่วงประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์ (2558 : 58) นำผงส้มจี๊ดที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอย ปริมาณ 8 9 และ 10 กรัม ผสมกับน้ำตาลทราย 25 กรัม จากนั้นเติมน้ำต้มสุก 250 กรัม เติมน้ำเกลือ 1 กรัม คนทุกอย่างให้ละลายจนเข้ากันดี จากนั้นนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในการทดลองขั้นตอนนี้มี 5 สิ่งทดลอง ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 มะนาวผง 7 กรัม (สูตรควบคุม 1)

สิ่งทดลองที่ 2 น้ำส้มจี๊ดสด 40 กรัม (สูตรควบคุม 2)

สิ่งทดลองที่ 3 ส้มจี๊ดผง 8 กรัม

สิ่งทดลองที่ 4 ส้มจี๊ดผง 9 กรัม

สิ่งทดลองที่ 5 ส้มจี๊ดผง 10 กรัม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

หมายเหตุ

สูตรควบคุม 1 อัตราส่วนการใช้มะนาวผง อ้างอิงจากผลึกในบรรจุภัณฑ์ของมะนาวผง ยี่ห้อที่มีขายตามท้องตลาดยี่ห้อหนึ่ง โดยมีอัตราส่วนมะนาวผง 5 กรัม ต่อน้ำ 15 กรัม จะเท่ากับน้ำมะนาว 1.5 ลูก และในข้อแนะนำให้ใช้ปริมาณ 7 กรัม ในการชงเครื่องดื่ม

สูตรควบคุม 2 จากสูตรของสำเร็จ ช่างประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์ (2558 : 58) ใช้น้ำส้มจืดสด 120 กรัม ต่อน้ำสะอาด 750 กรัม ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนน้ำส้มจืดสด 1 ส่วน ต่อน้ำ 6.25 ส่วน (น้ำหนักต่อปริมาตร) เกลือ 3 กรัม

2. การทำน้ำจิ้มซีฟู้ด

ในการทำน้ำจิ้มซีฟู้ด คัดแปลงสูตรจากหนังสือ ๑๒๑ น้ำจิ้มสูตรอร่อย (สำนักพิมพ์ แสงแดด. 2550 : 26) นำพริกชี้หนูแดงและพริกชี้หนูเขียว 20 กรัม รากผักชี 1.5 กรัม กระเทียมไทยแกะเปลือก 5 กรัม นำมาปั่นรวมกันให้ละเอียด จากนั้นเติมน้ำตาลทรายขาว 12 กรัม น้ำส้มสุก 30 กรัม เกลือ 6 กรัม พงส้มจืดปริมาณ 12 14 และ 16 กรัม ตามลำดับ คนให้เข้ากัน จากนั้นตักใส่ภาชนะเพื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไปในการทดลองนี้มี 5 สิ่งทดลอง ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 มะนาวผง 4 กรัม (สูตรควบคุม 1)

สิ่งทดลองที่ 2 น้ำส้มจืดสด 30 กรัม (สูตรควบคุม 2)

สิ่งทดลองที่ 3 ส้มจืดผง 12 กรัม

สิ่งทดลองที่ 4 ส้มจืดผง 14 กรัม

สิ่งทดลองที่ 5 ส้มจืดผง 16 กรัม

หมายเหตุ

สูตรควบคุม 1 อัตราส่วนการใช้มะนาวผง อ้างอิงจากผลึกในบรรจุภัณฑ์ของมะนาวผงยี่ห้อที่มีขายตามท้องตลาดยี่ห้อหนึ่ง โดยมีอัตราส่วนมะนาวผง 5 กรัม ต่อน้ำ 15 กรัม จะเท่ากับน้ำมะนาว 1.5 ลูก และในข้อแนะนำให้ใช้ปริมาณ 4 กรัม ในการทำน้ำจิ้มซีฟู้ด

สูตรควบคุม 2 ใช้ปริมาณน้ำส้มจืด 30 กรัมเท่ากับสูตรที่อ้างอิง (สำนักพิมพ์แสงแดด. 2550 : 26) ที่ใช้น้ำมะนาว 30 กรัม

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยใช้ Duncan's New Multiple Ranges Test (DMRT หรือ DUNCAN) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลและการวิจารณ์

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำส้มจี๊ด

จากการนำผลส้มจี๊ดสดมาคั้นน้ำ และกรองเอาเมล็ดออกด้วยผ้าขาวบาง จะได้ลักษณะน้ำตามภาพประกอบ 5 สีของน้ำส้มจี๊ดจะมีสีส้ม มีกลิ่นหอมซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของส้มจี๊ดที่ชัดเจน มีรสเปรี้ยว จากนั้นนำน้ำส้มจี๊ดใส่ในถุงพลาสติกใสและเก็บรักษาน้ำส้มจี๊ดไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ เมื่อนำน้ำส้มจี๊ดไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ได้ผลดังตาราง 2 จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าส้มจี๊ด มีค่าความสว่าง เท่ากับ 26.47 ± 0.31 ค่าความเป็นสีแดง เท่ากับ -0.47 ± 0.06 และค่าความเป็นสีเหลือง เท่ากับ 3.63 ± 0.25 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ให้ค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ร้อยละ 5.68 ± 0.00 มีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของช่อลัดดา เทียงพุก และคณะ (2563 : 329) ที่ตรวจวัดปริมาณกรดทั้งหมดในน้ำส้มจี๊ดที่เก็บผลมาจากอำเภอเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี โดยพบปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 6.36 ± 0.13

ค่า pH พบว่า มีค่า 2.30 ± 0.01 ค่า pH ของน้ำส้มจี๊ดที่ตรวจวัดได้ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของช่อลัดดา เทียงพุก และคณะ (2563 : 329) ที่ตรวจวัดค่า pH ได้ 2.57 ± 0.68 เนื่องจากส้มจี๊ดเป็นผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว

ปริมาณวิตามินซี ให้ค่าวิตามินซีที่ 19.00 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม ซึ่งมีความแตกต่างกับงานวิจัยของช่อลัดดา เทียงพุก และคณะ (2563 : 329) ที่ตรวจวัดปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มจี๊ดที่เก็บผลมาจากอำเภอเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี โดยพบปริมาณวิตามินซี 32.15 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งวิตามินซีจะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายกว่าวิตามินชนิดอื่น ๆ การสูญเสียจะเกิดขึ้นได้มากเมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลานานในสถานที่อุณหภูมิสูงความชื้นต่ำ (วิเศษนม นิลนนท์. 2546 : 21)

ในส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพ มีปริมาณผลผลิตที่ร้อยละ 38.78 ± 1.92 ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของสุรพงษ์ โกติยะจินดา, ดวงพร อมัตร์ตนะ และมานิตย์ โฆษิตตระกูล (2528 : 408) ที่พบว่า เมื่อทำการคั้นน้ำส้มจี๊ด ปริมาณน้ำส้มจี๊ดจะอยู่ที่ร้อยละ 80 ซึ่งการที่ผลการทดลองแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากเทคนิคในการคั้นน้ำ การบีบเอาน้ำออกจากผลของส้มจี๊ด รวมถึงระยะการสุกในการเก็บเกี่ยวผลส้มจี๊ด ในผลไม้ประเภทส้มที่แก่แล้วจะมีผนังเซลล์ที่อ่อนนุ่ม และมีปริมาณน้ำสะสมในเซลล์มากกว่าผลอ่อน (วิเศษนม นิลนนท์. 2546 : 33)



ภาพประกอบ 5 ลักษณะน้ำส้มจืดสดที่คั้นได้

ตาราง 2 ค่าที่วัดได้ของคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำส้มจืด

คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ	ค่าที่วัดได้ (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
ค่าสี	
L*	26.47±0.31
a*	-0.47±0.06
b*	3.63±0.25
ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)	5.68±0.00
pH	2.30±0.01
วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	19.00±0.00
ผลผลิต (ร้อยละ)	38.78±1.92

ผลการศึกษาอุณหภูมิผสมร้อนขาเข้าที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มจืดผงโดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

จากผลการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ส้มจืดผงจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องให้มีอุณหภูมิผสมร้อนขาเข้าที่ 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 20 รอบต่อนาที ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก พบว่า ผงส้มจืดที่ได้มีสีเหลืองอ่อน

