สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น *Pedicoccus pentosaceus* TISTR 536 ต่อเชื้อซัลโมเนลลาในระหว่างการผลิตแหนมแบบดั้งเดิม และการผลิตแหนมกึ่งแห้ง

(Effect of *Pedicoccus pentosaceus* TISTR 536 as starter culture on salmonella during the production of traditional and semi-dried nham)

จัดทำโดย

1. นางสาวขวัญนภา ขวัญเมือง รหัสประจำตัว 47040799
2. นางสาวมัตติกา จันทร์กลาง รหัสประจำตัว 47040819
3. นางสาวสาวิณีย์ ขันทา รหัสประจำตัว 47040828

ลว.
ป269ล
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 85388
วัน,เดือน,ปี 11 พ.ย. 2551

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สาขาวิชา เทคโนโลยีการหมัก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

b 12010376
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาว ขวัญนภา ขวัญเมือง, นางสาว มัตติกา จันทร์กลาง และนางสาว สาวิณีย์ ขันทา. 2550 : ผลของการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น *Pedicoccus pentosaceus* TISTR 536 ต่อเชื้อซัลโมเนลลาในระหว่างการผลิตแหนมแบบดั้งเดิม และการผลิตแหนมกึ่งแห้ง (Effect of *Pedicoccus pentosaceus* TISTR 536 as starter culture on salmonellae during the production of traditional and semi-dried nham) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น *Pedicoccus pentosaceus* TISTR 536 ต่อเชื้อซัลโมเนลลาในระหว่างการผลิตแหนมแบบดั้งเดิม และการผลิตแหนมกึ่งแห้ง ซึ่งมีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น 10^6 cfu/g ในการผลิตแหนม พบว่า แหนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นมีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 และ 3 ของการหมัก ซึ่งส่งผลให้ค่าพีเอชลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน โดยกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์แหนมเมื่อหมักครบ 3 วัน พบว่า มีค่าสูงถึง 1.03 ซึ่งมีปริมาณมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติรวมถึงปริมาณเชื้อแบคทีเรียแลคติกในวันที่ 3 ของการหมักแหนมซึ่งแหนมที่หมักโดยการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นก็มีปริมาณมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติเมื่อหมักแหนมครบ 3 วัน จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 4 6 และ 8 ชั่วโมง พบว่าปริมาณกรดแลคติกมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและค่าพีเอชก็มีค่าลดลงเช่นกันทั้งในแหนมที่หมักโดยการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นและแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ รวมถึงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ยังคงมีค่าเท่ากับการหมักแหนมในวันที่ 3 เช่นเดิม นอกจากนี้ยังพบว่ามีการหลงเหลือของเชื้อแบคทีเรียแลคติกประมาณ 10^7-10^8 ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้งจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีคุณสมบัติของเชื้อโปรไบโอติกอยู่ และการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นร่วมกับความร้อนยังสามารถลดและทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้ โดยพบว่า เมื่ออบเป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง สามารถทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้ จากนั้นจึงนำแหนมที่อบเป็นเวลา 6 ชั่วโมงมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคชื่นชอบแหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น ทั้งในด้านของสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

นอกจากแหนมที่ทำการศึกษาซึ่งผลิตขึ้นมาเองแล้วผู้ทำการทดลองได้นำแหนมจากโรงงานผลิตแหนมมาทำการทดลองด้วยโดยใช้แหนมที่เป็นสูตรของทางโรงงานนำมาเติมกล้าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น 10^6 cfu/g และหมักเป็นเวลา 3 วันเพื่อเปรียบทียบกับแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ เมื่อหมักครบ 3 วันจึงนำแหนมอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส จากนั้นวิเคราะห์ผลเช่นเดียวกับแหนมที่ทำการศึกษา พบว่า แหนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์เริ่มต้นมีปริมาณกรดแลคติกมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติรวมถึงมีค่าพีเอชที่ลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 2 และ 3 ของการหมักเช่นเดียวกับแหนมที่ได้ทำการศึกษา โดยเมื่อหมักครบ 3 วันปริมาณกรดแลคติกในแหนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธ์เริ่มต้นสูงถึง 1.39 รวมถึงปริมาณของเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นก็เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 และ 3 ของการหมักเช่นกัน เมื่ออบแหนมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 4 6 และ 8 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณกรดแลคติกมีค่าเพิ่มขึ้นและพีเอชมีค่าลดลง รวมถึงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ก็มีค่าลดลงเช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.94 นอกจากนี้การหลงเหลือของเชื้อแบคทีเรียแลคติกก็ยังคงหลงเหลือในปริมาณที่มากคือ 10^8-10^9 cfu/g ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีประโยชน์ต่อผู้บริโภคในด้านความเป็นโปรไบโอติก และยังพบว่า เมื่อหมักแหนมครบ 3 วัน ไม่มีการตรวจพบเชื้อซัลโมเนลลาในแหนมที่หมักโดยการเติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นแต่ยังคงพบในแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติซึ่งสามารถใช้ความร้อนทำลายเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์หมดลงได้ทำให้ผู้บริโภคมีความปลอดภัยในการบริโภคแหนม จากนั้นจึงนำแหนมที่อบเป็นเวลา 6 ชั่วโมงมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคชื่นชอบแหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น ทั้งในด้านของสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติเช่นเดียวกับแหนมที่ทำการศึกษา

ชัญนภา เวียงเมือง
มัทธิกา ขันทรักษา
สาวิณีย์ รัษฎา .... 20 มี.ค. 51

(ลายมือชื่อนักศึกษา) (รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์) วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การเสนอปัญหาพิเศษเรื่องผลของการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น *Pedicoccus pentosaceus* TISTR 536 ต่อเชื้อซัลโมเนลลาในระหว่างการผลิตแหนมแบบดั้งเดิมและการผลิตแหนมกึ่งแห้ง (Effect of *Pedicoccus pentosaceus* TISTR 536 as starter culture on salmonella during the production of traditional and semi-dried nham) เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการจัดทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. อดิศร เสวตวิวัฒน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และยังได้สละเวลาอันมีค่าของท่านในการให้คำแนะนำ ในการค้นคว้าหาข้อมูล การจัดทำ และการเรียบเรียงข้อมูล ให้คำปรึกษา ดูแลเอาใจใส่ในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาพิเศษ ตลอดจนดูแลการทำการทดลองอีกด้วย จึงทำให้ปัญหาพิเศษในครั้งนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยอธิบายในสิ่งที่คณะผู้จัดทำไม่เข้าใจ ให้มีความเข้าใจอย่างถ่องแท้มากยิ่งขึ้น และต้องขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้แก่คณะผู้จัดทำ ซึ่งมีส่วนช่วยในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติ พี่ น้อง ของคณะผู้จัดทำทุกท่านที่ให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ และคอยเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ขอขอบคุณ บริษัท แหนมสุทธิลักษณ์ ที่ให้การสนับสนุนและมอบผลิตภัณฑ์แหนมที่ใช้ในการวิจัยในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอขอบคุณรุ่นพี่ปริญญาโท สาขาสุขาภิบาลอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่คอยให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือตลอดเวลาที่ทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ โดยเฉพาะ พี่นุ่น(สิริพร) และ พี่กัง และคณะผู้จัดทำยังขอบคุณเพื่อนๆร่วมรุ่นทุกคนที่เป็นกำลังใจตลอดมา รวมทั้งคำติชมต่างๆของทุกท่าน และขอบคุณห้องสมุดคณะอุตสาหกรรมเกษตรที่เป็นแหล่งให้ค้นคว้าหาข้อมูลในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ด้วย

คุณค่าแห่งการศึกษาที่พึงมี คณะผู้จัดทำขอมอบแด่ บิดา มารดา ญาติ พี่ น้อง รวมถึงครูอาจารย์ และเพื่อนๆ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้

คณะผู้จัดทำ

18 มกราคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....ก
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูปภาพ.....ซ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์.....3
2.1 แหนม.....3
2.2 แบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria).....6
2.3 ประโยชน์ของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก.....13
2.4 เชื้อซัลโมเนลลา (*Salmonella* spp.).....14
2.5 กระเทียม.....18
2.6 ไนเตรทและไตรท์.....23
2.7 ปัญหาของผลิตภัณฑ์แหนมในปัจจุบัน.....27
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....28
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....32
3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต.....32
3.2 เชื้อจุลินทรีย์.....32
3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อและส่วนประกอบที่ใช้ในการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์.....32
3.4 สารเคมี.....33
3.5 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....33
3.6 สถานที่ทำการทดลอง.....34
3.7 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง.....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.8 ขั้นตอนวิธีการทดลอง.....34
3.8.1 ผลของการใช้เชื้อแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นในการผลิตแหนม.....34
3.8.2 เปรียบเทียบการยอมรับของแหนมทางด้านเคมี จุลชีววิทยา ตลอดจนเนื้อสัมผัสของแหนมที่หมักแบบธรรมชาติและหมักด้วยกล้าเชื้อ.....36

บทที่ 4 ผลการทดลองและสรุปวิจารณ์ผลการทดลอง.....39
4.1 ผลของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นในการผลิตแหนม.....39
4.1.1 ค่าพีเอชและเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกของผลิตภัณฑ์แหนม.....39
4.1.2 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....44
4.1.3 ผลการวิเคราะห์การหลงเหลือของเชื้อ Lactic acid bacteria (LAB).....45
4.1.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....47
4.1.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....50
4.2 ผลของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นในการผลิตแหนมกึ่งแห้ง โดยใช้ตัวอย่างแหนมจากโรงงาน.....52
4.2.1 ค่าพีเอชและเปอร์เซ็นต์กรดแลคติกของผลิตภัณฑ์แหนม.....52
4.2.2 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....58
4.2.3 ผลการวิเคราะห์การหลงเหลือของเชื้อ Lactic acid bacteria (LAB).....60
4.2.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....63
4.2.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....65

บทที่ 5 สรุปผลกาทดลอง.....67

เอกสารอ้างอิง.....71

ภาคผนวก.....75
ภาคผนวก ก.....76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข.....81
ภาคผนวก ค.....83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ปริมาณสารอาหารในกระเทียมดิบ 100 กรัม.....20
3.1 ส่วนผสมในการผลิตแหนม.....36
4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....40
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....42
4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....44
4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Lactic acid Bacteria ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....46
4.5 ผลการตรวจเชื้อซัลโมเนลลาในระหว่างการผลิตแหนมกึ่งแห้ง.....49
4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....50
4.7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน).....53
4.8 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน).....56
4.9 ผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน).....58
4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Lactic acid Bacteria ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....
(ตัวอย่างจากโรงงาน).....61
4.11 ผลการตรวจเชื้อซัลโมเนลลาในระหว่างการผลิตแหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน).....64
4.12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง(ตัวอย่างจากโรงงาน).....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ **หน้า**

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....41
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....43
4.3 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....45
4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Lactic acid Bacteria ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....47
4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน).....54
4.6 ผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน).....57
4.7 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน).....59
4.8 ผลการวิเคราะห์ปริมาณLactic acid Bacteria ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง.....
(ตัวอย่างจากโรงงาน).....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แหนมเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักพื้นบ้านที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ซึ่งกระบวนการหมักที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ยังคงอาศัยแบคทีเรียแลคติกที่มีอยู่ในธรรมชาติที่ปนเปื้อนมาจากเนื้อสัตว์ และเครื่องปรุงต่างๆที่จะทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะของแหนม ซึ่งการหมักที่อาศัยเพียงแบคทีเรียแลคติกที่มีอยู่ในธรรมชาตินั้นอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ในปัจจุบันจึงมีการนำเอาเชื้อแลคติกบริสุทธิ์มาใส่ในตอนเริ่มต้นของกระบวนการหมัก เพื่อให้ผู้ผลิตมั่นใจได้ว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ และยังช่วยลดระยะเวลาในการหมักให้สั้นลงด้วย และเนื่องจากพฤติกรรมในการบริโภคแหนมนั้นนิยมบริโภคโดยไม่ผ่านความร้อน จึงเป็นความเสี่ยงที่ผู้บริโภคจะได้รับอันตรายจากเชื้อที่อาจก่อโรคที่ปนเปื้อนอยู่ในแหนมได้ เช่น เชื้อซัลโมเนลลาที่มักมีการปนเปื้อนอยู่ในเนื้อหมูซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต จึงมีการศึกษาที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากขึ้น และพบว่าการนำเชื้อแลคติกบริสุทธิ์มาใส่ในตอนเริ่มต้นของการหมักนั้น นอกจากจะให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีสม่ำเสมอแล้วยังช่วยในเรื่องการลดจำนวนเชื้อที่ก่อโรคอีกด้วย เนื่องจากในปัจจุบันมีผู้นิยมบริโภคแหนมกันมากขึ้นจึงมีการผลิตแหนมออกมาจำหน่ายกันมากตามท้องตลาด

ซึ่งการผลิตแหนมออกมามากแล้วจำหน่ายไม่หมดและเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เกิน 1 สัปดาห์ แหนมจะมีคุณภาพที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ กล่าวคือ จะมีน้ำจากการหมักแหนมออกมามาก ผลิตภัณฑ์จะมีความเปรี้ยวมากขึ้น และเนื้อสัมผัสจะเปลี่ยนไปโดยมีความเหนียวลดลง ทำให้เกิดการสูญเสียต่อผู้ผลิต และสิ้นเปลืองทรัพยากรโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยเพิ่มการแปรรูปแบบกึ่งแห้งของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวหลังการหมักได้ที่แบบซาลามีของประเทศในแถบยุโรปจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บที่ยาวนานขึ้น และผลิตภัณฑ์แหนมหมักแบบกึ่งแห้งนี้ยังสะดวกต่อการเก็บและพกพาไปรับประทานในที่ต่างๆได้สะดวกยิ่งขึ้น

ด้วยเหตุนี้ในการศึกษาจึงทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์แหนมอีกครั้งด้วยการลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์โดยผ่านกระบวนการทำแห้งในตู้อบให้ได้ผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบการยอมรับของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้งนี้จากกระบวนการหมักโดยใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกเริ่มต้นสายพันธุ์ *Pedicoccus pentosaceus* TISTR 536 ซึ่งได้รับการตรวจสอบว่า

เอกสารนี้ได้รับการคุ้มครองลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสายพันธุ์ที่สามารถผลิต Pediocin PA-1 ซึ่งมีผลช่วยในการยับยั้งเชื้อซัลโมเนลลาในระหว่างการหมักแหนมเทียบกับแหนมที่หมักโดยวิธีตามธรรมชาติซึ่งไม่ใส่กล้าเชื้อ โดยดูผลของการนำกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกเริ่มต้นมาใช้ในการผลิต และผลของการทำแห้งที่มีต่อเชื้อก่อโรคอย่างซัลโมเนลลา ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค และอาจเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่ทำขึ้นโดยมีพื้นฐานมาจากผลิตภัณฑ์พื้นบ้านของไทย

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของการใช้กล้าเชื้อแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นในการหมักแหนมที่มีต่อเชื้อซัลโมเนลลา
2. ศึกษาผลของแหนมที่ผ่านการทำแห้งที่มีต่อเชื้อซัลโมเนลลา
3. ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้กล้าเชื้อแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น และการทำแห้งของแหนมโดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส
4. ศึกษาการหลงเหลือของเชื้อแบคทีเรียแลคติกหลังการผลิตแหนมกึ่งแห้ง
5. เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 แหนม

แหนมเป็นไส้กรอกหมักของประเทศไทยซึ่งมีความแตกต่างจากไส้กรอกหมักทางยุโรปหลายอย่าง เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันต่ำ ใช้ระยะเวลาในการหมักค่อนข้างสั้น และไม่ผ่านกระบวนการทำแห้ง การบรรจุแหนมแบบเดิมนิยมห่อด้วยใบตอง ส่วนการผลิตในรูปแบบของอุตสาหกรรมในปัจจุบันใช้หลอดพลาสติกที่มีลักษณะป้องกันการระเหยของน้ำ ความเป็นกรดและค่าพีเอชของแหนมที่ลดลงระหว่างการหมักพบว่ามีผลต่อรสชาติของแหนมเป็นอย่างยิ่ง

Geoffrey (1987) กล่าวว่า แหนมเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหมักกึ่งแห้งที่ผลิตจากเนื้อหมู นำมาสับหรือบด ผสมกับหนังหมู มีการเติมข้าวสุกและเครื่องปรุงอื่นๆ ได้แก่ กระเทียม พริกไทย บางครั้งมีการเติมพริกทั้งเม็ด ห่อให้แน่นด้วยใบตองหรือแผ่นพลาสติก หลังการบรรจุปล่อยให้เกิดการหมักที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 วัน การรับประทานแหนมแล้วแต่ความนิยมของผู้บริโภคว่าต้องการทำให้สุกหรือไม่ โดยส่วนใหญ่พบว่านิยมบริโภคในรูปของแหนมสด ส่วนรูปแบบของการบริโภคแหนมที่พบโดยทั่วไป ได้แก่ การปิ้ง ทอด ยำ หรือเป็นส่วนผสมในอาหารอื่นๆ แหนมเป็นผลิตภัณฑ์ที่พบได้ในประเทศไทยโดยเฉพาะในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศลาว ประเทศเวียดนาม และประเทศจีน เป็นต้น

2.1.1 ส่วนประกอบในการผลิตแหนม

2.1.1.1 เนื้อหมู (Lean meat)

เนื้อที่ใช้ควรเป็นหมูเนื้อแดงสด ควรชำแหละใหม่ๆเป็นเนื้อส่วนต้นขาจะดีที่สุด เนื่องจากมีมันแทรกอยู่น้อย ส่วนของเนื้อที่เรียกว่าเนื้อแดงหรือเนื้อไขมันออกจนหมด (Lean meat) มีไขมันอยู่ประมาณร้อยละ 4-11 และมีโปรตีนสูงร้อยละ 27-38 (เยาวลักษณ์ , 2536)

2.1.1.2 หนังหมู (Pork rid)

หนังหมูที่นำมาหั่นหรือบดใช้เป็นส่วนที่แยกออกจากเนื้อแล้ว การเตรียมหนังหมูจะต้องทำให้หนังหมูสุกก่อนแล้วนำไปหั่นหรือบด หนังที่ลอกออกจากซากโดยเครื่องจักรหรือโดยมือคน ควรให้เนื้อเยื่อมีไขมันติดอยู่น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ นำชิ้นใหญ่มาต้มในน้ำเดือดประมาณ 15 นาที แล้วนำไปหั่นหรือบดเพื่อใช้แปรรูปต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 เกลือ (salt)

เกลือที่ใช้อยู่ในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) หรือทราบกันในชื่อของเกลือแกง โดยเกลือที่เหมาะสมในการหมักเนื้อสัตว์ ควรเป็นเกลือที่สะอาดและผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้ว นิยมใช้เกลือสินเธาว์ที่ปราศจากโลหะหนักมากกว่าเกลือสมุทร เนื่องจากเกลือสมุทรอาจมีแบคทีเรียที่ทนความเค็มสูง (halophilic bacteria) และมีอนุมูลของสารแคลเซียม แมกนีเซียม ซึ่งมีผลต่อการดูดซึมของน้ำเกลือทำให้ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดลง โลหะหนัก เช่น ผลึกและทองแดง ถ้ามีอยู่ในเกลือที่ใช้หมักเนื้อจะมีผลเร่งปฏิกิริยาการหืนของไขมัน แต่ถ้าเกลือสมุทรได้ผ่านกระบวนการกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ก็สามารถนำมาใช้ในการหมักได้ นอกจากนี้เกลือที่เติมไอโอดีนไม่เหมาะที่จะใช้ในการหมักเนื้อซึ่งใช้ร่วมกับไนเตรท เนื่องจากไอโอดีนจะเป็นตัวยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ที่ช่วยเร่งในการเปลี่ยนแปลงสารไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ได้ เป็นผลให้สารไนเตรทตกค้างในผลิตภัณฑ์มากขึ้น

2.1.1.4 วัตถุเจือปนในอาหาร ได้แก่

2.1.1.4.1 ไนเตรท และ ไนไตรท์

ส่วนใหญ่นิยมใช้ในรูปของเกลือโซเดียมหรือโปแตสเซียมหน้าที่ของเกลือไนเตรทและเกลือไนไตรท์ เมื่อใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ คือ

2.1.1.4.1.1 ทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมีสีแดง และรักษาสีแดงของผลิตภัณฑ์ทำให้น่ารับประทานมากขึ้น

2.1.1.4.1.2 ช่วยเพิ่มรสชาติ กลิ่นเฉพาะตัว ให้แก่ผลิตภัณฑ์ และยังเป็นที่นิยมมากกว่าการใช้เกลือในการหมักเนื้อเพียงอย่างเดียว

2.1.1.4.1.3 ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และป้องกันการงอกของสปอร์ของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เชื้อโรคอาหารเป็นพิษในกลุ่มของ Clostridium

2.1.1.4.1.4 ช่วยยับยั้งการหืนของไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยจะยับยั้งปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (oxidative rancidity)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 (2527) อนุญาตให้ใช้ไนเตรทได้ในปริมาณที่ไม่เกิน 500 ส่วนในล้านส่วน (โดยคิดคำนวณเป็นโซเดียมไนเตรท) และไนไตรท์ให้ใช้ได้ในปริมาณที่ไม่เกิน 125 ส่วนในล้านส่วน (โดยคิดคำนวณเป็นโซเดียมไนไตรท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4.2 ฟอตเฟต (นิยมใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต)

ฟอตเฟตเป็นสารประกอบ ที่ใช้เติมเพื่อวัตถุประสงค์ คือ ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (water-binding capacity) ทำให้เนื้อไม่สูญเสียน้ำหนักมากเกินไปขณะร้อน เนื้อมีความนุ่มและชุ่มน้ำเพิ่มมากขึ้นและมีรสชาติดีขึ้น (เยาวลักษณ์, 2536) บทบาทของสารฟอตเฟตที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก คือ

2.1.1.4.2.1 เพิ่มความนุ่ม โดยเป็นตัวทำให้ pH ของเนื้อเพิ่มขึ้น และช่วยให้โปรตีนของกล้ามเนื้อคลายตัว เนื่องจากสารเอคโตไมโอซินแยกออกจากกันเป็นเอคตินและไมโอซิน สารฟอสเฟตที่ใช้ในด้านนี้ คือ พวกไพโรฟอสเฟต (pyrophosphate)

2.1.1.4.2.2 การเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยทำให้เส้นใยของโปรตีนยึดตัวล้อมรอบโมเลกุลน้ำพบว่าเกลือของกรดอ่อนตัวที่ให้คุณสมบัติในข้อนี้ได้ดี คือ โซเดียมฟอสเฟต

