การผลิตเห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) แช่เยือกแข็งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิจ

นางสาว อภิรดี สัจจมงคล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-267-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF FROZEN STRAW MUSHROOM (*VOLVARIELLA VOLVACEA*) BY CRYOGENIC FREEZING

Miss Apiradee Sajjamongkol

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology
Department of Food Technology
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

ISBN 974-332-267-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตเห็ดฟาง (Volvariella volvacea) แช่เยือกแข็งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค

โดย น.ส. อภิรดี สัจจมงคล

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุภิมารส

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นินนาท ชินประหัษฐ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุภิมารส)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรี ปานกุล)

..... กรรมการ

(คุณ ขนะ ตันติวศินชัย)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อภิรดี สัจจมงคล : การผลิตเห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*) แช่เยือกแข็งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค (PRODUCTION OF FROZEN STRAW MUSHROOM (*VOLVARIELLA VOLVACEA*) BY CRYOGENIC FREEZING)
อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สุวรรณา สุภิมารส ; 125 หน้า. ISBN 974-332-276-1

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดฟางแช่เยือกแข็งที่มีคุณภาพดี เริ่มจากการศึกษาการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเห็ด โดยการแช่เห็ดในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 1.5% ที่ระดับสุญญากาศ 10 นิ้วปรอท เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งช่วยให้เห็ดมีค่าความสว่าง (L) สูงที่สุด ศึกษาการแช่เห็ดในสารละลายกัมชนิดต่างๆพบว่าการแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum 0.75% สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของเห็ดและมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูง ต่อมาได้ศึกษาหาเวลาที่ต้องใช้ในการแช่เยือกแข็งเห็ดแบบ air blast ที่อุณหภูมิ -32°C พบว่าใช้เวลา 52 นาที 40 วินาที และแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์แบบไครโอจีนิคด้วย liquid nitrogen แปรอุณหภูมิเป็น 4 ระดับ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ -70°C เป็นเวลา 11 นาที 40 วินาที ศึกษาวิธีการละลายเห็ดแช่เยือกแข็งพบว่า การละลายในตู้เย็นสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการละลายและได้เห็ดที่มีความเหนียวต่ำเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบมากกว่าการแช่น้ำหรือไมโครเวฟ เมื่อศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่แช่เยือกแข็งด้วยวิธีต่างกันโดยบรรจุแบบปกติและสุญญากาศเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าการแช่เยือกแข็งเห็ดด้วยวิธีไครโอจีนิคจะมีค่า %thawing loss, shear value ต่ำกว่า แต่มีค่าความสว่างและคะแนนทางประสาทสัมผัสสูงกว่าการใช้ air blast ($p \leq 0.05$) ส่วนการบรรจุแบบสุญญากาศมีค่าความสว่าง คะแนนด้านสี และความชอบรวมสูงกว่าการบรรจุแบบปกติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้นผลิตภัณฑ์จะมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นและการยอมรับของผู้ทดสอบลดลง แต่การเก็บรักษาเห็ดแช่เยือกแข็งด้วยวิธีไครโอจีนิค และบรรจุแบบสุญญากาศเป็นเวลา 6 เดือน ผู้ทดสอบยังให้ความชอบรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่า 300 โคโลนี/กรัม เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปศึกษาดูโครงสร้างภายในด้วย Scanning Electron Microscope พบว่าเส้นใยเห็ดที่แช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคถูกทำลายน้อยกว่าการใช้ air blast นอกจากนี้ได้ศึกษาการปรับปรุงกลิ่นรสเห็ดก่อนแช่เยือกแข็งโดยเติม glycine ลงใน cooling water พบว่าปริมาณที่ศึกษายังไม่สามารถปรับปรุงกลิ่นรสเห็ดได้ และศึกษาการลดการสูญเสียน้ำหนักของเห็ดเพิ่มเติมโดยการแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum และ locust bean gum พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ แช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum 0.25% ก่อนเป็นเวลา 20 นาทีแล้วแช่ต่อใน locust bean gum 0.25 % เป็นเวลา 10 นาที ซึ่งที่สภาวะดังกล่าวสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักในขั้นตอนแปรรูปได้มากกว่าการแช่เห็ดในสารละลาย xanthan gum เพียงอย่างเดียวถึง 4%

