



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย
และความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา

Development of Instant Jiaogulan Tea Powder Using Spray Dryer
and Its Storage Stability

นางสาววิพัทธ์ อารีกุล
นางสาวมาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์
นางสาวศดานันท์ นรินทร์สุขสันต์
นายสุวรรณ ทาเขียว

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาชาเจียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย
และความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา

Development of Instant Jiaogulan Tea Powder Using Spray Dryer
and Its Storage Stability

นางสาววิพัทธ์ อารีกุล
นางสาวมาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์
นางสาวศดานันท์ นรินทร์สุขสันติ
นายสุวรรณ ทาเขียว

12695270

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การพัฒนาชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยและความคงตัวระหว่างการรักษา

แหล่งเงิน

เงินงบประมาณ

ประจำปีงบประมาณ 2557 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 480,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2556 ถึง 30 กันยายน 2557

หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย

นางสาววิพัทธ์ อารีกุล

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

นางสาวมาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

นางสาวศดานันท์ นรินทร์สุขสันติ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

นายสุวรรณ ทาเขียว

มูลนิธิโครงการหลวง

บทคัดย่อ

การพัฒนาการผลิตชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยเทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยออกแบบการทดลอง Central Composite Design ด้วยการกำหนดปัจจัยดังนี้ ความเข้มข้นตัวพาร้อยละ 25-45 สัดส่วน มอลโตเดรคติน (MD) ต่อแป้งดัดแปร (MS) ตั้งแต่ 0 – 100 และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า ระหว่าง 150 ถึง 190 องศาเซลเซียส จากนั้นใช้วิธี Response Surface Methodology (RSM) ในการคำนวณหาสภาวะที่เหมาะสม พบว่าปัจจัยที่ศึกษามีผลต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ชาผง ได้แก่ ความชื้น ร้อยละผลผลิต ความหนาแน่นปรากฏ ค่าความสว่างค่า a^* และ b^* ปริมาณซาโปนิน และ ฟลาโวนอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การสร้างโมเดลทำนาย ร้อยละผลผลิต ความสามารถในการละลาย ปริมาณซาโปนินและฟลาโวนอยด์ มีค่าสัมประสิทธิ์ (r^2) อยู่ระหว่าง 0.8674- 0.9780 และมีค่าความพึงพอใจในช่วง 0.886-1.000 แสดงให้เห็นว่าโมเดลนี้ สามารถใช้ในการทำนายค่าตอบสนองได้เป็นอย่างดี อีกทั้งมีร้อยละคลาดเคลื่อนจากการทำนายอยู่ระหว่าง 1.66- 11.84 เท่านั้น สภาวะที่เหมาะสมของชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย ได้แก่ ปริมาณสารตัวพาร้อยละ 29 มีอัตราส่วน มอลโตเดรคตินต่อแป้งดัดแปร ร้อยละ 80:20 และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 170 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลีซินศึกษาในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด (M-CPP; Metalized cast polypropylene film) และถุงพลาสติก (LLDPE, linear low density polyethylene) ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ (25 –45 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 90 วัน พบว่าบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพ โดยมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าสีจากการเกิดสีน้ำตาล และพบการลดลงอย่างต่อเนื่องของปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณซาโปนินทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในทุกๆ อุณหภูมิ และ บรรจุภัณฑ์ ดังนั้นจากผลการทดลอง สภาวะที่ชาผงมีความคงตัวสูงสุด คือ การเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : ชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูป, การทำแห้งแบบพ่นฝอย, ความคงตัวระหว่างการรักษา,คุณภาพ และ โมเดลทำนาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Development of Instant Jiaogulan Tea Powder Using Spray Dryer and Its Storage Stability

Researchers: Ms. Varipat Areekul, Ms. Maradee Phongpipatpong, Ms. Sadanun Narinsuksanti and Mr. Suwan Tarchew

Faculty: Agro Industry

Department: -

ABSTRACT

The instant jiaogulan tea powder was developed using spray dryer technique. The central composite design (CCD) was applied by varying carrier concentrations (25-45%), ratio of maltodextrin (MD) and modified starch (MS) (0- 100%) and inlet temperatures (150-190°C). Furthermore, the response surface methodology (RSM) was assigned for optimizing the process condition. All study factors significantly influenced on physicochemical properties of tea powder including moisture content, %yield, bulk density, lightness (L*), a*, b*, total saponin and total flavonoid content ($p < 0.05$).

The predictive model on %yield, solubility, total saponin and total flavonoid content showed the r^2 of 0.8674- 0.9780 and desirability of 0.886-1.000. These results indicated the excellent models for predicting their responses. In addition, the % error was between 1.66 – 11.84. From the results, the optimum condition for instant jiaogulan tea powder was 29% carrier, the ratio of MD : MS of 80:20 and inlet temperature of 170°C.

The physicochemical properties of instant jiaogulan tea powder with addition of flavor in 2 packaging materials [(Metalized cast polypropylene film (M-CPP) and linear low density polyethylene (LLDPE)] at 3 temperatures (25–45°C) for 90 days were determined. Packaging materials and storage temperatures affected on their inlet physicochemical changes and trended to develop browning color. The declinations of total phenolic, saponin and flavonoid contents and DPPH scavenging activity were observed in all storage temperatures and packaging materials. From these results, the highest stability of tea powder was stored in M-CPP at 35°C.

Keywords : Instant jiaogulan tea powder, spray drying, storage stability, quality and predictive model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้สนับสนุนงานวิจัยตลอดจนให้ใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทำวิจัยในครั้งนี้ จนทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์และสำเร็จลงด้วยดี โดยการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557



นางสาววิพัทธ์ อารีกุล
นางสาวมาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์
นายสุวรรณ ทาเขียว
นางสาวศดานันท์ นรินทร์สุขสันติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 คำสำคัญของการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เจียวกู่หลาน.....	4
2.2 สารพฤกษเคมี (Phytochemical) ในเจียวกู่หลาน.....	6
2.3 เครื่องดื่มผง (Instant drink).....	11
2.4 เทคนิคการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย (Spray drying).....	12
2.5 การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ระหว่างเก็บรักษา.....	17
บทที่ 3 วัตถุประสงค์และวิธีการดำเนินการทดลอง	
3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี.....	21
3.2 การเตรียมชาเจียวกู่หลานผง.....	21
3.3 ผลของตัวพาและสภาวะการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ชาเจียวกู่หลานผงสำเร็จรูปและสร้างแบบจำลองทำนายตัวแปรต่างๆ.....	13 14
3.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาชาเจียวกู่หลานผง.....	26
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	
4.1 ผลของตัวพาและสภาวะการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ชาเจียวกู่หลานผงสำเร็จรูป.....	28
4.2 การสร้างแบบจำลองทำนายตัวแปรต่างๆของผลิตภัณฑ์ ชาเจียวกู่หลานผงสำเร็จรูป.....	42
4.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาชาเจียวกู่หลานผงสำเร็จรูป.....	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	61
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย.....	62
บรรณานุกรม.....	63
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย.....	69
ประวัตินักวิจัย.....	70



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ช่วงของค่าระดับปัจจัยทั้ง 3 ที่ทำการทดลอง.....	22
3.2 สภาวะและสัดส่วนศึกษาที่ใช้ในการทดลองจากโปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert.....	23
4.1 ความขึ้น วอเตอร์แอกทิวิตี้ และร้อยละผลผลิตของชาเจียวกู่หลานผิง.....	29
4.2 ความหนาแน่นปรากฏของชาเจียวกู่หลานผิง.....	32
4.3 ผลของปริมาณมอลโตเดรกตริน และอุณหภูมิหม้อน้ำเข้าที่ต่อค่าสี ของชาเจียวกู่หลานผิง.....	36
4.4 สมการทำนายตัวแปรอิสระของชาเจียวกู่หลานผิง.....	43
4.5 ช่วงค่าตอบสนองสำหรับการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตชาเจียวกู่หลานผิง.....	43
4.6 ร้อยละความคลาดเคลื่อนของสมการ.....	44
4.7 ความสามารถในการละลายของชาเจียวกู่หลานผิงที่เติมกลิ่นระหว่างการเก็บรักษา.....	52
4.8 ค่าสีของชาเจียวกู่หลานผิงที่เติมกลิ่นระหว่างการเก็บรักษา.....	54



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 เจียวกู่หลานหรือปญจชันธ์.....	4
2.2 โครงสร้างและรูปแบบทั่วไปของฟลาโวนอยด์ในอาหาร	7
2.3 โครงสร้างของไกลเพนโนไซด์ (gypenoside)	10
2.4 โครงสร้างของ ginsenoside Rb1.....	10
2.5 ขั้นตอนการทำแห้งแบบพ่นฝอย.....	13
2.6 ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการซึมผ่านก้ำชอกซิเจนของฟิล์มชนิดต่างๆ.....	19
4.1 แผนภาพคอนทัวร์ แสดงอิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาต่อความสามารถในการละลาย ของชาเจียวกู่หลานผง.....	34
4.2 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองแสดงอิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาต่อ ปริมาณซาโปนินทั้งหมดของชาเจียวกู่หลานผง.....	38
4.3 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองแสดงอิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาต่อ ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของชาเจียวกู่หลานผง.....	41
4.4 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของชาเจียวกู่หลานผงที่เติมกลั่นระหว่างการเก็บรักษา.....	46
4.5 ปริมาณความชื้นของชาเจียวกู่หลานที่เติมกลั่นระหว่างการเก็บรักษา.....	49
4.6 ชาเจียวกู่หลานที่เติมกลั่นผง ที่เก็บในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก่อนและหลังการเก็บรักษา.....	50
4.7 ค่าความแตกต่างของเอนทัลปีรวม (ΔE) ของชาเจียวกู่หลานผงที่เติมกลั่นระหว่างการเก็บรักษา.....	55
4.8 ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดของชาเจียวกู่หลานผงที่เติมกลั่นระหว่างการเก็บรักษา.....	57
4.9 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของชาเจียวกู่หลานผงที่เติมกลั่นระหว่างการเก็บรักษา.....	58
4.10 ปริมาณซาโปนินทั้งหมดของชาเจียวกู่หลานผงที่เติมกลั่นระหว่างการเก็บรักษา.....	59
4.11 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของชาเจียวกู่หลานผงที่เติมกลั่น ระหว่างการเก็บรักษา.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ชาเป็นเครื่องดื่มที่นิยมอย่างแพร่หลายทั่วไป พบทั้ง ชาเขียว ชาแดง และชาดำ นอกจากนี้ยังพบ การนำเอาสมุนไพรต่างๆ มาใช้ในการทำชาสมุนไพร โดยเชื่อว่ามีประโยชน์ทั้งการบำรุงสุขภาพ การ ป้องกันโรค และการบำบัดรักษาโรค เจียวกู่หลาน (*Gynostemma pentaphyllum* Makino) เป็น สมุนไพรพบแพร่กระจายอยู่ในประเทศจีน ญี่ปุ่น และประเทศในภูมิภาคอาเซียน ในประเทศจีน นิยมใช้ ในการบริโภคและการเป็นยารักษาโรคต่างๆ ได้แก่ การลดระดับคอเลสเตอรอล การควบคุมความดัน เลือด การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน การรักษาโรคทางเดินหายใจเรื้อรัง และการลดการอักเสบ ทั้งนี้ เนื่องจาก เจียวกู่หลานประกอบด้วยสารสำคัญชื่อ Gypenosides ที่เป็นสารประเภทไตรเทอร์พีนซาโป นิน (triterpene saponins) ที่พบในโสม (*Panax ginseng*) แต่มีปริมาณมากกว่าพบในโสม 3-4 เท่า ซึ่งสารชนิดนี้ไม่พบในชาอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ชาอู่หลง และชาใบหม่อน (สถาบันวิจัยสมุนไพร, 2548) จากสมมติเชิงเภสัชวิทยาดังกล่าว การดื่มชาชนิดนี้เป็นประจำจึงถูกอ้างอิงว่า ช่วยทำให้สุขภาพดี

มูลนิธิโครงการหลวงได้เริ่มเพาะปลูกเจียวกู่หลานเป็นพืชเศรษฐกิจ และแปรรูปเป็นชาสมุนไพรที่ กำลังได้รับความนิยมอย่างสูง จึงทำให้เกษตรกรและผู้ประกอบการอื่นๆ หันมาให้ความสนใจและผลิตชา สมุนไพรชนิดนี้เพิ่มขึ้น ดังนั้น เพื่อเป็นการเพิ่มความหลากหลายผลิตภัณฑ์และศักยภาพในการแข่งขัน จึง จำเป็นที่จะต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ ประกอบกับพฤติกรรมการค้าเน้นชีวิตของคนไทยที่ เปลี่ยนแปลงตามสภาพสังคมและเศรษฐกิจ ส่งผลให้ผู้บริโภคต้องการความสะดวกสบาย จึงทำให้ เครื่องดื่มผงสำเร็จรูปได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เนื่องจากขงดื่มได้ทันทีและง่ายต่อการบริโภค นอกจากนี้ยัง ง่ายแก่การเก็บรักษา และการขนส่ง

งานวิจัยในโครงการนี้ จึงมีความสำคัญในการพัฒนากระบวนการผลิตชาเจียวกู่หลานในรูปชาปรุง สำเร็จชนิดผง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคใน ปัจจุบัน รวมถึงเป็นการพัฒนาศักยภาพการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารของประเทศให้สามารถแข่งขัน ภายใต้อิทธิพลการค้าเสรีอาเซียนในปี.ศ. 2558 นี้อีกด้วย นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้เกิดพืช เศรษฐกิจใหม่ๆ ที่สามารถส่งเสริมการเพาะปลูก ทำให้เกิดรายได้ให้กับชุมชนในท้องถิ่น อันเป็นการ แก้ปัญหาความยากจนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) ศึกษาผลของตัวพาและสภาวะการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปและสร้างแบบจำลองทำนายตัวแปรต่างๆ
- 2) ศึกษาอายุการเก็บรักษาชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปที่สภาวะต่างๆ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

โครงการนี้มุ่งเน้นในการวิจัยการศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) โดยมีปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ตัวพา (carrier) จำนวน เปอร์เซ็นต์ และ 30-10 ชนิดได้แก่ มอลโตเดรกติน และแป้งตัดแปร ที่ความเข้มข้นระหว่าง 2 องศาเซลเซียส แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาศึกษาสมบัติทางเคมี 150-120 อุณหภูมิในการทำแห้งระหว่าง ภายภาพส่วนที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในถุงเมทัลไลต์พอยล์ (M-CPP, metalized cast polypropylene film) และ ถุงพลาสติก(LLDPE, linear low density polyethylene) ที่อุณหภูมิ 25-45 องศาเซลเซียส

โครงการนี้มุ่งเน้นในการวิจัยการศึกษาวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) โดยมีปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ อัตราส่วนตัวพา (carrier) จำนวน ชนิดได้แก่ มอลโตเดรกตินและ 2 แป้งตัดแปร และ อุณหภูมิในการทำแห้ง ด้วยการวางแผนการทดลองแบบ central composite design แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาศึกษาสมบัติทางเคมี ภายภาพ จากนั้นหาแบบจำลองสำหรับอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา และค่าการตอบสนอง ส่วนที่ นำ 2 ชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปที่ผลิตได้มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา ในบรรจุภัณฑ์ ระดับ 3 แบบ ที่อุณหภูมิ 2

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการผลิตชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยการเป็นการวางแผนการทดลองแบบ central composite design มีตัวแปรที่ศึกษาคือ มอลโตเดรกติน และแป้งตัดแปร ที่ความเข้มข้นระหว่าง องศาเซลเซียส 150-120 เปอร์เซ็นต์ และ อุณหภูมิในการทำแห้งระหว่าง 30-10 โดยการเป็นการวางแผนการทดลองแบบ central composite design แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาศึกษาสมบัติทางเคมีภายภาพ จากนั้นหาแบบจำลองสำหรับอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา และค่าการตอบสนอง ส่วนที่ นำกระบวนการผลิตที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์แบบจำลอง มาผลิต 2 ผลิตภัณฑ์ แล้วบรรจุใน ถุงเมทัลไลต์พอยล์ (M-CPP, metalized cast polypropylene film) และ ถุงพลาสติก(LLDPE, linear low density polyethylene) นำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 - 45 องศาเซลเซียส แล้ววิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีภายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 คำสำคัญของการวิจัย

ชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูป, การทำแห้งแบบพ่นฝอย, ความคงตัวระหว่างการเก็บรักษา, คุณภาพ และ โมเดลทำนาย

Instant jiaogulan tea powder, spray drying, storage stability, quality and predictive model

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เป็นการวิจัยประยุกต์ที่จะได้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยวิธี ทำแห้งแบบพ่นฝอย และสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษา และคาดว่าจะตีพิมพ์เผยแพร่ทางวิชาการในระดับชาติ หรือนานาชาติ ได้อย่างน้อย 1 เรื่อง และวารสารทางวิชาการต่างประเทศได้อย่างน้อย 1 เรื่อง

1.6.2 เพื่อสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ที่มีความสามารถในการวิจัย จำนวน 1 คนทางด้านการใช้ประโยชน์ของ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของพืช ในการทำงานวิจัยงานวิจัยพื้นฐานที่พร้อมจะประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ อาหาร หรือผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพอื่นๆ บุคลากรหรือผู้เชี่ยวชาญที่สร้างขึ้นสามารถจะนำความรู้ไป ประยุกต์ใช้กับงานวิจัยและพัฒนาประเภทอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติใน ท้องถิ่นต่อไป อันจะเป็นประโยชน์โดยรวมกับการพัฒนาประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 เจียวกู่หลาน

เจียวกู่หลาน [*Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.), Makino] หรือชื่ออื่นๆ ว่า ปัญจขันธ์ อะมาซาซุรุ หรือซีเยตัน (ชาหวานจากเถา) (ภาพที่ 2.1) จัดอยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae และเป็นพืชพื้นเมืองในภูมิภาคเขตร้อน และเขตอบอุ่นของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (สุธรรม และ คณะ, 2551)



ภาพที่ 2.1 เจียวกู่หลานหรือปัญจขันธ์

เจียวกู่หลานประกอบด้วยสารสำคัญชื่อ Gypenosides เป็นสารประกอบชนิดเดียวกับ ginsenoside Rb1 ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มไตรเทอร์ปีนซาโปนิน (triterpene saponins) มีโครงสร้างของส่วนประกอบคล้ายคลึงกับ panaxosides ที่พบในโสมเกาหลี (*Panax ginseng*) ซึ่งในโสมเกาหลีจะมีสารสำคัญกลุ่มนี้อยู่มาก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับ panaxosides ที่มีในโสมเกาหลี พบว่า ปริมาณของ ginsenosides ในเจียวกู่หลานมีมากกว่าสี่เท่า โดยสารกลุ่มซาโปนิน ที่พบในเจียวกู่หลานนั้นมีจำนวน 82 ชนิด แต่ในโสมเกาหลี พบซาโปนินเพียง 28 ชนิดเท่านั้น และเมื่อพิจารณาความหลากหลายของสารกลุ่มซาโปนินทั้งหมดนี้ จะพบว่ามี 4 ชนิดเท่านั้นที่เป็นองค์ประกอบเหมือนกัน ได้แก่ ginsenosides Rb1, Rb3, Rd และ F₃ ตามลำดับ นอกจากนี้สารกลุ่มซาโปนินในเจียวกู่หลานเมื่อเข้าสู่ร่างกาย จะสามารถเปลี่ยนเป็น panaxoside ได้ จึงทำให้เจียวกู่หลานมีสารในกลุ่มซาโปนิน มากกว่าโสมเกาหลีหลายชนิด (สุธรรม และ คณะ, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในประเทศไทย เจียวกู่หลานเป็นยาสมุนไพรของชาวเขาเผ่าลาหู่ ที่ใช้ทั้งต้นเป็นยาพอกรักษาแผล และรักษาอาการปวดของกระดูก (สถาบันวิจัยสมุนไพร, 2548) ในประเทศจีนนิยมใช้บริโภคและเป็นยารักษาโรคต่างๆ ได้ เนื่องจาก สามารถลดคอเลสเตอรอลในร่างกาย เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของตับ เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลและคาร์โบไฮเดรตเป็นพลังงาน และเก็บในรูปของไขมันไตรกลีเซอไรด์ ลดลิโปโปรตีนประเภทความหนาแน่นต่ำ (low density lipoproteins, LDL's) ซึ่งจัดเป็นคอเลสเตอรอลที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย ในทางตรงกันข้ามสามารถช่วยเพิ่มลิโปโปรตีนประเภทดีหรือลิโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นสูง (high density lipoprotein, HDL's) (Xu และคณะ, 2007; Yang และคณะ, 2006) ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยไขมัน ลดระดับลิวคินเปอร์ออกไซด์ในเลือด (lipid peroxide) และลดการตกตะกอนของไขมันในเส้นเลือด อีกทั้งยังพบว่า พืชชนิดนี้มีฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็ง (Wang และคณะ, 2006; Zhang และคณะ, 2006) ด้านอาการอักเสบต่างๆ และลดขนาดของเนื้องอก และลดความดันโลหิต อีกด้วย (สุธรรม และคณะ, 2551; Megalli และคณะ, 2006; Hong และคณะ, 2011; Xie และคณะ, 2012) ในประเทศญี่ปุ่นมีการพัฒนาพืชชนิดนี้เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพต่างๆ เช่น เครื่องดื่มสมุนไพร อาหารเสริมสุขภาพ สารปรุงแต่งในอาหารเสริมสุขภาพ (Nagai และ Lzawa, 1981)

ปัจจุบันมีการนำเจียวกู่หลานใช้เป็นสมุนไพรในรูปแบบของชาขงสมุนไพร บำรุงร่างกาย และใช้เป็นอาหารเสริม (สถาบันวิจัยสมุนไพร, 2548) โดยเมื่อเปรียบเทียบการดื่มชาเจียวกู่หลานกับโกสม จะพบว่าการบริโภคชาเจียวกู่หลานจะให้ผลดีกว่า เนื่องจากไม่พบอาการแพ้เหมือนการบริโภคโกสม และมีคุณประโยชน์มากกว่าการบริโภคโกสม (สถาบันวิจัยสมุนไพร, 2548)

อย่างไรก็ตาม รสขมของสารซาโปนินที่พบในเจียวกู่หลาน (Xie, 2013) อาจส่งผลต่อกระบวนการพัฒนาเครื่องดื่มสมุนไพรชนิดนี้ Utama-ang (2006) ทดสอบการยอมรับระดับปริมาณซาโปนินทั้งหมดในชาเจียวกู่หลานที่ต่างกัน กับผู้ทดสอบอายุมากกว่า 55 ปี พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับมากกว่า 6 ที่ระดับปริมาณซาโปนินระหว่าง 235-310 มิลลิกรัม โดยคะแนนการยอมรับลดลงเมื่อมีปริมาณซาโปนินสูงขึ้น นอกจากนี้ ผู้ทดสอบบรรยายคุณลักษณะของเครื่องดื่มเจียวกู่หลานประกอบด้วย สารละลายใส (clearness) สีเขียวอมเหลือง (yellowish green) กลิ่นชาเขียว (green tea aroma) กลิ่นเจียวกู่หลาน (Jiaogulan aroma) กลิ่นใบแห้ง (dried leaf aroma) รสชาติหวาน (sweet taste) รสชาติขม (bitter taste) กลิ่นรสชาเขียว (green tea flavor) กลิ่นรสเจียวกู่หลาน (Jiaogulan flavor) รสฝาด (astringency) ความรู้สึกหลังชิมมีรสหวาน (sweet aftertaste) ความรู้สึกหลังชิมมีรสขม (bitter aftertaste) และ ความรู้สึกหลังชิมมีรสฝาด (astringent aftertaste)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สารพฤกษเคมี (Phytochemical) ในเจียวกู่หลาน

เจียวกู่หลานประกอบด้วย สารพฤกษเคมีหลายชนิด คือ ฟลาโวนอยด์ แครทีนอยด์ พอลิแซคคาไรด์ ไครโกลโรฟิลล์ กรดอะมิโน วิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ (Razmovski และคณะ, 2005) แล้วยังพบสารออกฤทธิ์เชิงเภสัชวิทยา คือ ซาโปนินมีฤทธิ์คล้ายกับที่พบในโสม 4 ชนิด คือจินเซนโนไซด์ Rb1 Rd3 Rd และ F2 (สุธรรมและคณะ, 2551) และจะพบว่าสารพฤกษเคมีกลุ่มซาโปนินและฟลาโวนอยด์เป็นสารสำคัญในการออกฤทธิ์เชิงสุขภาพ

2.2.1 สารประกอบพอลิฟีนอล

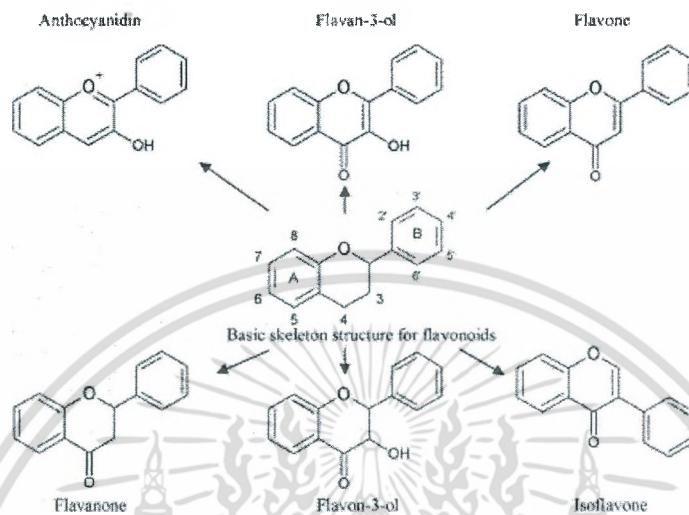
สารประกอบฟีนอลิกหรือสารประกอบพอลิฟีนอล (polyphenol) เป็นสารกลุ่ม secondary metabolite ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด โดยทั่วไปมีหมู่ไฮดรอกซิลมากกว่าหรือเท่ากับ 1 หมู่เกาะกับวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) สารประกอบฟีนอลิกที่มีหมู่ไฮดรอกซิลมากกว่า 1 หมู่ นิยมเรียกว่า สารประกอบพอลิฟีนอล โดยส่วนใหญ่สารประกอบ ฟีนอลิกเป็นสารที่ละลายน้ำ มักพบอยู่กับน้ำตาลในรูปไกลโคไซด์ โดยน้ำตาลดังกล่าวอาจเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว น้ำตาลโมเลกุลคู่ หรือโอลิโกแซ็กคาไรด์ก็ได้ แต่น้ำตาลที่พบมากที่สุดได้แก่ กลูโคส ส่วนน้ำตาลชนิดอื่นๆ ที่พบได้แก่ กาแล็คโตส แรมโนส ซาโลส อะราบิโนส และอนุพันธ์ของน้ำตาลเหล่านี้ เช่น กรดกลูโคโรนิก กรดกาแลคโตโรนิก และอื่นๆ อย่างไรก็ตาม สารประกอบพอลิฟีนอลส่วนใหญ่ที่อยู่รูปสารประกอบไกลโคไซด์ ที่เรียกว่า ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) (Bravo, 1998)

หลักการการตรวจวัดปริมาณสารประกอบพอลิฟีนอลทั้งหมด คือ การวัดปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบทั้งหมดที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ในโมเลกุล และไม่คำนึงถึงน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบพอลิฟีนอลนั้นๆ ดังนั้นการวิเคราะห์ในรูปแบบนี้ จึงไม่ระบุชนิดของสารประกอบ พอลิฟีนอลที่มีอยู่ในตัวอย่าง ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ (reduction-oxidation) โดยสารประกอบพอลิฟีนอลถูกออกซิไดซ์ในสภาวะที่เป็นต่าง จากนั้นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะไปรีดิวซ์ สารประกอบเชิงซ้อนทังสเตน-ฟอสโฟโมลิบดีนัม (phosphotungstic-phosphomolybdic complex) ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนใหม่ที่มีสีน้ำเงินและสามารถวัดค่าดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ส่วนใหญ่ นิยมใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน (Waterman และ Mole, 1994)