2.1.1.4.2.3 เพิ่มรสชาติโดยทำให้โมเลกุลของเนื้อสานกันเป็นตาข่าย สามารถกันไม่ให้เลือดและของเหลวในเนื้อไหลออกมา เนื้อจึงมีรสชาติดีขึ้น

2.1.1.4.2 .4 ช่วยให้โมเลกุลของเนื้อยึดเกาะกันดี โดยการดึงโมเลกุลโปรตีนที่ละลายน้ำได้มารวมตัวกัน ทำให้เนื้อเหนียวและยึดหยุ่นดีขึ้น นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

2.1.1.4.2 .5 ช่วยให้สีคงทนโดยทำหน้าที่ควบคุม pH ให้อยู่ในช่วงระหว่าง pH 6.0-6.6 จึงทำให้เนื้อมีสีคงทนดีขึ้น ซึ่งเป็นผลให้การใช้ไนเตรทและกรดแอสคอร์บิดคงตัวเพิ่มมากขึ้น แต่คุณสมบัติในด้านสีที่คงตัวของสารฟอตเฟตมีผลด้อยกว่าการใช้กรดแอสคอร์บิค และความสามารถนี้จะลดลงมากถ้ากระทบแสงสว่างจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดปริมาณของเกลือโซเดียมหรือโพแทสเซียมฟอตเฟต ในผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกิน 3000 มิลลิกรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม , 2537)

2.1.1.4.3 เกลือของกรดแอสคอร์บิค (ascorbic acid)

เกลือของกรดแอสคอร์บิค (ascorbic acid) และ อีรีโธบิก (erythobic acid) ที่ใช้ส่วนมากนิยมรูปของเกลือโซเดียม สำหรับกรดแอสคอร์บิคและ อีรีโธบิกไม่นิยมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่เติมสารไนเตรท เพราะจะทำปฏิกิริยากับไนเตรททำให้เกิดเป็นไนตรัสออกไซด์ ซึ่งเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ (เยาวลักษณ์, 2536) บทบาทของเกลือแอสคอร์เบทต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ คือ

2.1.1.4.3.1 ทำให้สารเมทไมโอโกลบินที่มีอยู่ในเนื้อถูกรีดิวซ์เป็นสารออกซิไมโอโกลบิน ดังนั้น จึงป้องกันมิให้ผลิตภัณฑ์มีสีซีดจางลงอย่างรวดเร็ว ขณะรอการจำหน่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4.3.2 ช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาของไนตริกออกไซด์ให้เร็วขึ้น จึงเร่งอัตราการหมักและการเกิดสีแดงในเนื้อ และทำให้มีปริมาณสารไนเตรทลดลงอย่างรวดเร็วและไนเตรทเหลือตกค้างในผลิตภัณฑ์น้อยลง

2.1.1.4.3.3 ช่วยให้การเกิดสารไนโตรซามีนลดลง ซึ่งสารไนโตรซามีนอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้

2.1.1.4.3.4 ถ้าใช้มากจะทำหน้าที่เป็นสารป้องกันการหืนของไขมัน จึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่ดี

2.1.1.5 ข้าวสุก

ข้าวสุกใส่ลงไปเพื่อเป็นแหล่งอาหารให้กับแบคทีเรียแลคติกในการสร้างกรดอินทรีย์ต่างๆ การเตรียมข้าวสุกในการทดลองใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ เท่ากับ 1:2 ในการหุงต้มในหม้อหุงข้าวตัดไฟฟ้าอัตโนมัติ

2.1.1.6 กระเทียม

กระเทียม เป็นเครื่องเทศที่สำคัญที่ใช้ในการประกอบอาหารรวมทั้งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเพิ่มรสชาติให้ผลิตภัณฑ์ กระเทียมยังมีส่วนสำคัญต่อการเจริญของกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

โดยมีรายงานพบว่ากระเทียมมีส่วนช่วยในการเร่งกระบวนการหมักของเชื้อแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก โดยไปเร่งการผลิตกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักชนิด dry sausage รวมทั้งแหนม ซึ่งเป็นอาหารหมักพื้นเมืองของไทย (อดิศร, 2542)

2.1.1.7 กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติก

แบคทีเรียแลคติกเป็นจุลินทรีย์ที่ยอมรับในอุตสาหกรรมอาหารหมักเนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรคต่อมนุษย์และสัตว์ แบคทีเรียแลคติกสามารถสร้างกรดอินทรีย์จำนวนมากอย่างรวดเร็วเป็นผลทำให้พีเอช ของอาหารลดลงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่ที่มีกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสที่แตกต่างจากเดิม ทั้งยังช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารจากจุลินทรีย์หรือเอนไซม์อื่นๆทั้งนี้เพราะค่าความเป็นกรดของอาหารหมักเพิ่มขึ้น (เยาวลักษณ์, 2536)

2.2. แบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria)

เชื้อแบคทีเรียแลคติกมีบทบาทสำคัญในอาหารหมักหลายชนิด เช่น นมเปรี้ยว ผัก ผลไม้ดอง ไส้กรอกและผลิตภัณฑ์เนื้อหมักชนิดต่างๆ เช่น แหนม ไส้กรอกเปรี้ยว ปลาร้า เป็นต้น แบคทีเรียแลคติกเป็นแบคทีเรียแกรมบวก ลักษณะที่สำคัญของแบคทีเรียพวกนี้ คือความสามารถในการสลายน้ำตาลให้กลายเป็นกรดแลคติก ซึ่งแบคทีเรียพวกนี้ส่วนมากจะเจริญในสภาวะที่ไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศ แต่ในสภาวะที่มีอากาศก็ไม่ตาย และสิ่งที่ได้จากการหมักของแบคทีเรียประเภทนี้ทำให้สามารถแบ่งย่อยแบคทีเรียพวกนี้ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เน้นการสร้างแลคเตท (homofermentative) และกลุ่มที่สร้างแลคเตทร่วมกับสารอื่น (heterofermentative) โดยกลุ่มเชื้อในกลุ่ม homofermentative นั้นหมักย่อยน้ำตาลกลูโคสแล้วจะสร้างกรดแลคติค 95% อีก 5%เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนในกลุ่มของ heterofermentative จะหมักย่อยน้ำตาลกลูโคสแล้วสร้างกรดแลคติคออกมา 50% อีก 25% สร้างกรดอื่นๆ เช่น กรดแอซิติก (acetic acid) กรดฟอร์มิก (formic acid) เป็นต้น และอีก 25% เป็นก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ เชื้อในกลุ่มที่สร้างกรด

แลคติกนี้เมื่อก่อนมีเพียง 4 สกุลเท่านั้น ได้แก่ Streptococcus, Pediococcus, Leuconostoc และ Lactobacillus แต่ในปัจจุบันเมื่อใช้ความรู้ทางด้านชีวโมเลกุล (molecular biology) ได้จัดแบ่งแบคทีเรียแลคติคออกเป็นสกุลต่างๆเพิ่มขึ้น ได้แก่ Aerococcus, Alloiococcus, Bifidobacterium, Carnobacterium, Enterococcus, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Streptococcus, Pediococcus,Tetragenococcus, Vagococcus และ Weisella(บุษกร 2545)
แบคทีเรียที่จัดอยู่ในกลุ่มของแบคทีเรียกรดแลคติก

2.2.1 การจำแนกแบคทีเรียกรดแลคติกในปัจจุบันสามารถจัดได้ 12 สกุล คือ

Aerococcus, Carnobacterium, Enterococcus, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Onenococcus, Pediococcus, Streptococcus, Tetragenococcus,Vagococcus และ Weisella

2.2.1.1 Aerococcus

เป็นกลุ่มของแบคทีเรียแกรมบวกตระกูล Streptococcaceae เซลล์มีรูปร่างกลมไม่เคลื่อนที่ มีการแบ่งตัวแบบ 2 ระนาบ โดยทั่วไปจึงพบเซลล์อยู่เป็นคู่หรือ 4 เซลล์ สามารถเจริญได้ดีในที่มีอากาศเพียงเล็กน้อย เป็นพวก homofermentative ไม่สร้างแคตาเลสแต่มีสายพันธุ์ที่มีการผลิตแคตาเลสเทียม (psudocatalase) แบคทีเรียที่พบในสกุลนี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ *A. urinae* และ *A. viridans* ซึ่งเปลี่ยนมาจาก *Pediococcus urinae-equi* และ *P. homari* ตามลำดับ

2.2.1.2 Carnobacterium

เป็นแบคทีเรียแกรมบวก มีรูปร่างเป็นแท่งคล้าย lactobacilli ซึ่งก่อนหน้านี้เคยจำแนกไว้ใน lactobacilli ไม่มีการสร้างแคตาเลส เป็นกลุ่ม heterofermentative ส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญที่ 45 องศาเซลเซียส มีบางสายพันธุ์ที่สร้างก๊าซจากการใช้น้ำตาลกลูโคส ไม่สามารถเจริญในอาหารที่มีอะซิเตทและไม่สร้างกรดโอเลอิค มี GC content ประมาณ 33.0-37.2 mol% พบในเนื้อสัตว์ที่บรรจุในสภาพสุญญากาศ ปลา และผลิตภัณฑ์สัตว์ปีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3 Enterococcus

เป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่มีเซลล์เป็นรูปไข่ พบการจัดเรียงตัวของเซลล์เป็นเซลล์เดี่ยวหรือคู่ หรืออาจพบเป็นโซ่สายสั้นๆ สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 10 และ 45 องศาเซลเซียส เจริญได้ในสภาพที่มีโซเดียมคลอไรด์ 6.5% และน้ำดี (bile) 40% เจริญได้ที่ความเป็นกรดด่าง 9.6 มีกระบวนการทางชีวเคมีเป็นการหมัก มี GC content ประมาณ 37-45 mol% แบคทีเรียสกุลนี้ประกอบด้วย 20 สปีชีส์ เปลี่ยนชื่อมาจาก Streptococcus

2.2.1.4 Lactobacillus

เป็นกลุ่มแบคทีเรียแลคติคกลุ่มใหญ่ที่สุด มีความหลากหลายของลักษณะทางฟีโนไทป์ ลักษณะทางชีวเคมี และลักษณะทางสรีรวิทยา อันเนื่องมาจากมีความแตกต่างของ GC content ภายในสกุลค่อนข้างสูงโดยอยู่ระหว่าง 32-53 mol% เซลล์มีรูปร่างเป็นแท่งหรือเป็นรูปทรงรี มีการจัดเรียงตัวเป็นเซลล์เดี่ยวๆหรือเป็นโซ่ ไม่เคลื่อนที่ ไม่มีการสร้างแคตาเลส มีบางสายพันธุ์เป็นแคตาเลสเทียม มีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกได้เป็นอย่างดี พบได้ทั้งมนุษย์และสัตว์ ในนมและผลิตภัณฑ์นม อาหารหมักชนิดต่างๆ และเครื่องดื่ม พบในพืชเพียงเล็กน้อย เช่น ในหญ้าหมักและผักดอง โดยทั่วไปไม่มีพิษ

Hammes and Vogel, 1998 ได้กล่าวถึงการจัดแบ่งแบคทีเรียสกุลนี้โดยพิจารณาจากกระบวนการหมักแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

ก. Obligately homofermentative lactobacilli หมักน้ำตาลแลคโทสได้กรดแลคติคมากกว่า 25% โดยผ่านวิถี Embden-Meyerhof-Parnas (EMP) ผลิตเอนไซม์1, 6-biphosphate-aldolase ได้แต่ไม่ผลิต phopoketolase ดังนั้นเชื้อกลุ่มนี้จึงไม่สารถหมักน้ำตาลเพนโทสได้ ประกอบด้วย 18 สปีชีส์

ข. Facultative heterofermentative lactobacilli เชื้อกลุ่มนี้หมักน้ำตาลเฮกโซส ได้เป็นกรดแลคติกโดยผ่านวิถี EMP มีกิจกรรมที่เกิดจากทั้ง aldolase และ phosphoketolase จึงสามารถหมักน้ำตาลเพนโทสได้ ประกอบด้วย 18 สปีชีส์

ค. Obligately heterofermentative lactobacilli เชื้อกลุ่มนี้หมักน้ำตาลเฮกโซสและน้ำตาลเพนโทสโดยผ่านวิถี phosphogluconate ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติค เอธานอล และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบด้วย 19 สปีชีส์

1. Lactococcus

เป็นแบคทีเรียที่พบได้ในผลิตภัณฑ์นมหลายชนิด มีเซลล์เป็นรูปไข่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5- 1 ไมครอน ไม่มีการเคลื่อนที่ มีการจัดเรียงตัวเป็นเซลล์เดี่ยว เป็นคู่ หรือต่อกันเป็นสายโซ่ กระบวนการทางชีวเคมีเป็นแบบการหมัก ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติก (L-lactic acid) เจริญได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญที่ 45 องศาเซลเซียส มี GC content ประมาณ 34-43 mol% ประกอบด้วย 5 สปีชีส์ (Schleifer and Ludwing, 1995)

2. Leuconostoc

เป็นแบคทีเรียที่พบได้ในผลิตภัณฑ์นมหลายชนิด เครื่องดื่มที่ได้จากการหมักและผักดองหลายชนิด ลักษณะของเซลล์มีรูปร่างกลม มีการจัดเรียงตัวเป็นคู่หรือเป็นโซ่ จัดเป็นพวก heterofermentative อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 20-30องศาเซลเซียส เป็นกลุ่มที่ไม่สร้างแคตาเลส มักพบอยู่ร่วมกับ lactobacilli มี GC content ประมาณ 38-44 mol% ประกอบด้วย 8 สปีชีส์ (Dessaet and Steenson,1995 ; Jay, 1996 ; Schleifer and Ludwing, 1995)

3. Onenococcus

มีรูปร่างทรงกลมซึ่งถูกเปลี่ยนมาจาก *Leuconostoc oenus* เดิม เนื่องจากมีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างจาก Leuconostoc และทนต่อกรดได้ดีกว่า (Dick et al, 1995)

4. Pediococcus

มีรูปร่างกลม มีการแบ่งตัวแบบ 2 ทิศบนระนาบเดียวกัน พบการจัดเรียงตัวอยู่เป็นคู่หรืออยู่เป็น 4 เซลล์ติดกัน เป็นพวก homofermentative ต้องการสารอาหารที่มีความซับซ้อน มักพบร่วมกับพืชที่นำมาหมัก เช่น ผักดองเค็ม นอกจากนั้นยังพบว่ามีการปนเปื้อนในเครื่องดื่มที่หมักด้วยยีสต์ มี GC content ประมาณ 34-44 mol% (Harrigan, 1998 ; Jay, 1996)

5. Streptococcus

เป็นแบคทีเรียรูปร่างกลมหรือรูปไข่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8-1.2 ไมครอน มีการจัดเรียงตัวเป็นคู่หรือเป็นโซ่ ต้องการสารอาหารหลายชนิด เจริญได้ที่อุณหภูมิ 20-40องศาเซลเซียส เป็นได้ทั้ง heterofermentative และ homofermentative พบได้ในอาหารเป็นส่วนใหญ่ นิยมใช้เป็นกล้าเชื้อในอุตสาหกรรมนมหมัก ประกอบด้วย 39 สปีชีส์ (Hardie and Whiley, 1995)

1. Tetragenococcus

เป็นสกุลที่เปลี่ยนมาจาก *P. halophillus* เดิม ลักษณะส่วนใหญ่จึงเหมือนกัน มีรูปร่างทรงกลม ต้องการโซเดียมคลอไรด์ในการเจริญและสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์สูงถึง 18% และมีลำดับของ 16sRNA ต่างจาก Pediococcus (Simpson and Taguchi, 1995)

2. Vagococcus

เป็นแบคทีเรียที่แยกมาจาก Streptococcus กลุ่ม N เนื่องจากสามารถเคลื่อนที่ได้ ประกอบด้วย 2 สปีชีส์ (Stiles and Holzapfel, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Weissella

เป็นแบคทีเรียกลุ่มแลคติกสกุลเดียวที่มีทั้งรูปร่างทรงกลมและเป็นท่อน ประกอบด้วย 7 สปีชีส์ ซึ่งเดิมจำแนกอยู่ในสกุล Leuconostoc และ Lactobacillus คือ *Weissella paramenteroides*

2.2.2 การจำแนกแบคทีเรียแลคติก

การสร้างกรดแลคติกของแบคทีเรียกรดแลคติก เกิดจากการใช้สารประกอบคาร์โบไฮเดรตในกระบวนการเมทาบอลิซึมได้กรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการเมทาบอลิซึม สามารถจำแนกแบคทีเรียกรดแลคติกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ homofermentative และ heterofermentative

2.2.2.1. Homofermentative หรือ homolactic fermentation

เป็นการหมักให้เกิดกรดแลคติกที่เกิดขึ้นโดยแบคทีเรียกรดแลคติกผลิตกรดแลคติกจากการหมักน้ำตาลกลูโคสโดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า Embden-Meyerhof-Parnas (EMP) หรือ glycolytic pathway ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถผลิตกรดแลคติกได้ประมาณ 95%จากการหมักกลูโคสหรือกาแลคโทส โดยกลูโคส 1 โมเลกุลเมื่อเข้าสู่ EMP จะได้ไพรูเวต 2 โมเลกุล จากนั้นไพรูเวตจะเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือกรดแลคติก ซึ่งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นพบทั้ง D-Lactic และ L-Lactic

แบคทีเรียกรดแลคติกที่มีวิธีการหมักแบบ homofermentative มีทั้งชนิดที่มีรูปร่างเป็นแท่ง เช่น สกุล Lactobacillus และชนิดที่มีรูปร่างกลม ได้แก่ สกุล Streptococcus, Lactococcus และ Enterococcus เป็นต้น

2.2.2.2. Heterofermentative หรือ heterolactic fermentation

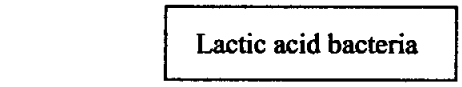
เป็นการหมักให้กรดแลคติก โดยแบคทีเรียกรดแลคติกซึ่งหมักน้ำตาลกลูโคสและแลคโทสไปเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด ได้แก่ กรดแลคติก กรดอะซิติก เอธานอล และคาร์บอนไดออกไซด์ ตัวอย่างของแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีวิธีการหมักแบบนี้ ได้แก่ สกุล Lactobacillus บางสปีชีส์ และสกุล Lactococcus โดยเชื้อแบคทีเรียในสกุล Lactobacillus มีวิธีการหมักได้ทั้ง 2 แบบ

$$\underset{\text{Glucose}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{Lactic acid}}{CH_3\text{-}CHOH\text{-}COOH} + \underset{\text{Ethanol}}{CH_3\text{-}CH_2OH} + \underset{\text{Acetic acid}}{CO_2 \text{ or } \text{–}COOH}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 หลักการผลิตกรดแลคติกจาก Lactic acid bacteria

Lactic acid bacteria มีความสามารถในการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดแลคติกในสภาพที่มีอากาศเพียงเล็กน้อย ดังแสดงในปฏิกิริยาต่อไปนี้



ในขณะที่ Lactic acid bacteria เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดแลคติกเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้ pH ของอาหารหมักดองลดลงพร้อมกับรสเปรี้ยวของกรดจะสูงขึ้น ในสภาพเช่นนี้จะมีผลช่วยยับยั้งแบคทีเรียที่ปนเปื้อนและก่อโรคได้

2.2.4 สารยับยั้งจุลินทรีย์ที่ผลิตโดย Lactic acid bacteria

2.3.4.1 Organic acid

หลายชนิดถูกนำมาใช้เติมในอาหารแต่ไม่ได้มีความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ทดสอบได้แก่ acetic, lactic, propionic, sorbic และ benzoic acid ส่วน citric, caprylic, fumalic และ organic acids อื่นๆมีความสามารถในการยับยั้งในขอบเขตที่จำกัด แต่ถูกนำมาใช้ในแง่ของรสชาติมากกว่า ความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ของ organic acids ขึ้นอยู่กับ pH และ pKa ของกรดชนิดนั้นๆ ซึ่งโดยปกติ organic acids ส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ในอาหารจะมีค่า pH ต่ำกว่า 5.5 และมีค่า pKa ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 3.0-5.0 สำหรับกลไกการยับยั้งจุลินทรีย์นั้น organic acids ที่อยู่ในรูป undissociated จะสามารถผ่านเข้าสู่ cell membrane และ lipid bilayer ได้ง่ายขึ้น โดยปกติสภาพภายในเซลล์กรดจะอยู่ในรูป associated เนื่องจากภายในเซลล์มีค่า pH สูงกว่าภายนอกเซลล์ แบคทีเรียจึงพยายามรักษา pH ภายในเซลล์ให้มีค่าใกล้เคียงความเป็นกลาง เพื่อป้องกันการเปลี่ยนรูปของโปรตีน เอนไซม์ กรดนิวคลีอิก และ phospholipids โปรตอนจาก organic acids จะทำให้ความเป็นกรดภายใน cytoplasm เพิ่มสูงขึ้น จึงต้องมีการกำจัดกรดที่มากเกินไปออกสู่ภายนอกเซลล์ โปรตอนถูกขับออกมานอกเซลล์ผ่านทาง membrane โดยอาศัยความต่างศักย์ไฟฟ้า เรียกว่า proton motive force (PMF)

การขับโปรตอนภายในเซลล์ซึ่งเกิดจาก organic acids ออกสู่นอกเซลล์จำเป็นต้องใช้พลังงานในรูป ATP ดังนั้นการไหลเข้าสู่เซลล์อย่างต่อเนื่องของโปรตอนทำให้พลังงานภายในเซลล์ถูกนำออกมาใช้ในการกำจัดโปรตอนจนหมด ขณะเดียวกันก็เกิดการรบกวนการผ่านเข้า-ออกของสารใน membrane ทำให้แบคทีเรียขาดพลังงานและตายในที่สุด (Dolye et al, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.2 Lactic acids

Lactic acids มีค่า pKa = 3.79 เป็นผลิตภัณฑ์หลักที่ใช้ในการหมักอาหาร โดย Lactic acid bacteria ซึ่ง lactic acid สามารถยับยั้งแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างสปอร์ และ *Staph. aureus* ซึ่งความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ของกรดแลคติกขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและจุลินทรีย์เป้าหมาย ซึ่งมีรายงานเพียงไม่กี่ฉบับที่รายงานเกี่ยวกับกลไกที่จำเพาะต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรคในอาหารของ lactic acid ซึ่งกลไกหลังเหมือนกับ organic acid ทั่วไปคือ มีผลต่อการขนส่งของโปรตอนผ่าน cytoplasmic membrane (Dolye et al, 1997)

