การใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดและหัวเชื้อผสมในผลิตภัณฑ์แหนม

นางสาวสุธยา บุญถนอม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2537

ISBN 974-584-829-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

UTILIZATION OF CHEMICAL ACIDULANTS AND MIXED STARTER CULTURES IN NHAM

Miss Suthaya Boonthanom

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 974-584-829-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดและหัวเชื้อผสมในผลิตภัณฑ์แหนม
โดย	นางสาวสุธยา บุญถนอม
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สุธยา บุญถนอม : การใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดและหัวเชื้อผสมในผลิตภัณฑ์แหนม

(UTILIZATION OF CHEMICAL ACIDULANTS AND MIXED STARTER CULTURES IN NHAM)

อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์, ผศ.ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี, 158 หน้า.

ISBN 974-584-829-8

แหนมเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักพื้นบ้านทางภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีการผลิตในในระดับอุตสาหกรรมครัวเรือน และมีการควบคุมคุณภาพที่ไม่แน่นอนขึ้นกับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ การใช้หัวเชื้อผสมของ Lactobacillus plantarum NHI 1100 Pediococcus cerevisiae NZ DRI และ Micrococcus varians ATCC 15360 จะช่วยเร่งให้ผลิตภัณฑ์มีสภาพความเป็นกรดเร็วขึ้น ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคพวก Enterobacteriaceae Salmonella sp. และ Staphylococcus aureus ได้ในระดับหนึ่ง และจากผลงานวิจัยพบว่าเมื่อมีการใช้ร่วมกับสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดพวก glucono delta lactone (GDL) หรือกรดแลคติคความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ในผลิตภัณฑ์ ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์เหล่านั้นเพิ่มมากขึ้น แต่กรดแลคติคจะให้ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่นี่มเกินไป ส่วนในการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดร่วมกับหัวเชื้อผสมไม่แตกต่างจากชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p > 0.05$ นอกจากนั้นยังพบว่า การใช้โซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ปริมาณ 500 และ 200 ส่วนในล้านส่วนตามลำดับ จะให้ผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะพวก Enterobacteriaceae มากที่สุด และตรวจพบปริมาณสารไนเตรทและสารไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายในระดับที่ต่ำกว่าที่กฎหมายกำหนดไว้มาก ดังนั้นโอกาสเกิดอันตรายเนื่องจากสารดังกล่าวจึงมีน้อย อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากงานวิจัยนี้สามารถใช้ควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์แหนมให้คงที่ได้โดยใช้ GDL ร่วมกับหัวเชื้อผสม ในระบบที่มีสารไนเตรทและสารไนไตรท์ในระดับดังกล่าว ซึ่งจะให้ผลในด้านสีและลักษณะปรากฏที่ดี มีการยอมรับจากผู้บริโภค และให้ความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าวิธีการหมักตามธรรมชาติ จึงเป็นแนวทางการผลิตที่เหมาะสมสำหรับระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ต่อไปได้

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C526879 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD: GLUCONO-δ-LACTONE/ MIXED STARTER CULTURES/ LACTIC ACID/ NHAM FERMENTATION
SUTHAYA BOONTHANOM : UTILIZATION OF CHEMICAL ACIDULANTS AND MIXED STARTER CULTURES IN NHAM. THESIS ADVISOR : NINNART CHINPRAHAST, Ph.D.; ASST. PROF. PAIROTE WIRIYACHAREE, Ph.D. 158 pp. ISBN 974-584-829-8

Nham is a traditionally fermented meat product and well-known to the consumers of Northern Thailand. Its production is only regarded as the family-scale industry and its qualities can be considerably varied according to the original load of microorganisms contaminated in the product. Utilization of mixed starter cultures of Lactobacillus plantarum NHI 1100, Pediococcus cerevisiae NZ DRI and Micrococcus varians ATCC 15360 not only increases the rate of acid production but also inhibits the growth of pathogenic bacteria viz, Enterobacteriaceae, Salmonella sp. and Staphylococcus aureus to certain extents. From this research, it was evident that uses of these starter cultures together with chemical acidulants such as glucono delta lactone (GDL) or lactic acid each at the level of 0.25% in Nham could improve the effectiveness of microbial inhibition. However, the use of lactic acid would result in the product with a little too soft texture. For sensory evaluation results, it was noted that the products made by using chemical acidulants and mixed starter cultures were not significantly different $p > 0.05$ from the control. In addition, sodium nitrate and sodium nitrite, at the level of 500 and 200 ppm respectively, helped inhibit the growth of microbes especially the Enterobacteriaceae. Residual nitrate and nitrite in the finished product were substantially lower than the levels permitted by the Thai regulations and, therefore, toxicological hazard due to these two additives was only marginal. Nevertheless, it was shown by the results of this research that quality controls of Nham could be properly maintained by using GDL and mixed starter cultures and by the addition of sodium nitrate and sodium nitrite at the aforementioned levels. The finished product, having good color and appearance, was well accepted by the consumers and safer for the consumption than the one which is naturally fermented. This controlled fermentation is advisable for the larger industrial-scale production of Nham for the Thai market.

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้ามีความซาบซึ้งในพระคุณของอาจารย์ ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำและเอาใจใส่อย่างดียิ่ง เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ที่แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาทุกๆด้าน ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ทุกอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ และให้ข้าพเจ้าได้มีผลงานร่วมในงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ทองศิริ คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการอนุญาตให้ข้าพเจ้าทำงานวิจัยในห้องปฏิบัติการของคณะ ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล ประธานกรรมการ อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคณาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้พื้นฐานต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทิวา ศุภจรรยา และคณะที่ให้คำแนะนำด้านเทคนิคการถ่ายภาพ ขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช) ที่กรุณาให้เงินอุดหนุนการวิจัยและเงินทุนอุดหนุนการศึกษา ประจำปีการศึกษา 2536-2537 ขอขอบคุณศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบพระคุณ อาจารย์วิวรรธน์ วรรธนัจฉริยา อาจารย์ชจรเดช พิมพ์พิไล คุณสิรินดา กุสุมภ์ คุณอิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล และคณะวิจัย ในโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยมาโดยตลอด

ท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ น้อง และเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมา จนบรรลุเป้าหมายและประสบความสำเร็จในครั้งนี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1

2 วารสารปริทัศน์ 4

2.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป 4

2.2 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่มีผลต่อการหมัก 6

2.2.1 ส่วนของเนื้อ 6

2.2.2 เกลือ 7

2.2.3 น้ำตาล 8

2.2.4 เครื่องเทศ 8

2.2.5 สารประกอบฟอสเฟต 11

2.2.6 สารประกอบไนเตรทและไนไตรท์ 13

2.2.7 สารประกอบอิริธอร์เบท 16

2.3 เชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์ 16

2.4 การหมักเนื้อสัตว์โดยเชื้อจุลินทรีย์ 19

2.4.1 การหมักที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ในธรรมชาติ 19

2.4.2 การหมักที่เกิดจากหัวเชื้อบริสุทธิ์ 21

2.5 หัวเชื้อบริสุทธิ์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก 23

2.5.1 เชื้อจุลินทรีย์ Micrococcus sp. 24

2.5.2 เชื้อจุลินทรีย์ Lactobacillus sp. 27

หน้า

2.5.3 เชื้อจุลินทรีย์ Pediococcus sp. 28
2.5.4 ผลของการใช้หัวเชื้อบริสุทธิ์ต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่ให้โทษ 28
2.6 สารเคมีที่ให้ความเป็นกรด (chemical acidulants) 35
2.6.1 GDL 35
2.6.2 กรดแลคติค 37
2.6.3 ผลของการใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดร่วมกับหัวเชื้อบริสุทธิ์ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก 42
3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย 45
3.1 อุปกรณ์ สารเคมีและวัตถุดิบ 45
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย 48
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 55
4.1 ศึกษาชนิดและปริมาณสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดที่มีผลต่อหัวเชื้อแต่ละชนิด ... 55
4.1.1 ระดับความเข้มข้นต่างๆของ GDL ที่มีผลต่อเชื้อ Micrococcus varians, Lactobacillus plantarum และ Pediococcus cerevisiae 55
4.1.2 ระดับความเข้มข้นต่างๆของกรดแลคติค ที่มีผลต่อเชื้อ Micrococcus varians, Lactobacillus plantarum และ Pediococcus cerevisiae 60
4.2 ศึกษาการใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดในปริมาณที่เหมาะสมและหัวเชื้อผสมในผลิตภัณฑ์แหนม 64
4.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี 64
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ 68
4.2.3 ความปลอดภัยในการบริโภค 80
4.2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส 85
4.3 ศึกษาปริมาณสารไนเตรทและสารไนเตรท์ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์แหนมที่ใช้สารเคมีที่ให้ความเป็นกรดและหัวเชื้อผสม 87
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 100

หน้า

รายการอ้างอิง 103
ภาคผนวก ก. วิธีตรวจวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา
และการประเมินผลทางประสาทสัมผัส 117
ภาคผนวก ข. ตารางแสดงผลการทดลอง 131
ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 146
ภาคผนวก ง. รูปเชื้อจุลินทรีย์และเครื่องมือในการวิจัย 150
ประวัติผู้เขียน 158

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ผลของการใช้เครื่องเทศในไส้กรอกหมัก	10
2.2	สภาพแวดล้อมกับการเจริญของแบคทีเรียและราที่สร้างสารพิษระหว่างการผลิตเนื้อหมัก	30
2.3	การเกิด enterotoxin จากเชื้อ Staphylococcus sp.	30
2.4	การสร้าง botulinal toxin ใน summer style sausage ที่ 25 องศาเซลเซียส	31
4.1	ปริมาณสารไนเตรทและสารไนไตรท์ที่เหลือในผลิตภัณฑ์แหนม เมื่อสิ้นสุดเวลาการหมัก (48 ชั่วโมง)	78
4.2	ค่าร้อยละการลดลงของปริมาณสารไนเตรทและสารไนไตรท์ที่เหลือในผลิตภัณฑ์แหนม เมื่อสิ้นสุดเวลาการหมัก (48 ชั่วโมง)	81
4.3	ปริมาณเชื้อ Staphylococcus aureus ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์แหนมที่ช่วงเวลาต่างๆใน 48 ชั่วโมง	83
4.4	ปริมาณเชื้อ Salmonella sp. ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์แหนมที่ช่วงเวลาต่างๆใน 48 ชั่วโมง โดยวิธี MPN (most propable number)	83
4.5	คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมที่ผ่านการหมัก 48 ชั่วโมง	85
4.6	ค่าเฉลี่ยของค่า pH และความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคตลอดเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง ของผลิตภัณฑ์แหนมที่ใช้ GDL ร่วมกับหัวเชื้อผสมที่มีโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ระดับต่างๆ	89
4.7	ปริมาณเชื้อ Staphylococcus aureus ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์แหนมที่ช่วงเวลาต่างๆใน 48 ชั่วโมง	98
4.8	ปริมาณเชื้อ Salmonella sp. ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์แหนมที่ช่วงเวลาต่างๆใน 48 ชั่วโมง โดยวิธี MPN (most propable number)	98
ข.1	จำนวนเซลเฉลี่ยของเชื้อ M.varians ในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI ที่มีความเข้มข้นของ GDL ระดับต่างๆ ในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง	131

ตาราง หน้า

ข.2 (ก) (ข) ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคตามลำดับ ของเชื้อ L.plantarum ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ที่มีความเข้มข้นของ GDL ระดับต่างๆ ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง 132

ข.3 (ก) (ข) ค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคตามลำดับ ของเชื้อ P.cerevisiae ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS ที่มีความเข้มข้นของ GDL ระดับต่างๆ ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง 133

ข.4 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 134

ข.5 ค่าแรงกด (compression force) เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 135

ข.6 ค่า a^* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์แหนมในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 136

ข.7 ค่า b^* เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์แหนมในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 137

ข.8 ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลือ (residual nitrite) ในผลิตภัณฑ์แหนม ที่ช่วงเวลาการหมักต่างๆใน 48 ชั่วโมง 138

ข.9 ปริมาณเฉลี่ยของเชื้อในกลุ่ม Enterobacteriaceae ในผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 139

ข.10 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 140

ข.11 ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติค ของผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 141

ข.12 ค่าความสุกสว่าง (L^*) เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 142

ข.13 ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลือ (residual nitrite) ในผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 143

ข.14 ค่าความสุกสว่าง (L^*) เฉลี่ยของผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 144

ตาราง หน้า

ข.15 ปริมาณเชื้อในกลุ่ม Enterobacteriaceae โดยเฉลี่ย
ของผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 145
ค.1 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Randomized Complete Block Design 146
ค.2 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Completely Randomized Design 147
ค.3 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ 2^2 Factorial Design in
Completely Randomized Design 149

สารบัญรูปภาพ

รูป		หน้า
2.1	อัตราการเกิดกรดแลคติคในไส้กรอกหมักที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตชนิดต่างๆร้อยละ 1 เปรียบเทียบกับชุดควบคุม	9
2.2	ผลของสูตรการผลิตที่มีเครื่องเทศต่างกันตามตาราง 2.1 ในไส้กรอกหมักที่มีส่วนผสมของ lactobacilli ต่อเวลาการหมัก เพื่อให้ได้ pH 5.0	10
2.3	การเปลี่ยนแปลงสีและการเปลี่ยนสารไนเตรทในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก	15
2.4	การลดลงของ pH ในไส้กรอกหมักที่ใช้และไม่ใช้หัวเชื้อบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิการหมัก 29.4 องศาเซลเซียส	22
2.5	แผนภาพการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัว	26
2.6	แผนภาพแสดงผลของหัวเชื้อบริสุทธิ์ต่อระบบของผลิตภัณฑ์แหนม	34
2.7	สูตรโครงสร้างของ GDL และกรดแลคติค	36
2.8	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแลคติคและ pH ที่ลดลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว	38
2.9	ผลของค่า pH ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อสด	40
2.10	การกระจายของกลุ่มชั้วเมื่อมีเกลือ (NaCl) ในระบบ ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ที่ค่า pH ต่างๆ	41
2.11	การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวที่ใช้ GDL ระดับต่างๆ ที่ 30-22 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75	43
3.1	ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์แหนม	54
4.1	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลือ (residual nitrite) และปริมาณเชื้อ M.varians ใน 48 ชั่วโมง ของระบบที่มี GDL ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	56
4.2	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคและปริมาณเชื้อ L.plantarum ใน 24 ชั่วโมงของระบบที่มี GDL ในระดับความเข้มข้นต่างๆ	58

รูป หน้า

4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคและปริมาณเชื้อ P.cerevisiae ใน 24 ชั่วโมงของระบบที่มี GDL ในระดับความเข้มข้นต่างๆ 59

4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลือ (residual nitrite) และปริมาณเชื้อ M.varians ใน 48 ชั่วโมงของระบบที่มีกรดแลคติคในระดับความเข้มข้นต่างๆ 61

4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคและปริมาณเชื้อ L.plantarum ใน 24 ชั่วโมงของระบบที่มีกรดแลคติคในระดับความเข้มข้นต่างๆ 62

4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติคและปริมาณเชื้อ P.cerevisiae ใน 24 ชั่วโมงของระบบที่มีกรดแลคติคในระดับความเข้มข้นต่างๆ 63

4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์แหนมในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง 65

4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติค ของผลิตภัณฑ์แหนมในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง 67

4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงกด (compression force) ของผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง 69

4.10 การเปลี่ยนแปลงค่าแรงตัดขาด (shear force) ของผลิตภัณฑ์แหนมในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง 71

4.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารไนเตรทของผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง 72

4.12 การแทนที่สีด้วยสัญลักษณ์ L^* a^* b^* ในระบบ CIE 73

4.13 การเปลี่ยนแปลงค่าความสุกสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง 74

4.14 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลิตภัณฑ์แหนมในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง 75

4.15 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แหนมในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง 77

รูป หน้า

4.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลือ (residual nitrite) ของผลิตภัณฑ์แหนมในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง 79
4.17 ปริมาณเชื้อในกลุ่ม Enterobacteriaceae ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์แหนม ที่ช่วงเวลาต่างๆใน 48 ชั่วโมง 82
4.18 (ก) (ข) การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และความเป็นกรดทั้งหมดคิดเทียบกรดแลคติค ของผลิตภัณฑ์แหนมในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 88
4.19 การเปลี่ยนแปลงค่าความสุกสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง 90
4.20 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของผลิตภัณฑ์แหนมในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง 92
4.21 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของผลิตภัณฑ์แหนมในช่วงเวลา 48 ชั่วโมง 93
4.22 (ก) (ข) การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารไนไตรท์ที่เหลือ (residual nitrite) และปริมาณสารไนเตรทตามลำดับ ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์แหนมในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 94
4.23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อในกลุ่ม Enterobacteriaceae ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์แหนม ในช่วงเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง 97
ก.1 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารไนไตรท์ที่เหลือกับค่าการดูดกลืนแสง (optical density) ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร 119
ก.2 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารไนเตรทไนโตรเจนกับค่าการดูดกลืนแสง (optical density) ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร .. 122
ง.1 หัวเชื้อบริสุทธิ์ Lactobacillus plantarum NHI 1100 Pediococcus cerevisiae NZ DRI บน slant ของอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS และ Micrococcus varians ATCC 15360 บน slant ของอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI 150
ง.2 หัวเชื้อบริสุทธิ์ L.plantarum P.cerevisiae ในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS broth และ M.varians ในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI broth 150
ง.3 ลักษณะโคโลนีของหัวเชื้อบริสุทธิ์ L.plantarum P.cerevisiae บนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS และ M.varians บนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI 151

รูป หน้า

ง.4 ลักษณะโคโลนีของเชื้อ Salmonella sp. บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Bacto bismuth sulfite agar 152

ง.5 ลักษณะโคโลนีของเชื้อ Staphylococcus aureus บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Bacto Baird-Parker agar base 153

ง.6 ลักษณะโคโลนีของเชื้อในกลุ่ม Enterobacteriaceae บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Bacto violet red bile agar 154

ง.7 (ก) (ข) (ค) เครื่องบดเนื้อ (mincer) เครื่องผสม (mixer) และเครื่องอัดไส้ (stuffer) ที่ใช้ในการวิจัยตามลำดับ 155

ง.8 (ก) (ข) (ค) เครื่องรัดไส้กรอก (polyclip) เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (material testing) และ เครื่องวัดสี (chromameter) 156

ง.9 ผลิตภัณฑ์แหนม 157