

การทําหิ้งน้ําชะนาวแบบเยือกแข็ง



นางสาวสุนทรี วราอุบล

ศูนย์วิทยพัทพยาบาล
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2537


ISBN 974-583-996-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

19368082

13 ส.ย. 2544

FREEZE DRYING OF LIME JUICE



Miss Suntaree Vara-ubol

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science**

Department of Food Technology

Graduate School

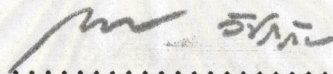
Chulalongkorn University

1994

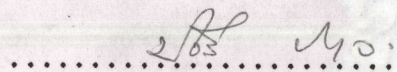
ISBN 974-583-996-5

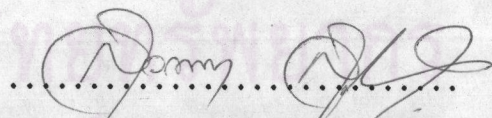
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การทำเหมืองมะนาวแบบแยกแฉัง
โดย นางสาวสุนทรี วรรณกุล
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ สุภิमारส

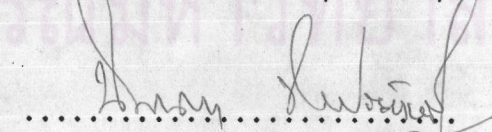
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

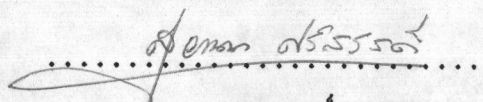

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรารักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิชรี ปานกุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ สุภิमारส)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.นินนาท ชินประหัยษฐ์)


..... กรรมการ
(นางสุวรรณ ศรีสวัสดิ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

สุนทรี วราอุบล : การทำแห้งน้ำมะนาวแบบเยือกแข็ง (FREEZE DRYING OF LIME JUICE)
อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุวรรณา สุภิมารส, 167 หน้า. ISBN 974-583-996-5

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการทำแห้งน้ำมะนาวแบบเยือกแข็ง (freeze drying) โดยศึกษาผลของปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน ซึ่งเป็นสารช่วยทำแห้ง (drying aid) ที่เติมในน้ำมะนาว และวิธีการแช่แข็ง (โดยใช้วิธีการแช่แข็งแบบอัตราเร็วต่ำใน freezing room และการแช่แข็งแบบอัตราเร็วสูงใน air-blast freezer ต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ รวมทั้งศึกษาผลของไตรแคลเซียมฟอสเฟต (TCP) ซึ่งเป็นสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน และผลของ in-package desiccant (IPD) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนต (PET-PE-A1-PE) ที่อุณหภูมิห้อง

ผลการทดลองพบว่า การเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินจะช่วยลดปริมาณความชื้นและการดูดความชื้นของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ วิธีการแช่แข็งแบบอัตราเร็วสูงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าเมื่อแช่แข็งด้วยอัตราเร็วต่ำ แต่การเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินจะช่วยลดอิทธิพลของวิธีการแช่แข็งต่อปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ นอกจากนี้พบว่า การเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและการใช้วิธีการแช่แข็งแบบอัตราเร็วต่ำมีผลช่วยเพิ่มความคงตัวระหว่างการทำแห้งของ citral และ d-limonene ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสที่สำคัญของน้ำมะนาว ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส จากการศึกษาพบว่า ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็งที่เหมาะสมคือ 30% โดยน้ำหนักน้ำมะนาว และใช้การแช่แข็งด้วยอัตราเร็วต่ำ ตามลำดับ เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 เดือน พบว่า ปริมาณวิตามินซีและปริมาณกรดมีค่าค่อนข้างคงที่ แต่ปริมาณความชื้น ค่า water activity (a_w) การจับตัวเป็นก้อนและค่าการเกิดสีน้ำตาล เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ อย่างไรก็ตาม ผู้ทดสอบยังให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ การใช้ TCP ในปริมาณ 0.5% หรือ 1.0% โดยน้ำหนักและการใช้ IPD (silica gel ปริมาณ 10% โดยน้ำหนัก) มีผลช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้น ค่า a_w การจับตัวเป็นก้อนและค่าการเกิดสีน้ำตาล อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยุวิทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร.....
สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร.....
ปีการศึกษา 2536

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

##C426962 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: LIME/ FREEZE DRYING/ FREEZE-DRIED LIME JUICE POWDER

SUNTAREE VARA-UBOL : FREEZE DRYING OF LIME JUICE. THESIS ADVISOR :
ASST. PROF. SUWANNA SUBHIMAROS, Dr.Ing., 167 pp. ISBN 974-583-996-5

The purpose of this study was to investigate the effects of maltodextrin contents as drying aid and freezing methods (slow freezing in freezing room and fast freezing in air-blast freezer) in freeze drying of lime juice on the qualities of freeze-dried lime juice powder. The effects of tricalcium phosphate (TCP) as anticaking agent and in-package desiccant (IPD) on the quality changes of product packed in laminated sachet (PET-PE-Al-PE) during storage at room temperature were also studied.