2.2.4.3 Acetic และ Propionic acid

Lactic acid bacteria หลายสายพันธุ์สามารถสร้าง acetic และ propionic acid ได้ในปริมาณน้อย acetic และ propionic acid มีค่า pKa สูงกว่า lactic acid จึงมีความสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีกว่า lactic acid กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ของ acetic และ propionic acid จะเหมือนกับ lactic acid คือรบกวนการทำงานของ cell membrane โดยจะไปทำให้ electrochemical potential เป็นกลาง นอกจากนี้ acetic acid ยังเป็นสาเหตุให้โปรตีนเสียสภาพ ทำให้ pH ภายในเซลล์ลดลง และยับยั้งการขนส่งกรดอะมิโนได้ด้วย (Wood, 1992)

2.2.4.4 Hydrogen peroxide (H_2O_2)

Hydrogen peroxide (H_2O_2) จะถูกสร้างขึ้นโดย lactic acid bacteria กลุ่มที่ไม่สร้างเอนไซม์ catalase แต่มีการสร้าง flavoprotein oxidase สาร Hydrogen peroxide ได้รับอนุญาตโดย FDA ให้ใช้เป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบที่ใช้ผลิตเนยแข็ง โดยให้ความเข้มข้นไม่เกิน 0.05% เมื่อเติมลงในไข่ขาว Hydrogen peroxide จะมีความสามารถในการทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้ สำหรับการใช้Hydrogen peroxide เพื่อยืดอายุการเก็บน้ำนมดิบนั้นอาศัยระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดส (Lactoperoxidase system) ซึ่งเป็นกระบวนการยับยั้งจุลินทรีย์ที่พบตามธรรมชาติในน้ำนมดิบโดยมีกลไกคือ thiocyanate จะถูกออกซิไดส์ด้วย Hydrogen peroxide ทำให้ได้สารยับยั้งจุลินทรีย์ 2 ชนิด คือ hypothiocyanate radical และ thiocyanous acid ซึ่งประสิทธิภาพของ Hydrogen peroxide ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ Hydrogen peroxide จำนวนประชากรของจุลินทรีย์ อุณหภูมิ pH inorganic ions ระยะเวลาในการสัมผัส และปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อจุลินทรีย์ เช่น ความร้อน รังสี หรือสารกันเสียอื่นๆ (Wood, 1992)

2.2.4.5 Bacteriocins

Bacteriocins คือสารประกอบประเภทโปรตีนที่ผลิตโดยแบคทีเรียชนิดหนึ่งแล้วสามารถยับยั้งแบคทีเรียชนิดอื่นที่มีความไวต่อแบคเทอริโอซิน ทั้งในรูปการยับยั้งการเจริญลการทำลาย ปัจจุบันแบคเทอริโอซินกำลังได้รับความสนใจซึ่งมีแบคทีเรียหลายสายพันธุ์ซึ่งสามารถผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคเทอริโอซินได้ เช่น *Lb. fermentum, Lb. acidophilus, Lb. plantarum, P. acidilactici* และ *P. pentosaceus* แบคเทอริโอซินจากแบคทีเรียต่างชนิดจะมีคุณสมบัติทางเคมีต่างกัน แบคเทอริโอซินมีความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์หลายชนิดรวมถึงเชื้อก่อโรคในอาหาร เช่น *L. monocytogenenes* ทำให้แบคเทอริโอซินมีความสามารถในการเป็นสารถนอมอาหารได้

ในปัจจุบันสารกลุ่มนี้เป็นสารที่นักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจอยู่ เนื่องจากเป็นสารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ จึงมีความปลอดภัยมากกว่าสารเคมีสังเคราะห์ที่นำมาใช้เป็นยาปฏิชีวนะ ตัวที่เป็นตัวรู้จักกันดี เช่น ไนซิน (nisin) (สุมณฑา, 2545) ซึ่งตอนนี้ประเทศไทยก็มีผู้สนใจศึกษาเกี่ยวกับสารชนิดนี้อยู่หลายท่าน เช่น Swetwiwathana et al, 1999 ได้คัดเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียที่สร้างสารแบคเทอริโอซินจากแหนม มี 3 สายพันธุ์ที่มาจาก *Pediococcus* spp. คือ TISTR 419, 530, 536 และสายพันธุ์จาก *Lactobacillus* spp. คือ TISTR 543 พบว่าสายพันธุ์ที่มาจาก *Pediococcus* spp.เท่านั้นที่มีผลในการยับยั้ง *L. innocua* ที่ใช้เป็นเชื้อ indicator ในการทดลอง และในปี 2005 Swetwiwathana et al, พบว่าแบคทีเรียแลคติคสายพันธุ์ *P. pentosaceus* TISTR 536 สามารถสร้างสารแบคเทอริโอซิน Pediocin PA-1 ซึ่งเป็นสายพันธุ์แรกที่ผลิตสาร Pediocin PA-1 ที่แยกได้จากแหนม

2.3 ประโยชน์ของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก

อดิศร (2542) ได้สรุปถึงประโยชน์ของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักไว้ดังนี้

1. **ลดระยะเวลาการหมักผลิตภัณฑ์ให้สั้นลง** เช่น การใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกในการหมักไส้กรอกหลายชนิดในยุโรปจะลดระยะเวลาในการหมักจากที่ใช้อยู่เดิมประมาณ 150 ชั่วโมงให้เหลือเพียง 32-48 ชั่วโมง

2. **สามารถควบคุมการหมักและคุณภาพ** รวมถึงกลิ่นรสจำเพาะของผลิตภัณฑ์เนื้อได้ง่ายขึ้น เช่น การเติมกล้าเชื้อ *S. carnosus* subsp. *utilis* หรือ *Kocuria varians* (เดิมคือ *Micrococcus varian*) ในไส้กรอกเยอรมัน (Rohwurst) นอกจากจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์เป็นสีชมพูอมแดงอันเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องมาจากการผลิตเอนไซม์ไนเทรตรีดักเทสเพื่อเปลี่ยนไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ได้เร็ว และผลิตเอนไซม์คะตะเลสซึ่งกำจัดปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อาจจะเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ได้แล้ว เชื้อดังกล่าวยังสามารถผลิตเอนไซม์ไลเปสและโปรตีเอสในขณะหมักผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสดีขึ้น

3. **ลดการสะสมของไนโทรซามีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง** เช่น การใช้กล้าเชื้อแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แลคติกในการหมักผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ต้องใช้ไนเตรทหรือไนไตรท์เป็น curing salts จะสามารถผลิตกรดได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผลทำให้ไนไตรท์ที่มีอยู่หรือรีดิวซ์มาจากไนเตรทสลายเป็นไนทรัสออกไซด์ มีผลทำให้ปริมาณไนไตรท์ที่ตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ลดลง จึงทำให้ปริมาณของสารไนโทรซามีนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวลดลงด้วย

4. ช่วยควบคุมสีของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมไนเตรทและไนไตรท์จะให้คงสีชมพูแดง ไม่ซีด กล่าวคือ กล้าเชื้อแบคทีเรียหลายชนิด เช่น *Pedicoccus* spp. และ *Kocuria* spp. สามารถผลิตเอนไซม์ pseudocatalase ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวสามารถเปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไปเป็นน้ำและออกซิเจน จึงไม่มีผลต่อสีชมพูอมแดงของผลิตภัณฑ์

5. ลดระดับฮีสตามีนในอาหารหมัก เนื่องจากการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกในการหมักจะทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีผลในการทำลายกลุ่มของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ตามธรรมชาติ ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถผลิตเอนไซม์ฮีสติดีนคาร์บอกซิเลสแล้วเปลี่ยนฮีสติดีนไปเป็นฮีสตามีน ดังนั้นการใช้กล้าเชื้อจึงทำให้ระดับของฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ลดลง

6. ยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียและยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ซึ่งในปัจจุบันเป็นวัตถุประสงค์หลักประการหนึ่งของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกในการควบคุมการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารหมักประเภทต่างๆให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของความเป็นกรดที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งสารชนิดต่างๆที่กล้าเชื้อสามารถผลิตขึ้นระหว่างการหมัก เช่น กรดระเหย (volatile acid) กรดไขมันไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และแบคเทอริโอซิน เป็นต้น

2.4 เชื้อซัลโมเนลลา (*Salmonella* spp.)

เชื้อซัลโมเนลลาจัดอยู่ในตระกูลเอนเทอโรแบคเทอริซิอิ (Family Enterobacteria) เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างเป็นท่อนสั้น ย้อมสีติดแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ เจริญได้ในสภาวะที่มีอากาศและไม่มีอากาศหรือมีอากาศเพียงเล็กน้อย จะเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 5-47 องศาเซลเซียส แต่จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พีเอชที่เจริญได้อยู่ระหว่าง 4.0-9.0 พีเอชที่เจริญได้ดีที่สุด คือ 6.5-7.5 Aw ขั้นต่ำประมาณ 0.93-0.95 สามารถย่อยสลายกลูโคสได้ได้กรดกับก๊าซแต่ไม่ย่อยสลายแล็กโทสหรือซูโครส มีการแยกชนิดโดยการใช้วิธีทางซีโรโลยี (serology) เพราะเชื้อมีคุณสมบัติเป็นแอนติเจน

การจำแนก species ของเชื้อซัลโมเนลลา ใช้การทดสอบปฏิกิริยาชีวเคมี และการทดสอบทาง antigen ของเซลล์ สำหรับการแยก stain ต่างๆในแต่ละ species อาจใช้วิธี " Phage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

typing" โดยใช้ specific bacteriophage ทำปฏิกิริยากับเซลล์ ถ้า specific กันจะทำให้เซลล์แตกสลายในที่สุด

2.4.1 Antigenic Structure

2.4.1.1 Antigen : เซลล์ของเชื้อซัลโมเนลลา ประกอบด้วย antigen 3 ชนิด

2.4.1.1.1 H- antigen (flagella antigen) ไม่ทนความร้อน กรด และ แอลกอฮอล์ เมื่อ treat ด้วย formalin คุณสมบัติของ H- antigen ยังคงอยู่ไม่สูญเสีย เพราะฉะนั้นวิธีทดสอบทาง serology ของเชื้อทำได้โดยเติม formalin ลงใน broth culture ที่มีเชื้อซัลโมเนลลา แล้วเติม serum ที่มี anti-H antibody (IgG) ลงไป ถ้า specific กันจะเกิด agglutinatin ของเซลล์เชื้อซัลโมเนลลา H- antigen แต่ละ species มี antigen ที่สำคัญ 2 ชนิด คือ ชนิดที่หนึ่งเป็น type-specific เรียก phase 1. ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของ species หนึ่งเท่านั้น ส่วนชนิดที่ สองเป็น group- species หรือเรียกว่า phase 2 . พบได้ทั่วไปใน O-group ต่างๆ

2.4.1.1.2 O-antigen (somatic antigen) มีคุณสมบัติเหมือน O-antigen ของแบคทีเรียใน genus อื่นๆ คือ ทนความร้อน ทนกรด และ แอลกอฮอล์ พบได้ในแบคทีเรียที่เคลื่อนที่และไม่เคลื่อนที่เพราะเป็นส่วนหนึ่งของผนังเซลล์ เนื่องจากโครงสร้าง antigen ที่แตกต่างกันทำให้จัดเป็นกลุ่มต่างๆได้ คือ กลุ่ม A, B, C...ถึง Z และ 51 ถึง 65 (รวมทั้งสิ้น 41 กลุ่ม) antigen แต่ละชนิดใช้เป็นตัวเลข 1- 65 แต่ละกลุ่มมี O-antigen ชนิดเดียวกันหรือหลายชนิด antibody ต่อ O-antigen เป็นชนิด IgM

2.4.1.1.3 Vi-antigen เป็นส่วนที่หุ้มรอบผนังเซลล์เกี่ยวข้องกับ ความรุนแรงในการทำให้เกิดโรค (virulence factor) พบได้ใน *Salmonella typhi* และ *Salmonella paratyphi C* Vi-antigen O จะถูกทำลายโดยความร้อน 60 °c นาน 1 ชั่วโมง โดยกรดและฟีนอล แบคทีเรียที่มี Vi-antigen เมื่อ transfer เชื้อบ่อยๆจะสูญเสีย antigen นี้ไป

2.4.1.2 variation : เชื้อซัลโมเนลลาอาจสูญเสีย H- antigen แล้วทำให้เชื้อไม่เคลื่อนที่ ส่วนการสูญเสีย O-antigen ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของโคโลนี จาก smooth เป็น rough colony สำหรับ Vi-antigen อาจจะสูญเสียไปบางส่วนหรือสูญเสียหมดก็ได้ ซึ่งจะทำให้ความรุนแรงของเชื้อสูญเสียไปด้วย

Antigen ทั้ง 3 ชนิด ดังกล่าวสามารถสูญเสียหรือรับเข้ามาได้โดยขบวนการ transduction

Toxin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อซัลโมเนลลา มีลักษณะเช่นเดียวกับ gram-negative bacteria อื่นๆที่ผนังเซลล์จะประกอบด้วย lippopolysaccharide ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น endotoxin จะถูกปล่อยออกจากเซลล์ต่อเมื่อเซลล์แตก (lysis) Pathogenesis

เชื้อซัลโมเนลลา มีทั้งหมดมากกว่า 2,000 serotype ซึ่งทำให้เกิดโรคได้ทั้งในคนและสัตว์ ซึ่งเราแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่ม 1 ก่อให้เกิดโรคเฉพาะกับคน ที่สำคัญ คือ *Salmonella typhi* ซึ่งตามธรรมชาติพบว่าก่อให้เกิดโรคเฉพาะในคนเท่านั้น และคนเท่านั้นที่เป็นพาหะของเชื้อนี้ species อื่นๆก็มี *Salmonella paratyphi* A, B และ C

กลุ่ม 2 ก่อให้เกิดโรคทั้งคนและสัตว์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเชื้อซัลโมเนลลาทั้งหมด สัตว์ต่างๆที่พบเป็นโรคมี หมู,หนู,เป็ด,ไก่ ฯลฯ เชื้อที่พบบ่อยๆ คือ *Salmonella typhimurium* , *Salmonella enteritidis* , *Salmonella cholerasuis* , *Salmonella anatum*

เชื้อซัลโมเนลลาเป็นเชื้อที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษที่เรียกว่า โรคซัลโมเนลโลซีส (Salmonellosis) เนื่องจากบริโภคอาหารหรือน้ำที่มีการปนเปื้อนของเชื้อเข้าไป ผ่านทางเดินอาหาร โดยความรุนแรงของอาการจะแตกต่างกันไปตามปริมาณของเชื้อ สายพันธุ์ และความต้านทานของผู้บริโภค ระยะฟักตัวของโรคนี้ประมาณ 12-36 ชั่วโมง อาการที่สำคัญ คือ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง และท้องเสีย โรคที่เกิดจากเชื้อซัลโมเนลลาในคนแบ่งได้ 3 แบบ คือ คือ

1. **ไข้เอนเทอริก** (Enteric fever) หมายถึงไข้ typhoid และ paratyphoid ต้นเหตุของโรคเกิดจากเชื้อ *Salmonella typhi* และ *Salmanella paratyphi* A, B และ C อาการที่เกิดจากเชื้อทั้ง 4 ชนิดนี้ ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ แม้จะมีรายงานว่า paratyphoid มีอาการรุนแรงน้อยกว่า typhoid ก็ตามแต่ก็ไม่แน่นอนทุกราย

ผู้ป่วยได้รับเชื้อโดยการกินอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีเชื้อปะปนอยู่ จำนวนเชื้อที่พอจะก่อโรคได้ประมาณ 10^5 ตัว เมื่อผ่านกระเพาะอาหารเชื้อจะตายไปบ้าง ส่วนที่เหลือเมื่อถึงลำไส้เล็กจะเข้าสู่ lymphoid tissue ของผนังลำไส้และต่อมน้ำเหลืองบริเวณนั้นจำนวนเชื้อเพิ่มขึ้นมากในระยะเวลาประมาณ 7- 20 วัน (เท่ากับระยะฟักตัว) เชื้อจะผ่านทางหลอดน้ำเหลืองและ thoracicduct เข้าสู่กระแสโลหิตไหลเวียนผ่านอวัยวะต่างๆจะพบเชื้อในปอด ตับ ม้าม ถุงน้ำดี ไขกระดูก ระยะที่เชื้อเริ่มเข้าสู่กระแสโลหิตจะมีเชื้อจำนวนหนึ่งตาย และปล่อย endotoxin ออกมากระตุ้นเม็ดเลือดขาวให้เกิด endogenous pyrogen ก่อให้เกิดอาการไข้ การเกิดโรคโดยเชื้อ *Salmonella typhi* เป็นแบบ intracellular parasitic investion ดังนั้นจะมีการเพิ่มจำนวนของ reticuloendothelial cell จำนวนมากในตับและม้าม ทำให้อวัยวะดังกล่าวมีขนาดโตขึ้น เนื่องจากน้ำดีเป็นปัจจัยอย่างดี ช่วยในการเจริญของเชื้อ *Salmonella typhi* จึงพบเชื้อที่ถุงน้ำดี เชื้อจะเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มจำนวนขึ้นและไหลออกมากับน้ำดีลงสู่ลำไส้เล็ก ก่อการอักเสบและมีเลือดออกหรือผนังลำไส้ทะลุ

2. **โรคระบบทางเดินอาหารอักเสบ** (Gastroenteritis หรือ Salmonella food poisoning) หลังจากที่กินอาหารซึ่งมีเชื้อปนอยู่เชื้อจะไปทำให้เกิดการอักเสบของลำไส้ใหญ่ ระยะฟักตัวอยู่ระหว่าง 4-48 ชั่วโมง (นานกว่า food poisoning ที่เกิดจาก Staphylococcus) ผู้ป่วยจะเกิดอาการไข้หนาวสั่น คลื่นไส้ อาเจียน อุจจาระร่วง ในรายที่ไม่รุนแรงโรคจะหายได้เองใน 2-4 วันแต่ยังคงตรวจพบเชื้อในอุจจาระได้นานถึง 3-4 สัปดาห์

3. **โรคโลหิตเป็นพิษ** (Septicemia) เชื้อจะเข้าสู่กระแสโลหิตส่วนอาการจะเป็นเช่นเดียวกับ Septicemia ที่เกิดจาก gram-negative อื่นๆผลจากภาวะ Septicemia จะก่อให้เกิดอาการอักเสบที่อวัยวะต่างๆ เช่น เยื่อหุ้มสมองอักเสบ สำหรับเชื้อที่พบบ่อยทำให้เกิด Septicemia คือ *Salmonella cholerasuis*

ในผลิตภัณฑ์อาหาร เชื้อซัลโมเนลลาแพร่กระจายในอาหารหลายชนิด เช่น เนื้อ นม ไข่และผัก เป็นส่วนใหญ่ ส่วนสัตว์ปีกก็เป็นแหล่งปนเปื้อนที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งซึ่งในประเทศไทยเองเคยพบเชื้อซัลโมเนลลาปนเปื้อนอยู่ในเนื้อไก่ที่เป็นสินค้าส่งออกของประเทศด้วย (Bangtrakulnonth et al, 1993) รวมถึงเนื้อหมูที่จำหน่ายตามท้องตลาดและห้างสรรพสินค้าภายในประเทศไทย (อดิศร และคณะ, 2548)

สำหรับรายงานการปนเปื้อนของเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์แหนม (อดิศร, 2533) ตรวจการปนเปื้อนของเชื้อชนิดนี้ในแหนม 56 ตัวอย่าง พบเชื้อซัลโมเนลลาทั้งสิ้น 16 เซโรไทป์ โดยเซโรไทป์ที่พบมาก ได้แก่ *S. derby* และ *S. anatum* พบถึง 20.50 และ 14.72 เปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างที่ตรวจตามลำดับ และพบว่า *S. anatum* เป็นเชื้อที่ทนต่อการถูกทำลายในขณะหมักแหนมได้ดีที่สุดต่อมา (อดิศร และคณะ, 2539) ทำการตรวจหาเชื้อซัลโมเนลลาในแหนมที่จำหน่ายตามท้องตลาดและห้างสรรพสินค้าในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 40 ตัวอย่าง พบว่ามีการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์มากถึง 30 ตัวอย่าง (75 เปอร์เซ็นต์)

ไม่เพียงแต่ในประเทศไทยที่มีการปนเปื้อนของเชื้อชนิดนี้ในอาหาร ในต่างประเทศก็พบปัญหานี้เช่นเดียวกัน (Abbar et al, 1989) ได้รายงานว่าตรวจพบเชื้อซัลโมเนลลาในประเทศอิรักจากตัวอย่างไส้กรอกเนื้อ 80 ตัวอย่าง มีการปนเปื้อนของเชื้อซัลโมเนลลา 28 ตัวอย่าง คิดได้เป็นร้อยละ 35 เซโรวาร์ของซัลโมเนลลาที่พบได้แก่ *S. anatum* , *S. typhimurium* และ *S. molade* สำหรับในเนื้อที่บรรจุขาย 70 ตัวอย่าง พบว่ามีการปนเปื้อนจาก *S. anatum* 6 ตัวอย่าง คิดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

85388

ร้อยละ 8.6 ในปีเดียวกันที่ประเทศเยอรมันนี (Schmidt, 1989) รายงานว่าตัวอย่างไส้กรอก bratwurst (Frying sausage) 872 ตัวอย่าง จากร้านขายเนื้อ 6 ร้าน และซุปเปอร์มาเกต 4 แห่ง ในเมืองบาวาเรียน

2.5 กระเทียม

กระเทียม (*Allium sativum* Linn.) เป็นไม้ลงหัวพวกหญ้า หัวมีลักษณะเป็นกลีบเล็กๆเกาะติดกันคล้ายกลีบส้ม ออกดอกเป็นช่อเล็กๆสีขาวเกาะเป็นกระจุกอยู่ปลายก้านแข็งซึ่งแทงลงมาจากหัว กระเทียมใช้เป็นอาหารได้ทุกส่วนและปลูกไว้เพื่อค้าขาย รสชาติของกระเทียมคอนข้างเผ็ดร้อน เมื่อทานเข้าไปทำให้กลิ่นกระเทียมติดปากได้ กระเทียมยังมีคุณสมบัติทางยาสมุนไพรมีสรรพคุณใช้บำบัดรักษาโรค ยังสามารถช่วยลดไขมันในร่างกาย ป้องกันมะเร็ง โรคหืด ไต โรคตับอ่อน อาการท้องผูก ยังสามารถนำวิตามินบี 1 เจริญเข้าสู่ร่างกายได้ดี (สุพจน์ 2538)

มีผู้สนใจศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาอย่างกว้างขวาง ในกระเทียมสดมีน้ำมันกระเทียมประมาณร้อยละ 0.1-0.36 ของน้ำหนัก มีสารสำคัญๆหลายชนิด เช่น Allicin, Allypropy, Dially trisulfide และน้ำย่อยหลายชนิด คือ Allinase, Peroxidase และ Myrosinase กระเทียมมีกลิ่นมาจากน้ำย่อย Allinase ทำปฏิกิริยากับอัลลินินทำให้ได้สารอัลลิซิน แต่สารอัลลิซินจะถูกทำลายด้วยความร้อนและด่างแต่จะไม่ถูกทำลายด้วยกรดเจือจาง ทำให้กระเทียมดองยังมีกลิ่นกระเทียมอยู่ ซึ่งสารต่างๆที่มีอยู่ในน้ำมันกระเทียมทำให้กระเทียมมีคุณสมบัติเป็นยาสมุนไพรรักษาโรคต่างๆดังนี้

