นมผงขาดมันเนยและน้ำตาลเพื่อเป็นสารปกป้องเซลล์ในการทำแห้งแบบพ่นกระจายแบคทีเรียโพรไบโอติก

นางสาวจตุพร คงทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MILK NON FAT AND SUGARS AS CELL PROTECTANT FOR SPRAY DRYING OF PROBIOTIC BACTERIA

Miss Jatuporn Khongtong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

492146

หัวข้อวิทยานิพนธ์	นมผงขาดมันเนยและน้ำตาลเพื่อเป็นสารปกป้องเซลล์ในการทำแห้งแบบพ่นกระจายแบคทีเรียโพรไบโอติก
โดย	นางสาวจตุพร คงทอง
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล

คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร)

จตุพร คงทอง : นมผงขาดมันเนยและน้ำตาลเพื่อเป็นสารปกป้องเซลล์ในการทำแห้ง แบบพ่นกระจายแบคทีเรียโพรไบโอติก (MILK NON FAT AND SUGARS AS CELL PROTECTANT FOR SPRAY DRYING OF PROBIOTIC BACTERIA) อ.ที่ปรึกษา: ผศ.สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์/ อ.ที่ปรึกษาร่วม: ผศ. ดร. จิรารัตน์ ทัตติยกุล, 80 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนของนมขาดมันเนย (milk non fat: MNF) ต่อน้ำตาลซูโครสและแลคโตส ที่เหมาะสมในการผลิตแบคทีเรียโพรไบโอติก 3 ชนิด ได้แก่ *Lactobacillus gasseri L. johnsonii* และ *L. salivarius* ให้อยู่ในรูปผง จากการศึกษาพบว่า *L. gasseri* มีการเจริญได้ดีที่สุดในอาหารน้ำมะพร้าว บ่มที่ 37°C จึงคัดเลือก *L. gasseri* เพื่อศึกษาการทำแห้งแบบพ่นกระจาย แปรความเข้มข้นของ MNF ซึ่งใช้เป็นสารปกป้องเซลล์เป็น 5% 10% 20% 30% (w/v) ที่อุณหภูมิลมเข้า 160°C อัตราการป้อน 34 mL/min พบว่าความเข้มข้นของสารละลาย MNF ที่เพิ่มขึ้นทำให้เชื้อรอดชีวิตหลังการทำแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเชื้อรอดชีวิตสูงสุดเท่ากับ 97.55±1.76% เมื่อใช้ MNF 5% เป็นสารปกป้องเซลล์ แต่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ที่ 30°C จำนวนเชื้อมีอัตราการลดลงเร็วกว่าที่ความเข้มข้นระดับอื่น จึงเลือกระดับ MNF ที่ให้เชื้อรอดชีวิตรองลงมาคือ 10% ซึ่งมีการรอดชีวิตเท่ากับ 95.0±90.83% ไปศึกษาภาวะการทำแห้งที่เหมาะสม โดยแปรอุณหภูมิลมเข้าเป็น 160°C และ 180°C อัตราการป้อนตัวอย่าง 16 mL/min และ 34 mL/min พบว่าที่อุณหภูมิลมเข้า 160°C อัตราการป้อนตัวอย่าง 16 mL/min เป็นภาวะที่เหมาะสมกว่าภาวะอื่น สามารถผลิตเชื้อผงที่มีความชื้นเท่ากับ 2.22±0.14% ขั้นตอนต่อมาเป็นการศึกษาสัดส่วน MNF:น้ำตาล (ซูโครสหรือแลคโตส) ที่เหมาะสม โดยแปร MNF:น้ำตาล ในสัดส่วนต่างๆ คือ 9:1 7:3 5:5 พบว่า สัดส่วนของ MNF: น้ำตาล ที่ทำให้เชื้อรอดชีวิตสูงสุดคือ MNF: ซูโครส = 7 : 3 ซึ่งมีจำนวนเชื้อรอดชีวิตเท่ากับ 97.05±0.31% และเมื่อนำเชื้อที่ผลิตได้ไปเก็บรักษาในถุง laminated (PP/ PE/ Alu/ PE/ LL) ที่ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่ 30°C เป็นเวลา 8 และ16 สัปดาห์ พบว่ามีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตเท่ากับ 9.66±0.05 และ 9.42±0.03 log (CFU/g) ตามลำดับ โดยมีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตสูงกว่าการใช้สารละลาย MNF 10% เพียงชนิดเดียวเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ซึ่งมีปริมาณเชื้อเท่ากับ 6.40±0 log(CFU/g) ดังนั้นสารละลาย MNF : ซูโครส = 7 : 3 จึงเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแบคทีเรียโพรไบโอติกผงเมื่อใช้ภาวะในการทำแห้งที่มีอุณหภูมิลมเข้าเท่ากับ 160°C อัตราการป้อน 16 mL/min