ผงเนียนละเอียด ไม่จับตัวกันเป็นก้อน ไม่มีกลิ่นไหม้ ยังคงกลิ่นหอมอันเป็นเอกลักษณ์ของส้มจัด ลักษณะของส้มจัดผงดังกล่าวประกอบ 6

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ส้มจัดผงไปตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพได้ผลดังตาราง 3 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ส้มจัดผงที่ใช้อุณหภูมิความร้อนขาเข้า 170 องศาเซลเซียส มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีเท่ากับ 0.13 ± 0.00 และค่าความชื้นร้อยละ 2.77 ± 0.02 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ 150 และ 160 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับงานวิจัยของศิริพร สอนสมบูรณ์สุข (2561 : 47) ที่ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะตูมผงสำเร็จรูปด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย และพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิร้อนขาเข้าส่งผลให้ความชื้นของมะตูมผงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของแควก และคณะ (Quek and et al. 2007 : 389 - 390) ที่ได้ศึกษาลักษณะของแดงโม่ผง พบว่า อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลง ซึ่งผลิตภัณฑ์ส้มจัดผงยังไม่มีมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จึงใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพข.537/2547 (2547 : 2) ที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์มะนาวผงต้องมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีไม่เกิน 0.5 ซึ่งค่าวอเตอร์แอกติวิตีเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของอาหาร โดยทำหน้าที่ควบคุมการอยู่รอด การเจริญเติบโต และการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์ การทำแห้งแบบพ่นฝอยที่สภาวะอัตราการไหลของอากาศคงที่ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิร้อนขาเข้าจะเป็นการเพิ่มแรงขับเคลื่อนในผลิตภัณฑ์อาหารผงให้ระเหยออกไป ส่งผลให้ความสามารถในการระเหยน้ำของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยเพิ่มขึ้น (โพธิ์ทอง ประณีตพลกรัง. 2563 : 353)

ความสามารถในการละลาย พบว่า ผลิตภัณฑ์ส้มจัดผงที่ทำแห้งโดยใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส มีค่าการละลาย 1.03 ± 0.02 1.28 ± 0.04 และ 1.32 ± 0.03 นาที ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ส้มจัดผงที่ใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ 150 องศาเซลเซียส ละลายเร็วที่สุดซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ 160 และ 170 องศาเซลเซียส เมื่อการใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่สูงขึ้น ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการทำแห้งลดลง (ณัฐภูมิ เครื่องพงษ์ศักดิ์, จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ และชลิดา เนียมนุ้ย, 2011 : 819) ผงที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอย จะมีลักษณะเป็นทรงกลม และมีพื้นผิวเปียก (Wet Surface) อยู่โดยรอบ ถ้ามีพื้นผิวเปียกมาก จะทำให้น้ำบริเวณโดยรอบถูกดูดเข้ามารวมกันเป็นก้อน ส่งผลให้ความสามารถในการละลายลดลง (ศิริสิทธิ์ ฝอยศ และคณะ. 2562 : 513 - 514) ซึ่งจากผลการทดลองเมื่อใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่สูงขึ้น เวลาที่ใช้ในการทำแห้งลดลง อาจส่งผลให้ตัวผงผลิตภัณฑ์มีค่าพื้นผิวเปียกมาก ทำให้ใช้เวลาในการละลายมากขึ้น

ค่าสี พบว่า ผลิตภัณฑ์ส้มจัดผงที่ใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่าง เท่ากับ 88.93 ± 0.42 89.45 ± 0.15 และ 91.93 ± 0.29 ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ส้มจัดผงที่อุณหภูมิร้อนขาเข้า 170 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างมากที่สุด ค่าความเป็นสีแดง เท่ากับ

0.43±0.06 1.20±0.00 และ 0.43±0.06 ตามลำดับ ผลิตกัณฑ์สัมจืดผงที่อุณหภูมิร้อนขาเข้า 160 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นสีแดงมากที่สุด ผลิตกัณฑ์สัมจืดผงที่ใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นสีเหลือง เท่ากับ 19.70±0.06 19.70±0.10 และ 20.53±0.15 ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิร้อนขาเข้า 170 องศาเซลเซียส ผลิตกัณฑ์สัมจืดผงมีค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพิไลรัก อินธิปัญญา และชนกจิ งามิ (2557 : 145) ที่ได้ศึกษาผลของกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของน้ำหม่อนผสมน้ำผึ้งชนิดผง ที่พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิร้อนขาเข้า ส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตกัณฑ์สัมจืดผงมีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ต่ำกว่า จะเห็นได้จากเมื่อใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ 170 องศาเซลเซียส ค่าความสว่าง เท่ากับ 51.21±0.47 และเมื่อใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ 150 องศาเซลเซียส ค่าความสว่าง เท่ากับ 50.83±0.15 เนื่องจากการใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่มากขึ้น จะทำให้เวลาที่ใช้ในการทำแห้งลดลง ความชื้นระเหยออกจากผลิตกัณฑ์รวดเร็ว เวลาที่ผลิตกัณฑ์เจอกับอากาศร้อนลดลง ค่าความสว่างจึงมากขึ้น

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้า 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส ผลิตกัณฑ์สัมจืดผงมีค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ร้อยละ 1.72±0.01 1.72±0.03 และ 1.77±0.01 ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิร้อนขาเข้า 170 องศาเซลเซียส สัมจืดผงมีค่าปริมาณกรดทั้งหมดที่มากที่สุดซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่ 150 และ 160 องศาเซลเซียส งานวิจัยของช่อลัดดา เทียงพุก และคณะ (2563 : 325 - 336) พบว่า ในน้ำส้มจืดพร้อมคิมที่นำมาฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน มีปริมาณกรดทั้งหมด ไม่แตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธี ทั้งในสูตรที่ใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที และที่ใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้า 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส ผลิตกัณฑ์สัมจืดผงมีค่าเท่ากับ 8.13±0.12 8.87±0.12 และ 8.97±0.06 ตามลำดับ โดยอุณหภูมิร้อนขาเข้า 170 องศาเซลเซียส ให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับที่อุณหภูมิร้อนขาเข้า 150 องศาเซลเซียส แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ที่อุณหภูมิร้อนขาเข้า 160 องศาเซลเซียส งานวิจัยของณัฐริพร จันทพันธ์ (2549 : 1 - 119) ที่พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของเครื่องดื่มน้ำบัวผง เมื่ออุณหภูมิร้อนขาเข้าที่สูงขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิร้อนขาเข้าไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้

ค่า pH พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิหม้อน้ำร้อนขาเข้า 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ สัมผัสมีค่าที่ 2.42 ± 0.01 2.42 ± 0.01 และ 2.42 ± 0.01 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวีระเชษฐ์ จิตตานิษฐ์, สิริวรรณ นิตีรัฐ และอรอุมา เทชานันท์ชัชกุล (Weerachet Jittanit, Siriwon Niti-Att and Onuma Techanuntachaikul. 2010 : 504) ที่พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิหม้อน้ำร้อนขาเข้าในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของน้ำสับปะรดไม่มีผลต่อค่า pH ที่ตรวจวัดได้ ที่ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 อุณหภูมิหม้อน้ำร้อนขาเข้าที่ 130 150 และ 170 องศาเซลเซียส ให้ค่า pH เท่ากับ 3.5 ± 0.0 3.5 ± 0.1 และ 3.7 ± 0.1 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณวิตามินซี พบว่า ผลิตภัณฑ์สัมผัสที่ใช้อุณหภูมิหม้อน้ำร้อนขาเข้า 150 และ 170 องศาเซลเซียส มีค่าวิตามินซีเท่ากับ 58.00 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับการใช้อุณหภูมิหม้อน้ำร้อนขาเข้า 160 องศาเซลเซียส ที่มีค่าวิตามินซีเท่ากับ 56.00 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม วิตามินซี เป็นวิตามินที่เกิดการสลายได้ง่ายเมื่อเจอความร้อน ซึ่งงานวิจัยของพงศ์พิเชฐ รุ่งทอง และศรณัฐ ภาตสุวรรณ (2544 : 36) ที่ได้ศึกษาการทำสัมผัสด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าระดับอุณหภูมิมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณวิตามินซี โดยทำการทดลองใช้อุณหภูมิหม้อน้ำร้อนขาเข้า 3 ระดับ คือ 140 150 และ 170 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า มีปริมาณวิตามินซีอยู่เท่ากับ 11.26 10.36 และ 7.52 มิลลิกรัมต่อหนึ่งร้อยกรัม แสดงให้เห็นว่าระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลง อีกทั้งยังสอดคล้องกับคลังความรู้ กระทรวงสาธารณสุข (ออนไลน์. 2564) ที่กล่าวไว้ว่าอุณหภูมิ ความร้อน แสงสว่าง เป็นตัวเร่งสำคัญที่ทำให้วิตามินซีเปลี่ยนแปลง โครงสร้างและสลายตัวอย่างรวดเร็ว