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2541	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C827396 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD: : STRAW MUSHROOM FREEZING /STRAW MUSHROOM / *Volvariella volvacea* /
APIRADEE SAJJAMONGKOL : PRODUCTION OF FROZEN STRAW MUSHROOM
(VOLLVARIELLA VOLVACEA) BY CRYOGENIC FREEZING. THESIS ADVISOR :
ASSIST. PROF. SUWANNA SUBHIMAROS, Dr.Ing. 125 pp. ISBN 974-332-267-1

The objectives of this research were to determine the appropriate conditions in processing good quality frozen straw mushroom. Firstly, inhibition of browning was done by immersing the mushroom in 1.5% sodium metabisulphite solution under vacuum at 10 inches Hg for 30 minutes. The weight loss of mushroom in processing were reduced by immersing in variable gum solution and concentrations. The 0.75% of xanthan gum solution gave minimum weight loss, minimum shear value and best sensory test. The freezing time of air blast freezing at -32 °C was found to be 52 minutes 40 seconds and appropriate cryogenic freezing conditions by liquid nitrogen ; temperatures varying at 4 levels, were at a temperature of -70 °C and with a time of 11 minutes 40 seconds. Thawing product in refrigerator gave better result than using microwave or immersing in water. The storage product of both freezing methods with different packaging methods were studied. It was obvious that cryogenic freezing resulted in less % thawing loss, shear value but in higher lightness and sensory characteristic scores than air blast freezing ($p \leq 0.05$). Vacuum packing gave the product higher lightness, color score and overall preference than normal packing ($p \leq 0.05$). The cryogenic freezing product kept for 6 months still had the overall preference score between like slightly and like moderately and the total plate count (TPC) and yeast and mold counts were still less than 300 colonies/g. The mushroom structures were later studied by Scanning Electron Microscope. It was found that the structures were destroyed by cryogenic freezing less than air blast freezing. Moreover adding glycine in cooling water after blanching could not improve mushroom flavor. The reduction of weight loss product by immersing mushroom in xanthan gum and locust bean gum (LBG) were studied. The appropriate condition was immersing mushroom in xanthan gum 0.25% first for 20 minutes and then immersing in LBG 0.25% for 10 minutes. This condition could reduce 4% weight loss more than using xanthan gum alone.

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา สุภิมารส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ และเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาที่ทำวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์ ที่ให้เกียรติเป็นประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรี ปานกุล และ คุณชนะ ตันติวศินชัย บริษัทบางกอกอินดัสเทรียลแก๊ส จำกัด ที่กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ เพื่อทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณและขอบคุณผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์และให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ ของงานวิจัยนี้

- คุณวาทินี ปรีชาจารย์ ผู้จัดการฝ่ายขาย บริษัทซิสเต็มไบโออินดัสทรี จำกัด ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างกัม ตลอดจนคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์
- บริษัทบางกอกอินดัสเทรียลแก๊ส จำกัด ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์แช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค
- คุณสุภาพันธ์ ศรีสถานนท์ ผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัทสตรองแพ็ค จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างภาชนะบรรจุ
- คณะกรรมการบัณฑิตวิทยาลัย ที่พิจารณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยบางส่วน
- เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในด้านต่างๆเป็นอย่างดี

และสุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือทุกอย่างแก่ผู้วิจัยเสมอมา จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ซ

สารบัญรูป.....ฎ

บทที่

1 บทนำ.....1

2 วารสารปริทัศน์.....3

3 วัตถุดิบ สารเคมี อุปกรณ์ และวิธีวิเคราะห์.....20

4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย.....24

5 ผลการทดลอง.....35

6 วิจารณ์ผลการทดลอง.....79

7 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....98

เอกสารอ้างอิง.....100

ภาคผนวก.....104

ภาคผนวก ก.....105

ภาคผนวก ข.....113

ภาคผนวก ค.....114

ภาคผนวก ง.....116

ภาคผนวก จ.....119

ภาคผนวก ฉ.....120

ประวัติผู้เขียน.....124

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 มูลค่าการส่งออกผักแช่เยือกแข็งของประเทศไทยระหว่างปี 2535-2540.....1