1. ช่วยลดไขมันและสารคลอเรสเตอรอลในร่างกาย และถ้ารับประทานเป็นประจำจะช่วยรักษาระดับสารคลอเรสเตอรอลให้อยู่ในระดับปกติได้ ป้องกันการแข็งตัวของเส้นเลือดสาเหตุของเส้นเลือดอุดตันในสมองและหัวใจได้

2. ลดความดันโลหิต แก้อาการวิงเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ เจ็บหน้าอกและปวดหลัง

3. สารอัลลิซินช่วยลดน้ำตาลในเลือด กระตุ้นการหลั่งเอนไซม์ในกระเพาะอาหาร กระตุ้นการบีบและหดตัวของลำไส้ ทำให้การย่อยอาหารและการขับถ่ายมีประสิทธิภาพดีขึ้น

4. สารอัลลิซินมีฤทธิ์เป็นยาปฏิชีวนะ ทำลายแบคทีเรียและไวรัสบางชนิดได้ กระเทียมจึงเป็นยารักษาโรคต่างๆได้ เช่น อหิวาตกโรค ไทฟอยด์ บิด กลาก เกลื้อน โรคผิวหนังและไข้หวัด

5. กระเทียมมีสารชักนำวิตามินบี 1 เข้าสู่ร่างกายได้เท่าตัวโดยรวมตัวกับสารอัลลิไทอะมีนทำให้วิตามินบี 1 ออกฤทธิ์ได้ดีถึง 20 เท่า ในปี 2524 นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นค้นพบสารสคอร์นิดีนในกระเทียมซึ่งไม่มีกลิ่นแต่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลายประการ คือช่วยให้เนื้อเยื่อเจริญเติบโตและลดไขมันในร่างกาย นอกจากนี้ในกระเทียมยังมีวิตามินและแร่ธาตุต่างๆหลายชนิดที่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ต่อร่างกาย (ดังตารางที่2.3) ทำให้กระเทียมนิยมใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพกันมาก (ส่วนวิจัยเกษตรกรรม ฝ่ายวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย. 2533)

สารอัลลิซิน (Diallyl disulfide oxside) ซึ่งเป็นสารประกอบพวก sulfer ซึ่งเดิม cavallitoให้สูตรว่า Diallyl thiosulfinate ต่อมาได้พิสูจน์ว่าเป็น Diallyl disulfide oxside Allicin เป็นน้ำมันซึ่งไม่มีสี ละลายน้ำ และผสมเป็นเนื้อเดียวกับ Alcohol, Benzene และ Ether ถ้ากลั่นโดยใช้ความร้อนโดยตรงจะถูกทำลาย ไม่คงตัวในด่าง แต่จะคงตัวได้ดีในเลือดและน้ำย่อยในกระเพาะ Allicin ได้มาจากสาร Alliin เมื่อถูกย่อยโดยเอนไซม์อัลลิเนสซึ่งมีอยู่ในกระเทียมจะเกิดเมื่อกระเทียมถูกบดหรือหั่น ดังนั้นการใช้กระเทียมเพื่อเป็นประโยชน์ในการรักษาโรคติดเชื้อต่างๆ ความใช้กระเทียมสดๆ ฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียจะลดลงเมื่อกระเทียมถูกเก็บไว้นาน พบว่าหลังจากเก็บกระเทียมไว้ 6 เดือนฤทธิ์อัลลิซินในกระเทียมจะลดลง

เอนไซม์อัลลิเนสในกระเทียมจะไม่คงตัวเมื่อยู่ในสภาพที่เป็นกรด ดังนั้นเมื่อรับประทานกระเทียมเข้าไป เมื่อกระเทียมอยู่ในกระเพาะหารเอนไซม์อัลลิเนสในกระเทียมจะถูกทำลาย ทำให้สารอัลลิซินเกิดขึ้นได้น้อย ทำให้ผลการรักษาต่ำ (ส่วนวิจัยเกษตรกรรม ฝ่ายวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย.2533)

2.5.1 คุณค่าทางอาหารของกระเทียม

บทบาทของกระเทียมในการใช้ประกอบอาหารมีมานานไม่น้อยกว่า 2500 ปี ในปัจจุบันเราใช้กระเทียมในการปรุงอาหารกันทั่วโลก บางชาติถือว่าการใช้กระเทียมเป็นการปรุงอาหารอย่างหนึ่ง อาหารของชาวจีนและชาวฝรั่งเศสซึ่งถือว่าอาหารมีรสและกลิ่นเป็นเลิศนั้นมีกระเทียมเป็นส่วนประกอบ เพื่อช่วยในการแต่งกลิ่นรส เนื่องจากกระเทียมมีกลิ่นฉุนจัด ดังนั้นการใช้กระเทียมจึงต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง หากใช้กระเทียมเป็นเครื่องปรุงรสอย่างถูกส่วนอาหารก็หอมน่ารับประทาน โดยเฉพาะกลิ่นจะไม่ไปกลบกลิ่นองส่วนประกอบอื่นๆของอาหารนั้น และจากการที่เราใช้กระเทียมปริมาณน้อยในการปรุงอาหาร ซึ่งไม่น่าจะให้สารที่มีคุณค่าทางอาหารได้ในปริมาณที่มากเพียงพอแก่ความต้องการของร่างกาย จากข้อมูลในหนังสือคู่มือ คุณค่าทางอาหารของกระทรวงเกษตรสหรัฐ กล่าวถึงผลของการิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของหัวกระเทียมเฉพาะส่วนที่กินได้ 100 กรัม (ในตารางที่2.1) และข้อมูลจากการวิจัยในประเทศไทยและต่างประเทศ เช่น ผลการวิจัยของ Agricultural Reserch Institute, New Delhi, India ในประเทศอินเดีย ก็ได้ผลอย่างเดียวกันแม้ว่าตัวเลขที่ได้จะไม่เท่ากันทุกประการ เนื่องจากปริมาณของวิตามินและเกลือแร่ที่ได้จากอาหารธรรมชาติ มักจะแตกต่างกันไปตามเงื่อนไขของการเพาะปลูก เช่น ดิน สภาพภูมิอากาศ ฤดูเก็บเกี่ยว เป็นต้น ซึ่งจากตารางเราจะเห็นว่าที่จริงแล้วกระเทียมไม่ได้อุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายในปริมาณมากมายเหมือนกับอาหารประเภทอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสารอาหารในกระเทียมดิบ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณต่อ 100 กรัม
พลังงาน	**136-142 แคลอรี**
คาร์โบไฮเดรต	31 กรัม
โปรตีน	6 กรัม
ไขมัน	0.2 กรัม
ความชื้น	61 กรัม
กาก	0.7-0.8 กรัม
น้ำมันหอมระเหย	0.1 มิลลิกรัม
เกลือแร่	
แคลเซียม	29 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	202 มิลลิกรัม
โซเดียม	19 กรัม
เหล็ก	0.5 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	529 มิลลิกรัม
วิตามิน	
วิตามินเอ	น้อยมาก
วิตามินบี 1 (ไทอามีน)	0.25 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2 (ไรโบฟลาวิน)	0.08มิลลิกรัม
นิโคตินาไมด์	0.5 มิลลิกรัม
วิตามินซี	15 มิลลิกรัม

ที่มา : (ส่วนวิจัยกษตรกรรม ฝ่ายวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย.2533)

นอกจากกระเทียมจะมีคุณค่าทางอาหารแล้ว กระเทียมยังมีคุณค่าทางยาซึ่งสารประกอบพวกซัลเฟอร์ที่มีมากในกระเทียมเป็นสารเคมีที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยสารเคมีที่สำคัญได้แก่

2.5.1.1 กลุ่มอัลลิอิน-อัลลิเนส-อัลลิซิน และเอโจเน (Allicin-Allinase-Alliin-Ajone)

เป็นสารเคมีที่มีส่วนประกอบเป็นสารระเหยของกระเทียมซึ่งทำให้กระเทียมมีกลิ่น โดยปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วกระเทียมเมื่อแรกเก็บแล้วจะไม่มีกลิ่น กลิ่นกระเทียมจะเกิดขึ้นทีหลังเมื่อเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ในกลีบกระเทียม ซึ่งเกิดขึ้นโดยสารอัลลิอินในกระเทียมซึ่งเป็นสารที่เสถียรภาพ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และละลายน้ำได้ดี ถูกทำลายง่ายโดยความร้อนและด่างแต่ไม่ถูกทำลายโดยกรดเจือจาง จะถูกเอนไซม์อัลลิเนส เปลี่ยนให้เป็นอัลลิซินที่มีลักษณะเป็นน้ำมันเหลว มีกลิ่นฉุนแต่ไม่คงตัว สลายได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน ในเซลล์ของกลีบกระเทียมตามปกตินั้นมีทั้งอัลลิซินและอัลลิเนสอยู่ด้วยกันแต่อยู่ด้วยกันคนละช่อง เมื่อใดที่กระเทียมถูกตัดหรือทำให้ช้ำ สารทั้งสองนี้จะผสมกันเกิดเป็นสารเคมีทำให้เกิดอัลลิซินและอัลลิซินนี้เองที่มีบทบาทในการรักษาโรคอย่างกว้างขวาง เช่น อหิวาตกโรค บิด กลาก เกลื้อน ลดน้ำตาลในเลือด รวมทั้งเป็นยาปฏิชีวนะที่สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ทั้งแกรมบวกและแกรมลบ

$$\text{อัลลิอิน} \xrightarrow{\text{อัลลิเนส}} \text{อัลลิซิน+ไพรูเวต+แอมโมเนีย}$$

หากทิ้งอัลลิซินไว้เฉยๆมันจะกลายเป็นสารอีกชนิดหนึ่ง คือ เอโจเน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารบำรุงเลือด นอกอัลลิซินยังเปลี่ยนเป็นสารเอโจเนได้ตามธรรมชาติแล้ว หากใส่อัลลิซินสังเคราะห์ลงในน้ำที่มีตัวทำละลายอย่างอ่อนแล้วให้ความร้อนลงไป กระบวนการที่อัลลิซินกลายเป็นเอโจเนจะรวดเร็วมากขึ้น

2.5.1.2 อัลลิไทอามีน หรือวิตามินบีหนึ่งชนิดพิเศษ (Allithiamine)

เป็นวิตามินบีหนึ่งซึ่งมีอยู่ในกระเทียม เรียกว่า อัลลิไทอามีน มีคุณสมบัติทำให้การซักนำวิตามินบี 1 เข้าสู่ร่างกายได้ดีขึ้นถึงเท่าตัว และทำให้วิตามินบี 1 ออกฤทธิ์ทำงานได้ดีขึ้นอีก 20 เท่าตัว

หน้าที่ของ อัลลิไทอามีน ก็คือช่วยให้ร่างกายแยกส่วนของคาร์โบไฮเดรตออกเป็นพลังงาน ซึ่งถ้าหากขาดวิตามินบี 1 ชนิดนี้แล้วกระบวนการย่อยของร่างกายก็จะไม่สมบูรณ์ ทำให้ร่างกายขาดกลูโคส และคาร์โบไฮเดรตจะถูกเปลี่ยนเป็นไขมัน

2.5.1.3 เซเนเนียม (Selinium)

ในกระเทียมมีเซเรเนียมมากกว่าพืชผักชนิดอื่นๆ เซเรเนียมเป็นแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อยเพื่อใช้ในปฏิกิริยาเมตาบอลิซึม แต่ละวันเราต้องการในปริมาณที่น้อยมากคิดเป็นไมโครกรัมเท่านั้น ปัจจุบันวงการแพทย์และวงการโภชนาการได้ให้ความสนใจบทบาทของเซเรเนียมมากขึ้น เพราะเป็นสารอาหารที่ร่างกายขาดไม่ได้เลย เซเรเนียมมีหน้าที่คล้ายกับวิตามินอี เป็นตัวต้านไม่ให้ออกซิเจนหลุดไปจากเม็ดเลือดแดง ทำให้เลือดของเราบริสุทธิ์และเชื่อกันว่าเซเรเนียมสามารถป้องกันการสะสมของโลหะหนักบางอย่างที่เป็นพิษต่อร่างกาย เช่น ตะกั่ว ปรอท เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.4 สคอร์ดินีน (Scormidin)

เป็นสารในกระเทียมที่ไม่มีกลิ่นแต่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลายอย่าง รวมทั้งให้เนื้อเยื่อเจริญเติบโตและช่วยลดไขมันในร่างกาย ในญี่ปุ่นจึงมีการเติมสคอร์ดินีนลงไปในอาหารเสริมสำหรับบำรุงร่างกาย และพบว่าสารสคอร์ดินีนเป็นสารบำรุงตัวเดียวกับที่พบในโสม มีคุณสมบัติอีกอย่าง คือ ทำหน้าที่คล้ายฮอร์โมนทั้งเพศหญิงและเพศชาย ซึ่งเป็นตัวควบคุมและปรับการทำงานของร่างกายให้เป็นไปโดยปกติ และนอกจากนี้ยังยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียอีกด้วย

2.5.1.5 เยอมันเนียม (Germanium)

เป็นธาตุที่พบว่ามีอยู่ในกระเทียมค่อนข้างสูง มีคุณสมบัติป้องกันและยับยั้งการเกิดมะเร็ง โรคหืด โรคไต โรคตับอ่อน และอาการท้องผูก

นอกจากสารอาหารและสารเคมีในกระเทียมที่ได้ยกตัวอย่างมาข้างต้น ในกระเทียมยังมีสารอาหารและสารเคมีอื่นๆอีกมากที่ไม่สามารถแยกแต่ละตัวออกมาเป็นตัวเดี่ยว เพื่อนำมาทำการพิสูจน์ได้ว่ามีคุณสมบัติอย่างไร เช่นเดียวกับสิ่งที่ได้ตามธรรมชาติโดยทั่วไปประโยชน์ที่ได้รับนั้นเกิดจากสารหลายๆตัวที่ผสมรวมกันอยู่

จากสารอาหารดังกล่าว (ในตารางที่ 2.1) ที่มีในกระเทียมนี้ ได้มีผู้ศึกษาพบว่ากระเทียมที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารหมักหลายชนิด เช่น พวกไส้กรอกหมักในแถบยุโรป หรือแม้แต่ผลิตภัณฑ์หมักประเภทเนื้อของไทย เช่น แหนม ไส้กรอกเปรี้ยว มั่ม ไส้กรอกอีสาน เป็นต้น ล้วนมีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติกในอาหารหมักชนิดนั้นๆ

2.5.2 กลไกการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์

สารอัลลิซินจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Saccinate dehydrogenase ในวัฏจักรเครบส์ และเอนไซม์ Triose phosphate dehydrogenase ในวิถีไกลโคไลซีส ซึ่งเอนไซม์ 2 ชนิดนี้ที่มีความสำคัญต่อกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์และการเจริญเติบโตของเซลล์ รวมถึงหมู่ของ sulfhydryl group(SH) ของโปรตีนหรือเอนไซม์ภายในเซลล์จุลินทรีย์ ทำให้ระบบ Oxidation, Reduction รวมถึงกระบวนการเมทาบอลิซึมทำหน้าที่ผิดไป ซึ่งเมื่อใดเอนไซม์ถูกทำลายไปจะส่งผลให้จุลินทรีย์ไม่มีการเพิ่มจำนวน จากนั้นจะหยุดหายใจสุดท้ายก็ตาย

กรด Succinate จะถูกออกซิไดซ์กลายเป็นกรด Fumarate โดยมีเอนไซม์ Saccinate dehydrogenase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อมีสารอัลลิซินที่ได้จากกระเทียมจะมีฤทธิ์ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Saccinate dehydrogenase ส่งผลให้กระบวนการสร้างพลังงานของจุลินทรีย์เกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์ จุลินทรีย์จึงไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิถีไกลโคไลซีส กลีเซอรอลดีไฮด์-3-ฟอสเฟตเปลี่ยนไปเป็น 1,3-บิสฟอสโฟกลีเซอเรต โดยเอนไซม์กลีเซอรอลดีไฮด์-3-ฟอสเฟต ดีไฮโดรจีเนส (glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase) ในขั้นนี้จะได้ NADH 1 โมเลกุล

ขั้นตอนนี้เป็นการเริ่มเก็บเกี่ยวพลังงานจากโมเลกุลของกลีเซอรอลดีไฮด์-3-ฟอสเฟตไว้ในโมเลกุลของ NADH ในปฏิกิริยานี้จะมี 2 ขั้นตอนที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขั้นแรกน้ำตาลถูกออกซิไดซ์ โดยมีการให้อิเล็กตรอนและH^+ และ NAD^+ เกิดเป็น NADH ปฏิกิริยานี้ให้พลังงานออกมา ซึ่งนำไปใช้ในขั้นตอนการติดหมู่ฟอสเฟต (จาก P_i ในไซโตซอล)เข้ากับซับสเตรต ขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมซับสเตรตที่มีลักษณะเป็นสารพลังงานสูงที่สามารถมอบหมู่ฟอสเฟตให้แก่ตัวรับคือ ADP ในขั้นตอนต่อไป โดยเอนไซม์กลีเซอรอลดีไฮด์-3-ฟอสเฟต ดีไฮโดรจีเนสก็คือเอนไซม์ Triose phosphate dehydrogenase เมื่อสารยับยั้งที่ได้จากกระเทียมมีฤทธิ์ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Triose phosphate dehydrogenase วิถีไกลโคไลซีสจึงเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์

2.6 ไนเตรทและไนไตรท์

ไนเตรทและไนไตรท์ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารทั่วไป ส่วนใหญ่จะใช้ในรูปของโซเดียมไนไตรท์หรือโพแทสเซียมไนไตรท์และโซเดียมไนเตรทหรือโพแทสเซียมไนเตรท เพื่อทำให้เกิดสีแดงและกลิ่นรสเฉพาะในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ นอกจากนี้ ยังสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้ก่อโรคได้ เช่น *Clostridium botulinum , C. perfringens , Salmonella anatum* ทำให้อาหารปลอดภัยและยังช่วยยับยั้งการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้อีกด้วย ด้วยเหตุนี้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จึงสามารถเก็บได้นานขึ้น แต่การใช้ไนไตรท์และไนเตรท ในปริมาณที่มากเกินไปสามารถเกิดอันตรายขึ้นได้ เนื่องจากไนไตรท์และไนเตรทสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบเอมีนเกิดเป็นสารในกลุ่มไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นการใช้ไนไตรท์และไนเตรทจึงต้องใช้ในปริมาณที่กำหนดเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

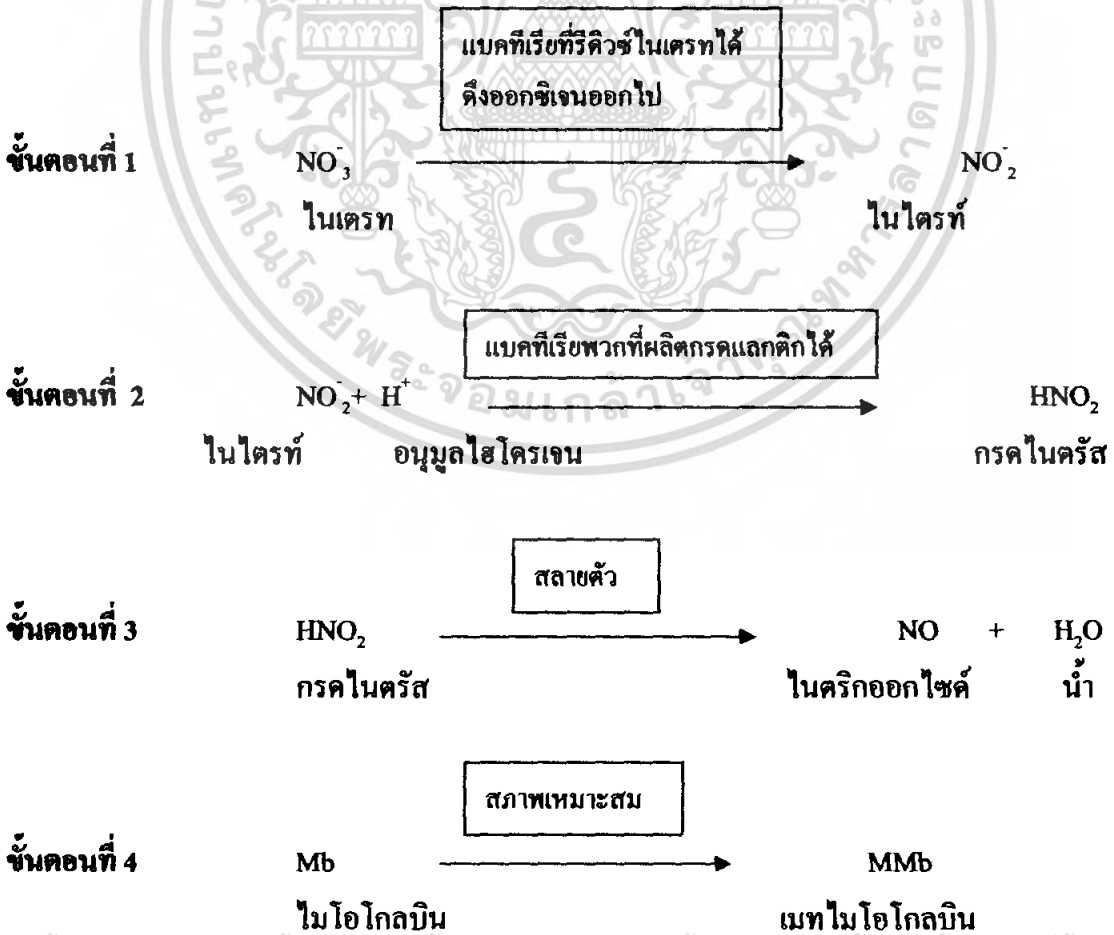
การใช้เกลือไนไตรท์และไนเตรทในแต่ละประเทศจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับรูปแบบและชนิดของผลิตภัณฑ์ โดยในประเทศไทยได้กำหนดให้ใช้เกลือไนไตรท์สูงสุดได้ไม่เกิน 125 ppm และเกลือไนเตรทสูงสุดได้ไม่เกิน 500 ppm (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 , 2527)

2.6.1 หน้าที่และบทบาทของเกลือไนไตรท์/ไนเตรทในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