ในส่วนของคุณภาพผลผลิต พบว่าการใช้อุณหภูมิหม้อน้ำร้อนขาเข้า 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลผลิตของสัมผัสที่ร้อยละ 21.57 23.27 และ 23.81 ตามลำดับ ซึ่งที่อุณหภูมิหม้อน้ำร้อนขาเข้า 170 องศาเซลเซียส ให้ค่าปริมาณผลผลิตสูงที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการใช้อุณหภูมิหม้อน้ำร้อนขาเข้า 150 และ 160 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริสิทธิ์ ผ้อยศ และคณะ (2562 : 511 - 519) ที่พบว่า ในการทำมะม่วงสุกผึ่ง เมื่อปริมาณของมอลโตเด็กซ์ทรินคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิหม้อน้ำร้อนขาเข้าจะทำให้ได้มะม่วงผึ่งมากขึ้น การที่ได้ปริมาณของผลผลิตมากขึ้น เพราะการใช้อุณหภูมิที่ต่ำลงในการทำแห้งแบบพ่นฝอย จะทำให้ผึ่งแห้งช้า ติดกับผนังของเครื่อง และตามท่อต่าง ๆ ภายในเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริพร สอนสมบุญสุข (2561 : 46 - 49) ที่พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิหม้อน้ำร้อนขาเข้า ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณของผลผลิตที่ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการทดลองการศึกษาอุณหภูมิหม้อน้ำร้อนขาเข้าที่เหมาะสมในการผลิตน้ำสัมผัส ผึ่ง โดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย และพิจารณาจากผลของปริมาณผลผลิต ปริมาณกรดทั้งหมดในรูป

กรดซิตริก ปริมาณวิตามินซี ปริมาณค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ และค่าความชื้น จึงเลือกใช้การทำแห้ง น้ำส้มจืดแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 170 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่ดีที่สุดที่จะใช้ ในการทดลองส่วนต่อไป เพราะให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ ร้อยละ 23±0.01 มีปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปกรดซิตริกสูงที่สุด คือ ร้อยละ 1.77±0.01 มีปริมาณวิตามินซีสูงที่ 58±0.00 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม มีปริมาณค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ต่ำที่สุด คือ 0.13±0.00 และมีค่าความชื้นต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 2.77±0.02



(ก)

(ข)

(ค)

ภาพประกอบ 6 ลักษณะผลิตภัณฑ์ส้มจืดผงที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (ก) 150 องศาเซลเซียส (ข) 160 องศาเซลเซียส (ค) 170 องศาเซลเซียส

ตาราง 3 คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงโดยใช้อุณหภูมิความร้อนขาเข้าต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	a _w	ความชื้น (ร้อยละ)	การละลาย (นาทีก)	ค่าสี			ปริมาณกรด ทั้งหมดในรูป กรดซิตริก (ร้อยละ)	ปริมาณของ ของแข็งที่ ละลายได้ทั้ง หมด (°Brix)	pH ^(ns)	วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	ผลผลิต (ร้อยละ)
				L*	a*	b*					
150	0.15±0.01 ^a	3.38±0.01 ^a	1.03±0.02 ^b	88.93±0.42 ^b	0.43±0.06 ^b	19.87±0.06 ^b	1.72±0.01 ^b	8.13±0.12 ^b	2.42±0.01	58.00±0.00 ^a	21.57±0.00 ^c
160	0.15±0.00 ^b	3.27±0.17 ^a	1.28±0.04 ^a	89.45±0.15 ^b	1.20±0.00 ^a	19.70±0.10 ^b	1.72±0.03 ^b	8.87±0.12 ^a	2.42±0.01	56.00±0.00 ^b	23.27±0.00 ^b
170	0.13±0.00 ^c	2.77±0.02 ^b	1.32±0.03 ^a	91.93±0.29 ^a	0.43±0.06 ^b	20.53±0.15 ^a	1.77±0.01 ^a	8.97±0.06 ^a	2.41±0.01	58.00±0.00 ^a	23.81±0.00 ^a

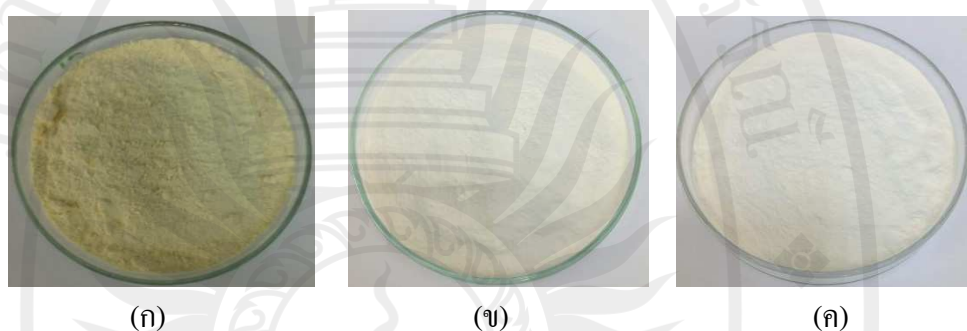
หมายเหตุ : a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

: ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) ทำการเจือจาง 1:10

ผลการศึกษาระดับของปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มจี๊ดผง โดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

จากผลการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องให้มีอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 170 องศาเซลเซียส อัตราการป้อน 20 รอบต่อนาที ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทริน ร้อยละ 10 20 และ 30 พบว่าผงส้มจี๊ดที่ได้มีสีเหลืองอ่อน ไม่จับตัวเป็นก้อน ไม่มีกลิ่นไหม้ สีที่ได้แตกต่างกันตามปริมาณของมอลโตเด็กซ์ทรินที่ใส่เข้าไป ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 ลักษณะผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 170 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินระดับต่าง ๆ (ก) ร้อยละ 10 (ข) ร้อยละ 20 (ค) ร้อยละ 30

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงไปตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพได้ผลดังตาราง 4 จากตารางจะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผง ที่มีการเติมมอลโตเด็กซ์ทรินที่ระดับต่าง ๆ กัน มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีเท่ากับ 0.14 ± 0.01 0.12 ± 0.00 และ 0.11 ± 0.00 ตามลำดับ โดยการใช้มอลโตเด็กซ์ทรินที่ร้อยละ 30 ทำให้ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผง มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำที่สุด และในส่วนของความชื้น พบว่าเมื่อใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ให้ค่าความชื้น ดังนี้ 4.15 ± 0.12 3.31 ± 0.06 และ 2.59 ± 0.04 ตามลำดับ โดยการใช้มอลโตเด็กซ์ทรินที่ร้อยละ 30 มีค่าความชื้นต่ำที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของพิไลรัก อินธิปัญญาและธนกิจ ถาหมี (2557 : 143) ซึ่งพบว่า ในการศึกษากระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของน้ำหมอนผสมน้ำผึ้งชนิดผง เมื่อใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี และความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความสามารถในการละลาย พบว่า ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก มีค่าการละลายเท่ากับ 0.57 ± 0.02 1.04 ± 0.02 และ 1.33 ± 0.05 นาทีตามลำดับ

ซึ่งการใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 10 ใช้เวลาในการละลายน้อยที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) กับที่ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 20 และ 30 เนื่องจากเมื่อใส่ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เมื่อนำไปละลาย ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดมากขึ้น จึงใช้เวลาในการละลายมากขึ้น ซึ่งจากงานวิจัยของสุริดา กิจเกษตรสถาพร (2552 : 40) พบว่าการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$)