The results showed that moisture content and water absorption of freeze-dried lime juice powder decreased with the increasing of maltodextrin content. Moisture content of product frozen at rapid rate was lower than that of product frozen by slow freezing method. However, the influence of freezing method on moisture content of product could be reduced by the increasing of maltodextrin content. In addition, the increasing of maltodextrin content and using slow freezing method could improve the retention of citral and d-limonene, volatile compounds responsible for flavor quality of lime juice, during drying process which corresponded to the results of organoleptic test. Maltodextrin content at 30% (by wt. of lime juice) with slow freezing method was found to be the most suitable condition in this study. After storage of 2 months in laminated sachet, it was found that vitamin C content and titratable acidity (as % citric acid) of freeze-dried product were nearly constant. Moisture content, water activity (a_w), caking and browning index of product increased as storage time increased. However, panelists still accepted the product satisfactorily. The use of either 0.5% or 1.0% by wt. TCP and IPD (silica gel 10% by wt.) could retard the increasing of moisture content, a_w , caking and browning index of product during storage significantly ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีการอาหาร.....

ปีการศึกษา..... 2536.....

ลายมือชื่อนิสิต.....^{สำนัก}.....^{สมุด}.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุวรรณา สุภิมารส ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.พัชรี ปานกุล อ.ดร.นินนาท ชินประหัยรัฐ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร และคุณสุวรรณา ศรีสวัสดิ์ ผู้อำนวยการห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ บริษัท สตรองแพค(ประเทศไทย)จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ภาระงานบรรจุเพื่อใช้งานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณกิจจา หุตายน ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็งและเครื่อง Gas Chromatography

ขอขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ให้ความช่วยเหลือและความร่วมมือในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ยาย รวมทั้งทุกคนในครอบครัว และคุณแสง ชาณสารอง ที่ให้ทุนช่วยเหลืองานวิจัย และให้กำลังใจ ทำให้สามารถทำงานสำเร็จได้ในที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	4
3. การดำเนินงานวิจัย	32
4. ผลการทดลอง	40
5. วิจารณ์ผลการทดลอง	106
6. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	128
รายการอ้างอิง	130
ภาคผนวก ก	137
ภาคผนวก ข	147
ภาคผนวก ค	151
ภาคผนวก ง	156
ภาคผนวก จ	160
ภาคผนวก ฉ	164
ประวัติผู้เขียน	167

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	ราคามะนาวที่เกษตรกรขายได้รายจังหวัด ปี 2535 2
2.1	สมบัติของมะนาว 7
2.2	คุณค่าทางอาหารโดยเฉลี่ยของมะนาว 8
2.3	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมะนาว 9
2.4	ความสามารถในการละลายของมอลต์เดกซ์ทรินในน้ำ ที่อุณหภูมิห้อง 19
2.5	ความหนืดของสารละลายมอลต์เดกซ์ทรินที่ความเข้มข้นต่างกัน เปรียบเทียบกับ corn syrup 19
2.6	Conditioner ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารทางการค้า 24
4.1.1	สมบัติของน้ำมะนาวสด 40
4.2.1	%yield ของการทำแห้งแบบเยือกแข็ง และปริมาณ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ เมื่อแปรปริมาณมอลต์เดกซ์ทริน และวิธีการแช่แข็ง 41
4.2.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า %yield ของการทำแห้ง และ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ เมื่อแปรปริมาณมอลต์เดกซ์ทริน และวิธีการแช่แข็ง 42
4.2.3	ผลของปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินต่อ %yield ของการทำแห้ง และ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ 43
4.2.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ เมื่อแปรปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง 44
4.2.5	ผลของอิทธิพลร่วมของปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง ต่อปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ 45
4.2.6	Equilibrium water absorption ของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ ที่อุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75% เมื่อแปรปริมาณมอลต์เดกซ์ทริน และวิธีการแช่แข็ง 49