ฟลาโวนอยด์ เป็นสารพฤกษเคมีกลุ่มสารประกอบพอลิฟีนอล มีสูตรโครงสร้างหลักเป็นฟลาเวอ (flavan) หรือ 2-ฟีนิลเบนโซไพแรน (2-phenylbenzopyran) ประกอบด้วยคาร์บอน 15 อะตอม จัดเรียงตัวเป็นวงแหวน 3 วงเรียงต่อกันที่มีสูตรโครงสร้างพื้นฐานเป็น C₆-C₃-C₆ ให้ชื่อว่า วงแหวน A วงแหวน B และวงแหวน C ตามลำดับ การเรียกชื่อตำแหน่งคาร์บอนตำแหน่งต่าง ๆ บนวงแหวนดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงในภาพที่ 2.2 ซึ่งสารแต่ละกลุ่มย่อยของฟลาโวนอยด์มีโครงสร้างที่แตกต่างกันที่พันธะคู่บนวงแหวน A และวงแหวน B (Pietta, 2000)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างและรูปแบบทั่วไปของฟลาโวนอยด์ในอาหาร
ที่มา : Pietta (2000)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของฟลาโวนอยด์ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิลบนโครงสร้างหลัก โดยพบว่า โครงสร้างที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ แบ่งออกเป็น 3 แบบ (Soobrattee และคณะ, 2005) ได้แก่

1) โครงสร้างแบบ *ortho*-diphenolic หรือ catechol (ตำแหน่ง 3' และ 4' ที่วงแหวน B)

โครงสร้างแบบ *ortho*-diphenolic หรือ catechol เป็นโครงสร้างที่มีบทบาทมากที่สุดในการต้านอนุมูลอิสระ ทั้งการให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระและการคีเลตโลหะ แต่การลดจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลบนวงแหวน B จะทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง

2) พันธะคู่ที่ตำแหน่ง 2-3 คอนจูเกต (conjugate) กับ 4-oxo

พันธะคู่ในวงแหวน C ที่ตำแหน่ง 2-3 คอนจูเกต (conjugate) กับ 4-oxo จะช่วยเพิ่มความเสถียรแก่อนุมูลฟลาโวนอยด์ฟีนอกซิล (flavonoid phenoxyl) ภายหลังให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระ เนื่องจากอิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนย้ายได้ทั่วทั้งโครงสร้าง

3) หมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง C3 และ C5 บริเวณวงแหวน C

สารกลุ่มฟลาโวนอลและฟลาวานอล จะมีหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง C3 ทำให้มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าฟลาโวนและฟลาโวนอน เนื่องจากเกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างจึงมีลักษณะแบนราบในระนาบเดียวกัน ส่งผลให้การเคลื่อนย้ายของตำแหน่งอิเล็กตรอนพันธะคู่เกิดขึ้นได้ขึ้น จึงช่วยเพิ่มความเสถียรให้แก่อนุมูลอิสระของฟลาโวนอยด์

การตรวจวัดปริมาณฟลาโวนอยด์ ด้วยวิธี Aluminum chloride colorimetric assay อาศัยอะลูมิเนียมคลอไรด์ ทำปฏิกิริยากับโครงสร้างวงแหวนของฟลาโวนอยด์เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่เรียกว่า acid stable complex ในตำแหน่ง 4-keto ของวงแหวน C และตำแหน่ง 5-hydroxy ของวงแหวน A หรือ 3-hydroxy ของวงแหวน C ในสารสกัด และเมื่อเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนใหม่ที่มีสีชมพูไปถึงส้ม และสามารถวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร (Pietta, 2000) อย่างไรก็ตาม การวัดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีนั้น จะไม่สามารถระบุน้ำหนักโมเลกุลและชนิดของ ฟลาโวนอยด์ในตัวอย่างได้ จึงได้มีการพัฒนาเทคนิคลิควิดโครมาโตกราฟีสมรรถนะสูงร่วมกับแมสสเปกโตรเมทรี (Liquid chromatography–mass spectrometry, LC-MS) สำหรับระบุชนิดสารพฤกษเคมีในตัวอย่าง จากรายงานของ Zhao และคณะ (2012) ได้วิเคราะห์สารพฤกษเคมีในตัวอย่างชาเขียวกู่หลานจำนวน 10 ตัวอย่างที่จำหน่ายทางการค้า พบว่า ตัวอย่างชาเขียวกู่หลานทางการค้ามีปริมาณรูทีน (rutin) และ เควอซีติน (quercetin) ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และยังพบ quercetin-di-(rhamno)-hexoside, kaempferol-3-O-di-p-coumaroyl hexoside, quercetin-rhamno-hexoside, kaempferol-rhamno-hexoside, kaempferol-3-O-rutinoside และ แคมเฟอร์อล (kaempferol) เป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ในตัวอย่างชาเขียวกู่หลานอีกด้วย อีกทั้ง ชนิดของตัวทำละลายก็ให้ผลที่แตกต่างกัน ซึ่งการสกัดด้วยเมทานอลทำให้ปริมาณสารพฤกษเคมี เช่น สารประกอบฟอลิฟีนอลทั้งหมด ชาโบินินทั้งหมด และฟลาโวนอยด์ทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าการสกัดด้วยอะซิโตนถึงร้อยละ 50 ซึ่งสารสกัดชาเขียวกู่หลานด้วยเมทานอล ร่วมกับการสันด้วยคลื่นความถี่สูง ประกอบด้วยสารประกอบฟอลิฟีนอลทั้งหมด 1.40 - 35.10 มิลลิกรัมต่อกรัม ปริมาณชาโบินินทั้งหมด 17.60 - 193.40 มิลลิกรัมต่อกรัม และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 1.68 - 25.50 มิลลิกรัมต่อกรัม

นอกจากนี้ Kao และคณะ (2008) ศึกษาสารประกอบฟลาโวนอยด์ในชาเขียวกู่หลานที่จำหน่ายทางการค้าในเมืองไทเป ด้วยเทคนิค LC-MS พบว่าประกอบด้วยได้แก่ รูทีนและเควอซีติน และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด มีระหว่าง 0.17 - 2.41 มิลลิกรัมต่อกรัม ต่อมา Xie และคณะ (2011) วิเคราะห์สารประกอบฟลาโวนอยด์ในชาเขียวกู่หลาน พบว่า สารสกัดด้วยเมทานอลด้วยวิธีการสกัดแบบซอกซ์เลต (soxhlet extraction) มีปริมาณฟลาโวนอยด์มากกว่าการสกัดด้วยการสันด้วยคลื่นความถี่สูง โดยสารสกัดประกอบด้วยรูทีน และเควอซีตินในกลุ่ม diploid มากกว่ากลุ่ม tetraploid อีกทั้งยังพบในส่วนลำต้นมากกว่าส่วนใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ซาโปนิน (saponins)

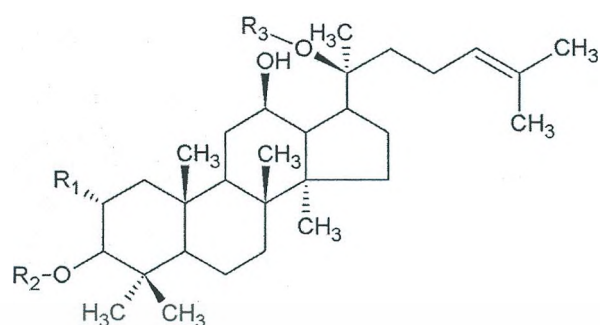
ซาโปนินจัดเป็นสารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside) เช่นเดียวกับกับฟลาโวนอยด์ แต่เกิดจากกลุ่มอะไกลโคโคน (aglycone) จับกับน้ำตาลหรืออนุพันธ์ของน้ำตาล หรือเรียกว่า ไกลโคโคน (glycone) ด้วยพันธะไกลโคไซด์ติก (glycosidic bond) โดยส่วนของอะไกลโคโคนมักมีโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน จึงให้ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่หลากหลาย ซึ่งน้ำตาลหรือไกลโคโคน จะไม่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา แต่ช่วยให้การละลายและการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายดีขึ้น (Xie, 2013)

ซาโปนินส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเป็นสารทำความสะอาด (detergent) ทำให้เกิดโฟมที่เสถียรในน้ำ มีรสขม อย่างไรก็ตาม ซาโปนินเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง และเพื่อความสะดวกในการเรียกชื่อจึงนิยมเรียกตามโครงสร้างของโมเลกุลที่ไม่มีส่วนประกอบของน้ำตาล หรืออาจเรียกว่า จินินหรือ สโปจินิน ซาโปนินสามารถแบ่งกลุ่มตามโครงสร้างของอะไกลโคโคน ได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ คือ กลุ่ม สเตอรอลซาโปนิน (sterol saponins) และกลุ่มไตรเทอร์ปีนซาโปนิน (triterpene saponins) ซึ่งซาโปนินส่วนใหญ่ที่พบในชาเจียวกู่หลาน ได้แก่ ไตรเทอร์ปีนซาโปนิน (Xie, 2013)

ไตรเทอร์ปีนซาโปนินหรือ dammarane type เป็นสารที่พบมากในเจียวกู่หลาน โดยมีชื่อเฉพาะว่า ไกเพนโนไซด์ (gypenoside) (ภาพที่ 2.3) มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับ panaxoside หรือที่เรียกกันว่า จินเซนโนไซด์ (ginsenosides) ที่พบในโสมเกาหลี (*Panax ginseng*) ซึ่งเจียวกู่หลานตรวจพบสารที่มีโครงสร้างเป็น ginsenoside Rb1 (ภาพที่ 2.4) ที่พบในโสม และเมื่อเปรียบเทียบกับจินเซนโนไซด์ในโสมเกาหลีแล้ว พบว่า ปริมาณของไกเพนโนไซด์ในเจียวกู่หลานมีมากกว่าสี่เท่า โดยสารกลุ่มซาโปนิน ที่พบในชาเจียวกู่หลานนั้น มีจำนวน 82 ชนิด แต่ในโสมเกาหลีมีซาโปนินเพียง 28 ชนิดเท่านั้น และเมื่อพิจารณาความหลากหลายของสารกลุ่มซาโปนินทั้งหมดนี้ พบมีเพียง 4 ชนิดเท่านั้นที่เป็นองค์ประกอบเหมือนกัน ได้แก่ จินเซนโนไซด์ Rb1, Rb3, Rd และ F₃ ตามลำดับ (สุธรรม และคณะ, 2551) นอกจากนี้สารกลุ่ม ซาโปนินในชาเจียวกู่หลานเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะสามารถเปลี่ยนเป็น panaxoside ได้ จึงทำให้ชาเจียวกู่หลานมีสารในกลุ่มซาโปนินมากกว่าโสมเกาหลีหลายชนิด (สุธรรม และคณะ, 2551)

การตรวจวัดปริมาณซาโปนินทั้งหมดด้วยวิธี Vanillin-perchloric colorimetric assay อาศัยปฏิกิริยาของซาโปนิน 2 กลุ่ม คือ สเตียรอยด์ซาโปนินและไตรเทอร์ปีนซาโปนิน โดย สเตอรอลซาโปนินจะทำปฏิกิริยากับพันธะเดี่ยวหรือพันธะคู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ส่วนไตรเทอร์ปีนซาโปนินจะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 3 โดยใช้วานิลลินในกรดอะซิติกและกรดเปอร์คลอริกเป็นรีเอเจนต์ ให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำตาลแดง ซึ่งตรวจวัดจากค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร (Xie, 2013)

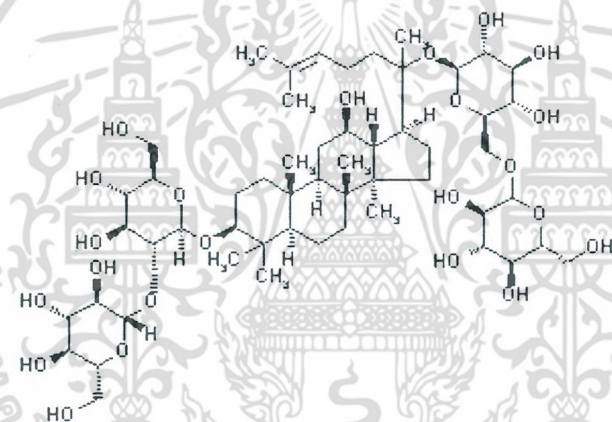
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของโกเพนโนไซด์ (gypenoside)

R1 = H, glucose, rhamnose; R2 = H, glucose, rhamnose; R3 = H, glucose, xylose

ที่มา: Xie (2013)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของ ginsenoside Rb1

ที่มา : สถาบันวิจัยสมุนไพร (2548)

การวิเคราะห์ปริมาณสารพฤษเคมีในชาเจียวกู่หลานนั้น มีรายงานในวารสารวิชาการนานาชาติดังนี้ Xie และคณะ (2010) ได้วิเคราะห์หาปริมาณ ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และปริมาณซาโปนินกลุ่มโกเพนโนไซด์ในชาเจียวกู่หลานที่จำหน่ายทางการค้าจำนวน 5 ตัวอย่างในตัวทำละลายต่างกันคือ อะซิโตนและเมทานอล พบว่า ชาเจียวกู่หลานทางการค้าทั้ง 5 ตัวอย่าง มีสารพฤษเคมีแต่ละชนิดแตกต่างกันและชนิดของตัวทำละลายก็มีผลต่อปริมาณสารพฤษเคมีที่ตรวจวัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า แหล่งเพาะปลูกและสายพันธุ์มีผลต่อสารพฤษเคมีหรือแม้กระทั่งชนิดของตัวทำละลายที่ใช้สกัด ก็ทำให้ปริมาณสารพฤษเคมีแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการวิเคราะห์สารพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยานั้น มีรายงานถึง สารประกอบกลุ่ม dammarane glycoside หรือที่เรียกทั่วไปว่า โกลเพนโนไซด์ ซึ่งเป็นสารในกลุ่มไตรเทอร์ปีนซาโปนินนี้ เชื่อกันว่าเป็นสารออกฤทธิ์ในชาเจียวกู่หลาน สารประกอบดังกล่าวสามารถดัดแปรโครงสร้างทางเคมีให้มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่แตกต่างกันได้ (Razmovski และคณะ, 2005; Bai และคณะ 2010; Kim และ Han, 2011) จากรายงานของ Razmovski และคณะ (2005) รายงานโกลเพนโนไซด์เป็นสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่มีโครงสร้างคล้ายกับจินเซนโนไซด์ในโสมเกาหลี 9 ชนิด คือ จินเซนโนไซด์ Rb1, Rc, Rb3, Rd, F2, Rg3, malonyl-Rb1, malonyl-Rd และ Rf นอกจากนี้ยังมี Kao และคณะ (2008) สรุปว่า สารสกัดชาโปนินด้วยเมทานอล ประกอบด้วยโกลเพนโนไซด์ได้ 33 ชนิด แต่ที่มีโครงสร้างคล้ายกับจินเซนโนไซด์ในโสมเกาหลีมีเพียง 2 ชนิด คือ จินเซนโนไซด์ Rb3 และ Rd และปริมาณโกลเพนโนไซด์อยู่ในช่วงระหว่าง 0.49 - 89.88 มิลลิกรัมต่อกรัม

อย่างไรก็ตาม ชาเจียวกู่หลานนั้น ยังพบกรดอะมิโนชนิดต่างๆ รวมถึงวิตามินต่างๆ (ในหน่วย มิลลิกรัมต่อกรัม) ได้แก่ ลิวซีน (leucine) 0.055, ฮิสทีดีน (histidine) 0.0473, ไลซีน (lysine) 0.56, กรดกลูตามิก (glutamic acid) 0.09, ทรีโอนีน (threonine) 0.14, เซรีน (serine) 0.16, ซิสทีน (cystine) 1.13, ไอโซลิวซีน (isoleucine) 0.21, อะจินีน (arginine) 0.06, ฟินิลอะลานีน (phenylalanine) 0.98, วิตามิน บี1, วิตามิน บี2, วิตามินซี, แคโรทีน (carotene) และมีโปรตีน ไขมัน น้ำตาล ซูโครส ส่วนแร่ธาตุต่างๆ จะพบแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส โซเดียม และฟอสฟอรัส (สุธรรม และคณะ, 2551)

2.3 เครื่องดื่มผง (Instant drink)

ผู้บริโภคในปัจจุบันมีแนวโน้มที่ต้องการความสะดวกสบาย และเน้นถึงการดูแลสุขภาพร่างกายให้แข็งแรง อาหารหรือเครื่องดื่มจึงเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติหรือใกล้เคียงธรรมชาติ เครื่องดื่มผงสำเร็จรูปจึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่ง เนื่องจากง่ายต่อการบริโภค สามารถดื่มได้ทันทีจึงสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งเมื่อนำมาคั้นรูปจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงของเดิม และสามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานกว่าเครื่องดื่มที่มีความเข้มข้นสูง

ชาสมุนไพรตาม สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ. 2549 คือ การนำเอาพืชสมุนไพรมาทำแห้ง แล้วลดขนาดให้เล็กลงโดยการตัด สับ หรือ บด เท่านั้น ซึ่งยังอยู่ในสภาพที่สามารถตรวจสอบได้ว่ามาจากพืชสมุนไพรชนิดใด เช่น ดอกคำฝอย ใบเตยหอม เก๊กฮวย และใบหญ้าหวาน เป็นต้น ซึ่งชาสมุนไพรแทบทุกชนิดมีสรรพคุณเชิงประโยชน์ต่อสุขภาพ เจียวกู่หลานเป็นชาสมุนไพรชนิดหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมและพบจำหน่ายโดยทั่วไป อีกทั้งยังอยู่ในรายชื่อของชาสมุนไพรที่ได้รับอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาอีกด้วย อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่เตรียมขึ้นต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพและมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดไว้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูป มผช. 555/2547 ทั้งขั้นตอนการผลิต การบรรจุ และการเก็บรักษา อีกทั้งลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้จะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพก่อนจำหน่ายออกสู่ตลาด

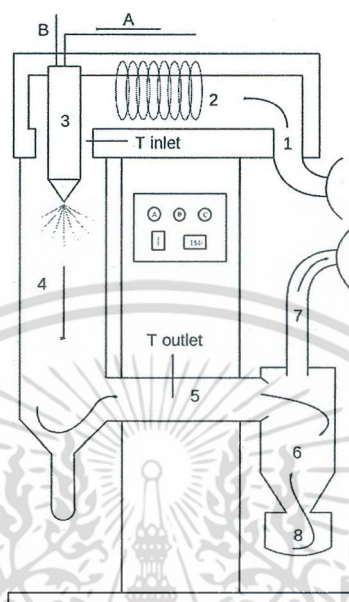
หลักการผลิตเครื่องดื่ม คือ การลดปริมาณน้ำในอาหาร ด้วยการระเหย การระเหิด หรือการเปลี่ยนสถานะของน้ำ เพื่อลดปริมาณน้ำที่เกี่ยวข้องในการเจริญของจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมี หรือ ชีวเคมี ทำให้สามารถชะลอการเสื่อมเสียของอาหารได้ นอกจากนี้กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มยังช่วยลดน้ำหนักและปริมาตรของผลิตภัณฑ์ลงอย่างมาก ทำให้สะดวกในการขนส่ง อีกทั้งยังง่ายต่อการบริโภค เพียงชงละลายกับน้ำเย็นหรือน้ำร้อน ก็สามารถดื่มได้ทันที กระบวนการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย (spray drying) เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการทำแห้งเครื่องดื่มในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากใช้ระยะเวลาสั้น ผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำและมีความสม่ำเสมอ (ณัฐวีพร, 2548) อย่างไรก็ตามการผลิตเครื่องดื่มยังคงมีปัญหาในด้านกลิ่นรสหลงเหลือน้อยมาก ดังนั้นการใช้กรรมวิธีใช้สารกักเก็บกลิ่นหรือการใช้ส่วนผสมให้กลิ่นที่เป็นผสมผสานภายหลัง ก็สามารถช่วยปรับปรุงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ผงได้

2.4 เทคนิคการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย (Spray drying)

เทคนิคการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย ได้รับความนิยมมากในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์นม ไข่ผง กาแฟสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้หรือมะเขือเทศ (Master, 1979) เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตน้อย มีกำลังการผลิตสูง ใช้งานง่าย สามารถควบคุมและปรับสภาวะการผลิตตามผลิตภัณฑ์ที่ผู้ผลิตต้องการ เช่น ขนาดอนุภาค ปริมาณความชื้น ความหนาแน่นของอนุภาค (bulk density) และลักษณะปรากฏ เป็นต้น (วรเดช, 2545) โดยการทำแห้งจะเริ่มตั้งแต่การทำให้ของเหลวแตกเป็นหยดเล็กๆ ภายในห้องทำแห้งที่มีอากาศร้อนไหลผ่าน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นเร็วมาก เนื่องจากของเหลวมีสภาพเป็นหยดเล็กๆ ซึ่งมีพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับอากาศร้อนมาก เกิดการระเหยบนพื้นที่ผิวของหยดเม็ดเล็ก ๆ อย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 2.5)

การระเหยระหว่างการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงการระเหยที่ให้อัตราการระเหยคงที่ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อความชื้นภายในช่องของอาหารเหลวที่มีอยู่มากพอ ที่จะกระจายไปที่ผิวของช่องของเหลวอย่างคงที่ จนเกิดสภาวะอิ่มตัวถึงขณะหนึ่ง เมื่อปริมาณความชื้นลดลงต่ำกว่าสภาวะอิ่มตัวและเข้าสู่จุดวิกฤต (critical point) ผิวระนองของเหลวจะเริ่มแห้ง อัตราการระเหยจะไม่คงที่ ในช่วงนี้อัตราการระเหยจะขึ้นอยู่กับอัตราการแพร่กระจายของความชื้นผ่านผิวนอกที่แห้ง ซึ่งความหนาแน่นของชั้นผิวนอกที่แห้งจะเพิ่มมากขึ้นตลอดเวลา อัตราการระเหยจึงมีค่าลดลง (Master, 1979) และพบว่าปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระเหยในการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย คือ ความเข้มข้นของอาหารเหลว โดยการเพิ่มความเข้มข้นของอาหารเหลวจะทำให้ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีขนาดอนุภาคใหญ่และมีความหนาแน่นปรากฏสูงขึ้น แต่การเพิ่มอุณหภูมิผสมเข้าโดยที่อัตราการไหลของของอาหารเหลวเข้าเครื่องทำแห้งแบบฉีด

พ่นฝอยคงที่ จะทำให้ความหนาแน่นปรากฏของผลิตภัณฑ์ฝงลดลง และมีความโปร่งมากขึ้น เนื่องจากอัตราการระเหยน้ำเกิดขึ้นเร็ว (Gharsallaoui และคณะ, 2007)



ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/Spray_drying (2557)

อย่างไรก็ตามการผลิตเครื่องตีผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย อาจจำเป็นต้องคำนึงปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ฝงสำเร็จรูป (Masters, 1979)

เพื่อให้ได้คุณภาพผลิตภัณฑ์ฝงสำเร็จรูป จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) อัตราการพ่นกระจาย (atomize speed)

อัตราการพ่นกระจายนั้นมีผลต่อโครงสร้างและขนาดของอนุภาคที่ได้ โดยเมื่ออัตราการป้อนของเหลวคงที่ การเพิ่มความเร็วในการพ่นกระจาย มีผลให้ขนาดของอนุภาคที่ได้เล็กลง ความหนาแน่นปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความหนาแน่นที่สูงกว่า เนื่องจากขนาดที่เล็กกว่าสามารถแทนที่ในช่องว่าง ระหว่างอนุภาคที่ใหญ่ได้

2) คุณสมบัติในการป้อน (feed properties)

ปริมาณของแข็งของสารละลายมีผลต่อลักษณะและขนาดของอนุภาคผงที่ได้ในด้านความหนาแน่นปรากฏ นอกจากนี้การป้อนสารละลายด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นหรือการลดอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าจะส่งผลให้อนุภาคที่มีความหนาแน่น และทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแข็งที่เพิ่มขึ้นรวมถึงขนาดของอนุภาคที่ใหญ่ขึ้น ทำให้การระเหยน้ำช้ากว่าในสารละลายที่มีปริมาณของแข็งน้อยกว่า

3) ความหนืด (viscosity)

ความหนืดมีผลโดยตรงต่อการเลือกชนิดและความเข้มข้นของวัสดุห่อหุ้ม เนื่องจากถ้าของเหลวมีความหนืดสูง เมื่อนำไปอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอย จะทำให้ได้ละอองที่มีขนาดใหญ่ และถ้าหากมีความหนืดสูงมาก จะทำให้ของเหลวที่ฉีดออกมามีลักษณะคล้ายเส้นด้าย ทำให้อาหารไม่แห้งตามต้องการ หรืออาจมีผลทำให้เกิดการอุดตันของหัวฉีดแบบพ่นฝอย ดังนั้นจึงควรเลือกชนิดและวัสดุห่อหุ้มที่เหมาะสม

4) ชนิดของหัวฉีด (type of atomized)

ชนิดของหัวฉีดมี 2 แบบ คือ Rotary และ Nozzle ซึ่งมีผลต่อลักษณะของขนาดของอนุภาค แตกต่างกัน โดยหัวฉีดแบบ Nozzle จะให้ลักษณะของอนุภาคผงที่ได้มีลักษณะที่หยาบกว่า

5) การไหลของอากาศ (air flow)

อัตราการไหลของอากาศภายในห้องอบแห้งมีผลต่อเวลาของที่อยู่ในห้องอบแห้งของอนุภาคหรือเวลาที่ใช้ในการอบแห้งโดยตรง ถ้าอัตราการไหลของอากาศลดลงส่งผลให้เวลาที่อยู่ในห้องอบแห้งของอนุภาคหรือเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำที่ถูกระเหยมีมากขึ้นมีผลให้ความชื้นลดลงและยังส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งในด้าน คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เช่น การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล อันเนื่องมาจากความร้อนส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้มและเกิดกลิ่นไหม้ นอกจากนี้ อัตราการไหลของอากาศยังมีผลต่อปริมาณผลผลิตที่ได้

การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศมีผลต่อระยะเวลาที่อยู่ในห้องทำแห้งของอนุภาคหรือเวลาที่ใช้ในการทำแห้งโดยตรง ถ้าอัตราการไหลของอากาศลดลง ส่งผลให้ละอองสัมผัสกับอากาศร้อนนาน ปริมาณน้ำในอาหารจะระเหยมากขึ้น ส่งผลทำให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง

6) อุณหภูมิในการอบแห้ง (drying temperature)

อุณหภูมิของลมร้อนในการอบแห้งทั้งขาเข้าและขาออกมีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ เมื่ออุณหภูมิขาเข้าเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราการไหลคงที่ จะส่งผลให้เกิดการระเหยน้ำออกไปได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้อุณหภูมิขาเข้าที่สูง ยังมีผลให้ความหนาแน่นปรากฏรวมมีค่าลดลง ทำให้เกิดโครงสร้างที่มีรูพรุนในอนุภาคผงมากกว่า ในขณะที่อุณหภูมิขาออกจะส่งผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขาออกให้สูงขึ้น มีผลให้ปริมาณความชื้นที่เหลือลดลง ดังนั้นการกำหนดอุณหภูมิลมร้อนขาออก จึงขึ้นกับปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นสำคัญ ผลของความชื้นในผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะส่งผลต่อคุณภาพในด้านต่าง ๆ เช่น การละลาย (solubility) ความหนาแน่นปรากฏ (bulk density) ขนาด (particle size) การดูดความชื้น (hygroscopicity) และ อายุการเก็บรักษา (shelf life)

Borge และคณะ (2002) ศึกษาการใช้มอลโตเดรกติน เป็นสารช่วยการทำแห้งในน้ำสับประรด และน้ำเสาวรสพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิร้อนชาเข้าช่วง 85 – 95 องศาเซลเซียส และระดับมอลโตเดรกตินร้อยละ 20 – 30 พบปริมาณมอลโตเดรกตินและอุณหภูมิร้อนชาเข้าไม่มีผลต่อการละลาย และความเป็นรูพรุนของอนุภาคผงที่ได้ แต่การเพิ่มปริมาณมอลโตเดรกตินมีผลทำให้ร้อยละผลผลิตที่ได้ และความหนาแน่นโดยรวมของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น

Nadeem และคณะ (2011) ศึกษาผลของอุณหภูมิร้อนชาเข้า 145, 155 และ 165 องศาเซลเซียส และตัวพา 3 ชนิด คือ เบต้า-ไซโคลเดรกติน กัมอะราบิก และมอลโตเดรกติน ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 และ 5 ของปริมาณของแข็งทั้งหมด พบอุณหภูมิร้อนชาเข้ามีผลต่อปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในชาภูเขา (*Sideritis stricta*) โดยการเพิ่มอุณหภูมิร้อนชาจาก 145 เป็น 155 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 155 องศาเซลเซียส ปริมาณโพลีฟีนอลจะลดลง ตามลำดับ