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา...2549..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

#4672220223: MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD:PROBIOTIC BACTERIA/ SPRAY DRYING/ MILK NON FAT/ SUCROSE/ LACTOSE

JATUPORN KHONGTONG: MILK NON FAT AND SUGARS AS CELL PROTECTANT FOR SPRAY DRYING OF PROBIOTIC BACTERIA. THESIS ADVISOR: ASST.PROF. SUTTISAK SUKNAISILP, M. Sc. THESIS COADVISOR : ASST.PROF. JIRARAT TATTIYAKUL, Ph. D. 80 pp.

The objective of this research was to study the optimum ratio of milk non fat (MNF) to sucrose or lactose for the production of probiotic bacteria powder using spray drying method. From the growth study of *Lactobacillus gasseri, L. johnsonii, and L. salivarius*, it was found that *L. gasseri* had the highest growth in coconut medium when incubated at 37°C and was chosen for the following experiment. *L. gasseri* was spray-dried at an inlet temperature of 160°C and 34 mL/min feed rate. 5%, 10%, 20%, and 30% (w/v) MNF solution was used as cell protectant. It was found that the product of 5% MNF as protectant had the highest cell survival of 97.55 ±1.76 %, but the highest reduction of viable cell was found when stored at 30°C for 60 days. Therefore, the 10 % MNF protectant was selected for further study. To find the proper condition of spray drying, the inlet air temperature was varied at 160°C and 180°C and the feed rate was varied at 16 and 34 mL/min. Spray-drying at inlet air temperature of 160°C and feed rate of 16 mL/min was the most suitable condition, which produced powder probiotic bacteria that contained 2.22±0.14% moisture content, and was selected for subsequent experiments. To improve the survival rate of *L. gasseri* by spray-drying, MNF was substituted with sucrose and lactose at the MNF:sugar ratio of 9:1, 7:3, and 5:5. The total concentration of cell protectant was kept at 10%. It was found that 97.05±0.31% cell survival rate resulted when MNF: sucrose equals to 7:3 was applied. As the powder probiotic bacteria was kept in a vacuum laminated bag (PP/PE/Alu/PE/LL) and stored at 30°C for 8 and 16 weeks, the total viable cells was reduced to 9.66±0.05 and 9.42±0.03 log (CFU/g), respectively. This was higher than that with 10 % MNF alone which had total viable cells of 6.40±0 log(CFU/g) when kept 8 weeks. Therefore, the condition for spray-drying *L. gasseri* in 10% cell protectant comprising 7:3 MNF:sucrose was at the inlet air temperature of 160°C and feed rate of 16 mL/min.

Department..... Food Technology.....Student's signature.....Jatuporn khongtong

Field of study... Food Technology.....Advisor's signature.....S. Suknaisilp

Academic year..2549.....Co-advisor's signature.....J. Tattiyakul

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรารัตน์ ทัตติยกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร.รมณี สงวนดีกุล ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร คณะกรรมการวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือและให้ข้อคิดเห็นต่างๆตลอดจนตรวจแก้ไขเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขเพื่อให้วิยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยและงบประมาณแผ่นดินปี 2549 ที่มอบทุนสนับสนุนการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณนิตยา เมธาวณิชพงศ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์จุลินทรีย์สายพันธุ์ต่างๆเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ ร้านขายมะพร้าวสะพานวันชาติ กรุงเทพมหานคร ที่ให้ความอนุเคราะห์น้ำมะพร้าวเพื่อเป็นอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ตลอดงานวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความช่วยเหลือตลอดการทำวิจัย

ขอขอบคุณห้องสมุดและห้องคอมพิวเตอร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เป็นแหล่งค้นคว้าข้อมูล