ค่าสี พบว่า ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก มีค่าความสว่าง เท่ากับ 85.47 ± 1.01 91.63 ± 0.31 และ 93.20 ± 0.35 ตามลำดับ ซึ่งการใช้มอลโตเด็กซ์ตริน ที่ร้อยละ 30 ให้ความสว่างมากที่สุด ค่าความเป็นสีแดง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าความเป็นสีเหลือง การใส่มอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 10 ให้ความเป็นสีเหลืองมากที่สุด ซึ่งสีที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากปริมาณของสารมอลโตเด็กซ์ตรินที่ใส่เข้าไป ซึ่งสารมอลโตเด็กซ์ตรินมีสีขาว ทำให้ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงที่ใช้มอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 10 ให้ความสว่างน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของฉวีรุพร จันทพันธ์ (2549 : 67) ที่ศึกษาการทำแห้งน้ำบวียงผงโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย ที่พบว่า เมื่อใช้สารมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นตาม

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกในผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผง พบว่า การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 10 20 และ 30 มีค่าเท่ากับ 2.94 ± 0.05 1.21 ± 0.01 และ 1.20 ± 0.04 ตามลำดับ โดยการใส่มอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 10 ให้ค่าปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับเมื่อใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้น อัตราส่วนของปริมาณสารมอลโตเด็กซ์ตรินที่เพิ่มขึ้น ทำให้อัตราส่วนของน้ำส้มจี๊ดที่ใส่จะลดลง จึงส่งผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของฉวีรุพร จันทพันธ์ (2549 : 65) ที่ศึกษาน้ำบวียงผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ที่พบว่าเมื่อใช้สารมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดที่ตรวจวัดได้มีค่าลดลง

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผง พบว่า การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 10 20 และ 30 มีค่าเท่ากับ 8.73 ± 0.12 8.87 ± 0.12 และ 9.00 ± 0.0 ตามลำดับ การใส่มอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 30 ให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับที่ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินร้อยละ 10 และ 20 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นอ มาดิฮัท และคณะ (Nor Madihah and et al. 2015 : 296 - 299) ที่ศึกษาผลของมอลโตเด็กซ์ตรินต่อการทำแห้งแบบพ่นฝอย ในน้ำมะกรูด ซึ่งจากการทดลองพบว่ายิ่งเติมสารมอลโตเด็กซ์ตรินมากขึ้น ปริมาณน้ำตาลและความเข้มข้นในน้ำผลไม้ยิ่งเพิ่มมากขึ้น

ในส่วนของคุณค่า pH พบว่า การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 10 20 และ 30 ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผง มีค่า pH เท่ากับ 2.26 ± 0.01 2.36 ± 0.00 และ 2.36 ± 0.01 ตามลำดับ โดยการใส่มอลโตเด็กซ์ตริน

ที่ร้อยละ 10 ทำให้ผงส้มจืดมีความเป็นกรดมากที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับเมื่อใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน เพิ่มขึ้น เป็นร้อยละ 20 และ 30 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริพร สอนสมบุรณ์สุข (2561 : 49 - 53) ที่รายงานว่า ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะตูมผงสำเร็จรูปด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอยการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน มีผลทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และ pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณวิตามินซี พบว่า การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 10 20 และ 30 ผลิตภัณฑ์ส้มจืดผงมีค่าวิตามินซี เท่ากับ 70.00 ± 0.00 21.28 ± 0.32 และ 29.91 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 10 ให้ค่าปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุด และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับเมื่อใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินเพิ่มขึ้น การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 10 สอดคล้องกับงานของช่อลัดดา เทียงพุก และคณะ (2563 : 330) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องคั้นน้ำส้มจืดผสมสารสกัดจากเปลือกส้มจืดพร้อมดื่ม ที่พบว่าปริมาณของน้ำส้มจืดที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ปริมาณกรด ปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น แต่ให้ค่า pH ที่ลดลง เพราะส้มจืดเป็นผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว และมีปริมาณกรดสูง

ในส่วนของคุณสมบัติผลผลิต การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 10 20 และ 30 ได้ผลิตภัณฑ์ส้มจืดผง เท่ากับ 11.35 ± 0.00 21.28 ± 0.32 และ 29.91 ± 0.00 ตามลำดับ ซึ่งการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 30 ให้ค่าผลผลิตมากที่สุด และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 10 และ 20 สารมอลโตเด็กซ์ตรินที่ใช้เป็นสารตัวพา ช่วยเพิ่มปริมาณของผลผลิตที่ได้ โดยการใส่ปริมาณสารมอลโตเด็กซ์ตรินมากขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้มีปริมาณมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของทัตดาว ภาณีผล, ประภาพร เพ็ญสังกะ และเทราตรี แจ็งสนาม (2562 : 1373 - 1378) ที่ได้ศึกษาผลของปริมาณสารตัวพาต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของผงบีตาเลนจากผลผักปลังที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารตัวพา พบว่า เมื่อใช้มอลโตเด็กซ์ตริน ในปริมาณร้อยละ 10 ในสภาวะอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 170 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมร้อนขาออก 90 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการไหล 40 มิลลิลิตรต่อนาที จะทำให้ได้ผงสีที่มีสีแดงม่วงมากที่สุด และมีปริมาณบีตาเลนมากที่สุด คือ 103.02 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของสารมอลโตเด็กซ์ตรินในปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30 เมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่า การเพิ่มปริมาณสารมอลโตเด็กซ์ตรินส่งผลต่อปริมาณน้ำอิสระ ความหนาแน่น โดยรวม ปริมาณบีตาไซยานิน และค่าสีแดงอย่างมีนัยสำคัญ มอลโตเด็กซ์ตรินนิยมใช้เป็นสารเพิ่มปริมาณ (Bulking Agents) ทำให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้เพิ่มขึ้น อีกทั้งมอลโตเด็กซ์ตรินยังช่วยในการเก็บกักกลิ่นและรสของผลิตภัณฑ์ (กล้าณรงค์ ศิริรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546 : 207 - 214)

จากการทดลองศึกษาหาปริมาณของมอลโตเด็กซ์ตรินที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มจืดผง โดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยกำหนดอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 170 องศาเซลเซียส ปริมาณของมอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 20 เป็นสภาวะที่ดีที่สุด เพราะใช้เวลาในการละลายน้อยที่สุด คือ 0.57 ± 0.02 นาที มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกสูงที่สุด คือ ร้อยละ 2.94 ± 0.05 มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด คือ 70.00 ± 0.00 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ซึ่งวิตามินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเซลล์ ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันต้านทานในกับร่างกาย ช่วยในการสังเคราะห์คอลลาเจน ซึ่งคอลลาเจนเป็นองค์ประกอบของเส้นเลือดฝอย ผิวหนัง เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และช่วยต่อต้านการติดเชื้อต่าง ๆ (สรমন สุทิน. 2559 : 88 - 90)

ผลการศึกษาการศึกษาการใช้ผลิตภัณฑ์ส้มจืดผงในผลิตภัณฑ์อาหาร

จากการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ส้มจืดผงในผลิตภัณฑ์อาหาร 2 รูปแบบ ได้แก่ น้ำส้มจืดพร้อมดื่ม และน้ำจิ้มซีฟู้ด และทำการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มจืดพร้อมดื่ม (ตาราง 5) พบว่า

ด้านลักษณะปรากฏ พบว่า น้ำส้มจืดพร้อมดื่มสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ 7.56 ± 0.92 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรควบคุม 2 ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 7.00 ± 1.46 แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับในสูตรควบคุม 1 สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่ได้คะแนน 7.33 ± 1.91 7.39 ± 1.15 และ 7.50 ± 0.99 ตามลำดับ

ด้านสี พบว่า น้ำส้มจืดพร้อมดื่มสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ 7.67 ± 1.03 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรควบคุม 1 ที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 6.72 ± 2.11 แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับในสูตรควบคุม 2 สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่ได้คะแนน 7.17 ± 1.20 7.50 ± 0.99 และ 7.61 ± 0.98 ตามลำดับ

ด้านกลิ่น พบว่า น้ำส้มจืดพร้อมดื่มสูตรควบคุม 1 ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ 7.28 ± 1.41 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 6.17 ± 1.34 6.17 ± 1.20 และ 6.17 ± 1.15 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับในสูตรควบคุม 2 ที่ได้คะแนน 7.28 ± 1.41

ด้านรสชาติ พบว่า น้ำส้มจืดพร้อมดื่มสูตรควบคุม 1 ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ 7.50 ± 1.51 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรควบคุม 2 สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 คือ 6.83 ± 1.34 6.50 ± 1.58 6.61 ± 1.50 และ 6.56 ± 1.34 ตามลำดับ โดยน้ำพร้อมดื่มสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด

ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่มสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ 7.50 ± 1.20 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรควบคุม 2 ที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 6.89 ± 1.61 มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับในสูตรควบคุม 1 สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่ได้คะแนน 7.39 ± 1.65 7.28 ± 1.36 และ 7.33 ± 1.37 ตามลำดับ

ด้านความชอบโดยรวม พบว่า น้ำพร้อมดื่มสูตรควบคุม 1 ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ 7.33 ± 1.53 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 6.67 ± 1.24 และ 6.72 ± 1.07 ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับในสูตรควบคุม 2 และสูตรที่ 3 ที่ได้คะแนน 7.11 ± 1.37 และ 6.89 ± 1.02 ตามลำดับ

โดยเมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ที่ใช้ผงส้มจี๊ด 8 9 และ 10 กรัม เมื่ออยู่ในเรื่องของลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ได้รับคะแนนที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทำให้ทั้ง 3 สูตร สามารถนำมาใช้ในการทำน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่มได้ โดยขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละบุคคล และต้นทุนในการผลิต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนักรบ นาคประสม และคณะ (2560 : 171 - 178) ได้ศึกษาการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมสำหรับเครื่องดื่มสมุนไพรจากฝางโดยวิธีออกแบบการทดลองแบบผสมผสาน โดยได้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากฝางทั้งหมด 10 สูตร พบว่ามี 2 สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือสูตรที่ 5 ที่ใช้ผงร้อยละ 0.25 น้ำตาลร้อยละ 2.5 และน้ำผึ้งร้อยละ 5 และสูตรที่ 9 ใช้ผงร้อยละ 0.334 น้ำตาลร้อยละ 0.835 และน้ำผึ้งร้อยละ 6.67 จึงได้วิเคราะห์ในด้านต้นทุนของสูตรที่ใช้ โดยมีราคาต่างกัน 0.74 บาทต่อขวด จึงเลือกสูตรที่ 5 เป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับเครื่องดื่มสมุนไพรจากฝาง เนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำกว่า

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำจิ้มซีฟู้ด จากตาราง 6 พบว่า

ด้านลักษณะปรากฏ พบว่า น้ำจิ้มซีฟู้ดสูตรที่ 1 ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ 8.00 ± 1.03 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรควบคุม 2 ที่ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ 7.00 ± 1.46 แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับในสูตรควบคุม 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ที่ได้คะแนน 7.78 ± 1.11 7.89 ± 0.90 และ 7.83 ± 0.92 ตามลำดับ

ด้านสี พบว่า น้ำจิ้มซีฟู้ดสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ 7.83 ± 1.15 และ 7.83 ± 1.10 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับสูตรควบคุม 1 สูตรควบคุม 2 และ สูตรที่ 2 ที่ได้คะแนน 7.67 ± 1.41 7.61 ± 1.04 และ 7.72 ± 1.02 ตามลำดับ

ด้านกลิ่น พบว่า น้ำจิ้มซีฟู้ดสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ 7.72 ± 1.02 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรควบคุม 2 ได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด คือ

7.11±1.18 แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับในสูตรควบคุม 1 สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่ได้คะแนน 7.22±1.63 7.50±0.92 และ 7.33±1.19 ตามลำดับ

ด้านรสชาติ พบว่า น้ำจิ้มซีฟู้ดสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ 7.50±1.54 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับสูตรควบคุม 1 สูตรควบคุม 2 สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่ได้คะแนน 7.22±1.80 6.83±1.54 7.11±1.08 และ 7.17±1.20 ตามลำดับ

ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า น้ำจิ้มซีฟู้ดสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ 7.56±1.04 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับสูตรควบคุม 1 สูตรควบคุม 2 สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่ได้คะแนน 7.50±1.47 7.28±1.27 7.22±1.17 และ 7.50±0.92 ตามลำดับ

ด้านความชอบโดยรวม พบว่า น้ำจิ้มซีฟู้ดสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนมากที่สุดคือ 7.72±1.13 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับสูตรควบคุม 1 สูตรควบคุม 2 สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ที่ได้คะแนน 7.56±1.46 7.17±1.15 7.17±1.04 และ 7.56±1.04 ตามลำดับ

โดยเมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ที่ใช้ ผงส้มจี๊ด 12 14 และ 16 กรัม เมื่ออยู่ในเรื่องของลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ได้รับคะแนนในระดับเดียวกัน แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทำให้ทั้ง 3 สูตร สามารถนำมาใช้ในการทำน้ำจิ้มซีฟู้ดได้ โดยขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละบุคคล และต้นทุนในการทำผลิตภัณฑ์ เพราะถ้าใช้ในปริมาณน้อยจะสามารถลดต้นทุนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพัชรี สุวรรณเกิด (2556 : 1 - 106) ได้ศึกษาพฤติกรรม การบริโภค น้ำสมุนไพรรสหวานหางจรเข้ของนักศึกษา พบว่าสิ่งที่นักศึกษาให้ความสำคัญมากที่สุดคือ ปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์ ค่าเฉลี่ย 3.98 รองลงมาคือ ปัจจัยด้านราคา ค่าเฉลี่ย 3.68 ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาด ค่าเฉลี่ย 3.45 และปัจจัยด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ค่าเฉลี่ย 3.42 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 4 ผลการศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก โดยอุณหภูมิหมักร้อนขาเข้าที่ 170 องศาเซลเซียส

ปริมาณ มอลโต เด็กซ์ตริน (ร้อยละ)	a _w	ความชื้น (ร้อยละ)	การละลาย (นาท)	ค่าสี		ปริมาณกรด ทั้งหมด ในรูป กรดซิตริก (ร้อยละ)	ปริมาณของ ของแข็งที่ ละลายได้ทั้ง หมด (°Brix)	pH ^(ns)	วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	ผลผลิต (ร้อยละ)
				L*	a* ^(ns) b*					
10	0.14±0.01 ^a	4.15±0.12 ^a	0.57±0.02 ^c	85.47±1.01 ^c	0.13±0.06 20.73±0.42 ^a	2.94±0.05 ^a	8.73±0.12 ^b	2.26±0.01	70.00±0.00 ^a	11.35±0.00 ^c
20	0.12±0.00 ^b	3.31±0.06 ^b	1.04±0.02 ^b	91.63±0.31 ^b	0.07±0.06 15.60±0.20 ^b	1.21±0.01 ^b	8.87±0.12 ^{ab}	2.36±0.00	44.00±0.00 ^b	21.28±0.32 ^b
30	0.11±0.00 ^c	2.59±0.04 ^c	1.33±0.05 ^a	93.20±0.35 ^a	0.13±0.06 15.67±0.15 ^b	1.20±0.04 ^b	9.00±0.00 ^a	2.36±0.01	37.00±0.00 ^c	29.91±0.00 ^a

หมายเหตุ : a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

: ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix) ทำการเจือจาง 1:10

ตาราง 5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม

สูตรที่*	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (คะแนน)					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
สูตรควบคุม 1	7.33±1.91 ^{ab}	6.72±2.11 ^b	7.28±1.41 ^a	7.50±1.51 ^a	7.39±1.65 ^a	7.33±1.53 ^a
สูตรควบคุม 2	7.00±1.46 ^b	7.17±1.20 ^{ab}	6.89±1.28 ^a	6.83±1.34 ^b	6.89±1.61 ^b	7.11±1.37 ^{ab}
1	7.39±1.15 ^{ab}	7.50±0.99 ^a	6.17±1.34 ^b	6.50±1.58 ^b	7.28±1.36 ^{ab}	6.67±1.24 ^b
2	7.50±0.99 ^{ab}	7.61±0.98 ^a	6.17±1.20 ^b	6.61±1.50 ^b	7.33±1.37 ^{ab}	6.72±1.07 ^b
3	7.56±0.92 ^a	7.67±1.03 ^a	6.17±1.15 ^b	6.56±1.34 ^b	7.50±1.20 ^a	6.89±1.02 ^{ab}

หมายเหตุ : a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง 6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำจิ้มซีฟู้ด