ส่วนงานวิจัยในประเทศไทยมีรายงาน ศึกษากระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย พรรณจิราและคณะ (2545) ศึกษาผลของอุณหภูมิร้อนชาเข้าที่ 100, 110 และ 120 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเดรกตินร้อยละ 13,16 และ 19 โดยน้ำหนัก พบว่าการใช้อุณหภูมิร้อนชาเข้า 110 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเดรกตินร้อยละ 16 โดยน้ำหนัก ทำให้ผลิตภัณฑ์ผงมีคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสที่ดีที่สุด ต่อมา ศุภมาศและคณะ (2550) ศึกษากระบวนการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอยทุเรียนผง โดยแปรระดับของอุณหภูมิร้อนชาเข้า 160 - 180 องศาเซลเซียสและปริมาณมอลโตเดรกตินเป็น 3 ระดับ ร้อยละ 20 -40 โดยน้ำหนัก เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทาง เคมีกายภาพ และการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้มอลโตเดรกตินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก และอุณหภูมิร้อนชาเข้า 170 และ 180 องศาเซลเซียส มีคะแนนการยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภคสูงสุด โดยขนาดอนุภาคทุเรียนผงที่ผลิตได้อยู่ในช่วง 0.01-700 ไมโครเมตร

งานวิจัยการทำแห้งชาเขียวกู่หลานด้วยวิธีทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย ด้วยอุณหภูมิร้อนชาเข้า 130, 150 และ 170 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเดรกตินร้อยละ 20,30 และ40 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูป คือ อุณหภูมิร้อนชาเข้า 150 องศาเซลเซียส และปริมาณมอลโตเดรกตินร้อยละ 40 อย่างไรก็ตามกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์จะสูญหายในระหว่างการเตรียมวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต (วาทีตย์ และ ศิริพงษ์ ,2554)

2.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการคืนรูป

การคืนรูปของอาหารผง หมายถึง การดูดน้ำกลับคืนของอาหารผง เพื่อเข้าสู่สภาพเดิมคล้ายก่อนการทำแห้ง คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ผงที่ละลายน้ำได้ทันที (instant powder) ควรมีลักษณะ คือ พื้นที่ในการเปียกน้ำปริมาณมาก (wettability) ทำให้ความสามารถในการจมตัว (sinkability) และความสามารถใน

การกระจายตัว (dispersibility) ดีขึ้นส่งผลให้เกิดการละลายน้ำ (solubility) ที่ดีตามมา ซึ่งเป็นการต้านการตกตะกอน นอกจากนี้ความสามารถในการคืนตัว (reconstitution) ยังขึ้นกับการจับตัวกับน้ำอีกด้วย (Barbosa-Cánovas และคณะ, 2005)

1) ความสามารถในการเปียกน้ำ (wettability)

ความสามารถของอนุภาคของผงในการดูดซับน้ำบนพื้นผิวของอนุภาค คุณสมบัติดังกล่าวขึ้นกับขนาดและองค์ประกอบทางเคมีของผิวอาหาร อาหารที่มีขนาดอนุภาคเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักสูง ซึ่งการเปียกนี้มักจะมีแนวโน้มจับตัวกันเป็นก้อนแน่น โดยภายในยังคงมีผงอาหารที่แห้งอยู่ ทำให้น้ำซึมผ่านได้ลำบากและอัตราการเปียกน้ำต่ำ ดังนั้น การเพิ่มขนาดอนุภาคโดยนำผงมารวมกันอย่างหลวม ๆ (agglomeration) จะช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำผ่านช่องว่างระหว่างอนุภาคได้ดี

2) ความสามารถในการจมตัว (sinkability)

ความสามารถของผงในการจมลงไปในน้ำ หลังจากผงเกิดการดูดซับน้ำบนพื้นผิวของอนุภาคและถูกกระทบโดยความหนาแน่นของอนุภาค ความสามารถในการจมตัวของอนุภาคในน้ำ ขึ้นกับขนาดและความหนาแน่นของอาหารผง โดยพบว่า ขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่าและมีความหนาแน่นมากกว่า จะจมตัวอย่างรวดเร็วกว่าอนุภาคขนาดเล็กและเบา สำหรับอนุภาคที่มีอากาศภายใน หรือมีโครงสร้างที่โปร่งจะมีความสามารถในการจมตัวได้ช้าหรือน้อยกว่า เนื่องจากอนุภาคมีความหนาแน่นและน้ำหนักที่เบา ซึ่งจะลอยที่ผิวน้ำ

3) ความสามารถในการกระจายตัว (dispersability)

ความสามารถของผงในการกระจายตัว โดยไม่เกิดเป็นก้อน อาหารจะละลายในน้ำได้ดีจะต้องกระจายตัวในน้ำได้ดีด้วย อาหารที่จะกระจายตัวได้ขึ้นกับพื้นผิว (surface) และความหนาแน่น (bulk density) ของอนุภาค แต่ถ้าอาหารรวมกันเป็นก้อนใหญ่การกระจายตัวจะเกิดขึ้นน้อยลง

4) ความสามารถในการละลาย (solubility)

อัตราการละลายหรือความสามารถในการละลายทั้งหมด ขึ้นกับ ส่วนประกอบทางเคมี ขนาด รูปร่าง ความหนาแน่นของอนุภาค และสถานะทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิในการละลายชาผง การกระจายตัวในน้ำและการละลาย ตามลำดับ

สมบัติทั้ง 4 ประการนี้จะมีผลต่อการคืนรูปของอาหารผง ซึ่งสมบัติเหล่านี้จะต้องสมดุลกัน ถ้าสมบัติประการใดเปลี่ยนแปลงไป พฤติกรรมการคืนรูปของอาหารนั้นจะเปลี่ยนไปด้วย ทั้งนี้สมบัติบางอย่างที่กล่าวถึง เช่น ขนาดของอนุภาคและความหนาแน่น อุณหภูมิ ความหนืด ปริมาณของแข็ง ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงการฉีกพันเป็นฝอย เช่น ชนิดของหัวฉีด ความดัน หรือ ความเร็วที่ใช้ นอกจากจะมีผลต่อการคืนรูปแล้วยังส่งผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ดังนั้นการ ปรับสภาวะเหล่านี้ให้เหมาะสมจะทำให้อาหารแห้งที่ได้มีการคืนรูปที่ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ผงระหว่างเก็บรักษา (รุ่งนภา, 2540)

ชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปที่มีคุณภาพสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคแล้ว สภาพะในการเก็บรักษาและบรรจุภัณฑ์ ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องดื่มผงในระหว่างการเก็บรักษาด้วย ดังนั้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอาหาร จึงเน้นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเป็นหลัก โดยไม่จำเป็นต้องติดตามจนถึงจุดที่ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ ซึ่งโดยทั่วไปอาจศึกษาความคงตัวของสารสำคัญ หรือสารที่สนใจเป็นแนวทางในการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้

การเปลี่ยนแปลงของอาหารระหว่างเก็บรักษามีความสำคัญในการบ่งชี้คุณภาพของอาหาร ว่ายังคงมีความปลอดภัยต่อการบริโภค ซึ่งในด้านผู้บริโภคจะเป็นการรับรู้ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ และใช้ในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ ส่วนด้านผู้ผลิต จะใช้ประเมินคุณภาพของอาหารที่ผลิต และใช้ประกอบการแสดงอายุการเก็บบนฉลาก หรือเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันกฎหมายบังคับให้ผู้ผลิตต้องแสดงวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์ด้วย ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอาหารในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ด้วย โดยอาจประเมินภายใต้สภาวะต่างๆ เช่น บรรจุภัณฑ์ การเก็บรักษา และการจัดจำหน่าย ซึ่งเมื่อทราบถึงการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บก็สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาปรับปรุงสูตรของผลิตภัณฑ์ให้มีอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมได้ โดยปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ปัจจัย คือ

2.5.1 ลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์อาหารผงจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวสูง เนื่องจากมีปริมาณความชื้นต่ำ แต่ น้ำตาลเป็นองค์ประกอบที่ดูดความชื้น แม้จะมีปริมาณความชื้นเพียงเล็กน้อย ก็อาจทำให้เกิดการเกาะตัวกันของผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากสมบัติเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) ของน้ำตาลที่มีโมเลกุลต่ำ ที่ทำให้ค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (T_g) ลดลง จึงทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ผง

2.5.2 สภาวะแวดล้อมที่ผลิตภัณฑ์ได้รับระหว่างการเก็บรักษา

สภาวะการเก็บรักษาเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของอาหาร เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ สภาวะแรง และแสง โดยทั่วไป ผลิตภัณฑ์จะถูกเก็บในสภาวะควบคุมในระหว่างการเก็บรักษา และนำผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์มาทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยจะพบว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดอัตราการเสื่อมเสีย เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาที่สูงขึ้น จะส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงค่าสี ความสามารถในการไหล ความสามารถในการละลาย ดังนั้น อุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของอาหารผงโดยตรง นอกจากนี้ยังพบ ความชื้น ออกซิเจน และแสงก็มีผลต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์อีกด้วย

2.5.3 ภาชนะบรรจุ

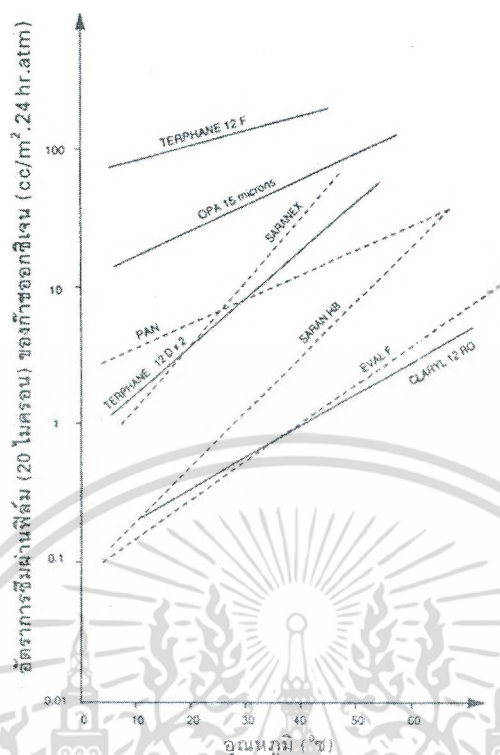
การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลและความร้อนเข้าสู่ภาชนะบรรจุ โดยการแพร่ของสารต่าง ๆ ผ่านผิวของภาชนะบรรจุเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ อาจต้องพิจารณาความต้านทานต่อการเจาะผ่านของแมลงผ่านบรรจุภัณฑ์ อีกด้วย (รุ่งนภา, 2540)

1) เมทัลไลต์พอยล์ (metalized cast polypropylene film, M-CPP) เป็นบรรจุภัณฑ์พลาสติกพอลิโพรพิลีนที่เคลือบด้วยไอของโลหะ สำหรับการป้องกันการแพร่ผ่านของความชื้น ออกซิเจน สารหอมระเหย ก๊าซชนิดอื่นๆ รวมไปถึงสารระเหยให้กลิ่น และยังมีคุณสมบัติที่ดีในการป้องกันแสงอีกด้วย (งามทิพย์, 2538; Fowle, 2005)

2) พอลิเอทิลีน (polyethylene: PE) เป็นพลาสติกที่มีความยืดหยุ่นดี มีทั้งแบบอ่อนและแบบแข็งได้แก่ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene: LDPE) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (linear low density polyethylene: LLDPE) และพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (high density polyethylene: HDPE) พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำจะมีความต้านทานการกัดกร่อนดี กันความชื้นได้ดี ความแข็งแรงต่ำ และมีความยืดหยุ่นสูง นิยมใช้ในการผลิตขวดน้ำ และพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้นเมื่อเทียบกับพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ จะมีคุณสมบัติเหนือกว่าคือ ทนสารเคมี ทนแรงดึง แรงทิ่มทะลุ ทนฉีกขาด ยึดตัวดี และปิดผนึกด้วยความร้อนได้ดีกว่า พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ สำหรับพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงเป็นกลุ่มที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะรับแรงกระแทกได้ดี น้ำหนักเบา ดูดซับความชื้นน้อย มีความแข็งแรงสูง ไม่เป็นพิษ สามารถใช้บรรจุอาหารได้ (Fowle, 2005)

คุณสมบัติสำคัญของบรรจุภัณฑ์ที่ควรพิจารณานั้น (งามทิพย์, 2538) มีดังนี้

1) การซึมผ่านของก๊าซ (gas permeability) โดยอัตราการซึมผ่านของก๊าซเป็นปัจจัยในการเลือกชนิดของบรรจุภัณฑ์ ซึ่งกำหนดมาจาก ชนิดของผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บรักษาและสภาวะที่ต้องการเก็บรักษา โดยทั่วไป เมื่อต้องการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันก๊าซได้ดีมาก ควรเลือกบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนไม่เกิน 2 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อ 1 ตารางเมตรต่อ 1 บรรยากาศต่อ 24 ชั่วโมง ซึ่งค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซจะแตกต่างกันตามคุณสมบัติของฟิล์มพลาสติกที่ต่างกัน ตามกฎของฟิค (Fick's Law) และกฎเฮนรี (Henry's Law) โดยได้แสดงผลของอุณหภูมิต่ออัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของฟิล์มที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีและนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (ภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.6 ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนของฟิล์มชนิดต่างๆ
ที่มา: งามทิพย์ (2538)

2) อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) กรณีที่ต้องการบรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันไอน้ำได้ดี ควรพิจารณาบรรจุภัณฑ์ที่มีค่า WVTR ไม่เกิน 4-6 มิลลิลิตร ต่อ 1 ตารางเมตรต่อ 24 ชั่วโมง

3) การปิดผนึกด้วยความร้อน (heat sealability) ผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุโดยระบบ Gas Exchange Packaging นิยมใช้ภาชนะบรรจุที่สามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อนมากที่สุด เนื่องจากสามารถปิดผนึกได้สนิทแน่นดัดมาก รวมถึงป้องกันการผ่านเข้าออกของกลิ่น ก๊าซ ไอน้ำและจุลินทรีย์ได้ดีมาก การปิดผนึกทำได้ง่าย เครื่องมือที่ใช้ราคาไม่แพง และใช้เวลาในการปิดผนึกสั้นมาก ดังนั้นวัสดุที่นิยมใช้กับการบรรจุแบบการแลกเปลี่ยนก๊าซจึงประกอบด้วยฟิล์มหลายชั้น โดยแต่ละชั้นจะทำหน้าที่แตกต่างกันออกไป เช่น ป้องกันการซึมผ่านของกลิ่น ก๊าซและไอน้ำ ป้องกันแสง หรือเป็นชั้นสำหรับการพิมพ์ เป็นต้น

Ortiz และคณะ (2008) พัฒนาขาเขียวผงจากการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอยด้วยการผสมแห้งกับซูโครส กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก แล้วเก็บในบรรจุภัณฑ์ชนิดพอลิพรพิลีน ในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 0-58 ณ อุณหภูมิที่ 22 องศาเซลเซียส หลังจากเก็บครบ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อการสลายตัวของคาเทชิน โดยอัตราการสลายตัวจะเพิ่มขึ้น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างเก็บรักษาสูงขึ้น ทั้งนี้อัตราการสลายตัวของคาเทชินสูงสุดที่ ความชื้นสัมพัทธ์ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 58 มี แต่เมื่อลดความชื้นสัมพัทธ์ลดน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 43 จะพบ คาเทชินมีความคงตัว นอกจากนั้นแล้วยังพบว่า สูตรผสมแบบแห้งก็มีผลต่ออัตราการสลายตัวของ คาเทชิน โดยรายงานของ Chen และคณะ (2001) พบว่า ซูโคส ซิตริกและแอสคอร์บิก ในส่วนผสมแห้ง ช่วยส่งเสริมให้คาเทชินมีความคงตัวเมื่อเก็บรักษาระยะเวลา 1 เดือน แต่ถ้าเก็บรักษาจนถึง 30 วัน แอสคอร์บิกในส่วนผสมจะสลายตัวเป็นโปรออกซิแดนซ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 ชาเจียวกู่หลานแห้ง (*Gynostemma pentaphyllum* Makino) ได้รับความอนุเคราะห์จากสถานีวิจัยเกษตรหลวงอ่างขาง จ. เชียงใหม่

3.1.2 สารเคมี

สารเคมีมาตรฐาน ได้แก่ 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox, Aldrich), กรดแกลลิก (gallic acid, Sigma), ไดออสจีนิน (diosgenin, Sigma) และ รูติน (rutin, Wako)

สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ ได้แก่ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH, Sigma), เอทานอล (C₂H₅OH, Lab-scan), Folin-Ciocalteu reagent (Carlo Erbra), โซเดียมคาร์บอเนต (Na₂CO₃, Merck), วานิลลิน (vanillin, Merck), กรดอะซิติก (CH₃COOH, Merck), กรดเปอคลอริก (HClO₄, RFCL), เมทานอล (C₂H₅OH, Lab-scan), โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH, Merck), โซเดียมไนไตรต์ (NaNO₂, Merck), อะลูมิเนียมคลอไรด์ (Al(Cl₃)₃, Ajax), ไตคลอโรมีเทน (CH₂Cl₂, Lab-Scan), ไดเอทิลอีเทอร์ (C₂H₅)₂O, Lab-Scan) และ โซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ (Merck)

3.2 การเตรียมชาเจียวกู่หลานผง

ตัวอย่างชาเจียวกู่หลานเก็บในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30-35 องศาเซลเซียส นำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่อง Hammer mill แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 70 mesh โดยส่วนที่เหลือบนตะแกรงจะถูกบดซ้ำอีกครั้งให้ลอดผ่านตะแกรงขนาดเดียวกัน จากนั้นเก็บชาผงใส่ถุงพลาสติกแล้วผนึกปากถุงด้วยเครื่องปิดผนึก ตัวอย่างชาผงนี้จะใช้ทดลองภายในระยะเวลา 1 เดือน

3.3 ผลของตัวพาและสภาวะการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ชาเจียวกู่หลานผงสำเร็จรูปและสร้างแบบจำลองทำนายตัวแปรต่างๆ

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตชาเจียวกู่หลานผง ด้วยวิธีทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอยโดยนำชาเจียวกู่หลานเข้มข้นมาผสมกับตัวพา ได้แก่ มอลโตเดรกตินและแป้งตัดแปร กำหนดสภาวะต่าง ๆ เพื่อเป็นปัจจัยศึกษา ได้แก่ ความเข้มข้นตัวพา อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า และอัตราส่วนมอลโต เดรกตินต่อแป้งตัดแปร โดยใช้วิธี Response Surface Methodology (RSM) แบบ Central Composite Design ออกแบบการทดลองและหาสภาวะที่เหมาะสม ค่าของแต่ละปัจจัยกำหนด ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ช่วงของค่าระดับปัจจัยทั้ง 3 ที่ทำการทดลอง

ปัจจัย	รหัสของปัจจัย				
	- α	-1	0	+1	+ α
อุณหภูมิหม้อน้ำชาเข้า (องศาเซลเซียส)	150	158	170	182	190
ความเข้มข้นตัวพา (ร้อยละ)	25	29	35	41	45
อัตราส่วน MD:MS (ร้อยละ)	0	20	50	80	100

หมายเหตุ : MD คือ มอลโตเดรกติน; MS คือ แป้งตัดแปร

3.3.1 การเตรียมน้ำชาเขียวกู่หลานสำหรับการผลิต (feed solution)

การเตรียมน้ำชาเขียวกู่หลานสำหรับการผลิตดัดแปลงจาก Suntararuks และคณะ, (2008) โดยมีขั้นตอนดังนี้ แช่ชาผงในน้ำร้อนที่อัตราส่วน 1:6 ด้วยอ่างน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิ 80-82 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงสกัดกากชาซ้ำอีกครั้งด้วยน้ำร้อน 200 มิลลิลิตร และ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ น้ำชาเข้มข้นที่ได้จากการสกัดทั้ง 3 ส่วน นำมารวมกัน แล้วจึงกรองซ้ำอีกครั้งด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น

จากนั้นชั่งมอลโตเดรกตินและแป้งตัดแปรตามสัดส่วนที่กำหนดในตารางที่ 3.2 แล้วเติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้นำหนักสารผสมเท่ากับร้อยละ 65 ปิดฝาด้วยกระดาษนาฬิกา กวนผสมด้วยเครื่องกวนควบคุมอุณหภูมิ (hot plate stirrer) ที่ 60 องศาเซลเซียส ผสมจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเติมน้ำชาเข้มข้น ร้อยละ 35 ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสมโฮโมจีไนส์ ความเร็วรอบ 11,400 รอบ/นาที ระยะเวลา 3 นาที แล้วจึงนำน้ำชาผสมนี้ไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (JCM Minilab spray dryer DE-10) โดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำชาผสมในขณะที่ป้อนเข้าสู่เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ 60 องศาเซลเซียส

3.3.2 การผลิตชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูป

เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยมีกำลังการผลิต 10 ลิตร/ชั่วโมง กำหนดสภาวะการผลิตของเครื่องดังนี้ อัตราการไหล (flow rate) 20 มิลลิลิตร/นาที (ปั๊มหมุนที่ระดับ 11) ความเร็วลม (blower speed control) 0.95 เมตร/วินาที (ปั๊มหน้าเครื่อง 2,460) และกำหนดอุณหภูมิหม้อน้ำชาเข้าตามตารางที่ 3.1 แต่ควบคุมอุณหภูมิขาออกที่ 75 ± 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 สภาวะและสัดส่วนศึกษาที่ใช้ในการทดลองจากโปรแกรมสำเร็จรูป Design Expert

ชุดทดลอง	อุณหภูมิความร้อน ขาเข้า (°C)	ความเข้มข้น ตัวพา (ร้อยละ)	น้ำ (ร้อยละ)	อัตราส่วน MD:MS (ร้อยละ)
1	158	29	36	20:80
2	182	29	36	20:80
3	158	29	36	80:20
4	158	41	24	80:20
5	182	29	36	80:20
6	182	41	24	80:20
7	170	25	40	50:50
8	150	35	30	50:50
9	190	35	30	50:50
10	170	35	30	100:0
11	170	35	30	50:50
12	170	35	30	50:50
13	170	35	30	50:50
14	170	35	30	50:50
15	170	35	30	50:50
16	170	35	30	50:50

หมายเหตุ : MD คือ มอลโตเดรกดิน; MS คือ แป้งตัดแปรร

ตัวอย่างที่ได้ เรียกว่า “ชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูป” นำไปศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ
ดังนี้

- ร้อยละผลผลิต (Obon และคณะ, 2009)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผลผลิต} = \frac{\text{ปริมาณของแข็งหลังการทำแห้ง} \times 100}{\text{ปริมาณของแข็งก่อนการทำแห้ง}}$$

- ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้

นำตัวอย่างใส่ลงในตลับพลาสติกประมาณ 1/3 ของตลับหรือไม่เกินครึ่งหนึ่ง แล้วเกลี่ยตัวอย่างให้ครอบคลุม แล้ววัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ด้วยเครื่อง Water Activity Meter

- ค่าสี

นำชาเขียวกู่หลานผงใส่จานพลาสติกประมาณ 1/3 ของจาน เกลี่ยตัวอย่างให้ผิวเรียบ แล้ววัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter (Hunter Lab) ในระบบ CIE L*a*b* จำนวนทั้งหมด 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดต่อจาน โดยกำหนดแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน illuminate = D65 และ observe = 2°
ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และ ค่าสีเหลือง (b^*) และความแตกต่างของค่าสีโดยรวม
(ΔE)

$$\Delta L^* = L^* - L_i^*, \Delta a^* = a^* - a_i^*, \Delta b^* = b^* - b_i^*$$

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

เมื่อ ; L^*, a^*, b^* = ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของตัวอย่างชาผง

L_i^*, a_i^*, b_i^* = ค่าความสว่าง (L_i^*) ค่าสีแดง (a_i^*) และค่าสีเหลือง (b_i^*) ของตัวอย่างชาผงในวัน
เริ่มต้นเก็บรักษา

4) ความสามารถในการละลาย (ดัดแปลงจาก Nadeem และคณะ, 2011)

ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของชาเขียวกู่หลานผง 1 กรัม ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง แล้วเติมน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กวนด้วยเครื่องกวนแบบแม่เหล็ก ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที นาน 5 นาที จากนั้นแล้วปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที แล้วจึงเทสารละลายส่วนใสด้านบนใส่ถ้วยอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง นำตัวอย่างออกมาพักให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักหลังอบ จนกว่าตัวอย่างจะมีน้ำหนักคงที่ บันทึกค่าน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นคำนวณหาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

5) ความหนาแน่นโดยรวม (Bulk density) (ดัดแปลงจาก Obon และคณะ, 2009)

ชั่งตัวอย่างหนัก 5 กรัม บรรจุลงในกระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร นำไปวางบนเครื่องเขย่า เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นจุดปริมาตรตัวอย่างที่ขีดบอกริมปริมาตรแล้วนำมาคำนวณค่าความหนาแน่นโดยรวม จาก น้ำหนักต่อปริมาตร (กรัมต่อมิลลิลิตร)

6) ความชื้น (AOAC 934.01, 1990)

ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของชาเขียวกู่หลานผง 3 กรัม ด้วยเครื่องชั่ง 4 ใสลงในถ้วยอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำเข้าไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง นำตัวอย่างออกมาพักให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งน้ำหนักหลังอบ จนกว่าตัวอย่างจะมีน้ำหนักคงที่ จากนั้นคำนวณหาปริมาณความชื้น ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) ปริมาณซาโปนินทั้งหมดด้วยวิธี Vanillin-perchloric acid method

การวิเคราะห์ปริมาณซาโปนินทั้งหมด ในชาเขียวกู่หลานที่เติมกลิ่น ใช้วิธีดัดแปลงของ Zhao และคณะ (2012))

ชั่งตัวอย่างชาเขียวกู่หลานผง 5 กรัม ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่งละลายด้วยน้ำกลั่น อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส ปริมาตร 10 มิลลิลิตร กวนผสม จากนั้น เติมเอทานอล (ร้อยละ 95) 15 มิลลิลิตร กวนผสมให้เข้ากัน แล้วหมุนเหวี่ยงแยกตะกอนที่ความเร็วรอบ 5,500 รอบต่อนาที นาน 15 นาที แล้วจึงเปิดสารละลายส่วนใส ใส่ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์ต่อไปเปิดตัวอย่างน้ำชาที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม 0.5 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายวานิลลินใน กรดอะซิติก (เข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vertex mixer) แล้วจึงเติมสารละลายกรดเปอคลอริก (เข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตรต่อปริมาตร) 4 มิลลิลิตร ผสมด้วยเครื่องผสม นำไปแช่ในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที และทำให้เย็นในอ่างน้ำผสมน้ำแข็ง จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร ด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ สำหรับ blank ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

นำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณหาความเข้มข้น โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานไดออสจีนิน

8) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ด้วยวิธี Aluminum Chloride method

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ใช้วิธีดัดแปลงของ Wolffe และคณะ (2003) โดยเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณซาโปนินทั้งหมด

เปิดตัวอย่างน้ำชาที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม 150 ไมโครลิตร แล้วเติมสารละลายโซเดียมไนไตรท์ (เข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) 7.5 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ (เข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) 15 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งที่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที แล้วจึงเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (เข้มข้น 1 โมลาร์) 50 ไมโครลิตร และน้ำกลั่น ปริมาตร 27.5 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ สำหรับ blank ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

นำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณหาความเข้มข้น โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานรูติน

นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's multiple range test โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.3.3 การสร้างแบบจำลองทำนายตัวแปรต่างๆ

การหาสภาวะเหมาะสมโดยใช้วิธี Response Surface Methodology ทำโดยวิเคราะห์ค่าตอบสนอง (response) ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ผลผลิต ความสามารถในการละลาย ปริมาณซาโปนินทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ ด้วยโปรแกรม Design Expert เวอร์ชัน 6.0.2 และสร้างสมการทำนาย (Regression analysis) และทดสอบความคลาดเคลื่อนสมการจากการทำนาย เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองจริงกับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ

3.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาชาเขียวกู่หลานผง

เมื่อกำหนดสภาวะการผลิตชาเขียวกู่หลานผงแล้ว จึงผลิตชาเขียวกู่หลานผง และเติมกลิ่นผงที่ได้จากสกัดใบชาเขียวกู่หลานด้วยไอน้ำในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 (โดยน้ำหนัก) ด้วยการผสมแบบแห้ง (วรีพัลส์ และ ศตานันท์, 2558) จากนั้นจึงดำเนินการตามแผนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพเคมีของชาเขียวกู่หลานผงในระหว่างเก็บรักษานี้ มีปัจจัยศึกษา 2 ปัจจัย คือ 1) บรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด (ถุงพลาสติกประเภท linear low density polyethylene (LLDPE) และถุงเมทัลโลไลท์ฟอยล์ประเภท metalized cast polypropylene film (M-CPP,)ฟอยล์) และ 2) อุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา 3 ระดับ (25 ± 2 , 35 ± 2 และ 45 ± 2 องศาเซลเซียส) ด้วยการบรรจุชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลิ่น 10 กรัมลงในบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิด และ จากนั้นนำไปเก็บที่ตู้บ่มที่อุณหภูมิต่างๆ แล้ว สุ่มเก็บตัวอย่าง ทุกๆ 7 วันเป็นเวลา 28 วัน สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยให้กลิ่นและ สุ่มเก็บตัวอย่าง ทุกๆ 15 วัน เป็นเวลา 90 วัน สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพเคมี เช่นเดียวกับ 3.2.2 และวิเคราะห์ทางเคมีเพิ่มเติม ดังนี้

1) ปริมาณปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method

การวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในชาเขียวกู่หลาน ใช้วิธีดัดแปลงของ Singleton และ Lamuela-Raventos (1999) โดยเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณซาโปนินทั้งหมด

ปิเปตตัวอย่างน้ำชาที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม 250 ไมโครลิตรแล้วเติมรีเอเจนต์ Folin-Ciocalteu ปริมาตร 12.5 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้น เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที แล้วจึงวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ สำหรับ blank ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

นำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณหาความเข้มข้น โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH วิเคราะห์โดยใช้วิธีดัดแปลงของ Brand-William และคณะ (1995) โดยเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณซาโปนินทั้งหมด

ปิเปตตัวอย่างน้ำชาที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม 75 ไมโครลิตรแล้วเติมสารละลาย DPPH (เข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์) 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ สำหรับ blank ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

คำนวณร้อยละความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้ โดย ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม คือ ค่าดูดกลืนแสงของหลอดที่ไม่มีตัวอย่าง

$$\text{ร้อยละความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH} = \left(1 - \frac{A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right) \times 100$$

โดย A_{sample} = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของตัวอย่าง และ A_{control} = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH จะรายงานในหน่วยของมิลลิกรัมสมมูลย์ของโพลีฟีนอลต่อกรัมตัวอย่าง โดยใช้กราฟมาตรฐานของโพลีฟีนอล

นำผลการทดสอบจำนวน 2 ซ้ำ มาวิเคราะห์ทางสถิติ ตามแผนการทดลองแบบfactorial in CRD และหาความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's multiple range test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS) 16.0 trial ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลของตัวพาและสภาวะการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณลักษณะของชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูป

น้ำชาเขียวกู่หลานเข้มข้นที่ได้มาผสมกับสารตัวพาผสมในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 25-45 คือ มอลโตเดคริติน (MD) และแป้งตัดแปร (MS) ใช้อัตราส่วน MD:MS ร้อยละ 0 – 100 แสดงดังตารางที่ 3.2 จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยควบคุมอุณหภูมิลมร้อนขาออกเท่ากับ 75 ± 3 องศาเซลเซียส

ปริมาณความชื้นของชาเขียวกู่หลานผง แสดงดังตารางที่ 4.1 มีค่าร้อยละ 3.21 - 6.61 จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อน จาก 158 เป็น 182 องศาเซลเซียส (ชุดทดลองที่ 4 และ 6) ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ผงจะลดลงจากร้อยละ 5.30 ± 0.10 เป็น 4.96 ± 0.01 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เพราะว่าการเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนจะช่วยเพิ่มพลังงานความร้อนให้กับน้ำส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย และเมื่อถึงระดับหนึ่งพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลน้ำจะถูกทำลายจนหมด ทำให้น้ำเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ จึงส่งผลต่ออัตราการระเหยน้ำที่สูงขึ้น (Quek และคณะ, 2007; Tonon และคณะ, 2008) น้ำในผลิตภัณฑ์ผงจึงลดลง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีลักษณะเป็นผงความชื้นต่ำ

นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณของแข็งแม้ว่าจะทำให้สัดส่วนการเติมน้ำในสารละลายผสมก่อนทำแห้ง (feed solution) น้อยลง แต่กลับพบว่าปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ทุก 16 ชุดทดลอง ทั้งนี้ น้ำในโครงสร้างอาจเกิดการจับตัวอุ้มน้ำอยู่กับสารตัวพา (water holding capacity) จึงทำให้น้ำอยู่ในรูปไมออสระจึงไม่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะกลายเป็นไอได้ อย่างไรก็ตาม Quek และคณะ (2007) พบว่า การเพิ่มปริมาณของแข็งในสารละลายก่อนทำแห้ง ทำให้ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ผงลดลงและสามารถช่วยรักษาองค์ประกอบของกลิ่นผงแต่งโมไว้ได้

การเพิ่มปริมาณแป้งตัดแปร จะมีผลให้ความหนืดของสารละลายมีค่าสูงขึ้น โดยสารละลายดังกล่าวเมื่อพ่นผ่านหัวสเปรย์ระหว่างการทำแห้ง จะมีแรงตึงผิว (surface tension) ที่ผิวหน้าของเหลวให้เกาะติด (cohesion) ระหว่างโมเลกุลที่ผิวหน้าของของเหลว ของเหลวที่มีความหนืดสูงจะมีแรงเกาะติดสูงระหว่างโมเลกุลมากกว่าสารละลายความหนืดต่ำ เพราะฉะนั้นจึงทำให้มันไม่สามารถหลุดจากหัวสเปรย์ได้ ซึ่งอาจต้องใช้พลังงานหรือน้ำหนักโมเลกุลที่มากกว่า จึงจะทำให้โมเลกุลดังกล่าวตกลงสู่ด้านล่างด้วยแรงโน้มถ่วง เป็นผลให้ขนาดอนุภาคมีขนาดใหญ่ จึงส่งผลต่อพื้นที่ผิวสัมผัสในการระเหยน้ำสู่อากาศร้อนลดลง ดังนั้น ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์จึงมีค่ามากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ความชื้น วอเตอร์แอกทิวตี้ และร้อยละผลผลิตของชาเขียวกู่หลานผง

ชุดทดลอง	อุณหภูมิ ลมร้อน ชาเข้า (°C)	ความ เข้มข้น ตัวพา (ร้อยละ)	อัตรา ส่วน MD:MS (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	วอเตอร์ แอกทิวตี้	ผลผลิต (ร้อยละ)
ควบคุม	170	-	-	8.30±0.20 ^a	0.256±0.007 ^a	1.39 ±0.03 ^g
1	158	29	20	5.26±0.14 ^{fg}	0.210±0.015 ^{cd}	45.99±2.66 ^f
2	182	29	20	5.53±0.03 ^e	0.198±0.003 ^{c-e}	57.45±1.54 ^{c-f}
3	158	29	80	5.91±0.02 ^d	0.216±0.011 ^{bc}	68.87±7.30 ^{a-c}
4	158	41	80	5.30±0.10 ^f	0.218±0.014 ^{cd}	48.03±2.10 ^{ef}
5	182	29	80	5.20±0.74 ^{fg}	0.185±0.016 ^{ef}	77.19±2.32 ^a
6	182	41	80	4.96±0.01 ^{jk}	0.188±0.006 ^{d-f}	55.54±2.77 ^{d-f}
7	170	25	50	6.30±0.05 ^c	0.202±0.006 ^{c-e}	69.16±3.58 ^{a-c}
8	150	35	50	6.61±0.01 ^b	0.232±0.008 ^b	50.32±8.24 ^{d-f}
9	190	35	50	4.99±0.09 ^{jk}	0.190±0.006 ^{d-f}	63.12±5.82 ^{b-d}
10	170	35	100	3.21±0.07 ^l	0.143±0.003 ^g	73.55±0.54 ^{ab}
11	170	35	50	5.18±0.08 ^{fh}	0.197±0.009 ^{c-e}	59.19±1.46 ^{c-e}
12	170	35	50	5.03±0.53 ^j	0.172±0.007 ^f	56.82±8.20 ^{c-f}
13	170	35	50	5.15±0.12 ^{g-i}	0.185±0.009 ^{e-f}	50.36±1.98 ^{d-f}
14	170	35	50	4.86±0.32 ^k	0.188±0.052 ^{d-f}	52.82±1.02 ^{d-f}
15	170	35	50	5.05±0.02 ^{h-j}	0.185±0.006 ^{ef}	57.16±9.81 ^{c-f}
16	170	35	50	4.961±0.019 ^{jk}	0.204±0.033 ^{c-e}	59.39±10.88 ^{c-e}

หมายเหตุ : ^{a-l} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

MD คือ มอลโตเดรคติน; MS คือ แป้งคัดแปร ; ตัวอย่างควบคุม คือ น้ำชาเข้มข้นผ่านการทำแห้งแบบฉีดยาน้ำ

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 6 ซ้ำ

สารละลายที่มีความหนืดต่ำกว่า โดยทุกตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน (น้อยกว่าร้อยละ 7) อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นของตัวอย่างควบคุมที่ได้จากทำแห้งน้ำชาและไม่ผสมสารตัวพา มีปริมาณความชื้นร้อยละ 8.300±0.197 ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างที่เติมสารตัวพาอย่างมีนัยสำคัญเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า สารตัวพาสสามารถช่วยลดการดูดน้ำกลับจากสภาวะแวดล้อมได้ จึงทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ต่ำ ทั้งนี้การเติมสารตัวพาสเป็นการเพิ่มค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (T_g) ของผลิตภัณฑ์ผงทำให้อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงจากลักษณะคล้ายแก้ว (glassy) ไปเป็นลักษณะยางเหนียว (rubber state) สูง โดยค่า T_g ของมอลโตเดรกตินและแป้งดัดแปร มีค่าเท่ากับ 160 และ 243 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (Tonon และคณะ, 2008)

ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity) หมายถึง อัตราส่วนของความดันไอน้ำในอาหารต่อความดันไอน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยการอบแห้งอาหารจะเป็นการลดปริมาณน้ำอิสระ จากการทดลองพบว่า ตัวอย่างที่เติมสารตัวพาส มีค่าระหว่าง 0.143 – 0.232 แสดงดังตารางที่ 4.1 และเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ของผลิตภัณฑ์ผง 16 ชุดทดลอง ส่วนตัวอย่างควบคุม พบ มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสูงสุด เท่ากับ 0.256 ± 0.007 แสดงให้เห็นว่าค่าวอเตอร์แอกทิวิตีหรือปริมาณน้ำอิสระในอาหารจะแปรผันตามปริมาณความชื้นในอาหาร ทั้งนี้ น้ำที่เติมในสารละลายผสมก่อนทำแห้งจะถูกใช้ในการอุ้มน้ำกับสารตัวพาส (water holding capacity) ส่วนตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมสารตัวพาส น้ำจึงมีความเป็นอิสระเพราะไม่ได้ถูกใช้ในการอุ้มน้ำกับสารตัวพาส จึงส่งผลให้มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม จะพบว่าทุกตัวอย่างจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งกำหนดค่าวอเตอร์แอกทิวิตีไม่เกิน 0.6 ถึงแม้ว่าค่าวอเตอร์แอกทิวิตีจะมีค่าต่ำในเกณฑ์กำหนด แต่อาจส่งผลต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เมื่อหาเจียวกู่หลานผงมีไขมันเป็นองค์ประกอบ โดยเอนไซม์ไลเปสสามารถเร่งปฏิกิริยาได้ แม้ว่าค่าวอเตอร์แอกทิวิตีจะต่ำกว่า 0.3 ก็ตาม ดังนั้น อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีภายใต้เกณฑ์ดังกล่าว จุลินทรีย์โดยเฉพาะจุลินทรีย์ก่อโรคไม่สามารถเจริญได้ รวมถึงยับยั้งปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพและไม่ปลอดภัย เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล จึงทำให้ผลิตภัณฑ์หาเจียวกู่หลานผงสำเร็จรูปสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน

ร้อยละผลผลิตของหาเจียวกู่หลานผง จะถูกกำหนดจากปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ตกลงสู่ภาชนะรับตัวอย่างที่แยกด้วยระบบไซโคลน (cyclone separator) ซึ่งอาหารผงที่ทำแห้งแล้วและมีน้ำหนักเบาจะถูกแยกด้วยแรงจากพัดลม (blower) ให้ตกลงสู่ด้านล่างของห้องทำแห้ง จากนั้นจึงส่งต่อตามท่อลมออก เพื่อเข้าสู่การแยกเอาอากาศและอนุภาคของแข็งออกจากกัน ของแข็งที่ตกลงสู่ภาชนะรับตัวอย่าง คือผลผลิตที่ได้ อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการแยกอากาศออกจากของแข็ง จะพบว่า อาหารผงบางตัวอย่างมีน้ำหนักที่เบามากจึงทำให้เกิดการฟุ้งกระจายในห้องทำแห้งหรืออาจจะถูกดูดออกไปตามท่อลมออกก่อนที่จะเข้าสู่ระบบแยกไซโคลน แต่ถ้าอาหารผงมีน้ำหนักมากเกินไปก็จะไม่ถูกแรงจากพัดลมดูดตกลงมาสู่ด้านล่างเช่นกัน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิต ทั้งนี้จากการสังเกต พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสารละลายที่มีการเติมแป้งดัดแปรในปริมาณสูง จะทำให้สารละลายมีความชื้นหนืดมากกว่าสารละลายที่เติมแป้งดัดแปรในปริมาณต่ำ จึงอาจทำให้เกิดการเหนียวเกาะติดที่ผนังห้องทำแห้งหรืออาจเกิดการอุดตันบริเวณหัวพ่นฝอย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ร้อยละผลผลิตลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน MD:MS จาก 20:80 เป็น 80:20 ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณ MD และลดปริมาณ MS โดยใช้สภาวะอุณหภูมิทำแห้ง 158 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นตัวพาร้อยละ 29 ตามลำดับ พบว่า ร้อยละผลผลิตที่ได้มีปริมาณเท่ากับ 45.99 ± 2.66 และ 68.87 ± 7.30 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนตัวพาส่งผลต่อการเพิ่มหรือลดของร้อยละผลผลิต โดยหากมีปริมาณแป้งดัดแปรที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อร้อยละผลผลิตที่ได้น้อยลง อย่างไรก็ตามแม้สารละลายความหนืดสูงจะส่งผลต่อร้อยละผลผลิต แต่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหม้อนึ่งของสารละลายที่มีความหนืดสูงไม่มีผลต่อร้อยละผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คือ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทำแห้งจาก 158 เป็น 182 องศาเซลเซียส ในชุดทดลองที่ 4 และ 6 มีค่าร้อยละ 48.03 ± 2.10 และ 55.54 ± 2.77 ตามลำดับ

ความหนาแน่นปรากฏ (bulk density) ของผลิตภัณฑ์ คือลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ผง โดยผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นปรากฏต่ำ จะมีปริมาตรของอนุภาคสูง แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างความเป็นรูพรุนของอนุภาคผง ซึ่งอาจทำให้เกิดช่องว่างในการแทรกซึมผ่านของน้ำเข้าสู่ภายในอนุภาคผงได้ง่ายกว่าโครงสร้างที่มีรูพรุนน้อย ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าตัวอย่างควบคุม มีค่าความหนาแน่นปรากฏต่ำสุด คือ 0.351 ± 0.018 และเมื่อเติมสารตัวพาลงในสารผสม พบว่า ทุกตัวอย่างมีค่าความหนาแน่นปรากฏสูงขึ้น มีค่าระหว่าง 0.418 - 0.550 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แสดงดังตารางที่ 4.2 โดยการเติมปริมาณตัวพาร้อยละ 41 คือชุดทดลองที่ 4 และ 6 จะมีความหนาแน่นปรากฏสูงสุด คือ 0.501 ± 0.006 และ 0.550 ± 0.012 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณตัวพาทำให้ปริมาณของแข็งเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาแน่นปรากฏสูงหรือมีปริมาตรของอนุภาคผงต่ำกว่าการเติมสารตัวพาในปริมาณน้อย แม้การเติมสารตัวพาจะเพิ่มค่าความหนาแน่นปรากฏของผลิตภัณฑ์ แต่ยังคงมีความหนาแน่นปรากฏที่ต่ำจึงอาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการจมตัวอย่างช้า ๆ ด้วยน้ำหนักที่เบา ซึ่งจะช่วยต้านการตกตะกอนของอนุภาคผง อย่างไรก็ตาม ความเป็นรูพรุนของอนุภาคผงที่เกาะตัวกันอย่างรวมกลุ่มหรือลักษณะอนุภาคผงที่เกาะตัวกันอัดแน่นนั้น ก็มีผลต่อพื้นที่ผิวสัมผัสในด้านความสัมพันธ์กับสมบัติการละลายเช่นกัน

ตารางที่ 4.2 ความหนาแน่นปรากฏของชาเขียวกู่หลานผิง

ชุดทดลอง	อุณหภูมิลมร้อนชา เข้า (°C)	ความเข้มข้น ตัวพา (ร้อยละ)	อัตรา ส่วน MD:MS (ร้อยละ)	ความหนาแน่นปรากฏ (กรัม/ลูกบาศก์ เซนติเมตร)
ควบคุม	170	-	-	0.351±0.018 ^h
1	158	29	20	0.457±0.004 ^f
2	182	29	20	0.446±0.011 ^f
3	158	29	80	0.423±0.004 ^g
4	158	41	80	0.501±0.006 ^b
5	182	29	80	0.436±0.006 ^f
6	182	41	80	0.550±0.012 ^a
7	170	25	50	0.418±0.002 ^g
8	150	35	50	0.485±0.009 ^c
9	190	35	50	0.479±0.009 ^{c,d}
10	170	35	100	0.473±0.011 ^d
11	170	35	50	0.478±0.008 ^{c,d}
12	170	35	50	0.486±0.010 ^{c,d}
13	170	35	50	0.459±0.007 ^e
14	170	35	50	0.489±0.013 ^c
15	170	35	50	0.481±0.006 ^{c,d}
16	170	35	50	0.470±0.006 ^d

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 6 ซ้ำ

^{a-g} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

หมายเหตุ : MD คือ มอลโตเดทรกติน; MS คือ แป้งดัดแปร;

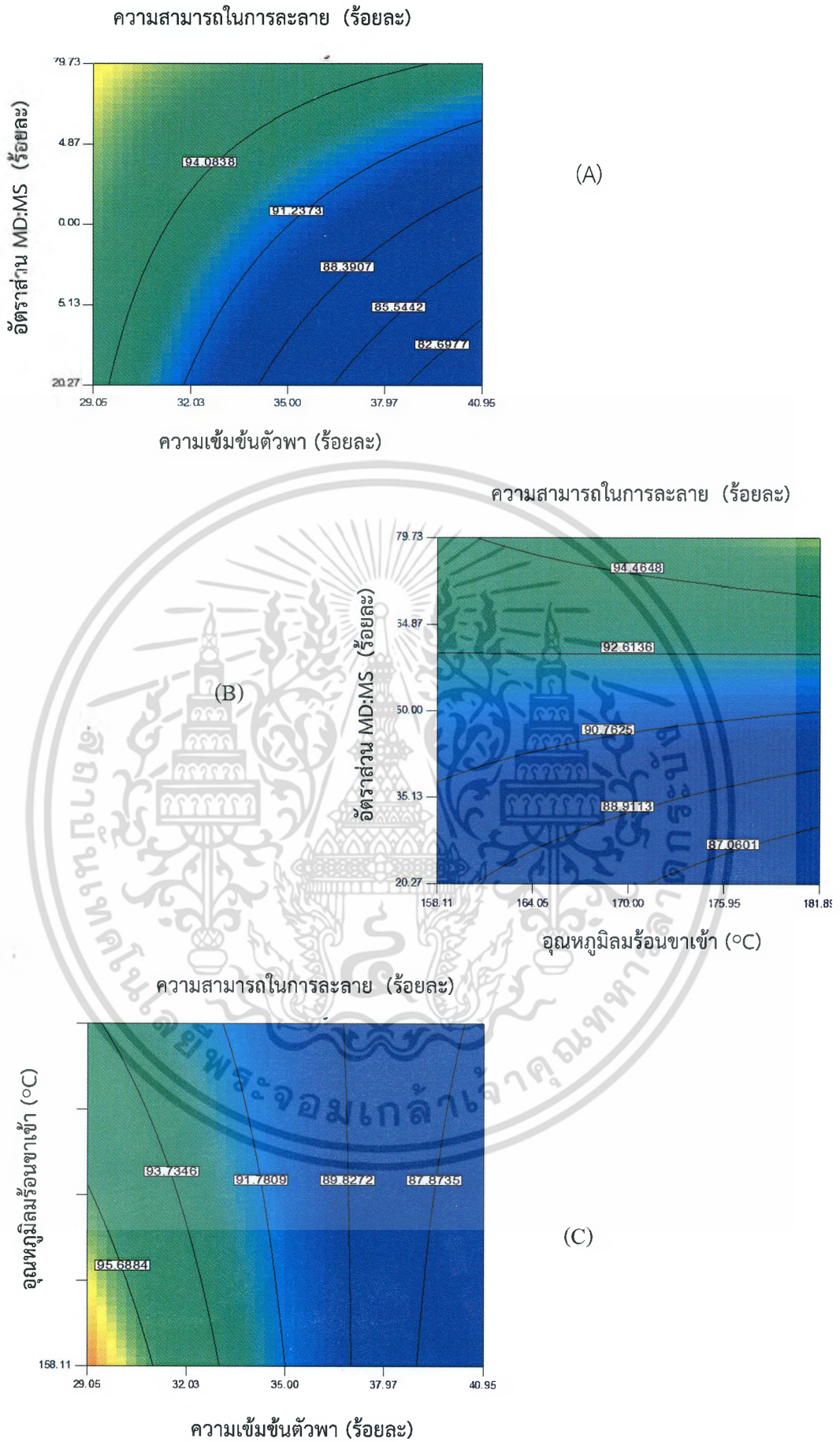
ตัวอย่างควบคุม คือ น้ำชาเข้มข้นผ่านการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการละลาย เป็นสมบัติสำคัญในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปพร้อมซง จากการทดลอง (ภาพที่ 4.1) พบว่า ตัวอย่างที่เติมมอลโตเดรกดินและแป้งตัดแปรทั้ง 16 สูตร มีความสามารถในการละลายอยู่ระหว่างร้อยละ 90.04-99.08 โดยตัวอย่างที่เติมแป้งตัดแปรในปริมาณสูงจะมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำกว่าตัวอย่างที่เติมแป้งตัดแปรต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการละลาย โดยตัดตัวอย่างแป้งตัดแปรกับตัวอย่างมอลโตเดรกดินในปริมาณและระยะเวลาเท่ากันในการละลาย พบว่า มอลโตเดรกดินมีความสามารถในการละลายสูงกว่าแป้งตัดแปร คือ มอลโตเดรกดินมีความสามารถในการละลายร้อยละ 95 และแป้งตัดแปรมีความสามารถในการละลายร้อยละ 86 ที่อุณหภูมิ 65 - 70 องศาเซลเซียสและจากการสังเกตขนาดอนุภาคของตัวพาทั้ง 2 ชนิด พบว่า แป้งตัดแปรมีขนาดอนุภาคเล็กกว่ามอลโตเดรกดิน ซึ่งขนาดเล็กกว่าจะส่งผลให้มีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักสูง ซึ่งการเปียกน้ำ (wettability) มักจะมีแนวโน้มการจับตัวกันเป็นก้อนแน่นโดยภายในยังคงมีผงอาหารที่แห้งอยู่ ทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปในอนุภาคลำบาก ในขณะที่มอลโตเดรกดินเมื่อละลายในน้ำจะเกิดการเปียกน้ำ และเกิดการกระจายตัวของผงอย่างช้า ๆ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ผงที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติสมบัติ ความสามารถในการเปียกน้ำ (wettability) ความสามารถในการจมตัว (sinkability) และความสามารถในการกระจายตัว (dispersibility) จึงจะส่งผลให้เกิดการละลายน้ำ (solubility) ที่ดีตามมา ตามลำดับ ถ้าสมบัติประการใดเปลี่ยนแปลงไป การคืนรูปของอาหารผงจะเปลี่ยนไปด้วย

อิทธิพลอุณหภูมิมลร้อนชาเข้า ความเข้มข้นตัวพา และอัตราส่วนตัวพา MD:MS ที่มีผลต่อความสามารถในการละลายของชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูป แสดงในผลวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ความเข้มข้นตัวพา อัตราส่วนตัวพา MD:MS ต่างมีความสำคัญทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่าง ความเข้มข้นตัวพาและอัตราส่วนตัวพา MD:MS (A) อุณหภูมิมลร้อนชาเข้า และอัตราส่วนตัวพา MD:MS (B) ความเข้มข้นตัวพาและอุณหภูมิมลร้อนชาเข้า ($^{\circ}\text{C}$) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ แสดงดังแผนภาพคอนทัวร์ที่ 4.1

แผนภาพคอนทัวร์ที่ 4.1A แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นตัวพาและอัตราส่วน MD:MS พบว่า เมื่อความเข้มข้นของตัวพาลดลงและอัตราส่วน MD:MS เพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากมอลโตเดรกดินมีความสามารถในการละลายน้ำที่สูงและนิยมใช้เป็นสารต้านการเกาะติด (Madene และคณะ, 2006) เมื่ออนุภาคไม่เกิดการเกาะติดเป็นก้อน จึงช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสในการเปียกน้ำ (wettability) ซึ่งเป็นคุณสมบัติประการหนึ่งที่จะช่วยปรับปรุงความสามารถในการละลายน้ำให้สูงขึ้น ตามลำดับ จากแผนภาพคอนทัวร์ ความสามารถในการละลายน้ำสูงสุด พบได้จาก การเติมปริมาณตัวพาน้อยกว่าร้อยละ 29 และมีอัตราส่วน MD:MS ร้อยละ 65-80



ภาพที่ 4.1 แผนภาพคอนทัวร์ แสดงอิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาต่อความสามารถในการละลายของชาเอกสารนี้เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารเกี่ยวกับกุหลาบพันธุ์หรือการปฏิบัติงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนคอนทัวร์ที่ 4.1B แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิร้อนขาเข้าและอัตราส่วน MD:MS พบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนขาเข้าในช่วงทดลองไม่มีผลต่อความสามารถในการละลายน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มอัตราส่วน MD:MS จะทำให้ความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้น แม้จะมีการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิร้อนก็ตาม แสดงให้เห็นว่า ชนิดของตัวพามีผลต่อความสามารถในการละลาย ทั้งนี้มอลโตเดรกตินมีความสามารถในการละลายสูงจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติการละลายของผลิตภัณฑ์ผงให้ดีขึ้นได้

แผนคอนทัวร์ที่ 4.1C แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิร้อนขาเข้าและความเข้มข้นตัวพามี พบว่า เมื่อใช้สารตัวพามีในปริมาณสูงคือร้อยละ 35-40 แม้ว่าจะใช้อุณหภูมิร้อนสูงหรือต่ำในช่วงทดลองคือ 158-180 องศาเซลเซียส ก็จะไม่ส่งผลต่อความสามารถในการละลาย แต่เมื่อลดปริมาณสารตัวพามีในช่วงร้อยละ 29-32 จะส่งผลต่อความสามารถในการละลาย คือ ทำให้แนวโน้มการละลายน้ำสูงขึ้น โดยความสามารถในการละลายน้ำสูง พบได้ที่ช่วงอุณหภูมิร้อน 158-164 องศาเซลเซียสและมีการเติมปริมาณตัวพามีร้อยละ 29 - 32 ผลที่ได้จากการทดลองเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับ Borge และคณะ (2002) ที่ทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอยในน้ำสับประรดและน้ำเสาวรสผงบ่งชี้ว่าอุณหภูมิร้อนขาเข้าไม่มีผลต่อความสามารถในการละลาย ($p > 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์สีต่าง ๆ ของชาเขียวกู่หลานผงบ่งชี้แสดงดังตารางที่ 4.3 เมื่อนำตัวอย่างควบคุม (น้ำชาเข้มข้น) มาคั้นรูปในน้ำร้อน แล้ววัดค่าสี L^* , a^* และ b^* โดยพารามิเตอร์ L^* คือความสว่าง a^* คือ สีแดงจนถึงสีเขียว และ b^* คือ สีเหลืองจนถึงสีน้ำเงิน พบว่า พารามิเตอร์ L^* เท่ากับ 0.70 ± 52.58 พารามิเตอร์ a^* เท่ากับ 18.83 ± 3.12 และพารามิเตอร์ b^* เท่ากับ 74.31 ± 0.49 และเมื่อสังเกตด้วยสายตา จะพบว่า ตัวอย่างควบคุม มีสีน้ำตาลอมเหลือง จากนั้นจึงเติมตัวพามีในน้ำชาเข้มข้นแล้วทำแห้งแบบพ่นฝอย พบ พารามิเตอร์ a^* และ b^* ลดลงในทุกตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ตัวพามีผสม 2 ชนิด คือ มอลโตเดรกตินและแป้งตัดแปร ทำให้สีผลิตภัณฑ์ผงมีความเป็นสีน้ำตาลอมเหลืองลดลง นอกจากนี้ พารามิเตอร์ L^* แสดงค่าความสว่างยังมีแนวโน้มลดลง ยกเว้น ตัวอย่างที่ 1, 3 และ 10 (ตารางที่ 4.3) ทั้งนี้ แป้งตัดแปรที่เติมเป็นตัวพามี เมื่อนำมาละลายน้ำร้อนจะเกิดสารละลายขุ่น มีลักษณะของอนุภาคคอลลอยด์กระจายอยู่ในน้ำ แต่ไม่เกิดการตกตะกอน ความขุ่นที่เกิดขึ้นอาจทำให้เกิดการดูดกลืนแสงบางส่วนไว้หรืออาจเกิดการกระเจิงของแสง เมื่อแสงจากเครื่องวัดสีส่องผ่านมายังตัวอย่างผงชาที่มีอนุภาคแป้งตัดแปรละลายในน้ำอยู่

สำหรับกระบวนการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอยนั้น พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิร้อนขาเข้าสูงขึ้น โดยกำหนดสภาวะความเข้มข้นตัวพามีและอัตราส่วนตัวพามีคงที่ จะพบว่า พารามิเตอร์ L^* และ b^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนพารามิเตอร์ a^* แนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) พารามิเตอร์สีที่เปลี่ยนแปลง แสดงถึง ผลิตภัณฑ์สีคล้ำขึ้น ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงมาจากการใช้อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่สูงขึ้น จึงทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล จากปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไมใช้เอนไซม์ คือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด หรือคาราเมลไรเซชัน โดย

พบว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นมีผลสอดคล้องกับการทดลองของ Nadeem และคณะ (2013) ที่ทำแห้งพืชสมุนไพร (*Salvia fruticosa* Miller) แบบพ่นฝอยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีพารามิเตอร์สี L* และ b* ลดลงเช่นกัน เมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทำแห้งจาก 145 เป็น 165 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณมอลโตเดรกตริน และอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ต่อค่าสีของชาเขียวกู่หลานผง

ชุดทดลอง	อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (°C)	ความเข้มข้นตัวพา (ร้อยละ)	อัตราส่วน MD:MS (ร้อยละ)	ค่าสี		
				L*	a*	b*
ควบคุม	170	-	-	58.52±0.70 ^e	83.18±12.3 ^a	74.31±0.49 ^a
1	158	29	20	55.12±2.92 ^d	12.78±0.08 ^{d,e}	59.01±1.31 ^e
2	182	29	20	25.97±1.34 ⁱ	13.41±0.27 ^{c,d}	39.20±1.65 ^j
3	158	29	80	72.82±0.77 ^b	6.88±0.17 ⁱ	62.74±0.40 ^b
4	158	41	80	46.54±1.36 ^f	12.44±0.16 ^{e,f}	52.41±0.46 ^h
5	182	29	80	46.67±1.39 ^f	13.69±0.69 ^c	54.54±0.18 ^g
6	182	41	80	22.05±0.57 ^k	11.42±0.40 ^g	33.96±0.91 ^l
7	170	25	50	56.47±2.04 ^d	12.24±0.03 ^{e,f,g}	59.98±1.77 ^d
8	150	35	50	54.74±0.19 ^d	13.61±0.42 ^c	60.37±0.84 ^{c,d}
9	190	35	50	29.30±0.61 ^h	13.55±0.29 ^c	42.95±0.36 ⁱ
10	170	35	100	60.42±2.42 ^b	10.60±0.59 ^h	61.07±0.65 ^c
11	170	35	50	45.30±1.29 ^g	15.14±0.07 ^b	56.05±0.49 ^f
12	170	35	50	24.04±0.47 ^j	11.91±0.05 ^{f,g}	36.38±0.57 ^k
13	170	35	50	18.96±1.83 ^m	12.07±0.07 ^{e,f,g}	30.15±2.60 ⁿ
14	170	35	50	14.71±0.30 ⁿ	12.20±0.08 ^{e,f,g}	23.86±0.42 ^o
15	170	35	50	20.46±0.46 ^l	12.12±0.09 ^{e,f,g}	32.04±0.66 ^m
16	170	35	50	26.64±0.49 ^l	12.01±0.05 ^{e,f,g}	38.83±0.43 ⁱ

ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 6 ซ้ำ

^{a-i}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

หมายเหตุ : MD คือ มอลโตเดรกตริน; MS คือ แป้งคัดแปร; ตัวอย่างควบคุม คือ น้ำชาเข้มข้นผ่านการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

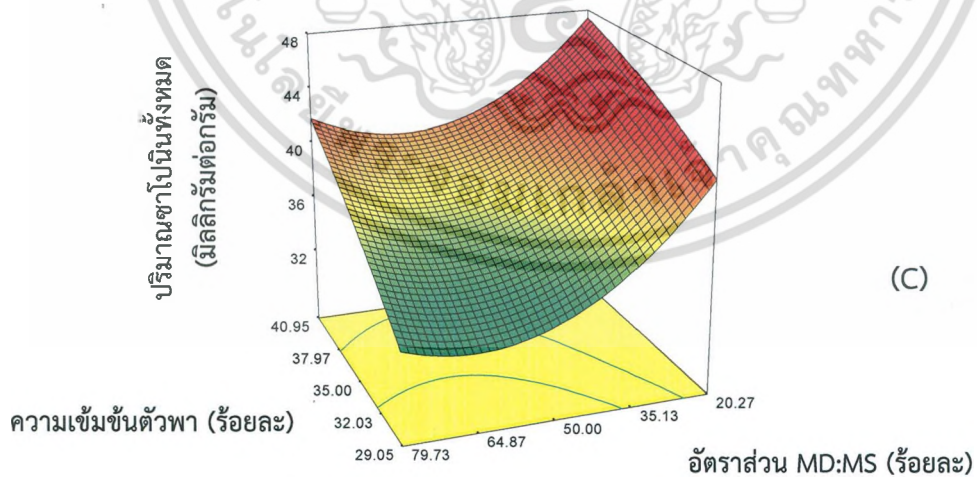
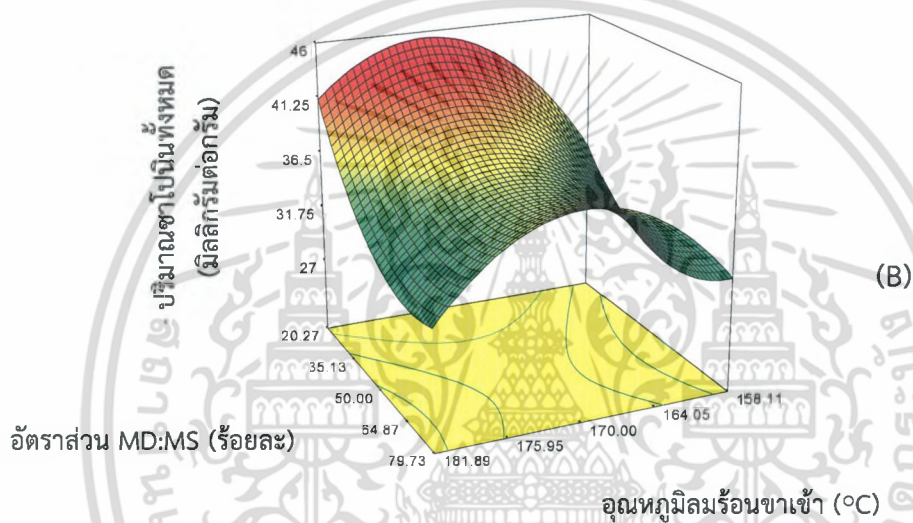
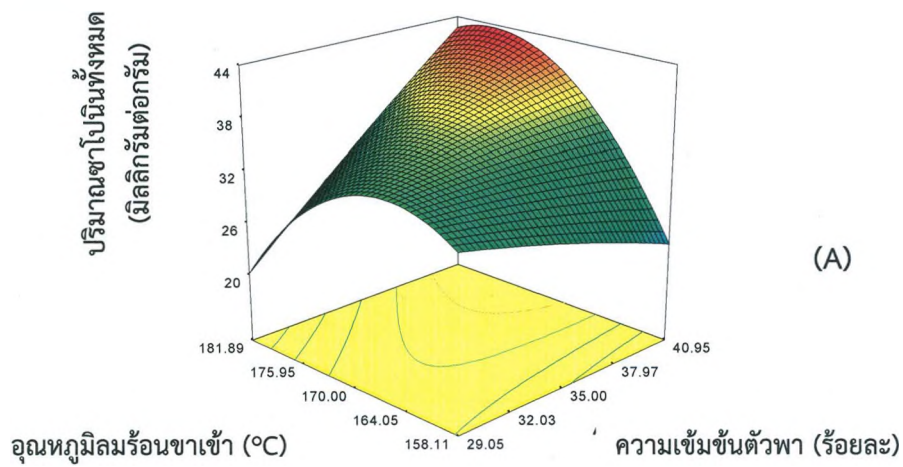
ซาโปนินเป็นสารกลุ่มไกลโคไซด์ (glycoside) ประกอบด้วยกลุ่มอะไกลโคน (aglycone) จับกับส่วนที่เป็นน้ำตาลหรืออนุพันธ์ (glycone) สามารถแบ่งได้ 2 ชนิดตามโครงสร้างอะไกลโคน คือ สเตียรอยด์ซาโปนินและไตรเทอร์พีนอยด์ซาโปนิน ดังนั้นการหาปริมาณซาโปนินทั้งหมดหาจากการทำปฏิกิริยาของสเตียรอยด์ซาโปนินกับวานิลลิน ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 5 โดยมีพันธะเดี่ยวหรือพันธะคู่ และจากการทำปฏิกิริยาของไตรเทอร์พีนอยด์ซาโปนินที่มีหมู่ไฮดรอกซิลกับ วานิลลิน โดยมีเปอร์คลอริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาลแดง แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร (Xie, 2013) ผลของตัวพาและสภาวะการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อปริมาณซาโปนินแสดงดังภาพที่ 4.2

อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและความเข้มข้นตัวพา อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและอัตราส่วนตัวพา และความสัมพันธ์อัตราส่วนตัวพาในรูป quadratic นั้นมีผลต่อปริมาณซาโปนินทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงแผนกราฟพื้นที่ผิวตอบสนองดังภาพที่ 4.2 มีลักษณะเป็น quadratic model ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการทำนายสภาวะในการผลิตชาเขียวกู่หลานผง เนื่องจากโมเดลนี้มีความสามารถในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้ถึงร้อยละ 88.96

ปริมาณซาโปนินทั้งหมดของตัวอย่างน้ำชาเข้มข้นทั้งหมด 51.33 ± 2.15 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อผ่านการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย พบ ปริมาณซาโปนินในตัวอย่างควบคุม (ชาเขียวกู่หลานผงไม่เติมตัวพา) เท่ากับ 31.02 ± 2.12 มิลลิกรัมต่อกรัม แสดงให้เห็นว่า ซาโปนินที่เป็นองค์ประกอบในชาเขียวกู่หลาน อาจเป็นสารไม่ทนต่อความร้อน มีผลให้สูญเสียสารดังกล่าวร้อยละ 39.22 เนื่องจากโครงสร้างซาโปนินประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ไกลโคนหรือน้ำตาลและอะไกลโคน เชื่อมด้วยพันธะไกลโคไซด์ พันธะดังกล่าวอาจแตกออกในระหว่างการใช้อุณหภูมิสูง (Shi และคณะ, 2009) นอกจากนี้ Kang และคณะ (2007) ยังระบุว่า ปริมาณจินเซนโนไซด์ในโสมอเมริกามีค่าลดลงเมื่อผ่านการให้ความร้อนทั้งแบบร้อนชื้นและแบบทำแห้ง

สำหรับตัวอย่างที่เติมตัวพาผสม 2 ชนิด มีปริมาณซาโปนินทั้งหมดในช่วง 16.25 - 44.78 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อเทียบปริมาณซาโปนินทั้งหมดกับตัวอย่างควบคุม พบ ชุดทดลองที่ 4, 5, 8 และ 9 ที่ผ่านสภาวะทำแห้งต่างกันทำให้ปริมาณซาโปนินทั้งหมดลดลง แสดงว่า การทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอยมีผลต่อการสลายตัวของซาโปนินได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จะเห็นได้ว่า การใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่สูงหรือต่ำมาก จะทำให้ปริมาณซาโปนินทั้งหมดลดลงสูงที่สุดหรือลดลงร้อยละ 48.39 คือ 16.25 ± 3.01 และ 16.66 ± 0.87 จากชุดทดลองที่ 8 และ 9 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองแสดงอิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาต่อปริมาณซาโปนินทั้งหมดของชาเขียวกู่หลานผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น การเติมตัวพาช่วงความเข้มข้นร้อยละ 29 - 38 ในสารผสม (feed solution) เมื่อนำไปทำแห้งอุณหภูมิร้อนขาเข้าตั้งแต่ 158 -182 องศาเซลเซียส (กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองที่ 4.2A) หรือถ้าใช้อุณหภูมิร้อนต่ำกว่า 170 องศาเซลเซียส แม้จะเติมความเข้มข้นตัวพาสูง ก็ทำให้ปริมาณซาโปนินลดลง เช่นเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า อุณหภูมิทำแห้งที่ต่ำกว่า ทำให้ระยะเวลาสัมผัสอากาศนานขึ้น อาจทำให้เกิดการสลายตัวจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามแม้อัตราส่วนตัวพาจะไม่มีผลทางสถิติ ($p>0.05$) แต่การเติมแป้งตัดแปรในสัดส่วนที่มากกว่ามอลโตเดรกตินนั้น (กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองที่ 4.2B และ 4.2C) จะช่วยให้เกิดฟิล์มรอบอนุภาคผงหลังการทำแห้ง ทั้งนี้แป้งตัดแปรจะมีองค์ประกอบของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินอยู่จึงสามารถเกิดโครงสร้างร่างแหเชื่อมระหว่างโมเลกุลแป้งเข้าด้วยกัน เกิดเป็นฟิล์มล้อมรอบสารประกอบซาโปนินไว้ได้ (Wandrey และคณะ, 2010) เมื่อนำมาทำแห้งจึงเกิดโครงสร้างฟิล์มรอบล้อมผงผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำแห้งก็เป็นปัจจัยร่วมในการทำให้เกิดโครงสร้างฟิล์ม จากรายงานของ Anandaraman และReineccius (1986) พบว่า อุณหภูมิร้อนขาเข้าที่สูงเพียงพอในการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย จะทำให้เกิดโครงสร้างฟิล์มรอบล้อมสารภายในได้อย่างรวดเร็วที่บริเวณผิว แต่ถ้าใช้อุณหภูมิร้อนสูงเกินก็อาจทำให้เกิดการทำลายโครงสร้างฟิล์มได้

อย่างไรก็ตาม วิเคราะห์นี้อาจมีข้อเสีย คือ สารตัวพาที่ใช้ คือ มอลโตเดรกตินและแป้งตัดแปรประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลดี-กลูโคส (D-glucose) จึงอาจทำให้วานิลลินที่เป็นรีเอเจนต์เข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 3 ของสารบางตัวที่มีอยู่ในสารสกัด เช่น สเตอรอล (sterol) หรือน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในสายพอลิเมอร์ของมอลโตเดรกตินและแป้งตัดแปร เกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่มีสีได้ (Olezek, 2002) จึงอาจเป็นไปได้ที่ทำให้ค่าจากการอ่านด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มีค่าสูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริง

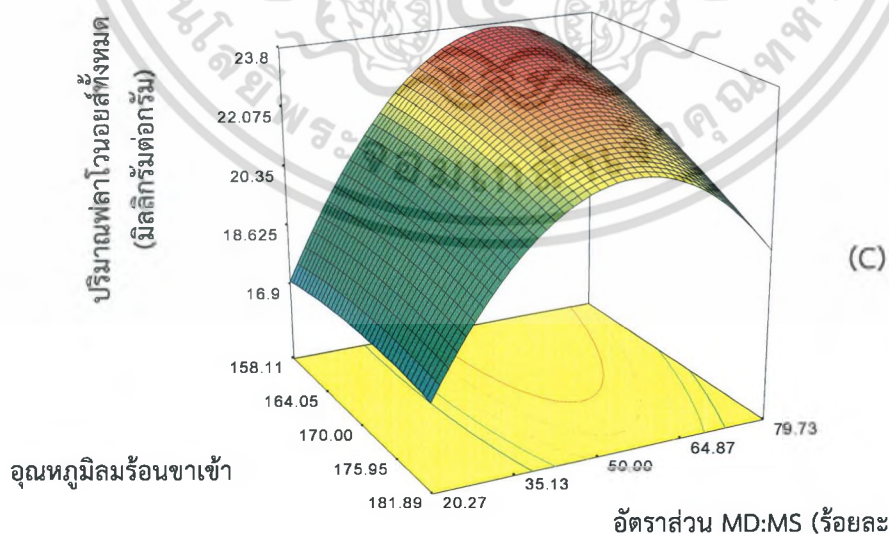
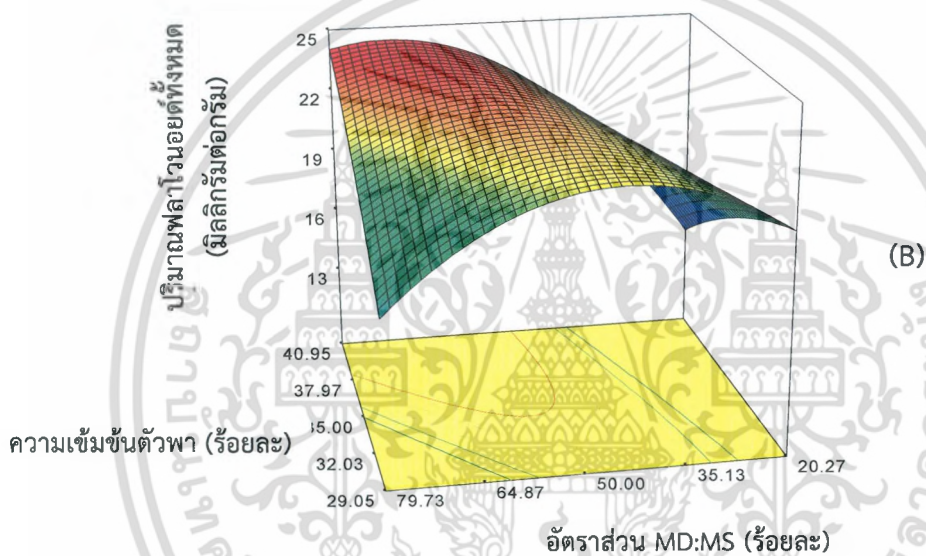
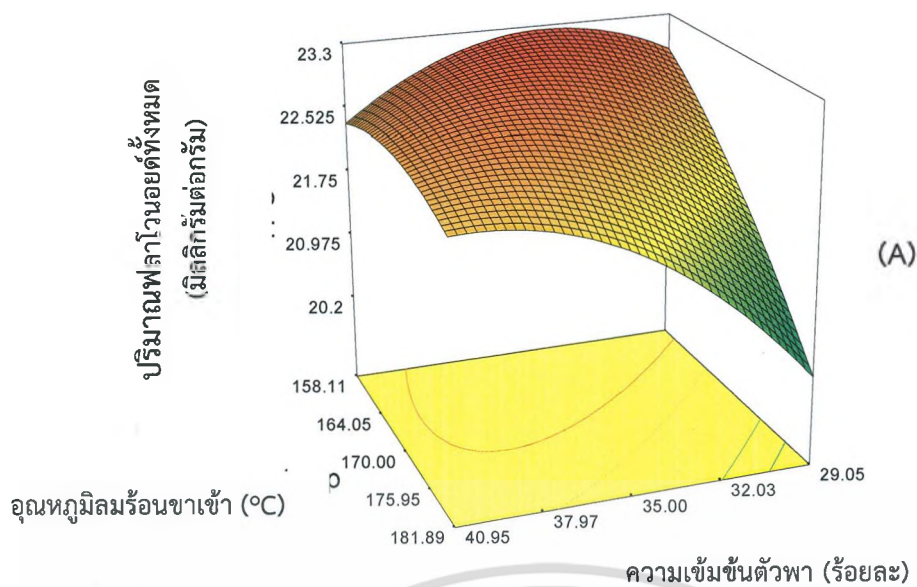
นอกจากปริมาณซาโปนินแล้วยังพบว่า ฟลาโวนอยด์ที่เป็นสารประกอบไกลโคไซด์ในกลุ่มของโพลีฟีนอลยังพบมากในชาเขียวกู่หลาน โดยในการทดลองนี้จะอาศัยการเกิดปฏิกิริยาด้วย รีเอเจนต์คือ อะลูมิเนียมคลอไรด์ จะเกิดเป็นสารเชิงซ้อนกับฟลาโวนอยด์ในตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 3 บริเวณวงแหวน C หรือ คาร์บอนตัวที่ 5 บริเวณวงแหวน A เกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่มีสีเข้ม สามารถวัดการดูดกลืนแสงได้ โดยใช้รูทินเป็นสารมาตรฐานที่พบในชาเขียวกู่หลาน ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในสภาวะต่างๆ แสดงในรูปกราฟพื้นที่ผิวตอบสนองดังภาพที่ 4.3

ตัวอย่างน้ำชาเข้มข้นมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เท่ากับ 87.36 ± 0.31 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อนำมาทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย จะได้ตัวอย่างควบคุม (ชาเขียวกู่หลานผงไม่เติมตัวพา) มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เท่ากับ 15.81 ± 0.61 มิลลิกรัมต่อกรัม แต่เมื่อนำชาเข้มข้นมาผสมกับตัวพาเตรียมเป็นสารผสมสำหรับทำแห้ง จะพบว่ามีปริมาณฟลาโวนอยด์ในช่วง 14.41 - 24.32 มิลลิกรัมต่อกรัม แสดงให้เห็นว่า การเติมตัวพาผสม 2 ชนิด คือ มอลโตเดรกตินและแป้งตัดแปร สามารถช่วยป้องกันการสูญเสียสารฟลาโวนอยด์จากอุณหภูมิสูงของกระบวนการทำแห้งได้ (กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองที่ 4.3A) เนื่องจากแป้งตัดแปรสามารถเกิดโครงร่างตาข่ายเชื่อมโมเลกุลแป้งเข้าด้วยกันเกิด

เป็นฟิล์ม อีกทั้งมอลโตเดรคตินก็สามารถเกิดเป็นฟิล์มได้ เนื่องจากมีพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ (Wandrey และคณะ, 2010) ฟิล์มที่เกิดขึ้นนี้จะล้อมรอบผงชาไว้เมื่อถูกพ่นเป็นละอองฝอยระหว่างทำแห้ง โดยการใช้ตัวพาปริมาณสูงสุดในสัดส่วนมอลโตเดรคตินสูงกว่าแป้งตัดแปรนั้น จะมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Anadaraman และ Reineccius และคณะ (2006) เสนอว่า มอลโตเดรคตินเหมาะที่จะใช้เป็นสารเคลือบเพื่อรักษาสารพฤกษเคมีกลุ่มฟลาโวนอยด์

กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองที่ 4.3B แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นตัวพาและอัตราส่วน MD:MS เมื่ออุณหภูมิลมร้อนขาเข้าคงที่ (170 องศาเซลเซียส) เมื่อความเข้มข้นตัวพาและอัตราส่วนตัวพาเพิ่มขึ้น ปริมาณฟลาโวนอยด์มีค่าสูงขึ้น ปริมาณฟลาโวนอยด์สูงสุดพบได้จากตัวอย่างที่ 4 และ 6 คือ 24.32 ± 1.53 และ 23.27 ± 0.72 มิลลิกรัมต่อกรัม ในทางกลับกัน ถ้าใช้ตัวพาปริมาณต่ำสุดแต่ยังคงใช้สัดส่วนมอลโตเดรคตินที่สูงกว่าแป้งตัดแปร แล้วผ่านการทำแห้งอุณหภูมิเดียวกัน จะพบว่าปริมาณฟลาโวนอยด์ต่ำสุด คือ ชุดทดลองที่ 5 มีค่าเท่ากับ 14.41 ± 0.95 มิลลิกรัมต่อกรัม แต่อย่างไรก็ตาม แม้มอลโตเดรคตินจะมีการเสนอว่าเหมาะใช้เป็นสารเคลือบกลุ่มฟลาโวนอยด์ แต่การใช้มอลโตเดรคตินตัวเดียวนั้นไม่มีผลป้องกันการสูญเสียสารดังกล่าว

กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองที่ 4.3C แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและอัตราส่วน MD:MS พบว่า ปริมาณฟลาโวนอยด์สูงสุด พบได้ในช่วงอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 158-170 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนตัวพาร้อยละ 50-80 ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จะพบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและความเข้มข้นตัวพา อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและอัตราส่วนตัวพา และอัตราส่วนตัวพาแบบ quadratic มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณฟลาโวนอยด์อย่างมีนัยทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.3 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองแสดงอิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดชาเขียวกู่หลานผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การสร้างแบบจำลองทำนายตัวแปรต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูป

การทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูป สามารถหาได้จากการสร้างสมการ (model) เพื่อทำนายความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ 3 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิหม้อน้ำชาเข้า ความเข้มข้นตัวพา และอัตราส่วนตัวพา MD:MS ที่มีผลต่อค่าตอบสนอง คือ ร้อยละผลผลิตความสามารถในการละลาย ปริมาณชาโพนินทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ซึ่งค่าตอบสนองที่คัดเลือกมาสำหรับทำนายสภาวะที่เหมาะสมนี้ จะคัดเลือกจากค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (Coefficient, R^2) ของค่าตอบสนองที่อยู่ในช่วง 0.83-0.99 (Lazic, 2004) ที่แสดงถึงความเป็นไปได้ในการนำสมการจากตารางที่ 4.4 มาทำนายความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ 3 ปัจจัย

จากสมการทำนายในตารางที่ 4.4 สามารถแบ่งสมการทำนายได้ 2 ประเภท คือ สมการทำนายความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระต่อค่าตอบสนองในรูปแบบสมการเส้นตรง (first order) และสมการทำนายความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระต่อค่าตอบสนองในรูปแบบสมการกำลังสอง (second order; Quadratic model) โดยการเปลี่ยนแปลงค่าตอบสนอง มีรายละเอียด ดังนี้

ร้อยละผลผลิต พบว่า อุณหภูมิหม้อน้ำชาเข้าและอัตราส่วน MD:MS สูง มีผลต่อ ร้อยละผลผลิตสูงขึ้นตามด้วย ส่วนการเติมตัวพาในปริมาณที่มากขึ้น จะไม่ส่งผลให้ร้อยละผลผลิตสูงขึ้น และมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายสมการร้อยละ 86.74

ความสามารถในการละลายน้ำ พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิหม้อน้ำชาเข้าและอัตราส่วนตัวพา MD:MD อิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นตัวพาและอัตราส่วนตัวพา MD:MS และอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิหม้อน้ำชาเข้าและอัตราส่วนตัวพาสูง มีผลต่อ ความสามารถในการละลายน้ำที่สูงขึ้น ส่วนปัจจัยตัวแปรอิสระที่ไม่มีผลของอิทธิพลร่วม จะไม่ส่งผลต่อความสามารถในการละลายน้ำที่สูงขึ้น และมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายสมการร้อยละ 87.65 ปริมาณชาโพนินทั้งหมด พบว่า อุณหภูมิหม้อน้ำชาเข้า อัตราส่วน MD:MS อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิหม้อน้ำชาเข้าและความเข้มข้นตัวพา อิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นตัวพาและอัตราส่วน MD:MS และความสัมพัทธ์กำลังสองของอัตราส่วน MD:MS สูงขึ้น แต่ถาลดความเข้มข้นตัวพา อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิหม้อน้ำชาเข้าและอัตราส่วน MD:MS และความสัมพัทธ์กำลังสองของอุณหภูมิหม้อน้ำชาเข้า และความเข้มข้นตัวพา จะส่งผลต่อ ปริมาณชาโพนินทั้งหมดสูงขึ้น และมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายสมการร้อยละ 88.96

สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด จะพบว่า มีความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระคล้ายกันกับปริมาณชาโพนินทั้งหมด เพียงแต่ การลดอัตราส่วน MD:MS ในรูปแบบความสัมพันธ์กำลังสอง จะทำให้ปริมาณฟลาโวนอยด์สูงขึ้น และมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายสมการร้อยละ 97.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 สมการทำนายตัวแปรอิสระของชาเขียวกู่หลานผง

ค่าตอบสนอง	สมการเชิงเส้น	adjusted R ²	p-value
- ร้อยละผลผลิต	= 31.67 +0.35X -1.51Y +0.39Z	0.8674	< 0.0001
- ความสามารถในการละลาย	= 296.19 -0.92X -4.78Y -1.18Z +0.02XY +0.02YZ +4.36x10 ⁻³ XZ	0.8765	0.0001
- ปริมาณชาโปนินทั้งหมด	= -914.83 +14.43X -16.80Y +0.09Z +0.11XY -4.84XZ +4.32x10 ⁻³ YZ -0.05X ² -0.01Y ² +4.60Z ²	0.8896	0.0021
- ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด	= 15.57 +0.30X -1.21Y +0.18Z +9.33x10 ⁻³ XY -1.99XZ +0.02YZ -1.73x10 ⁻³ X ² -0.02Y ² -4.11x10 ⁻³ Z ²	0.9780	<0.0001

X = อุณหภูมิร้อนชาเข้า, Y = ความเข้มข้นตัวพา, Z = อัตราส่วน MD:MS

ในการสร้างสมการทำนายสถานะที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย จึงได้กำหนดช่วงของค่าตอบสนองที่มีผลมาจาก อุณหภูมิร้อนชาเข้า ความเข้มข้นตัวพา และอัตราส่วนตัวพา MD:MS ที่ใช้ผลิตชาเขียวกู่หลานผงไว้ดังตารางที่ 4.5 โดยกำหนดร้อยละผลผลิต ความสามารถในการละลาย ปริมาณชาโปนินและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ให้มีค่าค่าสูงที่สุด และกำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละค่าตอบสนองมีความสำคัญเท่ากัน

ตารางที่ 4.5 ช่วงค่าตอบสนองสำหรับการหาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตชาเขียวกู่หลานผง

ค่าตอบสนอง	กำหนดค่า				
	ค่าเป้าหมาย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าน้ำหนัก	ค่าพึงพอใจ
ร้อยละผลผลิต	สูง	45.99	77.19	1	0.886
ความสามารถในการละลาย	สูง	90.04	99.08	1	0.765
ปริมาณชาโปนินทั้งหมด	สูง	16.25	44.78	1	1
ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด	สูง	14.41	24.32	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการกำหนดช่วงค่าตอบสนอง โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสามารถทำนายจุดหรือพื้นที่เหมาะสมของสภาวะในการผลิตชาเขียวกู่หลานผิง คือ อุณหภูมิลมร้อนชาเข้า เท่ากับ 170 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นตัวพาสสมร้อยละ 29 และอัตราส่วนตัวพาส MD:MS เท่ากับ 80:20 โดยที่สภาวะที่ได้นี้จะพิจารณาความพึงพอใจของกระบวนการผลิตหรือสภาวะได้จากค่า desirability ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดระดับความพึงพอใจของคุณภาพผลิตภัณฑ์หรือสภาวะที่ทำนายได้ จากสภาวะการผลิตชาเขียวกู่หลานผิงนี้ ได้ค่าความพึงพอใจของกระบวนการผลิตหรือสภาวะดังกล่าว (desirability) เท่ากับ 0.877 จัดว่าเป็นคะแนนที่อยู่ในช่วงเกณฑ์ดีมาก คือระหว่าง 1.00-0.80 (Lazic, 2004)

จากนั้นนำสภาวะที่ได้จากการทำนายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป มาทดสอบผลิตชาเขียวกู่หลานผิงอีกครั้ง และนำตัวอย่างที่ได้จากการผลิต มาตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและกายภาพ เพื่อหาความคลาดเคลื่อนของค่าคุณภาพที่ได้จากการทดสอบผลิตจริงกับค่าคุณภาพที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ ซึ่งควรมีความแตกต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 10 (Eddie และ Kenneth, 2005) ความคลาดเคลื่อนที่ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 4.6 พบว่า ร้อยละผลผลิต ความสามารถในการละลาย และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด มีร้อยละความคลาดเคลื่อนตามเกณฑ์กำหนด สำหรับปริมาณชาไปนินทั้งหมด แม้จะมีร้อยละความคลาดเคลื่อนมากกว่าเกณฑ์กำหนด คือ ร้อยละ 10 แต่มีค่าความพึงพอใจ (desirability) เท่ากับ 1 อยู่ในช่วง 1.00-8.00 ซึ่งแสดงความเหมาะสมในการทำนายสภาวะได้ดี อีกทั้งสมการทำนายดังกล่าวยังมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบายได้ถึงร้อยละ 97.80

อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนเตรียมการสกัดก่อนการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ไม่สามารถที่จะแยกสารตัวพาส คือ มอลโตเดรกตินและแป้งตัดแปรรออกมาได้หมด จึงทำให้สารตัวพาสดังกล่าวหลงเหลืออยู่ในสารสกัด โดยมอลโตเดรกตินและแป้งตัดแปรรที่หลงเหลืออยู่ในสารสกัด จะรบกวนการทำปฏิกิริยากันระหว่างวานิลลินและหมู่ไฮดรอกซิลของชาไปนิน จึงทำให้วานิลลินสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของสารตัวพาส ส่งผลให้การอ่านค่าด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์มีค่าสูงกว่าความจริง

ตารางที่ 4.6 ร้อยละความคลาดเคลื่อนของสมการ

ลักษณะทางเคมีกายภาพ	ค่าที่ได้จากการ	ค่าที่ได้จากการ	ความคลาดเคลื่อน* (ร้อยละ)
	ทำนาย	ทดสอบจริง	
ร้อยละผลผลิต	73.65	71.34	3.24
ความสามารถในการละลาย	96.96	98.60	1.66
ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด	16.72	15.92	5.03
ปริมาณชาไปนินทั้งหมด	33.07	37.51	11.84

* ค่าความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ) = $(\text{ค่าจากการทดสอบจริง} - \text{ค่าจากการทำนาย}) / \text{ค่าจากการทดสอบจริง} \times 100$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทดสอบได้ว่า สภาวะจากการทำนายด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ผลิต ซึ่งพิจารณาจากเกณฑ์ 2 ชนิด คือ ร้อยละความคลาดเคลื่อน และค่า desirability ของสภาวะซึ่งจัดอยู่เกณฑ์ดีมาก คือ ค่า desirability เท่ากับ 0.877 ดังนั้นสภาวะการผลิตที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิหม้อน้ำเข้า เท่ากับ 170 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นตัวพาสเมร้อยละ 29 และอัตราส่วนตัวพาส MD:MS เท่ากับ 80:20 เหมาะสมที่จะนำไปผลิตชาเขียวกู่หลานผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย

4.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูป

เมื่อนำชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปที่เดิมกลั่น แบ่งบรรจุในถุงพลาสติก (linear low density polyethylene, LLDPE) และเมทัลไลต์ฟอยล์ (metalized cast polypropylene film, M-CPP) จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2, 35±2 และ 45±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ปริมาณความชื้น ความสามารถในการละลาย ค่าพารามิเตอร์สี ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณคาโพนินทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ผลการทดลองเป็นไปตามลำดับดังนี้

4.3.1 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity)

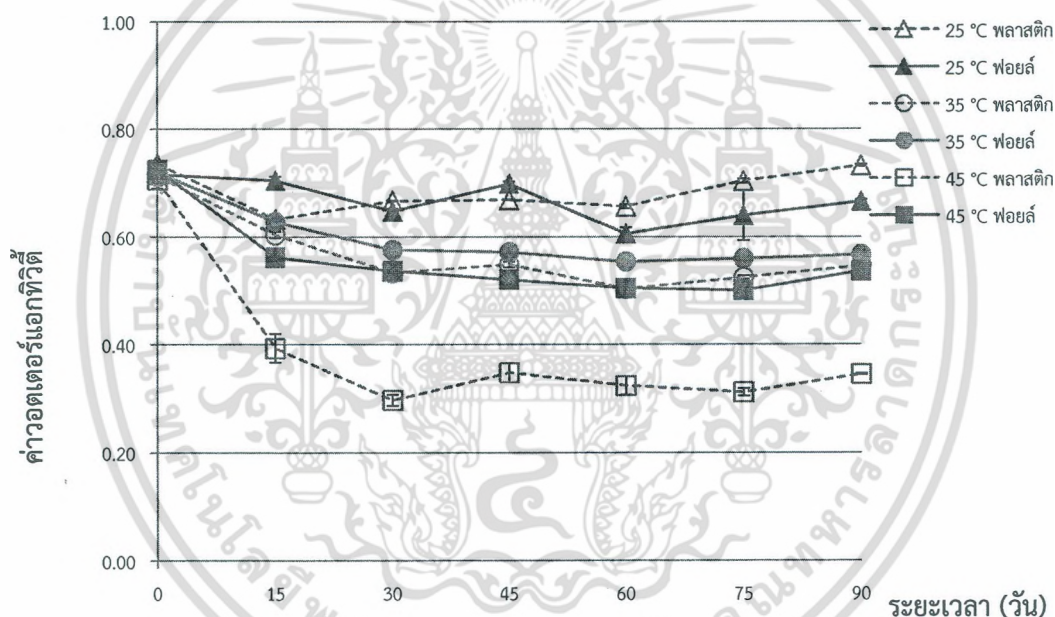
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี หมายถึง อัตราส่วนของความดันไอน้ำในอาหารต่อความดันไอน้ำบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิเดียวกัน หรือเรียกว่า ความดันไอสัมพัทธ์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตี หรือปริมาณน้ำอิสระในอาหารระหว่างเก็บรักษานั้นสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์อากาศหรือการเคลื่อนที่ของไอน้ำ (Al-Muhtaseb และคณะ, 2004) หากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มขึ้นหรือลดลง ก็จะส่งผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำในอาหารและอากาศ ทำให้ปริมาณน้ำอิสระหรือไอน้ำเกิดการเคลื่อนที่ จนกว่าทั้งสองส่วนจะมีปริมาณน้ำใกล้เคียงกัน

จากการทดสอบเบื้องต้น พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในตู้ควบคุมอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิ 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 64, 29 และ 16 ตามลำดับ แสดงว่า ความชื้นสัมพัทธ์หรือปริมาณไอน้ำในตู้ควบคุมที่อุณหภูมิสูง มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง จึงอาจส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ชาลดลง โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์ที่มีการซึมผ่านไอน้ำได้ดี นอกจากนี้รายงานของ Sinija และคณะ (2008) กล่าวว่า ปริมาณความชื้นสมมูลเป็นคุณลักษณะสำคัญในการทำนายความคงตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างเก็บรักษาและการคัดเลือกวัสดุบรรจุภัณฑ์ โดยวัสดุที่ต่างกันมีปริมาณความชื้นสมมูลต่างกัน นอกจากนี้ปริมาณความชื้นสมมูลยังขึ้นกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศอีกด้วย การเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีของชาเขียวกู่หลานผงที่เดิมกลั่นระหว่างการเก็บรักษาแสดงดังภาพที่ 4.4

ชาเขียวกู่หลานผงที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีในช่วงระหว่าง 0.143 - 0.232 และ 0.861 ตามลำดับ เมื่อผสมชาเขียวกู่หลานผงที่เดิมกลั่นด้วยการเขย่าผสมตัวอย่างแล้ว พบว่า ตัวอย่างมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีเริ่มต้นเพิ่มขึ้นประมาณ 0.7 โดยในวันที่เตรียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างนั้นมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เท่ากับ ค่าเฉลี่ยร้อยละ 68 ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 30.8 องศาเซลเซียส (ข้อมูลจากการตรวจวัด ณ สถานีสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ ในวันที่ 2 พฤษภาคม 2557: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557) ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้เกิดจากการเคลื่อนย้ายความชื้นขององค์ประกอบ ทำให้เกิดสมดุลความชื้นในตัวอย่าง นอกจากนี้ ตัวอย่างยังอาจดูดซับความชื้นจากสภาวะแวดล้อม ในระหว่างผสม อย่างไรก็ตาม การที่ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้สูงกว่าที่ควร อาจเนื่องมาจากวิธีการวิเคราะห์ เมื่อพิจารณาในช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0 ถึงวันที่ 30) พบว่า ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของทุกตัวอย่างในทุกๆ อุณหภูมิมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 4.4) โดยผลิตภัณฑ์ซาเก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีวอเตอร์แอกทิวิตี้ลดลงมากที่สุด โดยลดลงจาก 0.714 ± 0.020 เป็น 0.394 ± 0.026 เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงมีความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ในอาหาร จึงอาจเกิดการเคลื่อนย้ายมวลน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้มากกว่าในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ต่ำกว่า



ภาพที่ 4.4 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของซาเก็บวุ้นหาลานผงที่เติมกลิ่นระหว่างการเก็บรักษา

นอกจากนี้ บรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิด ยังสามารถให้การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission) ได้ โดยการทดลองของ รัชนิวรรณ (2551) ได้ศึกษาค่าพลังงานก่อกัมมันต์สำหรับสภาพการให้ซึมผ่านของไอน้ำของพลาสติก พบว่า พลาสติกชั้นเดียว เช่น พอลิโพลไพลีน มีสัมประสิทธิ์สภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำปานกลาง มีค่าระหว่าง 0.2785 - 0.3688 กรัมต่อตารางเมตรต่อวันต่อมิลลิเมตรปรอท และฟิล์มอื่นๆ ที่มีฟิล์มอบาโพลหะ มีสัมประสิทธิ์สภาพการให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำต่ำมาก มีค่าระหว่าง 0.0076-0.0351 กรัมต่อตารางเมตรต่อวันต่อมิลลิเมตรปรอท ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ซึ่ง สัมประสิทธิ์สภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงขึ้น ดังนั้น อาจเกิดการเคลื่อนย้ายน้ำออกจากบรรจุภัณฑ์เข้าสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกจนถึงภาวะสมดุล โดยความชื้นสัมพัทธ์ในขั้นตอนการบรรจุที่ค่า ประมาณร้อยละ 68 ซึ่งสูงกว่าความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 16 ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส จึงส่งผลให้น้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ ซาเคลื่อนย้ายออกจากอาหาร โดยการเคลื่อนที่ของไอน้ำจะเกิดในถุงพลาสติกได้ดีกว่าพอยล์ เนื่องจากพอยล์เป็นถุงชนิดเมทัลไลต์พอยล์ เกิดจากฟิล์มพอลิโพลีโพลีไพลีนฉาบผิวด้านนอกด้วยไอโลหะ จึงทำให้มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านไอน้ำและก๊าซได้ดีกว่าถุงพลาสติกที่เป็นฟิล์มโพลีเอทิลีนชั้นเดียว (Fowle, 2005) ซึ่งถุงพลาสติกประเภท LLDPE และถุงพอยล์ประเภท M-CPP มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor transmission rate) ประมาณ 1.0 -1.2 และ น้อยกว่า 0.70 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ที่อุณหภูมิ 37.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ตามลำดับ (Butler และคณะ. 2009) ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ซาในถุงพลาสติกและเก็บไว้ 30 วัน มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีในช่วง 0.287-0.307 ซึ่งต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ซาที่บรรจุในถุงพอยล์ที่ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (0.537 - 0.541) (ภาพที่ 4.4)

นอกเหนือจากน้ำแล้ว การเพิ่มอุณหภูมิทำให้สูญเสียสารระเหยให้กลิ่นออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งสารระเหยให้กลิ่นนี้อาจมีผลต่อการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี เนื่องจากเป็นการวัดอัตราส่วนของความดันไอน้ำในอาหารต่อความดันไอน้ำบริสุทธิ์ การสูญเสียสารระเหยให้กลิ่นอาจทำให้ความดันไอน้ำในอาหารลดลง จึงส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง อีกด้วย

ในช่วงที่ 2 ของการเก็บรักษา หรือภายหลังจากวันที่ 30 พบว่า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีค่อนข้างคงที่ เช่นเดียวกับ การเก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส แสดงว่า เมื่อเข้าสู่สมดุลของความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ กับในตู้บ่ม (ภายนอกบรรจุภัณฑ์) อัตราการเคลื่อนที่ไอน้ำออกจากบรรจุภัณฑ์ และซึมผ่านจากภายนอกเข้าสู่บรรจุภัณฑ์สู่ภายนอกมีค่าเท่ากัน ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีจะค่อนข้างคงที่หรือไม่เปลี่ยนแปลงทางสถิติ ($p>0.05$) Hernandez และคณะ (2000) กล่าวว่า การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มทุกชนิด จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะโมเลกุลของไอน้ำสามารถแทรกอยู่ในพอลิเมอร์ และจะแพร่ผ่านพอลิเมอร์ไปตามช่องว่างที่อยู่ระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ ซึ่งช่องว่างระหว่างโมเลกุลนี้จะเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูง ช่องว่างก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย ดังนั้นการเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิสูง น้ำจากอาหารได้รับพลังงานความร้อน ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายออกจากอาหารได้ดีกว่า อย่างไรก็ตาม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ผงมีโอกาสดูดซับน้ำเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ (Stokosa และคณะ, 2012) ทั้งนี้ถุงพอยล์ที่ฉาบด้วยไอโลหะบนฟิล์มพอลิโพลีโพลีไพลีน จะมีสมบัติในการป้องกันความชื้นได้ดีกว่าถุงพลาสติก (Fowle, 2005)

จากผลการทดลอง แสดงว่า ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของอาหาร มีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละอุณหภูมิ และอาจส่งผลต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ เคมี และ

จุลินทรีย์ โดยกลิ่นผงที่มีวอเตอร์แอกทิวิตีสูงส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ชาเขียว กู่หลานผงมีค่าสูงด้วย

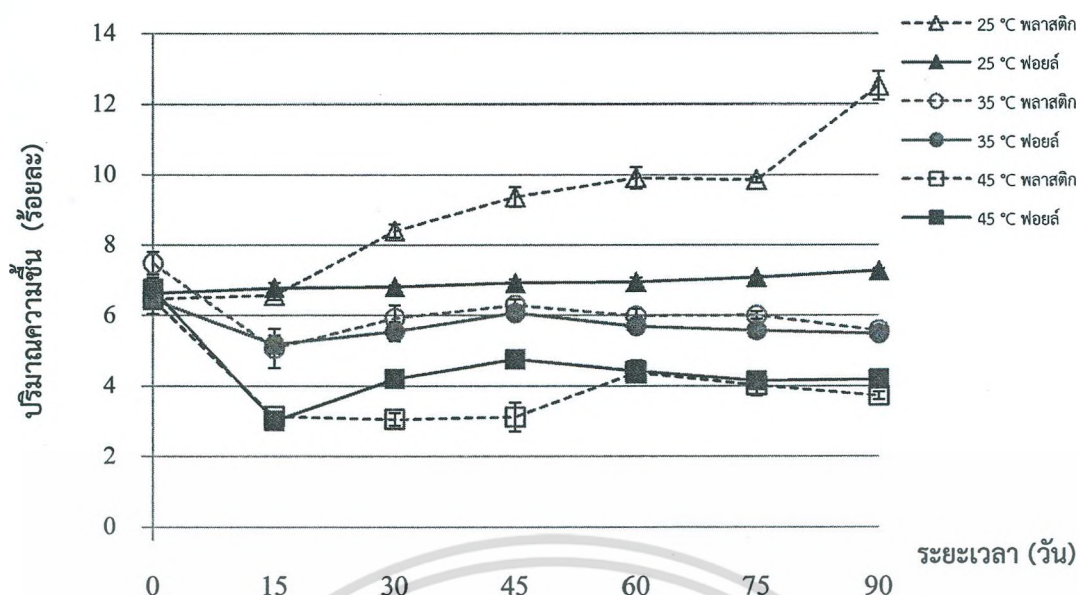
4.3.2 ปริมาณความชื้น (Moisture content)

ปริมาณความชื้น หมายถึง ปริมาณน้ำในอาหารที่ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ น้ำที่แทรกตัวระหว่างช่องว่างในอาหาร และน้ำอิสระ ซึ่งน้ำอิสระสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมี หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของอาหารผงระหว่างเก็บรักษาได้ จึงทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ โดยความคงตัวของอาหารผงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความชื้นสมดุลของอาหารผง หรือปริมาณน้ำอิสระ (Myhara และคณะ, 1998) การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลิ่นระหว่างเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.5 พบว่า ชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลิ่นมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นระหว่างร้อยละ 6.26-7.49 ส่วนชาเขียวกู่หลานผงที่ไม่เติมกลิ่นมีปริมาณความชื้นระหว่างร้อยละ 5.07 ± 0.03 แสดงให้เห็นกว่า การเติมกลิ่นผงร้อยละ 25 ลงในชาเขียวกู่หลานผงมีผลทำให้ ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.26-7.49

เมื่อเปรียบเทียบกับค่าวอเตอร์แอกทิวิตีที่มีค่าระหว่าง 0.703-0.723 ที่เป็นปริมาณน้ำอิสระในอาหาร พบว่า ค่าทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์ในการบ่งบอกปริมาณน้ำในอาหารของชาเขียวกู่หลานผงเติมกลิ่น โดยค่าวอเตอร์แอกทิวิตีที่วัดได้สูงกว่าความจริงเป็นค่าที่ตรวจวัดความดันไอของสารระเหยให้กลิ่นร่วมกับความดันไอน้ำในอาหารเหนือภาชนะปิด จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นและทำให้ปริมาณความชื้นในอาหารในวันที่ 0 ก่อนเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เพราะ ปริมาณความชื้นทั้งหมดในอาหาร ประกอบด้วยน้ำอิสระและน้ำส่วนที่ยึดกับองค์ประกอบอาหาร การเปลี่ยนแปลงความชื้นของชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลิ่นระหว่างการเก็บรักษาแสดงดังภาพที่ 4.5

เมื่อเก็บชาเขียวกู่หลานผงเติมกลิ่นในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณความชื้นของชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลิ่นในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 มีแนวโน้มลดลงในช่วงแรกของการเก็บ (วันที่ 0 - วันที่ 15) ยกเว้นการเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยการเก็บอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความชื้นของชาลดลงจาก 6.46 ± 0.17 และ 3.13 ± 0.13 เป็น 6.26 ± 0.32 และ 3.01 ± 0.10 ในถุงพลาสติก และฟอยล์ ตามลำดับ และมีแนวโน้มการลดลงมากกว่าตัวอย่างที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิสูง น้ำในผลิตภัณฑ์จะเคลื่อนที่ออกจากอาหาร ไปสู่สภาพแวดล้อมภายในบรรจุภัณฑ์ และออกสู่สภาพแวดล้อมภายนอกบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้ปริมาณความชื้นในอาหารลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

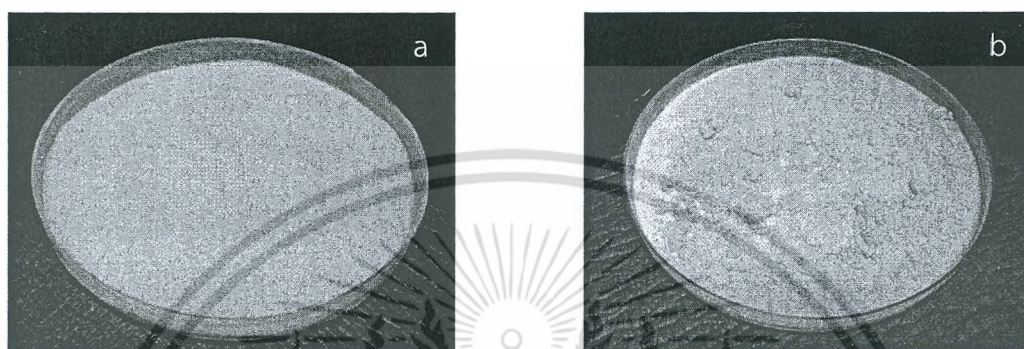


ภาพที่ 4.5 ปริมาณความชื้นของข่าเจียวกู่หลานที่เดิมกลั่นระหว่างการเก็บรักษา

หลังจากการเก็บเป็นเวลา 15 วัน พบว่า ข่าเจียวกู่หลานผงที่เดิมกลั่นส่วนใหญ่มีความชื้นค่อนข้างคงที่ ในทุกๆ ตัวอย่าง ยกเว้น ที่เก็บไว้ในถุงพลาสติก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.5) โดยมีความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6.58 ± 0.13 เป็น 12.52 ± 0.41 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก พลาสติกมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำสูง เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง เกิดการซึมผ่านของน้ำเข้าสู่ถุงพลาสติก และผลิตภัณฑ์อาจดูดซับความชื้นจากสภาพแวดล้อมภายในถุง จึงมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ส่วนข่าเจียวกู่หลานผงที่เดิมกลั่นที่บรรจุในถุงพอยล์มีปริมาณความชื้นค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเนื่องจากบรรจุภัณฑ์ประเภทนี้มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำกว่าพลาสติก ดังที่ได้อภิปรายไว้แล้วข้างต้น ซึ่งปรากฏการณ์นี้พบเฉพาะในตัวอย่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนตัวอย่างอื่นๆ ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงถึง ผลของอุณหภูมิในเชิงผกผันต่อความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อม นำไปสู่การสร้างสมดุลความชื้นที่แตกต่างกัน จึงมีผลต่อการเคลื่อนที่เข้าออกของน้ำจากผลิตภัณฑ์ไปสู่สภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามอัตราการซึมผ่านของไอน้ำจะถูกกำหนดด้วยวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ (Sinija และคณะ, 2008) ผลการทดลองนี้ยังสอดคล้องกับ Stoklosa และคณะ (2012) ที่รายงานว่า ข่าเจียวกู่หลานผงที่เดิมกลั่นมีความชื้นเพิ่มขึ้น เมื่อสภาวะการเก็บรักษามีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นขึ้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ร่วม ได้แก่ อนุภาคของผงข่า และสูตรส่วนผสม ที่อาจส่งผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ (Michaelides และคณะ, 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะปรากฏของชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลี้นในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วัน แสดงดังภาพที่ 4.6 ลักษณะผลิตภัณฑ์เปลี่ยนจากอนุภาคผงละเอียดเป็นก้อนขนาดเล็กถึงใหญ่จำนวนมาก แสดงว่า ผลิตภัณฑ์ดูดซับความชื้น ทำให้เกิดการเกาะตัวเป็นก้อน โดยปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6.47 ± 0.42 เป็น 12.52 ± 0.41 สอดคล้องกับ Carolina และคณะ (2007) ที่กล่าวว่า อาหารผงที่มีปริมาณความชื้นสูง ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (T_g) ของอาหารผงลดลง ซึ่งการลดลงของอุณหภูมิดังกล่าวจะเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากลักษณะคล้ายแก้ว (glass) ไปเป็นลักษณะยางเหนียว (rubber)



ภาพที่ 4.6 ชาเขียวกู่หลานที่เติมกลี้นผง ที่เก็บในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก่อน (a) และหลัง (b) การเก็บรักษา

ชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลี้น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (heterogeneous) ประกอบด้วย สารสกัดชาเขียวกู่หลาน กับ สารช่วยทำแห้งในขั้นตอนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งในการทดลองนี้ได้แก่ มอลโตเดครทรีนและแป้งตัดแปร รวมถึงยังประกอบด้วย สารระเหยให้กลิ่นพอพิลีนไกลคอล ซิลิโคนไดออกไซด์ และ มอลโตเดครทรีน อาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มขึ้นจากการทดลองของ Carolina และคณะ (2007) พบว่า ผลิตภัณฑ์ผงเอนแคปซูเลท ที่มีส่วนผสมของมอลโตเดครทรีน (DE12) แป้งตัดแปร และสารละลายกลี้น มีค่า T_g ต่ำกว่าค่า T_g ของมอลโตเดครทรีน (DE 12) ชนิดเดียว ซึ่งค่า T_g ที่ลดลงนี้ เกิดจากการที่อาหารผงได้รับความชื้น จึงมีความเป็นไปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทดลองนี้มีค่า T_g ลดลงด้วยเช่นกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูดซับความชื้น แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพได้ อย่างไรก็ตามยังคงมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มปริมาณความชื้น ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ สมบัติในการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกทิวิตี เป็นต้น (Reh และคณะ, 2004)

