ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250305

ผลไอสภาพลิกอนุภาคสีขาวในข้าวหัวและสารหมักเต้าเจี้ยวรสเค็มน้อย

พนมรี จันทร์อนันต์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2554

b00254855

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250305

กลไกการเกิดอนุภาคสีขาวในเต้าเจี้ยวและการหมักเต้าเจี้ยวรสเค็มน้อย

นนทรี จันทร์อนันต์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ชื่อเรื่อง

กลไกการเกิดอนุภาคสีขาวในเต้าเจี้ยวและการหมักเต้าเจี้ยวรสเค็มน้อย

โดย

นนทรี จันทร์อนันต์

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาตราจารย์ ดร.สิทธิสิน บวรสมบัติ)

วันที่ 25 เดือน ก.ค. พ.ศ. 54

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกุณี บวรสมบัติ)

วันที่ 25 เดือน ก.ค. พ.ศ. 54

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ดร.วิระศักดิ์ เทพจันทร์)

วันที่ 25 เดือน ก.ค. พ.ศ. 54

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(อาจารย์ ดร.ฉวีวรรณ พันธ์ไชยศรี)

วันที่ 25 เดือน ก.ค. พ.ศ. 54

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)

ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

วันที่ 26 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2554

ชื่อเรื่อง	กลไกการเกิดอนุภาคสีขาวในเต้าเจี้ยวและการหมักเต้าเจี้ยวรสเค็มน้อย
ชื่อผู้เขียน	นางสาวนนทรี จันทร์อนันต์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิสิน บวรสมบัติ

บทคัดย่อ

250305

ผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวเป็นเครื่องปรุงรสชนิดหนึ่งที่ผลิตจากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบ การผลิตเต้าเจี้ยวกระทำได้โดยอาศัยการหมักด้วยจุลินทรีย์หลายชนิด ปัญหาที่ประสบได้ในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่วางจำหน่ายในท้องตลาดคือ ลักษณะปรากฏที่เป็นจุดหรือกลุ่มวัสดุสีขาวในเนื้อเต้าเจี้ยว และ/หรือรสชาติที่เค็มจัดเกินไป ซึ่งคุณลักษณะทั้งสองประการนี้เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคไม่พึงประสงค์ การศึกษาวิจัยนี้ได้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษากลไกการเกิดจุดสีขาวหรืออนุภาคสีขาวในเต้าเจี้ยว และการผลิตเต้าเจี้ยวรสเค็มน้อย โดยเริ่มต้นจากการผลิตสปอร์ของรา *Aspergillus oryzae* M-01 จำนวนมากบนวัสดุแข็งหลายชนิด เพื่อใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นในการหมักโคจิ ซึ่งพบว่าเมล็ดข้าวเจ้าสามารถให้สปอร์ที่ผ่านการทำแห้งและเหลือรอดชีวิตจำนวนมากถึง 10.15 log cfu/g

สำหรับกลไกการเกิดจุดขาว จะเริ่มจากการศึกษาความหนาของโคจิที่เหมาะสมต่อการผลิตโปรตีเอสด้วยรา *Aspergillus oryzae* M-01 พบว่าโคจิที่ระดับความหนา 2.5 เซนติเมตร จะให้กิจกรรมโปรตีเอสสูงสุดเท่ากับ 52.89 ยูนิตต่อกรัม เมื่อหมัก 48 ชั่วโมง เมื่อนำโคจิที่ได้ปริมาณร้อยละ 100 50 และ 30 ไปหมักกับถั่วเหลืองต้มสุกในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 22 หรือเรียกว่าขั้นตอนการหมักโมโรมินาน 8 สัปดาห์ จะพบอนุภาคสีขาวจำนวนหนึ่งเกิดขึ้นในทุกทรีทเมนท์ โดยเฉพาะเต้าเจี้ยวที่หมักโดยใช้โคจิปริมาณร้อยละ 100 จะให้อนุภาคสีขาวมากที่สุด ผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่ผ่านการต้มนาน 30 นาที แล้วบรรจุในขวดแก้วปิดผนึก ยังคงพบอนุภาคสีขาวบ้างซึ่งคำนวณในรูปของร้อยละของพื้นที่ที่พบอนุภาคสีขาวต่อพื้นที่ทั้งหมดของผิวขวดแก้วที่ใช้บรรจุ จะมีจำนวนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยโคจิปริมาณร้อยละ 100 ยังคงให้จำนวนพื้นที่ที่พบอนุภาคสีขาวมากที่สุด แต่ก็ยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในระดับชอบมากที่สุด การลดจำนวนอนุภาคสีขาวสามารถกระทำได้โดยการเติมน้ำสุกลงในเต้าเจี้ยว 0.5 เท่า ซึ่งจะส่งผลทำให้อนุภาคสีขาวลดลงจากร้อยละ 100 เหลือร้อยละ 1.15 แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังคงมีสัดส่วนของแข็งกับของเหลวอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่วางจำหน่ายในท้องตลาด อนุภาคสีขาวสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ ชนิดแผ่นนุ่ม ชนิดแผ่นแข็ง และชนิดเม็ดเล็กๆ ส่วนประกอบของโครงสร้างของ