สูตรที่*	การทดสอบทางประสาทสัมผัส (คะแนน)					
	ลักษณะปรากฏ	สี ^(ns)	กลิ่น	รสชาติ ^(ns)	ลักษณะเนื้อสัมผัส ^(ns)	ความชอบโดยรวม ^(ns)
สูตรควบคุม 1	7.78±1.11 ^{ab}	7.67±1.41	7.22±1.63 ^{ab}	7.22±1.80	7.50±1.47	7.56±1.46
สูตรควบคุม 2	7.67±0.91 ^b	7.61±1.04	7.11±1.18 ^b	6.83±1.54	7.28±1.27	7.17±1.15
1	8.00±1.03 ^a	7.83±1.15	7.50±0.92 ^{ab}	7.11±1.08	7.22±1.17	7.17±1.04
2	7.89±0.90 ^{ab}	7.72±1.02	7.33±1.19 ^a	7.17±1.20	7.50±0.92	7.56±1.04
3	7.83±0.92 ^{ab}	7.83±1.10	7.72±1.02 ^a	7.50±1.54	7.56±1.04	7.72±1.13

หมายเหตุ : a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการแปรรูปส้มจี๊ดเป็นส้มจี๊ดผงโดยใช้เทคโนโลยีการทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย สรุปผลการศึกษาคือดังนี้

1. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย คือ การใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าในการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ 170 องศาเซลเซียส ใช้ปริมาณของสารมอลโตเด็คซ์ตรินในอัตราส่วนร้อยละ 10 และอัตราการป้อนสารอยู่ที่ 20 รอบต่อนาที ซึ่งลักษณะของผงที่ได้มีความละเอียด มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวของส้มจี๊ดชัดเจน มีสีเหลืองสวยงาม และมีปริมาณของวิตามินซี ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ 70.00 ± 0.00 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ใช้เวลาในการละลายน้อยที่สุด คือ 0.57 ± 0.02 นาที มีปริมาณกรดทั้งหมดในรูปแบบกรดซิตริกสูงที่สุดคือ ร้อยละ 2.94 ± 0.05

2. ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผงที่ใช้เทคโนโลยีการทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มได้ โดยในผลิตภัณฑ์น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับในระดับเดียวกันทั้ง 3 สูตร คือ การใช้ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผง ปริมาณ 8 9 และ 10 กรัม ทั้งในเรื่องของลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม และในผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มซีฟู้ด ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับในระดับเดียวกันทั้ง 3 สูตร คือ การใช้ผลิตภัณฑ์ส้มจี๊ดผง ปริมาณ 12 14 และ 16 กรัม ทั้งในเรื่องของลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มปริมาณผลผลิตของส้มจี๊ดผงโดยศึกษาดัชนีเพิ่มเติมน้ำเชื่อมกลูโคส
2. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของส้มจี๊ดผง
3. นำส้มจี๊ดผงไปประยุกต์ใช้ในอาหารหรือเครื่องดื่ม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กลอยใจ เชยกกลิ่นเทศ. (2556). การผลิตสีผงสำหรับอาหารจากวัสดุธรรมชาติจากการทำแห้งแบบพ่นฝอย. ปทุมธานี : คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูด ปิยะจอมขวัญ. (2546). เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2559). วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เล่ม 1. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คลังความรู้สุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. (2564). วิตามินซี. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://healthydee.moph.go.th/view_article.php?id=1420. 9 กรกฎาคม 2564.
- เจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหานาม. (2554). “อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ : แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา,” วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี. 1(1) : 59 - 70.
- ช่อลัดดา เทียงพุก และคณะ. (กรกฎาคม - กันยายน 2563). “การพัฒนาเครื่องคั้นน้ำส้มจัดผสมสารสกัดจากเปลือกส้มจัดพร้อมดื่ม,” วิจัยและพัฒนา. 43 (3) : 325 - 336.
- ณัฐนัย หาญการสุจริต. (2562). การเปลี่ยนเฟสในกระบวนการแปรรูป การบรรจุและเก็บรักษาอาหาร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐภูมิ เครือพงษ์ศักดิ์, จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ และชลิดา เนียมนุ้ย. (2011). “อิทธิพลของสภาวะในการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะของผงชิริชินจากน้ำดื่มรังไหมพันธุ์ดั้งเดิมของไทย.” *KKU Research Journal*. 16(7) : 813 - 814.
- ณัฐริพร จันทพันธ์. (2549). การผลิตน้ำบ๊วยผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีทางอาหาร). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- หัตถดาว ภาณีผล, ประภาพร เพ็ญสังกะ และเทราตรี แจ่มสนาม. (2562). “ผลของปริมาณสารตัวพาท่อสมบัติทางเคมีกายภาพของผงบีตาเลนจากผลผักปลังที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย” *แก่นเกษตร*. 47 (พิเศษ 1) : 1373 - 1378

- นักรบ นาคประสม และคณะ. (29 พฤศจิกายน - 1 ธันวาคม 2560). “การพัฒนาสูตรที่เหมาะสม สำหรับเครื่องต้มสมุนไพรจากผงโดยวิธีออกแบบการทดลองแบบผสม,” ใน การประชุม วิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ. สธ. ครั้งที่ 8 “ทรัพยากรไทย : ศักยภาพ มากล้นมีให้เห็น” สระบุรี.
- นันทนิตย์ กงวัน. (29 เมษายน 2559). การผลิตเครื่องต้มชนิดผงจากน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำผลไม้ ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2559. ปทุมธานี.
- ประศาสตร์ พุตระกูล, วรณี มาวิมล และวิลาวัลย์ บุญย์ศุภา. (2546). การพัฒนากรรมวิธีการ ผลิตมะนาวผงและการทดสอบคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีชีวภาพ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปิยธิดา สุกเสนาะ. (2548). หลักการถนอมอาหาร. พระนครศรีอยุธยา : มหาวิทยาลัยราชภัฏ พระนครศรีอยุธยา.
- พงศ์พิเชฐ รุ่งทอง และศรณัฐ ชาติสุวรรณ. (2544). การทำส้มผงด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย. โครงการวิศวกรรมศาสตร์. นครปฐม : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- พัชรี สุวรรณเกิด. (2556). พฤติกรรมการบริโภคน้ำสมุนไพรผสมวานหางจระเข้ของนักศึกษา วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สถิติประยุกต์). กรุงเทพฯ : สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ไพไลรัก อินธิปัญญา และชนกิจ ถาหมี. (พฤษภาคม-สิงหาคม 2557). “ผลของกระบวนการอบแห้ง แบบพ่นฝอยต่อคุณภาพของน้ำหม่อนผสมน้ำผึ้งชนิดผง,” วิชาการเกษตร. 32(2) : 139 - 153.
- โพธิ์ทอง ประณีตพลกรัง. (2563). “เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับอบแห้งผลผลิต ทางการเกษตร,” วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 12(2) : 347 - 361.
- มัลลิกา จินดาซิงค์. (2562). มหัศจรรย์แห่งส้มจี๊ด (ตอนที่ 1). (ออนไลน์). แหล่งที่มา : www.chumphon2.mju.ac.th. 27 ตุลาคม 2562.
- วิเศษนัม นิลนนท์. (2546). การแปรรูปผลไม้ (Fruit Processing). จันทบุรี : ภาควิชาวิทยาศาสตร์ การอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏรำไพพรรณี.
- วิภาดา มุรินทร์นพมาศ. (2561). หลักการแปรรูปและถนอมอาหาร. ยะลา : ศูนย์ส่งเสริม การทำผลงานวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- วิไล รังสาดทอง. (2547). เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น.