2.6.1.1 การเกิดสี พบว่าเกลือไนไตรท์และไนเตรทที่เติมลงในเนื้อสัตว์ร้อยละ 5-15 จะไปเกาะติดกับไมโอโกลบินในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และทำให้เกิดสีแดง (เยาวลักษณ์, 2547) ซึ่งเป็นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการของผู้บริโภคและช่วยให้สีนั้นคงอยู่ได้นานในช่วงของการเก็บรักษา ตามปกติแล้วไนไตรท์ที่เติมลงไปในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะหายไปครึ่งหนึ่งของปริมาณที่เติมลงไปทันที โดยไนไตรท์จะทำปฏิกิริยากับซีสเทอีนเกิดเป็น เอส-ไนโตรโซซีสเทอีน ทางหนึ่งพบว่าเกลือไนไตรท์จะรวมตัวกับหมู่ซัลไฟดริลในโปรตีนของเนื้อสัตว์เกิดเป็นไนโตรโซไทอัลซึ่งการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวนี้ เป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็น แบคเทอริโอสแตติก (bacteriostatic) ส่วนหนึ่งของเกลือไนไตรท์จะสลายตัวให้ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, NO) และไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide, N_2O) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้นับว่าเป็นกุญแจสำคัญของปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยตรง เพราะไนตริกออกไซด์เป็นตัวการสำคัญที่จะไปทำปฏิกิริยากับรงควัตถุฮีม (heme pigment) ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ คือ ไมโอโกลบิน (myoglobin) เกิดเป็นไนโตรโซไมโอโกลบิน(nitrosomyoglobin) ซึ่งให้สีแดงสดเมื่อนำผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์นั้นไปผ่านการให้ความร้อนจะได้สารไนโตรโซฮีโมโครม (nitrosohemochrome) เกิดเป็นสีชมพูอันเป็นสีเฉพาะที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จำพวก แฮม เบคอน ไส้กรอก แหนม กุนเชียง และสีนี้จะคงตัวได้ดี ในการเกิดสีในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะเกิดปฏิกิริยาได้ตามขั้นตอน ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5

NO + MMb → NOMb

ไนตริกออกไซด์ เมทไมโอโกลบิน ไนโตรโซไมโอโกลบิน

ขั้นตอนที่ 6

NOMb → NO-Hemochome

ไนโตรโซไมโอโกลบิน ไนโตรโซฮีโมโครม

(สารให้สีชมพูที่คงตัว)

ที่มา : เยาวลักษณ์ (2547)

2.6.1.2 ให้รสชาติและกลิ่นรสเฉพาะตัว ในสารละลายเกลือที่เติมไนไตรท์และไนเตรท ร้อยละ 0.5 กับที่ไม่เติมไนไตรท์และไนเตรท จะไม่มีความแตกต่างกันในด้านรสชาติ แต่พอฉีดใส่ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ พบว่า เมื่อทำให้สุกมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ได้มีรสชาติแตกต่างกัน ในกรณีนี้ การใช้เกลือไนไตรท์และไนเตรทเพียง 25 ppm เพียงพอที่จะทำให้เกิดรสชาติเฉพาะกับเนื้อสัตว์แต่ถ้าใช้เกลือไนไตรท์ไนเตรทมากถึง 300 ppm จะไปทำลายรสชาตินี้ เพราะเกิดการออกซิเดชันขึ้น

2.6.1.3 การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเกลือ ความเป็นกรดด่าง (pH) จำนวนแบคทีเรียที่มีอยู่ อุณหภูมิการเก็บรักษา ปริมาณไนไตรท์และไนเตรทที่เหลืออยู่ และการใช้ความร้อนในการแปรรูป เพราะการที่เกลือไนไตรท์และไนเตรทมีผลต่อการยับยั้งแบคทีเรียนั้นเนื่องจากเกลือไนไตรท์และไนเตรท รวมทั้งกรดไนตรัสจะจับตัวกับโปรตีนได้ซึ่งเกิดผลเสริมฤทธิ์กัน (synergism) ทำให้แบคทีเรียตาย พบว่า การเติมเกลือไนไตรท์และไนเตรท 100 ppm ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ทำให้สุกด้วยความร้อนอย่างเพียงพอ ผลิตภัณฑ์นั้นจะปลอดภัยต่อสารพิษโบทูลิซึม (Botulism) และถ้าใช้กรดซอร์บิคร่วมด้วย จะยิ่งลดปริมาณการใช้เกลือไนไตรท์ และไนเตรทลงได้

2.6.1.4 เป็นสารยับยั้งการเกิดออกออกซิเดชัน พบว่า เกลือไนไตรท์และไนเตรทที่เติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ปริมาณร้อยละ 10 จะไปรวมตัวกับไมโอฟิบลิวลา โปรตีน (myofibrillar protein) และ ซาร์โคพลาสมิคแฟรคชัน (sarcoplasmic fraction) ในส่วนที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ และการรวมตัวกันนี้จะเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการทำให้เนื้อสุก ไนไตรท์และไนเตรทจะไม่ค่อยทำปฏิกิริยากับเนื้อเยื่อไขมัน ซึ่งประกอบด้วยไขมัน เนื้อเยื่อเกี่ยวพันและน้ำ แต่กลับพบว่าจะเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอ็น-ไนโตรโซไพโรลิดีน (N-nitrosopyrrolidine) จากคอลลาเจน (collagen) ที่ถูกทำให้ร้อนจนสุก ซึ่งเกลือไนเตรทเพียงร้อยละ 80-90 จะอยู่ในรูปอิสระ และมีบทบาทต่อการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2.6.2 สารไนโตรซามีน (nitrosamine) ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.6.2.1 สารไนโตรซามีนชนิดไม่ระเหย เช่น ครีเอตินีน (Creatinine) ทำให้เกิดเมทิลไนโตรโซยูเรีย (Methylnitrosourea) ที่พบในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น ปลาแห้ง เบคอนทอด เป็นต้น แต่ไม่ค่อยมีการนำสารพวกนี้มาตรวจวิเคราะห์เพราะเกิดปฏิกิริยาช้าและสลับซับซ้อนเกินไปและอาจก่อให้เกิดอันตรายได้

2.6.2.2 สารไนโตรซามีนชนิดที่ระเหยง่าย พบเป็นส่วนมาก ได้แก่ เอ็น-ไนโตรโซไดเมทิลามีน (N-nitrosodimethylamine), เอ็น-ไนโตรโซไพโปรลิดีน (N-nitrosopyprolidine) และ เอ็น-ไนโตรโซปีเพอริดีน (N-nitrosopiperidine) เป็นต้น ปฏิกิริยาการเกิดสารไนโตรซามีน อาจเกิดได้ 2 กรณี ดังนี้ (เยาวลักษณ์ , 2547)

กรณี ที่ 1 เกิดจากกรดไนตรัสที่แตกตัวมาจากไนเตรทเข้าทำปฏิกิริยากับ secondary amine ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ อังปฏิกิริยา

กรณี ที่ 2 เกิดปฏิกิริยาไนโตรเซชันของไนตริกออกไซด์ที่แตกตัวมาจากสารประกอบไนไตรทเข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนโพรลีนอิสระในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (free proline) ดังปฏิกิริยา

2.6.3 ปัญหาจากการใช้ไนไตรท์และไนเตรท

เนื่องจากไนไตรท์และไนเตรทมีประโยชน์มากมายดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงมีการใช้กับอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมโดยไม่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคจึงทำให้เกิดโทษเพราะการใช้เกลือไนไตรท์และไนเตรทที่เกินกำหนด ซึ่งความเป็นพิษของไนไตรท์และไนเตรทมีผลมาจาก ออกซิไดซ์ซิงเอฟเฟค (oxidizing effect) ของไนไตรท์และไนเตรทโดยเฉพาะไนไตรท์ จะมีพิษแรงกว่าไนเตรทเพราะเมื่อซึมผ่านลำไส้เข้าสู่กระแสโลหิตแล้วจะไปออกซิไดซ์ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงกลายเป็นเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ซึ่งจะทำให้เม็ดเลือดนั้นหมดสภาพ ทำให้รงควัตถุนี้ไม่สามารถขนส่งออกซิเจนได้อีก ซึ่งจะมีผลต่อไฮโปเซีย (hypoxia) ในเนื้อเยื่อของร่างกายคนซึ่งอวัยวะของคนที่โตเต็มวัย (mature) แล้วจะมีกลไกที่เปลี่ยนกลับไปเป็นฮีโมโกลบินดังเดิมโดยรีดิวซ์เมทไมโอโกลบินจากนั้นได้มีรายงานว่า เด็กดื่มน้ำที่มีไนเตรทเพียง 30 ppm จะเสียชีวิต แสดงว่า ไนเตรทมีพิษต่อเด็กมาก โดยเฉพาะทารกที่มีอายุต่ำกว่า 6 สัปดาห์ เพราะในกระเพาะของเด็กมีแบคทีเรียที่รีดิวซ์ไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ได้ ประกอบกับเด็กยังไม่สามารถสร้างกรดเกลือในกระเพาะที่จะช่วยกำจัดแบคทีเรียดังกล่าวได้เช่นกัน ดังนั้นจึงไม่อนุญาตให้ใช้ไนไตรท์และไนเตรทในอาหารเด็กอ่อนเด็ดขาด จึงเป็นข้อพึงระวังในการบริโภคผลิตภัณฑ์พวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคียวมีท (cured meat) ของเด็กอ่อน ปัจจุบันในประเทศอังกฤษได้กำหนดให้ไนไตรท์และไนเตรท เป็นสาร เคมีถนอมอาหารชนิดสังเคราะห์ (synthetic chemical preservative) มีกฎหมายควบคุม นอกจากพิษอันเนื่องมาจากไนไตรท์และไนเตรทโดยตรง แล้วยังพบว่า เมื่อไนไตรท์และไนเตรท หลงเหลือตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ จะเกิดปฏิกิริยาไนโตรเซชันเกิดเป็นสารประกอบไนโตร ซามีน ซึ่งจากกรดไนตรัสที่แตกตัวจากไนเตรทก็สามารถก่อให้เกิดสารในกลุ่มไนโตรซามีนซึ่งได้ พิสูจน์แล้วว่าสารนี้ คือ สารก่อมะเร็ง (carcinogen)

2.7 ปัญหาของผลิตภัณฑ์แหนมในปัจจุบัน

2.7.1. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ โดยทั่วไปการหมักแหนมจะเป็นลักษณะการหมักแบบพื้นบ้าน คืออาศัยเชื้อจากธรรมชาติในการหมักแหนม คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้มักไม่มีความสม่ำเสมอ มีความแปรผันจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งและเวลาที่ใช้ในการหมักก็ไม่สามารถที่จะคาดคะเนได้ ในวัตถุดิบแต่ละแหล่งจะมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่แตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณ นอกจากนี้อาจมีการปนเปื้อนของเชื้อที่ไม่ต้องการซึ่งล้วนแต่มีผลกับคุณภาพของแหนม แบคทีเรียแลคติกแต่ละสายพันธุ์มีคุณสมบัติเด่นแตกต่างกัน บางสายผลิตกรดได้ดี บางสายพันธุ์ผลิตสารให้กลิ่นรสได้ดี ความแตกต่างนี้เป็นผลให้คุณภาพของแหนมมีความแตกต่างกัน ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมการผลิตแหนมจึงมีความเสี่ยงต่อการผลิต ซึ่งอาจไม่ได้ผลิตภัณฑ์แหนมตามที่ต้องการในทุกรุ่นของการผลิต

2.7.2. ความปลอดภัยของผู้บริโภคต่อการรับประทานแหนม ในการหมักแหนมตามธรรมชาติปริมาณแบคทีเรียแลคติกเริ่มต้นที่ใช้ในการหมักอาจมีไม่เพียงพอต่อการหมักที่สมบูรณ์ ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคสามารถเจริญเติบโตและสร้างสารพิษขึ้นมาก่อนที่แบคทีเรียแลคติกจะเจริญขึ้นมาภายหลัง นอกจากนี้ในการบริโภคแหนมส่วนมากมักจะบริโภคแหนมดิบหลังจากหมักได้ที่โดยไม่ผ่านความร้อนจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผลิตภัณฑ์แหนมต้องมีความปลอดภัยในการบริโภคสูง เพื่อลดอัตราเสี่ยงต่ออันตรายด้านสุขภาพของผู้บริโภคอันเนื่องมาจากเชื้อโรคอาหารเป็นพิษที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์

2.7.3. อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์แหนมมีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้นประมาณ 1 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้องเพราะมีความเหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการหมัก หากเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนานขึ้นจะทำให้แหนมเกิดรสเปรี้ยวมาก ลักษณะเนื้อสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การเก็บที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยยืดอายุในการเก็บรักษาได้ แต่โดยปกติผลิตภัณฑ์แหนมจะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นผู้ผลิตผลิตภัณฑ์แหนมจึงต้องการให้แหนมมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นและคุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมไม่เปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4. ความรู้ความเข้าใจของผู้ผลิต การขาดความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีที่มีต่อกระบวนการหมักรวมถึงสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ดีและการสุขาภิบาลอาหารที่ดี ทำให้การควบคุมกระบวนการหมักไม่สามารถจะกระทำได้ ดังนั้นการศึกษาวิธีการหรือกระบวนการหมักจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อที่จะสามารถนำความรู้ดังกล่าวมาใช้ในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมให้เป็นไปตามความต้องการ มีคุณภาพสูงก่อนจะมีการวางจำหน่ายในท้องตลาด

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมบุญ (2518) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักแหนมพบว่าในหมูเนื้อแดงที่เป็นองค์ประกอบหลักในการผลิตแหนมมีปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งที่เป็นแท่งทรงกลมรวมทั้งที่เป็นแกรมบวกและแกรมลบปะปนมากับวัตถุดิบ การเติมเกลือโปแตสเซียมไนเตรทลงไปในสูตรการผลิตจะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรทโดยวิธีการทางธรรมชาติ โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถรีดิวส์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ได้ (Nitrate-reducing microocci) ซึ่งมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดงปรากฏขึ้นรวมทั้งมีกลิ่นรสเฉพาะ และมีกิจกรรมการยับยั้งจุลินทรีย์ประเภทอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องได้ เครื่องเทศที่เติมลงไปในสูตรเป็นการช่วยเพิ่มกลิ่นที่ต้องการอีกทั้งยังเป็นการช่วยถนอมอาหารได้ดีอีกด้วย จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าแหนมที่มีการเติมเกลือแกงร้อยละ 3 ลงไปในสูตรการผลิตจะมีการยอมรับมากที่สุด แต่การเติมเกลือแกงร้อยละ 2 (ระดับต่ำ) และร้อยละ 5 (ระดับสูง) ผู้บริโภคจะไม่ยอมรับทั้งนี้เพราะความเปรี้ยวต่ำ นอกจากนี้สมบุญ (2518) ยังเสนอแนะว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการบริโภคแหนมคือ 4 วัน หลังจากการหมักในช่วง 4 วันของการหมักจะมีการลดลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และมีความเป็นกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่หลังจากช่วง 4 วันของการหมักผ่านพ้นไปค่าดังกล่าวทั้งสองจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์แหนมสุดท้ายมีค่าน้อยกว่า 4.5 และความเป็นกรดทั้งหมดเทียบกรดแลคติกมีค่าร้อยละ 0.5 นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกว่าในช่วงต้นของการหมักแหนมมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดคอนข้างสูง แต่หลังจาก 24 ชั่วโมงของการหมัก ด้วยอัตราเร็วของการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์บางประเภทลงได้ ในช่วงแรก 24-27 ชั่วโมงของการหมักเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรดได้มีทั้งประเภท homofermentative และ heterofermentative lactobacilli รวมทั้ง homofermentative cocci มีความสามารถในการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วมีผลต่อการผลิตกรดแลคติคอย่างรวดเร็ว หลังจาก 72 ชั่วโมงของการหมักเชื้อจุลินทรีย์ประเภท heterofermentative lactobacillus เช่น *Lactobacillus plantarum* จะมีการเจริญเติบโตมากที่สุด รวมทั้ง Pediococcus บางสายพันธุ์ heterofermentative lactobacilli ก็ยังคงมีการเจริญเติบโตอยู่เช่นกัน อย่างไรก็ตามเมื่อวันที่ 4 ของการหมักจุลินทรีย์ไม่สามารถสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดได้ส่วนใหญ่จะถูกทำลายโดยสภาพแวดล้อมที่มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นรวมทั้งพวกโคลิฟอร์ม ด้วย *Lactobacillus brevis* จะมีการเจริญเติบโตร่วมกับ *Lactobacillus plantarum* ในปริมาณที่สูง เช่นกันแต่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้ากว่า *Lactobacillus plantarum* เมื่อแหนมถูกเก็บที่อุณหภูมิห้องมากกว่า 1 สัปดาห์ผลิตภัณฑ์แหนมจะมีความเปรี้ยวเพิ่มขึ้นแต่ความเหนียวของเนื้อจะลดลง ยีสต์โดยเฉพาะ *Candida* sp. อาจจะถูกตรวจพบหลังจาก 7 วันของการหมักแหนม การเติมแหนมในรุ่นเก่า (ที่หมักมาแล้ว 5 วัน) ลงไปในการผลิตแหนมรุ่นใหม่ร้อยละ 10 พบว่าสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้ แต่ลักษณะเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ยอมรับอ่อนนิ่มกว่าปกติ

อรนุช (2530) ได้คัดเลือกแบคทีเรียแลคติกจากแหนมจำนวนทั้งสิ้น 112 ไอโซเลท ได้แก่ *Pediococcus* spp. 78 ไอโซเลท *Lactobacillus* spp. 34 ไอโซเลท พบว่าเชื้อแต่ละไอโซเลทให้ผลต่างกันในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ Salmonella ทั้ง 3 serotype ได้แก่ *S. anatum, S. brevis –morbificans, S. derby.* แบคทีเรียแลคติกที่คัดเลือกได้ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้ง Salmonella เช่น การทนต่อเกลือน้ำดี 15% ความสามารถในการเจริญในอาหารที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ 3-5% ความสามารถมนการเจริญที่มีอุณหภูมิสูง 45°C สามารถคัดเลือกได้เชื้อ *Pediococcus* spp.รหัส P_{42} และ *Lactobacillus* spp.รหัส L_{23} และได้นำเชื้อแต่ละชนิดดังกล่าวมาผลิตเป็นเชื้อผง

H-kittikun และคณะ (1988) ได้มีศึกษาวิจัยด้านจุลชีววิทยาในผลิตภัณฑ์แหนม โดยเบื้องต้นได้ทำการจำแนกเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียจากแหนมที่จำหน่ายในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าแหนมจากตลาด A จะประกอบด้วย homofermentative lactobacilli ในปริมาณที่มากซึ่งส่วนใหญ่เป็น *L. plantarum* ขณะที่แหนมจากตลาด B พบจุลินทรีย์ประเภท *Pediococcus* sp.ในปริมาณมากแต่ระหว่างการเก็บรักษาปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ประเภท heterofermentative lactobacilli จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบเชื้อจุลินทรีย์ประเภท Streptococcus, Leuconostoc และ ประเภท heterofermentative lactobacilli เช่นกันแต่มีปริมาณน้อย

H-kittikun และคณะ (1988) ได้เริ่มนำเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นมาเป็นหัวเชื้อในการผลิตแหนม โดยได้นำเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรียสายพันธุ์เดียวมาใช้ในการผลิต เช่น *L. plantarum* 50408 และ 51006 จากแหนมในตลาด A และ *L. plantarum* 60412 และ 61004 จากแหนมในตลาด B ซึ่งมีรายงานว่าในช่วงแรกของการหมักปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแลคติกแอซิดแบคทีเรียรวมทั้งเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นมีปริมาณมากกว่า 1 log cycle สูงกว่าแหนมตัวอย่างควบคุม (ที่มีการหมักปกติจากธรรมชาติ) ตัวอย่างแหนมที่ผลิตด้วยวิธีปกติไม่มีการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นจะตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบ *E. coli* ในปริมาณที่สูง และตรวจพบ Salmonella ในช่วงแรกของการหมัก เมื่อเปรียบเทียบกับแหนมที่ผลิตโดยการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นลงไปด้วยในระบวนการผลิต ตรวจพบปริมาณ *E. coli* ในจำนวนที่ต่ำและตรวจไม่พบเชื้อ Salmonella เลย ในการตรวจสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าแหนมที่ผลิตโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นกับแหนมตัวอย่างควบคุมที่มีการผลิตโดยไม่ใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ไม่มีความแตกต่างกันทางด้านประสาทสัมผัส โดยเฉพาะทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและลักษณะสีที่ปรากฏในผลิตภัณฑ์ สาเหตุเช่นนี้อาจเนื่องมาจากมีปัจจัยต่างๆมากมายในการผลิตแหนมที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นการกระตุ้นให้มีการวิจัยต่อโดยการหันมาใช้เทคโนโลยีการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมแทนที่จะใช้เชื้อบริสุทธิ์สายพันธุ์เดี่ยวในกระบวนการผลิตเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และสร้างมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น

อดิศร (2533) ตรวจหาเชื้อ Salmonella ที่ปนเปื้อนในแหนมตัวอย่างตามธรรมชาติที่ทำการหมักโดยเติมและไม่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกผสม (LP) พบว่าแหนมที่ไม่เติมกล้าเชื้อก่อนทำการหมักและตรวจไม่พบเชื้อ Salmonella ในวันที่ 6 ของการหมัก ส่วนแหนมที่เติมกล้าเชื้อผสม (LP) จะตรวจไม่พบเชื้อ Salmonella ในวันที่ 5 ของการหมัก แสดงว่าแหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งและทำลายเชื้อ Salmonella ที่ตรวจพบในวันที่ 4 และ 5 ของการหมักจะเป็น *S. anatum* ซึ่งทนต่อการทำลายของสารยับยั้งต่างๆที่ผลิตโดยแบคทีเรียแลคติกได้ดีในขณะเกิดกระบวนการหมัก และจากการทดลองตรวจหาเชื้อ Salmonella ได้ถึง 16 serotype โดยที่ *S. derby* เป็น serotype ที่ตรวจพบมากที่สุด รองลงมาคือ *S. anatum* และ *S. krefeld* ตามลำดับ

จากการทดลองผลิตเชื้อผงโดยใช้เชื้อแบคทีเรียแลคติกแอซิดรหัส L_1 P_{55} และ TISTR 417 ซึ่งทำการทดลองแล้วพบวามีประสิทธิภาพการทำลายเชื้อ Salmonella serotype ต่างๆได้ดีในขณะทำการหมักแหนม โดยให้ความชื้นประมาณ 13%ตามวิธีของอรนุช (2530) เปรียบเทียบระหว่างเติมและไม่เติมกลีเซอรอลโดยเก็บที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเชื้อผงทั้งที่เติมและไม่เติมกลีเซอรอลจะมีปริมาณเชื้อลดลง เมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้นโดยที่เชื้อผงที่เติมกลีเซอรอลจะมีปริมาณเชื้อที่มีชีวิตรอดอยู่ในปริมาณที่มากกว่าเชื้อผงที่ไม่เติมกลีเซอรอล นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อแบคทีเรียแลคติกในกลุ่มของ *Pediococcus* spp. จะทนสภาพการเก็บในรูปเชื้อผงที่อุณหภูมิห้องได้ดีกว่าเชื้อ *Lactobacillus* spp.

สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ที่นิยมบริโภคแหนมโดยให้เชื้อผงที่ผลิตขึ้นซึ่งได้แก่ L_1 P_{55} รวมทั้งกล้าเชื้อผสมระหว่าง L_1 และ P_{55} (LP) อันเป็นกล้าเชื้อในการหมักแหนมที่หมักโดยไม่เติมกล้าเชื้อพบว่าผู้บริโภคมีความชอบในด้านเนื้อสัมผัสความเปรี้ยว และให้การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยอมรับแหนมที่หมักโดยไม่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกผสม LP มากกว่าแหนมที่หมักโดยไม่เติมกล้าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ ส่วนแหนมที่เติมกล้าเชื้อ L_1 หรือ P_{55} เพียงอย่างเดียวไม่มีความแตกต่างในด้านประสาทสัมผัสและผู้ผลิตแหนมในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้กล้าผสม LP ในการหมักเมื่อเทียบกับแหนมที่หมักโดยไม่เติมกล้าเชื้อเช่นเดียวกับผู้บริโภค

ไพโรจน์ (2533) ได้ศึกษาการหมักแหนมในประเทศนิวซีแลนด์โดยใช้เชื้อ *Lactobacillus plantarum, Pediococcus cerevisiae* และ *Micrococcus varians* ในการวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของแหนมโดยใช้ระบบและเทคนิคการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การหมักแหนมในปัจจุบันขึ้นกับเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ การศึกษาถึงการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมอาจเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพตลอดจนกรรมวิธีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้ จากการศึกษาพอจะสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแหนมคือการใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น 3 สายพันธุ์คือ *Lactobacillus plantarum, Pediococcus cerevisiae* และ *Micrococcus varians* รวมถึงแหล่งคาร์โบไฮเดรตซึ่งมีผลต่อการผลิตกรดแลคติกในแหนม และมีผลกระทบต่อการพัฒนาความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ และการพัฒนาสีที่ปรากฏของผลิตภัณฑ์ด้วย ผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยสูงจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโทษและได้รับการยอมรับในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏกลิ่นและรสชาติของแหนมและมีแนวโน้มของการขยายตัวของผลิตภัณฑ์สู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้อย่างดี

อย่างไรก็ตาม ไพโรจน์ (2533) พบว่า *Lactobacillus brevis* เป็นเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นที่ไม่ดีในการผลิตแหนม เนื่องจากก่อให้เกิดการบวมจากการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในผลิตภัณฑ์ได้ การใช้เชื้อ *Lactobacillus plantarum* ในการผลิตแหนมจะทำให้ความเป็นกรดด่างลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการหมัก และหลังจากนั้นจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสแน่นและมีสีที่ดีและคงตัว ส่วนเชื้อ *Pediococcus cerevisiae* จะเพิ่มลักษณะเนื้อสัมผัสให้แน่นมากขึ้นในช่วงสุดท้ายของการหมัก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าทั้ง *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus cerevisiae* ช่วยปรับปรุงคุณภาพในด้านความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ ส่วน Enterobacteriaceae ในผลิตภัณฑ์แหนมที่หมักตามธรรมชาติมีมากกว่าการหมักโดยใช้เชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นถึง 6 log cycle ซึ่งพบว่าเชื้อ Enterobacteriaceae มีค่าต่ำมากในแหนมที่เติมเชื้อบริสุทธิ์ผสมกล่าวคือปริมาณ 10^2 เซลล์ต่อกรัม อีกทั้งไม่พบเชื้อยีสต์และระหว่างการเก็บรักษาแหนมดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

3.1.1 เนื้อหมูส่วนสะโพก (ตลาดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง)

3.1.2 หนังหมู (ตลาดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง)

3.1.3 ข้าวสุก (ข้าวหอมมะลิ ตราหงส์ทอง)

3.1.4 กระเทียม (ท็อป ซุปเปอร์มาร์เก็ต เขตลาดกระบัง)

3.1.5 เกลือ (ตรา ชาวนา)

3.1.6 น้ำตาล (ตรา มิตรผล)

3.2 เชื้อจุลินทรีย์

Pediococcus pentosaceus TISTR 536 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่คัดแยกได้จากแหนมและได้รับการยืนยันว่าผลิต pediocin PA-1 (Swetwiwathana, 2005) บ่มเพาะเลี้ยงเชื้อก่อนใช้เป็นกล้าเชื้อบริสุทธิ์ในอาหารเหลว MRS broth (Merck) เป็นเวลา 20-24 ชั่วโมง และใช้ MRS agar+1.0 % $CaCO_3$ เป็นอาหารแข็งสำหรับเก็บเชื้อแบบ deep tube

3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อและส่วนประกอบที่ใช้ในการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์

3.3.1 MRS broth (Merck, USA)

3.3.2 MRS agar (Merck, USA)

3.3.3 Salmosyst broth base (SB) (Merck, USA)

3.3.4 Salmosyst selective supplement tablet (SBST) (Merck, USA)

3.3.5 XLD agar (Scharlau, Spain)

3.3.6 Modified Sami-Solid Rappaport Vassiliadis (MSRV) medium (Merck, USA)

3.3.7 Triple Sugar Iron (TSI) agar slant (Merck, USA)

3.3.8 Lysine Indole Motility (LIM) medium (Difco, USA)

3.3.9 Agglutinating antiserum (polyvalent) A-67, A-I (S&A Reagent Lab, Thailand)

3.3.10 Peptone water

3.3.11 Antisera O group B, C, D, E (S&A Reagent Lab, Thailand)

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.12 KOVAC (Merck, USA)

3.4 สารเคมี

3.4.1 โซเดียมคลอไรด์ (Merck, USA)

3.4.2 โซเดียมไนไตรต์ (Merck, USA)

3.4.3 โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Carlo Erba Reagent, Italy)

3.4.4 โซเดียมแอสคอเบส (Fluka, Switzerland)

3.4.5 สารละลายฟีนอฟทาลีนเข้มข้นร้อยละ 1 (Carlo Erba Reagent, Italy)

3.4.6 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล (Merck, USA)

3.4.7 แอลกอฮอล์ ร้อลละ 95 (องค์การสุรากรมสรรพสามิต, ประเทศไทย)

3.5 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.5.1 ตู้บ่มเชื้อ (memmert 37°องศาเซลเซียส, Germany)

3.5.2 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Tomy SS-245, Japan)

3.5.3 เครื่องวัดค่าพีเอช (inolab pH Level I, Germany)

3.5.4 ตู้อบลมร้อน Hot air oven (Heraeus), Germany

3.5.5 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง พิกัดชั่ง 3100 กรัม (Sartorius; BP 3100S, Germany)

3.5.6 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง พิกัดชั่ง 210 กรัม (A&D company Ltd., Japan)

3.5.7 เครื่องผสมสารละลายในหลอดทดลอง (Vortex genie G-560E, USA)

3.5 8 เตาไฟฟ้า (Lucky Flame, Thailand)

3.5.9 เครื่องปั่นผสมอาหาร (Masticator Basic, Spain)

3.5.10 ไมโครเวฟ (SHARP microwave oven R-351, Thailand)

3.5.11 ตู้เขี่ยเชื้อ (Laminar Flow Clean Air Type 460 EC, Belgium)

3.5.12 เครื่องเตรียมน้ำยาเจือจาง (Dispensctte Easy Calibration ขนาด 1-10 ml., Germany)

3.5.13 เครื่องบดเนื้อ (Seven Five OC 572, Thailand)

3.5.14 เครื่องผนึกปากถุง (Hand Processing destop Sealer รุ่น PFS-200, Thailand)

3.5.15 เครื่องกรอง (suction WJ-20, Japan)

3.5.16 เครื่องตรวจนับโคโลนี (Funke Gerber รุ่น colony- star, Germany)

3.5.17 ตู้ฆ่าเชื้อด้วยรังสีเหนือม่วง (Clean Air รุ่น CLF 460EC, Belgium)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.18 ตู้แช่แข็ง

3.5.19 ห้องแช่เย็น

3.5.20 ตู้บ่มเชื้อ 30 องศาเซลเซียส

3.5.21 ตู้บ่มเชื้อ 42 องศาเซลเซียส

3.5.22 เครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น

3.5.23 ถุงพลาสติกสุญญากาศขนาด 9×14 นิ้ว (บริษัท กิจถาวรพลาสติก จำกัด)

3.6 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.7 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

ตุลาคม 2550 – กุมภาพันธ์ 2551

แผนการดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.ค้นคว้าและเก็บรวบรวมข้อมูล	←	—	—	—	→
2.วางแผนการทดลอง	←	—	→		
3.ดำเนินการทดลอง		←	—	—	→
4.รวบรวมผลการทดลอง สรุปและวิเคราะห์วิจารณ์ผลการทดลอง		←	—	—	→
5.จัดทำรูปเล่มปัญหาพิเศษ				←	→

3.8 ขั้นตอนวิธีการทดลอง

3.8.1 ผลของการใช้เชื้อแอคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นในการผลิตแหนม

3.8.1.1 เตรียมเชื้อแบคทีเรียแลกติก *P. pentosaceus* TISTR 536โดยถ่ายเชื้อบริสุทธิ์ลงใน MRS broth นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง โดยทำต่อเนื่องกันสองครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.1.2 ผลิตแหนมโดยแบ่งเป็น 2 สูตรคือ สูตรที่มีการเติมกล้าเชื้อแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น และไม่มีการเติมเชื้อแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น ซึ่งหนังหมูที่ใช้จะบดผ่านรูตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เตรียมส่วนผสมในแต่ละสูตรตามปริมาณที่แสดงในตารางที่ 3.1 ในสูตรที่ไม่มีการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นนั้นให้นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมกันประมาณ 1 นาทีและทำการบรรจุทันที แต่ถ้าเป็นสูตรที่มีการเติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ให้มีการผสมส่วนผสมทั้งหมดก่อนประมาณ 1 นาที จากนั้นจึงเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นลงไป ผสมให้เข้ากันอีก 1 นาที ให้แต่ละแท่งมีความยาวประมาณ 6 นิ้ว รีดอากาศออกให้หมด มัดหัว-ท้ายให้แน่น นำไปบรรจุถุงแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียสแล้วเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุก 2 ชั่วโมงหลังการอบ คือ ชั่วโมงที่ 2 ,4 ,6 และ 8

3.8.1.3 ศึกษาผลของการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นต่อแหนมที่ผลิตทางการค้า โดยนำแหนมมาจากโรงงานแบ่งเป็น 2 สูตร คือสูตรที่มีการเติมกล้าเชื้อแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น และไม่มีการเติมเชื้อแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น ซึ่งสูตรที่ไม่มีการเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นนั้นให้นำแหนมที่นำมานั้นคลุกผสมกันประมาณ 1 นาที แต่ถ้าเป็นสูตรที่มีการเติมกล้าเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น ให้มีการคลุกผสมก่อนประมาณ 1 นาที จากนั้นจึงเติมเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นลงไป ผสมให้เข้ากันอีก 1 นาที ซึ่งแต่ละสูตรนั้นจะมีการทำแหนมตุ้มจิ๋วและแหนมอัดแท่ง โดยให้แต่ละแท่งมีความยาวประมาณ 6 นิ้ว รีดอากาศออกให้หมด มัดหัว-ท้ายให้แน่น ส่วนแหนมตุ้มจิ๋วใส่ถุงขนาด 3×5 นิ้ว ชั่งให้ได้น้ำหนักประมาณ 25 กรัมต่อ 1 ถุง ไล่อากาศโดยการมัดปากถุงให้แน่น นำไปบรรจุถุงแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียสแล้วเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุก 2 ชั่วโมงหลังการอบ คือ ชั่วโมงที่ 2 ,4 ,6 และ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงส่วนผสมในการผลิตแหนม

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
เนื้อหมู	650
หนังหมู	350
ข้าวสุก	60
กระเทียม	50
เกลือ	25
น้ำตาล	5
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	3
โซเดียมแอสคอเบส	0.5
โซเดียมไนไตรต์	0.1

ที่มา: อดิศร และคณะ (2542)

3.8.2 เปรียบเทียบการยอมรับของแหนมทางด้านเคมี จุลชีววิทยา ตลอดจนเนื้อสัมผัสของแหนมที่หมักแบบธรรมชาติ และหมักด้วยกล้าเชื้อ

3.8.2.1 การวิเคราะห์ทางด้านเคมี (ดัดแปลงจาก AOAC., 1984; นภา, 2529)

3.8.2.1.1 วิเคราะห์หาปริมาณกรดแลกติก ชั่งตัวอย่างแหนม 3 กรัม บดให้ละเอียดเติมน้ำกลั่นที่ต้มไล่ CO_2 50 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรองนำน้ำใสที่ได้เติมสารละลาย ฟีนอฟทาลีน 2-3 หยด ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.1 NaOH จนกระทั่งถึงจุด end point เกิดสีชมพูคำนวณหาปริมาณกรดแลคติกตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดแลคติก} = \frac{N \times V \times 90.01 \times 100}{1{,}000 \times \text{กรัมของตัวอย่าง}}$$

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH

V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH ที่ใช้ในการไตเตรท

3.8.2.1.2 การวัดค่าพีเอช นำตัวอย่างแหนม 20 กรัม มาบดให้ละเอียด เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันวัดด้วยเครื่องวัด pH meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.2.2 การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา

3.8.2.2.1 ตรวจหาเชื้อ *Salmonella* ในแหนมโดยวิธี salmosyst

(ดัดแปลงจาก AOAC., 1984; Swetwiwathana et al, 1999) โดยนำตัวอย่างแหนม 25 กรัม ใส่ลงใน salmosyst broth base (SB) 225 มิลลิลิตร นำไปบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมงจากนั้นถ่ายเชื้อจาก (SB) 10 มิลลิลิตร ลงในหลอดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วทำการเติม Salmosyst selective supplement tablet (SBST) เม็ด ทำการเขย่าให้เม็ด SBST ละลายในSB ให้หมดบ่มหลอดที่มี SBST+SB ที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง นำไปเขี่ยเพาะเชื้อลงบนอาหารแข็ง XLD agar และ MSRVบ่มเชื้อที่เขี่ยลงบนอาหารแข็ง XLD agar ที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส และ MSRV ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง จากนั้นนำโคโลนีที่สงสัยว่าเป็นซัลโมเนลลาทดสอบทางชีวเคมีและคุณสมบัติทางเซโรโลยีส่งกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ตรวจเพื่อหาเซโรไทป์ของซัลโมเนลลา

3.8.2.2.2 การวิเคราะห์เชื้อ Lactic acid bacteria (LAB) ชั่งตัวอย่างแหนม 25 กรัมนำไปใส่ใน Peptone water ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ในถุงสเตอร์ไรด์ นำไปตีด้วยเครื่อง Stomacher ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวจะได้สารละลายตัวอย่าง 1:10 จากนั้นทำการเจือจางต่อแบบ 10 fold dilution จนได้ความเจือจาง $1:10^2$ จนถึง $1:10^7$ โดยดูดสารละลายจากถุงสเตอร์ไรด์มา 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มี Peptone water อยู่ 9 มิลลิลิตร ทำการเจือจางต่อจนได้ความเจือจางในระดับ $1:10^7$ ใช้ปิเปตดูดสารจาก ทุกระดับความเจือจางมา 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในเพลทที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar + $CaCO_3$ 0.5 % ทำการ Spread plate นำ plate ที่ทำการ spread plate แล้วไปบ่มใน Candle jar เก็บในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมานับเชื้อโดยตรวจนับโคโลนีที่มีโซนใสรอบโคโลนี

3.8.2.3. การวิเคราะห์การยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส

ใช้ผู้ทดสอบจำนวน30 คนดำเนินการทดสอบโดยใช้การทดลองแบบ (RCBD)

1. การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Paired Comparison Method ให้ผู้ชิมเปรียบเทียบว่า ตัวอย่าง 2 ตัวอย่างแตกต่างกันหรือไม่

2. การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic Scaling ผู้ชิมประเมินผลในด้าน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ซึ่งแบ่งออกเป็น 7ระดับ 7 = ชอบมากที่สุด และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติใช้ตาราง (ANOVA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นในการผลิตแหนม

4.1.1 ค่าพีเอชและเปอร์เซนต์กรดแลคติกของผลิตภัณฑ์แหนม

แหนมเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักพื้นบ้านที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ซึ่งกระบวนการหมักที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากแบคทีเรียแลคติกที่มีอยู่ในธรรมชาติที่ปนเปื้อนมาจากเนื้อสัตว์และเครื่องปรุงต่างๆที่จะทำให้เกิดกลิ่นรสเฉพาะของแหนม ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถสลายน้ำตาลให้กลายเป็นกรดแลคติก ซึ่งส่งผลให้ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ลดลงด้วย และเนื่องจากการศึกษานี้ได้ศึกษาแนวโน้มความเป็นไปได้ของการผลิตแหนมกึ่งแห้งจากสูตรปกติซึ่งพรพิมล (2548) ได้เคยศึกษาไว้ โดยผู้วิจัยได้ทำการอบแหนมที่หมักครบ 3 วัน จากสูตรแหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลค ติกบริสุทธิ์เริ่มต้นและสูตรที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และพบว่าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น คือ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 ไม่หลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์หลังจากอบจึงทำให้ผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้งดังกล่าวไม่มีคุณสมบัติของเชื้อโปรไบโอติกหลงเหลืออยู่

การศึกษานี้จึงได้ศึกษาผลของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นในการผลิตแหนม โดยหมักแหนมเป็นเวลา 3 วันระหว่างแหนมสูตรปกติที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นและหมักโดยวิธีธรรมชาติ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสและ 55 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลอง ได้ทำการศึกษาเปอร์เซนต์กรดแลคติกที่พบในผลิตภัณฑ์ระหว่างแหนมที่หมักโดยกระบวนการทางธรรมชาติ และแหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น คือ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 พบว่า แหนมที่เติมกล้าเชื้อเริ่มต้นจะมีปริมาณกรดแลคติกมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ โดยในวันที่ 3 ของการหมักจะมีปริมาณกรดแลคติกที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1) ซึ่งการทดลองดังกล่าวให้ผลเช่นเดียวกับ ไพโรจน์ (2533) และ พรพิมล (2548) ทั้งนี้เนื่องจากการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นทำให้จำนวนเชื้อของแบคทีเรียแลคติกมีมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ ส่งผลให้สามารถเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตจากกระบวนการหมักให้เป็นกรดแลคติกได้มากกว่า ดังนั้นแหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นจึงมีปริมาณกรดแลคติกมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

การทดลอง	ระยะเวลาหมัก (วัน)		ระยะเวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)			
(องศาเซลเซียส)	วันที่ 0	วันที่ 3	อบ 2 hr	อบ 4 hr	อบ 6 hr	อบ 8 hr
N บด (50)	0.50	0.84	1.07	1.32	1.15	1.20
N บด (55)	0.50	0.80	1.02	1.18	1.16	1.24
S บด (50)	0.61	0.86	1.11	1.30	1.32	1.28
S บด (55)	0.71	1.03	1.16	1.24	1.34	1.53
N คลุก (50)	0.50	0.84	1.08	1.15	1.16	1.30
N คลุก (55)	0.55	0.81	1.03	1.11	1.21	1.33
S คลุก (50)	0.72	0.88	1.10	1.13	1.26	1.24
S คลุก (55)	0.80	1.03	1.09	1.17	1.20	1.33

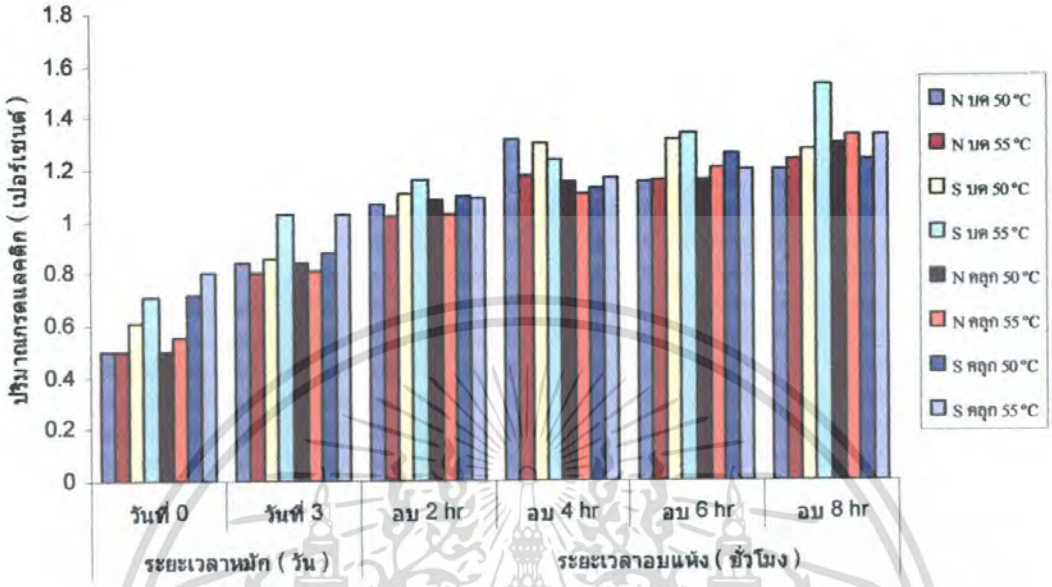
หมายเหตุ : N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

บด หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ผ่านการบดละเอียด

คลุก หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ไม่ผ่านการบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

หมายเหตุ : N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 *cfu/g*

บด หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ผ่านการบดละเอียด

คลุก หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ไม่ผ่านการบด

หลังจากหมักแหนมเป็นเวลา 3 วันแล้วนำผลิตภัณฑ์แหนมที่ได้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณกรดแลคติกมีค่าเพิ่มขึ้นทั้งในแหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์และแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ แต่การอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ปริมาณกรดแลคติกแตกต่างจากการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเล็กน้อย กล่าวคือ แหนมที่อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณกรดแลคติกมากกว่าแหนมที่อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์จึงทำให้ปริมาณเนื้อสารมีมากขึ้นส่งผลให้มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่การผลิตแหนมแบบการบดส่วนผสมและไม่บดส่วนผสม (คลุก) ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