ขอขอบคุณ พี่ๆเพื่อนๆและน้องๆ ที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารที่คอยให้กำลังใจและมีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวคงทอง รวมถึงญาติพี่น้องทุกท่าน ที่ช่วยส่งเสริมและให้โอกาสที่ดีแก่ข้าพเจ้า ตลอดจนกำลังใจและความช่วยเหลือในทุกๆด้านด้วยดีเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญรูป..... ฐ
1.บทนำ 1
2.วารสารปริทัศน์..... 3
2.1 โพรไบโอติก..... 3
2.2 คุณสมบัติของโพรไบโอติก..... 4
2.3 ประโยชน์ของจุลินทรีย์โพรไบโอติก 6
2.4 อาหารเลี้ยงจุลินทรีย์โพรไบโอติก..... 7
2.5 การเตรียมตัวอย่างเชื้อเพื่อทำแห้ง..... 8
2.6 การเก็บรักษาจุลินทรีย์ 9
2.6.1 การทำแห้งจุลินทรีย์แบบพ่นกระจาย..... 10
2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียจากการทำแห้ง
แบบพ่นกระจาย..... 13
2.6.3 การทำแห้งจุลินทรีย์แบบแช่เยือกแข็ง..... 15
2.6.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียระหว่างการทำแห้ง
แบบแช่เยือกแข็ง..... 19
2.6.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการรอดชีวิตของแบคทีเรียที่ผ่านการทำแห้งโดย
วิธีพ่นกระจายและแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา..... 21
3.วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 22
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี..... 22
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์..... 23
3.3 การเตรียมเชื้อเพื่อใช้ในการทดลองสำหรับเป็น starter ในการหมัก..... 24
3.4 การเตรียมเชื้อโพรไบโอติกก่อนทำแห้ง..... 24

บทที่ หน้า

3.5 การทำแห้งเชื้อโพรไบโอติกโดยใช้วิธีการทำแห้งแบบพ่นกระจาย 25
3.5.1 ความเข้มข้นของสารละลาย MNF ต่อการรอดชีวิตของเชื้อผง
หลังทำแห้งและระหว่างเก็บรักษา..... 25
3.5.2 อุณหภูมิลมเข้าและอัตราการป้อนที่เหมาะสมขณะทำแห้ง
แบบพ่นกระจาย..... 26
3.5.3 การปรับปรุงเพื่อเพิ่มการรอดชีวิตของเชื้อขณะทำแห้ง..... 27
3.6 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 29
3.6.1 ชนิดของสารปกป้องเซลล์ที่เหมาะสมในการทำแห้ง
แบบแช่เยือกแข็ง..... 29
3.7 การเปลี่ยนแปลงของเชื้อผงที่ทำแห้งโดยวิธีพ่นกระจายและ
แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บ 16 สัปดาห์..... 29
4.ผลการทดลองและวิจารณ์ผล..... 30
4.1 การเจริญของเชื้อในอาหารน้ำมะพร้าว..... 30
4.2 การทำแห้งเชื้อโพรไบโอติกแบบพ่นกระจาย..... 31
4.2.1 ความเข้มข้นของสารละลาย MNF ต่อการรอดชีวิต
ของเชื้อผงหลังทำแห้ง..... 31
4.2.2 ความเข้มข้นของสารละลาย MNF ต่อการรอดชีวิตของเชื้อผง
ระหว่างการเก็รักษา..... 37
4.2.3 อุณหภูมิลมเข้าและอัตราการป้อนที่เหมาะสมขณะทำแห้ง
แบบพ่นกระจาย..... 40
4.2.4 การปรับปรุงเพื่อเพิ่มการรอดชีวิตของเชื้อผงหลังทำแห้ง..... 43
4.3 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง..... 51
4.3.1 ชนิดของสารปกป้องเซลล์ที่เหมาะสมในการทำแห้ง
แบบแช่เยือกแข็ง..... 51
4.4 เปรียบเทียบเชื้อผงที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีพ่นกระจาย
กับวิธีแช่เยือกแข็ง..... 53
4.5 การเปลี่ยนแปลงของเชื้อผงที่ทำแห้งโดยวิธีพ่นกระจายและ
แช่เยือกแข็งที่เวลาต่างๆตลอด 16 สัปดาห์..... 54
5.สรุปผลการทดลอง..... 59

บทที่ หน้า

รายการอ้างอิง..... 60
ภาคผนวก..... 61
ภาคผนวก ก..... 68
ภาคผนวก ข..... 71
ภาคผนวก ค..... 73
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 80

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 อุณหภูมิลมเข้าและ feed rate ที่ใช้ทำแห้ง..... 26

4.1 ความเข้มข้นของสารละลาย MNF ต่อการรอดชีวิตของเชื้อผง..... 31

4.2 ความเข้มข้นของสารละลาย MNF ต่อปริมาณความชื้นในเชื้อผง
เมื่อมีขนาดอนุภาคหลังทำแห้งที่แตกต่างกัน..... 36

4.3 ความเข้มข้นของสารละลาย MNF ที่มีผลต่อความชื้นและค่า a_w
ระหว่างการเก็บรักษาเชื้อผง ซึ่งบรรจุในถุง laminated aluminium foil
เป็นเวลา 60 วัน ที่ 20 และ 30°C..... 40