2.1 คุณค่าทางอาหารของดอกเห็ดฟางสด 100 กรัม..... 7

2.2 Amino Acid Score ของกรดอะมิโนจำเป็นในเห็ดฟาง..... 8

2.3 ขนาดดอกเห็ดฟาง.....9

5.1.1 ผลการยับยั้งเอนไซม์ polyphenoloxidase ของการแช่เห็ดในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ระดับสุญญากาศและเวลาต่างกัน.....35

5.1.2 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความสว่าง (L).....36

5.2.1 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่ guar gum ความเข้มข้นต่างกัน.....37

5.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดที่แช่สารละลาย guar gum ความเข้มข้นต่างกัน.....38

5.2.3 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่ CMC ความเข้มข้นต่างกัน.....39

5.2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่ CMC ความเข้มข้นต่างกัน.....39

5.2.5 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่ xanthan gum ความเข้มข้นต่างกัน.....40

5.2.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ด หลังการแช่ xanthan gum ความเข้มข้นต่างกัน.....41

5.2.7 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่ LBG ความเข้มข้นต่างกัน.....42

5.2.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า %weight gain, %blanching loss,

สารบัญตาราง (ต่อ)

%freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ด
หลังการแช่ LBG ความเข้มข้นต่างกัน.....42
5.3.1 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss,
%total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่กัมต่างชนิดกัน.....43
5.3.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเห็ดที่แช่สารละลายกัมต่างชนิดกัน.....44
5.3.3 คะแนนเฉลี่ยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี
กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของเห็ดหลังการละลาย ที่ได้จากการแช่กัม
ต่างชนิดกัน.....45
5.3.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าต่างๆของการแช่เห็ดในสารละลายกัมต่างชนิดกัน.....45
5.4.1 ค่าเฉลี่ย %freezing loss, %thawing loss และ shear value ของเห็ด
ที่แช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคที่อุณหภูมิต่างกัน 50
5.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ย %freezing loss, %thawing loss
และ shear value ของเห็ดที่แช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคที่อุณหภูมิต่างกัน.....50
5.4.3 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏภายนอกและ
ภายใน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของเห็ดแช่เยือกแข็ง
ที่อุณหภูมิต่างกัน.....51
5.4.4 การวิเคราะห์ความคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของเห็ด
ที่แช่เยือกแข็งด้วยอุณหภูมิต่างกัน.....51
5.4.5 เวลาที่ใช้พ่น liquid nitrogen เมื่อแช่เยือกแข็งเห็ดที่อุณหภูมิต่างกัน.....52
5.5.1 ค่าเฉลี่ย %thawing และ shear value ของเห็ดที่ละลายด้วยวิธีต่างกัน.....53
5.5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ย %freezing loss, %thawing loss และ
shear value ของเห็ดที่ละลายด้วยวิธีต่างกัน.....53
5.5.3 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน
สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของการละลายเห็ดด้วยวิธีต่างกัน.....54
5.5.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าต่างๆเมื่อใช้วิธีการละลายเห็ดต่างกัน.....54
5.6.1 ค่า %thawing loss, shear value และ ค่าความสว่าง (L) ของเห็ดแช่เยือกแข็ง
โดยแปรวิธีการแช่เยือกแข็ง วิธีการบรรจุ และระยะเวลาในการเก็บ.....56
5.6.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ย %thawing loss, shear value ,
ค่าความสว่าง (L) ของเห็ดแช่เยือกแข็งโดยแปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีการบรรจุ

สารบัญตาราง (ต่อ)

และระยะเวลาเก็บ.....57

5.6.3 ค่าเฉลี่ย %thawing loss ของเห็ดแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของวิธีแช่เยือกแข็ง.....58

5.6.4 ค่าเฉลี่ย %thawing loss ของเห็ดแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระยะเวลาเก็บ.....58

5.6.5 ค่าเฉลี่ย shear value และ ความสว่าง (L) ของเห็ดแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ.....59

5.6.6 ค่าเฉลี่ยความสว่าง (L) ของเห็ดแช่เยือกแข็ง เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีบรรจุและระยะเวลาเก็บ.....60

5.6.7 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็ง โดยแปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และระยะเวลาเก็บ.....61

5.6.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งโดยแปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุ และระยะเวลาเก็บ.....62

5.6.9 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลาย เมื่อพิจารณาอิทธิพลของวิธีบรรจุ.....63

5.6.10 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลาย เมื่อพิจารณาอิทธิพลของวิธีการบรรจุ.....63

5.6.11 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏภายนอกและภายใน กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลาย เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระยะเวลาเก็บ.....64

5.6.12 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลาย เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการแช่เยือกแข็งและระยะเวลาเก็บ.....66

5.6.13 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลาย เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีบรรจุและระยะเวลาเก็บ.....67

สารบัญตาราง (ต่อ)

5.6.14 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) ในผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็ง โดยแปรวิธีแช่เยือกแข็ง วิธีบรรจุและระยะเวลาเก็บรักษา.....68

5.7.1 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่สารละลาย xanthan gum และ LBG ในอัตราส่วนความเข้มข้นต่างกัน.....72

5.7.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss,%thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่สารละลาย xanthan gum และ LBG ในอัตราส่วนความเข้มข้นต่างกัน.....73

5.7.3 ค่าเฉลี่ย %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่สารละลาย xanthan gum ร่วมกับ LBG ในความเข้มข้นและเวลาต่างกัน.....74

5.7.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า %weight gain, %blanching loss, %freezing loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดหลังการแช่สารละลาย xanthan gum ร่วมกับ LBG ในความเข้มข้นและเวลาต่างกัน.....75

5.7.5 ผลความเข้มข้นของสารละลาย xanthan gum และ LBG ต่อค่า %weight gain, % blanching loss, %thawing loss, %total loss และ shear value ของเห็ดแช่เยือกแข็ง.....76

5.7.6 ผลอัตราส่วนของเวลาในการแช่สารละลาย xanthan gum และ LBG ต่อค่า shear value ของเห็ดแช่เยือกแข็ง.....76

5.8.1 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของเห็ดแช่เยือกแข็งหลังการละลายเมื่อเติม glycine ใน coolimg water ปริมาณต่างกัน 77

5.8.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของเห็ดแช่เยือกแข็งที่แปรปริมาณ glycine ใน coolimg water ต่างกัน 78

ก.1 การหาปริมาณ liquid nitrogen ที่ใช้ในการแช่เยือกแข็งเห็ด..... 113

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1 ลักษณะการพัฒนาของดอกเห็ด.....5
2 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของ PO.....11
3 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ PPO.....12
4 การเปลี่ยนแปลงสถานะของสารละลายในผลิตภัณฑ์ระหว่างการแช่เยือกแข็ง.....14
5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิในการแช่เยือกแข็งเห็ดด้วย
วิธี air blast.....47
6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิในการแช่เยือกแข็งเห็ดแบบ
ไครโอจีนิคอุณหภูมิต่างกัน.....49
7 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เห็ดแช่เยือกแข็ง
เมื่อระยะเวลาเก็บต่างกัน.....65
8 โครงสร้างภายในเห็ดสดกำลังขยาย 500 เท่า.....69
9 โครงสร้างภายในเห็ดแช่เยือกแข็งด้วย air blast กำลังขยาย 500 เท่า.....70
10 โครงสร้างภายในเห็ดแช่เยือกแข็งด้วย air blast และเก็บเป็นเวลา 6 เดือน
กำลังขยาย 500 เท่า.....70
11 โครงสร้างภายในเห็ดแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค กำลังขยาย 500 เท่า.....71
12 โครงสร้างภายในเห็ดแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค และเก็บเป็นเวลา 6 เดือน
กำลังขยาย 500 เท่า.....71
13 ลักษณะเห็ดสด.....120
14 ลักษณะเห็ดหลังผ่านการแช่สารละลาย xanthan gum 0.75% ที่สภาวะสุญญากาศ
30 นิ้วปรอทเป็นเวลา 30 นาที.....121
15 ลักษณะเห็ดผ่านการลวกในน้ำเดือด 2 นาที.....121
16 ลักษณะเห็ดหลังผ่านการแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคอุณหภูมิ –70°C.....122
17 ลักษณะเห็ดหลังผ่านการแช่เยือกแข็งด้วย air blast อุณหภูมิลมเย็น –32°C 122
18 ลักษณะเห็ดที่แช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคหลังผ่านการละลายในตู้เย็น.....123