4.3.3 ความสามารถในการละลาย (Solubility)

การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการละลายของชาเขียวกู่หลานที่เติมกลี้นผง แสดงไว้ดังตารางที่ 4.7 พบว่า ชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลี้นทุกๆ ตัวอย่าง มีความสามารถในการละลายเริ่มต้นอยู่ในช่วงร้อยละ 79.97- 81.36 และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 90 วัน ความสามารถในการละลายอยู่ในช่วงร้อยละ 75.96- 84.54 แสดงว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการละลายอยู่ในช่วงร้อยละ 75.96- 84.54 แสดงว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพนี้ อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ทุกสภาวะทดลอง ยกเว้นการเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสในถุงพลาสติก ที่ค่าความสามารถในการละลายน้ำของผลิตภัณฑ์ขาดลงจากร้อยละ 80.46 ± 1.00 เป็น 75.96 ± 0.46 ($p\leq 0.05$) อาจเนื่องจากผลิตภัณฑ์เกาะรวมตัวกันเป็นก้อนขนาดเล็กจนถึงใหญ่ ทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสในการดูดซับน้ำซึ่งเป็นคุณสมบัติหนึ่งของความสามารถในการละลายน้ำลดลง (Barbosa-Cánovas และคณะ, 2005) ทั้งนี้การเกาะตัวของผลิตภัณฑ์เกิดจากการดูดซับความชื้นของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการเกาะตัวเป็นก้อน ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสในระหว่างการเก็บรักษา และสอดคล้องกับรายงานของ Liu และคณะ (2010) ที่กล่าวว่าความสามารถในการละลายของมะเขือเทศผงลดลงระหว่างเก็บรักษา เนื่องจากอนุภาคผงมีปริมาณความชื้นสูง เกิดการเกาะตัวกัน หรือความชื้นอาจเร่งปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติไม่ละลายน้ำ

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเก็บรักษาสูงเป็น 35 และ 45 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อความสามารถในการละลายน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจาก ปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเคมีที่ทำให้สมบัติการละลายน้ำเปลี่ยนแปลงไปในอาหาร มักได้แก่ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด ซึ่งจะเกิดขึ้น เมื่ออาหารมีความชื้นสูง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผงที่ทำให้สมบัติการละลายน้ำเปลี่ยนแปลง อาจขึ้นกับ ไขมัน โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ที่ไปขัดขวางสมบัติในการดูดซับน้ำ (wettability) ที่บริเวณผิวของอาหารผง (Fang และคณะ, 2008) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ได้จากการทำแห้งน้ำจากใบของพืช จึงมีส่วนประกอบของไขมันและโปรตีนที่ต่ำมาก นอกจากนี้ยังพบไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์ต่อความสามารถในการละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการละลายของชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลิ่นระหว่างการเก็บรักษา

บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)						
		0 วัน	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
พลาสติก (LLDPE)	25	80.26±0.46 ^{AB,a}	80.64±1.23 ^{C,a}	79.97±0.77 ^{D,a}	78.96±0.36 ^{D,b}	77.37±0.50 ^{B,c}	78.42±0.46 ^{D,b}	75.96±0.46 ^{D,d}
	35	80.62±0.73 ^{AB,b}	81.27±1.23 ^{BC,ab}	82.49±1.70 ^{AB,a}	80.68±0.95 ^{BC,b}	80.71±0.65 ^{C,b}	81.44±1.07 ^{BC,ab}	81.78±0.92 ^{B,ab}
	45	80.52±1.67 ^{AB,c}	82.78±1.51 ^{A,b}	83.18±0.54 ^{A,b}	83.55±0.46 ^{A,ab}	82.71±0.82 ^{A,b}	83.83±0.47 ^{A,ab}	84.54±0.77 ^{A,a}
พอยล์ (M-CPP)	25	79.56±0.94 ^{B,b}	81.27±1.23 ^{BC,ab}	80.92±1.72 ^{CD,b}	79.92±0.98 ^{CD,b}	80.81±0.98 ^{BC,b}	82.43±0.52 ^{B,a}	79.92±0.30 ^{C,b}
	35	81.36±1.58 ^{A,b}	81.03±0.96 ^{BC,ab}	81.44±0.94 ^{BCD,ab}	81.20±1.13 ^{B,ab}	81.64±0.52 ^{BC,ab}	80.90±0.61 ^{C,ab}	81.79±0.89 ^{B,a}
	45	81.23±0.94 ^{A,b}	82.21±0.45 ^{AB,a}	82.01±1.19 ^{ABC,a}	82.67±0.87 ^{A,a}	81.73±0.93 ^{B,a}	82.40±1.53 ^{B,a}	82.27±0.67 ^{B,a}

หมายเหตุ : อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน(p<0.05)

อักษรตัวพิมพ์เล็กกำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกัน(p<0.05)

ns แสดงว่าข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

4.3.4 ค่าสี (color)

การเปลี่ยนแปลงค่าสีระหว่างเก็บรักษาชาเขียวกู่หลานผงที่เดิมกลั่นในสภาวะต่างกัน แสดงไว้ดังตารางที่ 4.8 พบว่า เมื่อเก็บครระยะเวลาการเก็บนาน 90 วัน ค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลง แต่ไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน ยกเว้นชาเขียวกู่หลานผงที่เดิมกลั่นในอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่า L^* มีแนวโน้มลดลง และต่ำกว่าการเก็บในสภาวะอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อีกทั้งค่า L^* ไม่มีความแตกต่างในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพอยล์ แสดงว่าความชื้นที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเกาะตัวของผลิตภัณฑ์ ส่งผลต่อการกระเจิง การหักเห และการดูดกลืนแสงส่งผลให้ค่า L^* ลดลง นอกจากนี้ น้ำยังอาจเร่งปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไมซ์เอนไซม์ การลดลงของค่า L^* มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหาร (Huang และ Hsieh, 2005)

การเพิ่มอุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้นเป็น 35 และ 45 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ทั้งในถุงพลาสติกและพอยล์ ($p \leq 0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์ชาในถุงพอยล์ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มค่า L^* ลดลง ซึ่งอาจเกิดจากอุณหภูมิที่สูงในระหว่างการเก็บรักษา จะช่วยเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเคมี โดยมีรายงานของ Patras และคณะ (2010) ที่พบว่า การสลายของสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์หรือการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชัน ทำให้ได้สารประกอบสีน้ำตาลซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิทุก ๆ 10 องศาเซลเซียส จะเร่งให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น 2-3 เท่า (นิธิยา, 2549) นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากสมบัติของบรรจุภัณฑ์ เมื่อสัมผัสผิวถุงพอยล์ ขณะนำออกจากตู้ควบคุมที่ 45 องศาเซลเซียส ดูเหมือนจะร้อนกว่าถุงพลาสติก อาจเนื่องจาก สมบัติการถ่ายเทความร้อนของถุงพอยล์มีค่าสูงกว่าพลาสติก ความร้อนจึงถูกถ่ายเทไปยังผลิตภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็ว อาจเร่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ได้

จากผลการทดลองพบว่า ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ในทุกๆ สภาวะ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ผงในถุงพลาสติกที่เก็บอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และผลิตภัณฑ์ผงในถุงพอยล์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าสภาวะอื่นๆ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า a^* ทั้ง 2 สภาวะข้างต้น ซึ่งอาจเกิดจากการเร่งปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยความชื้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น หรืออาจเกิดจากอุณหภูมิที่เร่งการสลายหรือการจัดเรียงตัวใหม่ของสาร ได้เป็นสารประกอบใหม่ที่มีสีน้ำตาล (Patras และคณะ, 2010) นอกจากนี้ บรรจุภัณฑ์ยังอาจส่งผลต่อการเร่งปฏิกิริยาเคมี โดย ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์ในถุงพอยล์มีค่าสูงกว่า ในถุงพลาสติก

ตารางที่ 4.8 ค่าสีของชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลิ่นระหว่างเก็บรักษา

ค่าสี	บรรจุภัณฑ์	อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลา (วัน)			
			0	30	60	90
<i>L*</i>	พลาสติก	25	87.32±1.68 ^{AB,a}	87.03±0.77 ^{C,a}	85.55±0.68 ^{B,b}	76.66±1.89 ^{D,c}
		35	88.82±0.11 ^{A,ns}	88.62±0.39 ^{B,ns}	88.74±0.45 ^{A,ns}	88.90±0.12 ^{AB,ns}
		45	88.22±0.19 ^{A,b}	89.19±0.21 ^{A,a}	88.71±0.49 ^{A,c}	85.09±0.36 ^{A,d}
	พอยล์	25	88.82±0.37 ^{A,a}	88.86±0.21 ^{AB,a}	88.32±1.04 ^{A,b}	88.17±0.46 ^{B,b}
		35	88.67±0.42 ^{A,a}	88.70±0.52 ^{B,a}	88.06±1.20 ^{A,b}	88.97±0.12 ^{A,a}
		45	87.63±0.02 ^{AB,a}	86.20±0.60 ^{D,b}	85.69±0.79 ^{B,bc}	84.44±0.61 ^{C,d}
<i>a*</i>	พลาสติก	25	5.04±0.02 ^{BC,c}	4.95±0.04 ^{C,c}	5.36±0.07 ^{B,b}	6.59±0.16 ^{A,a}
		35	4.93±0.43 ^{C,b}	5.02±0.02 ^{B,a}	5.10±0.10 ^{C,a}	5.11±0.05 ^{B,a}
		45	4.98±0.04 ^{C,c}	5.04±0.05 ^{B,b}	5.11±0.04 ^{C,a}	5.11±0.04 ^{B,a}
	พอยล์	25	5.18±0.21 ^{AB,a}	4.81±0.06 ^{D,c}	4.97±0.04 ^{D,b}	5.14±0.04 ^{B,a}
		35	5.05±0.03 ^{BC,b}	4.99±0.09 ^{C,b}	5.17±0.03 ^{C,a}	5.19±0.04 ^{B,a}
		45	5.24±0.79 ^{A,d}	5.64±0.09 ^{A,bc}	5.77±0.13 ^{A,bc}	6.29±0.94 ^{A,a}
<i>b*</i>	พลาสติก	25	8.46±0.25 ^{BC,d}	11.12±1.39 ^{A,bc}	11.91±0.57 ^{B,c}	12.96±0.82 ^{A,a}
		35	8.49±0.40 ^{BC,c}	9.18±0.68 ^{B,b}	9.27±0.70 ^{C,a}	8.79±0.37 ^{B,b}
		45	8.81±0.29 ^{A,c}	8.81±0.29 ^{B,b}	9.23±0.30 ^{C,a}	8.84±0.59 ^{B,b}
	พอยล์	25	8.64±0.38 ^{AB,bc}	9.17±0.86 ^{B,a}	8.95±0.39 ^{C,ab}	8.37±0.49 ^{B,c}
		35	8.22±0.29 ^{CD,c}	9.15±0.91 ^{B,ab}	9.35±0.69 ^{C,a}	8.68±0.22 ^{B,b}
		45	8.13±0.09 ^{D,d}	11.82±0.03 ^{A,c}	12.49±0.61 ^{C,bc}	13.45±0.64 ^{A,a}

หมายเหตุ : พลาสติกประเภท linear low density polyethylene: LLDPE; พอยล์ประเภท metalized cast polypropylene film ;M-CPP

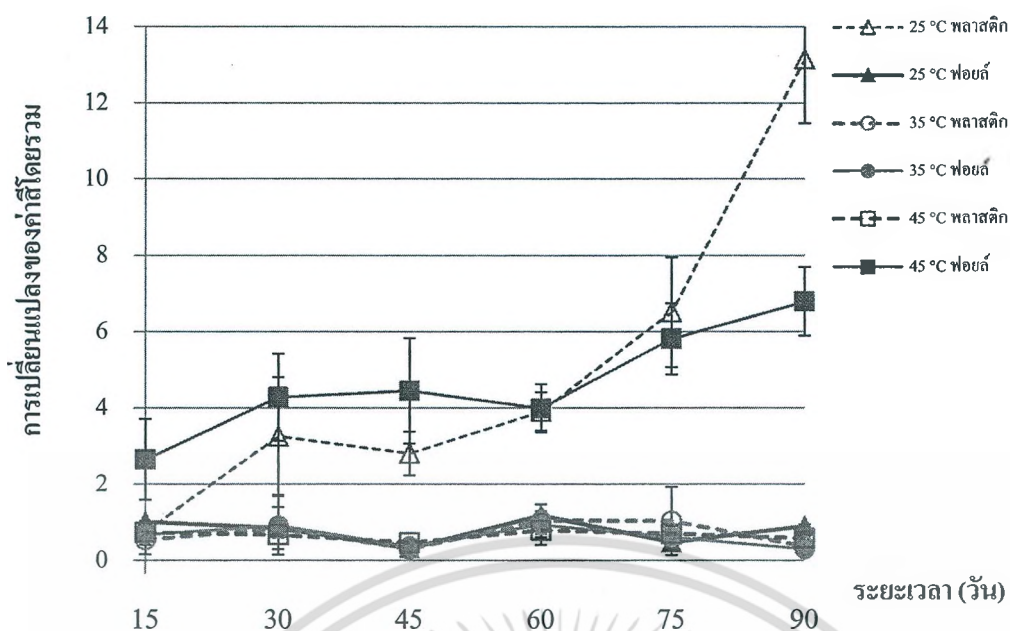
อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน

อักษรตัวพิมพ์เล็กกำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกัน

ns แสดงว่าข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่าสี *b** ให้ผลเช่นเดียวกันกับค่า *a** คือการเก็บในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและการเก็บในถุงพอยล์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ทำให้ค่ามีค่า *b** มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บ และจากการสังเกตด้วยตา พบว่าผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น ซึ่งอาจจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลหรือเกิดการสลายหรือจัดเรียงตัวของสารได้สารประกอบที่มีสีน้ำตาล ดังที่ได้อภิปรายไว้แล้ว สำหรับความแตกต่างของค่าสีโดยรวม (ΔE) แสดงดังภาพที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE) ของข่าเจียวกู่หลานผงที่เดิมกลั่นระหว่างการเก็บรักษา

ความแตกต่างของค่าสีโดยรวม (ΔE) สามารถบ่งบอกการเปลี่ยนแปลงสีของข่าเจียวกู่หลานผงที่เดิมกลั่นระหว่างเก็บรักษาได้ จากภาพที่ 4.7 พบว่า ข่าเจียวกู่หลานผงที่เดิมกลั่นในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและในถุงพอยล์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ ΔE สูงกว่าสภาวะอื่นๆ ($p < 0.05$) โดยการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE นั้น เกิดจาก ค่า L^* ลดลง ค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้น ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ผลลัพธ์จึงมีสีคล้ำขึ้น ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากปฏิกิริยาจากเกิดสีน้ำตาล สอดคล้องกับรายงานของ Liu และคณะ (2010) ที่บ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์มะเขือเทศผงระหว่างเก็บรักษามีค่าสีเปลี่ยนแปลงโดยมีค่า L^* ลดลง ค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้นนั้น เกิดจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไมใช่เอนไซม์ซึ่งสัมพันธ์กับดัชนีการเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นด้วย

สีของผลิตภัณฑ์ผงคล้ำขึ้น อาจเกิดได้จากหลายปัจจัย มีรายงานของ Muralikrishna และคณะ (1996) รายงานว่า อุณหภูมิ ความชื้น คาร์บอนิล กรดอินทรีย์ วอเตอร์แอคทีวิตี ออกซิเจน และน้ำตาล เป็นปัจจัยในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไมใช่เอนไซม์ของผลิตภัณฑ์ระหว่างเก็บรักษา จากผลการทดลอง พบว่า บรรจุภัณฑ์ ล้วนมีผลต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อ ความชื้นและความร้อนที่ได้รับของผลิตภัณฑ์ ซึ่ง 2 ปัจจัยหลังนี้มีผลต่อปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่า การทดลองนี้ บรรจุผลิตภัณฑ์ในสภาวะบรรยากาศ ออกซิเจนที่มีอยู่ในบรรจุภัณฑ์ อาจเร่งการเกิดออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก หรือเกิดการสลายตัวจำกัดเรียงตัวของสารประกอบพลาโนนอยด์ ให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น (Lavelli และคณะ, 2012; Patras และคณะ, 2010) จากผลการทดลองนี้แสดงว่า อุณหภูมิและบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE

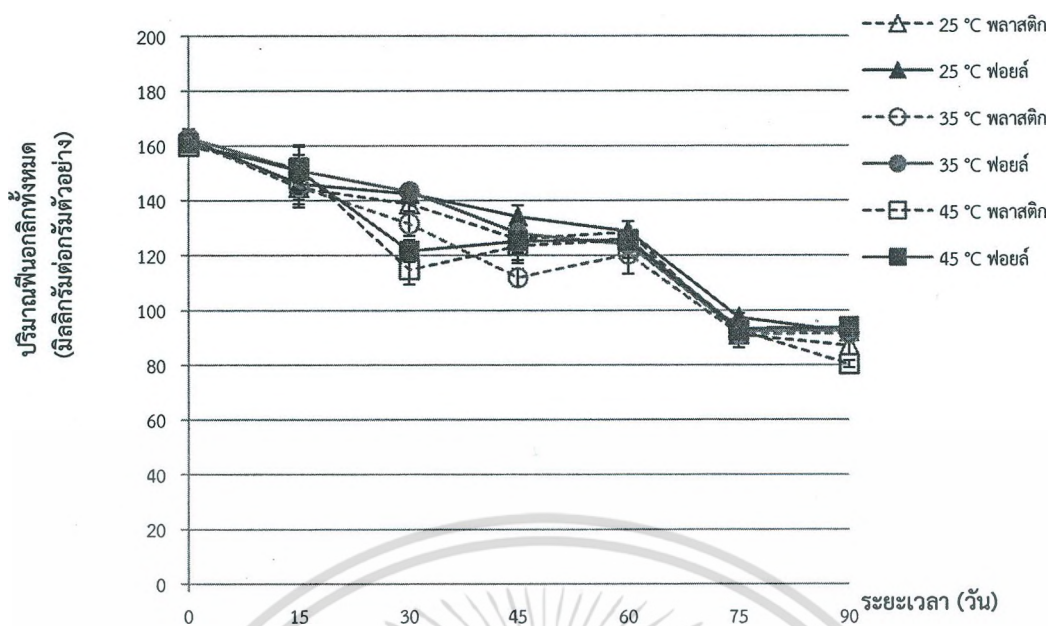
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

4.3.5 ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด

ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด เป็นการตรวจวิเคราะห์ ปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ในโมเลกุล โดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน-ออกซิเดชันของสารประกอบพอลิฟีนอลที่จะถูกออกซิไดซ์ในสภาวะที่เป็นด่าง เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงิน และสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ (Waterman และ Mole, 1994) ผลการวิเคราะห์ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลีเซอรอลในระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.8 โดยพบว่า การเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษา มีผลทำให้ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงในทุกๆ ตัวอย่าง ($p \leq 0.05$) ซึ่งปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ช่วงวันที่ 0 มีค่าอยู่ระหว่าง 159.8 - 162.3 มิลลิกรัมต่อกรัม และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา ชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลีเซอรอลมีปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดลดลง เป็น 87.26 - 96.27 มิลลิกรัมต่อกรัม หรือลดลงร้อยละ 54.61 - 59.33 ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Tsia และคณะ (2010) ที่รายงานผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการลดลงของปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ นอกจากนี้ สุเมธธา (2550) ยังรายงานว่า การลดลงของปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด อาจเกิดจากสารประกอบฟีนอลิกทำปฏิกิริยากันเอง เกิดเป็นสารเชิงซ้อน หรืออาจเกิดจากสารประกอบฟีนอลิกทำปฏิกิริยากับน้ำตาลทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนเช่นเดียวกัน จึงส่งผลให้ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดลดลง ซึ่งการทดลองนี้ เป็นการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่สภาวะบรรยากาศ การลดลงของปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด อาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันร่วมด้วย ทำให้สารประกอบพอลิฟีนอลสูญเสียอะตอมไฮโดรเจน ทำให้หมู่ไฮดรอกซิลที่จะเกิดปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ลดลง ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดที่ตรวจวัดได้จึงลดลงตามลำดับ (Tiwari และคณะ, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

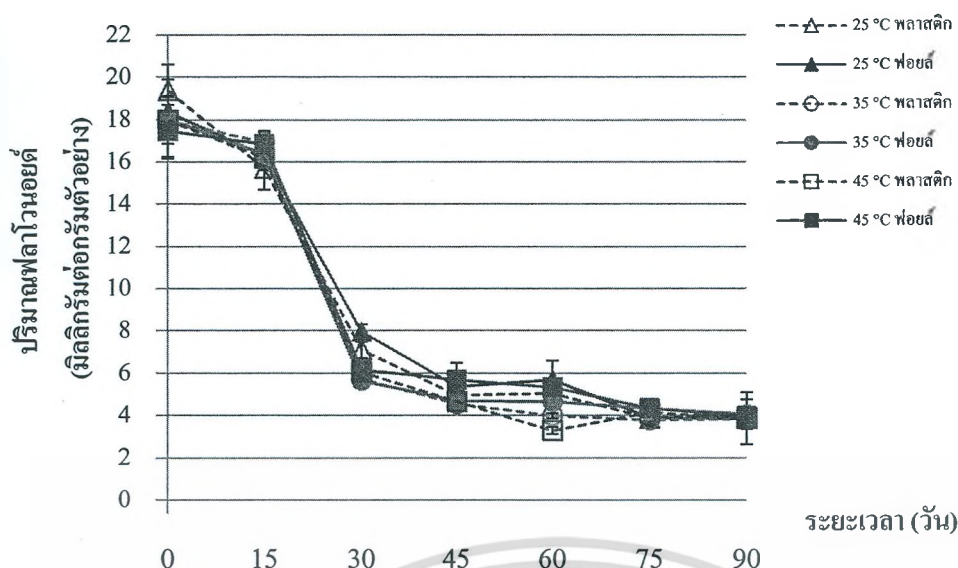


ภาพที่ 4.8 ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดของชาเขียวกุหลาบที่เก็บรักษา

นอกจากนี้ การใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ก็ส่งผลให้ปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดที่เหลืออยู่แตกต่างกันอีกด้วย โดยเมื่อเปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ผงที่บรรจุในถุงพลาสติก มีปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมดต่ำกว่าในถุงพอยล์ เนื่องจาก ถุงพอยล์มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของน้ำและออกซิเจนได้ดีกว่าถุงพลาสติก (Fowle, 2005)

4.3.6 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดระหว่างเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.9 โดยให้ผลเช่นเดียวกับปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด โดย ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ลดลงจาก 17.94 - 19.01 มิลลิกรัมต่อกรัม คงเหลือเพียง 3.83 - 4.05 มิลลิกรัมต่อกรัม ($p < 0.05$) เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา



ภาพที่ 4.9 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของชาเจียวกู่หลานผงที่เติมกลี้นระหว่างการเก็บรักษา

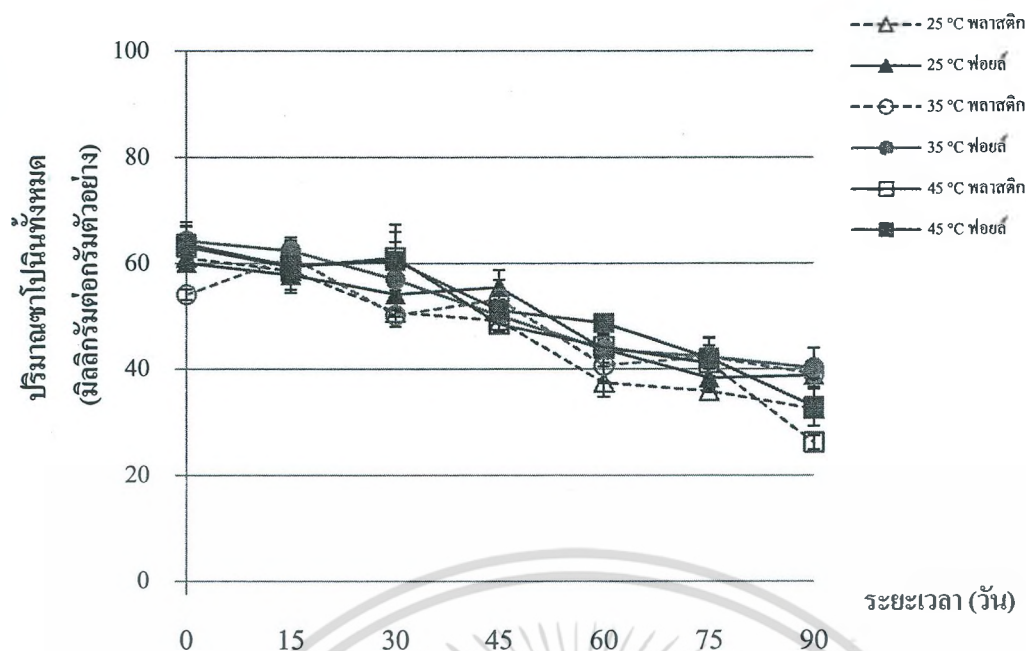
อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาชาเจียวกู่หลานผงที่เติมกลี้นในถุงพลาสติก หรือถุงพอยล์ รวมถึง อุณหภูมิในการเก็บรักษา ไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ($p > 0.05$) แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการลดลงของปริมาณฟลาโวนอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อาจเนื่องจาก ปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟลาโวนอยด์ โดยมีรายงานว่า แอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ชนิดหนึ่ง จะมีความคงตัวภายใต้สภาวะสุญญากาศ หรือบรรยากาศของไนโตรเจนมากกว่าในสภาวะที่มีออกซิเจน (Skrede และ Wrolstad, 2002)

4.3.7 ปริมาณชาโพนินทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณชาโพนินทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ ชาเจียวกู่หลานผงที่เติมกลี้น ในระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.10 โดยให้ผลเช่นเดียวกับปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณชาโพนินทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ลดลงจาก 58.18 - 62.59 มิลลิกรัมต่อกรัม และเหลือเพียง 26.12 - 44.27 มิลลิกรัมต่อกรัม ในวันสิ้นสุดการเก็บรักษา ผลการทดลองแสดงว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการลดลงของปริมาณชาโพนินทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ชาเจียวกู่หลานผงที่เติมกลี้น ($p < 0.05$)

นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน ก็ส่งผลให้ปริมาณชาโพนินทั้งหมดต่างกันด้วย โดยเมื่อเปรียบเทียบบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกันที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ผงในถุงพลาสติกมีปริมาณชาโพนินทั้งหมดน้อยกว่าการบรรจุในถุงพอยล์ ($p < 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม อาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของชาโพนินในส่วนอะไหล่โคนที่มีตำแหน่งพันธะคู่มากกว่า 1 ตำแหน่ง (Xie, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

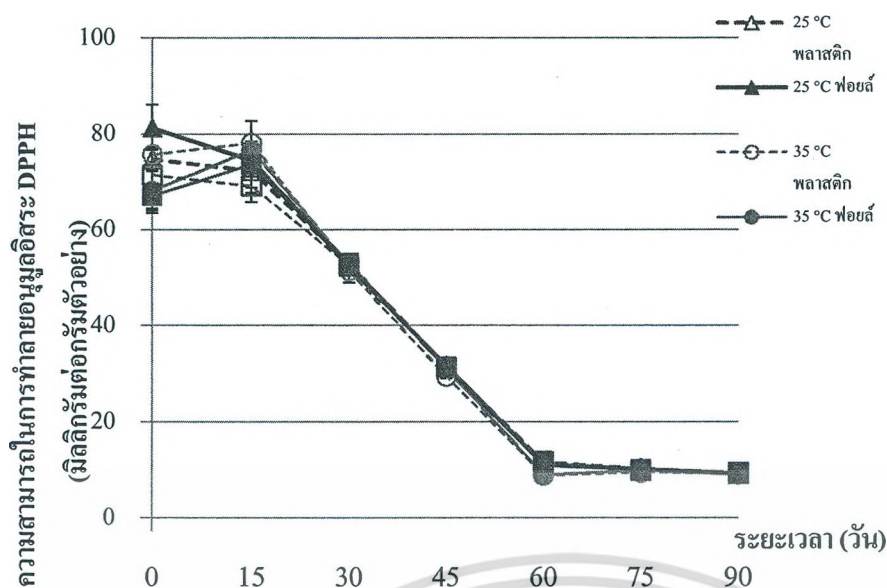


ภาพที่ 4.10 ปริมาณซาโปนินทั้งหมดของชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลิ่นระหว่างการเก็บรักษา