4.4 ค่าความแปรปรวนระหว่างอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิลมเข้าและอัตราการป้อน
ตัวอย่างต่อการรอดชีวิต ความชื้น และค่า a_w ของเชื้อผงหลังทำแห้ง..... 42

4.5 ผลของอุณหภูมิลมเข้าที่มีผลต่อการรอดชีวิต, ความชื้น
และค่า a_w ของเชื้อผง..... 42

4.6 ผลของอัตราการป้อนตัวอย่าง (feed rate) ที่มีผลต่อการรอดชีวิต,
ความชื้น และค่า a_w ของเชื้อผง..... 43

4.7 ค่าแรงตึงผิวและความหนืดของ MNF ผสมน้ำตาล ที่ใช้เป็นสารปกป้องเซลล์
เมื่อสารละลายมีองค์ประกอบแตกต่างกันแต่ total solids เท่ากัน..... 45

4.8 จำนวนเชื้อที่รอดชีวิต ค่าแรงตึงผิว ขนาดอนุภาคและค่า bulk density ของ
เชื้อผงที่ผ่านการทำแห้งเมื่อใช้ MNF ผสมน้ำตาลเป็นสารปกป้องเซลล์และ
มี total solids ไม่แตกต่างกัน..... 48

4.9 จำนวนเชื้อที่รอดชีวิตของเชื้อผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
เมื่อสารปกป้องเซลล์มีองค์ประกอบแตกต่างกันแต่ปริมาณ total solid เท่ากัน..... 52

4.10 เปรียบเทียบจำนวนเชื้อที่รอดชีวิต, ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของเชื้อผง
จากการทำแห้งโดยวิธีพ่นกระจายและแช่เยือกแข็ง..... 53

ตารางที่ หน้า

4.11 ปริมาณความชื้นของเชื้อผงที่ผลิตโดยวิธีพ่นกระจายและแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บรักษาที่ 4°C และ 30°C เป็นเวลา 16 สัปดาห์ในถุง laminated aluminium foil..... 57

4.12 ค่า a_w ของเชื้อผงที่ผลิตโดยวิธีพ่นกระจายและแช่เยือกแข็งเมื่อเก็บรักษาที่4°C และ 30°C เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ในถุง laminated aluminium foil..... 58

1-ค ข้อมูลทั่วไปของเชื้อผงขณะทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมเข้า 160°C อัตราการป้อน 34 ml/min แปรความเข้มข้นของสารละลาย MNF ระดับต่างๆ..... 73

2-ค ความเข้มข้นของสารละลาย MNF ต่อปริมาณความชื้น, ค่า a_w, ความหนืด แรงตึงผิว และ bulk density หลังการทำแห้งแบบพ่นกระจาย..... 73

3-ค ปริมาณเชื้อเริ่มต้นและหลังทำแห้งด้วยวิธีพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมเข้า 160°C อัตราการป้อน 34 mL/min เมื่อแปรความเข้มข้นของสารละลาย MNF ระดับต่าง..... 74

4-ค ความเข้มข้นสารละลาย MNF ต่อจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ที่ 20°C และ 30°C แสดงในรูป log (CFU/g) และ (CFU/g) ของผลิตภัณฑ์แห้ง..... 74

5-ค ข้อมูลทั่วไปของเชื้อผงขณะทำแห้งแบบพ่นกระจายซึ่งแปรอุณหภูมิลมเข้าและอัตราการป้อนค่าต่างๆ..... 75

6-ค อุณหภูมิลมเข้าและอัตราการป้อน (mL/min) ที่มีผลต่อจำนวนเชื้อที่รอดชีวิต ปริมาณความชื้น (%) และค่า a_w ของเชื้อผงในสารละลาย MNF 10% หลังทำแห้งแบบพ่นกระจาย..... 75

7-ค ปริมาณเชื้อเริ่มต้นและหลังทำแห้งโดยวิธีพ่นกระจายในสารละลาย MNF 10% แปรอุณหภูมิลมเข้าและอัตราการป้อนค่าต่างๆใ..... 75

8-ค ข้อมูลทั่วไปของเชื้อผงขณะทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมเข้า 160°C อัตราการป้อน 16 mL/min เมื่อใช้ MNF ผสมน้ำตาล เป็นสารปกป้องเซลล์ แต่ total solids เท่ากัน..... 76

ตารางที่ หน้า

9-ค ปริมาณเชื้อเริ่มต้นและหลังทำแห้งแบบพ่นกระจายที่อุณหภูมิลมเข้า 160°C อัตราการป้อน 16 mL/min เมื่อใช้ MNF ผสมน้ำตาลเป็นสารปกป้องเซลล์ แต่ total solids เท่ากัน..... 76

