



โครงการหลวง

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2549 - 2550

โครงการวิจัยที่ 3055 - 3586

การพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง

โดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย

Development of Jiaogulan Beverage Powder Processing

by Spray Drying

หัวหน้าโครงการวิจัย

รศ.ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี

Assoc.Prof.Dr.Pairote Wiriacharee

นางรัตติกง เตชะพันธุ์

Mrs.Rattikhon Tachapan

นางสาวเกศินี อุปตศิลป์

Miss Kasinee Uponsil

นายปรีชา มีนาค

Mr.Precha Menak

นายพีรเดช พูลสุข

Mr.Peeradet Pulsuk

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

ธันวาคม 2550

บทคัดย่อ

การวิจัยพัฒนาสูตรเครื่องต้มเหี่ยวกุ่มหาลานชนิดผงโดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้วิธีการต้มสกัดเหี่ยวกุ่มหาลาน และศึกษาอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสม รวมทั้งศึกษาภาชนะบรรจุและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยการนำเหี่ยวกุ่มหาลานมาต้มเพื่อสกัดสารต่าง ๆ จากนั้นนำน้ำสมุนไพรเหี่ยวกุ่มหาลานผสมกับมอลโตเดกซ์ทรินแล้วนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ซึ่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะวัดคุณสมบัติทางด้านกายภาพ (สี L a b) ด้านเคมี (ค่าความเป็นกรด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และค่าน้ำที่เป็นประโยชน์) และด้านการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการศึกษาวิธีการต้มสกัดเหี่ยวกุ่มหาลานที่เหมาะสมโดยทำการต้มสกัดแบบเปิดและต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ ซึ่งการต้มสกัดแบบเปิดใช้ความร้อนจากแก๊สหุงต้ม และการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศด้วยเครื่อง Rotary evaporator พบว่าวิธีการต้มสกัดแบบเปิดจะทำให้ได้ค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มสมุนไพรเหี่ยวกุ่มหาลานชนิดผงในด้านกลิ่นสมุนไพร ความใส และการยอมรับโดยรวม (7.13 7.40 และ 7.13 ตามลำดับ) สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ (5.33 5.13 และ 5.60 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกวิธีการต้มสกัดแบบเปิด เพื่อใช้ในการต้มสกัดน้ำสมุนไพรเหี่ยวกุ่มหาลาน

เมื่อทำการศึกษาอัตราส่วนของสารละลายที่เหมาะสมของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และปริมาณน้ำสมุนไพรเหี่ยวกุ่มหาลานที่เหมาะสม พบว่าอัตราส่วนสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินต่อน้ำสมุนไพรเหี่ยวกุ่มหาลานที่เหมาะสมคือ 30 ต่อ 70 ซึ่งมีค่าคะแนนทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นสมุนไพร และการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์สูง (7.42 6.75 และ 7.08 ตามลำดับ) โดยมีประสิทธิภาพในการทำแห้งอยู่ในเกณฑ์ดี

เมื่อทำการศึกษาภาชนะที่เหมาะสมต่อการบรรจุและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเหี่ยวกุ่มหาลานชนิดผง พบว่าสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ได้ทั้งในถุงพลาสติกชนิด Polypropylene และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิห้อง ผลิตภัณฑ์จะมีอายุการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน

Abstract

The objective of Jiaogulan beverage powder development by spray drying technique to optimize the method of Jiaogulan extraction and also study in the suitable ratio of raw material packaging and shelf life for Jiaogulan beverage powder. Jiaogulan was boiled in order to extract essential elements, after that Jiaogulan juice was mixed with maltodextrin and feed into chamber of the spray dryer. The physical properties (color L, a, b), chemical properties (acidity, total soluble solid and water activity) and sensory evaluation were used to determine the properties of the final product.

Firstly, the extraction method of Jiaogulan between opened extraction by open system and vacuum extraction by rotary evaporation were studied. It was found that sensory scores in flavor, clearness and overall acceptability of opened extraction (7.42, 6.75 and 7.08 respectively) has higher than vacuum extraction (5.33, 5.13 and 5.60 respectively) ($P \leq 0.05$)

Secondly, the proportion of maltodextrin and Jiaogulan extraction juice was also investigated. It was found that 30% of maltodextrin mixed with 70% of Jiaogulan extracted juice gave the highest sensory scores in color, flavor and overall acceptability attribute (7.42, 6.75 and 7.08 respectively) and gave higher drying efficiency than another proportion.

Finally, it was found that Jiaogulan beverage powder could be kept in both polypropylene bag and aluminum foil bag. The shelf life of the product was predicted as 6 months at room temperature (25 °C)

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| สารบัญตาราง | ง |
| สารบัญภาพ | ฉ |
| บทนำ | 1 |
| อุปกรณ์และวิธีการวิจัย | 32 |
| ผลการวิจัย | 37 |
| วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย | 88 |
| กิตติกรรมประกาศ | 90 |
| เอกสารอ้างอิง | 91 |
| ภาคผนวก | |
| ภาคผนวก ก แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส | 94 |
| ภาคผนวก ข รูปภาพ | 97 |
| ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพ | 100 |
| ภาคผนวก ง งบประมาณและการจัดการเงินงบประมาณ | 107 |

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 1 ระดับปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์และความสำคัญ | 12 |
| 2 ความสำคัญของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ออาหาร | 13 |
| 3 สัดส่วนโดยประมาณสำหรับการอบแห้ง การหัดตัวและการกินตัวของผักบางชนิด | 25 |
| 4 ความหนาแน่นก่อนอัดแน่น และปริมาณความชื้นของอาหารผงบางชนิด | 27 |
| 5 แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design | 34 |
| 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง โดยเปรียบเทียบการต้มสกัดแบบเปิด กับการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ | 37 |
| 7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง โดยเปรียบเทียบการต้มสกัดแบบเปิดกับการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ | 39 |
| 8 แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design เพื่อศึกษาอัตราส่วนปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน ต่อปริมาณน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลาน | 40 |
| 9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง โดยศึกษาหาอัตราส่วนของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และปริมาณน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลานที่เหมาะสม | 41 |
| 10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง โดยศึกษาหาอัตราส่วนของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และปริมาณน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลานที่เหมาะสม | 42 |
| 11 การเปลี่ยนแปลงค่า L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 45 |
| 12 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - เขียว) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 48 |
| 13 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 51 |
| 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 54 |
| 15 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 57 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 16 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 60 |
| 17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 63 |
| 18 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 66 |
| 19 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 69 |
| 20 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 72 |
| 21 การเปลี่ยนแปลงค่าคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความใสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 75 |
| 22 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 78 |
| 23 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 81 |
| 24 การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง | 84 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 1 แสดงโครงสร้างทางเคมีของ Gypenoside | 3 |
| 2 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำแห้ง | 6 |
| 3 เส้นกราฟการทำแห้ง อุณหภูมิและความชื้นของอาหารแห้งจะคงที่และความร้อนทั้งหมดถูกถ่ายเทออกไปยังผิวอาหารด้วยการพาความร้อน | 6 |
| 4 อะตอมไมเซอร์ : (a) เซนตริฟิวกัล อะตอม ไมเซอร์; (b) ทูฟลูอิด นอสเชิล อะตอม ไมเซอร์ | 18 |
| 5 การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอยทั่วไป | 18 |
| 6 แสดงการไหลของอากาศภายใน Spray dryer แบบ Co - current flow, Counter - current flow และ Mixed flow | 20 |
| 7 ระบบของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยแบบ Open cycle system และ Closed cycle system | 21 |
| 8 ลักษณะของผงอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ทันที | 26 |
| 9 ขั้นตอนในการทำให้ผงอาหารเกาะกันเป็นก้อนหลวม ๆ | 26 |
| 10 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในถุงพลาสติก (PP) (a) และ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (b) | 46 |
| 11 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในถุงพลาสติก (PP) (a) และ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (b) | 49 |
| 12 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในถุงพลาสติก (PP) (a) และ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (b) | 52 |
| 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในถุงพลาสติก (PP) (a) และ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (b) | 55 |

สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 14 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำเย็นขวดพลาสติก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในอุณหภูมิ (a) และ อุณหภูมิเนียมฟอยด์ (b) | 58 |
| 15 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำเย็นขวดพลาสติก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในอุณหภูมิ (a) และ อุณหภูมิเนียมฟอยด์ (b) | 61 |
| 16 การเปลี่ยนแปลงค่านำที่ประ โยชน์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำเย็นขวดพลาสติก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ใน อุณหภูมิ (a) และ อุณหภูมิเนียมฟอยด์ (b) | 64 |
| 17 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำเย็นขวดพลาสติก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ใน อุณหภูมิ (a) และ อุณหภูมิเนียมฟอยด์ (b) | 67 |
| 18 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำเย็นขวดพลาสติก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ใน อุณหภูมิ (a) และ อุณหภูมิเนียมฟอยด์ (b) | 70 |
| 19 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำเย็นขวดพลาสติก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ใน อุณหภูมิ (a) และ อุณหภูมิเนียมฟอยด์ (b) | 73 |
| 20 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำเย็นขวดพลาสติก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ใน อุณหภูมิ (a) และ อุณหภูมิเนียมฟอยด์ (b) | 76 |
| 21 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำเย็นขวดพลาสติก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในอุณหภูมิ (a) และ อุณหภูมิเนียมฟอยด์ (b) | 79 |
| 22 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำเย็นขวดพลาสติก ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในอุณหภูมิ (a) และ อุณหภูมิเนียมฟอยด์ (b) | 82 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 23 การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเหี่ยวกู่หลานชนิดผง ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในถุงพลาสติก (PP) (a) และ ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ (b) | 85 |
| ข.1 เหี่ยวกู่หลานสด | 98 |
| ข.2 สารเคลือบมอลโตเดกซ์ทริน | 98 |
| ข.3 เครื่อง Rotary evaporator | 98 |
| ข.4 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย | 98 |
| ข.5 การหั่นเหี่ยวกู่หลาน | 98 |
| ข.6 การล้างเหี่ยวกู่หลานด้วยน้ำเปล่า | 98 |
| ข.7 การล้างเหี่ยวกู่หลานด้วยน้ำค้างทับทิม | 98 |
| ข.8 การต้มสกัดแบบเปิดด้วยก๊าซหุงต้ม | 98 |
| ข.9 การต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ | 99 |
| ข.10 การอุ่นน้ำเหี่ยวกู่หลานสกัดก่อนการทำแห้งแบบพ่นฝอย | 99 |
| ข.11 การทดสอบมอลโตเดกซ์ทริน | 99 |
| ข.12 การคนผสมด้วยเครื่องตีผสม | 99 |
| ข.13 ตั้งอุณหภูมิในการทำแห้งแบบพ่นฝอย | 99 |
| ข.14 การทำแห้งแบบพ่นฝอย | 99 |
| ข.15 ผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเหี่ยวกู่หลานชนิดผง | |

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันพืชสมุนไพรกำลังเป็นที่นิยม โดยเฉพาะถ้ามีสรรพคุณช่วยในการชะลอความชรา ลดความอ้วน ทำให้สมุนไพรที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น โสม เป็นสมุนไพรจีนที่มีการใช้กันมาก นอกจากนี้ยังมีสมุนไพรจีนอีกชนิดหนึ่งที่มีสรรพคุณใกล้เคียงกับโสม ซึ่งนิยมนำมาทำเป็นเครื่องดื่ม พืชสมุนไพรชนิดนี้มีชื่อว่า เจียวกู่หลาน ซึ่งหมายความว่า โสมเมืองใต้ เพราะเจียวกู่หลานเจริญเติบโตในแถบทางตอนใต้ของประเทศจีนและมีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายโสม อีกทั้งเจียวกู่หลาน ยังได้รับการยกย่องว่าเป็นยาอายุวัฒนะหรือยาบำรุงร่างกาย อันเนื่องมาจากการเจริญเติบโตตามธรรมชาติ พร้อมกับสรรพคุณในการบำรุงร่างกายและการชะลอความชรา (อังคณา, 2544)

เจียวกู่หลาน (*Gynostemma pentaphyllum Makino*) มีการเพาะปลูกมากในแถบตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน แต่ส่วนใหญ่มีการกระจายพันธุ์อย่างกว้างขวางในเอเชีย และกระจายพันธุ์อย่างกว้างขวางที่สุดในประเทศบังคลาเทศ อินเดีย ญี่ปุ่น เกาหลี ลาว พม่า เนปาล ศรีลังกา และเวียดนาม สำหรับในประเทศไทยมีผู้นำพันธุ์จากประเทศญี่ปุ่นมาปลูกในภาคใต้เพื่อผลิตเป็นชาจำหน่ายเรียกว่า ชาสตูล ในภาคเหนือรู้จักกันในหมู่ชาวจีนว่า เจียวกู่หลานและมีชื่อเรียกภาษาไทยว่า ปัญจขันธ์ เจียวกู่หลานได้รับการส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกบนพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรของมูลนิธิโครงการหลวงมาเป็นเวลานาน และมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อในรูปแบบเครื่องดื่มสมุนไพรของพร้อมซง และน้ำพร้อมดื่ม (รัตติกงและคณะ, 2547)

การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray-drying) เป็นวิธีสำคัญสำหรับการทำแห้งอาหารประเภทของเหลว เช่น ผลิตภัณฑ์นม กาแฟ และไข่ ซึ่งเป็นวิธีการทำแห้งที่นิยมเนื่องจากสามารถคงคุณค่าทางโภชนาการ และรสชาติที่ดีของอาหารได้ เป็นการเพิ่มมูลค่า และรักษาคุณค่าของอาหารให้แก่ผลิตภัณฑ์ โดยมีหลักการทำงาน คือ ของเหลว หรือของเหลวเข้มข้นจะถูกอัดฉีดเข้าในห้องซึ่งจะมีลมร้อนพ่นเข้ามา ทำให้อาหารเป็นละอองฝอย อนุภาคที่แห้งจะกระจายในกระแสลมแล้วลอยเข้าสู่ไซโคลน และนำไปบรรจุในภาชนะกันความชื้น (ไพบูลย์, 2532)

มอลโตเดคซ์ทรีนเป็นสารเคลือบ (Filler) ชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอย ทั้งนี้เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีในการละลาย และการกระจายตัวในน้ำได้ดี ช่วยทำให้ไขมันกระจายตัว ควบคุมความชื้นน้อย รักษากลิ่นรสของอาหารได้ดี และมีการไหลอย่างอิสระไม่เกาะติดกัน มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น กระบวนการผลิตเนยแข็งผง ไขมันผง ผงปรุง

แต่งกลิ่นรสอาหาร น้ำผลไม้ผง และผงไซรัป โดยมอลโตเดกซ์ทริน จะทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในสารละลายเพิ่มสูงขึ้น และเป็นสารให้อ่อนภาคอื่นๆ ยึดเกาะ (ภัทวรา, 2546)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นการแปรรูปเจียวกู่หลานในรูปแบบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง โดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สะดวกต่อการบริโภค โดยยังคงคุณค่าทางอาหาร และทางยาไว้ได้ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตเจียวกู่หลาน และเป็นการเพิ่มช่องทางการบริโภคสมุนไพรเจียวกู่หลานได้อีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการต้มสกัดเจียวกู่หลานที่เหมาะสม
2. ศึกษาอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสม
3. ศึกษาภาชนะบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ขอบเขตของการวิจัย

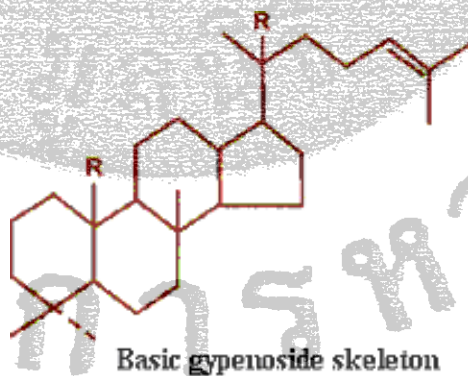
ในโครงการวิจัยนี้เป็นการนำพืชสมุนไพรเจียวกู่หลาน ที่เกินความต้องการของตลาด หรือมีลักษณะใบชำ หรือ รูปใบไม่เหมาะสมสำหรับการผลิตเป็นชาใบมาทำการแปรรูปเป็นเครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง โดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยการศึกษาสภาวะในการทำแห้ง และส่วนผสมที่เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับต่อผู้บริโภค รวมถึงภาชนะที่เหมาะสมต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เจียวกู่หลาน (Jiaogulan)

เจียวกู่หลาน (Jiaogulan) เป็นพืชวงศ์ Cucurbitaceae ซึ่งเป็นพืชวงศ์เดียวกับแตงกวา และตำลึงเป็นพืชล้มลุกชนิดเถาเลื้อยขนานกับพื้นดิน รากงอกออกจากข้อ ใบมีขนอ่อนสีขาวปกคลุม ส่วนที่นำมาใช้ได้ คือส่วนเหนือดินที่มีอายุ 4 - 5 เดือนขึ้นไป มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Gynostemma pentaphyllum Makino* มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Sweet tea vine มีชื่อภาษาญี่ปุ่นว่า อามาซาซุรุ (Amachazura) เป็นพืชท้องถิ่นที่พบได้ในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีการนำมาใช้เป็นยาเพื่อบรรเทาอาการ และรักษาโรคต่างๆ เช่น เบาหวาน โรคความดันโลหิต โรคแผลในกระเพาะอาหาร ช่วยชะลอการเกิดโรคหัวใจและมะเร็ง (อังคณา, 2544)

ในปลายศตวรรษ 1970 นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นได้เริ่มค้นพบว่า เจียวกู่หลานมีคุณสมบัติในการป้องกัน และรักษาโรคหลาย ๆ ประการ สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นค้นพบคือ เจียวกู่หลานเป็นสมุนไพรที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับโสม และคุณสมบัติบางตัวมีคุณค่าสูงกว่าโสม นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เจียวกู่หลานมีคุณสมบัติ ทั้งในการเพิ่มพูนกำลังกาย ลดสารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และมีสารประกอบทางเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่นเดียวกับแร่ธาตุ กรดอะมิโน โปรตีน และวิตามินต่างๆ ที่จำเป็นต่อร่างกายหลายอย่าง



ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างทางเคมีของ Gypenoside

ที่มา: NuLiv Science, 2006

เจียวกู่หลานประกอบด้วยสารประกอบทางเคมีที่สำคัญต่อร่างกายหลายอย่าง เช่น สาร Gypenosides ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับสาร Penaxoside ที่พบในโสม โดยสารประกอบทางเคมีที่พบในเจียวกู่หลาน อาจมีปริมาณมากกว่าถึง 4 เท่า ซึ่งเมื่อบริโภคเข้าไปในร่างกายแล้วจะมีสรรพคุณ

เช่นเดียวกับสาร Penaxoside ของโสม และมีปริมาณมากกว่าหลายเท่าโดยสรรพคุณเหล่านี้ มีผลต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย เช่น ระบบความดันโลหิต ระบบสืบพันธุ์ ระบบย่อยอาหาร ระบบภูมิคุ้มกันและสภาวะทางอารมณ์ รวมทั้งระบบอื่นๆ (อังกฤษ, 2544)

เจียวกู่หลานถูกนำมาทดสอบฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาซึ่งพบว่าประกอบด้วยฤทธิ์หลายๆ อย่างด้วยกัน ได้แก่ ฤทธิ์ในการลดความดันโลหิต มีผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจช้าลงโดยทำการทดลองในหนูขาวที่สลบด้วยเพนโทบาร์บิทัล (Pentobarbital) พบว่า มีฤทธิ์กดระบบประสาทส่วนกลาง ฤทธิ์ในการป้องกันการเกิดบาดแผลในกระเพาะอาหาร ฤทธิ์ในการป้องกันตับจากคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbontetrachloride) และฤทธิ์ระงับความเจ็บปวด นอกจากนี้เจียวกู่หลานยังกระตุ้นเซลล์เบต้าของต่อม Islet of Langerhans ในตับอ่อนให้หลั่งอินซูลินทำให้ลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ และมีฤทธิ์ในการลดระดับโคเลสเตอรอลในหนูปกติ และหนูที่เป็นเบาหวาน ได้มีการศึกษาแยก Dammarane glycosides จากส่วนต้น (Aerial parts) ของ *Gynostemma pentaphyllum* โดยใช้ Methyl alcohol (MeOH) เป็นสารสกัด ซึ่ง Dammarane glycosides ดังกล่าวเป็นสารที่อยู่ในกลุ่ม Dammaranediol family เช่นเดียวกับสารที่พบใน *Panax ginseng* คือ Ginesenosides ซึ่งมี Dammarane framework เป็นโครงสร้างพื้นฐาน มีโครงสร้างที่คล้ายกับ Steroid hormones เช่น Androgen Testosterone และ Corticosterone

รายงานวิจัยทางเคมีโดย Fang and Zeng (1989) พบว่าส่วนก้านและใบของเจียวกู่หลานมีสารที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ กรดมาโลนิค สารกลุ่มไบโอฟลาโวนอยด์ เช่น รุติน (Rutin) และออมบรูโอไซด์ (Ombuoside) และสารพวกซาโปนิน (Saponin) ซึ่งสามารถเสริมภูมิคุ้มกัน ทำให้มีการสร้างภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจำนวน Natural killer cells ซึ่งทำหน้าที่ทำลายเซลล์มะเร็ง และทำให้ผู้รับประทานเข้าไปมีร่างกายที่แข็งแรง ไม่รู้สึกอ่อนเพลียง่าย เป็นต้น

มอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin)

มอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin) ประกอบด้วยแซคคาไรด์โมเลกุลเล็กๆ หลายชนิด แซคคาไรด์เหล่านี้ประกอบด้วยน้ำตาล ดี - กลูโคส (D - glucose) หรือเดกซ์โตส (Dextrose) ที่เชื่อมกันด้วยพันธะแอลฟา 1 - 4 และมีค่าสมมูลย์เดกซ์โทรส (Dextrose Equivalent; DE) ต่ำกว่า 20 (จันทร์ฉาย, 2540) มอลโตเดกซ์ทรินสามารถผลิตได้โดยกระบวนการเดียวกับการผลิตคอร์นซีรัป เพียงแต่ในกระบวนการย่อยแป้งจะต้องควบคุมให้มีค่าสมมูลย์เดกซ์โทรสต่ำกว่า 20 การย่อยแป้งอาจทำได้โดยใช้กรด โดยเฉพาะกรดเกลือหรือใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส หรืออาจย่อยแป้งโดยใช้กรดและเอนไซม์ร่วมกัน

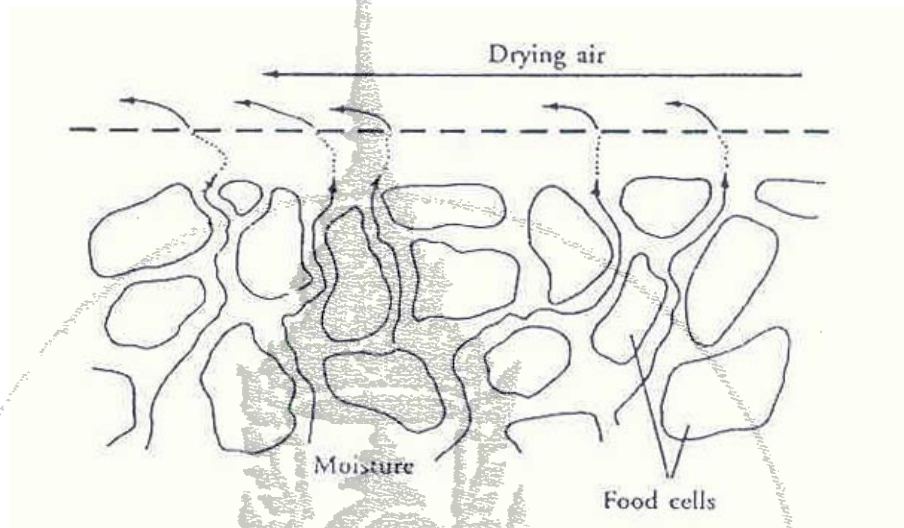
มอลโตเดกซ์ทรินที่ผลิตได้จากการย่อยแป้งด้วยกรด มีแนวโน้มที่จะเกิดการรวมตัวกลับ เนื่องจากการย่อยแป้งเพื่อให้ได้สายสั้น ๆ และมีค่าสมมูลย์เดกซ์โทรสต่ำนั้นจะมีขนาดใหญ่พอที่จะรวมตัวกันใหม่ ซึ่งมีผลทำให้สารละลายมอลโตเดกซ์ทรินข้น และมีผลกระทบต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ดังนั้นการป้องกันการเกิดสารละลายข้นและเพื่อให้ได้มอลโตเดกซ์ทรินที่ คุณค่าขึ้นต่ำ และสามารถละลายน้ำได้ดี จำเป็นต้องใช้เอนไซม์หรือใช้กรด และเอนไซม์ร่วมกัน ในการย่อยแป้ง ส่วนประกอบของแซคคาไรด์ของมอลโตเดกซ์ทรินที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยกรด จะแตกต่างจากการย่อยด้วยกรด และเอนไซม์ร่วมกัน หรือจากการย่อยด้วยเอนไซม์ ซึ่งค่าสมมูลย์ เดกซ์โทรสเท่ากัน มอลโตเดกซ์ทรินที่ได้จากการย่อยด้วยกรดจะมีสัดส่วนของเดกซ์ทรินที่มี น้ำหนักโมเลกุลสูงมากกว่า ซึ่งทำให้เกิดการรวมตัวใหม่ได้ง่าย สำหรับการละลายของ มอลโตเดกซ์ทรินที่มีค่าสมมูลย์เดกซ์โทรสในช่วงต่าง ๆ พบว่ามอลโตเดกซ์ทรินที่ได้จากการย่อย ด้วยเอนไซม์ที่มีความเข้มข้นของน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่านั้น (อัคกะบัทคาน, 2540) สามารถละลาย น้ำได้มากกว่ามอลโตเดกซ์ทรินที่ได้จากการย่อยด้วยกรดที่มีค่าสมมูลย์เดกซ์โทรสเท่ากัน

มอลโตเดกซ์ทรินสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมน้ำมันหอมระเหย เป็นต้น เนื่องจากมีคุณสมบัติอื่น ๆ นอกจากความหวาน คือ (ปิยะวิทย์, 2544) ช่วยขจัดน้ำออกจากเนื้อเยื่อผลไม้ในกระบวนการ ออสโมซิส มีความสามารถในการดูดซับความชื้น ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล สามารถทำ ให้เกิดเป็นฟิล์มที่มันวาวและป้องกันการผ่านเข้าออกของออกซิเจน นอกจากนี้ยังช่วยในการ กระจายและการละลาย รวมทั้งช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืด

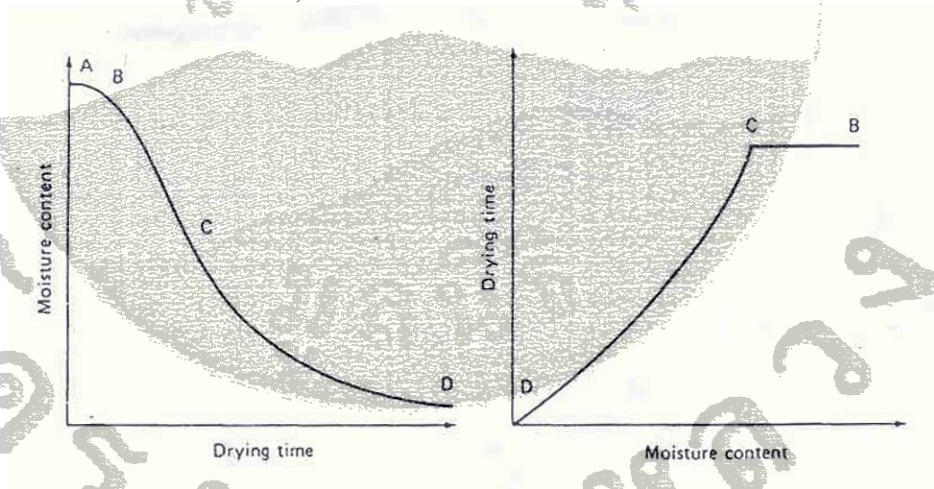
กระบวนการทำแห้งอาหาร

การทำแห้ง (Drying) หมายถึง การใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำ ส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหารโดยการระเหยน้ำ วัตถุประสงค์ของการอบแห้งคือ การยืดอายุการเก็บรักษา อาหารโดยการลดปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Water activity, Aw) ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญ ของเชื้อจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการไม่สูง พอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นการลดน้ำหนัก และปริมาณของอาหารยังช่วยลด ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา และการขนส่ง เพิ่มความหลากหลาย และความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค อย่างไรก็ตามการอบแห้งมีข้อเสียเปรียบบางประการ กล่าวคือ ทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพ การบริโภคและคุณภาพทางโภชนาการของอาหาร ซึ่งในผลิตภัณฑ์อาหารส่วนมากจะไม่ใช้วัสดุที่ สามารถทำให้แห้งจนความชื้นมีค่าเป็นศูนย์ได้ แต่จะมีความชื้นจำนวนหนึ่งแฝงอยู่

(Hygroscopic materials) เช่น ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ต่างๆ ซึ่งต่างจากวัสดุอื่นๆ เช่น ทรายหรือน้ำ ซึ่งสามารถทำให้แห้งจนมีค่าความชื้นเป็นศูนย์ได้ (Non - Hygroscopic materials) (วิล, 2545)



ภาพที่ 2 การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำแห้ง
ที่มา : วิล, 2545



ภาพที่ 3 เส้นกราฟการทำแห้ง อุณหภูมิและความชื้นของอาหารแห้งจะคงที่และความร้อนทั้งหมดถูกถ่ายทอดไปยังผิวอาหารด้วยการพาความร้อน

ที่มา : วิล, 2545

กลไกการทำแห้ง

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหนังอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหาร และน้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ดังแสดงในภาพที่ 2

กราฟอัตราการอบแห้ง เป็นกราฟที่ได้จากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและเวลาที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการทำแห้ง ดังภาพที่ 3 ซึ่งสามารถใช้หาเวลาในการอบแห้งที่สถานะเดียวกันได้ อย่างไรก็ตามเมื่อสร้างกราฟระหว่างอัตราการอบแห้งกับปริมาณความชื้นจะได้กราฟที่แสดงกระบวนการอบแห้งที่คึกกว่า ซึ่งจากภาพที่ 3 พบว่า สามารถแบ่งอัตราการอบแห้งได้เป็นสองช่วง คือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งเมื่อเริ่มต้นการอบแห้งอาหารจะมีปริมาณน้ำมากที่ผิวของอาหารจะมีชั้นน้ำอิสระบาง ๆ ปกคลุมอยู่ อัตราการอบแห้งเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์อาหารเกิดจากโมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่หรือระเหยจากผิวหนังสู่อากาศร้อนที่เป็นตัวกลาง ในขั้นแรกนี้ปริมาณน้ำที่ผิวหนังจะคงที่ตลอด เพราะน้ำที่อยู่ภายในอาหารเคลื่อนที่มาแทนน้ำที่ผิวหนังที่ระเหยไปอย่างเพียงพอ ที่จะทำให้ปริมาณน้ำยังคงที่ตลอดเวลา อาจกล่าวได้ว่าอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในมาที่ผิวหนังอาหารมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับอัตราการระเหยของน้ำจากผิวหนังอาหาร ช่วงนี้เรียกว่าช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ หรือช่วง B - C และจะดำเนินการต่อไปจนกระทั่งอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำภายในมาสู่ผิวหนังอาหารยังคงรวดเร็วเพียงพอต่อการระเหยที่เกิดขึ้นตลอดเวลาจากการไหลอย่างคงที่ของอากาศร้อน เมื่อถึงจุดที่การเคลื่อนย้ายของน้ำภายในอาหารช้าลงจะสิ้นสุดช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ อาหารที่มีความชื้นต่ำ เช่น พวกเมล็ดพืชจะมีอัตราการอบแห้งคงที่สั้นมากหรือไม่มีเลย อย่างไรก็ตามในช่วงเริ่มต้นหรือช่วง A - B ถ้าผิวหนังของอาหารมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศร้อน อัตราการระเหยจะเพิ่มขึ้นในขณะที่มีการปรับอุณหภูมิของอาหารให้สูงขึ้นจนกระทั่งเข้าสู่สมดุล

เมื่อความชื้นมีค่าที่ C ปริมาณน้ำที่ผิวหนังอาหารจะระเหยและลดลงอย่างมาก อัตราการอบแห้งช่วงนี้จะขึ้นอยู่กับอัตราการเคลื่อนย้ายของน้ำมาที่ผิวอาหาร นั่นคืออัตราการระเหยของน้ำจะมีค่ามากกว่าอัตราการเคลื่อนย้ายของน้ำจากภายในมาที่ผิวอาหาร ช่วงนี้เรียกช่วงอัตราการอบแห้งลดลง คือ ช่วง C - D รูปแบบของความชื้นของอาหารจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสถานะการอบแห้ง ความชื้นจะมีค่าสูงสุดที่กึ่งกลางของชิ้นอาหาร และจะต่ำสุดที่ผิวหนังอาหารระหว่างช่วงอัตราการอบแห้งลดลง

เมื่อทำการอบแห้งต่อไปจะสามารถกำจัดน้ำอิสระที่อยู่ภายในอาหารจนหมด คือ ความชื้นลดลงจากจุด D ไปยังจุด E การระเหยจะเกิดเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นที่ผิวหนัง

อาหารและภายในอาหาร และอัตราการกำจัดน้ำจะลดลงเนื่องจากความเข้มข้นของน้ำลดลงไปอย่างมากจากการอบแห้ง และเมื่อถึงจุด E กระบวนการอบแห้งจะสิ้นสุดลง (วิล, 2545)

การถ่ายเทความร้อนและมวลสาร

ในการทำแห้งจะต้องมีการให้พลังงานแก่อาหาร ทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วเคลื่อนย้ายออกจากอาหาร แสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนจากธรรมชาติ และกระแสลมที่พัดผ่านอาหารทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำ เนื่องจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิไม่สูงนัก และกระแสลมธรรมชาติไม่สูงพอ ทำให้การตากแห้งต้องใช้เวลาาน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเครื่องอบที่มีการให้พลังงานความร้อนในปริมาณที่ควบคุมได้ และมีอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากผิวอาหาร การถ่ายเทความร้อน และมวลสารเกิดได้เร็ว อาหารจึงแห้งได้เร็วขึ้น การถ่ายเทความร้อน และมวลสารระหว่างการอบแห้งทำได้หลายวิธีคือ

1. การให้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่ผ่านอาหาร กระแสลมร้อนทำหน้าที่ให้ความร้อน และเคลื่อนย้ายไอน้ำ การถ่ายเทความร้อนแบบนี้เป็นแบบการพาความร้อน (Convection)
2. การแผ่อาหารเป็นชั้นบาง ๆ บนพื้นผิวที่ให้ความร้อน อาหารได้รับความร้อนแบบการนำความร้อน (Conduction) ทำให้อิอน้ำกระจายตัวออกไปสู่บรรยากาศเหนืออาหาร อาหารที่ร้อนจัดทำให้อิอน้ำกระจายตัวได้ดี อาหารจึงแห้งในเวลาสั้นๆ อาจมีระบบดูดอากาศออกจากผิวอาหาร ซึ่งทำให้สามารถลดความชื้นได้ต่ำลงอีก โดยไม่ต้องใช้อุณหภูมิอาหารที่สูงนัก
3. การให้ความร้อนแก่อาหารในเครื่องอบด้วยการนำความร้อน หรือการแผ่รังสี ร่วมกับการดูดอากาศที่มีไอน้ำออกไปควบแน่นข้างนอก
4. การปรับสภาพความดัน และอุณหภูมิให้น้ำในอาหารเป็นของแข็งที่ระดับต่ำกว่าจุดร่วมสามสถานะ (Triple point) แล้วให้พลังงานความร้อน หรือลดความดันลงอีกทำให้เกิดการระเหิด น้ำเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นไอโดยตรง วิธีการนี้เรียกว่าการทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)

การเคลื่อนที่ของน้ำ

เมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากภายในชั้นอาหารออกมาที่ผิวมี 2 วิธี คือ

1. การเคลื่อนที่ด้วยแรงผ่านช่องแคบ (Capillary force) เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเซลล์โปรง มีช่องว่างระหว่างเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นทางแคบๆ เกิดแรงดันของน้ำขึ้นมาตามต่อการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นได้สะดวกรวดเร็ว แต่จะหยุดเมื่อน้ำในทางแคบนั้นขาดตอนลง

2. การเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (Diffusion) ผ่านเซลล์ เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเนื้อแน่น ไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ที่ต่อเนื่องเป็นทางแคบ ๆ หรือเกิดในอาหารที่อบแห้งไประยะหนึ่งที่แรงผ่านช่องแคบหมดไปแล้ว น้ำจะต้องแพร่ผ่านเซลล์จึงเคลื่อนที่ได้ช้า

เมื่อน้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารแล้วจึงระเหยกลายเป็นไอ เคลื่อนย้ายออกไปกับกระแสลมหรือถูกดูดออกไปด้วยระบบสุญญากาศ

อัตราการทำแห้ง

ลักษณะการเคลื่อนย้ายของน้ำในอาหารมีผลต่ออัตราการทำแห้ง (การสูญเสียน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา) ถ้าอาหารมีเนื้อโปร่งการเคลื่อนที่เป็นแบบการไหลผ่านช่องแคบ (Capillary flow) น้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารได้เร็วกว่าการระเหยกลายเป็นไอ จึงทำให้ผิวอาหารเปียกชุ่มด้วยน้ำ การระเหยของน้ำเกิดขึ้นอย่างอิสระด้วยอัตราเร็วคงที่ จึงเรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ ต่อมาเมื่อการไหลผ่านช่องแคบหมดไป น้ำต้องเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ที่ช้าลงมากจนมาที่ผิวไม่เพียงพอ ผิวอาหารจึงแห้ง การระเหยเกิดขึ้นได้ช้าลง อัตราการทำแห้งจึงลดลง เรียกการทำแห้งช่วงนี้ว่า ช่วงอัตราการทำแห้งลดลง อาหารที่มีเนื้อแน่นน้ำจะเคลื่อนที่ภายในชั้นอาหารได้ช้า จึงมีเฉพาะช่วงอัตราการทำแห้งลดลง

การทำแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่อความชื้นของอากาศในเตาสมดุลกับความชื้นของอาหาร หรือค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเท่ากับปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของอาหารคูณ 100 และเรียกความชื้นของอาหารขณะนั้นว่า ความชื้นสมดุล

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

การทำแห้ง คือ การเคลื่อนย้ายน้ำออกจากอาหาร ปัจจัยใดๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายนี้จึงมีผลต่ออัตราเร็วการทำแห้ง ได้แก่

1. ธรรมชาติของอาหาร อาหารเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารแบบผ่านช่องแคบซึ่งเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้น อาหารเนื้อโปร่งจึงแห้งได้เร็วกว่าอาหารเนื้อแน่น อาหารที่มีน้ำตาลสูงจะมีลักษณะเหนียวทำให้เกิดขบวนการเคลื่อนที่ของน้ำจึงแห้งช้า อาหารที่มีการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจึงแห้งได้เร็วขึ้น

2. ขนาดและรูปร่าง มีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น รูปร่างเหมือนกัน แต่ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศที่จะเกิดได้ช้าทั้ง ๆ ที่พื้นที่ต่อหน่วยน้ำหนักมาก

3. ตำแหน่งของอาหารในเตา น้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนได้ดีกว่า หรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำจะระเหยได้ดีกว่า

4. ปริมาณอาหารต่อถาด ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อน หรือได้รับความร้อนจากถาดแล้วแต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า

5. ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มาก จะรับไอน้ำเพิ่มได้น้อย จึงมีผลในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่

6. อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำจึงมีผลต่อการทำแห้งในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การกระจายของน้ำดีขึ้นจึงมีผลต่อการอบในช่วงอัตราการทำแห้งลดลงด้วย

7. ความเร็วของลมร้อน ลมร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นจึงเคลื่อนย้ายได้ดีขึ้น การเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นเต็มที่ที่ความเร็วลม 244 เมตรต่อ นาที นอกจากนั้นความเร็วลมทำให้เกิดกระแสนปั่นป่วนของอากาศในเตา อากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

การเปลี่ยนแปลงของอาหารเนื่องจากการอบแห้ง

การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารมากหรือน้อยขึ้นกับธรรมชาติของอาหาร และสถานะที่ใช้ในการอบแห้งดังนี้คือ

1. การหดตัว เนื่องจากการเสียน้ำในเซลล์อาหารหดตัวจากผิวนอก ส่วนที่แข็งจะคงสภาพได้ ส่วนที่อ่อนกว่าจะเว้าลงไป อาหารที่มีน้ำมากจะหดตัวบิดเบี้ยวมาก การทำแห้งอย่างรวดเร็วจะหดตัวน้อยกว่าการทำแห้งอย่างช้า ๆ

2. การเปลี่ยนสี อาหารที่ผ่านการทำแห้งมักมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากความร้อน หรือปฏิกิริยาเคมีที่เกิดสีน้ำตาล อุณหภูมิและช่วงเวลาที่อาหารมีความชื้นร้อยละ 100 มีผลต่อความเข้มของสี จึงควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงในช่วงความชื้นนี้

3. การเกิดเปลือกแข็ง เป็นลักษณะที่ผิวของอาหาร แข็งตัวเป็นเปลือกหุ้มส่วนในที่ยังไม่แห้งไว้ซึ่งจะเกิดเนื่องจากน้ำระเหยตัวเกินไปในช่วงแรกของการอบแห้ง น้ำจากด้านในเคลื่อนที่มาที่ผิวไม่ทัน หรือมีสารละลายของน้ำตาล โปรตีนเคลื่อนที่มาแข็งตัวที่ผิว ปัญหาดังกล่าวสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ไม่สูงเกินไป และใช้อากาศที่มีความชื้นสูงเพื่อไม่ให้ผิวอาหารแห้งก่อนเวลาอันควร

4. การเสียดุลค่าทางอาหารและสารระเหย เกิดการเสื่อมสลายของวิตามินซี และ แครโรทีนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไรโบฟลาวินจากแสง ไทอะมีนจากความร้อน เมื่อใช้เวลาทำหึ่ง นานการสูญเสียก็ยิ่งมาก โปรตีนมีการสูญเสียบางส่วนด้วยความร้อนเช่นเดียวกัน การสูญเสียการ ระเหยเนื่องจากความร้อนทำให้กลิ่นของอาหารแห้งลดน้อยลง หรือแตกต่างไปจากเดิม

ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Water activity, Aw)

ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Water activity, Aw) หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร เป็น น้ำที่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของโมเลกุลทางเคมีของอาหาร (Bound water) และยังเป็นอิสระ (Free water) อยู่ในอาหาร หากมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์สูงจะทำให้อาหารเก็บไว้ได้ไม่นาน หรือ เรียกว่า อายุการเก็บรักษาสั้น (นิธิยา, 2545)

อาหารที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำจะทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ช้าลง ลดปฏิกิริยาของ เอนไซม์ จึงลดการเกิดสีน้ำตาล และลดการเหม็นหืน ดังนั้นอาหารที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำ จึงมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าอาหารที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์สูง อาหารที่สามารถเก็บ รักษาได้นานที่สุดคือ อาหารที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 0.20 - 0.40 นอกจากนี้แล้ว ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ยังมีความสำคัญกับด้านต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ภาควิชาการอาหาร

ตารางที่ 1 ระดับปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์และความสำคัญ

| ค่า Aw | ความสำคัญ |
|--------|--|
| 0.95 | <i>Pseudomonas, Bacillus, Clostridium perfringens</i> และยีสต์บางชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ |
| 0.90 | ขีดต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่เรียกว่า <i>Salmonella, Vibrio parahaemolyticus, Lactobacillus</i> และยีสต์บางชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ |
| 0.85 | ยีสต์หลายชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ |
| 0.80 | ขีดต่ำสุดสำหรับปฏิกิริยาของเอนไซม์ และการเจริญเติบโตของเชื้อราส่วนใหญ่ <i>Staphylococcus aureus</i> ไม่สามารถเจริญได้ |
| 0.75 | ขีดต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของ Halophilic bacteria |
| 0.70 | ขีดต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของ Xerophilic fungi ส่วนใหญ่ |
| 0.65 | อัตราเร็วสูงสุดสำหรับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Maillard reaction) |
| 0.60 | ขีดต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของ Osmophilic bacteria และ Xerophilic yeast และ Fungi |
| 0.55 | ขีดต่ำสุดสำหรับการดำรงชีวิตของเชื้อจุลินทรีย์ |
| 0.40 | อัตราเร็วต่ำสุดของปฏิกิริยาออกซิเดชัน |
| 0.25 | ความต้านทานสูงสุดของแบคทีเรียจำพวกสร้างสปอร์ |

ที่มา : (ไพโรจน์ และคณะ, 2545)

การหาความชื้นในอาหารหาได้จากให้นำอาหารไปอบแล้วชั่งน้ำหนักของแข็งที่เหลือ ทำให้ทราบความชื้นหรือปริมาณน้ำที่หายไป แล้วคำนวณออกมาเป็นร้อยละความชื้นหรือร้อยละน้ำที่อยู่ในอาหารนั้น อย่างไรก็ตามถ้าความชื้นของอาหารน้อยกว่าร้อยละ 50 หรือในอาหารแห้งโดยทั่วไปควรหาค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ หรือ Aw จะทำให้เห็นความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของอาหารได้ชัดเจนกว่า เพราะถ้าค่าความชื้นในอาหารเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยก็ จะเห็นความแตกต่างของค่า Aw ได้ทันที และถ้าอาหารมีค่า Aw สูง อาหารมีแนวโน้มที่จะเสื่อมเสียโดยแบคทีเรีย เนื่องจากแบคทีเรียสามารถเจริญได้ดีกว่ายีสต์และเชื้อรา ถ้าควบคุมให้อาหารมีค่า Aw ลดต่ำลง เชื้อราหรือยีสต์จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรีย ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสำคัญของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ออาหาร

| Water activity (Aw) | จุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้ง | ตัวอย่างอาหาร |
|---------------------|---|--|
| 0.95 | <i>Pseudomonas, Escherichia, Proteus, Shigella, Bacillus, Clostridium perfringens</i> , ยีสต์ | - อาหารที่เน่าเสียง่าย เช่น ผัก ผลไม้สด นม เนื้อ ปลา ไส้กรอก ขนมงีง |
| 0.91 | <i>Salmonella, Vibrio parahaemolyticus, C.botulinum, Serratia, Lactobacillus</i> , ราบางชนิด | - แสมและน้ำผลไม้เข้มข้นที่มีน้ำตาล ร้อยละ 55 หรือมีเกลือ (NaCl) ร้อยละ 12 |
| 0.87 | ยีสต์หลายชนิด | - ซาลามี มาการีน เค้กไข่ขาว (Sponge cake) อาหารที่มีน้ำตาลร้อยละ 65 โดย น้ำหนักหรือ มีเกลือ (NaCl) ร้อยละ 15 |
| 0.80 | <i>Mycotoxigenic penicillia, Staphylococcus aureus</i> | - น้ำผลไม้เข้มข้นเกือบทุกชนิด ข้าว แป้ง นมข้นหวาน เค้กผลไม้ เค้กที่ใส่น้ำตาล |
| 0.75 | <i>Halophilic bacteria, Mycotoxigenic aspergilli</i> | - แสม มาร์มาเลด |
| 0.65 | Xerophilic molds | - เยลลี่ โมลาส ถั่ว ผลไม้อบแห้งบางชนิด |
| 0.60 | Osmophilic yeasts และ ราบางชนิด | - ผลไม้แห้ง ความชื้นร้อยละ 15 - 20 น้ำผึ้ง ทอปปิ้ง คาราเมล |
| 0.50 | จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ | - เครื่องเทศความชื้นประมาณร้อยละ 10 |
| 0.40 | | - ก๋วยเตี๋ยวความชื้นประมาณร้อยละ 12 |
| 0.30 | | - ไข่ผง ความชื้นประมาณร้อยละ 5 |
| | | - คุกกี้ แครกเกอร์ ความชื้นประมาณ ร้อยละ 3 - 5 |

ที่มา : นิธิยา, 2545

การเก็บรักษาอาหารแห้ง

อาหารแห้งควรมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 0.70 จะช่วยให้ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ แต่ทั้งนี้จะต้องรักษาค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ไม่ให้เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามยังมีการเสื่อมเสียอื่นๆ อีก ทำให้ต้องเก็บอาหารแห้งที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่านี้มาก และหลีกเลี่ยงสภาวะที่ส่งเสริมการเสื่อมเสียของอาหารแห้ง

การเสื่อมเสียของอาหารแห้งเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้

1. การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Auto oxidation) เนื่องจากอากาศซึ่งมักเกิดกับอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน ทำให้เสื่อมคุณค่าของอาหาร หากเกิดกับคลอโรฟิลล์ หรือ แอนโทยานิน จะทำให้สีของอาหารซีด และเมื่อเกิดกับน้ำมันหอมระเหย และสารให้กลิ่นจะทำให้กลิ่นเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงปัจจัยที่เสริมปฏิกิริยา คือ แสงและอุณหภูมิสูง
2. เนื่องจากเอนไซม์ที่อยู่ในอาหารแต่แรก หรือมาจากแหล่งอื่นภายหลังจึงต้องมีการทำลายเอนไซม์ในผลิตภัณฑ์ก่อนการทำแห้ง
3. การเปลี่ยนสีเนื่องจากอุณหภูมิ หลีกเลี่ยงโดยไม่เก็บในที่ร้อนหรือเก็บในที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก
4. การเกาะตัวเป็นก้อน เนื่องจากความชื้นจากอากาศ หลีกเลี่ยงโดยการเก็บในภาชนะปิดสนิท เมื่อเก็บอาหารที่มีความชื้นต่ำกว่าความชื้นสมดุลกับบรรยากาศเฉลี่ย อาหารจะดูดความชื้นจากอากาศ จึงต้องเก็บในภาชนะปิดสนิท แต่อาหารที่มีความชื้นสูงกว่าความชื้นสมดุล เช่น หอม กระเทียม จะต้องเก็บในภาชนะโปร่งระบายอากาศได้ เพราะจะมีการระเหยน้ำจากหอม กระเทียม ถ้าอยู่ในภาชนะปิด น้ำที่ระเหยออกมาจะควบแน่นเป็นหยดน้ำเปียกที่ผิวทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย

ประโยชน์ของการทำแห้ง

สามารถป้องกันการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์ เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้ตู้เย็นให้เปลืองค่าใช้จ่ายและทำให้มีใช้ในยามขาดแคลน นอกฤดูการผลิตหรือในแหล่งห่างไกล ลดน้ำหนักอาหาร ทำให้สะดวกในการบรรจุ เก็บรักษาและขนส่ง และให้ความสะดวกในการใช้ เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป รวมทั้งได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ลูกกาด จากการทำแห้งอุ่น (สุนิษา, 2544)

ชนิดของเครื่องอบแห้ง (Dryer)

เครื่องอบแห้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการให้ความร้อน คือ

1. Adiabatic dryer เป็นเตาอบแห้งที่ให้ความร้อนโดยใช้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่สัมผัสกับอาหาร โดยอาหารอาจอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ได้แก่ Tray dryer, Cabinet dryer, Tunnel dryer, Kiln dryer, Spray dryer, Flow current dryer และ Air - lift dryer เป็นต้น

2. Solid surface transfer dryer เป็นเตาอบแห้งที่ให้อาหารสัมผัสกับแผ่นโลหะร้อน น้ำที่ระเหยกระจายออกไปที่บรรยากาศตามธรรมชาติ หรือใช้ลมหมุนเวียน หรือใช้ระบบสุญญากาศ ได้แก่ Drum dryer, Vacuum shelf dryer, Continuous vacuum dryer เป็นต้น

การเลือกใช้เครื่องอบแห้ง ขึ้นกับลักษณะของอาหารเช่น ผักและผลไม้ที่เป็นชิ้นขนาดใหญ่ ใช้เครื่องอบแห้งแบบ Tray หรือ Cabinet dryer เป็นเตาอบแห้งที่เป็นถาดวางตะแกรงอาหารแล้วให้กระแสลมร้อนพัดผ่านจากด้านหนึ่ง ไปอีกด้านหนึ่งของเตา ถ้ามีอาหารปริมาณมากอาจใช้เป็นระบบต่อเนื่องด้วยเครื่องอบแห้งแบบ Tunnel dryer หรือ Belt dryer ลักษณะเป็นตู้ยาว มีรถล้อเลื่อน หรือสายพานพาอาหารเคลื่อนที่จากด้านหนึ่ง ไปอีกด้านหนึ่งตามความยาวของตู้ ปรับความเร็วของการเคลื่อนที่ให้อาหารที่ออกจากเตาแห้งพอดี เตาอบแบบ Kiln dryer เป็นห้องอบที่มีการให้ความร้อนจากด้านล่าง และมีการระบายอากาศออกที่ช่องลมตอนบน อุณหภูมิในห้องอบไม่สูงนัก เหมาะกับผลิตภัณฑ์เกษตรที่ต้องการลดความชื้นอย่างช้าๆ เช่น มะพร้าว ข้าวโพด เตาอบแห้งแบบ Spray dryer ใช้กับอาหารที่เป็นของเหลวมีความเข้มข้นสูง มีเนื้อละเอียด เครื่องประกอบด้วยหัวฉีดอาหารให้เป็นละอองสัมผัสกับลมร้อนจนแห้งเป็นผง เช่น นมผง กาแฟผง ส่วนเตาอบแบบ Flow current และ Air-lift dryer เป็นเตาที่ใช้ลมเป่าขึ้นอาหารให้ลอยตัวทำให้แห้งได้อย่างรวดเร็วขึ้นอาหารจึงต้องมีน้ำหนักเบา และมีขนาดสม่ำเสมอ และมีข้อดี คือ ขึ้นอาหารจะไม่เกาะติดกันด้วย

เตาอบแบบ Drum dryer เป็นเตาอบที่ประกอบด้วยลูกกลิ้งหนึ่ง หรือสองลูกให้ความร้อนจากด้านใน มีระบบทำให้อาหารเคลื่อนผิวลูกกลิ้ง เมื่อลูกกลิ้งหมุนเคลื่อนไปครบรอบ อาหารจะแห้งพอดี แล้วถูกขูดออกด้วยใบมีด ซึ่งอาหารจะขึ้นพอที่จะเคลือบติดผิวลูกกลิ้งได้ ได้แก่ อาหารเด็กอ่อน ชุปสำเร็จรูป เป็นต้น เตาอบแบบ Vacuum shelf dryer เป็นตู้ปิดสนิท ชั้นวางอาหารเป็นแผ่นให้ความร้อน มีระบบสุญญากาศออกจากตู้ เมื่อใช้ระบบนี้ทำให้ใช้อุณหภูมิในการทำแห้งต่ำลงได้ เตาอบแบบ Continuous vacuum dryer เป็นตู้ปิดสนิท ภายในมีสายพานหมุนพาอาหารเคลื่อนที่ไป อาหารที่แห้งแล้วจะถูกลอยออกจากเครื่องอบแห้งผ่านระบบกันอากาศ (Air lock) (ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546)

กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying)

หลักการ

การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อระเหยน้ำออกจากของเหลวอย่างรวดเร็วโดยอากาศร้อน กระบวนการนี้ประกอบไปด้วยการพ่นของเหลว (Feed) ออกมาจนเป็นละอองขนาดเล็กเข้าผสมกับอากาศร้อนที่ไหลผ่านอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำที่อยู่ในละอองของเหลวระเหยไปทั้งหมด และได้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของผงแห้ง สำหรับกระบวนการทำแห้งให้กับของเหลว นั้น จะเริ่มทำตั้งแต่ใส่ของเหลวลงในเครื่อง แล้วอุณหภูมิของเหลวมีความขึ้นในระดับที่เหมาะสมต่อการฉีดให้ออกมาเป็นละออง จากนั้นจึงแยกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งออกมา สำหรับตัวอย่างของเหลวที่นำมาทำแห้งนั้นสามารถใช้ได้ทั้งที่เป็นตัวทำละลาย สารประเภทอิมัลชัน หรือสารแขวนลอยก็ได้ ส่วนเครื่องมือที่ใช้สำหรับกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยคือเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)

เทคนิคการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) เป็นวิธีการที่นิยมใช้สำหรับการทำแห้งสารละลายอินทรีย์ สารประเภทอิมัลชันและของเหลวชนิดต่างๆ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของผงแห้ง มักใช้วิธีนี้ในอุตสาหกรรมทางเคมี และอาหาร ผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่มีวางขายในปัจจุบันได้แก่ นมผง อาหารเด็ก ยา และสีย้อม การทำแห้งด้วยวิธีนี้ นอกจากจะใช้สำหรับทำแห้งอย่างรวดเร็วแล้ว ยังเป็นวิธีการที่มีประโยชน์มากในการลดขนาด และปริมาตรของของเหลวอีกด้วย และจากการวิจัย และพัฒนาที่ต่อเนื่องกันมา ทำให้วิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยกลายเป็นวิธีการทำแห้งที่มีประสิทธิภาพ และนิยมนำมาใช้ทำแห้งให้กับผลิตภัณฑ์หลายชนิดในปัจจุบัน

เครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอย (Spray dryers)

การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย เริ่มจากอากาศจะถูกดูดผ่านตัวกรองและผ่านตัวให้ความร้อน จากนั้นจึงเข้าสู่ห้องอบแห้ง (Drying chamber) ส่วนตัวอย่างของเหลว ที่นำมาฉีด ควร มีลักษณะเหลว และไม่ข้นมาก จากนั้นของเหลวจะถูกดูดโดยปั๊มผ่านอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดละอองฝอยคือ หัวพ่นฝอย (Atomizer) ภายในห้องอบ เมื่อละอองสัมผัสกับอากาศร้อนจะทำให้เกิดการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็ว และจะได้ผงของผลิตภัณฑ์ตกลงสู่ด้านล่างของห้องอบแห้งผงบางส่วนที่หลุดออกมากับอากาศจะถูกแยกโดยใช้ Cyclone ซึ่งจะรวมเข้าเป็นผลิตภัณฑ์รวมในที่สุด

อาหารที่ผ่านการทำให้ข้นมาแล้วจะถูกทำให้กระจาย และกลายเป็นอนุภาคหรือหยดน้ำเล็กๆ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 - 200 ไมโครเมตร และพ่นเข้าไปในกระแสของลมร้อนที่อุณหภูมิ

150 - 300 องศาเซลเซียส ในถังอบขนาดใหญ่ มีการควบคุมอัตราการส่งวัตถุดิบเพื่อให้อุณหภูมิของอากาศที่จุดทางออกเท่ากับ 90 - 100 องศาเซลเซียส ซึ่งเทียบได้กับอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 40 - 50 องศาเซลเซียส การพ่น (Atomize) ที่สมบูรณ์ และสม่ำเสมอ สำคัญมากสำหรับการอบแห้งที่ดี เครื่องอะตอมไมเซอร์ (Atomizer) มีหลายแบบ เช่น

1. Centrifugal atomizer ซึ่งจะส่งของเหลวเข้าไปที่ตรงกลางของแกนหมุนด้วยความเร็วรอบ 90 - 200 เมตร/วินาที หุคของเหลวซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 - 60 ไมโครเมตร จะถูกพ่นจากขอบแกนเพื่อการฉีดพ่นที่สม่ำเสมอ ภาพที่ 4 (a) เป็น เซนตริฟิวกัล อะตอมไมเซอร์

2. Pressure nozzle atomizer ของเหลวจะถูกดันออกมาที่ความดันสูง (700 - 2,000 กิโลปาสกาล) ผ่านรูเล็ก ๆ ขนาดของหุคคือ 180 - 250 ไมโครเมตร รูด้านในของหัวฉีดทำให้ละอองของเหลวเป็นรูปกรวยเพื่อให้สามารถใช้ความจุของถังอบแห้งอย่างเต็มที่

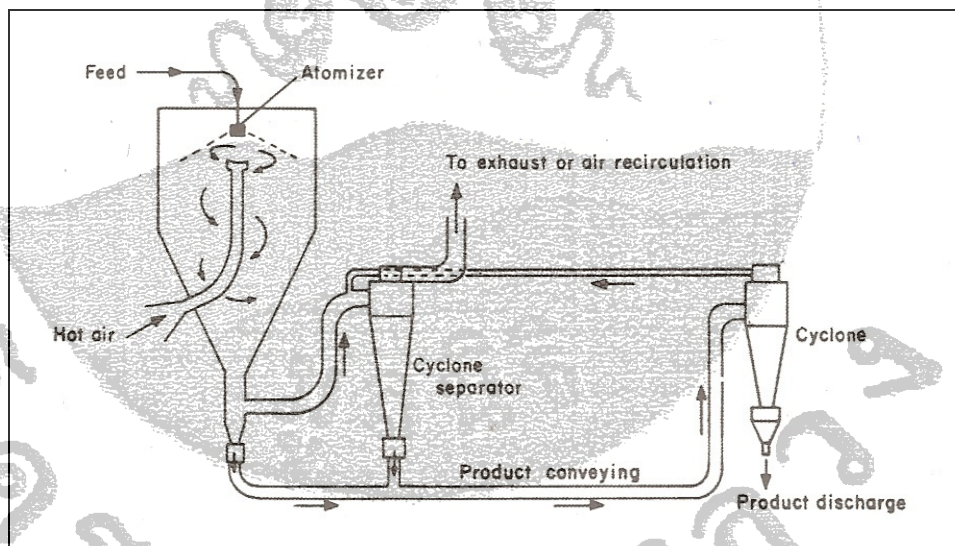
3. Two - fluid nozzle atomizer ดังแสดงในภาพที่ 4 (b) อากาศที่ถูกอัดจะเกิดเทอร์บูเลนซ์ ทำให้ของเหลวเกิดการพ่น ใช้ความดันต่ำกว่าเครื่อง Pressure nozzle atomizer แต่ผลิตขนาดของหุคได้ในช่วงกว้างกว่า

นอสเซิล อะตอมไมเซอร์ทั้ง 2 ชนิดอาจเกิดการอุดตันได้โดยอาหาร อาหารที่มีผิวขรุขระทำให้รูของหัวฉีดมีขนาดใหญ่ขึ้น และขนาดเฉลี่ยของหุคใหญ่ขึ้น

ภาพที่ 5 เป็นการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอยทั่วไป หุคของเหลวจะแห้งอย่างรวดเร็วภายในเวลา 1 - 10 วินาที เนื่องจากมีพื้นที่ผิวมาก อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะยังคงอยู่ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศแห้ง จึงเกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนน้อยที่สุด การไหลของอากาศอาจจะเป็นแบบขนาน หรือแบบสวนทางก็ได้ ผงอาหารแห้งจะเคลื่อนที่มารวมอยู่ที่ด้านล่างของเครื่อง และถูกเคลื่อนย้ายโดยเครื่องลำเลียงแบบเกลียว (Screw conveyor) หรือโดยระบบนูนเมติกส์โดยใช้ไซโคลน มีการออกแบบห้องอบแห้งโดยใช้เครื่องพ่น ระบบการให้ความร้อนและระบบการเก็บผงผลิตภัณฑ์แบบต่าง ๆ ความต้องการอาหารจากการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอยมีความหลากหลายมาก เช่น นม ไข่ กาแฟ โกโก้ มันฝรั่ง น้ำผลไม้ สารสกัดจากเนื้อ และยีสต์ กลิ่นบรรจุแคปซูล ผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวโพด และแป้งสาลี ส่วนผสมของไอศกรีม ครีม โยเกิร์ต ผงเนยแข็ง นอกจากนี้ยังมีการต่อเครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอยไว้กับเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เพื่อทำแห้งผงอาหารที่ได้ต่อไป



ภาพที่ 4 อะตอมไมเซอร์: (a) เซนทรีฟิวกัล (b) พูฟลูอิด นอสเซิล



ภาพที่ 5 การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอยทั่วไป

เครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอยมีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดโรงงานต้นแบบสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้อยแต่มูลค่าสูง เช่น เอนไซม์ และกลีโคเจน จนถึงขนาดอุตสาหกรรมซึ่งสามารถผลิตนมผงได้ถึง 80,000 กิโลกรัมต่อวัน ข้อดีที่สำคัญของเครื่องนี้ คือ ใช้เวลาน้อย สามารถผลิตอาหารแบบต่อเนื่องในปริมาณมากได้ ใช้แรงงานต่ำ การใช้ และดูแลรักษาาง่าย แต่ข้อจำกัด คือ ใช้เงินลงทุนสูงและอาหารที่จะส่งเข้ามาต้องมีความชื้นสูงเพื่อให้มั่นใจว่าสามารถที่จะป้อนเข้ามาในเครื่องอะตอมไมเซอร์ได้ ทำให้ต้องใช้พลังงานเพื่อกำจัดความชื้น และเกิดการสูญเสียสารหอมระเหยสูง

ปัจจุบันมีการนำเครื่องอบแห้งแบบสายพาน (Conveyer - band dryer) และเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์มาใช้แทนเครื่องอบแห้งแบบผัดฟุ้งเนื่องจากมีความกะทัดรัด และประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงกว่า

ความหนาแน่นก่อนอัด (Bulk density) ของผงอาหารขึ้นอยู่กับขนาดของผงที่แห้งแล้วและขึ้นอยู่กับว่าผงดังกล่าวเป็นของแข็งแน่นหรือกลวง ลักษณะของอาหาร และสภาวะการอบแห้งจะเป็นตัวกำหนดความหนาแน่นก่อนอัด เช่น ความสม่ำเสมอของขนาดหุค อุณหภูมิ ปริมาณของแข็ง และการให้อากาศแก่ของเหลวที่ถูกส่งเข้ามา มีการใช้เครื่องทำให้เกาะกันเป็นก้อน (Agglomerator) และอบแห้งอีก ส่วนการทำให้เกาะกันเป็นก้อนโดยตรง ('Straight - through' agglomeration) จะเป็นวิธีที่ทำให้เกาะกันเป็นก้อนในระหว่างการอบแห้งแบบผัดฟุ้ง ผงที่ค่อนข้างชื้นนี้จะถูกทำให้เกาะกันเป็นก้อน และทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งในเครื่องทำแห้งแบบฟลูอิดไดซ์ วิธีทำให้เกาะกันเป็นก้อนแบบอื่นได้แก่ วิธีใช้สารตรึง เช่น เลซิทีน เพื่อจับชิ้นผงอาหารเข้าด้วยกัน เคยมีการใช้วิธีนี้กับอาหารที่มีไขมันสูง เช่น นมผง แต่วิธีทำให้เกาะกันเป็นก้อนได้เข้ามาแทนที่วิธีนี้มากขึ้น วิธีทำให้เกาะกันเป็นก้อนเป็นตัวอย่างของวิธีการขยายขนาด (วิล, 2545)

กระบวนการทำแห้งแบบฟุ้ง ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

1. การทำให้ของเหลวกระจายตัวเป็นละออง (Atomization of feed) กระบวนการนี้เป็นการทำให้ของเหลวกระจายตัวกลายเป็นละออง โดยใช้หัวฟุ้งซึ่งถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเครื่องทำแห้งแบบฟุ้ง ซึ่งมี 3 ชนิด คือ

- Rotary atomizer หัวฟุ้งชนิดนี้ตัวอย่างจะไหลลงบนจานหมุนใกล้กับจุดศูนย์กลาง โดยจานหมุนจะมีความเร็วรอบประมาณ 5,000 - 10,000 รอบต่อนาที ของเหลวที่ตกลงบนจานหมุนจะถูกเหวี่ยงออกด้านข้างกระจายเป็นละอองขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 30 - 120 ไมครอน ซึ่งขนาดเฉลี่ยนี้จะแปรผันตรงกับอัตราการไหลของตัวอย่าง และความหนืด แต่จะแปรผกผันกับอัตราการหมุนและเส้นผ่านศูนย์กลางของจานหมุน

- Pressure nozzles atomizer หัวฟุ้งชนิดนี้ ตัวอย่างจะไหลผ่านช่องของหัวฟุ้งภายใต้ความดันสูง ทำให้ของเหลวที่ออกมาจากหัวฉีดกระจายเป็นละอองฝอยได้โดยไม่ต้องใช้อากาศ อนุภาคที่ได้จะมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 120 - 250 ไมครอน โดยขนาดอนุภาคจะแปรผันตรงกับอัตราการไหลของของเหลว และความหนืด แต่จะแปรผกผันกับความดัน

- Two - fluid nozzle atomizer (Pneumatic nozzle atomizer) หัวฟุ้งชนิดนี้ ตัวอย่าง และอากาศจะไหลผ่านหัวของ Nozzle ซึ่งจะทำให้ ของเหลวแตกเป็นละอองฝอย เนื่องจากการไหลผ่านของอากาศด้วยความเร็วสูงภายใน Nozzle การปรับอัตราการไหลของอากาศจะช่วยให้

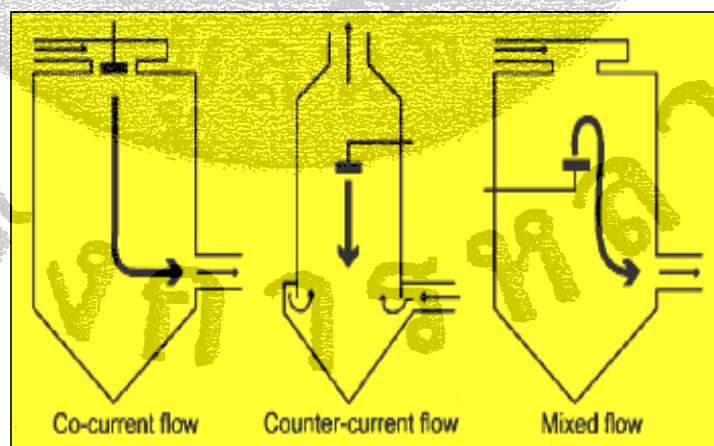
การกระจายเป็นละอองของของเหลววิธีนี้นิยมใช้กับของเหลวที่มีความหนืดสูง แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีค่าดำเนินการที่สูงแต่ให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ

2. การสัมผัสของละอองฝอยกับอากาศ ขั้นตอนนี้ ละอองของตัวอย่างที่ถูกฉีดออกมาจะสัมผัสหรือเข้าผสมกับอากาศร้อน และเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งของหัวพ่นฝอย กับอากาศแห้งๆ เข้าจะสามารถแบ่งรูปแบบของการสัมผัสกับอากาศร้อนได้ ดังนี้

- การไหลผ่านทางเดียวกัน (Co - current flow) ทิศทางการฉีดของเหลวเป็นทิศทางเดียวกับการไหลของอากาศร้อน ละอองของเหลวจะสัมผัสและผสมเข้ากับอากาศร้อนขณะที่ยังมีความชื้นสูงหรือมีน้ำภายในอนุภาคมากอยู่ จากนั้นผลิตภัณฑ์จะถูกทำให้ระเหยทันทีจนกลายเป็นผง วิธีนี้เป็นวิธีการทำแห้งของเครื่อง Spray dryer โดยทั่วไป

- การไหลผ่านสวนทางกัน (Counter - current flow) ทิศทางการฉีดของเหลวเป็นทิศทางตรงกันข้ามกับการไหลของอากาศร้อน โดยของเหลวจะถูกฉีดลงมาจากด้านบนในขณะที่อากาศร้อนจะไหลขึ้นจากด้านล่าง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความร้อนสูงมาก วิธีนี้จึงเหมาะเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่เสถียรต่อความร้อนสูงเท่านั้น

- การไหลผ่านแบบผสม (Mixed flow) การไหลของของเหลวจะเคลื่อนที่ผ่านทั้งห้อง Co - current และ Counter - current วิธีนี้เหมาะสำหรับทำแห้งผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงหยาบ และทนความร้อนได้สูงมาก



ภาพที่ 6 แสดงการไหลของอากาศภายใน Spray dryer แบบ Co - current flow, Counter - current flow และ Mixed flow

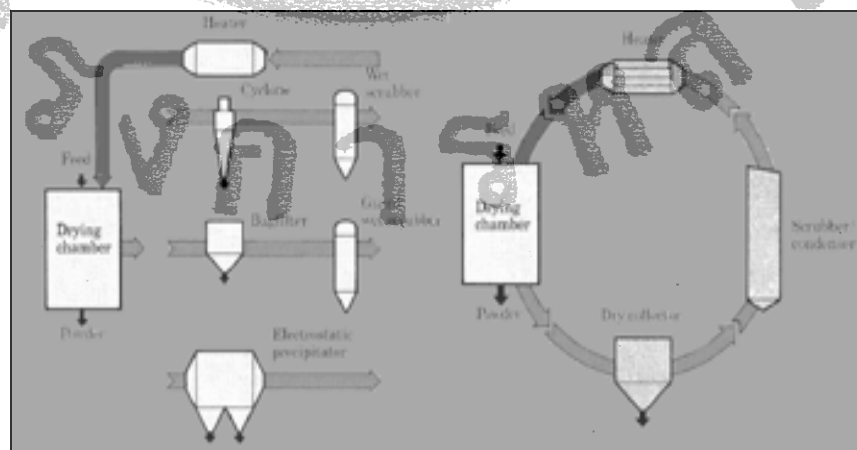
3. การระเหยของละอองฝอย เมื่อละอองฝอยสัมผัสกับอากาศร้อน จะเกิดการระเหยในชั้นไอน้ำอิมตัวบริเวณผิวของละอองอย่างรวดเร็ว โดยจะมีอุณหภูมิที่ผิวของละอองอยู่ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอุณหภูมิอากาศแห้ง และจะแพร่เข้าสู่ชั้นผิวด้านในซึ่งอยู่ในสภาวะอิมตัว ช่วงนี้จึงเป็นช่วงที่อัตราการระเหยคงที่ จนกระทั่งความชื้นอยู่ในระดับต่ำและไม่มีการแพร่เข้าสู่ผิวด้านในแล้ว ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นชั้นแห้งหนาขึ้นตามเวลา และมีอัตราการระเหยลดลง

4. การแยกผลิตภัณฑ์แห้งจากอากาศ การแยกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอากาศนั้น โดยทั่วไปนิยมใช้ Cyclone เป็นตัวเก็บผลิตภัณฑ์ที่ตกลงสู่ด้านล่าง ส่วนอากาศที่ออกจากด้านบนของ Cyclone จะผ่านไปยังตัวเก็บขั้นสุดท้ายซึ่งอาจเป็น Wet scrubber, Bag filter หรือ Electrostatic precipitator ขึ้นอยู่กับปริมาณผงที่มี และประสิทธิภาพการนำกลับมา

ระบบของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย Spray dryer

1. Open cycle system ระบบนี้อากาศที่ใช้ในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นอากาศจากบรรยากาศซึ่งจะถูกนำเข้ามาในระบบโดยผ่านตัวกรอง จากนั้นหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการโดยที่ในอากาศไม่มีผลิตภัณฑ์หลงเหลืออยู่แล้วจึงถูกปล่อยกลับออกสู่บรรยากาศตามเดิม

2. Closed cycle system ระบบนี้จะใช้ก๊าซ เช่น ไนโตรเจนในการหมุนเวียนอากาศภายในระบบ โดยที่ไม่มีการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม หรือเป็นระบบปิด ระบบนี้มักใช้กับการทำแห้งสารละลายที่ติดไฟได้ สารมีพิษและสารที่มีความไวต่อออกซิเจน เครื่อง Spray dryer โดยทั่วไปเป็นระบบเปิด และมีการไหลของอากาศเป็นแบบทางเดียวกัน (Co-current)



Open cycle system

Closed cycle system

ภาพที่ 7 ระบบของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยแบบ Open cycle system และ Closed cycle system

คุณสมบัติของสารละลายก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง

1. ความเข้มข้นของปริมาณของแข็งในสารละลาย พบว่า ถ้าสารละลายมีปริมาณของแข็งอยู่มาก จะช่วยรักษาสารให้กลิ่นขณะทำแห้งได้ดี เนื่องจากไปช่วยลดเวลาการทำให้ผิวแห้งและสร้างเป็นสารเคลือบ เพราะมีปริมาณน้ำอยู่น้อย จึงใช้เวลาน้อยในการทำแห้ง สารให้กลิ่นจึงสูญเสียได้น้อยขณะทำแห้ง แต่อย่างไรก็ตาม ควรหาปริมาณของแข็งที่เหมาะสม เนื่องจากมีเหตุผลดังต่อไปนี้

- อัตราส่วนระหว่างสารแกนกลางกับสารเคลือบ บางครั้งการเติมสารแกนกลางมากๆ จนทำให้สารเคลือบไม่สามารถละลายได้ ถึงแม้จะสามารถฉีดเข้าเครื่องและเกิดการพ่นฝอยได้ แต่สารเคลือบที่ยังไม่ละลายเป็นอิมัลชันที่ดีกับสารแกนกลาง จะไม่สามารถเคลือบสารแกนกลางได้ จึงเกิดการสูญเสียสารแกนกลางระหว่างการทำแห้งได้

- ปริมาณของแข็งมีผลต่อความหนืดของสารละลาย ซึ่งถ้าสารที่จะทำแห้งแบบพ่นฝอยมีความหนืดสูงจะไปชะลอการสร้างอนุภาคเริ่มต้นในช่วงการพ่นฝอยซึ่งจะทำให้ต้องใช้เวลานานในการสร้างหยดอนุภาคทำให้ช่วงนี้สารให้กลิ่นเกิดการสูญเสียได้

ดังนั้นควรหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของปริมาณของแข็ง โดยศึกษาจากความหนืดและความสามารถในการละลายของสารละลายก่อนเข้าเครื่องทำแห้ง

2. ความหนืด มีผลต่อการกระจายตัวของหยดอนุภาคระหว่างการทำแห้ง ซึ่งถ้าสารละลายที่มีความหนืดต่ำ จะทำให้ต้องใช้เวลานานในการทำให้ผิวหน้าของอนุภาคแห้ง สารให้กลิ่นอาจสูญเสียได้สูงช่วงนี้ ซึ่งในทางตรงข้ามกับสารที่มีความหนืดสูง จะใช้เวลาน้อยในการทำให้ผิวหน้าอนุภาคแห้ง ช่วยชะลอการสูญเสียกลิ่นได้ แต่อย่างไรก็ตามไม่ควรมีความหนืดสูงมากเกินไป เนื่องจาก จะทำให้เกิดการสร้างหยดอนุภาคโดยกระบวนการพ่นฝอยได้ช้า จึงใช้เวลานาน ทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นได้

3. ความเข้มข้นของสารให้กลิ่นในสารละลาย ซึ่งพบว่าถ้าสารละลายมีสารให้กลิ่นในปริมาณสูง ทำให้สารละลายมีปริมาณของแข็งมาก ทำให้สารละลาย มีความหนืดสูง จึงต้องใช้เวลานานในช่วงการเกิดหยดอนุภาค ทำให้สารให้กลิ่นเกิดการสูญเสียได้ง่าย

4. อุณหภูมิของสารละลาย มีรายงานว่า การทำสารละลายให้เย็นก่อนเข้าเครื่องทำแห้ง จะช่วยเพิ่มความหนืด ทำให้ส่งผลกระทบต่อพ่นฝอยในการเกิดหยดอนุภาคทำให้ต้องใช้เวลานาน เกิดการสูญเสียกลิ่น แต่บางรายงานพบว่า การลดอุณหภูมิของสารละลายก่อนจะช่วยรักษากลิ่นขณะการผลิตได้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจน

ตัวแปรของผลิตภัณฑ์ ที่เป็นค่าที่กำหนดประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามต้องการ

1. ความชื้น ถ้าของเหลวมีความชื้นสูง (อาจเกิดจากการลดลงของอุณหภูมิของเหลว) จะทำให้ได้ละอองที่มีขนาดใหญ่ขึ้นที่สถานะของหัวพ่นฝอยเดียวกัน และหากมีความชื้นสูงมาก จะทำให้ของเหลวที่ฉีดออกมา มีลักษณะคล้ายเส้นด้าย ดังนั้นจึงไม่ควรใส่ของเหลวที่มีความชื้นสูงเกินไป

2. อัตราการไหลของของเหลว ถ้าอัตราการไหลของของเหลวเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ละอองที่หยาบ เพราะเวลาที่สัมผัสกับอากาศน้อยเกินไป จึงต้องมีการควบคุมอัตราการไหลของของเหลวให้เหมาะสม

3. อัตราไหลของอากาศ หากอัตราการไหลลดลงจะทำให้เวลาที่ละอองอยู่ในห้องอบนาน จะทำให้ของเหลวสัมผัสกับอากาศร้อนมากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ลดปริมาณความชื้นได้ แต่หากอัตราการไหลของของเหลวสูงหรือต่ำเกินไป และมีอุณหภูมิที่สูงไม่เพียงพอ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นสูง เกาะติดอยู่ข้างผนังของห้องอบ

4. อุณหภูมิอากาศเข้า การเพิ่มอุณหภูมิอากาศเข้าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระเหยได้ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นกับการไหลของอากาศด้วย

ในการทำแห้งแบบพ่นฝอยทำให้เป็นละอองขนาดเล็กแห้งเป็นผงเกิดขึ้นรวดเร็วมาก ทั้งนี้เพราะละอองอนุภาคเหล่านั้นมีขนาดเล็ก คือมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 10 - 300 ไมครอน เท่านั้น ทำให้มีพื้นที่ผิวสำหรับการทำแห้งมากมาย และระยะทางที่ความชื้นจากภายในละอองอนุภาคต้องเคลื่อนที่มาที่ผิวก็น้อยมาก ดังนั้นจึงใช้เวลาทำแห้งสั้นมากเพียง 1 - 20 วินาที ซึ่งสิ่งนี้เป็นลักษณะพิเศษของการทำแห้งแบบพ่นฝอย การที่มีพื้นที่ผิวสำหรับการทำแห้งมากจึงเกิดผลของ Evaporative cooling นั่นคือ ในระหว่างการทำแห้งนั้นอุณหภูมิที่ผิวของละอองอนุภาคจะไม่สูงเกินอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่ทำแห้ง และเนื่องจากมีการออกแบบการทำงานของเครื่องไว้ดี การแยกผงผลิตภัณฑ์ออกจากอากาศร้อนจึงเหมาะสำหรับทำแห้งอาหารที่ถูกทำลายคุณภาพโดยความร้อนได้ง่าย เช่น นม ไข่ และกาแฟ มีการผลิตอาหารผงด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอยอยู่หลายชนิด เช่น นมผง อาหารสำหรับทารก เนยแข็งผง ไข่ผง กาแฟผง ชาผง ผักผง (จากผักพวก มะเขือเทศ ถั่ว แครอท แอสพาราแกส และบีทรูท) และผลไม้ผง (จากผลไม้พวกกล้วย กะทิ ส้ม มะนาว แอปริคอต สตอเบอร์รี่ และแอปเปิล)

การระเหยนํ้าออกจากอาหารด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะใช้พลังงานสูงเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ตัวอย่างเช่น การระเหยนํ้า 1 กิโลกรัม ด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยจะใช้พลังงานสูงถึง 6,000 กิโลจูล ดังนั้นเพื่อลดพลังงานในการผลิตอาหารผงจึงมีการเพิ่มความเข้มข้นของอาหารเหลว

ที่จะนำมาทำแห้งแบบพ่นฝอยให้มีปริมาณของแข็งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ก่อน การเพิ่มปริมาณของแข็งมีผลให้ความหนืดของอาหารเหลวเพิ่มขึ้นด้วย แต่หากความหนืดของอาหารเหลวสูงเกินไปจะทำให้ละอองอนุภาคที่ได้จากหัวพ่นฝอยเกิดขึ้นไม่ดี ปริมาณของแข็งมีค่าตั้งแต่ ร้อยละ 25 - 60 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร วิธีการเพิ่มปริมาณของแข็งให้อาหารเหลวอาจใช้เครื่องระเหยแห้งแบบสูญญากาศ เครื่องกรองแบบ Reverse osmosis หรือเติมสารพวก Filler

การเพิ่มอุณหภูมิขาเข้าของอากาศ และลดอุณหภูมิขาออกของอากาศ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำแห้งแบบพ่นฝอยให้สูงขึ้น ระดับที่เหมาะสมของอุณหภูมิขาเข้าของอากาศ โดยทั่วไปพิจารณาจากความทนทานของอาหาร หรือความไวต่อความร้อน อาหารส่วนมากมักทำแห้งด้วยอุณหภูมิขาเข้าของอากาศไม่เกิน 200 องศาเซลเซียส แต่อาหารบางชนิดสามารถทนได้ถึง 300 องศาเซลเซียส

ได้มีการทดลองทำแห้งแบบพ่นฝอยเบต้า - แคลโรทีน โดยนำเบต้า - แคลโรทีนบริสุทธิ์ 0.5 กรัม มาผสมกับสารละลายมอลโตเดกซ์ทริน DE 25 ความเข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาณ 1,000 กรัม หลังจากทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่นผสม (Homogenizer) ได้นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีอุณหภูมิขาเข้า และขาออกของอากาศ 170 ± 5 องศาเซลเซียสและ 95 ± 5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ได้ผงเบต้า - แคลโรทีนที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 0.29

ในกระบวนการผลิตมะนาวผง อัตราส่วนของน้ำมะนาวสดต่อสารละลายมอลโตเดกซ์ทริน ร้อยละ 40 มีผลต่อค่าความเป็นกรด - ด่าง และกลิ่นของน้ำมะนาวและพบว่าอุณหภูมิขาเข้าของอากาศ มีผลต่อค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์โดยสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยมะนาวผงคืออุณหภูมิขาเข้าของอากาศ 200 องศาเซลเซียส (ไพบูลย์, 2532)

ผลกระทบของการทำแห้งต่ออาหาร

1. ลักษณะเนื้อสัมผัส การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารในการทำแห้งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพ การจัดการเบื้องต้น (Pretreatment) เช่น การเติมแคลเซียมคลอไรด์ในน้ำลวก ชนิดและลักษณะของการลดขนาด และการปกปิดเปลือกกล้วยมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผัก และผลไม้ที่นำมาดูดคั้นน้ำใหม่ อาหารที่ผ่านการลวกอาจสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสเนื่องจากการเกิดเจลของแป้ง การตกผลึกเซลลูโลส การเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการทำแห้งส่วนต่าง ๆ ของอาหารทำให้เกิดความเครียดภายใน ปัจจัยเหล่านี้จะอัด และเปลี่ยนรูปร่างเซลล์ที่ค่อนข้างแข็งไปเป็นอาหารที่มีลักษณะเหนียว อาหารจะดูดคั้นความชื้นอีกครั้งในระหว่างการดูดคั้นน้ำอย่างช้า ๆ แต่จะไม่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นเหมือนวัตถุดิบเดิม อาหารต่างชนิดกันมีระดับการหดตัวที่ต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3

ในหลายประเทศจะไม่ใช้วิธีทำแห้งกับอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เนื่องจากอาจทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีนอมรักษาอาหารอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนเกิดเสียดสภาพ และจับตัวกัน และสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ เป็นผลให้กล้ามเนื้อเหนียว และแข็ง

อุณหภูมิ และอัตราการทำแห้งมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมาก โดยทั่วไปการทำแห้งอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิ และอัตราการทำแห้งที่ต่ำกว่า ตัวละลายจะเคลื่อนที่จากด้านในไปยังผิวอาหาร ในระหว่างที่น้ำถูกกำจัดออกในขั้นตอนการทำแห้งกลไก และอัตราการเคลื่อนที่ที่มีความจำเพาะสำหรับตัวละลายแต่ละชนิด และขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร และสภาวะการทำแห้ง การระเหยของน้ำทำให้ตัวละลายที่ผิวอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น อุณหภูมิที่สูงของอากาศทำให้อาหาร โดยเฉพาะ ผลไม้ ปลา และเนื้อ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าอาหาร และทำให้ผิวแห้งแข็ง หรือที่เรียกว่าการเกิดผิวแห้งแข็ง (Case hardening) ซึ่งจะลดอัตราการทำแห้ง และทำให้อาหารมีผิวหน้าแห้งแต่ภายในชื้น การควบคุมสภาวะการอบแห้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นด้านใน และที่ผิวอาหารจะช่วยลดเหตุการณ์ดังกล่าวได้

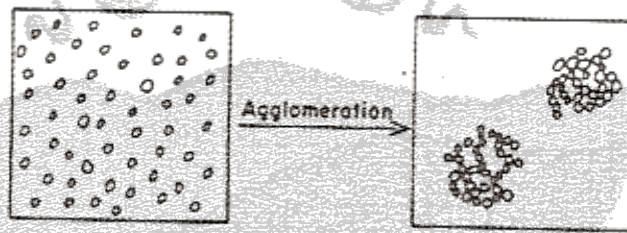
ตารางที่ 3 สัดส่วนโดยประมาณสำหรับการอบแห้ง การหดตัว และการคืนตัวของผักบางชนิด

| ผัก | อัตราการทำแห้ง (ร้อยละ) | อัตราการหดตัวโดยรวม (ร้อยละ) | อัตราการคืนตัว (ร้อยละ) |
|---------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| กะหล่ำปลี | 11.5 | 21.0 | 10.5 |
| แครอท, ลูกเต๋า | 7.5 | 12.0 | 7.0 |
| หัวหอมใหญ่, แผ่นบาง | 7.0 | 8.0 | 5.5 |
| พริกไทยสด | 17.0 | 22.0 | 8.0 |
| ผักโขมฝรั่ง | 13.0 | 13.5 | 5.0 |
| แผ่นมะเขือเทศ | 14.0 | 20.0 | 5.0 |

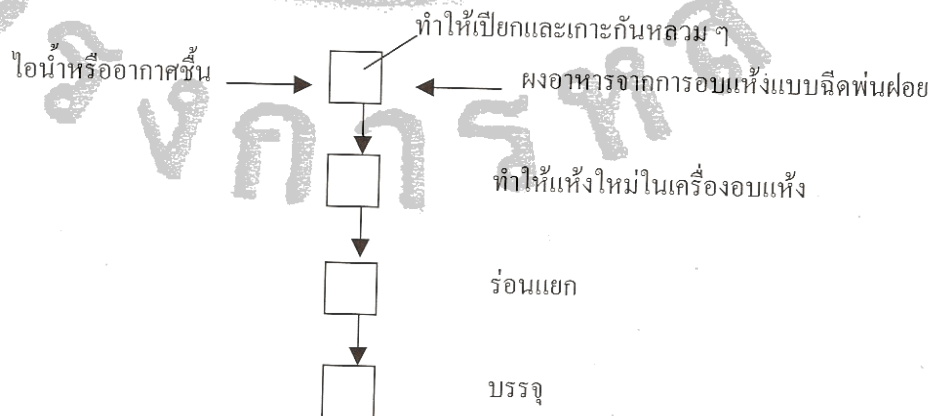
ลักษณะของเนื้อสัมผัสจะเกี่ยวข้องกับความหนาแน่นก่อนการอัด และความยากง่ายในการดูดคืนน้ำ องค์ประกอบของอาหาร วิธีทำแห้ง และขนาดของผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสสำหรับอาหารแห้งผก การแปรรูปอาหารที่มีไขมันต่ำ เช่น น้ำผลไม้ มันฝรั่ง และกาแฟ ให้เป็นผงแห้งทำได้ง่ายกว่าการสกัดจากเนื้อหรือนมผงที่มีมันเนย การทำให้ผงอาหารแห้งเหล่านี้สามารถละลายได้ทันทีทำได้โดยการทำให้เกิดกลุ่มก้อนที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

(Agglomeration) โดยกลุ่มก้อนนี้จะมีจุดสัมผัสกันน้อย (ภาพที่ 8) ผิวของแต่ละอนุภาคจึงเปียกง่าย เมื่อมีการเติมน้ำใหม่ และผงเหล่านี้จะจมลงใต้ผิวน้ำทำให้กระจายตัวได้ง่ายในของเหลว เรียก ลักษณะดังกล่าวว่าความสามารถในการเปียก (Wet ability) ความสามารถในการจม (Sink ability) ความสามารถในการกระจาย (Dispensability) และความสามารถในการละลาย (Solubility) ตามลำดับ สำหรับอาหารที่จัดเป็นผงละลายทันที (Instant) ต้องใช้เวลาสำหรับขั้นตอนทั้ง 4 ไม่น่าเกิน 1 นาที ภาพที่ 9 แสดงขั้นตอนในการทำให้ผงอาหารเกาะกันเป็นก้อนหลวม ๆ

ในการผลิตผงให้สามารถละลายทันทีต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มในการผลิต บรรจุ และการขนส่งไปยังร้านค้าย่อยแต่อย่างไรก็คุ้มค่าเพราะความสะดวกสบายในการใช้ เนื่องจากมีการใช้อาหารผงหลายชนิดเป็นส่วนผสมในอาหารอื่น จึงต้องทำให้ผงนี้มีความหนาแน่นก่อนอัดสูง และอนุภาคมีหลายขนาด อนุภาคเล็กๆ นี้จะอุดช่องว่างระหว่างอนุภาคใหญ่ จึงช่วยขจัดอากาศ และช่วยให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ตารางที่ 4 แสดงลักษณะของอาหารผงบางชนิด



ภาพที่ 8 ลักษณะของผงอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ทันที



ภาพที่ 9 ขั้นตอนในการทำให้ผงอาหารเกาะกันเป็นก้อนหลวม ๆ

ตารางที่ 4 ความหนาแน่นก่อนอัดแน่น และปริมาณความชื้นของอาหารผงบางชนิด

| อาหาร | ความหนาแน่นก่อนอัดแน่น (kg/m ³) | ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) |
|-----------------------|--|----------------------------|
| โกโก้ | 480 | 3 - 5 |
| กาแฟ (ผง) | 330 | 7 |
| กาแฟ (ชงดื่มได้ทันที) | 330 | 2.5 |
| ครีมผง | 470 | 3 |
| คอร์นสตาร์ช | 560 | 12 |
| ไข่รวม | 340 | 2 - 4 |
| หางนมผง | 640 | 2 - 4 |
| หางนมผงละลายทันที | 550 | 2 - 4 |
| เกลือป่น | 960 | 0.2 |
| น้ำตาลป่น | 800 | 0.5 |
| แป้งสาลี | 450 | 12 |

ที่มา: ดัดแปลงจาก Watt และ Merrill (1975) และ Peleg (1983) (อ้างใน วิไล, 2545)

2. กลิ่นและรส ความร้อนนอกจากจะทำให้มีน้ำระเหยแล้วยังทำให้สารหอมระเหยบางชนิด สูญเสียไป ปริมาณการสูญเสียสารหอมระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความเข้มข้นของแข็งในอาหาร ความดันไอ และความสามารถในการละลายในไอน้ำของสารหอมระเหย สารหอมระเหยที่มีความสามารถในการระเหย และการแทนที่สูงจะเกิดการสูญเสียในช่วงแรกของการอบแห้งเกิดการสูญเสียสารระเหยในช่วงหลังของการทำแห้งต่ำ การควบคุมสถานะการทำแห้งในแต่ละขั้นตอนจะช่วยลดการสูญเสียให้น้อยที่สุด อาหารให้กลิ่นรสที่มีมูลค่าสูง เช่น สมุนไพร และเครื่องเทศ จะใช้ อุณหภูมิในการกำจัดน้ำต่ำ

ปฏิกิริยาออกซิเดชันรงควัตถุ วิตามิน และไขมันในอาหารระหว่างการเก็บรักษาเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียกลิ่น อาหารแห้งซึ่งมีรูพรุนอยู่ภายในจะเก็บกักก๊าซออกซิเจนได้มากด้วย อุณหภูมิในการเก็บรักษา และปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์จะเป็นตัวกำหนดอัตราการเสื่อมเสียของอาหาร

ปฏิกิริยาออกซิเดชันในนมผงแห้งทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน เนื่องจากการผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นที่ 2 (Secondary product) รวมทั้ง เกล็ดน้ำตาล - แล็กโตน (δ - lactone) ผัก และผลไม้มีปริมาณไขมันเพียงเล็กน้อยแต่ปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันทำให้เกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยา

โพลีเมโรไซเซน ดีไฮเดรชัน หรือออกซิเดชัน และกลายเป็นแอลดีไฮด์ คีโตน และกรดซึ่งทำให้เกิดการเหม็นหืน แลโรทีนในอาหารบางชนิด เช่น แครอท อาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดเบต้า-อิโอโนน (β -ionone) ซึ่งให้กลิ่นดอกไวโอเล็ต สามารถลดปฏิกิริยาเหล่านี้ได้โดยการบรรจุผลิตภัณฑ์ในสุญญากาศหรือเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำ การกำจัดแสงอุลตราไวโอเล็ต หรือแสงที่มองเห็นได้ การควบคุมรักษาความชื้นให้ต่ำ การเติมสารสังเคราะห์ หรือสารธรรมชาติที่สามารถป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การเติมเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสสามารถป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารแห้ง การใช้ถุงที่ออกซิเจนสามารถซึมผ่านได้แต่ความชื้นไม่ผ่าน โดยมีกลูโคส และเอนไซม์กลูโคสออกซิเดสบรรจุอยู่บนอาหารแห้งในบรรจุภัณฑ์ การกำจัดออกซิเจนออกจากช่องว่างในบรรจุภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา หรือการเก็บรักษานมผงภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจนที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 10 นมจะดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และทำให้เกิดสุญญากาศย่อยภายในช่องว่างเหนืออาหาร อากาศจะแพร่ออกไปจากอาหารแห้ง และถูกกำจัดออกโดยการเติมก๊าซใหม่หลัง 24 ชั่วโมง มีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลไม้เพื่อป้องกันเอนไซม์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และไฮโดรไลซิส ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้กลิ่นเปลี่ยนแปลง

วิธีอื่น ๆ ที่ใช้ในการเก็บรักษากลิ่นในอาหารแห้งได้แก่

1. การดักเก็บสารหอมระเหยที่สูญหายไป และนำกลับมาใส่ในผลิตภัณฑ์ระหว่างการทำแห้งใหม่
 2. ผสมสารหอมระเหยที่เก็บกักได้กับสารตรึงกลิ่น ทำให้เป็นเม็ด และเติมกลับไปในอาหารแห้ง เช่น ผงเนื้อแห้ง
 3. การเติมเอนไซม์ หรือการเร่งการทำงานของเอนไซม์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเพื่อผลิตกลิ่นจากสารตั้งต้นในอาหาร เช่น การอบแห้งหัวหอมใหญ่ หรือกระเทียมภายใต้สภาวะที่ป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียเอนไซม์ที่จะให้กลิ่นรสเฉพาะ การใช้มอลโตสเป็นตัวพาในการทำแห้งสารประกอบที่ให้กลิ่นรส
3. สี การทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะผิวหน้าของอาหาร การสะท้อนแสง และสี การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของคาโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์เกิดจากความร้อน และปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการทำแห้ง โดยทั่วไปการทำแห้งที่เวลานานกว่า และอุณหภูมิสูงกว่าทำให้สีเกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยาจากเอนไซม์ที่หลงเหลืออยู่ในอาหาร ทำให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้ป้องกันได้โดยการลวก หรือการใช้กรดแอสคอร์บิกหรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อัตราการเกิดสีคล้ำระหว่างการเก็บรักษาผักผลไม้ที่มีซัลเฟอร์ในปริมาณไม่มากนักจะแปรผกผันกับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ อย่างไรก็ตาม

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะฟอกแอนโทไซยานินออกไป ปริมาณซัลเฟอร์ที่ตกค้างอยู่เป็นสาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนสีผักผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษา

อัตราการเกิดสีน้ำตาลในนมหรือผลิตภัณฑ์ผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของอาหาร และอุณหภูมิในการเก็บรักษา อัตราการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิการทำแห้งที่สูงเมื่อความชื้นของผลิตภัณฑ์สูงกว่าร้อยละ 4 - 5 และอุณหภูมิการเก็บรักษาเกิน 38 องศาเซลเซียส

4. คุณค่าทางโภชนาการ รายงานเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของอาหารแห้งมีความแตกต่างกันมากเนื่องจากความแตกต่างกันในเรื่องการเตรียมวัตถุดิบ อุณหภูมิ และเวลาในการทำแห้ง และสถานะในการเก็บรักษาการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของผักผลไม้มักจะเกิดขึ้นตอนการเตรียมมากกว่าในขั้นตอนการทำแห้ง มีรายงานว่าเกิดการสูญเสียวิตามินซีในแอปเปิ้ลแผ่นระหว่างการเตรียมดังนี้ ร้อยละ 8 ในการผ่านบางร้อยละ 62 ในการลวกร้อยละ 10 ในการบดและร้อยละ 5 ในการทำแห้งโดยใช้ลูกกลิ้ง

ความสามารถในการละลายน้ำของวิตามินต่าง ๆ แตกต่างกัน เมื่อเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นวิตามินบางชนิด เช่น ไรโบฟลาวิน อาจเกิดการอิมตัว และตกตะกอนในสารละลาย จึงเกิดการสูญเสียน้อย วิตามินชนิดอื่น เช่น กรดแอสคอร์บิก จะละลายน้ำจนกระทั่งความชื้นของอาหารลดต่ำลงมาก และเกิดปฏิกิริยากับตัวทำละลายด้วยอัตราเร็วเท่าการทำแห้ง วิตามินซีไวต่อความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถลดการสูญเสียวิตามินซีได้โดยการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ เวลาสั้น การควบคุมความชื้น และปริมาณออกซิเจนต่ำระหว่างการเก็บรักษา ไทอามินก็ไวต่อความร้อนเช่นกัน แต่วิตามินที่ละลายน้ำได้ชนิดอื่นจะทนทานต่อความร้อน และปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่าวิตามินซี และเกิดการสูญเสียระหว่างการทำแห้งไม่เกินร้อยละ 5 - 10 ทั้งนี้ยกเว้นการสูญเสียเนื่องจากการลวก

สารอาหารส่วนใหญ่ที่ละลายได้ในไขมัน เช่น กรดไขมันที่จำเป็น วิตามิน เอ ดี อี และ เค จะคงอยู่ในส่วนของอาหารแห้ง จึงไม่เข้มข้นขึ้นระหว่างการทำแห้ง อย่างไรก็ตามน้ำเป็นตัวทำละลายสำหรับโลหะหนักซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอาหารที่ไม่อิมตัวเมื่อกำจัดน้ำออกตัวเร่งนี้จะมีควมไวมากขึ้น และเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เร็วขึ้น วิตามินที่ละลายได้ในไขมันเกิดการสูญเสียจากปฏิกิริยากับเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจากการออกซิไดซ์ไขมัน การควบคุมความเข้มข้นของออกซิเจน และอุณหภูมิของการเก็บรักษาให้ต่ำ และการกำจัดแสงออกไปจะช่วยลดการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาได้

ความสามารถในการย่อย (Digestibility) และค่าทางชีวภาพของโปรตีนในอาหารส่วนใหญ่จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากมาย อย่างไรก็ตามโปรตีนในนมจะเกิดการเสียสภาพเป็นบางส่วนใน

ระหว่างการทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง ความสามารถในการละลายของนมผงจึงน้อยลง เกิดการจับตัว และขาดความสามารถในการแข็งตัว มีรายงานว่า ค่าทางชีวภาพของ โปรตีนนมลดลง ร้อยละ 8 - 30 ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และเวลาในการทำแห้ง การทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอยจะไม่มีผลต่อค่าทางชีวภาพของโปรตีน ค่าของการดูดซึมและนำไปใช้ (Biological value) ของโปรตีนนมจะลดลงเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างไลซีน และแอสโตที่อุณหภูมิ และความชื้นสูงกว่าประมาณร้อยละ 5 ไลซีนจะไวต่อความร้อน และเกิดการสูญเสียในนมพร้อมไขมันเนยร้อยละ 3 - 10 ในการทำแห้ง โดยการฉีดพ่นฝอย และร้อยละ 5 - 40 ในการทำแห้งโดยใช้ลูกกลิ้ง

5. การดูดคืนน้ำ (Rehydration) การดูดคืนน้ำไม่ใช่ปฏิกิริยาย้อนกลับของการทำแห้ง การเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะเนื้อสัมผัส การเคลื่อนที่ของตัวละลาย และการสูญเสียสารระเหยไม่สามารถเกิดแบบย้อนกลับไปเหมือนเดิมได้ ความร้อนลดระดับการดูดคืนน้ำของแป้ง และความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ ทำให้โปรตีนจับตัวกัน และลดความสามารถในการอุ้มน้ำ อาจใช้อัตราเร็ว และระดับของการดูดคืนน้ำเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของอาหารได้ สถานะการทำแห้งที่เหมาะสมจะทำให้อาหารเกิดความเสียหายน้อยกว่า และดูดคืนน้ำได้เร็วกว่าอาหารที่ทำแห้งในสถานะที่ไม่เหมาะสม (วิล, 2545)

การเก็บอาหารแห้ง

อาหารแห้งที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 0.70 จะปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์แต่ทั้งนี้จะต้องรักษาปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ไม่ให้เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บ อย่างไรก็ตามยังมีการเสื่อมเสียอื่น ๆ อีกทำให้ต้องเก็บอาหารแห้งที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่านี้มาก และหลีกเลี่ยงสถานะที่ส่งเสริมการเสื่อมเสียของอาหารแห้ง

การเสื่อมเสียของอาหารแห้งเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้

1. การออกซิไดส์เอง (Auto oxidation) เนื่องจากอากาศ มักเกิดกับไขมันทำให้เหม็นหืน เกิดกับวิตามินเอ ซี ทำให้เสื่อมคุณค่าอาหาร เกิดกับคลอโรฟิลล์ แอนโทไซยานิน ทำให้สีซีด เกิดกับน้ำมันระเหย และสารให้กลิ่นทำให้กลิ่นเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงปัจจัยที่เสริมปฏิกิริยา คือ แสง และอุณหภูมิสูง

2. เนื่องจากเอนไซม์ที่อยู่ในอาหารแต่แรกหรือมาจากแหล่งอื่นภายหลังจึงต้องมีการทำลายเอนไซม์

3. การเปลี่ยนสีเนื่องจากอุณหภูมิ หลีกเลี่ยงโดยไม่เก็บในที่ร้อนหรือเก็บในที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก

4. การเกาะจับตัวเป็นก้อน เนื่องจากจุดความชื้นจากอากาศ หลีกเลี้ยงโดยการเก็บ
ในภาชนะปิดสนิท

เมื่อเก็บอาหารที่มีความชื้นต่ำกว่าความชื้นสมดุลกับบรรยากาศเฉลี่ยอาหารจะดูดความชื้น
จากอากาศ จึงต้องเก็บในภาชนะปิดสนิท แต่อาหารที่มีความชื้นสูงกว่าความชื้นสูงกว่าความชื้น
สมดุล เช่น หอม กระเทียมแห้ง จะต้องเก็บในภาชนะโปร่งระบายอากาศได้เพราะจะมีการระเหยน้ำ
จากหอม และกระเทียม ถ้าอยู่ในภาชนะปิด น้ำที่ระเหยออกมาจะควบแน่นเป็นหยดน้ำเปียกที่ผิวทำ
ให้เกิดเชื้อราได้ง่าย (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546)



อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

สถานที่ทดลอง

โรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เจียวกู่หลานชนิดผง

- เจียวกู่หลาน
- มอลโตเดกซ์ทริน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เจียวกู่หลานชนิดผง

- ถังสแตนเลส
- อุปกรณ์ตีผสม
- เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย
- เครื่องกลั่น Rotary evaporator

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ
 - เครื่องวัดสี (Minolta camera, Chroma Meter CR - 300/310, Japan, 1991)
2. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี
 - เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่างของสารละลาย (EUTECH Instrument, Cyberscan pH 510, Singapore, 2000)
 - เครื่อง Hand Refractometer (ATAGO, Japan, 2002)
 - Aw - box (Novasina: AWC 200, Switzerland, 1995)
3. การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์
 - หม้อนึ่งความดัน (Autoclave, Hirayama: Model HA - 300MIV, Japan.)
 - ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Incubator, Heraeus: Model D - 6450 Hanau, Germany.)
4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส
 - ชุดอุปกรณ์สำหรับทดสอบชิม
 - แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

เครื่องประมวลผลข้อมูล

- โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix version 7.0 (Analytical software, 2000)

ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์เจียวกู่หลานชนิดผง

1. การเตรียมวัตถุดิบ

นำเจียวกู่หลานสดมาล้างด้วยน้ำสะอาด และล้างด้วยน้ำด่างทับทิมเพื่อลดปริมาณสิ่งสกปรก และเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับเจียวกู่หลาน หลังจากนั้นนำเจียวกู่หลานมาหั่นฝอยแล้วต้มสกัด

2. การต้มสกัด

นำเจียวกู่หลานสด 1 กิโลกรัมต้มสกัดด้วยน้ำสะอาดจำนวน 5 กิโลกรัม ใช้เวลา 3 - 5 ชั่วโมง จนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดร้อยละ 5

3. การทำแห้งแบบพ่นฝอย

นำน้ำเจียวกู่หลานที่ต้มสกัดได้ผสมกับสารเคลือบที่เลือกใช้ ตีผสมให้เข้ากัน ตั้งค่าอุณหภูมิต่างๆ ของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยอุณหภูมิน้ำเจียวกู่หลานเท่ากับ 50 - 60 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิก๊าซอากาศเข้าเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผลิตภัณฑ์เท่ากับ 190 องศาเซลเซียส

4. การจัดเก็บผลิตภัณฑ์

จัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่ทำแห้งได้ในถุงพลาสติกกันความชื้น

การวางแผนการตลาด

ในการวิจัยนี้แบ่งการตลาดออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาวิธีการต้มสกัดเจียวกู่หลานที่เหมาะสม

ศึกษาผลของวิธีการต้มสกัด โดยเปรียบเทียบการต้มสกัดแบบเปิดกับการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศเพื่อให้ได้ชาสมุนไพรเจียวกู่หลานชนิดผงที่มีความเหมาะสม และนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และการประเมินทางประสาทสัมผัสดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสีระบบ Hunter (L a b) โดยเครื่องวัดสี (Minolta camera, Chroma Meter CR - 300/310, Japan, 1991)

- ประสิทธิภาพการทำแห้ง (ชาญชัย, 2549)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ค่าความเป็นกรด - ด่างโดยเครื่องวัดความเป็นกรด - ด่างของสารละลาย (EUTECH Instrument, Cyberscan pH 510, Singapore, 2000)

- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid) โดยใช้เครื่อง Hand Refractometer (ATAGO, Japan, 2002)

- ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ โดยใช้ Aw - box (Novasina: AWC 200, Switzerland, 1995)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

- ใช้ 9 Points Hedonic Scale Scoring Test (ไพโรจน์, 2545)

ตอนที่ 2 การศึกษาหาอัตราส่วนของสารละลายที่เหมาะสม

เมื่อได้วิธีการต้มสกัดเจียวกู่หลานที่เหมาะสมแล้ว การทดลองนี้จะศึกษาปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินต่อปริมาณน้ำสมุนไพรวัวกู่หลานที่เหมาะสม ซึ่งในขั้นตอนการผลิตชาสมุนไพรวัวกู่หลานชนิดผงนั้นมีปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ คือ ความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ทริน โดยการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (ไพโรจน์, 2547) โดยแปรความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ทริน ที่ระดับร้อยละ 20 - 60 และปริมาณน้ำสมุนไพรวัวกู่หลานที่ระดับร้อยละ 40 - 80 ซึ่งมีทั้งหมด 5 สิ่งทดลองดังนี้

ตารางที่ 5 แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design

| สิ่งทดลอง | มอลโตเดกซ์ทริน (ร้อยละ) | น้ำสมุนไพรวัวกู่หลาน (ร้อยละ) |
|-----------|-------------------------|-------------------------------|
| 1 | 20 | 80 |
| 2 | 30 | 70 |
| 3 | 40 | 60 |
| 4 | 50 | 50 |
| 5 | 60 | 40 |

หมายเหตุ : ทุกสิ่งทดลองทำการทดลองซ้ำอย่างละ 2 ซ้ำ

ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสีในระบบ Hunter (L a b) โดยเครื่องวัดสี (Minolta camera, Chroma Meter CR - 300/310, Japan, 1991)
- ประสิทธิภาพการทำแห้ง (ชาญชัย, 2549)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณความชื้น โดยเครื่องวัดความชื้น (Sartorius MA 30, Germany, 2000)
- ค่าความเป็นกรด - ด่าง โดย เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่าง ของสารละลาย (EUTECH Instrument, Cyber scan pH 510, Singapore, 2002)
- ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์โดยใช้ Aw - box (Novasina: AWC 200, Switzerland, 1995)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid) โดยใช้เครื่อง Hand Refractometer (ATAGO, Japan, 2002)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

- ใช้ 9 Points Hedonic Scale Scoring Test (ไพโรจน์, 2545)

ตอนที่ 3 ศึกษาภาชนะบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา และชนิดของภาชนะบรรจุของผลิตภัณฑ์โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) (ไพโรจน์, 2547) บรรจุชาสมุนไพรเขียวกู่หลานชนิดผงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งเป็นถุงสี่ชั้น ชั้นในเป็นเซอร์ลินหนา 30 ไมครอนและ โพลีเอทิลีนเทรฟทาเรตหนา 12 ไมครอน(PET12/PE30/ALU7/Surlyn 40) ขนาด 135 x 187 มิลลิเมตร และถุงพลาสติก ชนิด Polypropylene จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 37 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 0, 2, 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสีระบบ Hunter (L a b) โดยเครื่องวัดสี (Minolta camera, Chroma Meter CR - 300/310, Japan, 1991)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณความชื้น โดยเครื่องวัดความชื้น (Sartorius MA 30, Germany)
- ค่าความเป็นกรด - ด่าง โดยเครื่องวัดความเป็นกรด - ด่างของสารละลาย (EUTECH Instrument, Cyberscan pH 510, Singapore)

- ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ โดยใช้ Aw - box (Novasina: AWC 200, Switzerland, 1995)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid) โดยใช้เครื่อง Hand

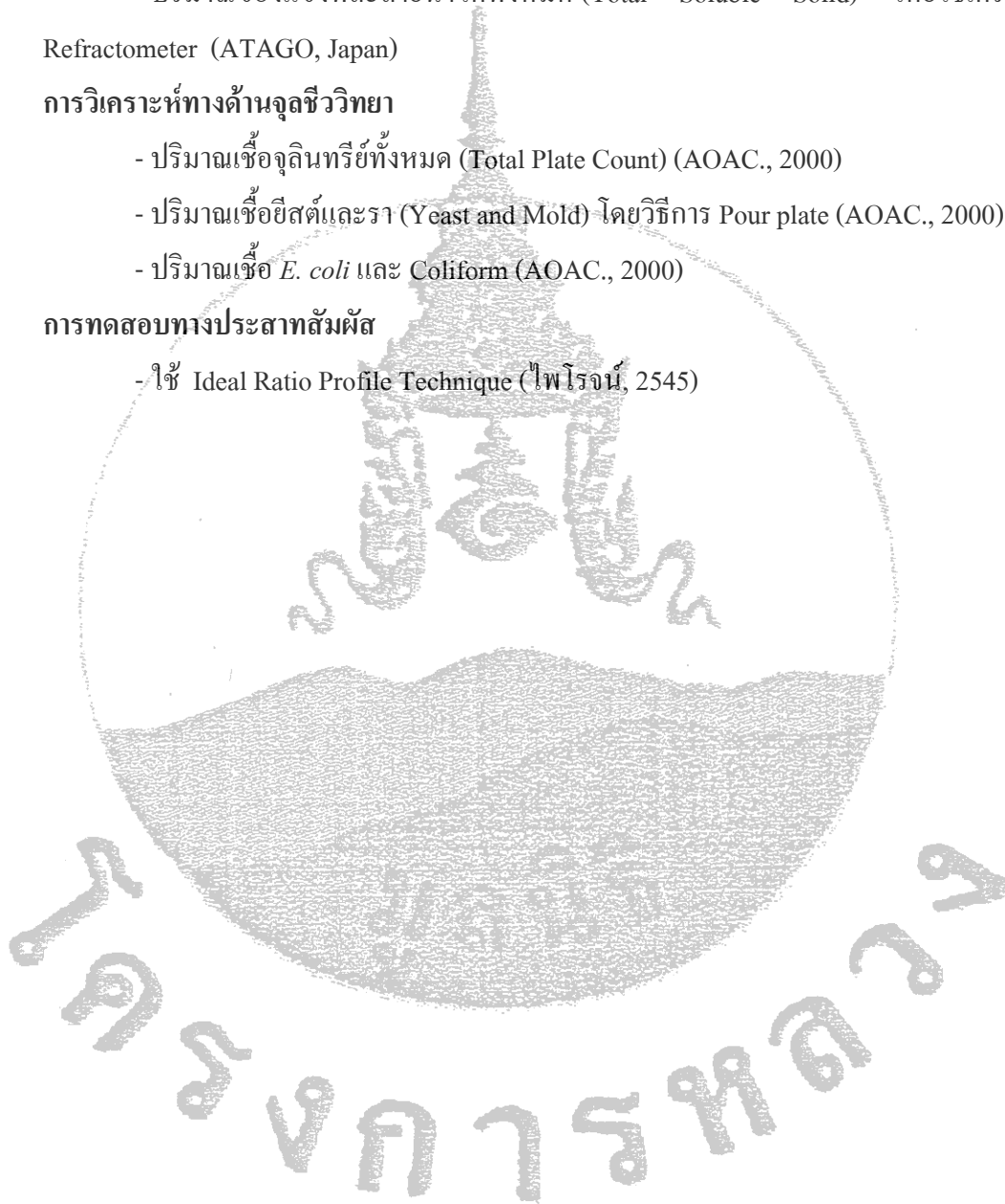
Refractometer (ATAGO, Japan)

การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา

- ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (AOAC., 2000)
- ปริมาณเชื้อยีสต์และรา (Yeast and Mold) โดยวิธีการ Pour plate (AOAC., 2000)
- ปริมาณเชื้อ *E. coli* และ Coliform (AOAC., 2000)

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

- ใช้ Ideal Ratio Profile Technique (ไพโรจน์, 2545)



ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การศึกษาวิธีการต้มสกัดเจียวกู่หลานที่เหมาะสม

ศึกษาวิธีการต้มสกัดเจียวกู่หลานที่เหมาะสม โดยการต้มสกัดแบบเปิดและต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ โดยการต้มสกัดแบบเปิดใช้ความร้อนจากก๊าซหุงต้ม ใช้เวลาในการต้ม 65 นาที และการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศด้วยเครื่อง Rotary evaporator ใช้เวลาที่ใช้ในการต้มสกัด 150 นาที เพื่อให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเริ่มต้นร้อยละ 5 ทั้งการต้มสกัดแบบเปิดและต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ โดยนำน้ำเจียวกู่หลานต้มสกัดที่ได้มาทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยแล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองไปวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลอง ได้ผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง โดยเปรียบเทียบการต้มสกัดแบบเปิด กับการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ

| ลักษณะคุณภาพ | การต้มสกัดแบบเปิด | การต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ |
|---|--------------------------|--------------------------|
| คุณภาพทางด้านกายภาพ | | |
| ค่า L (ความสว่าง) | 80.35±0.02 ^{a*} | 75.95±0.15 ^b |
| ค่าสี a (สีแดง - เขียว) | -3.68±0.15 ^a | -7.05±0.24 ^b |
| ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) | 12.66±0.01 ^a | 18.41±0.71 ^b |
| ประสิทธิภาพการทำแห้ง (ร้อยละ) | 40.60 ±0.05 ^a | 31.00±0.05 ^b |
| คุณภาพทางเคมี | | |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (ร้อยละ) | 2.27±0.12 | 2.30±0.10 |
| ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์(Aw) | 0.13±0.05 ^a | 0.12±0.01 ^b |
| ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) | 6.45±0.11 ^a | 5.33±0.09 ^b |
| ค่าความเป็นกรด-ด่าง | 6.11±0.02 ^a | 6.56±0.02 ^b |

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

จากตารางที่ 6 พบว่าเมื่อนำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ เครื่องต้มสมุนไพรเขียวกู่หลานชนิดผงโดยเปรียบเทียบการต้มสกัดแบบเปิดกับการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ พบว่า ค่าความสว่างของการต้มสกัดแบบเปิดมีค่ามากกว่าการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ คือ มีค่าความสว่างเท่ากับ 80.35 และ 75.95 ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับค่าสี a พบว่าทั้งการต้มสกัดแบบเปิดและการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศมีเครื่องหมายเป็นลบนั้น แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีเขียว โดยมีค่าเท่ากับ 3.68 และ 7.05 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ค่าสี b พบว่าทั้งการต้มสกัดแบบเปิดและการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศมีเครื่องหมายเป็นบวกนั้น แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีเหลือง โดยมีค่าเท่ากับ 12.66 และ 18.41 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการต้มสกัดแบบเปิด มีปริมาณประสิทธิภาพการทำแห้ง เท่ากับ ร้อยละ 40.60 การต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ มีปริมาณประสิทธิภาพการทำแห้ง เท่ากับ ร้อยละ 31.00 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

และเมื่อนำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีโดยเปรียบเทียบการต้มสกัดแบบเปิดกับการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ พบว่า การต้มสกัดแบบเปิดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 2.27 การต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 2.30 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของการต้มสกัดแบบเปิด มีค่าเท่ากับ 0.13 การต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ มีค่าเท่ากับ 0.12 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปริมาณความชื้นของการต้มสกัดแบบเปิด มีค่าเท่ากับร้อยละ 6.45 ปริมาณความชื้นของการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 5.33 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ค่าความเป็นกรด - ด่างของเครื่องต้มสมุนไพรเขียวกู่หลานชนิดผงโดยการต้มสกัดแบบเปิดกับการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ มีค่าเท่ากับ 6.11 และ 6.56 ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงโดยเปรียบเทียบการต้มสกัดแบบเปิด กับการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ

| ลักษณะทางประสาทสัมผัสด้าน | คะแนนทางด้านประสาทสัมผัส | |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | การต้มสกัดแบบเปิด | การต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ |
| สี | 6.53±1.41* | 6.47±1.68 |
| กลิ่นสมุนไพร | 7.13±1.08 ^a | 5.33±1.80 ^b |
| รสขม | 6.40±1.35 | 5.47±1.55 |
| ความใส | 7.40±0.99 ^a | 5.13±1.85 ^b |
| การยอมรับโดยรวม | 7.13±1.06 ^a | 5.60±1.59 ^b |

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสพบว่า ค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีมีค่าเท่ากับ 6.53 และ 6.47 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสมุนไพรมีค่าเท่ากับ 7.13 และ 5.33 ตามลำดับ โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านรสขมเท่ากับ 6.40 และ 5.47 ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านความใสเท่ากับ 7.40 และ 5.13 ตามลำดับ โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 7.13 และ 5.60 ตามลำดับ โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังตารางที่ 7

จากผลการทดลองข้างต้นค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัส (9 Points Hedonic Scale Scoring Test) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงเมื่อเปรียบเทียบการต้มสกัดแบบเปิดกับการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ พบว่าค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงที่ได้จากการต้มสกัดแบบเปิดมีค่าคะแนนสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ ในด้านกลิ่นสมุนไพร ความใส และการยอมรับโดยรวม โดยคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความใส และการยอมรับโดยรวมจะมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จึงเลือกวิธีการต้มสกัดแบบเปิด เพื่อใช้ในการต้มสกัดน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลานในการทดลองต่อไป

ตอนที่ 2 การศึกษาหาอัตราส่วนของสารละลายที่เหมาะสม

จากการทดลองตอนที่ 1 ทำการเปรียบเทียบวิธีการต้มสกัดน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลานระหว่างการต้มสกัดแบบเปิด และการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ พบว่าวิธีการต้มสกัดแบบเปิดจะทำให้ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ

การทดลองตอนที่ 2 เป็นการศึกษาอัตราส่วนของสารละลายที่เหมาะสมของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และปริมาณน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลาน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มีทั้งหมด 5 สิ่งทดลอง ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 8 แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design เพื่อศึกษาอัตราส่วนของสารละลายที่เหมาะสมของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน ต่อปริมาณน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลาน

| สิ่งทดลอง | มอลโตเดกซ์ทริน (ร้อยละ) | น้ำสมุนไพรเจียวกู่หลาน (ร้อยละ) |
|-----------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | 20 | 80 |
| 2 | 30 | 70 |
| 3 | 40 | 60 |
| 4 | 50 | 50 |
| 5 | 60 | 40 |

ทำการผสมสารละลายตามแผนการทดลอง แล้วทำแห้งแบบพ่นฝอย นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส นำผลการวิเคราะห์ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองได้ผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวกู่หลานชนิดผง โดยศึกษาหาอัตราส่วนของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และปริมาณน้ำสมุนไพรมะนาวที่ เหมาะสม

| คุณภาพ | สิ่งทดลองที่ | | | | |
|---|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| คุณภาพทางกายภาพ | | | | | |
| ค่า L (ความสว่าง) | 81.90±0.17 | 82.52±2.97 | 83.36±3.02 | 83.82 ±3.15 | 83.58±0.71 |
| ค่าสี a (สีแดง - เขียว) | -2.92±0.10 | -3.58±0.34 | -3.32 ±0.52 | -3.28±0.71 | -3.28±0.19 |
| ค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) | 23.98±0.29 | 23.45±2.40 | 21.59±0.39 | 21.81±2.77 | 21.69±0.35 |
| ประสิทธิภาพการทำแห้ง (ร้อยละ) | 26.92±0.35 ^{bc} | 29.25±0.59 ^b | 24.56±0.62 ^c | 36.90±2.69 ^a | 16.29±1.00 ^d |
| คุณภาพทางเคมี | | | | | |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ทั้งหมด (ร้อยละ) | 2.50±0.05 | 2.50±0.05 | 2.50±0.05 | 2.50±0.05 | 2.50±0.05 |
| ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) | 0.18±0.02 ^{bc} | 0.21±0.02 ^{ab} | 0.17±0.03 ^{bc} | 0.13±0.01 ^c | 0.25±0.02 ^a |
| ความชื้น (ร้อยละ) | 4.30±0.44 | 4.48±0.62 | 4.34±0.51 | 4.06±0.29 | 6.12±1.22 |
| ค่าความเป็นกรด - ด่าง | 5.34±0.14 | 5.50±0.07 | 5.58 ±0.09 | 5.72±0.20 | 5.72±0.13 |

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของ ข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 9 เมื่อนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวกู่หลานชนิดผงมาทดสอบคุณภาพด้าน กายภาพ พบว่า ค่าความสว่างมีค่าอยู่ในช่วง 81.90 - 83.82 โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($P > 0.05$) สิ่งทดลองที่ 4 จะให้ค่าความสว่างสูงที่สุด เท่ากับ 83.82 ค่าสี a พบว่ามีเครื่องหมาย เป็นลบ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีสีเขียว โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.92 - 3.58 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) สิ่งทดลองที่ 2 มีค่าสี a สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.58 หรือมีสีเขียวมาก ที่สุด สำหรับค่าสี b พบว่ามีเครื่องหมายเป็นบวก แสดงให้เห็นผลิตภัณฑ์มีสีเหลือง โดยมีค่าอยู่ ในช่วง 21.59 - 23.98 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) สิ่งทดลองที่ 1 จะให้ ค่าสี b สูงที่สุด เท่ากับ 23.98 ประสิทธิภาพการทำแห้ง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 16.29 - 36.90 มีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สิ่งทดลองที่มีประสิทธิภาพการทำแห้งสูงที่สุดคือ สิ่งทดลองที่ 4 มีค่าเท่ากับร้อยละ 36.90

เมื่อนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวกล้วยหาลานชนิดผงมาทดสอบคุณภาพด้านเคมีพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.50 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์มีค่าอยู่ในช่วง 0.13 - 0.25 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ 4 จะมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.13 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงร้อยละ 4.06 - 6.12 โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งสิ่งทดลองที่ 4 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 4.06 ค่าความเป็นกรด - ด่าง มีค่าอยู่ในช่วง 5.34 - 5.72 โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งสิ่งทดลองที่ 4 และ 5 มีค่าความเป็นกรด - ด่างสูงที่สุดเท่ากับ 5.72

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเขียวกล้วยหาลานชนิดผงโดยศึกษาหาอัตราส่วนของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และปริมาณน้ำสมุนไพรเขียวกล้วยหาลานที่เหมาะสม

| ลักษณะทางประสาทสัมผัส | คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | สิ่งทดลองที่ | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| สี | 7.00±1.28 ^a | 7.42±1.08 ^a | 6.50±1.31 ^a | 5.25±1.71 ^b | 4.92±1.38 ^b |
| กลิ่นสมุนไพร | 6.58±1.08 ^a | 6.75±0.87 ^a | 6.08±1.24 ^a | 5.00±1.35 ^b | 5.08±1.31 ^b |
| รสขม | 5.83±2.44 | 6.67±1.50 | 6.50±1.09 | 5.08±1.68 | 5.25±1.66 |
| ความใส | 6.17±1.27 | 6.92±1.00 | 7.00±1.41 | 6.08±1.56 | 5.67±1.92 |
| การยอมรับโดยรวม | 6.25±1.42 ^{ab} | 7.08±1.08 ^a | 6.33±1.37 ^{ab} | 5.50±1.57 ^b | 5.42±1.51 ^b |

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มเขียวกล้วยหาลานชนิดผงโดยศึกษาหาอัตราส่วนของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และปริมาณน้ำสมุนไพรเขียวกล้วยหาลานที่เหมาะสมพบว่า ค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีมีค่าอยู่ในช่วง 4.92 - 7.42 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ 2 มีค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีสูงที่สุดเท่ากับ 7.42 ค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสมุนไพรมี

ค่าอยู่ในช่วง 5.00 - 6.75 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ 2 มีค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสมุนไพรสูงที่สุดเท่ากับ 6.75 ค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านรสขม มีค่าอยู่ในช่วง 5.08 - 6.67 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ 2 มีค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านรสขมสูงที่สุดเท่ากับ 6.67 ค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านความใส มีค่าอยู่ในช่วง 5.67 - 7.00 โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ 3 มีค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านความใสสูงที่สุดเท่ากับ 7.00 ค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม มีค่าอยู่ในช่วง 5.42 - 7.08 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ 2 มีค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดเท่ากับ 7.08

จากผลการทดลองข้างต้นเมื่อพิจารณาค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 มีอัตราส่วนสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินต่อน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลาน 20 ต่อ 80 มีค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นสมุนไพร และการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์สูง และมีประสิทธิภาพการทำแห้งอยู่ในเกณฑ์ดี แต่ต้องใช้น้ำสมุนไพรเจียวกู่หลานในปริมาณมาก

สิ่งทดลองที่ 2 มีอัตราส่วนสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินต่อน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลาน 30 ต่อ 70 มีค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นสมุนไพร และการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์สูง โดยมีประสิทธิภาพในการทำแห้งอยู่ในเกณฑ์ดี เช่นเดียวกับสิ่งทดลองที่ 1 แต่ใช้ปริมาณน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลานในสัดส่วนที่น้อยกว่า

สิ่งทดลองที่ 3 มีอัตราส่วนสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินต่อน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลาน 40 ต่อ 60 มีค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นสมุนไพร และการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 และมีประสิทธิภาพในการทำแห้งอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่น้อยกว่าสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 เนื่องจากสิ่งทดลองที่ 2 มีอัตราส่วนสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินต่อน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลาน 30 ต่อ 70 มอลโตเดกซ์ทรินสามารถรวมตัวกันกับน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลานได้ดีที่สุด

สิ่งทดลองที่ 4 และ 5 มีอัตราส่วนสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินต่อน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลาน 50 ต่อ 50 และ 60 ต่อ 40 ตามลำดับ มีค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นสมุนไพร และการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าสิ่งทดลองที่ 1, 2 และ 3 เนื่องจากการใช้มอลโตเดกซ์ทรินในปริมาณที่มากเกินไปทำให้คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสด้านสี และความใสของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง อีกทั้งยังส่งผลต่อกลิ่น และการยอมรับโดยรวมโดยมีค่าลดลง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกอัตราส่วนสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินต่อน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลาน 30 ต่อ 70

ตอนที่ 3 ศึกษาภาชนะบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการผลิตตามวิธีการและส่วนผสมที่เหมาะสมแล้วบรรจุในถุงออลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งเป็นถุงสี่ชั้น ชั้นในเป็นเซอร่าลินหนา 30 ไมครอนและโพลีเอทิลีนเทรฟทาเรตหนา 12 ไมครอน (PET12/PE30/ALU7/Surlyn 40) ขนาด 135 x 187 มิลลิเมตร และถุงพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 30 และ 37 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสในสัปดาห์ที่ 0, 2, 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

3.1 การเปลี่ยนแปลงค่า L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง แสดงดังตารางที่ 11 จากการทดลอง เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงพลาสติก (PP) ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้ค่าความสว่างเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าความสว่างจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 10 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงออลูมิเนียมฟอยล์ พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงออลูมิเนียมฟอยล์ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้ค่าความสว่างเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าความสว่างจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 10 (b)

เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างระหว่างการบรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) และถุงออลูมิเนียมฟอยล์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ถุงพลาสติก (PP) จะทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลงมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงออลูมิเนียมฟอยล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงออลูมิเนียมฟอยล์มีการลดลงอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ดังภาพที่ 10 (c)

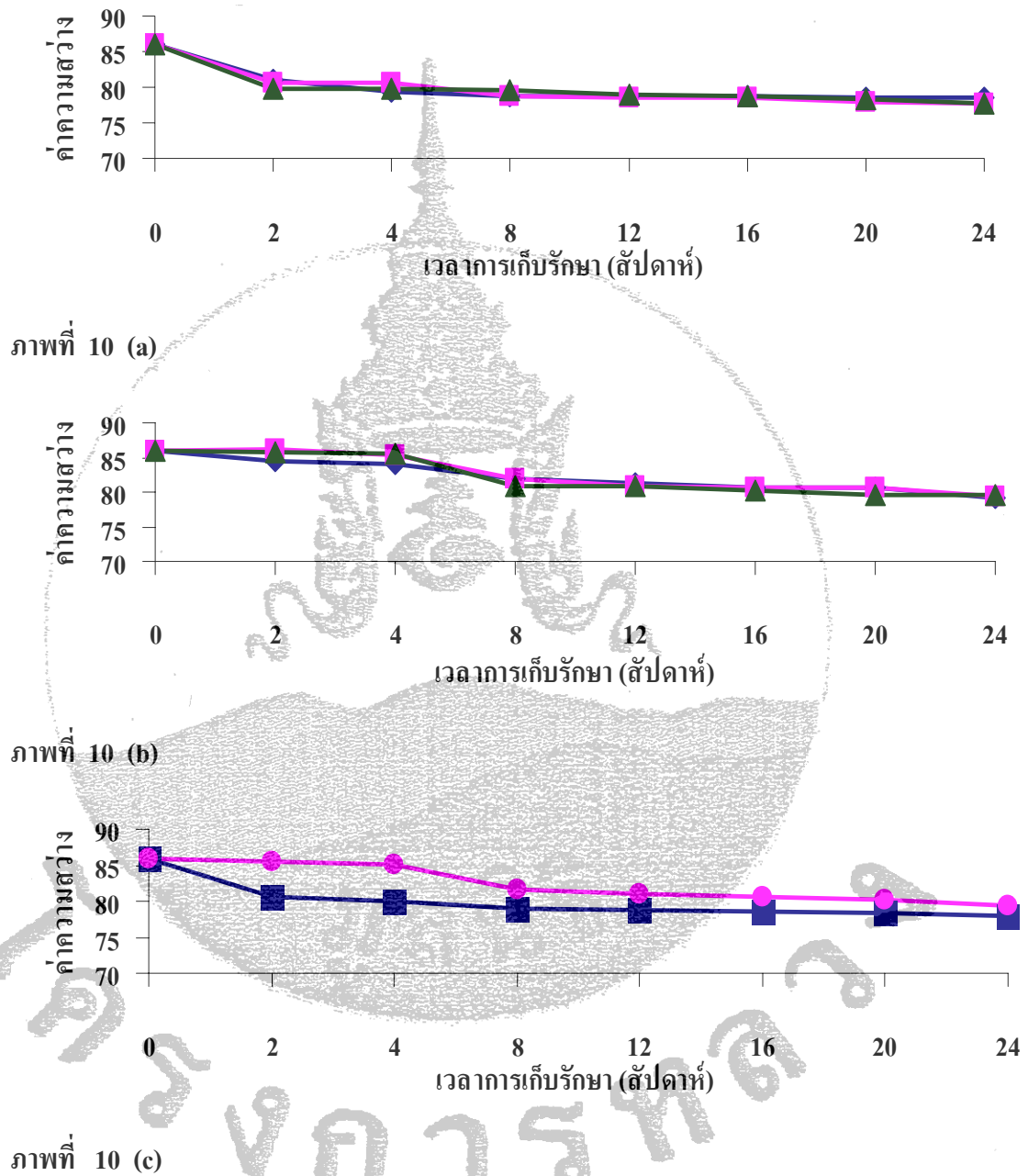
ตารางที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่า L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ที่ดูแลหน้าชนิดผง

| สภาวะการบรรจุ | อายุการเก็บ (ค่าความสว่าง) | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------|--|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เฉลี่ย | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 86.01±0.02* | 81.08±0.16 | 79.44±0.36 | 78.75±0.08 | 78.75±0.08 | 78.71±0.23 | 78.62±0.13 | 78.56±0.15 | 79.99±2.73 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 86.01±0.02 | 80.72±0.16 | 80.57±0.88 | 78.84±0.25 | 78.64±0.21 | 78.50±0.59 | 77.83±0.33 | 77.70±0.09 | 79.85±2.58 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 86.01±0.02 | 79.89±0.28 | 79.69±0.06 | 79.63±0.30 | 78.98±0.30 | 78.68±0.72 | 78.43±0.14 | 77.72±0.03 | 79.88±2.57 | |
| เฉลี่ย | 86.01 ^a ±0.00 | 80.56 ^b ±0.61 B | 79.90 ^b ±0.59 B | 79.07 ^c ±0.48 B | 78.79 ^{cd} ±0.17 B | 78.63 ^{cd} ±0.11 B | 78.29 ^{cd} ±0.41 B | 77.99 ^d ±0.49 | | |
| ถุงอูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 86.01±0.02 | 84.52±0.19 | 84.08±0.35 | 81.92±0.07 | 81.32±0.05 | 80.74±0.24 | 80.57±0.21 | 79.24±0.08 | 82.30±2.32 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 86.01±0.02 | 86.18±0.10 | 85.33±0.32 | 81.99±0.23 | 80.78±0.21 | 80.72±0.16 | 80.62±0.12 | 79.34±0.04 | 82.62±2.95 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 86.01±0.02 | 85.77±0.04 | 85.63±0.29 | 80.80±0.29 | 80.75±0.24 | 80.31±0.02 | 79.58±0.25 | 79.56±0.18 | 82.30±2.93 | |
| เฉลี่ย | 86.01 ^a ±0.09 | 85.49 ^a ±0.86 A | 85.01 ^a ±0.82 A | 81.57 ^b ±0.66 A | 80.95 ^{bc} ±0.32 A | 80.59 ^{bc} ±0.24 A | 80.26 ^c ±0.58 A | 79.38 ^d ±0.63 | | |

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในแต่ละสัปดาห์ แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงค่า L (ความสว่าง) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนิดผงระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ในถุงพลาสติก (PP) (a) และถุงอูมิเนียมฟอยล์ (b)

- ภาพ (a) และ (b) ◆ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ■ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
▲ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
- ภาพ (c) ■ ถุงพลาสติก (PP) ● ถุงอูมิเนียมฟอยล์

3.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a (สีแดง - เขียว) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง แสดงดังตารางที่ 12 จากการทดลอง เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงพลาสติก (PP) ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้ค่าสี a เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่าสี a ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าสี a จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 11 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้ค่าสี a เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่าสี a ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าสี a จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 11 (b)

เมื่อเปรียบเทียบค่าสี a ระหว่างการบรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 11 (c)

ตารางที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่าดี a (สีแดง - เขียว) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวทุ้หูลานชนิดผง

| สภาวะการบรรจุ | อายุการเก็บ (ค่าดี a) | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|------------|--|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เฉลี่ย | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | -4.69±0.05* | -4.49±0.02 | -4.44±0.05 | -4.20±0.02 | -3.49±0.02 | -3.25±0.05 | -3.23±0.04 | -3.12±0.03 | -3.86±0.65 | |
| 30 องศาเซลเซียส | -4.69±0.05 | -4.35±0.01 | -3.91±0.04 | -3.69±0.01 | -3.66±0.03 | -3.63±0.07 | -3.26±0.26 | -2.93±0.05 | -3.77±0.50 | |
| 37 องศาเซลเซียส | -4.69±0.05 | -4.44±0.05 | -4.19±0.02 | -3.94±0.03 | -3.62±0.05 | -3.49±0.02 | -2.90±0.04 | -2.42±0.08 | -3.71±0.80 | |
| เฉลี่ย | -4.69 ^a ±0.05 | -4.43 ^{ab} ±0.07 | -4.18 ^{bc} ±0.26 | -3.94 ^{cd} ±0.25 | -3.59 ^{de} ±0.08 | -3.46 ^{ef} ±0.19 | -3.13 ^{fg} ±0.19 | -2.82 ^g ±0.36 | | |
| ถุงอูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | -4.69±0.05 | -4.59±0.01 | -4.44±0.05 | -4.43±0.01 | -4.27±0.01 | -4.05±0.09 | -4.02±0.03 | -3.52±0.04 | -4.25±0.38 | |
| 30 องศาเซลเซียส | -4.69±0.05 | -4.44±0.04 | -4.44±0.05 | -4.18±0.04 | -3.76±0.01 | -3.56±0.02 | -3.43±0.02 | -3.41±0.06 | -3.99±0.56 | |
| 37 องศาเซลเซียส | -4.69±0.05 | -4.60±0.01 | -4.44±0.05 | -4.33±0.03 | -3.55±0.03 | -3.54±0.02 | -3.29±0.02 | -3.20±0.07 | -3.96±0.64 | |
| เฉลี่ย | -4.69 ^a ±0.05 | -4.54 ^a ±0.08 | -4.44 ^a ±0.05 | -4.31 ^a ±0.12 | -3.86 ^b ±0.37 | -3.72 ^{bc} ±0.28 | -3.58 ^{bc} ±0.38 | -3.38 ^c ±0.16 | | |

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนิดผงในสถานะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนิดผง แสดงดังตารางที่ 13 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงพลาสติก (PP) ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้ค่าสี b เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่าสี b ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าสี b จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 12 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี b ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้ค่าสี b เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่าสี b ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าสี b จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 12 (b)

เมื่อเปรียบเทียบค่าสี b ระหว่างการบรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ถุงพลาสติก (PP) จะทำให้ค่าสี b ของผลิตภัณฑ์ลดลงมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าแสงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสี b อย่างรวดเร็วใน 2 สัปดาห์แรก ซึ่งแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีสี b ลดลงอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ดังภาพที่ 12 (c)

ตารางที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก

| สภาวะการบรรจุ | อายุการเก็บ (ค่าสี b) | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------|--|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เฉลี่ย | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 27.49±0.07* | 24.78±0.10 | 24.12±0.14 | 23.65±0.10 | 22.02±0.10 | 22.75±0.17 | 21.61±0.25 | 20.17±0.20 | 23.45±1.68 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 27.49±0.07 | 24.13±0.02 | 23.53±0.12 | 22.78±0.08 | 22.75±0.17 | 22.53±0.29 | 20.87±0.30 | 19.54±0.20 | 22.95±1.78 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 27.49±0.07 | 23.79±0.18 | 22.94±0.93 | 22.76±0.13 | 22.75±0.17 | 21.43±0.13 | 20.17±0.21 | 20.13±0.45 | 22.68±1.98 | |
| เฉลี่ย | 27.49 ^a ±0.05 | 24.23 ^b ±0.50 B | 23.53 ^{bc} ±0.59B | 23.06 ^{cd} ±0.50B | 22.51 ^{cd} ±0.15B | 22.24 ^d ±0.70B | 20.88 ^e ±0.72B | 19.95 ^f ±0.35B | | |
| ถุงอูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 27.49±0.07 | 26.98±0.13 | 26.24±0.11 | 26.18±0.02 | 25.50±0.19 | 25.43±0.67 | 23.40±0.11 | 22.75±0.17 | 25.50±1.65 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 27.49±0.07 | 26.35±0.79 | 26.29±0.11 | 25.07±0.18 | 24.59±0.05 | 23.51±0.13 | 23.20±0.14 | 22.75±0.17 | 24.91±2.17 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 27.49±0.07 | 25.87±0.32 | 24.31±0.05 | 23.99±0.20 | 24.41±0.23 | 24.75±0.17 | 22.72±0.03 | 21.34±0.78 | 24.36±1.70 | |
| เฉลี่ย | 27.49 ^a ±0.05 | 26.40 ^{ab} ±0.55A | 25.61 ^{bc} ±1.12A | 25.08 ^{bcd} ±1.09A | 24.83 ^{cde} ±1.04A | 24.56 ^{de} ±1.38A | 23.11 ^{ef} ±0.34A | 22.28 ^f ±0.81A | | |

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในแต่ละสัปดาห์ แสดงว่าค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

3.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม เจียวกู่หลานชนิดผงในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม
เจียวกู่หลานชนิดผง แสดงดังตารางที่ 14 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP)
พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของ
ผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง
สามารถเก็บด้วยถุงพลาสติก (PP) ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้ปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำ
ได้ทั้งหมดเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณร้อยละของแข็งที่
ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ปริมาณร้อยละ
ของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 13 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการ
เปลี่ยนแปลงปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($P > 0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ได้ทุก
อุณหภูมิ โดยไม่ทำให้ปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่
ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อย่าง
มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ ปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดจะลดลงเมื่อ
ระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 13 (b)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดระหว่างการบรรจุด้วย
ถุงพลาสติก (PP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ไม่มีผลต่อการ
เปลี่ยนแปลงปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($P > 0.05$) ดังภาพที่ 13 (c)

ตารางที่ 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มยี่ห้อที่สถานชนิดผง

| สภาวะการบรรจุ | อายุการเก็บ (ปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด) | | | | | | | | | |
|-------------------|--|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|--|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เคลือบ | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 3.00±0.05* | 2.83±0.05 | 2.80±0.05 | 2.66±0.05 | 2.60±0.05 | 2.63±0.05 | 2.26±0.11 | 2.06±0.02 | 2.61±0.31 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 3.00±0.05 | 2.80±0.05 | 2.73±0.05 | 2.66±0.05 | 2.40±0.05 | 2.60±0.05 | 2.10±0.05 | 2.06±0.02 | 2.54±0.33 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 3.00±0.05 | 2.73±0.05 | 2.66±0.11 | 2.66±0.05 | 2.60±0.05 | 2.50±0.10 | 2.20±0.05 | 2.01±0.02 | 2.55±0.31 | |
| เคลือบ | 3.00 ^a ±0.05 | 2.79 ^b ±0.05 | 2.73 ^{bc} ±0.07 | 2.66 ^{cd} ±0.05 | 2.53 ^{de} ±0.11 | 2.58 ^e ±0.06 | 2.19 ^f ±0.08 | 2.04 ^g ±0.02 | | |
| ถุงอูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 3.00±0.05 | 2.80±0.05 | 2.80±0.05 | 2.66±0.05 | 2.60±0.05 | 2.63±0.05 | 2.20±0.05 | 2.16±0.02 | 2.61±0.29 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 3.00±0.05 | 2.80±0.05 | 2.70±0.05 | 2.66±0.05 | 2.50±0.17 | 2.60±0.05 | 2.16±0.05 | 1.96±0.05 | 2.55±0.33 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 3.00±0.05 | 2.73±0.05 | 2.66±0.05 | 2.66±0.05 | 2.63±0.05 | 2.40±0.05 | 2.20±0.05 | 2.00±0.05 | 2.54±0.31 | |
| เคลือบ | 3.00 ^a ±0.05 | 2.78 ^b ±0.04 | 2.72 ^b ±0.07 | 2.66 ^{bc} ±0.05 | 2.58 ^c ±0.06 | 2.54 ^c ±0.12 | 2.19 ^d ±0.02 | 2.04 ^e ±0.10 | | |

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันกำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.5 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียววู้หลานชนิดผงในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียววู้หลานชนิดผง แสดงดังตารางที่ 15 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียววู้หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงพลาสติก (PP) ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่างเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าความเป็นกรด-ด่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 14 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียววู้หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่างเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ ค่าความเป็นกรด - ด่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 14(b)

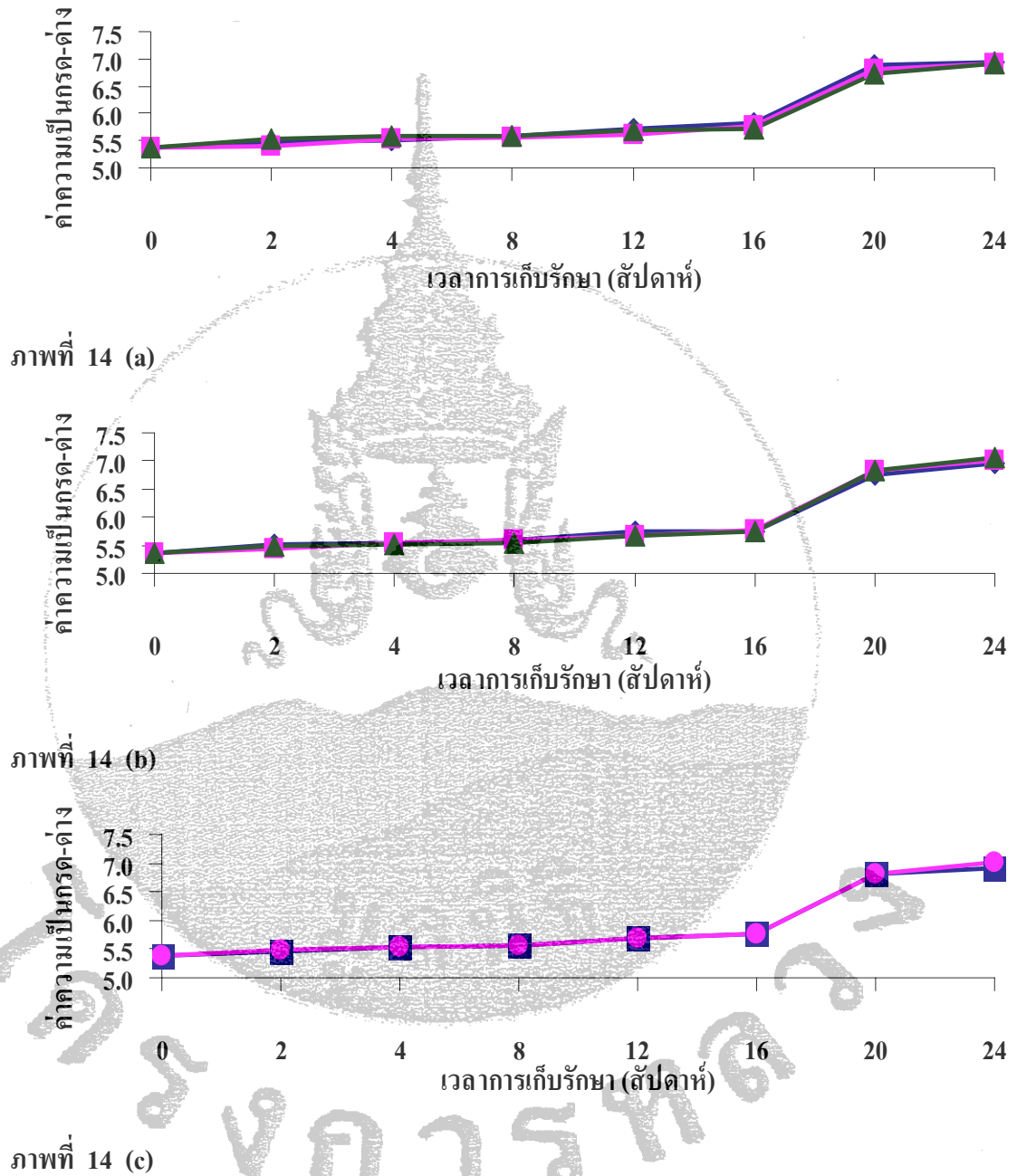
เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด - ด่างระหว่างการบรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 14 (c)

ตารางที่ 15 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ต่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มยิวู่หูกหลานชนิดผง

| สภาวะการบรรจุ | อายุการเก็บ (ค่าความเป็นกรด - ต่าง) | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|--|--|--|--|--|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เฉลี่ย | | | | | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 5.37±0.01* | 5.47±0.01 | 5.51±0.05 | 5.58±0.05 | 5.73±0.01 | 5.82±0.01 | 6.90±0.02 | 6.93±0.04 | 5.91±0.63 | | | | | |
| 30 องศาเซลเซียส | 5.37±0.01 | 5.41±0.05 | 5.52±0.01 | 5.55±0.05 | 5.62±0.01 | 5.76±0.05 | 6.80±0.02 | 6.92±0.05 | 5.87±0.62 | | | | | |
| 37 องศาเซลเซียส | 5.37±0.01 | 5.53±0.05 | 5.58±0.01 | 5.59±0.05 | 5.70±0.05 | 5.71±0.05 | 6.73±0.05 | 6.92±0.05 | 5.89±0.58 | | | | | |
| เฉลี่ย | 5.37±0.05 | 5.47±0.06 | 5.54 ^{de} ±0.03 | 5.57 ^d ±0.02 | 5.68 ^c ±0.05 | 5.76 ^c ±0.05 | 6.81 ^b ±0.08 | 6.92±0.05 | | | | | | |
| ถุงอูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 5.37±0.01 | 5.52±0.05 | 5.55±0.05 | 5.58±0.05 | 5.74±0.01 | 5.74±0.05 | 6.74±0.05 | 6.95±0.05 | 5.90±0.64 | | | | | |
| 30 องศาเซลเซียส | 5.37±0.01 | 5.44±0.05 | 5.53±0.05 | 5.59±0.05 | 5.67±0.05 | 5.77±0.01 | 6.84±0.05 | 7.02±0.01 | 5.90±0.59 | | | | | |
| 37 องศาเซลเซียส | 5.37±0.01 | 5.49±0.05 | 5.52±0.01 | 5.54±0.05 | 5.67±0.05 | 5.76±0.05 | 6.84±0.05 | 7.05±0.02 | 5.91±0.64 | | | | | |
| เฉลี่ย | 5.37±0.05 | 5.48 ^f ±0.04 | 5.53 ^{ef} ±0.05 | 5.57 ^e ±0.02 | 5.69 ^d ±0.04 | 5.76 ^c ±0.01 | 6.81 ^b ±0.05 | 7.01 ^a ±0.05 | | | | | | |

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันกำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนิดผง ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ในถุงพลาสติก (PP) (a) และ ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ (b)

- ภาพ (a) และ (b) ◆ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ■ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
 ▲ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
- ภาพ (c) ■ ถุงพลาสติก (PP) ● ถุงอลูมิเนียมฟอยด์

3.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวกู่หลานชนิดผงในสถานะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวกู่หลานชนิดผง แสดงดังตารางที่ 16 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงพลาสติก (PP) ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้ปริมาณความชื้นเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ ปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 15 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ ปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ปริมาณความชื้นยังแปรผันกับระยะเวลาในการเก็บรักษา กล่าวคือ ปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 15 (b)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นระหว่างการบรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ พบว่า ถุงพลาสติก (PP) จะทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าถุงอลูมิเนียมฟอยล์มีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นได้ดีกว่าถุงพลาสติก (PP) ดังภาพที่ 15 (c)

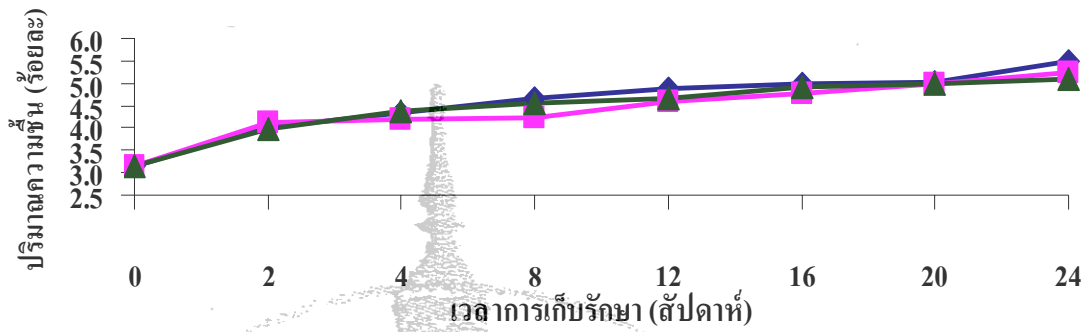
ตารางที่ 16 การเปลี่ยนแปลงร้อยละของปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเคียวที่สถานชานฉาง

| สภาวะการบรรจุ | อายุการเก็บ (ร้อยละของปริมาณความชื้น) | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|--|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เฉลี่ย | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 3.14±0.29* | 4.03±0.30 | 4.35±0.28 | 4.66±0.13 | 4.87±0.34 | 4.98±0.20 | 5.02±0.07 | 5.48±0.12 | 4.57±0.53 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 3.14±0.29 | 4.13±0.05 | 4.21±0.14 | 4.25±0.49 | 4.60±0.13 | 4.77±0.18 | 4.98±0.20 | 5.24±0.07 | 4.42±0.47 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 3.14±0.29 | 3.98±0.08 | 4.38±0.17 | 4.57±0.24 | 4.66±0.24 | 4.93±0.06 | 4.98±0.20 | 5.09±0.31 | 4.47±0.48 | |
| เฉลี่ย | 3.14 ^f ±0.05 | 4.05 ^f ±0.07A | 4.31 ^e ±0.09A | 4.49 ^{de} ±0.21A | 4.71 ^{cd} ±0.14A | 4.89 ^{bc} ±0.10A | 4.99 ^b ±0.02A | 5.27 ^a ±0.19A | | |
| ถุงอูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 3.14±0.29 | 3.22±0.14 | 3.26±0.01 | 3.34±0.20 | 3.37±0.16 | 3.43±0.12 | 3.47±0.19 | 3.98±0.20 | 3.40 ^b ±0.59 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 3.14±0.29 | 3.83±0.23 | 3.85±0.17 | 4.08±0.21 | 4.26±0.31 | 4.28±0.29 | 4.76±0.09 | 4.98±0.20 | 4.15 ^a ±0.51 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 3.14±0.29 | 3.40±0.18 | 3.46±0.03 | 3.77±0.09 | 4.65±0.17 | 4.79±0.14 | 4.98±0.20 | 5.06±0.10 | 4.16 ^a ±0.74 | |
| เฉลี่ย | 3.14 ^d ±0.05 | 3.48 ^{cd} ±0.31B | 3.52 ^{bcd} ±0.30B | 3.73 ^{bcd} ±0.37B | 4.09 ^{abc} ±0.65B | 4.17 ^{abc} ±0.68B | 4.40 ^{ab} ±0.81B | 4.67 ^a ±0.05B | | |

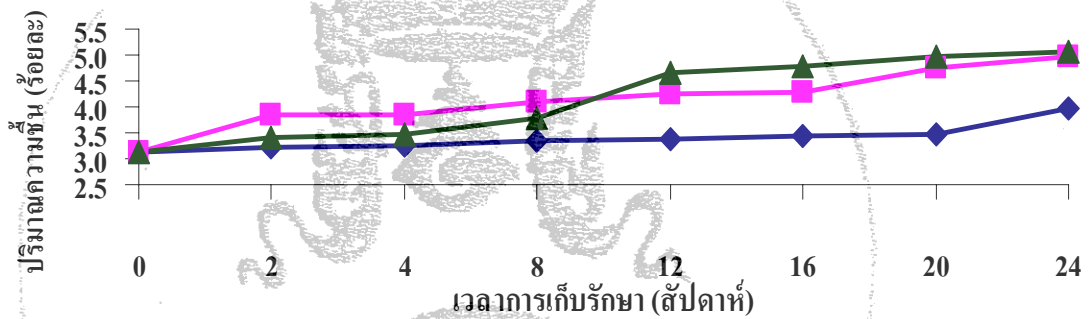
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

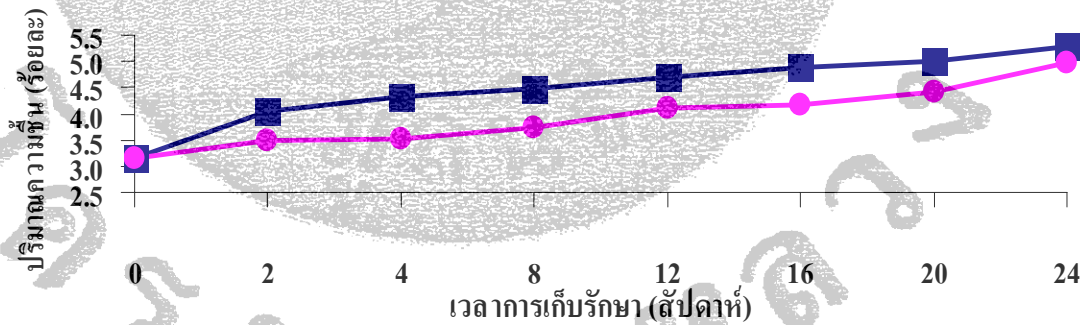
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในแต่ละสัปดาห์ แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 15 (a)



ภาพที่ 15 (b)



ภาพที่ 15 (c)

ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนิดผงระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในถุงพลาสติก (PP) (a) และถุงออลูมิเนียมฟอยล์ (b)

- ภาพ (a) และ (b) ◆ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ■ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
 ▲ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
- ภาพ (c) ■ ถุงพลาสติก (PP) ● ถุงออลูมิเนียมฟอยล์

3.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงในสถานะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงแสดงดังตารางที่ 17 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงพลาสติก (PP) ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 16 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยด์ พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยด์ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 16 (b)

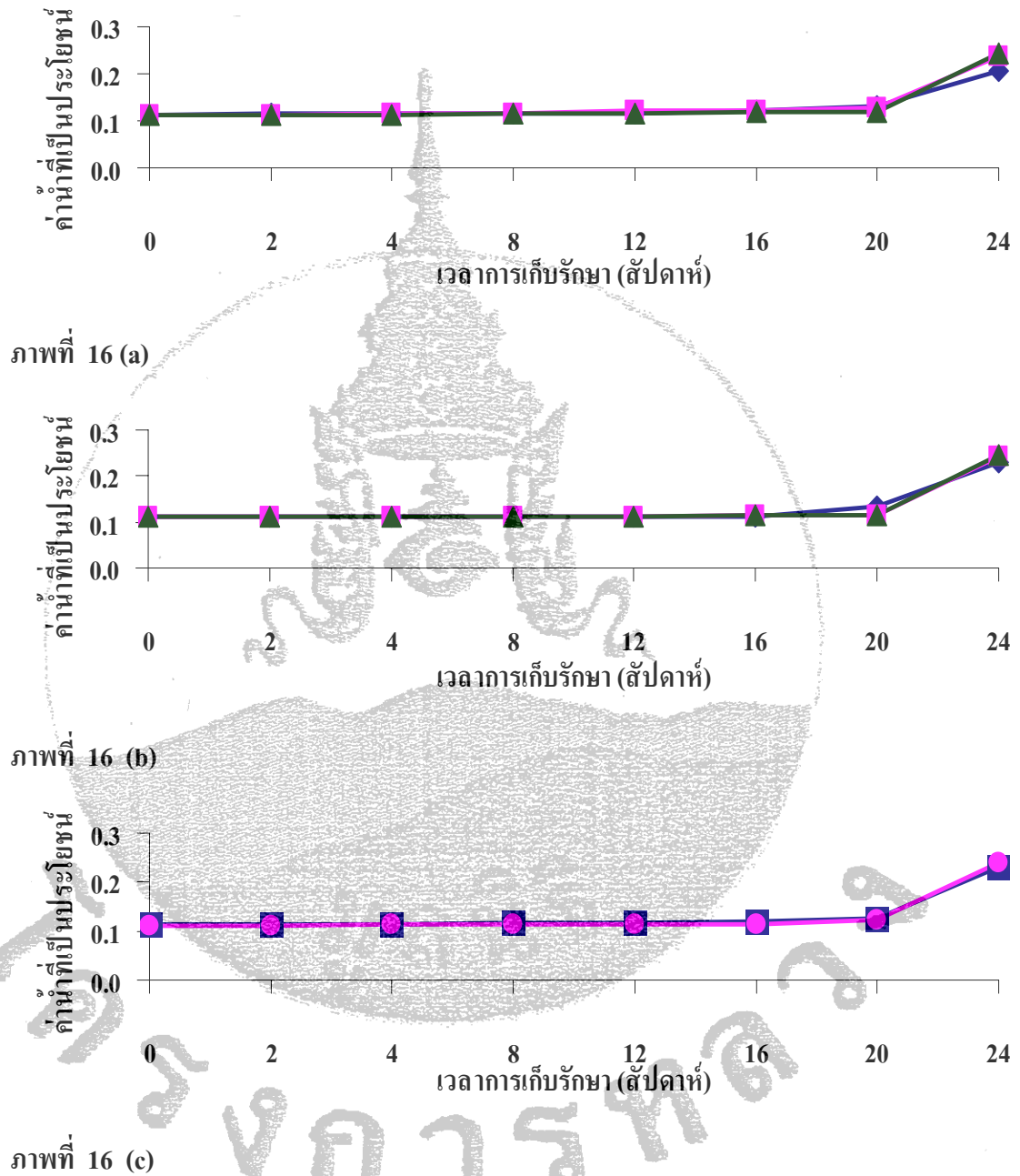
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ระหว่างการบรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) และถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 16 (c)

ตารางที่ 17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่ขึ้นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง

| สภาวะการบรรจุ | อายุการเก็บ (ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เฉลี่ย | | | | | | | | | | | | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 0.11±0.05* | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.13±0.05 | 0.21±0.05 | 0.13±0.03 | | | | | | | |
| 30 องศาเซลเซียส | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.13±0.05 | 0.24±0.05 | 0.13±0.04 | | | | | | | | |
| 37 องศาเซลเซียส | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.12±0.05 | 0.25±0.05 | 0.13±0.04 | | | | | | | | |
| เฉลี่ย | 0.11 ^c ±0.05 | 0.11 ^{bc} ±0.05 | 0.11 ^{bc} ±0.05 | 0.12 ^{bc} ±0.05 | 0.12 ^{bc} ±0.05 | 0.12 ^{bc} ±0.05 | 0.12 ^{bc} ±0.05 | 0.12 ^{bc} ±0.05 | 0.12 ^{bc} ±0.05 | 0.12 ^{bc} ±0.05 | 0.13 ^b ±0.05 | 0.23±0.02 | | | | | | | | | |
| ถุงอูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.13±0.05 | 0.23±0.05 | 0.13±0.04 | | | | | | | |
| 30 องศาเซลเซียส | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.12±0.05 | 0.24±0.05 | 0.13±0.04 | | | | | | | | |
| 37 องศาเซลเซียส | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.11±0.05 | 0.12±0.05 | 0.25±0.05 | 0.13±0.04 | | | | | | | | |
| เฉลี่ย | 0.11 ^c ±0.05 | 0.11 ^c ±0.05 | 0.11 ^c ±0.05 | 0.11 ^c ±0.05 | 0.11 ^c ±0.05 | 0.11 ^c ±0.05 | 0.11 ^c ±0.05 | 0.11 ^c ±0.05 | 0.11 ^c ±0.05 | 0.11 ^c ±0.05 | 0.12 ^b ±0.01 | 0.24±0.05 | | | | | | | | | |

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวกล้วยหาลานชนิดผงระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในถุงพลาสติก (PP) (a) และ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (b)

- ภาพ (a) และ (b) ◆ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ■ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
 ▲ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
- ภาพ (c) ■ ถุงพลาสติก (PP) ● ถุงอลูมิเนียมฟอยล์

3.8 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง แสดงดังตารางที่ 18 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงพลาสติก (PP) ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 17 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 17 (b)

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวระหว่างการบรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ถุงพลาสติก (PP) จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวของผลิตภัณฑ์ลดลง ในขณะที่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียวของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 ของระยะเวลาการเก็บรักษา ดังภาพที่ 17 (c)

ตารางที่ 18 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเสียงของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนนิตผง

| สภาวะการบรรจุ | อายุการเก็บ (ค่าสัดส่วนเฉลี่ยด้านสี) | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------|--|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เฉลี่ย | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 1.00±0.31* | 1.00±0.13 | 0.91±0.12 | 0.90±0.10 | 0.77±0.17 | 0.75±0.22 | 0.57±0.22 | 0.56±0.22 | 0.81±0.18 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 1.00±0.31 | 1.00±0.23 | 1.00±0.25 | 0.86±0.31 | 0.75±0.31 | 0.71±0.18 | 0.63±0.22 | 0.59±0.27 | 0.82±0.18 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 1.03±0.23 | 1.00±0.28 | 1.00±0.31 | 0.99±0.42 | 0.90±0.44 | 0.67±0.23 | 0.62±0.28 | 0.57±0.21 | 0.84±0.19 | |
| เฉลี่ย | 1.00±0.05 | 1.00±0.05 | 0.97 ^{ab} ±0.05B | 0.92 ^b ±0.06B | 0.81 ^c ±0.08B | 0.71 ^d ±0.04B | 0.61 ^e ±0.03B | 0.57 ^e ±0.01B | | |
| ถุงอูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 1.00±0.31 | 1.01±0.22 | 1.14±0.26 | 1.17±0.26 | 1.19±0.23 | 1.28±0.17 | 1.29±0.30 | 1.33±0.22 | 1.18±0.12 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 1.00±0.31 | 1.00±0.31 | 1.05±0.33 | 1.08±0.39 | 1.08±0.27 | 1.18±0.27 | 1.22±0.18 | 1.34±0.23 | 1.12±0.12 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 1.00±0.31 | 1.03±0.30 | 1.05±0.33 | 1.18±0.18 | 1.18±0.28 | 1.27±0.21 | 1.29±0.33 | 1.30±0.27 | 1.16±0.12 | |
| เฉลี่ย | 1.00±0.05 | 1.01 ^{de} ±0.01 | 1.08 ^{cd} ±0.05A | 1.14 ^c ±0.05A | 1.13 ^c ±0.05A | 1.24 ^b ±0.05A | 1.27 ^{ab} ±0.04A | 1.32 ^b ±0.02A | | |

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.9 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนิดผงในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนิดผง แสดงดังตารางที่ 19 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงพลาสติก (PP) ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 18 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงออลูมิเนียมฟอยล์ พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงออลูมิเนียมฟอยล์ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 18 (b)

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นระหว่างการบรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) และถุงออลูมิเนียมฟอยล์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ถุงพลาสติก (PP) จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ลดลงมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงออลูมิเนียมฟอยล์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าถุงออลูมิเนียมในการเก็บกลิ่นของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าถุงพลาสติก (PP) ดังภาพที่ 18 (c)

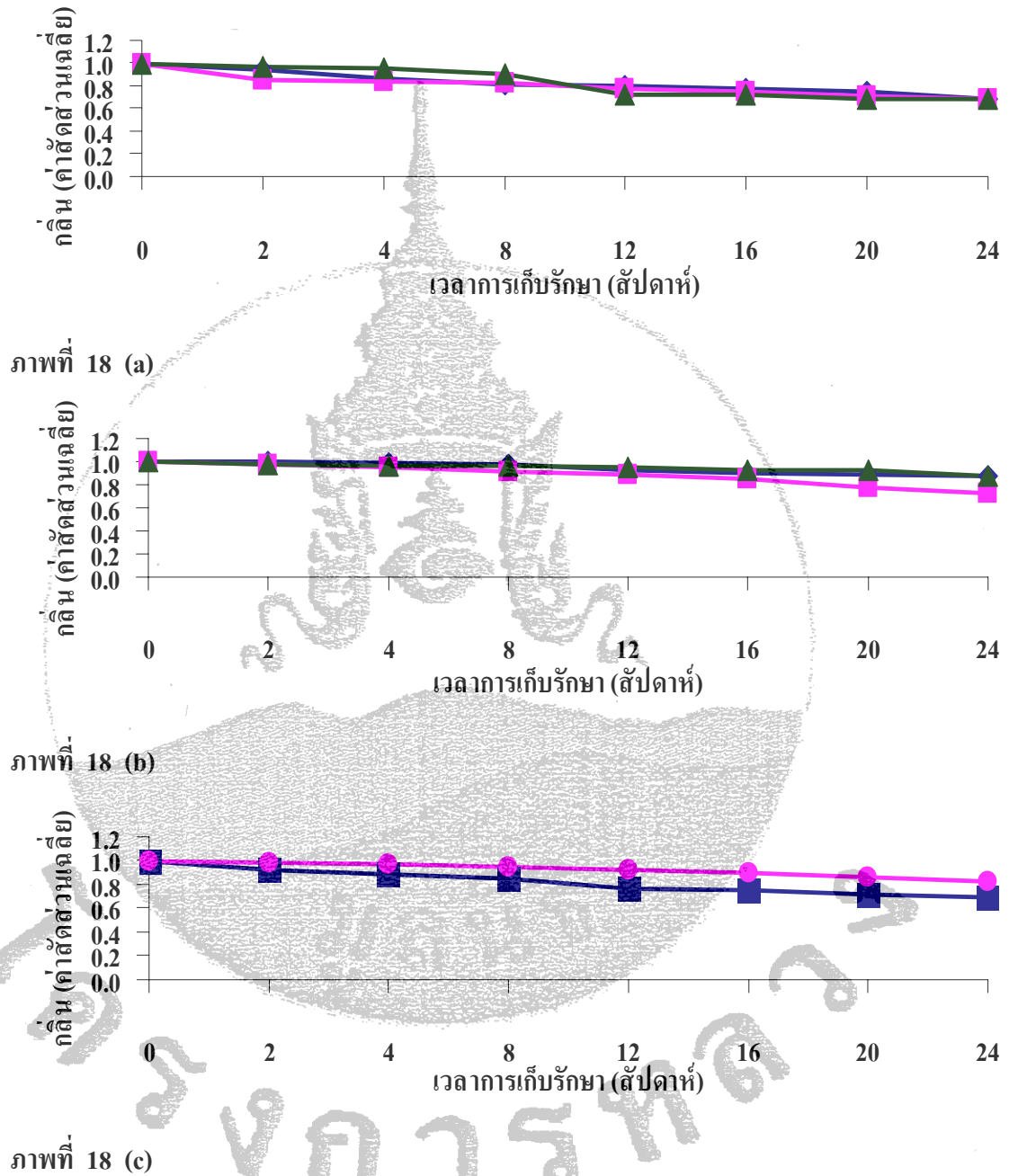
ตารางที่ 19 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวที่สถานชงชา

| สภาวะการบรรจุ | อายุการเก็บ (ค่าสัดส่วนเฉลี่ยด้านกลิ่น) | | | | | | | | | |
|-------------------|---|-------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------|--|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เฉลี่ย | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 1.00±0.32* | 0.94±0.13 | 0.86±0.15 | 0.81±0.17 | 0.80±0.22 | 0.77±0.20 | 0.75±0.22 | 0.69±0.24 | 0.83±0.09 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 1.00±0.32 | 0.85±0.19 | 0.84±0.28 | 0.83±0.19 | 0.77±0.18 | 0.75±0.27 | 0.71±0.13 | 0.69±0.18 | 0.81±0.09 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 1.00±0.32 | 0.97±0.20 | 0.95±0.24 | 0.90±0.29 | 0.72±0.29 | 0.72±0.16 | 0.69±0.25 | 0.68±0.21 | 0.83±0.13 | |
| เฉลี่ย | 1.00±0.05 | 0.92 ^b ±0.06 | 0.88 ^{bc} ±0.05 | 0.85 ^c ±0.04B | 0.76 ^d ±0.04B | 0.75 ^{dc} ±0.03B | 0.72 ^{dc} ±0.03B | 0.69 ^e ±0.05B | | |
| ถุงอูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 1.00±0.32 | 1.00±0.16 | 0.99±0.27 | 0.97±0.32 | 0.92±0.19 | 0.90±0.22 | 0.89±0.27 | 0.87±0.27 | 0.94±0.06 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 1.00±0.32 | 0.98±0.32 | 0.95±0.31 | 0.91±0.32 | 0.89±0.29 | 0.85±0.26 | 0.78±0.31 | 0.72±0.32 | 0.89±0.11 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 1.00±0.32 | 0.98±0.32 | 0.96±0.20 | 0.96±0.20 | 0.95±0.25 | 0.93±0.28 | 0.92±0.32 | 0.88±0.35 | 0.95±0.03 | |
| เฉลี่ย | 1.00±0.05 | 0.99 ^d ±0.01 | 0.97 ^{ab} ±0.02 | 0.95 ^{ab} ±0.02A | 0.92 ^{abc} ±0.03A | 0.89 ^{bcd} ±0.04A | 0.86 ^{cd} ±0.07A | 0.82 ^d ±0.08A | | |

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงระหว่างการรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ในถุงพลาสติก (PP) (a) และ ถุงอูมิเนียมฟอยด์ (b)

- ภาพ (a) และ (b) ◆— อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ■— อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
 ▲— อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
- ภาพ (c) ■— ถุงพลาสติก (PP) ●— ถุงอูมิเนียมฟอยด์

3.10 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง แสดงดังตารางที่ 20 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงพลาสติก (PP) ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 19 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยด์ พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยด์ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) กล่าวคือ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 19 (b)

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมระหว่างการบรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) และถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ถุงพลาสติก (PP) จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 12 ของระยะเวลาในการเก็บรักษา ดังภาพที่ 19 (c)

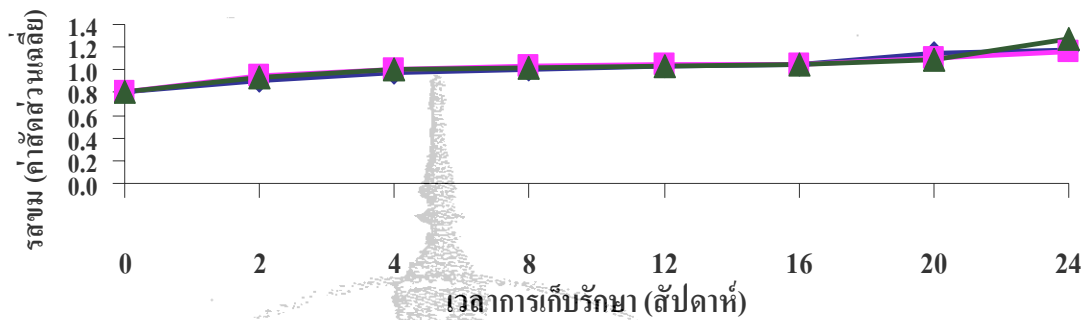
ตารางที่ 20 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนิดผง

| สภาวะการบรรจุ | อายุการเก็บ (ค่าสัดส่วนเฉลี่ยด้านรสขม) | | | | | | | | | |
|-------------------|--|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|--|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เฉลี่ย | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 0.81±0.27* | 0.90±0.26 | 0.97±0.28 | 1.01±0.35 | 1.03±0.24 | 1.04±0.27 | 1.14±0.26 | 1.17±0.18 | 1.01±0.20 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 0.81±0.27 | 0.95±0.33 | 1.01±0.27 | 1.03±0.21 | 1.04±0.36 | 1.04±0.29 | 1.10±0.21 | 1.16±0.33 | 1.02±0.13 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 0.81±0.27 | 0.94±0.28 | 1.00±0.35 | 1.02±0.30 | 1.03±0.24 | 1.04±0.27 | 1.09±0.23 | 1.27±0.25 | 1.03±0.20 | |
| เฉลี่ย | 0.81±0.05 | 0.93 ^d ±0.20 | 0.99 ^{cd} ±0.15 | 1.02 ^c ±0.03 | 1.03 ^c ±0.02B | 1.04 ^c ±0.05B | 1.11 ^b ±0.16B | 1.20 ^a ±0.29B | | |
| ถุงอูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 0.81±0.27 | 1.02±0.36 | 1.02±0.19 | 1.04±0.27 | 1.09±0.29 | 1.15±0.37 | 1.17±0.32 | 1.29±0.27 | 1.07±0.09 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 0.81±0.27 | 0.97±0.20 | 1.01±0.26 | 1.04±0.27 | 1.13±0.31 | 1.18±0.38 | 1.27±0.26 | 1.35±0.24 | 1.10±0.18 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 0.81±0.27 | 0.89±0.19 | 0.96±0.24 | 1.04±0.26 | 1.19±0.39 | 1.29±0.27 | 1.32±0.33 | 1.40±0.29 | 1.11±0.20 | |
| เฉลี่ย | 0.81±0.05 | 0.96 ^d ±0.23 | 1.00 ^d ±0.17 | 1.04 ^d ±0.14 | 1.14 ^c ±0.05A | 1.21 ^{bc} ±0.07A | 1.25 ^b ±0.15A | 1.35 ^a ±0.25A | | |

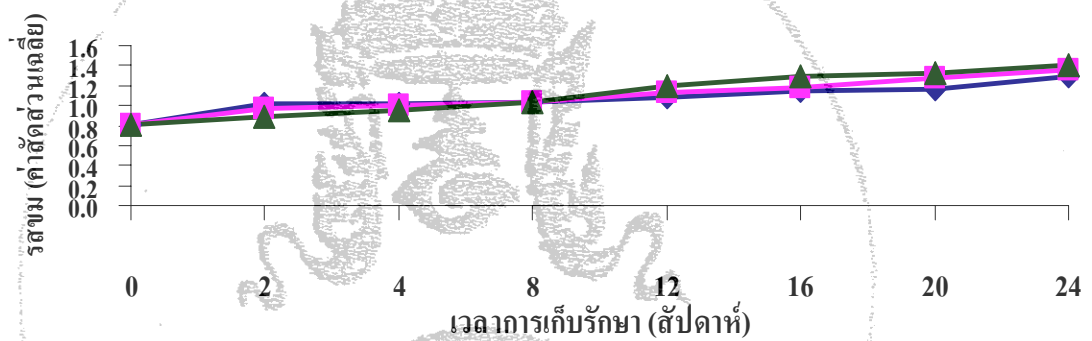
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

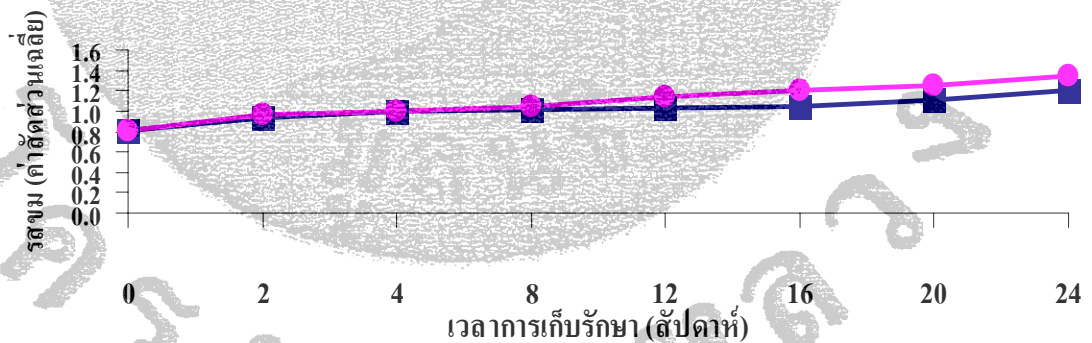
ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 19 (a)



ภาพที่ 19 (b)



ภาพที่ 19 (c)

ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ในถุงพลาสติก (PP) (a) และ ถุงอูมิเนียมฟอยด์ (b)

ภาพ (a) และ (b) ◆ อณูหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ■ อณูหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
 ▲ อณูหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ภาพ (c) ■ ถุงพลาสติก (PP) ● ถุงอูมิเนียมฟอยด์

3.11 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง แสดงดังตารางที่ 21 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงพลาสติก (PP) ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 20 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 20 (b)

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสระหว่างการบรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ถุงพลาสติก (PP) จะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ของระยะเวลาในการเก็บรักษา ดังภาพที่ 20 (c)

ตารางที่ 21 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มยวภูหาลานชนิดผง

| สภาวะการบรรจุ | อายุการเก็บ (ค่าคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความใส) | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------|--|--|--|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เฉลี่ย | | | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 1.08±0.23* | 1.06±0.23 | 1.02±0.32 | 0.98±0.17 | 0.82±0.14 | 0.79±0.23 | 0.75±0.14 | 0.79±0.22 | 0.90±0.12 | | | |
| 30 องศาเซลเซียส | 1.08±0.23 | 1.07±0.22 | 1.02±0.24 | 0.87±0.24 | 0.80±0.23 | 0.78±0.29 | 0.78±0.18 | 0.69±0.020 | 0.89±0.17 | | | |
| 37 องศาเซลเซียส | 1.08±0.23 | 1.01±0.13 | 0.96±0.34 | 0.90±0.23 | 0.85±0.14 | 0.77±0.21 | 0.77±0.23 | 0.71±0.22 | 0.88±0.18 | | | |
| เฉลี่ย | 1.08 ^a ±0.05 | 1.05 ^{ab} ±0.17A | 1.00 ^b ±0.08A | 0.92 ^c ±0.01A | 0.82 ^d ±0.15A | 0.78 ^{de} ±0.08A | 0.77 ^{ef} ±0.04A | 0.71 ^f ±0.30A | | | | |
| ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 1.08±0.23 | 0.80±0.27 | 0.80±0.11 | 0.73±0.25 | 0.68±0.25 | 0.66±0.22 | 0.65±0.14 | 0.64±0.26 | 0.76±0.14 | | | |
| 30 องศาเซลเซียส | 1.08±0.23 | 0.88±0.28 | 0.79±0.22 | 0.75±0.20 | 0.74±0.13 | 0.72±0.20 | 0.72±0.23 | 0.67±0.23 | 0.79±0.14 | | | |
| 37 องศาเซลเซียส | 1.08±0.23 | 0.79±0.25 | 0.75±0.26 | 0.64±0.22 | 0.64±0.34 | 0.62±0.21 | 0.62±0.21 | 0.62±0.27 | 0.72±0.15 | | | |
| เฉลี่ย | 1.08 ^a ±0.05 | 0.82 ^b ±0.04B | 0.78 ^{bc} ±0.04B | 0.71 ^{cd} ±0.05B | 0.69 ^d ±0.05B | 0.67 ^d ±0.08B | 0.66 ^d ±0.14B | 0.64 ^d ±0.26B | | | | |

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่ไม่เหมือนกันในแต่ละสัปดาห์ แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

3.12 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงในสถานะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง แสดงดังตารางที่ 22 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงพลาสติก (PP) ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 21 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงออลูมิเนียมฟอยล์ พบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงสามารถเก็บด้วยถุงออลูมิเนียมฟอยล์ได้ทุกอุณหภูมิ โดยไม่ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังภาพที่ 21 (b)

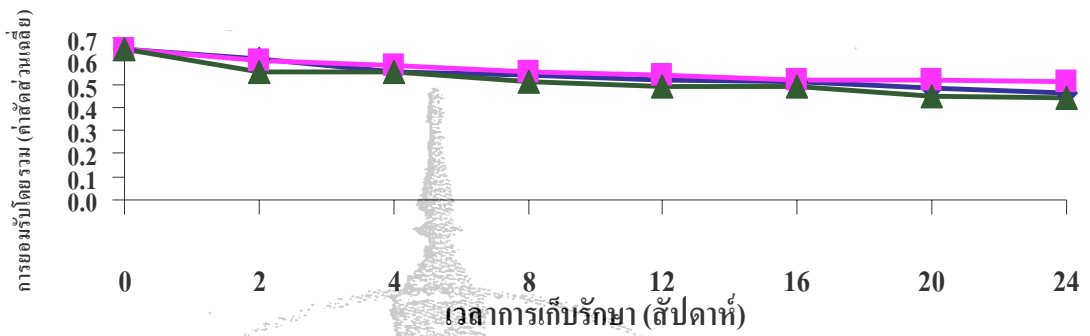
เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมระหว่างการบรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) และถุงออลูมิเนียมฟอยล์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังภาพที่ 21 (c)

ตารางที่ 22 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง

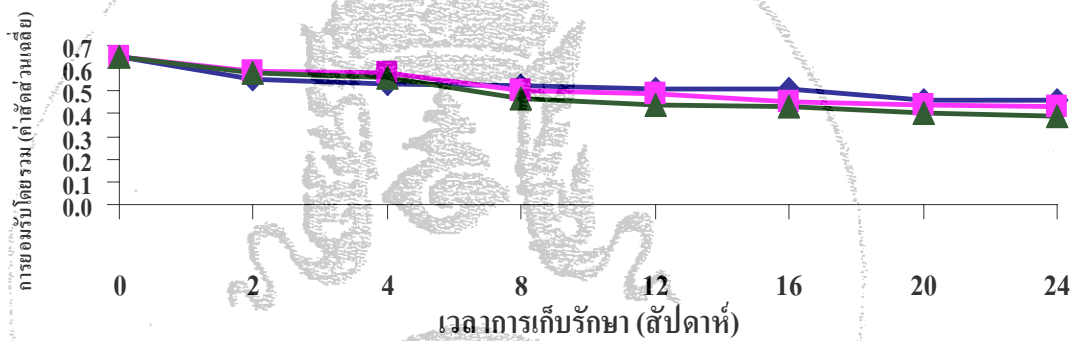
| สภาวะการบรรจุ | อายุการเก็บ (ค่าสัดส่วนเฉลี่ยด้านการยอมรับโดยรวม) | | | | | | | | | |
|--------------------|---|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|--|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เฉลี่ย | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 0.65±0.12* | 0.55±0.23 | 0.53±0.15 | 0.52±0.22 | 0.51±0.14 | 0.51±0.19 | 0.46±0.15 | 0.46±0.15 | 0.52±0.09 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 0.65±0.12 | 0.59±0.14 | 0.58±0.14 | 0.50±0.18 | 0.49±0.18 | 0.45±0.13 | 0.44±0.15 | 0.43±0.16 | 0.52±0.08 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 0.65±0.12 | 0.58±0.10 | 0.56±0.18 | 0.47±0.15 | 0.44±0.16 | 0.43±0.10 | 0.40±0.14 | 0.39±0.14 | 0.49±0.10 | |
| เฉลี่ย | 0.65 ^a ±0.05 | 0.57 ^b ±0.02 | 0.56 ^{bc} ±0.02 | 0.50 ^{cd} ±0.02 | 0.48 ^{cd} ±0.03 | 0.46 ^{def} ±0.04 | 0.43 ^{ef} ±0.04 | 0.43 ^f ±0.04 | | |
| ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | 0.65±0.12 | 0.61±0.16 | 0.55±0.13 | 0.54±0.20 | 0.52±0.14 | 0.51±0.19 | 0.48±0.16 | 0.46±0.15 | 0.54±0.10 | |
| 30 องศาเซลเซียส | 0.65±0.12 | 0.60±0.19 | 0.58±0.12 | 0.55±0.16 | 0.54±0.19 | 0.52±0.17 | 0.52±0.20 | 0.51±0.16 | 0.56±0.04 | |
| 37 องศาเซลเซียส | 0.65±0.12 | 0.55±0.14 | 0.55±0.16 | 0.51±0.24 | 0.49±0.12 | 0.49±0.19 | 0.45±0.04 | 0.44±0.19 | 0.52±0.07 | |
| เฉลี่ย | 0.65 ^a ±0.05 | 0.59 ^b ±0.03 | 0.56 ^b ±0.01 | 0.53 ^c ±0.02 | 0.52 ^{cd} ±0.02 | 0.51 ^{cd} ±0.01 | 0.48 ^{dc} ±0.07 | 0.47 ^e ±0.08 | | |

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

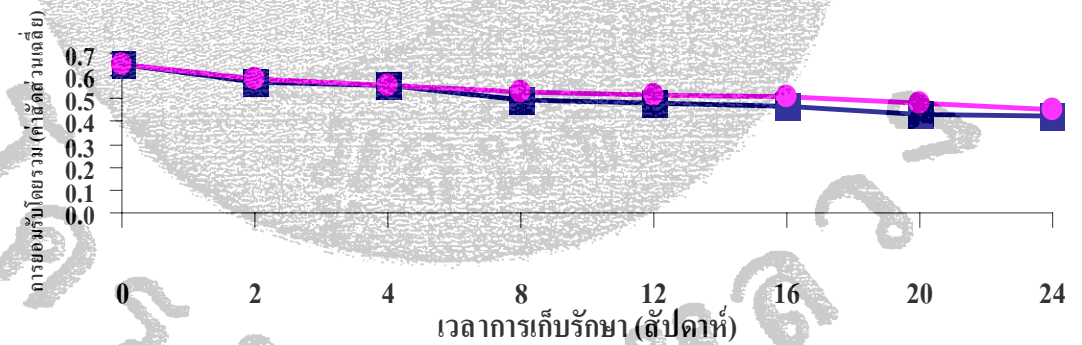
ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 21 (a)



ภาพที่ 21 (b)



ภาพที่ 21 (c)

ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงระหว่างการรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในถุงพลาสติก (PP) (a) และ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (b)

- ภาพ (a) และ (b) ◆— อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ■— อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
 ▲— อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
- ภาพ (c) ■— ถุงพลาสติก (PP) ●— ถุงอลูมิเนียมฟอยล์

3.13 การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวกู่หลานชนิดผงในสถานะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวกู่หลานชนิดผง แสดงดังตารางที่ 23 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) พบว่า เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ จนถึงสัปดาห์ที่ 12 จะไม่พบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ จนถึงสัปดาห์ที่ 16 ที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ยังไม่พบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ในขณะที่ที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส พบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.23 และ 3.03 log cfu/g ตามลำดับ ซึ่งที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสจะพบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์จนถึงสัปดาห์ที่ 20 และ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ 24 สัปดาห์ จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในทุกอุณหภูมิจะมีจำนวนที่ใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 22 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ พบว่า เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนถึงสัปดาห์ที่ 12 จะไม่พบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด แต่จะพบเมื่อเก็บ ผลิตภัณฑ์ถึงสัปดาห์ที่ 16 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มจำนวนเท่ากับ 2.92 log cfu/g และจะ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์นานถึง 20 และ 24 สัปดาห์ เท่ากับ 3.23 และ 3.67 log cfu/g ตามลำดับ ในขณะที่ที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส ไม่พบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ ใน 8 สัปดาห์แรก ซึ่งจะเริ่มพบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 12 โดยพบจำนวน 3.00 และ 2.56 log cfu/g ตามลำดับ ซึ่งพบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของ ผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 22 (b)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ระหว่างการบรรจุด้วย ถุงพลาสติก (PP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ไม่มีผลต่อการ เปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพ ที่ 22 (c)

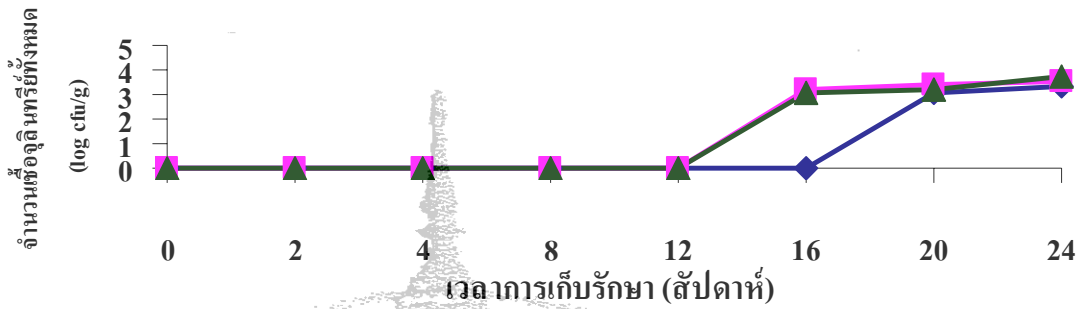
ตารางที่ 23 การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางค์ที่สถานผลิต

| สภาวะการบรรจุ | จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|--|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เฉลี่ย | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | 3.04±0.05* | 3.36±0.05 | 3.20±0.23 | |
| 30 องศาเซลเซียส | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | 3.23±0.05 | 3.40±0.05 | 3.54±0.05 | 3.39±0.16 | |
| 37 องศาเซลเซียส | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | 3.08±0.05 | 3.23±0.05 | 3.76±0.05 | 3.36±0.36 | |
| เฉลี่ย | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | 3.16±0.11 | 3.22±0.18 | 3.55±0.20 | | |
| ถุงอูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | 2.92±0.05 | 3.23±0.05 | 3.67±0.05 | 3.27±0.38 | |
| 30 องศาเซลเซียส | N/D | N/D | N/D | N/D | 3.00±0.05 | 3.18±0.05 | 3.53±0.05 | 3.60±0.05 | 3.33±0.29 | |
| 37 องศาเซลเซียส | N/D | N/D | N/D | N/D | 2.56±0.05 | 3.66±0.05 | 3.70±0.05 | 3.98±0.05 | 3.48±0.63 | |
| เฉลี่ย | N/D | N/D | N/D | N/D | 2.78 ^b ±0.31 | 3.25 ^{ab} ±0.38 | 3.49 ^b ±0.24 | 3.75 ^a ±0.20 | | |

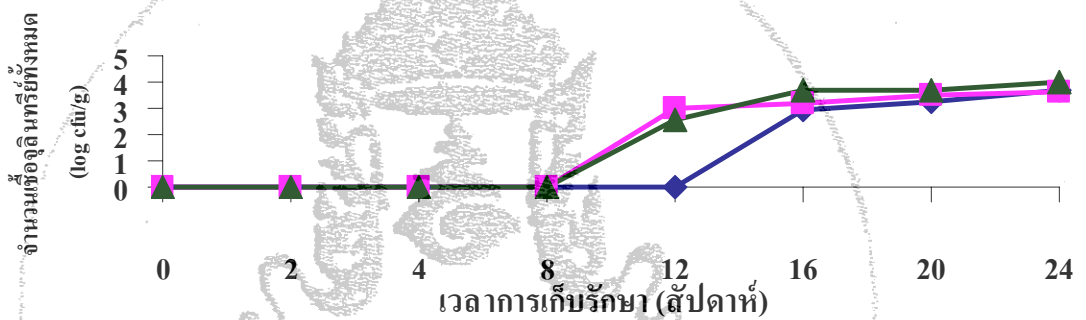
*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกันที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

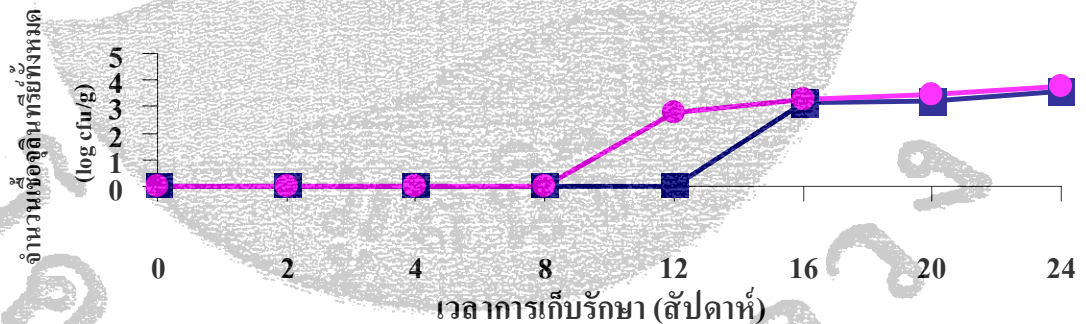
N/D หมายถึง ไม่พบ



ภาพที่ 22 (a)



ภาพที่ 22 (b)



ภาพที่ 22 (c)

ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำดื่มเขียวแก้วหาลานชนิดผงระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ในถุงพลาสติก (PP) (a) และถุงอูรีนียมฟอยด์ (b)

- ภาพ (a) และ (b) ◆ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ■ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
 ▲ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
- ภาพ (c) ■ ถุงพลาสติก (PP) ● ถุงอูรีนียมฟอยด์

3.14 การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงในสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงแสดงดังตารางที่ 24 เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) พบว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์จนถึงสัปดาห์ที่ 24 พบยีสต์และราจำนวน $1.27 \log \text{ cfu/g}$ ซึ่งตามมาตรฐานต้องไม่เกิน $1 \log \text{ cfu/g}$ (ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) สำหรับที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เริ่มพบยีสต์และราในสัปดาห์ที่ 16 จำนวน $1.21 \log \text{ cfu/g}$ และสัปดาห์ที่ 20 และ 24 สัปดาห์ พบยีสต์และรา จำนวน 1.90 และ $1.98 \log \text{ cfu/g}$ ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบยีสต์และราในสัปดาห์ที่ 16 จำนวน $1.65 \log \text{ cfu/g}$ และสัปดาห์ที่ 20 และ 24 สัปดาห์ พบยีสต์และรา จำนวน 1.98 และ $1.99 \log \text{ cfu/g}$ ตามลำดับ และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ ณ ทุกอุณหภูมิ (25 30 และ 37 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ ยีสต์และราที่พบมีจำนวนใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 23 (a)

เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุด้วยถุงอลูมิเนียมฟอยล์ พบว่า เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนถึงสัปดาห์ที่ 20 จะไม่พบจำนวนยีสต์และรา แต่เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ถึงจนสัปดาห์ที่ 24 ยีสต์และราจะเพิ่มจำนวนเป็น $1.00 \log \text{ cfu/g}$ ในขณะที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส จะไม่พบจำนวนยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ ใน 12 สัปดาห์แรก ซึ่งจะเริ่มพบจำนวนยีสต์และราในสัปดาห์ที่ 16 โดยจะพบจำนวน 1.01 และ $1.31 \log \text{ cfu/g}$ ตามลำดับ และที่ 20 สัปดาห์ มีปริมาณยีสต์และราจำนวน 1.66 และ $1.77 \log \text{ cfu/g}$ ตามลำดับ และสัปดาห์ที่ 24 ผลิตภัณฑ์ มีปริมาณยีสต์และราจำนวน 1.75 และ $1.89 \log \text{ cfu/g}$ ตามลำดับ ซึ่งพบว่า อุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณยีสต์และราของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 23 (b)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์ระหว่างการบรรจุด้วยถุงพลาสติก (PP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ พบว่า ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังภาพที่ 23 (c)