4.3.8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เป็นการประเมินประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันเบื้องต้น โดยอนุมูลอิสระ DPPH จะทำปฏิกิริยากับสารที่มีสมบัติต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมได้ อนุมูลอิสระ DPPH จะถูกรีดิวซ์ไปเป็นโมเลกุล DPPH ที่มีความคงตัว และเกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากสีม่วงเข้มไปเป็นไม่มีสี (Brand-William และคณะ, 1995) การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4.11 โดยให้ผลไปในทิศทางเดียวกับปริมาณพอลิฟีนอลทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และปริมาณซาโปนิน โดย ค่า DPPH ผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงจาก ร้อยละ 68.11-81.27 คงเหลือเพียง ร้อยละ 9.06-9.48 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 60 วัน แสดงว่าระยะเวลาเก็บรักษามีผลต่อการสลายตัวของสารพฤกษเคมี สอดคล้องกับผลการลดลงของปริมาณพอลิฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และซาโปนิน การสูญเสียสารสำคัญนี้ทำให้ศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงในทุกตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาชาเขียวกู่หลานผงที่เติมกลิ่นในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 และการเพิ่มอุณหภูมิ ไม่มีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของชาเจียวกู่หลานผงที่เติมกลิ่นระหว่างการเก็บรักษา

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่าง การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารฟลาโวนอยด์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระนั้นจาก ภาพที่ 4.8 -4.10 นั้น อาจเนื่องจากการลดลงของปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในช่วงระยะเวลา 15-75 วัน ทั้งนี้ ฟลาโวนอยด์ซึ่งเป็นสารฟลาโวนอยด์ที่พบในชาเจียวกู่หลาน ประกอบด้วย เคอร์ซีทินไกลโคไซด์ รุทีน และ เคมเฟอร์อลไกลโคไซด์ และ เคอร์ซีทิน (Kao และคณะ, 2008) โดยที่เคอร์ซีทินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีศักยภาพในการทำลายอนุมูลอิสระสูง เนื่องจากมีหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งแคทาคอล (catechol) คอนจูเกต (conjugated) และคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 และ 5 บริเวณวงแหวน C ของโครงสร้างฟลาโวนอยด์ (Kao และคณะ, 2008; Tsai และคณะ, 2010) ซึ่ง สารฟลาโวนอยด์ดังกล่าวอาจมีกลไกในการต้านอนุมูลอิสระด้วยการให้อิโตรเจนอะตอมแก่อนุมูลอิสระ โดยความสามารถในการต้านออกซิเดชันจะสัมพันธ์กับตำแหน่งและปริมาณการแทนที่ของหมู่ ไฮดรอกซิลโดยเฉพาะบนวงแหวน B จึงทำให้มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดี สอดคล้องกับปริมาณฟอลิฟินอลและฟลาโวนอยด์ที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความสามารถต้านอนุมูลไฮดรอกซิล ร้อยละ 96.7 และ 91.7 ตามลำดับ (Zhao, 2012) นอกจากนี้การลดลงของปริมาณฟลาโวนอยด์ก็ยังสัมพันธ์กับปริมาณลดลงของฟอลิฟินอลทั้งหมด เนื่องจากฟลาโวนอยด์เป็นสารฟลาโวนอยด์ในกลุ่มฟอลิฟินอล (Pietta, 2000) อย่างไรก็ตามปริมาณซาโปนินกลุ่มเทอร์ปีนก็ยังทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระเช่นกัน (Xie, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

มอลโตเดรกติน แป้งดัดแปร และ อุณหภูมิหมักร้อนชาเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยมีผลต่อคุณลักษณะของชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูป โดยการเพิ่มอุณหภูมิหมักร้อนชาเข้ามีผลทำให้ความชื้นลดลง และค่าความสว่างลดลง รวมทั้งยังเร่งการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ทำให้ค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มสัดส่วนของแป้งดัดแปรต่อมอลโตเดรกติน ทำให้ส่วนผสมมีความหนืดเพิ่มขึ้น จึงมีผลทำให้ร้อยละผลผลิตลง อีกทั้งการเพิ่มความเข้มข้นของตัวพา ทำให้ความหนาแน่นปรากฏเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความสามารถในการละลายลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มสัดส่วนของแป้งดัดแปรสำหรับสารพฤษเคมีในชาผงสำเร็จรูปพบว่า อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชาโพนินมากกว่า ฟลาโวนอยด์ แต่การเพิ่มความเข้มข้นของตัวพา มีผลทำให้ปริมาณชาโพนินและฟลาโวนอยด์เพิ่มขึ้น

สมการทำนายร้อยละผลผลิต ความสามารถในการละลาย ปริมาณชาโพนินและฟลาโวนอยด์ นั้น มีความสัมพันธ์ต่อมอลโตเดรกติน แป้งดัดแปร และ อุณหภูมิหมักร้อนชาเข้าเป็นทั้งสมการเส้นตรง และสมการกำลังสอง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์อยู่ระหว่าง 0.8674- 0.9780 และ สภาวะที่เหมาะสมของชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย ได้แก่ ปริมาณสารตัวพาร้อยละ 29 มีอัตราส่วน มอลโตเดรกตินต่อแป้งดัดแปร ร้อยละ 80:20 และอุณหภูมิหมักร้อนชาเข้า 170 องศาเซลเซียส เมื่อผลิตชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปตามสภาวะการผลิตที่เหมาะสม สามารถคำนวณร้อยละคลาดเคลื่อนจากการทำนายอยู่ระหว่าง 1.66- 11.84 สมการดังกล่าวจึงสามารถใช้ในการทำนายค่าตอบสนองได้เป็นอย่างดี

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บรักษาชาเขียวกู่หลานผงสำเร็จรูปเป็นระยะเวลา 90 วันนั้น พบว่าการเพิ่มและลดอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพ เนื่องจากสมบัติการซึมผ่านก๊าซและน้ำของบรรจุภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง และค่าสี a^* เพิ่มขึ้น แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล สำหรับสารพฤษเคมีและความสามารถด้านออกซิเดชัน พบว่า ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณชาโพนินทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในทุกๆ อุณหภูมิ และ บรรจุภัณฑ์ อันอาจเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน จากผลการทดลอง สภาวะที่ชาผงมีความคงตัวสูงสุด คือ การเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

บทที่ 6

สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

1) เป็นการวิจัยประยุกต์ที่ได้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตชาเขียวคุณภาพสูงสำเร็จรูปด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย และสภาวะที่ใช้ในการเก็บรักษา และกำลังอยู่ในระหว่างการเขียนบทความวิจัยในการตีพิมพ์วารสารทางวิชาการทั้งต่างประเทศจำนวน 2 เรื่อง

2) สามารถสร้างบัณฑิตรุ่นใหม่ที่มีความสามารถในการวิจัย จำนวน 1 คน ทางด้านการใช้ประโยชน์ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของพืช ในการทำงานวิจัยงานวิจัยพื้นฐานที่พร้อมจะประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร หรือผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพอื่นๆ บุคลากรหรือผู้เชี่ยวชาญที่สร้างขึ้นสามารถจะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยและพัฒนาประเภทอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่นต่อไป อันจะเป็นประโยชน์โดยรวมกับการพัฒนาประเทศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- งามทิพย์ ภู่วโรดม.2538. เอกสารประกอบการสอนหลักการบรรจุ. ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุคณะ
อุตสาหกรรมเกษตร.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ
- ณัฐรีพร จันทพันธ์. 2548. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องต้มบวดยังโดยวิธีอบแห้ง
แบบพ่นฝอย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.
- นิธิยา รัตนปานนท์. 2549. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.
- พรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ มณฑิรา นพรัตน์ และ ดวงพร ตั้งบำรุงพงษ์. 2545. กระบวนการผลิตน้ำผัก
ผลไม้รวมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจายและไม่โครเวฟสุญญากาศ. วารสารวิจัยและ
พัฒนา มจร. 25(3). หน้า 257-277.
- รุ่งนภา วิสิษฐอุดการ.2540.เอกสารคำสอนการประเมินอายุการเก็บอาหาร.ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์.
คณะอุตสาหกรรมเกษตร.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ
- วรวิทย์ อารีกุล และ ศदानันท์ นรินทร์สุขสันติ 2558. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ “องค์ประกอบ
และความคงตัวของสารให้กลิ่นรสในชาเขียวกู่หลานผงระหว่างการเก็บรักษา”. เสนอต่อ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- วรเดช อรุณเลิศศรีศรี.2545. ผลขององค์ประกอบทางเคมีต่อจลนศาสตร์การดูดความชื้นของซีอิ๊วผง
อบแห้งแบบพ่นฝอย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
กรุงเทพฯ.
- วาทีศย์ บานแย้ม และ ศิริพงษ์ นนทเกษ 2554. การพัฒนาชาเขียวกู่หลานปรุงสำเร็จชนิดผงด้วย
เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย. ปัญหาพิเศษสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ศุภมาศ กลิ่นขจร. ชุตติมา อัครเสถียร. จิตติมา วรธมแก้ว และภคินี อัครเวสสะพงศ์. 2550. การวิจัย
และพัฒนาการแปรรูปทุเรียนผง.วารสารอาหาร. 41(1) หน้า 88-97.
- สถาบันวิจัยสมุนไพร.2548. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. สมุนไพรน่ารู้ (2)
ปัญญาชน *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การ
ศาสนา. 2548. หน้า 1-11. 45-82.
- สุธรรม อารีกุล. จำรัส อินทร. สุวรรณ ทาเขียว และ อ่องเต็ง นันทแก้ว. 2551. องค์ความรู้เรื่องพืชป่า
ที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย เล่ม 2. มูลนิธิโครงการหลวง. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์
พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 920 หน้า.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2549 . แนวทางการพิจารณาอาหารประเภท “ชาสมุนไพร”.
ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 280. กรุงเทพฯ.
- Al-Muhtaseb, A.H., W.A.M. McMinn, and T.R.A. Magee. 2004. Water sorption isotherms
of starch powders. part 2: Thermodynamic characteristics. Journal of food
engineering. 62:135-142.
- Anandaraman, S. and G. A. Reineccius. 1986. Stability of encapsulated orange peel
oil. Food technology, 40 : 88-93.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bai, M.-S., J.-M. Gao, C. Fan, S.-X. Yang, G. Zhang, and C.-D. Zheng. 2010. Bioactive dammarane-type triterpenoids derived from the acid hydrolysate of *Gynostemma pentaphyllum* saponins. *Food chemistry*. 119:306-310.
- Barbosa-Canovas, G.V., E. Ortega-Rivas, P. Juliano, and H. Yan. 2005. *Food powders physical properties, processing and functionality*. New York: Pleum
- Borges, S.V., A. L. S. H. Reis. E.C., Jorge, P. R. Pinto, and V. M. Oliveira. 2002. Spray drying of tropical fruit juice. *Alimentaria*. 334 :125-130.
- Brand-William, W., M.E. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of a free radical methods to evaluate antioxidant activity. *Journal of food science and technology*. 28:25-30.
- Bravo, L. 1998. Polyphenols: chemistry, dietary source, metabolism and nutritional significance. *Nutrition review*. 56: 317-333.
- Butler, T.I., B.A. Morris, and J.R. Wagner. 2009. Chapter 15 - PE based multilayer film structures, p. 205-230. *Multilayer flexible packaging*. William Andrew Publishing. Boston.
- Carolina, B.C., S. Carolina, M.C. Zamora, and C. Jorge. 2007. Glass transition temperatures and some physical and sensory changes in stored spray-dried encapsulated flavors. *LWT - Food science and technology*. 40:1792-1797.
- Chin, S.-T., S.A. Hamid Nazimah, S.-Y. Quek, Y.B. Che Man, R.A. Rahman, and D.M. Hashim. 2010. Effect of thermal processing and storage condition on the flavour stability of spray-dried durian powder. *LWT - Food science and technology*. 43:856-861.
- Eddie, S., and P. Kenneth. 2005. *Experimental design in product development and optimisation*. Handbook of food science, technology, and engineering - 4 Volume Set. CRC Press.
- Fowle, J. 2005. *Developments in barrier films for packaging*. Pira International Ltd. UK. อ้างโดย รัชนิวรรณ กุลจันทร์. 2551. การหาค่าพลังงานก่อกัมมันต์สำหรับสภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำของฟิล์มพลาสติกและการประยุกต์ในการบรรจุอาหารที่ไวต่อความชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- Gharsallaoui, A., G. Roudaut, O. Chambin, A. Voilley, and R. Saurel. 2007. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food research international*. 40:1107-1121.
- Hong, S.-W., J.-h. Yang, E.-H. Joh, H.J. Kim, and D.-H. Kim. 2011. Gypenoside TN-2 ameliorates scopolamine-induced learning deficit in mice. *Journal of ethnopharmacology*. 134:1010-1013.
- Huang, X., and F.H. Hsieh. 2005. Physical Properties, Sensory attributes, and consumer preference of pear fruit leather. *Journal of food science*. 70:177-186.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Kang, K.S., N. Yamabe, H.Y. Kim, T. Okamoto, Y. Sei, and T. Yokozawa. 2007. Increase in the free radical scavenging activities of American ginseng by heat processing and its safety evaluation. *Journal of ethnopharmacology*. 113:225-232.
- Kao, T.H., S.C. Huang, B.S. Inbaraj, and B.H. Chen. 2008. Determination of flavonoids and saponins in *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino by liquid chromatography-mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*. 626:200-11.
- Kim, J.H., and Y.N. Han. 2011. Dammarane-type saponins from *Gynostemma pentaphyllum*. *Phytochemistry*. 72:1453-1459.
- Lavelli, V., and A. Scarafoni. 2012. Effect of water activity on lycopene and flavonoid degradation in dehydrated tomato skins fortified with green tea extract. *Journal of food engineering*. 110:225-231.
- Liu, F., X. Cao, H. Wang, and X. Liao. 2010. Changes of tomato powder qualities during storage. *Powder technology*. 204:159-166.
- Madene, A., M. Jacquot, J. Scher, and S. Desobry. 2006. Flavour encapsulation and controlled release – a review. *International journal of food science & technology*. 41:1-21.
- Masters, K. 1979. *Spray drying handbook*. 3rd ed. London: George Godwin Ltd. 687 p.
- Megalli, S., N. M. Davies, and B. D. Roufogalis. 2006. Anti-hyperlipidemic and hypoglycemic effects of *Gynostemma pentaphyllum* in the Zucker fatty rat. *Journal of pharmacy & pharmaceutical sciences*. 9: 281-291.
- Myhara, R.M., S.S. Sablani, S.M. Al-Alawi, and M.S. Taylor. 1998. Water sorption isotherms of dates: modeling using GAB equation and artificial neural network approaches. *LWT - food science and technology*. 31:699-706.
- Nadeem, H.S., M. Torun, and F. Ozdemir. 2011. Spray drying of the mountain tea (*Sideritis stricta*) water extract by using different hydrocolloid carriers. *LWT - Food science and technology*. 44:1626-1635.
- Obon J.M., M.R. Castellar, M. Alacid, and J.A. Fernandez-Lopez. 2009. Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. *Journal of food engineering*. 90 : 471-479.
- Oleszek, W.A. 2002. Chromatographic determination of plant saponins. *Journal of chromatography*. A. 967:147-162.
- Patras, A., N.P. Brunton, C. O'Donnell, and B.K. Tiwari. 2010. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in food science & technology*. 21:3-11.
- Pietta, P.-G. 2000. Flavonoids as antioxidants. *Journal of natural products*. 63:1035-1042.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Quek, S.Y., N.K. Chok, and P. Swedlund. 2007. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical engineering and processing: process intensification*. 46:386-392.
- Razmovski-Naumovski, V., T.-W. Huang, V. Tran, G. Li, C. Duke, and B. Roufogalis. 2005. Chemistry and pharmacology of *Gynostemma pentaphyllum*. *Phytochemistry reviews* 4:197-219.
- Reh, C., S.N. Bhat, and S. Berrut. 2004. Determination of water content in powdered milk. *Food chemistry*. 86:457-464.
- Sinija, V.R., and H.N. Mishra. 2008. Moisture sorption isotherms and heat of sorption of instant (soluble) green tea powder and green tea granules. *Journal of food engineering*. 86:494-500
- Singleton, R.M. and Lamuela-Raventos 1999. Analysis of total phenol and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Method in enzymology*. 299: 152-178.
- Skrede, G., R.E. Wrolstad. 2002. Flavonoids from berries and grapes. In *function food: biochemical and processing aspect (Volume II)*.p72-123. CRC Press. New York.
- Soobrattee, M.A., V.S. Neergheen, A. Luximon-Ramm, O.I. Aruoma, and T. Bahorun. 2005. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: Mechanism and actions. *Mutation research/fundamental and molecular mechanisms of mutagenesis*. 579(1-2): 200-213.
- Stoklosa, A.M., R.A. Lipasek, L.S. Taylor, and L.J. Mauer.2012. Effects of storage conditions, formulation, and particle size on moisture sorption and flowability of powders: A study of deliquescent ingredient blends. *Food research international*. 49:783-791.
- Suntararuks, S., N. Yoopan, N. Rangkadilok, L. Worasuttayangkurn, S. Nookabkaew, and J. Satayavivad. 2008. Immunomodulatory effects of cadmium and *Gynostemma pentaphyllum* herbal tea on rat splenocyte proliferation. *Journal of agricultural and food chemistry* 56:9305-9311.
- Spray drying. [Online]. available http://en.wikipedia.org/wiki/Spray_drying. (7 October 2557).
- Tiwari, B.K., Brunton P.Nigel., Brennan S. Charles. 2013. *Handbook plant food phytochemicals source, stability and extraction, part IV stability of phytochemicals*, p. 301-364. Blackwell Publishing Ltd.
- Tonon, R.V., A.F. Baroni, C. Brabet, O. Gibert, D. Pallet, and M.D. Hubinger. 2009. Water sorption and glass transition temperature of spray dried acai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice. *Journal of food engineering*. 94:215-221.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Tsai, Y.C., C.L. Lin, and B.H. Chen. 2010. Preparative chromatography of flavonoids and saponins in *Gynostemma pentaphyllum* and their antiproliferation effect on hepatoma cell. *Phytomedicine*. 18:2-10.
- Wandrey C., A. Barthowiak, and E.S. Harding 2010. Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing, p.31-100. *Materials for encapsulation*. Springer New York.
- Wang, C.Z., B. Zhang, W.X. Song, A. Wang, M. Ni, X. Luo, H.H. Aung, J.T. Xie, R. Tong, T.C. He, and C.S. Yuan. 2006. Steamed american ginseng berry: ginsenoside analyses and anticancer activities. *Journal of agricultural and food chemistry*. 54: 9936-9942.
- Waterman P. G., and S. Mole. 1994. *Analysis of phenolic plant metabolites*. Scientific Publications, Oxford.
- Wolfe, K., X. Wu and R. H. Liu. 2003. Antioxidant activity of apple peels. *Journal of agricultural and food chemistry*. 51: 609-614.
- Xie, Z., W. Liu, H. Huang, M. Slavin, Y. Zhao, M. Whent, J. Blackford, H. Lutterodt, H. Zhou, P. Chen, T.T.Y. Wang, S. Wang, and L. Yu. 2010. Chemical composition of five commercial *Gynostemma pentaphyllum* samples and their radical scavenging, antiproliferative, and anti-inflammatory properties. *Journal of agricultural and food chemistry*. 58:11243-11249.
- Xie, Z., Y. Zhao, P. Chen, P. Jing, J. Yue, and L. Yu. 2011. Chromatographic fingerprint analysis and rutin and quercetin compositions in the leaf and whole-plant samples of di- and tetraploid *Gynostemma pentaphyllum*. *Journal of agricultural and food chemistry*. 59:3042-3049.
- Xie, Z., H. Huang, Y. Zhao, H. Shi, S. Wang, T.T.Y. Wang, P. Chen, and L. Yu. 2012. Chemical composition and anti-proliferative and anti-inflammatory effects of the leaf and whole-plant samples of diploid and tetraploid *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino. *Food chemistry*. :125-132
- Xie, Z. 2013. *Nutraceutical properties of Jiaogulan and HPLC fingerprinting for differentiation and quality control*. Doctor of Philosophy. University of Maryland. USA.
- Xu, T.M., Y. Xin, M.H. Cui, X. Jiang, and L.P. Gu. 2007. Inhibitory effect of ginsenoside Rg3 combined with cyclophosphamide on growth and angiogenesis ovarian cancer. *Chinese medical journal*. 120:584-588.
- Yang, Z.G., H.X. Sun, and Y.P. Ye. 2006. Ginsenoside Rd from panax notoginseng is cytotoxic towards HeLa cancer cells and induces apoptosis. *Chemistry and biodiversity* 3:187-197.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Zhang, Q., X. Kang, and W. Zhao. 2006. Antiangiogenic effect of low-dose cyclophosphamide combined with ginsenoside Rg3 on Lewis lung carcinoma. *Biochemical and biophysical research communications*. 342:824-828.
- Zhao, Y., Z. Xie, Y. Niu, H. Shi, P. Chen, and L. Yu. 2012. Chemical compositions, HPLC/MS fingerprinting profiles and radical scavenging properties of commercial *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino samples. *Food chemistry*. 134:180-188.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

งบประมาณของโครงการวิจัย

รายละเอียดงบประมาณการวิจัย จำแนกตามงบประมาณต่าง ๆ (ปีงบประมาณ พ.ศ. 2557)

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
1. งบบุคลากร	153,000
(1) ค่าจ้างชั่วคราว	
1. ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยวุฒิปริญญาโท 1 คน (15,300 บาท x 10 เดือน)	153,000
2. งบดำเนินงาน	180,000
(1) ค่าใช้สอย	40,000
(2) ค่าวัสดุ	140,000
3. งบลงทุน	150,000
(1) ค่าครุภัณฑ์	
เครื่องระเหยแบบสูญญากาศ	150,000
รวมงบประมาณที่เสนอขอ	480,000

ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

1 ปี 6 เดือน ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2556 – ตุลาคม 2557

กิจกรรม	ปีงบประมาณ 2557 (เดือน)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. สืบค้นข้อมูลที่จำเป็นเพิ่มเติม และเตรียมพร้อมเรื่องอุปกรณ์และสารเคมีที่ต้องใช้						
2. ศึกษาผลของการทำแห้งเจียวกู่หลานผงสำเร็จรูป						
3. ศึกษาอายุการเก็บรักษาชาเจียวกู่หลานผงสำเร็จรูป						
4. วิเคราะห์ผลการทดลอง						
5. สรุปผลการทดลอง และจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล

นางสาววิรัชย์ อารีกุล

ตำแหน่งปัจจุบัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ
วท.บ.	จุลชีววิทยา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วท.ม.	เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
M.Sc.	Food Science	The University of Georgia, USA
Ph.D.	Food Science	The University of Georgia, USA

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- ผลของกระบวนการแปรรูปต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์
- จลนศาสตร์การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารและการตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการผลิต
- การหาค่าความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร
- การใช้ประโยชน์ของพืชพื้นบ้านและพืชป่า

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่(ระดับชาติและนานาชาติ)

Phomkaivon, N. & Areekul V. 2009. Screening of antioxidant activity of selected Thai wild plants. Asian Journal of Food & Agro-Industry. 2(4). 433-440.

Areekul, V., Jiapiyasakul, P. and Chandrapatya, A.. 2009. In vitro antimicrobial screening of selected traditional Thai plants. Thai Journal of Agricultural Science. 42 (2) 81-89.

นิพัทธา ขาดสุวรรณ และ วิรัชย์ อารีกุล 2553. ความสัมพันธ์ของปริมาณแอนโทไซยานินต่อปริมาณ โพลีฟีนอลและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในข้าวสีและไม่มีสีสายพันธุ์ต่างๆ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 28(1). หน้า 77-86.

นภาพรรณ ตุ่มสังข์ทอง, ตติย สีหราช และ วิรัชย์ อารีกุล. 2553. การดัดแปลงและการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีลิกควิดโครมาโทกราฟีในการวิเคราะห์ปริมาณเตตราไซคลินและอนุพันธ์ในกุ้ง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 28(2) หน้า 1-8.

Piyawan Buranapim and Varipat Areekul 2009. Effect of benzoate and sorbate on growth of fungi isolated from rice noodle. การประชุมทางวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 35. 15-17 ตุลาคม 2552. (CD format)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติส่วนตัว

ผู้ร่วมวิจัย

ชื่อ-สกุล

นางสาวมาฤดี พงศ์พิพัฒน์พงศ์

ตำแหน่งปัจจุบัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ
วศ.บ.	วิศวกรรมเคมี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
M.Eng.	Agricultural and Food Engineering	Asian Institute of Technology
Ph.D.	Chemical Engineering	The University of Waterloo (Canada)

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- Food Engineering
- Dehydration and Extrusion of Food Materials
- Food Process Control and Optimization
- Hygienic Design in Food Industry

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่(ระดับชาติและนานาชาติ)

Phongpipatpong M. and Wongkrajang K., 2011 “Effect of Different Pretreatments and Air Temperatures on Drying and Quality Characteristics of *Sauropus androgynus* Merr.” CIGR Proceeding (International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering), Nantes, France

Wongkrajang K. and Phongpipatpong M. 2011. Optimization of ultrasound assisted extraction of anthocyanin from Wine Grape Skin: Siraz variety. in The 12th ASEAN Food Conference 2011 on June 16-18, 2011. Bitec, Bangkok, Thailand

Phongpipatpong M., Manee P. and Pokhaw P. 2010. Extrusion of Healthy Snacks from Mungbean. Proceeding of the 12th Thai Society of Agricultural Engineering Conference, Pattaya, Thailand

มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ ลภัสญดา จิรเพียงทอง ผัสพร ผ่องมาลัย ณัฐวดี ชื่อเจริญกิจ พัชรินทร์ ชูศรีทอง และ กรุณา วงษ์กระจ่าง, 2553 “การเอนแคปซูลเส้นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย” การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 11, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม

พรรณิภา ฤาโชคชัย, มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์, 2552, “ผลของสภาวะการทำอิมัลซิฟิเคชันต่อคุณสมบัติด้านรีโอโลยีของผลิตภัณฑ์สเปรตจากน้ำมันมะพร้าวอินทรีย์” การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19 จ. กาญจนบุรี

มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ เกษณี มานะโรจน์กิจ จารุรัตน์ จุตะเสน ชัยวัฒน์ คูสิทธิผล และ กรุณา วงษ์กระจ่าง (2552) “ผลกระทบของการปรับสภาพและอุณหภูมิร้อนต่อการทำแห้งและคุณภาพของผักหวานผง” การประชุมวิชาการวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10, มหาวิทยาลัยสุรนารี นครสวรรค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติส่วนตัว**ผู้ร่วมวิจัย**

ชื่อ-สกุล นายสุวรรณ ทาเขียว

ตำแหน่งปัจจุบัน หัวหน้าหน่วยโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์สมุนไพร มูลนิธิโครงการหลวง
ประวัติการศึกษา

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- การอารักขาพืช
- การใช้ประโยชน์จากพืชป่า

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์**ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่(ระดับชาติและนานาชาติ)**

สุธรรม อารีกุล, จำรัส อินทร, สุวรรณ ทาเขียว และ อ่องเต็ง นันทแก้ว, 2551. องค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย เล่ม 1. มูลนิธิโครงการหลวง. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ.

สุธรรม อารีกุล, จำรัส อินทร, สุวรรณ ทาเขียว และ อ่องเต็ง นันทแก้ว, 2551. องค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย เล่ม 2. มูลนิธิโครงการหลวง. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ.

สุธรรม อารีกุล, จำรัส อินทร, สุวรรณ ทาเขียว และ อ่องเต็ง นันทแก้ว, 2551. องค์ความรู้เรื่องพืชป่าที่ใช้ประโยชน์ทางภาคเหนือของไทย เล่ม 3. มูลนิธิโครงการหลวง. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติส่วนตัว**ผู้ร่วมวิจัย**

ชื่อ-สกุล นางสาวศดานันท์ นรินทร์สุขสันติ

ตำแหน่งปัจจุบัน เจ้าหน้าที่พัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัทเอกชน

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ
วท.บ.	อุตสาหกรรมเกษตร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วท.ม.	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- ชนิดและความสามารถของสารพิษเคมีของพืช

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่(ระดับชาติและนานาชาติ)

การเสนอผลงานวิชาการ

โปสเตอร์:

ศดานันท์ นรินทร์สุขสันติ; วริพัทธ์ อารีกุล 2557. องค์ประกอบสารระเหยให้กลิ่นของชาสมุนไพรเขียวกลิ่นที่สกัดด้วยตัวทำละลายและกลั่นด้วยไอน้ำ ใน เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ, หน้า 186-193.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้