10-ค ข้อมูลทั่วไปของเชื้อผงขณะทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -60°C ความดัน 0.5 hPa โดยมีชนิดของสารปกป้องเซลล์ต่างกัน..... 77

11-ค ปริมาณความชื้นของเชื้อสดที่ได้จากการหมักเซลล์..... 77

12-ค จำนวนเชื้อที่รอดชีวิตของเชื้อผงจากการทำแห้งแบบพ่นกระจายและแช่เยือกแข็ง ระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์ ที่ 4°C และ 30°Cซึ่งบรรจุในถุง laminated aluminium foil แสดงในรูป log(CFU/g)..... 78

13-ค จำนวนเชื้อที่รอดชีวิตของเชื้อผงจากการทำแห้งแบบพ่นกระจายและแช่เยือกแข็ง ระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์ ที่ 4°C และ 30°Cซึ่งบรรจุในถุง laminated aluminium foil แสดงในรูป (CFU/g)..... 79

สารบัญรูป

รูปประกอบที่	หน้า
2.1 แผนผังสำหรับการคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่เป็นโพรไบโอติก.....	5
2.2 การทำงานของเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย.....	10
2.3 ตัวอย่างลักษณะของผงอนุภาคหลังทำแห้งแบบพ่นกระจาย.....	12
2.4 phase diagram ของน้ำ.....	16
2.5 การหมุนขวดในสารลดอุณหภูมิเพื่อทำให้เกิดแผ่นฟิมล์บางๆในการแช่แข็งเบื้องต้นก่อนทำแห้ง.....	17
2.6 ลักษณะของตัวอย่างหลังผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง.....	18
4.1 การเจริญของ *L. gasseri*, *L. johnsonii*, *L. lavarius* เมื่อเลี้ยงในอาหารน้ำมะพร้าวและบ่มที่ 37°C.....	30
4.2 ความเข้มข้นของสารละลาย MNF กับค่าความหนืดและขนาดอนุภาค.....	32
4.3 ลักษณะอนุภาคที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจายถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ของสารละลาย MNF ความเข้มข้น 5 10 20 และ 30%.....	33
4.4 ความเข้มข้นสารละลาย MNF ที่มีผลต่อขนาดอนุภาคและจำนวนเชื้อที่รอดชีวิต.....	35
4.5 ลักษณะเปลือกของอนุภาคที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นกระจายถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) ของสารละลาย MNF ความเข้มข้น 5 10 20 30%.....	36
4.6 สารละลาย MNF ความเข้มข้น 5 10 20 และ 30%ที่มีผลต่อการรอดชีวิตของเชื้อผง เมื่อเก็บรักษาที่ 20°C ในถุง laminate aluminium foil.....	39
4.7 สารละลาย MNF ความเข้มข้น 5 10 20 และ 30%ที่มีผลต่อการรอดชีวิตของเชื้อผง เมื่อเก็บรักษาที่ 30°C ในถุง laminated aluminium foil.....	39
4.8 ลักษณะอนุภาคของเชื้อผงถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) เมื่อมีสารละลายMNF10% MNF9%+sucrose1% MNF7%+sucrose3% MNF5%+sucrose5% และ MNF7%+lactose3% เป็นสารปกป้องเซลล์.....	49

รูปประกอบที่ หน้า

4.9 ลักษณะพื้นผิวอนุภาคของเชื้อผงถ่ายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) เมื่อมีสารละลายMNF10% MNF9%+sucrose1% MNF7%+sucrose3% MNF5%+sucrose5% และ MNF7%+lactose3% เป็นสารปกป้องเซลล์..... 50

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตกับเวลาของเชื้อผง ที่ผลิตโดยวิธีพ่นกระจาย และแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บรักษาที่ 4°C และ 30°C เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ในถุง laminate aluminium foil..... 56

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับเวลาของเชื้อผงที่ผลิตโดยวิธีพ่นกระจาย และแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บรักษาที่ 4°C และ 30°Cเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ในถุง laminate aluminium foil..... 57

1-ก ตัวอย่างรูปหยดของเหลวเมื่อผ่านหัวเข็มที่แสดงในจอรับภาพเครื่อง Goniometer..... 70

1-ค ความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับเวลาของเชื้อผงที่ผลิตในภาวะที่เหมาะสม โดยวิธีพ่นกระจายและแช่เยือกแข็ง เมื่อเก็บรักษาที่ 4°C และ 30°C ระยะเวลา 16 สัปดาห์ ในถุง laminate aluminium foil..... 77