ตารางที่	หน้า
4.2.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่า equilibrium water absorption ของ พวงน้ำมะนาวพรีซดรายด์ เมื่อแปรปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง	50
4.2.8 ผลของปริมาณมอลต์เดกซ์ทริน ต่อการดูดความชื้นของพวงน้ำมะนาวพรีซดรายด์ ที่อุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75%	51
4.2.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ปริมาณ citral(ppm) และ %citral retention ของพวงน้ำมะนาวพรีซดรายด์ เมื่อแปรปริมาณมอลต์เดกซ์ทริน และวิธีการแช่แข็ง	52
4.2.10 ผลของอิทธิพลร่วมของปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็งต่อปริมาณ citral และ %citral retention ของพวงน้ำมะนาวพรีซดรายด์	53
4.2.11 ปริมาณ d-limonene(ppm) และ %d-limonene retention ของ พวงน้ำมะนาวพรีซดรายด์ เมื่อแปรปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง	54
4.2.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณ d-limonene(ppm) และ %d-limonene retention ของพวงน้ำมะนาวพรีซดรายด์ เมื่อแปร ปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง	55
4.2.13 ผลของวิธีการแช่แข็งต่อปริมาณ d-limonene ของพวงน้ำมะนาวพรีซดรายด์	57
4.2.14 ผลของอิทธิพลร่วมของปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง ต่อ %d-limonene retention ของพวงน้ำมะนาวพรีซดรายด์	58
4.2.15 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านสีของน้ำมะนาว จากพวงน้ำมะนาวพรีซดรายด์ ที่แปรปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง	59
4.2.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านสี ของ น้ำมะนาวจากพวงน้ำมะนาวพรีซดรายด์ ที่แปรปริมาณมอลต์เดกซ์ทริน และวิธีการแช่แข็ง	60
4.2.17 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้าน กลิ่นรส ความหวาน ความเปรี้ยว และความขมของน้ำมะนาวพร้อมดื่ม จากพวงน้ำมะนาวพรีซดรายด์ ที่แปร ปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินและวิธีการแช่แข็ง	61

ตารางที่	หน้า
4.2.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คະแนนเจลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นรส และความหวานของน้ำมะนาวพร้อมดื่ม จากผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ ที่แปร ปริมาณมอลต์เดคซ์ทรีนและวิธีการแช่แข็ง	62
4.2.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คະแนนเจลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านความเปรี้ยว และความขมของน้ำมะนาวพร้อมดื่ม จากผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ ที่แปร ปริมาณมอลต์เดคซ์ทรีนและวิธีการแช่แข็ง	63
4.2.20 ผลของปริมาณมอลต์เดคซ์ทรีน ต่อคະแนนเจลี่ยด้านกลิ่นรส ความหวาน และความเปรี้ยวของน้ำมะนาวพร้อมดื่ม จากผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์	64
4.2.21 ผลของวิธีการแช่แข็ง ต่อคະแนนเจลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของ น้ำมะนาวพร้อมดื่มจากผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์	64
4.3.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน %uncaking และปริมาณความชื้น ของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	69
4.3.2 ผลของอิทธิพลร่วมของ tricalcium phosphate (TCP), In-package desiccant (IPD) และระยะเวลาการเก็บต่อ %uncaking และปริมาณ ความชื้นของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนต ที่อุณหภูมิห้อง	70
4.3.3 ค่า water activity (a_w) ของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ระหว่างการเก็บ ในถุงลามิเนต ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแปรปริมาณ TCP และ IPD	74
4.3.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า water activity (a_w) ของผงน้ำมะนาว พรีชตรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	75
4.3.5 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP และ IPD ต่อค่า water activity (a_w) ของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	76
4.3.6 Titratable acidity ของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ระหว่างการเก็บในถุง ลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแปรปริมาณ TCP และ IPD	78
4.3.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน titratable acidity ของผงน้ำมะนาว พรีชตรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	79