การทดลอง (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาหมัก (วัน)		ระยะเวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)			
	วันที่ 0	วันที่ 3	อบ 2 hr	อบ 4 hr	อบ 6 hr	อบ 8 hr
N บด (50)	5.94	4.58	4.80	5.52	4.77	4.78
N บด (55)	6.05	4.69	4.72	4.76	4.73	4.75
S บด (50)	6.04	4.68	4.77	4.74	4.70	4.65
S บด (55)	5.40	4.66	4.66	4.67	4.65	4.71
N คลุก (50)	6.30	4.80	4.82	4.81	4.78	4.82
N คลุก (55)	6.01	4.81	4.84	4.83	4.86	4.81
S คลุก (50)	6.07	4.82	4.69	4.78	4.86	4.69
S คลุก (55)	6.01	4.76	4.73	4.81	4.77	4.81

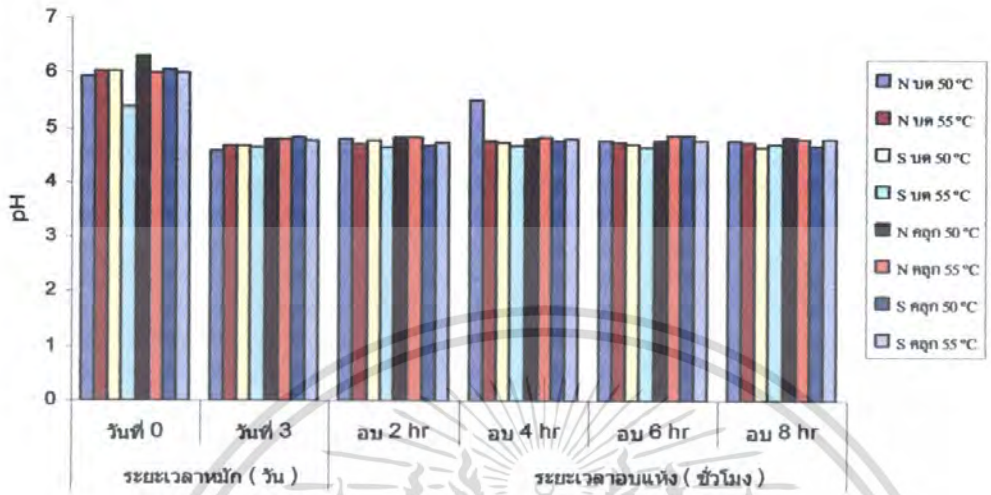
หมายเหตุ : N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

บด หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ผ่านการบดละเอียด

คลุก หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ไม่ผ่านการบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

หมายเหตุ : N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

บด หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ผ่านการบดละเอียด

คลุก หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ไม่ผ่านการบด

นอกจากการศึกษาเปอร์เซนต์กรดแลคติกแล้ว ยังได้ทำการศึกษาค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์ระหว่างแหนมที่หมักโดยกระบวนการทางธรรมชาติ และแหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นอีกด้วย ซึ่งพบว่า เมื่อหมักแหนมครบ 3 วัน ค่าพีเอชของแหนมจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยแหนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นและแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติจะมีค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกันมากนัก (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2) หลังจากหมักแหนมเป็นเวลา 3 วันแล้วนำผลิตภัณฑ์แหนมที่ได้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส พบว่า พีเอชมีค่าลดลงแต่ไม่แตกต่างกันมากนักทั้งในแหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์และแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ แต่การอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าพีเอชแตกต่างจากการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเล็กน้อย กล่าวคือ แหนมที่อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจะมีค่าพีเอชที่ต่ำกว่าอบที่อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และแหนมที่ผลิตแบบบดส่วนผสมจะมีค่าพีเอชที่ต่ำกว่าแหนมที่ไม่บดส่วนผสม (คลุก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ คือ ค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ โดยจากการศึกษาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ พบว่า แหนมที่หมักแล้วเป็นเวลา 3 วัน มีค่าแอคติวิตี้ที่ไม่แตกต่างจากแหนมที่หมักในวันที่ 0 ทั้งในแหนมที่หมักโดยการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์เริ่มต้นและแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ (ตารางที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

การทดลอง	ระยะเวลาหมัก (วัน)		ระยะเวลาอบแห้ง(ชั่วโมง)			
(องศาเซลเซียส)	วันที่ 0	วันที่ 3	อบ 2 hr	อบ 4 hr	อบ 6 hr	อบ 8 hr
N บค (50)	0.98	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98
N คลุก (50)	0.98	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98
S บค (50)	0.97	0.97	0.97	0.98	0.97	0.97
S คลุก (50)	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99
N บค (55)	0.98	0.97	0.97	0.98	0.98	0.97
N คลุก (55)	0.98	0.97	0.99	0.98	0.98	0.99
S บค (55)	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98
S คลุก (55)	0.98	0.97	0.99	0.98	0.99	0.98

หมายเหตุ : N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

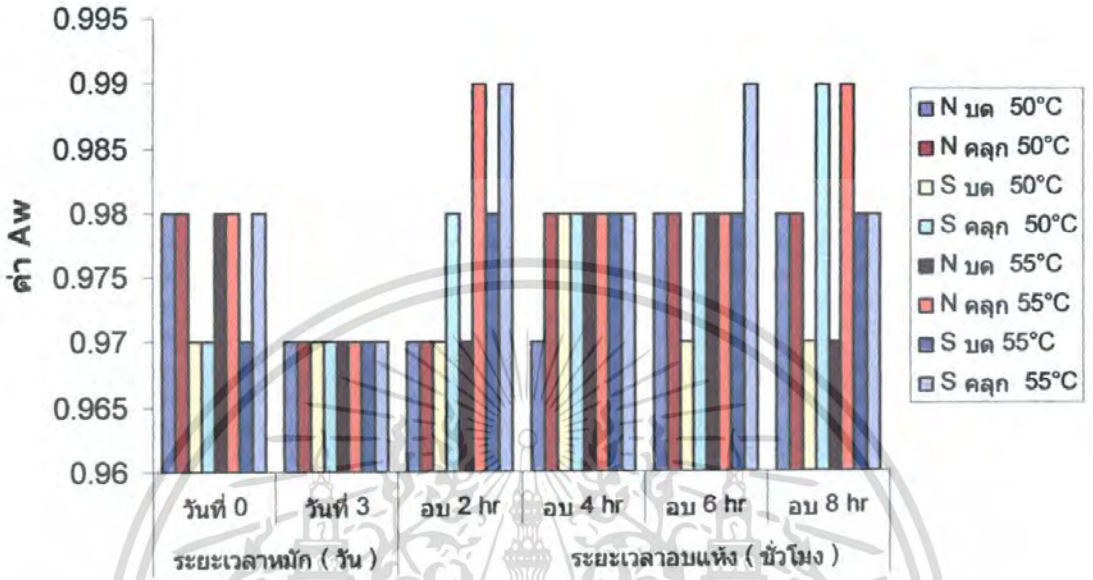
บค หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ผ่านการบดละเอียด

คลุก หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ไม่ผ่านการบด

เมื่อนำแหนมที่หมักครบ 3 วันแล้วมาอบแห้ง พบว่า ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ไม่แตกต่างจากวันที่ 3 ของการหมัก ทั้งนี้การอบด้วยเครื่องอบลมร้อนทำให้ผิวสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้านนอกแห้งและแข็งกระด้างส่งผลให้น้ำที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์ไม่สามารถระเหยออกมาได้นั้นเอง ดังนั้นค่าวอเตอร์แอคติวิตี้จึงมีค่าไม่แตกต่างไปจากเดิม นอกจากนี้ยังพบว่า แหนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริสุทธิ์เริ่มต้นและแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ไม่แตกต่างกันแต่อย่างใด



ภาพที่ 4.3 : ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

หมายเหตุ : N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

บด หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ผ่านการบดละเอียด

คลุก หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ไม่ผ่านการบด

4.1.3 ผลการวิเคราะห์การหลงเหลือของเชื้อ Lactic acid Bacteria (LAB)

เชื้อแบคทีเรียแลคติกที่หลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้งนั้นเป็นเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ นอกจากยับยั้ง ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียและยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคแล้ว ยังก่อให้เกิดผลดีต่อร่างกายของผู้บริโภคโดยเฉพาะในระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นการหลงเหลือของเชื้อแบคทีเรียแลคติก จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการผลิตแหนมกึ่งแห้ง เนื่องความร้อนที่ใช้อบแหนมอาจทำให้เชื้อได้รับผลกระทบและมีปริมาณที่ลดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณ Lactic acid Bacteria ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

การทดลอง (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาหมัก (วัน)		ระยะเวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)			
	วันที่ 0	วันที่ 3	อบ 2 hr	อบ 4 hr	อบ 6 hr	อบ 8 hr
N บด (50)	5.17	8.34	8.49	8.72	8.43	8.51
N บด (55)	6.17	8.67	8.43	8.60	8.49	8.25
S บด (50)	7.11	9.27	9.10	8.90	8.58	8.81
S บด (55)	6.64	9.08	8.92	8.20	8.00	7.41
N คลุก (50)	6.64	8.81	8.34	8.42	8.45	8.37
N คลุก (55)	6.05	8.54	8.70	7.66	8.16	7.88
S คลุก (50)	6.16	8.91	8.85	9.00	9.12	8.62
S คลุก (55)	6.35	8.84	8.40	8.65	8.21	7.48

หมายเหตุ : หน่วยของปริมาณ Lactic acid Bacteria คือ cfu /g

N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

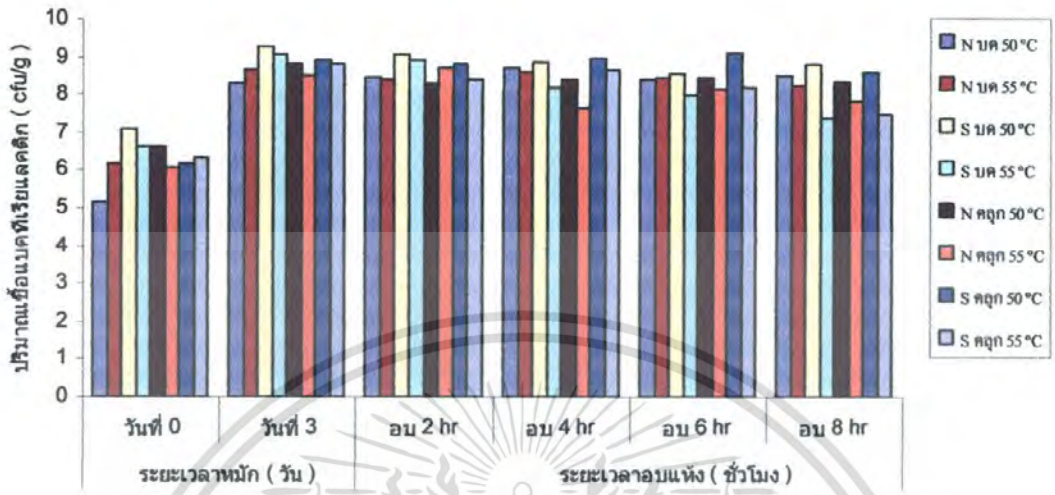
S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

บด หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ผ่านการบดละเอียด

คลุก หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ไม่ผ่านการบด

จากการศึกษา พบว่า การอบแหนมโดยใช้อุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง นั้นยังมีเชื้อแบคทีเรียแลคติกหลงเหลืออยู่ประมาณ 10^7-10^8 cfu/g ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้งมีคุณสมบัติของเชื้อโปรไบโอติกอยู่ โดยแหนมที่อบอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียแลคติกมากกว่าแหนมที่อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.4) ดังนั้นจึงสามารถอบแหนมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียสได้ เนื่องจากยังมีการหลงเหลือของเชื้อแบคทีเรียแลคติกอยู่ซึ่งทำให้เกิดประโยชน์ต่อผู้บริโภคอย่างแท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณ Lactic acid Bacteria ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

หมายเหตุ : หน่วยของปริมาณ Lactic acid Bacteria คือ cfu /g

N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

บด หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ผ่านการบดละเอียด

คลุก หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ไม่ผ่านการบด

4.1.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

เชื้อซัลโมเนลลาเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่นับว่ามีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นเชื้อที่ให้โทษแก่ผู้บริโภค ซึ่งในปัจจุบันแหนมยังประสบปัญหาการพบเชื้อชนิดนี้หลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์อยู่มาก โดยเชื้อซัลโมเนลลาเป็นเชื้อที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษที่เรียกว่า โรคซัลโมเนลโลซีส (Salmonellosis) เนื่องจากบริโภคอาหารหรือน้ำที่มีการปนเปื้อนของเชื้อเข้าไป ผ่านทางเดินอาหาร โดยความรุนแรงของอาการจะแตกต่างกันไปตามปริมาณของเชื้อ สายพันธุ์ และความต้านทานของผู้บริโภค ระยะฟักตัวของโรคนี้ประมาณ 12-36 ชั่วโมง อาการที่สำคัญ คือ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง และท้องเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษา พบว่า การเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นและการใช้ความร้อนอบแหนมสามารถลดปริมาณเชื้อซัลโมเนลลาลงได้ โดยพบว่า แหนมที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียแลกติกบริสุทธิ์เริ่มต้นนั้นมีปริมาณเชื้อซัลโมเนลลาลดลงและไม่พบเชื้อนี้ในชั่วโมงที่ 4 ของการอบ ในขณะที่แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติยังคงพบอยู่ แต่ในชั่วโมงที่ 6 ของการอบปริมาณเชื้อซัลโมเนลลาก็ลดลงและไม่พบเชื้อนี้เช่นกัน (ตารางที่ 4.5) นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแหนมก็มีผลต่อการลดลงของเชื้อซัลโมเนลลาเช่กัน คือ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสสามารถทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้ดีกว่า โดยสามารถทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้เมื่ออบแหนมเป็นเวลา 6 ชั่วโมงในแหนมที่หมักโดยวิธีทางธรรมชาติ และ 4 ชั่วโมงในแหนมที่หมักโดยการเติมเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์เริ่มต้น ในขณะที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสไม่สามารถทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้แต่สามารถลดปริมาณเชื้อซัลโมเนลลาลงได้ สาเหตุที่ยังมีเชื้อซัลโมเนลลาหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์เนื่องจากเนื้อหมูที่ขายตามท้องตลาดทั่วไปยังพบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อซัลโมเนลลาค่อนข้างมาก (อดิศรและคณะ.2548) ดังนั้นเมื่อนำเนื้อหมูดังกล่าวมาผลิตแหนมจึงทำให้มีเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์ด้วยซึ่งหากมีในปริมาณมากความร้อนที่ใช้ในการอบแหนมจึงไม่สามารถทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้หมดเพียงแต่สามารถลดปริมาณลงได้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการตรวจเชื้อซัลโมเนลลาในระหว่างการผลิตแหนมกึ่งแห้ง

ระยะเวลาในการผลิตแหนมกึ่งแห้ง	การตรวจพบเชื้อซัลโมเนลลา							
	หมักโดยวิธีธรรมชาติ (องศาเซลเซียส)				หมักโดยการเติมเชื้อ *P. pentosaceus* TISTR 536 (องศาเซลเซียส)			
	บด (50)	บด (55)	คลุก (50)	คลุก (55)	บด (50)	บด (55)	คลุก (50)	คลุก (55)
หมัก 0 วัน	+	+	+	+	+	+	+	+
หมัก 3 วัน	+	+	+	+	+	+	+	+
อบแห้ง 2 ชั่วโมง	+	+	+	+	+	+	+	+
อบแห้ง 4 ชั่วโมง	+	+	+	+	+	-	-	+
อบแห้ง 6 ชั่วโมง	+	-	+	-	+	-	-	+
อบแห้ง 8 ชั่วโมง	+	-	+	-	+	-	-	-

หมายเหตุ : บด หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ผ่านการบดละเอียด

คลุก หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ไม่ผ่านการบด

\+ หมายถึง พบเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์

\- หมายถึง ไม่พบเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์

4.1.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

ผลการทดสอบการอบแหนมกึ่งแห้งที่หมักครบ 3 วัน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 4 6 และ 8 ชั่วโมง พบว่า แหนมที่อบเป็นเวลา 6 ชั่วโมงมีลักษณะที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส นอกจากนี้ปริมาณเชื้อซัลโมเนลลายังลดลงในปริมาณมากซึ่งยังคงหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังกล่าว ได้ทำการทดสอบกับผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยแบ่งคะแนนความชอบออกเป็น 7 ระดับ ในด้านลักษณะปรากฏ คือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

ชนิดของแหนม (องศาเซลเซียส)	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
N บด (50)	4.68 ± 1.03^{ns}	3.76 ± 1.48^{ns}	4.04 ± 1.31^{ns}	3.92 ± 1.26^{ns}	4.16 ± 1.07^{abc}
N บด (55)	4.52 ± 1.39^{ns}	4.20 ± 1.47^{ns}	4.08 ± 1.61^{ns}	4.20 ± 1.41^{ns}	4.28 ± 1.54^{abc}
S บด (50)	4.36 ± 1.25^{ns}	4.04 ± 1.49^{ns}	4.28 ± 1.40^{ns}	4.68 ± 1.18^{ns}	4.68 ± 1.07^{ab}
S บด (55)	4.36 ± 1.22^{ns}	4.08 ± 1.19^{ns}	4.76 ± 1.39^{ns}	4.44 ± 1.56^{ns}	4.72 ± 1.17^{a}
N คลุก (50)	4.36 ± 1.29^{ns}	3.84 ± 1.57^{ns}	3.68 ± 1.35^{ns}	3.96 ± 1.57^{ns}	4.16 ± 1.28^{abc}
N คลุก (55)	4.52 ± 1.56^{ns}	3.76 ± 1.17^{ns}	4.12 ± 1.48^{ns}	3.84 ± 1.52^{ns}	4.04 ± 1.24^{bc}
S คลุก (50)	4.60 ± 1.19^{ns}	4.56 ± 1.53^{ns}	4.32 ± 1.11^{ns}	3.92 ± 1.41^{ns}	4.52 ± 1.33^{abc}
S คลุก (55)	4.16 ± 1.75^{ns}	3.88 ± 1.48^{ns}	4.16 ± 1.70^{ns}	4.08 ± 1.38^{ns}	3.92 ± 1.71^{c}

หมายเหตุ : *a,b,c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

*ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

บด หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ผ่านการบดละเอียด

คลุก หมายถึง แหนมที่มีส่วนผสมของข้าวสุก และกระเทียมที่ไม่ผ่านการบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคมีความชื่นชอบแหนมที่เติมการเชื้อแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นในการหมัก (ตารางที่ 4.6) โดยความชอบทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสระหว่างแหนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นและแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์นั้น ผู้บริโภคมีความชื่นชอบแหนมที่เติมกล้าเชื้อมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแหนมที่ผู้บริโภคชื่นชอบมากที่สุด คือ แหนมที่หมักโดยการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นซึ่งมีการบดส่วนผสมและอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส (S บด (55))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นในการผลิตแหนมกึ่งแห้งโดยใช้ตัวอย่างแหนมจากโรงงาน

4.2.1 ค่าพีเอชและเปอร์เซนต์กรดแลคติกของผลิตภัณฑ์แหนม

ตัวอย่างแหนมที่ทำการศึกษาครั้งนี้เป็นแหนมจากผู้ประกอบการโรงงานผลิตแหนม โดยแหนมจะมีลักษณะสีแดงสด หนังหมูเป็นเส้นบางๆและได้คลุกเคล้าส่วนผสมตามสูตรของโรงงานแล้ว จากนั้นจึงนำมาเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น คือ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 และบรรจุแบบแท่งและดุ้มจิ๋ว หมักไว้ 3 วัน แล้วทำการศึกษาเช่นเดียวกับแหนมที่ได้ทำขึ้นเอง ซึ่งจากกการทดลอง ได้ทำการศึกษาค่าเปอร์เซนต์กรดแลคติกที่พบในผลิตภัณฑ์ระหว่างแหนมที่หมักโดยกระบวนการทางธรรมชาติ และแหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลค ติกบริสุทธิ์เริ่มต้น พบว่า แหนมที่เติมกล้าเชื้อเริ่มต้นจะมีปริมาณกรดแลคติกมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ โดยในวันที่ 2 และ 3 ของการหมักจะมีปริมาณกรดแลคติกที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4.7 และ ภาพที่ 4.5) ทั้งนี้เนื่องจากการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นทำให้จำนวนเชื้อของแบคทีเรียแลคติกมีมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ ส่งผลให้สามารถเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตจากกระบวนการหมักให้เป็นกรดแลคติกได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน)

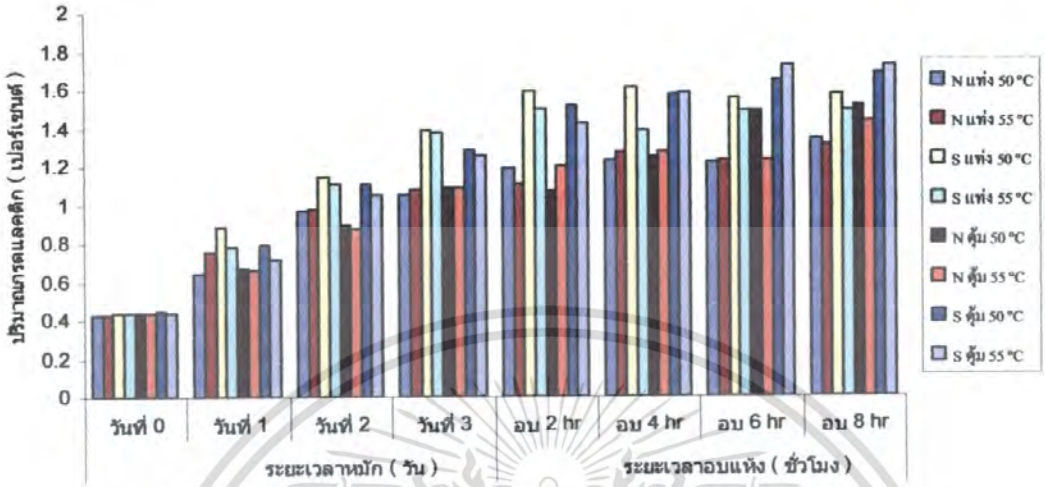
การทดลอง	ระยะเวลาหมัก (วัน)				ระยะเวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)			
(องศาเซลเซียส)	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	อบ 2 hr	อบ 4 hr	อบ 6 hr	อบ 8 hr
N แท่ง (50)	0.43	0.64	0.97	1.05	1.19	1.23	1.22	1.34
N แท่ง (55)	0.43	0.75	0.98	1.08	1.11	1.27	1.23	1.31
S แท่ง (50)	0.44	0.88	1.14	1.39	1.59	1.61	1.55	1.57
S แท่ง (55)	0.44	0.78	1.11	1.38	1.50	1.39	1.49	1.49
N ตุ้ม (50)	0.44	0.67	0.89	1.09	1.07	1.25	1.49	1.52
N ตุ้ม (55)	0.44	0.66	0.87	1.09	1.20	1.27	1.23	1.43
S ตุ้ม (50)	0.45	0.79	1.11	1.28	1.52	1.57	1.65	1.68
S ตุ้ม (55)	0.44	0.72	1.05	1.26	1.42	1.58	1.72	1.72