อนุภาคสีขาวคือ ผลึกรูปร่างคล้ายเข็มหรือรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของอนุภาคสีขาว ระบุว่าอนุภาคสีขาวทุกชนิดประกอบด้วยกรดอะมิโนไทโรซีนเป็นส่วนใหญ่หรือทั้งหมด

การศึกษาเกี่ยวกับการหมักเต้าเจี้ยวรสเค็มน้อยโดยใช้โคจิข้าวเหนียว พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการนึ่งข้าวเหนียว และความหนาของโคจิมีผลต่อคุณภาพของโคจิที่ได้ โดยระยะเวลานึ่งนาน 40 นาที และความหนาของข้าวเหนียวในตะกร้าบ่มโคจิเท่ากับ 5 เซนติเมตร ให้กิจกรรมอะไมเลสและกิจกรรมโปรตีเอสสูงสุดเท่ากับ 58.01 และ 95.06 ยูนิตต่อกรัม ตามลำดับในระยะเวลา 60 ชั่วโมง การหมักเต้าเจี้ยวโดยใช้โคจิข้าวเหนียวปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่าโคจิข้าวเหนียวปริมาณร้อยละ 50 ในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 18 นาน 12 สัปดาห์ แล้วผ่านการต้มนาน 30 นาที จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่แตกต่างไปจากเดิม คือเต้าเจี้ยวมีรสเปรี้ยว มีกลิ่นอัลกอฮอล์ และมีรสเค็มน้อย แต่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมในระดับชอบมากที่สุด และสามารถเก็บรักษาได้นานไม่น้อยกว่า 6 สัปดาห์การหมักเต้าเจี้ยวโดยใช้โคจิข้าวเหนียวร้อยละ 50 ในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่าจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม และสามารถเก็บรักษาได้นานไม่น้อยกว่า 6 สัปดาห์

Title	**Mechanism of white particles formation and the fermentation of less salty fermented soybean (Tao Chieo)**
Author	Miss Nonsee Jananan
Degree of	Master of Science in Food Technology
Advisory Committee Chairperson	Associate Professor Dr. Sittisin Bovonsombut

ABSTRACT

250305

Fermented soybean (Tao Chieo) product is a kind of condiment produced from soybean as the main raw material using many types of microorganisms. However, major problems concerned with product quality as observed in the market consisted of the presence of white spots or their clusters and the too salty taste of the product. These two characteristics are negative attributes as disliked by consumers. This research aimed toward the study of the mechanism of white particle occurrence and the method of producing less salty product. The first part of the study was concerned with the massive spore production of *Aspergillus oryzae* M-01 on solid substrates used as starter in koji fermentation. It was shown that rice grains had a high yield of spore survival after drying at 10.15 log cfu/g.

For mechanism of white particles formation, the study started with the trial on the thickness of soybean koji for protease production by *Aspergillus oryzae* M-01. Suitable thickness of soybean koji (2.5cm) was found to produce the highest protease activity at 52.89 unit/g at 48 hours of fermentation time. The koji obtained was mixed with well boiled soybean in the amount of 100, 50 and 30% in 22% salt water (moromi stage) which was made to stand for 8 weeks. Certain amount of white particles occurred in all treatments especially with 100% soybean koji, giving the largest amount of white particles. Some amounts could still be found in the sealed bottle product after boiling for 30 minutes prior to filling in. The amount of white particles was calculated in the percentage area of white particles compared with the total area of bottle surface of the container. The size of area increased with time of storage. One hundred percent of koji gave the highest amount of white particles area but got the highest acceptance from the taste panels. Elimination of white particles could be achieved by adding boiled water into the mash in a

ratio of 0.5:1.0 but which could still be accepted by the taste panel. The white particles could be classified into 3 categories: soft flakes, hard flakes and small grains. Most of their structures were composed of a certain amount of needle-like shape or rectangular-shape crystals. Chemical and physical properties of these white particles indicated that most or all of them were tyrosine amino acid.

The study of producing less salty Tao Chieo by using glutinous rice koji revealed that the steaming time of glutinous rice and the thickness of koji exerted effects on the quality of koji obtained. The steaming time of 40 minutes accompanied with the thickness of 5 cm gave the maximum amylase and protease activities at 58.01 and 95.06 unit/g, respectively, at 60 hours of incubation. The use of different quantities of glutinous rice koji in Tao Chieo making was also investigated and results showed that the product of 50% of glutinous rice koji in 18% salt water as fermented in 12 weeks and then boiled for 30 minutes, caused some changes in their characteristics. The product had a sour taste, alcoholic smell and less salty. However, the product was accepted by taste panel and had a high storage period of at least 6 weeks. The variation of salt concentration for making Tao Chieo with 50% glutinous rice koji found that 16% salt concentration could still give an acceptable product which could have a shelf life of at least 6 weeks.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิสิน บวรสมบัติ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนให้ความเอาใจใส่และคอยติดตามการทำวิจัย รวมถึงช่วยตรวจสอบแก้ไขจนกระทั่งงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.สกุณณี บวรสมบัติ และ ดร. วิระศักดิ์ เทพจันทร์ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำในการทำวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขงานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดีและลุล่วงจนสำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ยิ่งมณี ตระกูลพัว ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และแก้ไขงานวิจัยเพื่อให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ในการดำเนินการทดลองจนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึงบริษัท เลมอนฟาร์ม จำกัด และ กลุ่มแม่บ้านสันป่ายาง ที่สนับสนุนวัตถุดิบและเงินทุนวิจัย และขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปี 2553 และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.-อุตสาหกรรม ประจำปี 2553 ในการสนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้ โดยความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

ขอกราบขอบพระคุณ คุณเตี่ยอุดมศักดิ์ และ คุณแม่มาลี จันทร์อนันต์ ที่ได้ส่งเสริมสนับสนุน ให้กำลังใจ กำลังทรัพย์ ตลอดจนคอยติดตามงานวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนในสาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ช่วยสนับสนุน เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือที่ดีเสมอมา

นนทรี จันทร์อนันต์

ตุลาคม 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(12)
สารบัญตารางผนวก	(14)
สารบัญภาพผนวก	(16)
บทที่ 1 บทนำ	
ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
เต้าเจี้ยว	4
วัตถุดิบสำหรับการผลิตเต้าเจี้ยว	5
การผลิตเต้าเจี้ยว	8
จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักเต้าเจี้ยว	9
เอนไซม์ที่มีบทบาทต่อการหมักเต้าเจี้ยว	11
อนุภาคสีขาว	14
ไทโรซีน	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	17
วัสดุอุปกรณ์	17
วิธีการวิจัย	20
ตอนที่ 1 ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอนุภาคสีขาวในเต้าเจี้ยว	20
ตอนที่ 2 การผลิตเต้าเจี้ยวรสเค็มน้อย	28

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย และวิจารณ์ 33

ตอน 1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอนุภาคสีขาวในเต้าเจี้ยว 33

1. ปริมาณเชื้อตั้งต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตสปอร์ของ *A. oryzae* M-01 33

2. กิจกรรมของราในระหว่างการหมักโคจิ 35

2.1 อุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-ด่างในโคจิถั่วเหลือง 35

2.2 กิจกรรมเอนไซม์ในโคจิถั่วเหลือง 36

3. ปริมาณโคจิถั่วเหลืองต่อการเกิดอนุภาคสีขาวในกระบวนการหมักโมโรมิ 38

3.1 จำนวนยีสต์และราในโมโรมิ 38

3.2 จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกในโมโรมิและการสร้างกรด 40

3.3 กิจกรรมเอนไซม์ 42

3.4 สีของเต้าเจี้ยว 45

3.5 การเกิดอนุภาคสีขาวในระหว่างการหมักโมโรมิ 47

3.6 ผลของการหมักโมโรมิระยะเวลาสั้นต่อการเกิดอนุภาคสีขาว 48

3.7 ผลของระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเต้าเจี้ยวต่อการเกิดอนุภาคสีขาว 51

3.8 ผลของการการเจือจางเต้าเจี้ยวต่อการเกิดอนุภาคสีขาว 57

3.9 ผลของสัดส่วนของแข็งและของเหลวในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวต่อการเกิดอนุภาคสีขาว 63

4. อนุภาคสีขาวในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่วางจำหน่ายในท้องตลาด 64

4.1 คุณลักษณะและสัดส่วนของแข็งและของเหลวของเต้าเจี้ยว 64

4.2 จำนวนพื้นที่ที่พบอนุภาคสีขาวทั้งหมดที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวของเนื้อเต้าเจี้ยว 65

4.3 สัดส่วนของแข็งและของเหลวในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยว 66

4.4 ชนิดและปริมาณของอนุภาคสีขาว 67

5. การระบุชนิดของอนุภาคสีขาว 68

5.1 โครงสร้างทางกายภาพของอนุภาคสีขาว 68

5.2 การทดสอบแป้งของอนุภาค 71

5.3 การทดสอบการละลายในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 71

5.4 การทดสอบการวัดค่าดูดกลืนแสงส่องกราด 73

หน้า

ตอนที่ 2 การผลิตเต้าเจี้ยวรสเค็มน้อย 74

1. การเตรียมโคจิข้าวเหนียว 74

1.1 ระยะเวลาในการนึ่งข้าวเหนียวที่มีผลต่อสมบัติโคจิ 74

1.2 ความหนาของข้าวเหนียวที่มีผลต่อสมบัติโคจิ 77

2. การหมักโมโรมิ 79

2.1 ปริมาณโคจิที่เหมาะสมต่อการหมักโมโรมิ 79

2.2 ความเข้มข้นน้ำเกลือที่เหมาะสมต่อการหมักโมโรมิ 89

2.3 ผลของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยว 98

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 100

สรุปผลการวิจัย 100

ข้อเสนอแนะ 101

บรรณานุกรม 102

ภาคผนวก 106

ภาคผนวก ก ขั้นตอนการผลิตเต้าเจี้ยว 107

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์กายภาพ 109

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางเคมี 111

ภาคผนวก ง การวิเคราะห์จุลชีววิทยา 120

ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส 124

ภาคผนวก ฉ ข้อมูลการวิเคราะห์ผลการทดลอง 127

ภาคผนวก ช ประวัติผู้วิจัย 154

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	การใช้งานเอนไซม์โปรตีเอส	14
2	จำนวนสปอร์ของรา *A. oryzae* M-01 ที่เหลือรอดชีวิตบนรำข้าวเจ้าและข้าวเจ้าภายหลังการอบให้แห้ง เมื่อใช้ปริมาณสปอร์ซัสเพนชันแตกต่างกัน	35
3	การเกิดอนุภาคสีขาวในเต้าเจี้ยวที่หมักโดยใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณแตกต่างกัน	47
4	จำนวนพื้นที่ที่พบอนุภาคสีขาวและชนิดอนุภาคสีขาวในตัวอย่างเต้าเจี้ยวที่วางจำหน่ายในท้องตลาด	48
5	จำนวนผู้ทดสอบที่เรียงลำดับความชอบในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวทั้ง 3 ตัวอย่าง	50
6	ผลสรุปของการเรียงลำดับความชอบผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยว จำนวน 3 ตัวอย่าง	51
7	จำนวนพื้นที่ที่พบอนุภาคสีขาวในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่ผ่านการต้มในเวลาที่แตกต่างกัน	52
8	ชนิดอนุภาคสีขาวในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่ผ่านการต้มในเวลาที่แตกต่างกัน	53
9	จำนวนผู้ทดสอบที่เรียงลำดับความชอบในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวทั้ง 3 ตัวอย่าง	57
10	ผลสรุปของการเรียงลำดับความชอบผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยว จำนวน 3 ตัวอย่าง	57
11	จำนวนพื้นที่ที่พบอนุภาคสีขาวในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่ผ่านการต้มในเวลาที่แตกต่างกัน	59
12	ชนิดอนุภาคสีขาวในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่ผ่านการต้มในเวลาที่แตกต่างกัน	60
13	จำนวนผู้ทดสอบที่เรียงลำดับความชอบในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวทั้ง 3 ตัวอย่าง	64
14	ผลสรุปของการเรียงลำดับความชอบผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยว จำนวน 3 ตัวอย่าง	64
15	ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่วางจำหน่ายในท้องตลาด	65
16	จำนวนพื้นที่ที่พบอนุภาคสีขาวและชนิดอนุภาคสีขาวในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่วางจำหน่ายในท้องตลาด	66
17	ผลการทดสอบแป้งของอนุภาคสีขาว	71
18	ความสามารถในการละลายของอนุภาคสีขาว	72
19	ค่าดูดกลืนแสง(λ_{max}) ของอนุภาคสีขาว	73

ตาราง

20	จำนวนผู้ทดสอบที่เรียงลำดับความชอบในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวทั้ง 3 ตัวอย่าง	88
21	ผลสรุปของการเรียงลำดับความชอบผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยว จำนวน 3 ตัวอย่าง	88
22	การเปลี่ยนแปลงของเต้าเจี้ยวระหว่างการเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์	98
23	จำนวนผู้ทดสอบที่เรียงลำดับความชอบในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวทั้ง 3 ตัวอย่าง	99
24	ผลสรุปของการเรียงลำดับความชอบผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยว จำนวน 3 ตัวอย่าง	99

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	เต้าเจี้ยวพร้อมบริโภค : เต้าเจี้ยวในปรรจุภัณฑ์ (a) ลักษณะเนื้อเต้าจี้ยว(b)	4
2	เมล็ดถั่วเหลือง	5
3	โครงสร้างทางเคมีของไทโรซีน	11
4	การผลิตสปอร์ของรา *A. oryzae* M-01 บนสับสเตรท 2 ชนิด เมื่อหมักโคจินาน 72 ชั่วโมง: รำข้าวเจ้า (a) และข้าวเจ้า (b)	33
5	ผงสปอร์ที่ได้จากการเติมสปอร์ซัสเพนชั่นของรา *A. oryzae* M-01 ในปริมาณที่แตกต่างกันบนรำข้าวเจ้า: 0.5 มิลลิลิตร (a) 1.0 มิลลิลิตร (b) และ 1.5 มิลลิลิตร (c)	34
6	ผงสปอร์ที่ได้จากการเติมสปอร์ซัสเพนชั่นของรา *A. oryzae* M-01 ในปริมาณที่แตกต่างกันบนข้าวเจ้า: 0.5 มิลลิลิตร (a) 1.0 มิลลิลิตร (b) และ 1.5 มิลลิลิตร (c)	34
7	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการหมักโคจิถั่วเหลืองที่มีความหนาแตกต่างกัน	36
8	การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-เบส ในระหว่างการหมักโคจิถั่วเหลืองที่มีความหนาแตกต่างกัน	36
9	การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมอะไมเลสในระหว่างการหมักโคจิถั่วเหลืองที่มีความหนาแตกต่างกัน	37
10	การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมโปรตีเอสในระหว่างการหมักโคจิถั่วเหลืองที่มีความหนาแตกต่างกัน	38
11	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	39
12	การเปลี่ยนแปลงของจำนวนยีสต์ (a) และรา (b) ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	40
13	การเปลี่ยนแปลงของจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในจำนวนที่แตกต่างกัน	41

ภาพ		หน้า
14	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดแลคติกในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	41
15	การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-เบสในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	42
16	การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมอะไมเลสในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	43
17	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	43
18	การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของโปรตีเอสในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	44
19	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดอะมิโนอิสระในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	45
20	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* และ b* ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน (ร้อยละ): 100 (a) 50 (b) และ 30 (c)	46
21	กิจกรรมโปรตีเอสและปริมาณกรดอะมิโนอิสระในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยว	49
22	ค่าสีของผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่ที่หมักด้วยโคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	50
23	กิจกรรมโปรตีเอสและปริมาณกรดอะมิโนอิสระในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวอายุ 8 สัปดาห์ที่ผ่านการต้มให้เดือดนาน: 20 นาที (a) 30 นาที (b) และ 40 นาที (c)	54
24	ผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่หมักด้วยโคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน (ร้อยละ): 100 (a) 50 (b) และ30 (c)	55
25	ค่าสีในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่ผ่านการต้มนาน: 20 นาที (a) 30 นาที (b) และ 40 นาที (c)	56
26	ผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่ผ่านการปรับสัดส่วนของเหลวแล้วซึ่งหมักด้วยโคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน (ร้อยละ): 100 (a) 50 (b) และ30 (c)	58
27	กิจกรรมโปรตีเอสและปริมาณกรดอะมิโนอิสระในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวอายุ 8 สัปดาห์ที่ผ่านการปรับสัดส่วนของเหลวและผ่านการต้มนาน: 20 นาที (a) 30 นาที (b) และ 40 นาที (c)	61
28	ค่าสีของผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่ผ่านการต้มนาน: 20 นาที (a) 30 นาที (b) และ 40 นาที	62

ภาพ		หน้า
29	สัดส่วนของแข็งและของเหลวในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยว	63
30	สัดส่วนของแข็งและของเหลวในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยว	67
31	สัดส่วนของอนุภาคสีขาวชนิดต่างๆ ที่พบในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่วางจำหน่ายในท้องตลาด	68
32	อนุภาคสีขาวในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่หมักด้วยโคจิปริมาณร้อยละ 100 50 และ 30 ส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด 3 มิติ (20X): แบบแผ่นนุ่ม (a) แบบแผ่นแข็ง (b) และแบบเม็ดเล็กๆ (c)	68
33	อนุภาคสีขาวของเต้าเจี้ยวที่วางจำหน่ายในท้องตลาดส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด 3 มิติ (20X): แบบแผ่นนุ่ม (a), แบบแผ่นแข็ง (b) และแบบเม็ดเล็กๆ (c)	69
34	ผลึกไทโรซีนบริสุทธิ์และอนุภาคสีขาวชนิดต่างๆ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (40X): ผลึกไทโรซีนบริสุทธิ์ (a) แบบแผ่นนุ่ม (b) แบบแผ่นแข็ง (c) และแบบเม็ดเล็กๆ (d)	69
35	ผลึกไทโรซีนบริสุทธิ์และอนุภาคสีขาวชนิดต่างๆ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด: ผลึกไทโรซีนบริสุทธิ์ (500X) (a), แบบแผ่นนุ่ม (3500X) (b), แบบแผ่นแข็ง(3500X) (c) และแบบเม็ดเล็กๆ(500X) (d)	70
36	ชิ้นส่วนเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 3 มิติ (a) และภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (40X) (b)	73
37	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในโคจิที่ใช้ข้าวเหนียวที่ผ่านการนึ่งในเวลาที่แตกต่างกัน	75
38	การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของโคจิที่ใช้ที่ใช้ข้าวเหนียวที่ผ่านการนึ่งในเวลาที่แตกต่างกัน: ค่าความเป็นกรด-เบส (a) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (b) กิจกรรมอะไมเลส (c) และ กิจกรรมโปรตีเอส (d)	76
39	การเจริญของรา *A. oryzae* M-01 ในโคจิข้าวเหนียวอายุ 72 ชั่วโมง ความหนา 5 เซนติเมตร (ภาพตัดขวาง)	77
40	การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิที่หมักด้วยโคจิข้าวเหนียวที่มีความหนาแตกต่างกัน: ค่าความเป็นกรด-เบส (a) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (b) กิจกรรมอะไมเลส (c) และกิจกรรมโปรตีเอส (d)	78

ภาพ		หน้า
41	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน	80
42	การเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน: ยีสต์ (a) และรา (b)	81
43	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณอัลกอฮอล์ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน	82
44	การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-เบสในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน	82
45	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดแลคติกและปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน: ปริมาณกรดแลคติก (a) และปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก (b)	83
46	การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมอะไมเลสในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน	84
47	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน	85
48	การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมโปรตีเอสในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน	86
49	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดอะมิโนอิสระในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน	86
50	การเปลี่ยนแปลงของค่า L* a* และ b* ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน (ร้อยละ): 30 (a) 40 (b) และ 50 (c)	87
51	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน	89
52	การเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน: ยีสต์ (a) และรา (b)	90
53	การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-เบสในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน	91
54	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณอัลกอฮอล์ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน	92

ภาพ		หน้า
55	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดแลคติกและปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติกในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน: ปริมาณกรดแลคติก (a) และจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก (b)	93
56	การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมอะไมเลสในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน	94
57	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน	94
58	การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมโปรตีเอสในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน	95
59	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดอะมิโนอิสระในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน	96
60	การเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* a* และ b* ในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน (ร้อยละ): 10 (a) 13 (b) และ 16 (c)	97

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-เบสของโคจิถั่วเหลืองที่มีความหนาแตกต่างกัน	128
2	การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมอะไมเลสและโปรตีเอส ของที่ใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน	128
3	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ ค่าความเป็นกรด-เบส และปริมาณกรดแลคติก ของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	129
4	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ กิจกรรมอะไมเลสและโปรตีเอส ของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	130
5	การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมโปรตีเอสและปริมาณกรดอะมิโน ของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	131
6	การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ ยีสต์ รา และ แบคทีเรียกรดแลคติก ของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	132
7	การเปลี่ยนแปลงของค่าสี ของโคจิในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน	133
8	ค่าสี กิจกรรมโปรตีเอส กรดอะมิโนอิสระ และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และ รา ในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยว	134
9	ค่าสี กิจกรรมโปรตีเอส กรดอะมิโนอิสระและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และ รา ในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่เพิ่มสัดส่วนของเหลว	135
10	ค่าสี กิจกรรมโปรตีเอส กรดอะมิโนอิสระและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และ รา ในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่เพิ่มสัดส่วนของเหลว	136
11	สัดส่วนของเหลวและของแข็งในผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวที่วางจำหน่ายในท้องตลาด	137

ตารางผนวก หน้า

12 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-เบสของโคจิที่ใช้ข้าวเหนียวที่ผ่านการนึ่งในเวลาที่แตกต่างกัน 138

13 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และกิจกรรมอะไมเลสของโคจิที่ใช้ข้าวเหนียวที่ผ่านการนึ่งในเวลาที่แตกต่างกัน 139

14 การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมโปรตีของโคจิที่ใช้ข้าวเหนียวที่ผ่านการนึ่งในเวลาที่แตกต่างกัน 140

15 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-เบสและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ของโคจิที่มีความหนาแตกต่างกัน 141

16 การเปลี่ยนแปลงกิจของกรรมอะไมเลสและกิจกรรมโปรตีเอส ของโคจิที่มีความหนาแตกต่างกัน 142

17 การเปลี่ยนแปลงของค่าควมเป็นกรด-เบส ปริมาณกรดแลคติก ของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน 143

18 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ กิจกรรมอะไมเลสและโปรตีเอส ของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน 144

19 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดอะมิโนอิสระและปริมาณอัลกอฮอล์ของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน 145

20 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ยีสต์ รา แบคที่เรียกรดแลคติก และ ของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน 146

21 การเปลี่ยนแปลงของค่าสีของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิที่ใช้โคจิข้าวเหนียวในปริมาณที่แตกต่างกัน 147

22 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ ค่าความเป็นกรด-เบสและปริมาณกรดแลคติก ของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่แตกต่างกัน 148

ตารางผนวก หน้า

23 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรีดิวซ์ กิจกรรมอะไมเลสและโปรตีเอส ของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่แตกต่างกัน 149

24 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดอะมิโนอิสระ และปริมาณอัลกอฮอล์ของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่แตกต่างกัน 150

25 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ ยีสต์ รา และแบคทีเรียกรดแลคติก ของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่แตกต่างกัน 151

26 การเปลี่ยนแปลงของค่าสีของเต้าเจี้ยวในระหว่างการหมักโมโรมิโดยใช้ความเข้มข้นของน้ำเกลือที่แตกต่างกัน 152

27 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์เต้าเจี้ยวตลอดอายุการเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ 153

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1	ขั้นตอนการผลิตเต้าเจี้ยว	108