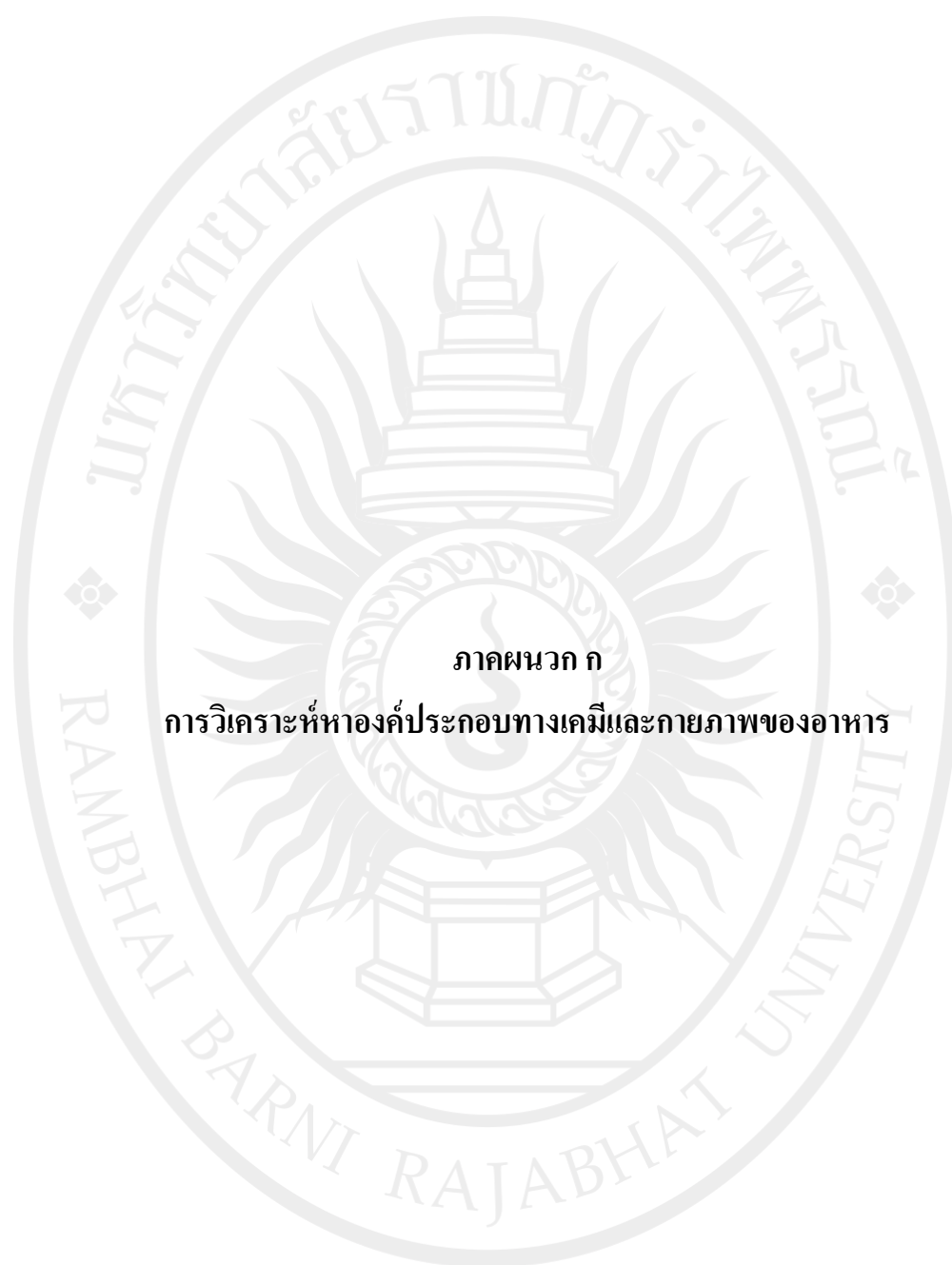
- ศรมน สุทิน. (1 มกราคม - มิถุนายน 2559). “วิตามินกับอนุมูลอิสระ (Vitamins and Free Radicals),” *วิทย. เทคโนโลยี. หัวใจเฉลิมพระเกียรติ*. 2(1) : 80 - 92.
- ศิริลลิตี ฝอยศ และคณะ. (2562). “การศึกษาผลของมอลโทเดกซ์ทรินและอนุหภูมิษาเข้าต่อสมบัติของมะม่วงสุกผง,” *วิทยาศาสตร์เกษตร*. 50 : 1(พิเศษ) : 511 - 517.
- ศิริพร สอนสมบูรณ์สุข. (2561). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะตูมผงสำเร็จรูปด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกลและระบบกระบวนการ). นครราชสีมา : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สมอ. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนมะนาวผง มผช. 537-/2547*. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- สำนักพิมพ์แสงแดด. (2550). *น้ำจิ้มสูตรอร่อย*. กรุงเทพฯ : แสงแดด.
- สำเร็จ ช่างประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์. (2558). *ส้มจี๊ด (Som Chit) Citrus Madurensis Lour.* กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.
- สุริดา กิจเกษตรสถาพร. (2551). *การผลิตสารสกัดชนิดผงจากพริกแดงสด โดยการทำแห้งแบบโฟม-แมท*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุภิญญา สายเหล็ก และคณะ. (พฤษภาคม-สิงหาคม 2563). “การเอนแคปซูลชันสารสกัดจากปลีกล้วยด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย,” *วิทยาศาสตร์บูรพา*. 25(2) : 448 - 463.
- สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, ดวงพร อมัตร์คนะ และมานิตย์ โหมยิตตระกุล. (2528). “คุณภาพบางประการของผลมะนาวและส้มจี๊ด,” *วิทยาศาสตร์*. 18(6) : 403 - 413.
- หฤทัย แก่นลา. (2558). *วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตส้มจี๊ด (Citrus mitis Blanco) ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออก*. จันทบุรี : สำนักงานวิจัยและพัฒนาเกษตรเขตที่ 6.
- อชิป สกุลเผือก. (2557). “อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ” *บทความวิชาการ ศูนย์การศึกษาต่อเนื่องทางเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*. 1 - 12.
- โอภา วัชรคุปต์ และคณะ. (2549). *สารต้านอนุมูลอิสระ*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : นิเวศมิตรการพิมพ์.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC international*. 17th ed. Washington. D.C. : Association Analysis Chemists.
- Nor Madihah and et al. (July 2015). “Effect of Maltodextrin in Product of Spray Dried Kaffir Lime,” *Advanced Materials Research*. (1113) : 296 - 299.

- Odriozola-Serrano and et al. (2007). "Lycopene, Vitamin C, and Antioxidant Capacity of Tomato Juice as Affected by High-intensity Pulsed Electric Fields Critical Parameters." **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 55(22) : 9036 - 9042.
- Quek, Siew Young, Chock Ngan King and Swedlund, Peter. (2007). "The Physicochemical Properties of Spray-dried Watermelon Powders," **Chemical Engineering and Processing**. 46(5) : 386 - 397.
- Shyi-Neng Lou, Ya-Siou Hsu and Chi-Thang Ho. (February 2014). "Flavonoid Compositions and Antioxidant Activity of Calamondin Extracts Prepared Using Different Solvents," **Journal of Food and Drug Analysis**. 22(3) : 290 - 295.
- Tuyet T.A. Tran and Ha V. H. Nguyen. (2018). "Effects of Spray-Drying Temperatures and Carriers on Physical and Antioxidant Properties of Lemongrass Leaf Extract Powder," **Beverages**. 4(84) : 1 - 14.
- Weerachet Jittanit, Siriwon Niti-Att and Onuma Techanun Tachaikul. (2010). "Study of Spray Drying of Pineapple Juice Using Maltodextrin as an Adjust," **Chiang Mai J. Sci**. 37(3) : 498 - 506.



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์หาค่าประกอบทางเคมีและกายภาพของอาหาร

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1. ปริมาณความชื้น รุ่น MOC-63U ยี่ห้อ Moisture Analyzer SHIMADZU

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวอย่าง 1 - 5 กรัม
2. จานชั่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 95 มิลลิเมตร
3. ซ้อนตักสาร

วิธีการทดลอง

เปิดเครื่องวัดความชื้น ชั่งตัวอย่าง 1 - 5 กรัม ลงในเครื่องชั่งและวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ แบบอัตโนมัติ ให้ความร้อนเป็นแบบ Halogen (Straight Tube) โดยใช้กำลังไฟที่ 400 วัตต์ ควบคุมอุณหภูมิในช่วง 105 องศาเซลเซียส เครื่องจะหยุดการทำงานแบบอัตโนมัติเมื่อระดับการเปลี่ยนแปลงความชื้น (%margin) ในช่วง 30 วินาที ไม่มีการเปลี่ยนแปลง จดบันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น

2. การหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซिटริก (A.O.A.C. 2000 : 110)

วัสดุและอุปกรณ์

1. บิวเรต
2. ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มล.
3. ฟีนอล์ฟทาลีน
4. สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล

1. นำโพแทสเซียมแอสิตพาทาเลท ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$) ใส่กระจกนาฬิกาไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 1 - 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นใน Desiccator
2. ชั่งน้ำหนักให้ได้แน่นอน 0.8 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
3. เติมน้ำกลั่นต้ม 25 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 3 ขวด)
4. ไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน

วิธีการทดลอง

1. นำน้ำผลไม้ที่ได้กรองผ่านสำลี
2. ปิ่เปิดส่วนที่กรองได้ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 20 มิลลิลิตร และเติมฟีนอล์ฟทาลีน 1 - 2 หยด เขย่าให้เข้ากัน
3. นำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพู

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซัลฟูริก (ร้อยละ)} = \frac{\text{ไตเตอร์} \times N \times n \times 100}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

n = มิลลิอิควิวาเลนต์ = 0.07 (กรดซัลฟูริก)

3. เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี รุ่น ms1 ยี่ห้อ Novasina**วัสดุและอุปกรณ์**

1. เครื่อง Water Activity และอุปกรณ์

2. ตัวอย่างผลิตภัณฑ์

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่องสำรองไฟและเสียบปลั๊กเครื่อง วอเตอร์แอกติวิตี เครื่องจะเปิดโดยอัตโนมัติ

2. ทำการ Calibrate เครื่องก่อนการใช้งาน

3. ใส่ตัวอย่างลงไป โดยต้องให้ตัวอย่างติดพื้นที่กันภาชนะใส่ตัวอย่าง และให้ปริมาณ

ตัวอย่างอยู่สูงระดับครึ่งของภาชนะใส่ตัวอย่าง

4. เปิดฝาครอบเครื่องวัด วอเตอร์แอกติวิตี

5. นำตัวอย่างมาไว้ในเครื่องวัด วอเตอร์แอกติวิตี ปิดฝาเครื่อง

6. กดปุ่ม Read เครื่องจะทำการวิเคราะห์ค่าให้อัตโนมัติ

7. แถบลูกศรจะปรากฏขึ้นจากด้านบนซ้ายไปขวาจนถึงด้านล่างครบ 8 ลูกศร แสดงว่า

เครื่องได้วิเคราะห์ค่าเสร็จสมบูรณ์

8. จดบันทึกข้อมูลผลการทดลอง

4. เครื่องวัดสี รุ่น CR-20 ยี่ห้อ Konica Minolta**วัสดุและอุปกรณ์**

1. บีกเกอร์ขนาดขนาด 50 มิลลิลิตร

2. ตัวอย่างผง และสารละลาย

ทำการใส่เบตเตอร์เข้ากับตัวเครื่องและเปิดเครื่อง หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ต้องการวัด

วางบนหัววัดให้แนบสนิท กด Enter 1 ครั้ง ที่หน้าจอเครื่องจะขึ้นค่า L^*a^* และ b^* บันทึกผล

5. เครื่องวัดค่า pH รุ่น pH/Ion S220 ยี่ห้อ SevenCompact

วัสดุและอุปกรณ์

1. pH meter
2. บีกเกอร์ขนาดขนาด 50 มิลลิลิตร
3. กระดาษทิชชู
4. น้ำกลั่น

สารเคมี

1. ตัวอย่างสารละลาย
2. สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4.01 และ pH 7.00

วิธีการทดลอง

1. ศึกษาวิธีการใช้งานจากคู่มือ
2. Standardize เครื่อง pH meter ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4.01 และ pH 7.00

ตามลำดับ

3. ล้างหัววัดด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด แล้วใช้ทิชชูซับเบา ๆ ให้แห้ง
4. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร นำมาวัดความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter

ในการวัดจะควบคุมอุณหภูมิที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส

5. กดปุ่ม Read ที่ตัวเครื่อง เพื่อทำการอ่านค่าที่วัดได้
6. บันทึกผลการทดลอง

6. การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids) โดยใช้ Hand Refractometer

วัสดุและอุปกรณ์

1. Hand Refractometer N1 ยี่ห้อ Atago
2. กระดาษทิชชู
3. น้ำกลั่น

ตัวอย่างสารละลาย

วิธีการทดลอง

1. การตรวจสอบเครื่อง Hand Refractometer ให้อยู่ในสภาวะพร้อมใช้งาน
2. ทำการหยดตัวอย่างสารละลายลงบนแผ่นปริซึมที่ตัวเครื่อง แล้วปิดหน้าจอ
3. ส่องมองผ่านช่องในที่มีแสง ปรับความชัดตามความต้องการ

4. อ่านค่าตามสเกลที่ตัวเครื่องกำหนดไว้
5. บันทึกผลการทดลอง

7. ความสามารถในการละลาย ดัดแปลงจาก (กลอยใจ เขยกลิ่นเทศ. 2556 : 83)

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวอย่างผง
2. บีกเกอร์ขนาดขนาด 500 มิลลิลิตร
3. น้ำกลั่น
4. Magnetic Stirrer

วิธีการทดลอง

ชั่งตัวอย่างผงด้วยน้ำหนักที่แน่นอน 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น (อุณหภูมิห้อง) ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร กวนของผสมทั้งหมดด้วย Magnetic Stirrer ที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที วัดเวลา (นาทิจ) ที่ใช้ในการละลายของผงจนสมบูรณ์



ภาคผนวก ข
ภาพภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ก)



ข)



ค)



ง)

ภาพภาคผนวก 1 การเตรียมน้ำส้มจืด ก) ผลส้มจืดที่ล้างทำความสะอาดแล้ว ข) ผลส้มจืดที่ทำการผ่าหน้าออก ค) ผลส้มจืดที่ผ่านการบีบเอาน้ำออก ง) น้ำส้มจืดที่ผ่านการกรองด้วยผ้าขาวบางแล้ว



ก)



ข)

ภาพภาคผนวก 2 การเตรียมน้ำส้มจืดผสมมอลโตเด็กซ์ตริน ก) ผสมน้ำส้มจืดและมอลโตเด็กซ์ตรินให้เข้ากัน ข) น้ำส้มจืดผสมมอลโตเด็กซ์ตริน



ก)



ข)

ภาพภาคผนวก 3 การทำแห้งแบบพ่นฝอย ก) เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (High Speed Centrifugal Spray Dryer) รุ่น LPG-5/10 ยี่ห้อ MINHUA PM ข) หัวฉีดของเครื่อง High Speed Centrifugal Spray Dryer ขณะทำงาน



ก)



ข)



ค)



ง)



จ)

ภาพภาคผนวก 4 น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม ก) สิ่งทดลองที่ 1 คือมะนาวผง 7 กรัม (สูตรควบคุม 1)
 ข) สิ่งทดลองที่ 2 คือ น้ำส้มจี๊ดสด 40 กรัม (สูตรควบคุม 2) ค) สิ่งทดลองที่ 3 คือ
 ผงส้มจี๊ดจำนวน 8 กรัม ง) สิ่งทดลองที่ 4 คือ ผงส้มจี๊ดจำนวน 9 กรัม
 จ) สิ่งทดลองที่ 5 คือ ผงส้มจี๊ดจำนวน 10 กรัม



ก)



ข)



ค)



ง)



จ)

ภาพภาคผนวก 5 น้ำจิ้มซีฟู้ด ก) สิ่งทดลองที่ 1 คือ มะนาวผง 4 กรัม (สูตรควบคุม 1) ข) สิ่งทดลองที่ 2 คือ น้ำส้มจี๊ดสด 30 กรัม (สูตรควบคุม 2) ค) สิ่งทดลองที่ 3 คือ ผงส้มจี๊ดจำนวน 12 กรัม ง) สิ่งทดลองที่ 4 คือ ผงส้มจี๊ดจำนวน 14 กรัม จ) สิ่งทดลองที่ 5 คือ ผงส้มจี๊ดจำนวน 16 กรัม



ภาคผนวก ค
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์.....วันที่.....

ชื่อ.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์และให้ระดับคะแนนความชอบตามระดับคะแนนที่ได้กำหนดไว้
การให้คะแนน

9	=	ชอบมากที่สุด	4	=	ไม่ชอบเล็กน้อย
8	=	ชอบมาก	3	=	ไม่ชอบปานกลาง
7	=	ชอบปานกลาง	2	=	ไม่ชอบมาก
6	=	ชอบเล็กน้อย	1	=	ไม่ชอบมากที่สุด
5	=	เฉยๆ			

รหัสตัวอย่าง

ลักษณะปรากฏ

สี

กลิ่น

รสชาติ

ลักษณะเนื้อสัมผัส

ความชอบรวม

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ประวัติย่อผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	นางสาวนพรัตน์ ทรธษาพันธุ์
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2534
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	37 ซอยศาลเจ้าอาเนียว ตำบลท่าใหม่ อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	เกษตรกร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	37 ซอยศาลเจ้าอาเนียว ตำบลท่าใหม่ อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี
ประวัติการศึกษา	
2548	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนอำนวยการพัฒน จังหวัดจันทบุรี
2552	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรี
2556	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยมหิดล
2564	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี