การผลิตมะเขือเทศผงด้วยวิธีทำแห้งสุญญากาศแบบโฟม

นางสาวธนวรรณ ฉิมมา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-1321-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF TOMATO POWDER BY VACUUM FOAM-DRYING

Miss Tanawan Chimma

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-13-1321-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตมะเขือเทศผงด้วยวิธีทำแห้งสุญญากาศแบบโฟม
โดย	นางสาวธนวรรณ ฉิมมา
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรี ปานกุล)

ธนวรรณ ฉิมมา : การผลิตมะเขือเทศผงด้วยวิธีทำแห้งสุญญากาศแบบโฟม
(PRODUCTION OF TOMATO POWDER BY VACUUM FOAM-DRYING)
อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์, 118 หน้า. ISBN 974-13-1321-7.

งานวิจัยนี้ได้ศึกษา การผลิตมะเขือเทศผงด้วยวิธีทำแห้งสุญญากาศแบบโฟม โดยศึกษาผลของปริมาณของแข็งทั้งหมดในมะเขือเทศเข้มข้น ปริมาณสารที่ทำให้เกิดโฟม (glyceryl monostearate, GMS) และเวลาในการตีปั่นต่อความหนาแน่นของโฟมและอัตราการยุบตัวของโฟมในการหาสภาวะการเกิดโฟมที่คงตัว ผลของปริมาณสารที่ทำให้เกิดโฟม อุณหภูมิทำแห้ง และความหนาชั้นโฟมต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของมะเขือเทศผงในการหาสภาวะการทำแห้งสุญญากาศ แล้วเปรียบเทียบคุณภาพด้านต่างๆ ของมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้น กับมะเขือเทศผงทางการค้า รวมถึง ศึกษาผลของสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน (silicon dioxide, SiO_2) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพมะเขือเทศผงระหว่างการเก็บในถุงลามิเนต(PET/PE/Al/PE/LLDPE) ภายใต้กาซไนโตรเจนที่อุณหภูมิห้อง(35-40 องศาเซลเซียส) ผลการทดลอง พบว่า สภาวะที่เหมาะในการเกิดโฟมที่คงตัว คือ มะเขือเทศเข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 31 %(โดยน้ำหนักเปียก) ปริมาณสารที่ทำให้เกิดโฟม 1%(โดยน้ำหนักแห้ง) และเวลาในการตีปั่น 7 นาที พบว่า มีความหนาแน่นของโฟม 0.36 กรัมต่อมิลลิลิตร และมีอัตราการยุบตัวของโฟม 3.31 %(โดยปริมาตรโฟมต่อชั่วโมง) สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งสุญญากาศ คือ ปริมาณสารที่ทำให้เกิดโฟม 1%(โดยน้ำหนักแห้ง) อุณหภูมิทำแห้ง 65 องศาเซลเซียส และมีความหนาชั้นโฟม 3 มิลลิเมตร ขนาด 12 เซนติเมตร x 12 เซนติเมตร ภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศสัมบูรณ์ 1$\pm$0.05 นิ้วปรอท พบว่า ใช้เวลาในการทำแห้ง 110 นาที มีปริมาณความชื้น 2.20% (โดยน้ำหนักแห้ง) ระยะการยุบตัวของโฟม 1.90 มิลลิเมตร ปริมาณวิตามินซี 36.86 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ค่าสีที่วัดในระบบสี Hunter ในรูปผงโดย มีค่าความสว่าง(L) 60.35 ค่าสีแดง(a) 20.30 และค่าสีเหลือง(b) 33.06 ค่าสีหลังคืนตัว ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 28 องศาบริกซ์ มีค่าความสว่าง(L) 37.81 ค่าสีแดง(a) 14.88 และค่าสีเหลือง(b) 13.51 ความหนืดหลังคืนตัว ที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 13 องศาบริกซ์ 84.78 พอยซ์ และค่าการกระจายตัว ที่วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร 0.209 รวมถึงการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวม ในรูปผงและหลังคืนตัวสูงสุด และเมื่อนำมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้น เปรียบเทียบกับมะเขือเทศผงทางการค้า พบว่า มะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้น มีปริมาณความชื้น 2.15 %(โดยน้ำหนักเปียก) และปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก 6.93 %(โดยน้ำหนักเปียก) อยู่ในช่วงเดียวกัน ส่วนความหนาแน่นปรากฏ 0.77 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าสูงกว่า ค่าสีในรูปผงและหลังคืนตัวดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น มีค่าต่ำกว่า ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ในถุงลามิเนต ภายใต้กาซไนโตรเจน ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า มีปริมาณความชื้น ค่า water activity (a_w) และการจับตัวเป็นก้อนเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณวิตามินซี ค่าการกระจายตัวและค่าสี ลดลงตามระยะเวลาการเก็บ การใช้ SiO_2 ในปริมาณ 0.5 หรือ 1.0 %(โดยน้ำหนักเปียก) มีผลช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของการจับตัวเป็นก้อน และการลดลงของค่าการกระจายตัวของมะเขือเทศผงอย่างมีนัยสำคัญ($p\leq0.05$)

ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร	ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา	2543	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4072268923 : MAJOR FOOD TECNOLOGY

KEY WORD: TOMATO POWDER / VACUUM FOAM-DRYING/ VACUUM FOAM-DRIED TOMATO POWDER

TANAWAN CHIMMA: PRODUCTION OF TOMATO POWDER BY VACUUM FOAM-DRYING. THESIS ADVISOR: ASSIST. PROF. SURAPONG NAVANKASATTUSAS, Ph.D., 118 pp. ISBN 974-13-1321-7

The purpose of this study was to investigate the effects of total solids in tomato paste, foaming agent (glyceryl monostearate, GMS) and whipping time on foam density and foam collapse rate in stable foam formation in production of tomato powder by vacuum-foam drying. In addition, this research aims to study the effects of foaming agent, drying temperature and thickness of foam layer on the qualities of tomato powder. Tomato powder produced in this investigation was compared to commercial tomato powder on various quality attributes. The effects of anticaking agent (silicon dioxide, SiO_2) on the quality changes of product packed in laminated sachet (PET/PE/Al/PE/LLDPE) under nitrogen atmosphere during storage at room temperature (35-40°C) were also studied. The results showed that the most suitable condition in stable foaming was that with total solids in tomato paste of 31%wb, foaming agent of 1%db and whipping time of 7 min, could develop foam with foam density of 0.36 g/ml and foam collapse rate of 3.31% (by foam volume per hour). The suitable condition in vacuum drying was that with foaming agent of 1%db, drying temperature of 65 °C and thickness of foam layer of 3 mm with 12 cm x 12 cm size in vacuum at 1±0.05 in. Hg absolute pressure. The results showed that tomato powder at drying time of 110 min exhibited moisture content of 2.20 %db, foam shrinkage of 1.90 mm and vitamin C content of 36.86 mg/100g db. The color, measured as Hunter color, of powder exhibited lightness (L) of 60.35, redness (a) 20.30, and yellowness (b) 33.06 and the color of the reconstituted paste with total soluble solids of 28 °Brix exhibited lightness (L) of 37.81, redness (a) of 14.88 and yellowness (b) of 13.51. The viscosity of the reconstituted paste with total solids of 13 °Brix was 84.78 P. The product had dispersibility, expressed as optical density of the supernatant at 520 nm, of 0.209 and also gave the highest overall acceptability of organoleptic evaluation in tomato powder and the reconstituted paste. Tomato powder produced in this condition was compared to commercial tomato powder. The result showed that product had comparable moisture content of 2.15 %wb and titratable acidity as citric acid of 6.93 %wb. Its bulk density of 0.77 g/ml was higher but the color of tomato powder and reconstituted paste were lower. The overall scores of organoleptic acceptability were indifferent. After storage at room temperature for 6 weeks in laminated sachet under nitrogen atmosphere, it was found that moisture content, water activity (a_w) and caking of product increased while color, vitamin C content and dispersibility of product decreased. The anticaking agent dose of 0.5 or 1.0 %wb could retard the caking development and reducing dispersibility of product during storage significantly ($p \leq 0.05$).

Department	Food Technology	Student ' s signature.....
Field of study	Food Technology	Advisor ' s signature.....
Academic year	2000	Co-advisor ' s signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และให้ข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนตรวจแก้ไขเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล และรองศาสตราจารย์ ดร. พัชรี ปานกุล ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์

ขอขอบพระคุณบริษัท สตรองแพ็ค จำกัด (มหาชน) ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์บรรจุภัณฑ์

ขอขอบพระคุณบริษัท แอบบรา จำกัด ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์มะเขือเทศผงและสารป้องกันการรวมตัวเป็นก้อน (silicon dioxide)

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆและเจ้าหน้าที่ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ เป็นอย่างดี

และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ๆ ที่ช่วยส่งเสริมและให้โอกาสที่ดีแก่ผู้วิจัย ตลอดจนให้กำลังใจและความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ทำให้สามารถทำงานวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ธนวรรณ ฉิมมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญรูป..... ฑ

บทที่

1. บทนำและวารสารปริทัศน์..... 1

1.1 บทนำ..... 1

1.2 วารสารปริทัศน์..... 1

1.2.1 มะเขือเทศเข้มข้น..... 2

1.2.2 มะเขือเทศผง..... 5

1.2.3 การทำแห้งแบบโฟม..... 5

1.2.4 สารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน..... 11

1.2.5 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารผง..... 15

1.2.6 ภาชนะบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารผง..... 16

2. การทดลอง..... 17

2.1 วัตถุดิบ สารเคมี อุปกรณ์และวิธีวิเคราะห์..... 17

2.2 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย..... 23

2.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของมะเขือเทศเข้มข้น..... 23

2.2.2 สภาวะการเกิดโฟมที่คงตัวในมะเขือเทศเข้มข้น..... 23

2.2.3 สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งสุญญากาศ..... 24

2.2.4 องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้นเปรียบเทียบกับมะเขือเทศผงทางการค้าและmoisture sorption isotherm ของมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้น..... 27

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

2.2.5 ผลของ silicon dioxide (SiO_2)ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะเขือเทศผงระหว่างการเก็บ..... 29

3. ผลการทดลอง..... 30

3.1 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของมะเขือเทศเข้มข้น..... 30

3.2 สภาวะการเกิดโฟมที่คงตัวในมะเขือเทศเข้มข้น..... 31

3.3 สภาวะการทำแห้งสุญญากาศ..... 34

3.4 องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้นเปรียบเทียบกับมะเขือเทศผงทางการค้าและ moisture sorption isotherm ของมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้น..... 61

3.5 ผลของ silicon dioxide(SiO_2) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะเขือเทศผงระหว่างการเก็บ..... 63

4 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 72

4.1 องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของมะเขือเทศเข้มข้น..... 72

4.2 สภาวะการเกิดโฟมที่คงตัวในมะเขือเทศเข้มข้น..... 72

4.3 สภาวะทำแห้งสุญญากาศ..... 74

4.4 องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้นเปรียบเทียบกับมะเขือเทศผงทางการค้าและ moisture sorption isotherm ของมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้น.....79

4.5 ผลของ silicon dioxide(SiO_2) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะเขือเทศผงระหว่างการเก็บ.....80

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....84

5.1 สรุปผลการทดลอง.....84

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 85

รายการอ้างอิง..... 86

ภาคผนวก..... 90

ภาคผนวก ก..... 91

ภาคผนวก ข..... 97

ภาคผนวก ค.....103

สารบัญ(ต่อ)

ภาคผนวก หน้า

ภาคผนวก ง..... 107

ภาคผนวก จ..... 109

ภาคผนวก ฉ..... 112

ประวัติผู้เขียน..... 118

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1.1 องค์ประกอบของมะเขือเทศและผลิตภัณฑ์ของมะเขือเทศ ใน 100 กรัมของส่วนที่บริโภคได้ 2

1.2 สารที่ทำให้เกิดโฟม 8

1.3 สารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารทางการค้า 12

2.1 การเตรียมสารละลายเกลืออิ่มตัวใช้ควบคุมค่า water activity 28

3.1 องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของมะเขือเทศเข้มข้น 30

3.2 ความหนาแน่นและอัตราการยุบตัวของโฟมมะเขือเทศเข้มข้น ที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 31 และ 34 % (โดยน้ำหนักเปียก) ที่เวลาในการตีปั่นตั้งแต่ 0 ถึง 12 นาที 33

3.3 ปริมาณความชื้นของโฟมมะเขือเทศเข้มข้นที่ช่วงเวลาในการทำแห้งต่างๆ 39

3.4 เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 40

3.5 ระยะการยุบตัวของโฟมมะเขือเทศเข้มข้นหลังจากทำแห้ง 41

3.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะการยุบตัวของโฟมมะเขือเทศเข้มข้นหลังจากทำแห้งโดยแปรปริมาณ GMS อุณหภูมิทำแห้ง และความหนาชั้นโฟม 41

3.7 ระยะการยุบตัวของโฟมมะเขือเทศเข้มข้นหลังจากทำแห้ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วม ระหว่างปริมาณ GMS กับอุณหภูมิทำแห้ง 42

3.8 ระยะการยุบตัวของโฟมมะเขือเทศเข้มข้นหลังจากทำแห้ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วม ระหว่างปริมาณ GMS กับความหนาชั้นโฟม 43

3.9 ปริมาณวิตามินซีของมะเขือเทศผง 44

3.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณวิตามินซีของมะเขือเทศผง โดยแปรปริมาณ GMS อุณหภูมิทำแห้ง และความหนาชั้นโฟม 44

3.11 ปริมาณวิตามินซีของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลปริมาณ GMS 45

3.12 ปริมาณวิตามินซีของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลอุณหภูมิทำแห้ง 45

3.13 ปริมาณวิตามินซีของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลความหนาชั้นโฟม 46

3.14 ค่าสี (L, a, b) ของมะเขือเทศผงที่วัดในรูปผง 47

3.15 ค่าสี (L, a, b) ของมะเขือเทศผงที่วัดหลังคืนตัว (28 องศาบริกซ์) 47

3.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี (L, a, b) ของมะเขือเทศผงที่วัดในรูปผงและหลังคืนตัวโดยแปรปริมาณ GMS อุณหภูมิทำแห้ง และความหนาชั้นโฟม 48

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

3.17 ค่าสี (L, b) ในรูปผงและค่าสี (L, a, b) ในรูปหลังคืนตัวของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลปริมาณ GMS..... 49
3.18 ค่าสี (L, b) ในรูปผงและค่าสี (L) ในรูปหลังคืนตัวของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลอุณหภูมิทำแห้ง.....49
3.19 ค่าสี (L, b) ในรูปผงของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลความหนาชั้นโฟม..... 50
3.20 ค่าสี (a) ในรูปผงของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง ปริมาณ GMS กับอุณหภูมิทำแห้ง..... 50
3.21 ค่าสี (a) ในรูปผงของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง ปริมาณ GMS กับความหนาชั้นโฟม..... 51
3.22 ค่าการกระจายตัวและความหนืดของมะเขือเทศผงหลังคืนตัว.....52
3.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าการกระจายตัว และความหนืดของมะเขือเทศผง หลังคืนตัว โดยแปรปริมาณ GMS อุณหภูมิทำแห้ง และความหนาชั้นโฟม.....52
3.24 ค่าการกระจายตัวและความหนืดของมะเขือเทศผงหลังคืนตัว เมื่อพิจารณาอิทธิพล ร่วมระหว่างปริมาณ GMS กับอุณหภูมิทำแห้ง..... 53
3.25 ความหนืดของมะเขือเทศผงหลังคืนตัว เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง ปริมาณ GMS กับความหนาชั้นโฟม..... 54
3.26 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมะเขือเทศผง.....55
3.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความร่วน และการยอมรับรวมของมะเขือเทศผง โดยแปรปริมาณ GMS อุณหภูมิทำแห้ง และความหนาชั้นโฟม..... 55
3.28 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความร่วนและการยอมรับรวม ของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลปริมาณ GMS.....56
3.29 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสี และกลิ่นของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลอุณหภูมิทำแห้ง.....57
3.30 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวมของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลความหนาชั้นโฟม.....57
3.31 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของซอสมะเขือเทศ ที่ใช้มะเขือเทศผงเป็นวัตถุดิบในการผลิต..... 58

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

3.32 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส ความหนืด และการยอมรับรวมของซอสมะเขือเทศ ที่ใช้มะเขือเทศผงเป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยแปรปริมาณ GMS อุณหภูมิทำแห้ง และความหนาชั้นโฟม..... 58

3.33 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสี ของซอสมะเขือเทศ ที่ใช้มะเขือเทศผงเป็นวัตถุดิบในการผลิต เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ GMS กับ อุณหภูมิทำแห้ง..... 59

3.34 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความหนืด และการยอมรับรวมของซอสมะเขือเทศ ที่ใช้มะเขือเทศผงเป็นวัตถุดิบในการผลิต เมื่อพิจารณาอิทธิพลปริมาณ GMS..... 60

3.35 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความหนืดและการยอมรับรวม ของซอสมะเขือเทศที่ใช้มะเขือเทศผงเป็นวัตถุดิบในการผลิต เมื่อพิจารณาอิทธิพลอุณหภูมิทำแห้ง..... 60

3.36 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้นกับมะเขือเทศผงทางการค้า..... 61

3.37 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของข้าวเกรียบรสมะเขือเทศที่ใช้มะเขือเทศผง เป็นสารให้กลิ่นรส..... 62

3.38 ผลการทดสอบ T-Test ของข้าวเกรียบรสมะเขือเทศ..... 62

3.39 ปริมาณความชื้น ค่า water activity และ %uncaking ของมะเขือเทศผง โดยแปรปริมาณ SiO_2 และระยะเวลาเก็บ..... 64

3.40 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณความชื้น ค่า water activity และ %uncaking ของมะเขือเทศผง โดยแปรปริมาณ SiO_2และระยะเวลาเก็บ..... 65

3.41 ปริมาณความชื้นและค่า water activity ของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลระยะเวลาเก็บ..... 65

3.42 ปริมาณวิตามินซีและค่าการกระจายตัว ของมะเขือเทศผง โดยแปรปริมาณ SiO_2 และระยะเวลาเก็บ..... 67

3.43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณวิตามินซีและค่าการกระจายตัวของมะเขือเทศผง โดยแปรปริมาณ SiO_2 และระยะเวลาเก็บ..... 68

3.44 ปริมาณวิตามินซีของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลปริมาณ SiO_2..... 68

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

3.45 ปริมาณวิตามินซีของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลระยะเวลาเก็บ..... 69

3.46 ค่าสี(L, a, b) ของมะเขือเทศผง โดยแปรปริมาณ SiO_2 และระยะเวลาเก็บ.....70

3.47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี(L, a, b) ของมะเขือเทศผง โดยแปรปริมาณ SiO_2 และระยะเวลาเก็บ..... 71

3.48 ค่าสี(L, a, b) ของมะเขือเทศผง เมื่อพิจารณาอิทธิพลระยะเวลาเก็บ..... 71

สารบัญรูป

รูป หน้า

1.1 กระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้น..... 4

1.2 กระบวนการทำแห้งแบบโฟม..... 6

1.3 A generalized foam system..... 7

1.4 Surfactant associations in a foam lamella..... 8

1.5 caking mechanism ที่พบโดยทั่วไปในผลิตภัณฑ์อาหารผง..... 12

3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของโฟมมะเขือเทศเข้มข้น กับเวลาในการตีปั่น ซึ่งแปรปริมาณของแข็งทั้งหมด(TS)ในมะเขือเทศเข้มข้น และปริมาณ GMS..... 31

3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของโฟมมะเขือเทศเข้มข้น กับเวลาในการตีปั่น ซึ่งแปรปริมาณของแข็งทั้งหมด(TS)ในมะเขือเทศเข้มข้น และปริมาณ GMS (ตีปั่นต่อเนื่อง)..... 32

3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นและเวลาในการทำแห้งโฟมมะเขือเทศเข้มข้น ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 31% (โดยน้ำหนักเปียก) ที่ไม่มีการเติม GMS อุณหภูมิทำแห้ง 65 องศาเซลเซียส และมีความหนาชั้นโฟม 3 มิลลิเมตร..... 35

3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นและเวลาในการทำแห้งโฟมมะเขือเทศเข้มข้น ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 31% (โดยน้ำหนักเปียก) ที่ไม่มีการเติม GMS อุณหภูมิทำแห้ง 65 องศาเซลเซียส และมีความหนาชั้นโฟม 5 มิลลิเมตร..... 35

3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นและเวลาในการทำแห้งโฟมมะเขือเทศเข้มข้น ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 31% (โดยน้ำหนักเปียก) ที่ไม่มีการเติม GMS อุณหภูมิทำแห้ง 75 องศาเซลเซียส และมีความหนาชั้นโฟม 3 มิลลิเมตร..... 36

3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นและเวลาในการทำแห้งโฟมมะเขือเทศเข้มข้น ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 31% (โดยน้ำหนักเปียก) ที่ไม่มีการเติม GMS อุณหภูมิทำแห้ง 75 องศาเซลเซียส และมีความหนาชั้นโฟม 5 มิลลิเมตร..... 36

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป หน้า

3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นและเวลาในการทำแห้งโฟมมะเขือเทศเข้มข้น ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 31% (โดยน้ำหนักเปียก) ที่มีการเติม GMS 1%(โดยน้ำหนักแห้ง) อุณหภูมิทำแห้ง 65 องศาเซลเซียส และมีความหนาชั้นโฟม 3 มิลลิเมตร..... 37

3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นและเวลาในการทำแห้งโฟมมะเขือเทศเข้มข้น ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 31% (โดยน้ำหนักเปียก) ที่มีการเติม GMS 1%(โดยน้ำหนักแห้ง) อุณหภูมิทำแห้ง 65 องศาเซลเซียส และมีความหนาชั้นโฟม 5 มิลลิเมตร..... 37

3.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นและเวลาในการทำแห้งโฟมมะเขือเทศเข้มข้น ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 31% (โดยน้ำหนักเปียก) ที่มีการเติม GMS 1%(โดยน้ำหนักแห้ง) อุณหภูมิทำแห้ง 75 องศาเซลเซียส และมีความหนาชั้นโฟม 3 มิลลิเมตร..... 38

3.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นและเวลาในการทำแห้งโฟมมะเขือเทศเข้มข้น ซึ่งมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 31% (โดยน้ำหนักเปียก) ที่มีการเติม GMS 1%(โดยน้ำหนักแห้ง) อุณหภูมิทำแห้ง 75 องศาเซลเซียส และมีความหนาชั้นโฟม 5 มิลลิเมตร..... 38

3.11 moisture sorption isotherm ของมะเขือเทศผงที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส..... 63

3.12 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ SiO_2 กับระยะเวลาการเก็บที่มีผลต่อ %uncaking ของมะเขือเทศผง..... 66

3.13 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ SiO_2 กับระยะเวลาการเก็บที่มีผลต่อค่าการกระจายตัวของมะเขือเทศผง..... 69

ก.1 กราฟมาตรฐานปริมาณวิตามินซี..... 94

ฉ.1 ลักษณะของมะเขือเทศผงที่แปรปริมาณ GMS อุณหภูมิทำแห้งและความหนาชั้นโฟม..... 112

ฉ.2 ลักษณะของมะเขือเทศผงทางการค้า(A)และมะเขือเทศผงที่ผลิตขึ้น(B)..... 112

ฉ.3 ลักษณะของมะเขือเทศผง ที่แปรปริมาณ SiO_2หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้อง (35-40 องศาเซลเซียส) นาน 6 สัปดาห์..... 113

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป หน้า

ฉ.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตีปั่นโฟมมะเขือเทศเข้มข้น..... 114

ฉ.5 โถปั่นที่ประดิษฐ์ขึ้นที่มีการต่อท่อกาซไนโตรเจนจากถังไนโตรเจนเหลว..... 115

ฉ.6 กรอบอลูมิเนียมที่สร้างขึ้นขนาด 12 เซนติเมตร x12 เซนติเมตร
ที่มีความหนา 3 และ 5 มิลลิเมตร..... 115

ฉ.7 เครื่องทำแห้งสุญญากาศ (Hot pack, 273600).....116

ฉ.8 เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter, CR 300 series)..... 116

ฉ.9 เครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer, DV II Plus)..... 117

ฉ.10 เครื่องวัดค่า water activity (a_w Sprint) (Novasina, TH500).....117