ตารางที่	หน้า
4.3.8 ผลของ TCP ต่อ titratable acidity ของผงนํ้ามะนาวพรีซตรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	80
4.3.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณวิตามินซี และ browning index ของผงนํ้ามะนาวพรีซตรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	82
4.3.10 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บ ต่อปริมาณ วิตามินซีและ browning index ของผงนํ้ามะนาวพรีซตรายด์ระหว่างการเก็บ ในถุงลามิเนต ที่อุณหภูมิห้อง	83
4.3.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าการละลายของผงนํ้ามะนาวพรีซตรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	87
4.3.12 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านสีและลักษณะผลิตภัณฑ์ ของผงนํ้ามะนาว พรีซตรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแปรปริมาณ TCP และ IPD	91
4.3.13 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส และความชอบรวมของ ผงนํ้ามะนาวพรีซตรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแปรปริมาณ TCP และ IPD	92
4.3.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านสี และ ลักษณะผลิตภัณฑ์ ของผงนํ้ามะนาวพรีซตรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนต ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแปรปริมาณ TCP และ IPD	93
4.3.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส และ ความชอบรวม ของผงนํ้ามะนาวพรีซตรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนต ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแปรปริมาณ TCP และ IPD	94
4.3.16 ผลของปริมาณ TCP ต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะผลิตภัณฑ์ และกลิ่นรสของผงนํ้ามะนาวพรีซตรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนต ที่อุณหภูมิห้อง	95
4.3.17 ผลของ IPD ต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะผลิตภัณฑ์ ของ ผงนํ้ามะนาวพรีซตรายด์ ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	97

ตารางที่

หน้า

4.3.18 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อคะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะ

ผลิตภัณฑ์และกลิ่นรสของพวงน้ำมะนาวพีชทรายต์ ระหว่างการเก็บในอุณหภูมิตาม

ที่อุณหภูมิห้อง 97



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ระบบการถ่ายเทความร้อนแก่ plate ในเครื่อง Freeze dryer (รุ่น 25-SRC-3MS ของ The VirTis Company)	14
3.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำมะนาวและการทำแห้งน้ำมะนาวแบบเยือกแข็ง	36
4.2.1 ผลของปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินต่อ water absorption ของ ผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ที่ใช้วิธีการแช่แข็งแบบ slow freezing ในระบบที่ควบคุมอุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75%	46
4.2.2 ผลของปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินต่อ water absorption ของ ผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ที่ใช้วิธีการแช่แข็งแบบ fast freezing ในระบบที่ควบคุมอุณหภูมิ 25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75%	47
4.2.3 ผลของปริมาณมอลต์เดกซ์ทรินต่อปริมาณ d-limonene ของ ผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์	56
4.3.1 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บ ต่อ %uncaking ของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	72
4.3.2 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บ ต่อปริมาณความชื้นของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	72
4.3.3 ผลของอิทธิพลร่วมของ IPD และระยะเวลาการเก็บ ต่อค่า water activity ของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	76
4.3.4 ผลของอิทธิพลร่วมของ IPD และระยะเวลาการเก็บ ต่อ titratable acidity ของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	80
4.3.5 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บ ต่อปริมาณวิตามินซีของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	85
4.3.6 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP, IPD และระยะเวลาการเก็บต่อ browning index ของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	85
4.3.7 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP และ IPD ต่อค่าการละลายของผงน้ำมะนาวพรีชดรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	88

รูปที่	หน้า
4.3.8 ผลของอิทธิพลร่วมของ TCP และระยะเวลาการเก็บต่อค่าการละลายของ ผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	89
4.3.9 ผลของอิทธิพลร่วมของ IPD และระยะเวลาการเก็บต่อค่าการละลายของ ผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ระหว่างการเก็บในถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	89
4.3.10 ผลของอิทธิพลร่วมของ IPD และระยะเวลาการเก็บต่อคะแนนเฉลี่ยทาง ประสาทสัมผัสด้านสีของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ระหว่างการเก็บใน ถุงลามิเนตที่อุณหภูมิห้อง	96
4.3.11 ลักษณะของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน	100
4.3.12 ลักษณะของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ที่เติม TCP 0.5% โดยน้ำหนัก หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน	101
4.3.13 ลักษณะของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ที่เติม TCP 1.0% โดยน้ำหนัก หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน	102
4.3.14 ลักษณะของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ที่มี IPD หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 เดือน	103
4.3.15 ลักษณะของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ที่มี IPD และ TCP 0.5% โดยน้ำหนัก หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน	104
4.3.16 ลักษณะของผงน้ำมะนาวพรีชตรายด์ที่มี IPD และ TCP 1.0% โดยน้ำหนัก หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 2 เดือน	105
5.2.1 Types of vapor flow in freeze drying	110
5.3.1 Caking mechanism ที่พบโดยทั่วไปใน food powder	120