ตารางที่ 24 การเปลี่ยนแปลงจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวูกู่หลานชนิดผง

| สภาวะการบรรจุ | จำนวนยีสต์และรา (log cfu/g) | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
| | เริ่มต้น | 2 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 8 สัปดาห์ | 12 สัปดาห์ | 16 สัปดาห์ | 20 สัปดาห์ | 24 สัปดาห์ | เฉลี่ย | |
| ถุงพลาสติก (PP) | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | 1.27±0.02 | 1.27±0.02 | 1.27±0.02 |
| 30 องศาเซลเซียส | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | 1.21±0.01* | 1.90±0.02 | 1.98±0.02 | 1.98±0.02 | 1.70±0.05 |
| 37 องศาเซลเซียส | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | 1.65±0.12 | 1.98±0.08 | 1.99±0.02 | 1.99±0.02 | 1.87±0.67 |
| เฉลี่ย | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | 1.43 ^b ±0.15 | 1.94 ^a ±0.25 | 1.75 ^{ab} ±0.07 | | |
| ถุงอูมิเนียมฟอยล์ | | | | | | | | | | |
| 25 องศาเซลเซียส | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | 1.00±0.05 | 1.00±0.05 | 1.00±0.05 |
| 30 องศาเซลเซียส | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | 1.01±0.01 | 1.66±0.05 | 1.75±0.05 | 1.75±0.05 | 1.47±0.35 |
| 37 องศาเซลเซียส | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | 1.31±0.11 | 1.77±0.07 | 1.89±0.02 | 1.89±0.02 | 1.66±0.27 |
| เฉลี่ย | N/D | N/D | N/D | N/D | N/D | 1.16 ^b ±0.20 | 1.72 ^a ±0.22 | 1.55 ^a ±0.03 | | |

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับค่าของข้อมูลในแถวเดียวกัน แสดงว่าให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

N/D หมายถึง ไม่พบ

สรุปผลของการศึกษาภาชนะบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

การบรรจุผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวกู่หลานชนิดผงในถุงพลาสติก (PP) สามารถเก็บได้ ณ อุณหภูมิ 25, 30 และ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิทำให้คุณภาพด้านกายภาพ คือ ค่าความสว่าง ค่าสี a ค่าสี b คุณภาพด้านเคมี คือ ปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด - ด่าง ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น จะทำให้ค่าดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไป ดังนี้ ค่าความสว่าง ค่าสี a ค่าสี b ปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นกรด - ด่าง ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น สำหรับอุณหภูมิจะไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียว กลิ่น รสขม และความใส และการยอมรับโดยรวม แต่เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียว กลิ่น และการยอมรับโดยรวมจะลดลง ในขณะที่คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขม และความใสจะเพิ่มขึ้น คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ณ ทุกอุณหภูมิพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยไม่เกิน 4 log cfu/g (ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) แต่ปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเกินมาตรฐานในสัปดาห์ที่ 24 (6 เดือน) โดยจะต้องไม่เกิน 1 log cfu/g (ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณยีสต์และราจะเกินมาตรฐานในสัปดาห์ที่ 16 (4 เดือน)

การบรรจุผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวกู่หลานชนิดผงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ สามารถเก็บได้ ณ อุณหภูมิ 25, 30 และ 37 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิไม่ทำให้คุณภาพด้านกายภาพ และเคมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น ค่าดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงไป ดังนี้ ค่าความสว่าง ค่าสี a ค่าสี b ปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง โดยค่าความสว่าง และค่าสี b จะลดลงน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติก (PP) ในขณะที่ค่าความเป็นกรด - ด่าง ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น โดยปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้นน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติก (PP) ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวจะไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียว กลิ่น รสขม ความใส และการยอมรับโดยรวม แต่เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่น ความใสและการยอมรับโดยรวมจะลดลง ในขณะที่คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีเขียว และรสขมจะเพิ่มขึ้นส่วนคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ณ ทุกอุณหภูมิ พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ปริมาณยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ที่เก็บในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเกินมาตรฐานในสัปดาห์

ที่ 24 (6 เดือน) ในขณะที่อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส ปริมาณยีสต์ และราในผลิตภัณฑ์จะเกินมาตรฐาน ในสัปดาห์ที่ 16 (4 เดือน)



วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

1 การศึกษาวิธีการต้มสกัดเจียวกู่หลานที่เหมาะสม

จากการศึกษาวิธีการต้มสกัดเจียวกู่หลานที่เหมาะสมโดยทำการต้มสกัดแบบเปิดและต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ โดยการต้มสกัดแบบเปิดใช้ความร้อนจากก๊าซหุงต้ม และการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศด้วยเครื่อง Rotary evaporator พบว่าวิธีการต้มสกัดแบบเปิดจะทำให้ได้ค่าคะแนนทางด้านประสาทสัมผัส (9 Points hedonic scale scoring test) ของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรเจียวกู่หลานชนิดผงสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ ในด้านกลิ่นสมุนไพร ความใส และการยอมรับโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นจึงใช้วิธีการต้มสกัดแบบเปิด เพื่อใช้ในการต้มสกัดน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลาน

2 การศึกษาหาอัตราส่วนของสารละลายที่เหมาะสม

ทำการศึกษาอัตราส่วนของสารละลายที่เหมาะสมของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และปริมาณน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลาน โดยวางแผนการทดลอง แบบ Completely Randomized Design พบว่าอัตราส่วนสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินต่อน้ำสมุนไพรเจียวกู่หลานที่เหมาะสมคือ 30 ต่อ 70 ซึ่งมีค่าคะแนนทางประสาทสัมผัส (9 Points hedonic scale scoring test) ในด้านสี กลิ่นสมุนไพร และการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์สูง โดยมีประสิทธิภาพในการทำแห้งอยู่ในเกณฑ์ดี

3 ศึกษาภาชนะบรรจุที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

จากผลการศึกษา พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง สามารถบรรจุได้ทั้งในถุงพลาสติก (PP) และถุงออลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ หรือ 6 เดือน คุณภาพทางด้านกายภาพ คือ ค่าความสว่าง ค่าสี a ค่าสี b คุณภาพทางด้านเคมี คือ ปริมาณร้อยละของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในขณะที่ปริมาณยีสต์ และรา หรือคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผงที่บรรจุในถุงพลาสติก (PP) จะมีอายุการเก็บ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน และ ณ อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 เดือน และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเจียวกู่หลานชนิดผง ที่บรรจุในถุงออลูมิเนียมฟอยล์ จะมีอายุการเก็บ ณ อุณหภูมิ

25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 เดือน และ ณ อุณหภูมิ 30 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 เดือน เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติก (PP)

ดังนั้นสามารถเก็บผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวกล้วยหลานชนิดผง ได้ทั้งในถุงพลาสติก (PP) และถุงอลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งหากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์จะมีอายุการเก็บถึง 6 เดือน ในขณะที่เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้น (30 และ 37 องศาเซลเซียส) ผลิตภัณฑ์จะมีอายุการเก็บสั้นลงเหลือ 4 เดือน



กิตติกรรมประกาศ

โครงการการวิจัยพัฒนาสูตรเครื่องดื่มเขียวภูหาลานชนิดผงโดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากมูลนิธิโครงการหลวง โดยได้รับการสนับสนุนปีงบประมาณ 2549 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในการให้การสนับสนุนการวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคลากร เจ้าหน้าที่ ของโรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง และภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนโครงการวิจัยนี้มาโดยตลอด

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่านที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ ตลอดทั้งโครงการ ซึ่งทำให้โครงการดำเนินการไปได้ด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพ แนวความคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งปวง คณะผู้วิจัยขอน้อมรับและจะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำงานในอนาคต องค์ความรู้ที่เกิดจากโครงการวิจัยนี้ขอให้เกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติโดยรวมต่อไป

คณะผู้จัดทำ

โครงการหลวง

เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร. 2546. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีทางอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- จันทร์ฉาย ไชยวรรณ. 2540. การจับกลืนสารหอมระเหยลำไยโดยมอลโตเดรกซ์ทริน. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
- ชาญชัย พรศิริรุ่ง. 2549. คู่มือปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักร. สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ กรุงเทพฯ.
- นิธิยา รัตนปานนท์. 2545. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.
- ปิยะวิทย์ ทิพรส. 2544. การใช้มอลโตเดรกซ์ทรินร่วมกับซูโครสเพื่อขจัดน้ำออกจากเนื้อเยื่อ สับปะรดด้วยวิธีออสโมซิส. วิทยานิพนธ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.
- ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. เจียวกู่หลานแห่ง.
- ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาลิก. 2532. กรรมวิธีการแปรรูปอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.
- ไพโรจน์ วิริยาริ. 2545. การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาเทคโนโลยีการ พัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
- ไพโรจน์ วิริยาริ พันธิตรา พรหมรักษา และสุภาพร พุทธิโสภณ. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ สมุนไพรแผ่น. ภาควิชาเทคโนโลยีการ พัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
- ไพโรจน์ วิริยาริ. 2547. การออกแบบการทดลองขั้นสูง. ภาควิชาเทคโนโลยีการ พัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
- ภัทวรา ปฐมรังษิยังกุล. 2546. การศึกษาความเป็นไปได้ของการทำมะนาวผง โดยใช้การอบแห้ง แบบพ่นฝอย. รายงานการวิจัย คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
- รัตติกร เดชะพันธุ์ สลักจิต บุญทาคำ และไพโรจน์ วิริยาริ. 2547. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร สุขภาพจากพืชสมุนไพรบนพื้นที่สูงการประชุมวิชาการผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปี 2547. มูลนิธิโครงการหลวง เชียงใหม่.

- วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ.
- สุนิษา ลุงคะ. 2544. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากข้าวโพด. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเทคโนโลยี การพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
- อัคคะบัทคาน ปาทาน. 2540. การผลิตมอลโตเดรกซ์ทรินโดยใช้มอลท์ธัญพืช. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
- อังคณา อินตา. 2544. สันฐานวิทยาและกายวิภาคของเจียวู้หลาน (*Gynostemma pentaphyllum Makino*) ในเขตภาคเหนือตอนบน. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International 17th ed.** AOAC International. Maryland. USA.
- Fang Z.P. and Zeng X.Y. 1989. "Isolation and identification of flavonoids and organic acid from *Gynostemma pentaphyllum Makino*" *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi* 14: 676-678.
- Minolta Camera Co., Ltd., 1991. **Minolta Camera: Model CR-310 Handbook.** Minolta Camera Co., Ltd., Japan.
- Novasima. 1995. **AWC 200 Operating Instructions.** Axair Ltd., Switzerland.
- NuLiv Science. 2006. "JiaogulanEx (*Gynostemma pentaphyllum*) for circulatory, Hepatic and immune health". [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.nuliv.com/Jiaogulan.html>. (10 กันยายน 2549).





แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

HEDONIC SCALE SCORING TEST PREFERENCE

ผลิตภัณฑ์ : ชาสมุนไพรเขียวภูหาลานชนิดผง

ชื่อผู้ทดสอบ.....นามสกุล.....วันที่ทดสอบ.....

คำชี้แจง : โปรดทดสอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับความชอบและไม่ชอบที่เหมาะสม เพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านอธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบในระดับใดต่อผลิตภัณฑ์

ลักษณะผลิตภัณฑ์ : ผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรเขียวภูหาลานชนิดผง โดยการต้มสกัดสมุนไพรเขียวภูหาลาน แล้วนำน้ำเขียวภูหาลานที่ได้มาผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ระดับของความชอบ

9 = ชอบมากที่สุด

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

6 = ชอบเล็กน้อย

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

5 = เฉยๆ

การให้ระดับคะแนน

| ลักษณะของผลิตภัณฑ์ | คะแนน | |
|--|-------|-----|
| | 135 | 014 |
| สีของชาสมุนไพรเขียวภูหาลานชนิดผง | | |
| กลิ่นหอมของชาสมุนไพรเขียวภูหาลานชนิดผง | | |
| รสขมของชาสมุนไพรเขียวภูหาลานชนิดผง | | |
| ความใสของน้ำชาสมุนไพรเขียวภูหาลานชนิดผง | | |
| การยอมรับโดยรวมของน้ำชาสมุนไพรเขียวภูหาลานชนิดผง | | |
| | | |

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ขอบพระคุณในความร่วมมือ

ชุดที่.....

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

HEDONIC SCALE SCORING TEST PREFERENCE

ผลิตภัณฑ์ : ชาสมุนไพรเขียวกู่หลานชนิดผง

ชื่อผู้ทดสอบ.....นามสกุล.....วันที่ทดสอบ.....

คำชี้แจง : โปรดทดสอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับความชอบและไม่ชอบที่เหมาะสม เพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านอธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบในระดับใดต่อผลิตภัณฑ์

ลักษณะผลิตภัณฑ์ : ผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรเขียวกู่หลานชนิดผง โดยการต้มสกัดสมุนไพรเขียวกู่หลาน แล้วนำน้ำเขียวกู่หลานที่ได้มาผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ระดับของความชอบ

9 = ชอบมากที่สุด

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

6 = ชอบเล็กน้อย

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

5 = เฉยๆ

การให้ระดับคะแนน

| ลักษณะของผลิตภัณฑ์ | คะแนน | | | | |
|--|-------|-----|-----|-----|-----|
| | 218 | 327 | 436 | 545 | 654 |
| สีของชาสมุนไพรเขียวกู่หลานชนิดผง | | | | | |
| กลิ่นหอมของชาสมุนไพรเขียวกู่หลานชนิดผง | | | | | |
| รสขมของชาสมุนไพรเขียวกู่หลานชนิดผง | | | | | |
| ความใสของน้ำชาสมุนไพรเขียวกู่หลานชนิดผง | | | | | |
| การยอมรับโดยรวมของน้ำชาสมุนไพรเขียวกู่หลานชนิดผง | | | | | |
| | | | | | |

ข้อเสนอแนะ.....

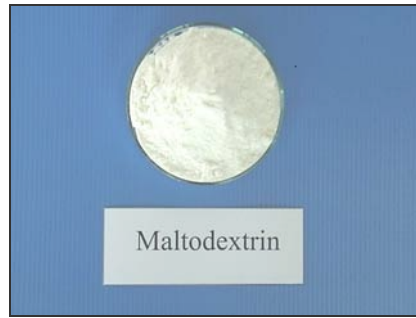
.....

ขอบพระคุณในความร่วมมือ

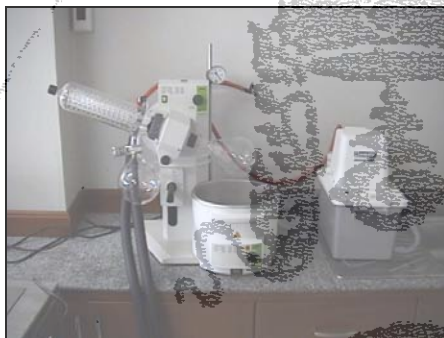




ภาพที่ ข.1 เจริญกู่หลานสด



ภาพที่ ข.2 สารเคลือบมอลโตเดกซ์ทริน



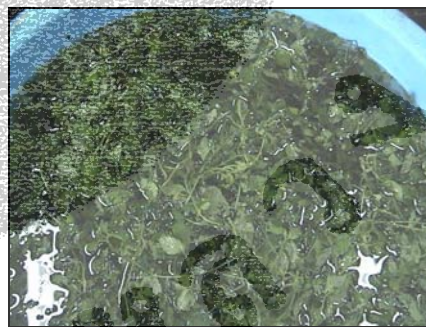
ภาพที่ ข.3 เครื่อง Rotary evaporator



ภาพที่ ข.4 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย



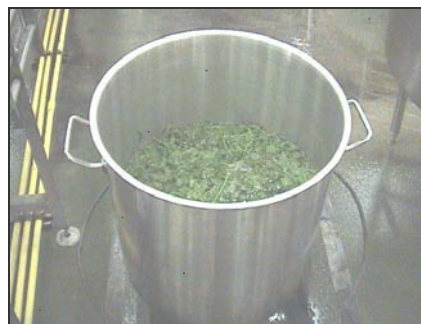
ภาพที่ ข.5 การหั่นเจริญกู่หลาน



ภาพที่ ข.6 การล้างเจริญกู่หลานด้วยน้ำเปล่า



ภาพที่ ข.7 การล้างเจริญกู่หลานด้วยน้ำค้างทับทิม



ภาพที่ ข.8 การต้มสกัดแบบเปิดด้วยก๊าซหุงต้ม



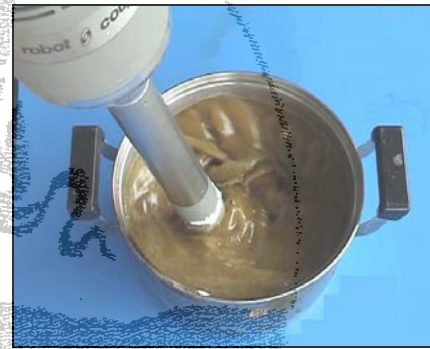
ภาพที่ ข.9 การต้มสกัดภายใต้สุญญากาศ



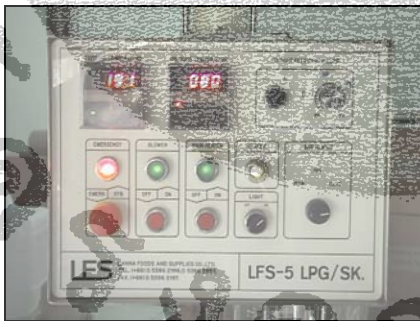
ภาพที่ ข.10 การอุ่นน้ำเจียวกู่หลานสกัดก่อน
การทำแห้งแบบพ่นฝอย



ภาพที่ ข.11 การผสมมอดโตเดกซ์ทริน



ภาพที่ ข.12 การคนผสมด้วยเครื่องตีผสม



ภาพที่ ข.13 ตั้งอุณหภูมิในการทำแห้งแบบพ่นฝอย



ภาพที่ ข.14 การทำแห้งแบบพ่นฝอย



ภาพที่ ข.15 รูปผลิตภัณฑ์เครื่องต้มเจียวกู่หลานชนิดผง



การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวัดสีระบบ Hunter L, a, b (Minolta Camera Co., Ltd., 1991)

เป็นการวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta Camera: Model CR-300/310 วัดค่าสีในระบบฮันเตอร์ (Hunter L a b) โดยค่า L เป็นค่าความสว่าง (Lightness), a เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (Redness/Greeness) และ b เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Blueness)

| | |
|--------------------------|-------------------------------|
| เมื่อ L คือ ค่าความสว่าง | มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 |
| a คือ ค่าสีแดง | เมื่อ a มีค่าบวก เป็นสีแดง |
| | เมื่อ a มีค่าลบ เป็นสีเขียว |
| b คือ ค่าสีเหลือง | เมื่อ b มีค่าบวก เป็นสีเหลือง |
| | เมื่อ b มีค่าลบ เป็นสีน้ำเงิน |

ก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank ; L = 97.67, a = -0.18, b = 1.84) แล้วจึงทำการวัดสีของตัวอย่าง ทำการวัด 5 ซ้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

ค่า
การทดลอง

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การตรวจวัดความเป็นกรด - ด่าง (pH) ตามวิธีของ AOAC (2000)

ชั่งตัวอย่างผงแห้ง 10 กรัม ปั่นกับน้ำกลั่นปริมาตร 90 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง Microprocessor pH meter ก่อนการวัดต้องทำการปรับค่ามาตรฐานในการวัด แต่ครั้งด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 4.00 และ 7.00 ตามลำดับ ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่าง 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (2000)

ชั่งตัวอย่างผงแห้ง 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 90 กรัม นำส่วนผสมที่วัดได้มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยเครื่อง Refractometer ค่าที่ได้คูณกลับตามอัตราส่วนที่เจอจาก 9 เท่า บันทึกค่าในหน่วยของسابริกซ์ (°Brix) ทำการตรวจวัด 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

วิธีวัดปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Aw) โดยเครื่องวัดปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (Novasina, 1995, AWC 200 Operation Instructions, Axair Ltd., Switzerland)

ใส่ตัวอย่างผงในตลับพลาสติก สำหรับวัดค่าน้ำที่เป็นประโยชน์ แล้วนำไปใส่ในเครื่องวัดปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ บันทึกปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ที่คงที่ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการตรวจวัด 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การหาปริมาณความชื้น (AOAC official method 925.45, 2000)

การหาปริมาณความชื้นโดยใช้ตู้อบแบบลมร้อนทำโดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างผงประมาณ 3 กรัม ใส่ใน Moisture can ที่ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักแน่นอน แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบแล้วปล่อยให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำที่ระเหยไป}}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

การหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ตามวิธีของ AOAC (2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
2. หลอดทดลอง (Test tube)
3. ปิเปต ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Waterbath "Memmert" model 4999, Germany)
5. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator "Gallenkamp", England)
6. หม้อนึ่งความร้อน (Autoclave "Gallenkamp" model AUX-700-010, England)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

1. สารละลายบัฟเฟอร์เปปโติน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA)

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นหรือน้ำกลั่นปราศจากไอออน 1 ลิตร
2. ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด
3. นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 - 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที
4. อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จะมีความเป็นกรด - ค่าสุดท้าย เท่ากับ 7.0 ± 0.2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเขียวหวานชนิดผงให้มีระดับเจือจาง (Dilution) 10^{-1} , 10^{-2} และ 10^{-3}

การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ใช้ปิเปต 1 มิลลิลิตร ที่ฆ่าเชื้อแล้ว คูดสารละลายของตัวอย่าง อาหารที่ระดับเจือจางต่างๆ ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มคูดจากระดับความเข้มข้นขั้นต่ำสุดก่อน

2. เทออาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่กำลังหลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างโดยใส่ลงในจาน จานละประมาณ 15 - 20 มิลลิลิตร ให้เสร็จภายใน 1 - 5 นาที

3. ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คั่วจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

การบ่มเชื้อ

บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังการบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ระดับเจือจาง (Dilution) ที่มีจำนวนโคโลนี น้อยกว่า 300 โคโลนี คำนวณจำนวนโคโลนี ต่ออาหาร 1 กรัม (N) ตามสูตรดังนี้

$$N = \frac{C}{v(n_1 + 0.1n_2)d}$$

| | | | |
|-------|----------------|-----|---|
| เมื่อ | C | คือ | ผลรวมของจำนวนโคโลนีที่นับได้ในจานเพาะเชื้อทั้งหมด |
| | v | คือ | ปริมาตร (ml) ของอาหารที่ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน |
| | n ₁ | คือ | จำนวนจานที่ระดับเจือจางแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี |
| | n ₂ | คือ | จำนวนจานที่ระดับเจือจางที่สอง ที่นำมานับจำนวนโคโลนี |
| | d | คือ | ระดับเจือจางระดับแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี |

รายงานผลการคำนวณเป็นจำนวนที่มีเลขนัยสำคัญ 2 ตำแหน่งระหว่าง 1.0 - 9.9 คูณด้วย 10^x เมื่อ X คือ เลขยกกำลัง ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

จำนวนโคโลนีที่นับได้ที่ระดับเจือจางระดับแรก (10⁻³) = 171 และ 194

จำนวนโคโลนีที่นับได้ที่ระดับเจือจางระดับสอง (10⁻⁴) = 14 และ 20

ปริมาตรของอาหารที่ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน = 1 ml

$$N = (171 + 194 + 14 + 20) / (1 \times (2 + (0.1 \times 2))) \times 10^{-3} = 399 / 0.0022 = 181,363$$

ดังนั้น จึงรายงานผลการตรวจนับได้เป็น 1.8 x 10⁵ โคโลนีต่อกรัม

การหาปริมาณยีสต์และรา (Yeast and mold) ตามวิธีของ AOAC (2000)

อุปกรณ์และเครื่องมืออุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
2. หลอดทดลอง (Test tube)
3. ปิเปต ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Waterbath "Memmert" model 4999, Germany)
5. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator "Gallenkamp", England)
6. หม้อนึ่งความดัน (Autoclave "Gallenkamp" model AUX-700-010, England)

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

1. สารละลายบัพเฟอร์เปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (Merk, Germany)
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) (Merk, Germany)
3. สารละลายกรดทาร์ทริก ความเข้มข้นร้อยละ 10

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ชั่งอาหารเลี้ยง PDA 39 กรัม ละลายในน้ำกลั่นหรือน้ำกลั่นปราศจากไอออน 1 ลิตร
2. ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด
3. นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 - 124 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที
4. ปรับอาหารเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้วให้มีความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 3.5 โดยการเติมสารละลายทาร์ทริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 ลงไป (อาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตร ใช้สารละลายกรดทาร์ทริก 1.9 มิลลิลิตร)

การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเกี้ยวภูหาลานชนิดผงให้มีระดับเจือจาง (Dilution) 10^{-1} , 10^{-2} และ 10^{-3}

การใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ใช้ปิเปต 1 มิลลิลิตร ที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดสารละลายของตัวอย่าง อาหารที่ระดับเจือจางต่างๆ ลงในจานเพาะเชื้อ จานละ 1 มิลลิลิตร ระดับเจือจางละ 2 จาน โดยเริ่มดูจากระดับความเข้มข้นขั้นต่ำสุดก่อน

2. เทออาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่กำลังหลอมเหลวลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างโดยใส่ลงในจาน จานละประมาณ 15 - 20 มิลลิลิตร ให้เสร็จภายใน 1 - 5 นาที

3. ผสมตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว คำนวณอาหารเลี้ยงเชื้อ

การบ่มเชื้อ

บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังการบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ระดับเจือจาง (Dilution) ที่มีจำนวนโคโลนี น้อยกว่า 300 โคโลนี คำนวณจำนวนโคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม (N) ตามสูตรดังนี้

$$N = \frac{C}{v(n_1 + 0.1n_2)d}$$

| | | | |
|-------|----------------|-----|---|
| เมื่อ | C | คือ | ผลรวมของจำนวนโคโลนีที่นับได้ในจานเพาะเชื้อทั้งหมด |
| | v | คือ | ปริมาตร (ml) ของอาหารที่ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน |
| | n ₁ | คือ | จำนวนจานที่ระดับเจือจางแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี |
| | n ₂ | คือ | จำนวนจานที่ระดับเจือจางที่สอง ที่นำมานับจำนวนโคโลนี |
| | d | คือ | ระดับเจือจางระดับแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี |

รายงานผลการคำนวณเป็นจำนวนที่มีเลขนัยสำคัญ 2 ตำแหน่งระหว่าง 1.0 - 9.9 คูณด้วย 10^x เมื่อ X คือ เลขยกกำลัง ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

จำนวนโคโลนีที่นับได้ ที่ระดับเจือจางระดับแรก (10⁻³) = 171 และ 194

จำนวนโคโลนีที่นับได้ ที่ระดับเจือจางระดับสอง (10⁻⁴) = 14 และ 20

ปริมาตรของอาหารที่ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน = 1 ml

$$N = (171 + 194 + 14 + 20) / (1 \times (2 + (0.1 \times 2))) \times 10^{-3} = 399 / 0.0022 = 181,363$$

ดังนั้น จึงรายงานผลการตรวจนับได้เป็น 1.8 x 10⁵ โคโลนีต่อกรัม



รายงานเงินวิจัยโครงการ “การวิจัยพัฒนาสูตรเครื่องสำอางค์สมุนไพรตามชนิดผงโดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย”

| หมวดรายการจ่าย | งบประมาณ | ไตรมาส 1 | | ไตรมาส 2 | | ไตรมาส 3 | | ไตรมาส 4 | |
|-------------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|---------|
| | | เบิกจ่าย | คงเหลือ | เบิกจ่าย | คงเหลือ | เบิกจ่าย | คงเหลือ | เบิกจ่าย | คงเหลือ |
| ปีที่ 1 ประจำปีงบประมาณ 2549 | | | | | | | | | |
| ค่าใช้สอยและวัสดุ | 203,000.00 | 18,443.00 | 184,557.00 | 8,635.00 | 175,922.00 | 42,167.52 | 133,754.48 | 133,754.10 | 0.38 |
| รวม | 203,000.00 | 18,443.00 | 184,557.00 | 8,635.00 | 175,922.00 | 42,167.52 | 133,754.48 | 133,754.10 | 0.38 |
| ปีที่ 2 ประจำปีงบประมาณ 2550 | | | | | | | | | |
| ค่าจ้างชั่วคราว | 102,720.00 | 24,480.00 | 78,240.00 | 24,480.00 | 53,760.00 | 24,480.00 | 29,280.00 | 29,280.00 | 0.00 |
| ค่าใช้สอยและวัสดุ | 100,280.00 | 16,856.00 | 83,424.00 | 8,065.00 | 75,359.00 | 8,500.00 | 66,859.00 | 66,859.00 | 0.00 |
| รวม | 203,000.00 | 41,336.00 | 161,664.00 | 32,545.00 | 129,119.00 | 32,980.00 | 96,139.00 | 96,139.00 | 0.00 |