หมายเหตุ : N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

แท่ง หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบแท่ง

ตุ้ม หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบตุ้มจิ้ว



ภาพที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์แหนมถึงแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน)

หมายเหตุ : N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

แห่ง หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบแห่ง

ตุ้ม หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบตุ้มจิ๋ว

ดังนั้นแหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นจึงมีปริมาณกรดแลคติกมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีทางธรรมชาติ หลังจากหมักแหนมเป็นเวลา 3 วันแล้วนำผลิตภัณฑ์แหนมที่ได้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณกรดแลคติกมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก คือ แหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์จะมีปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบว่า แหนมมีที่อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณกรดแลคติกที่น้อยกว่าแหนมที่อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากการอบแห้งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ปริมาณเนื้อสารมีมากขึ้นส่งผลให้มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นด้วย และการบรรจุแหนมยังมีผลต่อปริมาณกรดแลคติกด้วยโดยแหนมที่บรรจุแบบตุ้มจิ๋วจะมีปริมาณกรดแลคติกหลังจากการหมักและอบแห้งมากกว่าแหนมที่บรรจุแบบแห่งอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากการบรรจุแบบตุ้มจิ๋วอาจมีการบรรจุที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แน่นกว่าแบบแท่งจึงมีสภาวะในการหมักที่เหมาะสมต่อเชื้อแบคทีเรียแลคติกทำให้กระบวนการหมักได้ดีกว่าการบรรจุแบบแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน)

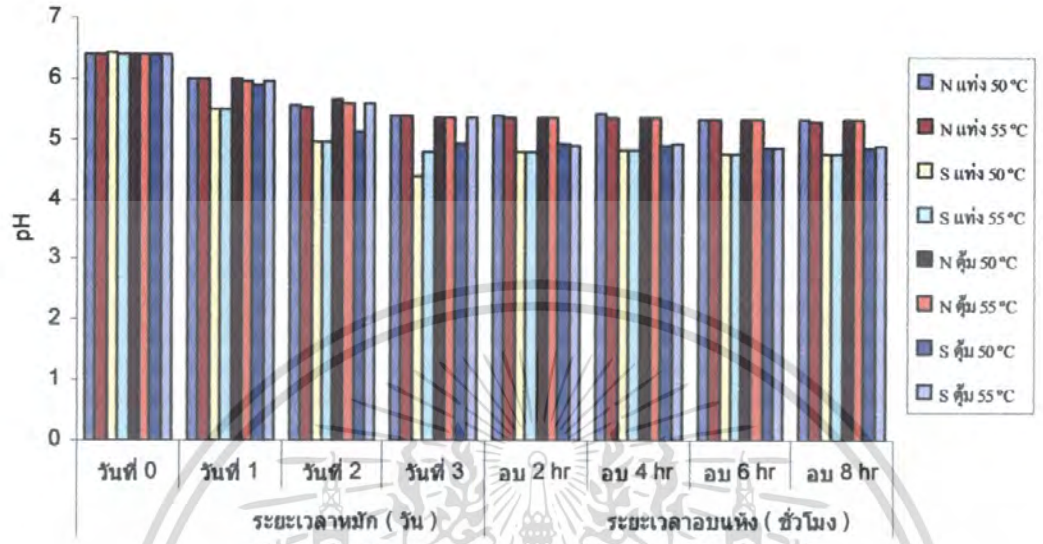
การทดลอง	ระยะเวลาหมัก (วัน)				ระยะเวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)			
(องศาเซลเซียส)	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	อบ 2 hr	อบ 4 hr	อบ 6 hr	อบ 8 hr
N แท่ง (50)	6.39	6.00	5.57	5.40	5.40	5.42	5.32	5.31
N แท่ง (55)	6.41	6.00	5.52	5.40	5.37	5.37	5.31	5.30
S แท่ง (50)	6.42	5.49	4.96	4.38	4.80	4.81	4.75	4.77
S แท่ง (55)	6.41	5.48	4.96	4.80	4.79	4.81	4.74	4.75
N ตุ้ม (50)	6.41	6.00	5.65	5.35	5.36	5.36	5.33	5.34
N ตุ้ม (55)	6.40	5.97	5.60	5.37	5.37	5.36	5.32	5.32
S ตุ้ม (50)	6.41	5.88	5.14	4.92	4.92	4.89	4.87	4.87
S ตุ้ม (55)	6.40	5.97	5.60	5.37	4.90	4.91	4.87	4.88

หมายเหตุ : N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

แท่ง หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบแท่ง

ตุ้ม หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบตุ้มจิ๋ว



ภาพที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน)

หมายเหตุ : N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

แห้ง หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบแห่ง

ตุ้ม หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบตุ้มจิ๋ว

จากการทดลอง ได้ทำการศึกษาค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์ระหว่างแหนมที่หมักโดยกระบวนการทางธรรมชาติ และแหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้น พบว่าแหนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นจะมีค่าพีเอชลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 และ 3 ของการหมักซึ่งจะมีค่าพีเอชที่ต่ำกว่าแหนมที่หมักโดยธรรมชาติอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.6) หลังจากหมักแหนมเป็นเวลา 3 วันแล้วนำผลิตภัณฑ์แหนมที่ได้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส พบว่า พีเอชมีค่าลดลงและมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก คือ แหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์จะมีค่าพีเอชที่ลดต่ำลงกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

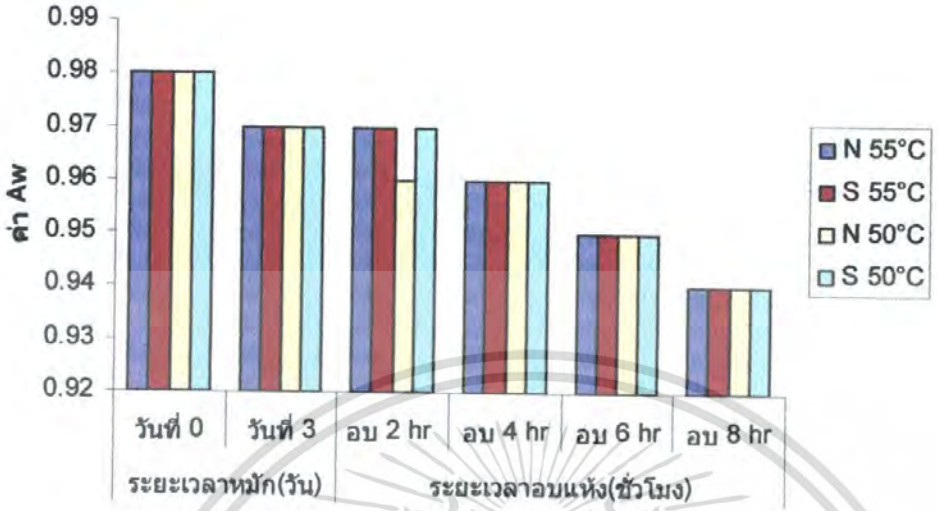
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ คือ ค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำอิสระที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ โดยจากการศึกษาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ พบว่า แหนมที่หมักแล้วเป็นเวลา 3 วัน มีค่าแอคติวิตี้ที่ไม่แตกต่างจากแหนมที่หมักในวันที่ 0 ทั้งในแหนมที่หมักโดยการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์เริ่มต้นและแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ (ตารางที่ 4.9 และ ภาพที่ 4.7)

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน)

การ ทดลอง (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาหมัก(วัน)		ระยะเวลาอบแห้ง(ชั่วโมง)			
	วันที่ 0	วันที่ 3	อบ 2 hr	อบ 4 hr	อบ 6 hr	อบ 8 hr
N (55)	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94
S (55)	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94
N (50)	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.94
S (50)	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94

หมายเหตุ : N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ
S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 : ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน)

หมายเหตุ : N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

เมื่อนำแหนมที่หมักครบ 3 วันแล้วมาอบแห้ง พบว่า ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มีค่าลดลง โดยหลังจากอบเป็นเวลา 8 ชั่วโมง พบว่า แหนมมีค่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากการระเหยของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ปริมาณน้ำของผลิตภัณฑ์ลดลงจากเดิม เนื่องจากแหนมที่นำมาจากโรงงานมีปริมาณหนังมากและมีส่วนผสมที่แตกต่างแหนมที่ได้ทำการศึกษาจึงให้ผลการทดลองของค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่า แหนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นและแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ไม่แตกต่างกันแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการวิเคราะห์การหลงเหลือของเชื้อ Lactic acid Bacteria (LAB)

เชื้อแบคทีเรียแลคติกที่หลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้งนั้นเป็นเชื้อที่มีประโยชน์ ซึ่งหากผู้บริโภคได้รับเข้าไปจะก่อให้เกิดผลดีต่อร่างกาย ดังนั้นการหลงเหลือของเชื้อแบคทีเรียแลคติก จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการผลิตแหนมกึ่งแห้ง เนื่องความร้อนที่ใช้อบแหนมอาจทำให้เชื้อได้รับผลกระทบและมีปริมาณที่ลดน้อยลง จากการศึกษา พบว่า ในวันแรกของการหมักปริมาณเชื้อแบคทีเรียแลกติกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและเริ่มลดลงในวันที่ 3 ของการหมัก เนื่องจาสภาพการหมักไม่เหมาะแก่การเจริญของเชื้อแบคทีเรียแลคติก กล่าวคือ กรดที่สร้างมากขึ้นทำให้ค่าพีเอชลดต่ำลงซึ่งส่งผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแลคติกเอง เมื่อหมักครบ 3 วัน จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ไปอบแห้ง พบว่า การอบแหนมโดยใช้อุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง นั้นยังมีเชื้อแบคทีเรียแลคติกหลงเหลืออยู่ประมาณ 10^{8}-10^{9} cfu/g โดยแหนมที่อบอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียแลคติกมากกว่าแหนมที่อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ดัง นั้นการอบแหนมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียสนั้นยังคงมีเชื้อแบคทีเรียแลคติกอยู่รอดในปริมาณค่อนข้างมากซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้บริโภคได้ (ตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณ Lactic acid Bacteria ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน)

การทดลอง	ระยะเวลาหมัก (วัน)				ระยะเวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)			
(องศาเซลเซียส)	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	อบ 2 hr	อบ 4 hr	อบ 6 hr	อบ 8 hr
N แท่ง (50)	5.78	8.43	8.57	8.38	8.84	8.66	8.64	8.79
N แท่ง (55)	5.78	8.43	8.56	8.26	8.40	8.64	7.88	8.78
S แท่ง (50)	6.23	8.85	8.87	8.63	9.14	8.71	8.58	8.81
S แท่ง (55)	6.23	8.78	8.95	8.72	9.00	8.57	8.76	8.8
N ตุ้ม (50)	5.28	8.50	8.33	8.45	8.74	8.85	8.68	8.61
N ตุ้ม (55)	5.28	8.41	8.31	8.58	8.66	8.44	8.67	8.59
S ตุ้ม (50)	6.33	8.65	8.99	8.89	9.27	8.92	9.05	9.05
S ตุ้ม (55)	6.33	8.82	8.50	8.18	8.98	8.91	9.01	8.88

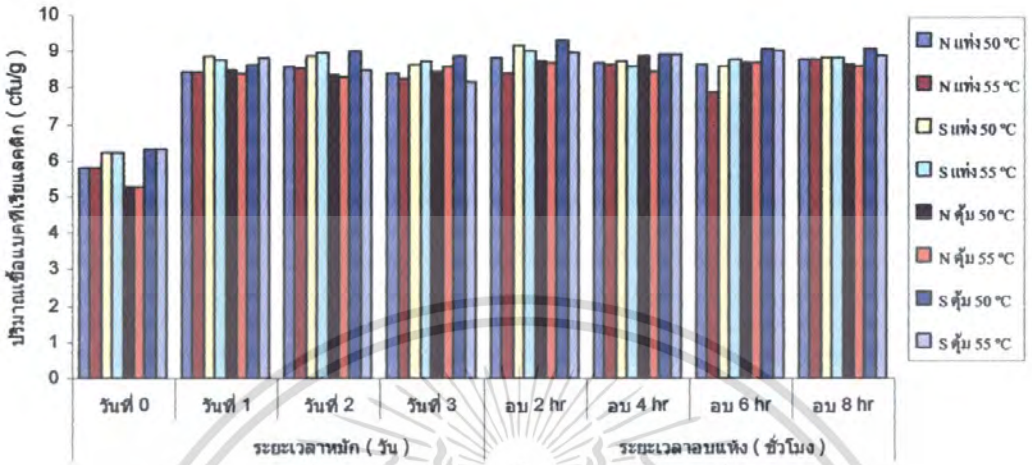
หมายเหตุ : หน่วยของปริมาณ Lactic acid Bacteria คือ cfu /g

N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

แท่ง หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบแท่ง

ตุ้ม หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบตุ้มจิ้ว



ภาพที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณLactic acid Bacteria ในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน)

หมายเหตุ : หน่วยของปริมาณ Lactic acid Bacteria คือ cfu /g

N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^6 cfu/g

แห่ง หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบแห่ง

ตุ้ม หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบตุ้มจิ๋ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

เชื้อซัลโมเนลลาเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่นับว่ามีความสำคัญมาก เนื่องจากเป็นเชื้อที่ให้โทษแก่ผู้บริโภค ซึ่งในปัจจุบันแหนมยังประสบปัญหาการพบเชื้อชนิดนี้หลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์อยู่มาก ซึ่งจากการศึกษา พบว่า การเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นและการใช้ความร้อนอบแหนมสามารถลดปริมาณเชื้อซัลโมเนลลาลงได้ โดยในวันที่ 0 ของการหมัก พบว่าแหนมที่นำมาทำการศึกษามีการปนเปื้อนของเชื้อซัลโมเนลลาอยู่ แต่หลังจากการหมักผ่านไป 3 วัน แหนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียบริสุทธิ์เริ่มต้นไม่พบเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์ แต่แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติยังพบเชื้อซัลโมเนลลาอยู่ แต่เมื่อนำมาอบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก็ไม่พบเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์เช่นกัน (ตารางที่ 4.11)ซึ่งการลดลงของเชื้อซัลโมเนลลาอย่างรวดเร็วเช่นนี้ เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ คือ เนื้อหมูซึ่งมีการชำแหละที่ถูกวิธีและควบคุมการปนเปื้อน นอกจากนี้อาจเนื่องมาจากส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตที่แตกต่างแหนมที่ทำการศึกษา ดังนั้นจึงมีการปนเปื้อนของเชื้อซัลโมเนลลาน้อย ส่งผลให้สามารถทำลายเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์ได้หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการตรวจเชื้อซัลโมเนลลาในระหว่างการผลิตแหนมกึ่งแห้ง (ตัวอย่างจากโรงงาน)

ระยะเวลาในการผลิตแหนมกึ่งแห้ง	การตรวจพบเชื้อซัลโมเนลลา							
	หมักโดยวิธีธรรมชาติ (องศาเซลเซียส)				หมักโดยการเติมเชื้อ *P. pentosaceus* TISTR 536(องศาเซลเซียส)			
	แท่ง (50)	แท่ง (55)	ตุ้ม (50)	ตุ้ม (55)	แท่ง (50)	แท่ง (55)	ตุ้ม (50)	ตุ้ม (55)
หมัก 0 วัน	+	+	+	+	+	+	+	+
หมัก 3 วัน	-	-	-	+	-	-	-	-
อบแห้ง 2 ชั่วโมง	-	-	-	+	-	-	-	-
อบแห้ง 4 ชั่วโมง	-	-	-	-	-	-	-	-
อบแห้ง 6 ชั่วโมง	-	-	-	-	-	-	-	-
อบแห้ง 8 ชั่วโมง	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : แท่ง หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบแท่ง

ตุ้ม หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบตุ้มจิ๋ว

\+ หมายถึง พบเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์

\- หมายถึง ไม่พบเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์

4.2.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

ผลการทดสอบการอบแหนมกึ่งแห้งที่หมักครบ 3 วัน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 4 6 และ 8 ชั่วโมง พบว่า แหนมที่อบเป็นเวลา 6 ชั่วโมงมีลักษณะที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส อีกทั้งยังไม่พบเชื้อซัลโมเนลลาปริมาณมาก ซึ่งหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้ผู้บริโภคได้รับความปลอดภัย โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังกล่าว ได้ทำการทดสอบกับผู้ทดสอบจำนวน 25 คน แบ่งเป็นพนักงานในโรงงานผลิตแหนมจำนวน 10 คน และบุคคลทั่วไปจำนวน 15 คน โดยแบ่งคะแนนความชอบออกเป็น 7 ระดับ ในด้านลักษณะปรากฏ คือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคมีความชื่นชอบแหนมที่เติมการเชื้อแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นในการหมัก (ตารางที่ 4.12) โดยความชอบทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสระหว่างแหนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นและแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผู้บริโภคชื่นชมลักษณะปรากฏของแหนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นมากกว่า นอกจากนี้ผู้บริโภคยังมีความชื่นชอบโดยรวมต่อแหนมที่เติมกล้าเชื้อมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแหนมที่ผู้บริโภคชื่นชมมากที่สุด คือ แหนมที่หมักโดยการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นซึ่งมีการบรรจุแบบแท่งและอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ55 องศาเซลเซียส (S แท่ง (50) และ S แท่ง (55))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้ง

ชนิดของแหนม (องศาเซลเซียส)	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
N แท่ง (50)	3.80±1.38^{b}	3.64±1.55^{b}	3.88±1.62^{cd}	3.88±1.51^{bc}	3.96±1.37^{bc}
Nแท่ง (55)	3.96±1.70^{b}	3.68±1.77^{b}	3.80±1.47^{cd}	4.04±1.34^{bc}	3.88±1.51^{bc}
S แท่ง (50)	5.16±1.41^{a}	4.84±1.18^{a}	5.16±1.18^{a}	4.92±1.47^{a}	5.12±1.05^{a}
S แท่ง (55)	5.48±0.96^{a}	4.72±1.28^{a}	4.92±1.22^{ab}	4.40±1.38^{ab}	5.12±0.97^{a}
N ตุ้ม (50)	4.12±1.92^{b}	4.08±1.58^{b}	4.00±1.58^{cd}	4.12±1.69^{b}	4.04±1.57^{bc}
N ตุ้ม (55)	3.52±1.83^{b}	3.64±1.71^{b}	3.40±1.68^{d}	3.32±1.77^{c}	3.44±1.73^{c}
S ตุ้ม (50)	4.04±1.46^{b}	3.96±1.49^{b}	4.36±1.50^{bc}	4.28±1.62^{ab}	4.20±1.35^{b}
S ตุ้ม (55)	3.92±1.66^{b}	3.84±1.57^{b}	3.48±1.90^{d}	3.68±1.91^{bc}	3.96±1.81^{bc}

หมายเหตุ : *a,b,c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

*ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

N หมายถึง แหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ

S หมายถึง แหนมที่หมักโดยเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 เริ่มต้นที่ 10^{6} cfu/g

แท่ง หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบแท่ง

ตุ้ม หมายถึง แหนมที่บรรจุแบบตุ้มจิ๋ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. แหนมที่เติมกล้าเชื้อแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นนั้นจะให้กรดแลคติกที่ในปริมาณที่มากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติหลังการหมัก และยังส่งผลให้ค่าพีเอชลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว เมื่อหมักครบ 3 วันและนำผลิตภัณฑ์ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณกรดแลคติกมีค่าเพิ่มขึ้น รวมถึงพีเอชก็มีค่าลดลงแต่ไม่แตกต่างกันมากนักทั้งในแหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์และแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ แต่แหนมที่อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณกรดแลคติกที่มากกว่าและค่าพีเอชที่ต่ำกว่าอบที่อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การผลิตแหนมแบบการบดส่วนผสมและไม่บดส่วนผสม (คลุก) ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน

แหนมตัวอย่างจากโรงงานเมื่อเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นแล้วพบว่า มีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นและค่าพีเอชและลดลงกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติเช่นกันและเมื่อนำมาอบที่อุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียส พบว่า แหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์จะมีปริมาณกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นและค่าพีเอชที่ลดต่ำลงกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งแหนมมีที่อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณกรดแลคติกที่น้อยกว่าและค่าพีเอชที่สูงกว่าอบที่อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การบรรจุแหนมมีผลต่อปริมาณกรดแลคติกค่าพีเอชโดยแหนมที่บรรจุแบบตุ้มจิ้วจะมีปริมาณกรดแลคติกหลังจากการหมักและอบแห้งมากกว่าแหนมที่บรรจุแบบแท่งอย่างชัดเจนรวมถึงค่าพีเอชที่ลดลงด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการบรรจุแบบแท่งอาจมีการบรรจุที่แน่นกว่าแบบแท่งจึงมีสภาวะในการหมักที่เหมาะสมต่อเชื้อแบคทีเรียแลคติกทำให้กระบวนการหมักเกิดได้ดีกว่าการบรรจุแบบแท่ง

2. แหนมที่นำมาอบแห้งแล้วยังพบว่ามีเชื้อแบคทีเรียแลคติกหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าหลังจากอบเป็นเวลา 8 ชั่วโมงแล้วยังมีการหลงเหลือของเชื้อแบคทีเรียแลกติกประมาณ 10^7-10^8 cfu/g ในแหนมที่ทำการศึกษา และ 10^8-10^9 cfu/g ในแหนมตัวอย่างจากโรงงาน และการอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสจะมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียแลคติกหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มากกว่าแหนมที่อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งการหลงเหลืออยู่ของเชื้อแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์ดีต่อผู้บริโภคเนื่องจากเชื้อแบคทีเรียแลคติกเป็นเชื้อที่มีผลดีต่อร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของแหนมกึ่งแห้ง พบว่า หลังจากหมักแหนมครบ 3 วัน ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของแหนมสดไม่แตกต่างจากวันที่ 0 คืออยู่ในช่วง 0.97 -0.99 และเมื่ออบแหนมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ยังคงมีค่าไม่แตกต่างไปจากเดิม เนื่องจากการอบทำให้ผิวสัมผัสด้านนอกแข็งกระด้าง ทำให้น้ำที่อยู่ภายในไม่สามารถระเหยออกมาได้

สำหรับแหนมตัวอย่างจากโรงงาน พบว่า ในระยะการหมักวันที่ 0 ถึง วันที่ 3 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ลดลงพียงเล็กน้อย คือ 0.97 และเมื่ออบแหนมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส พบว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มีค่าลดลง โดยในชั่วโมงที่ 8 แหนมกึ่งแห้งมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เท่ากับ 0.94 ทั้งนี้เนื่องจากแหนมมีปริมาณหนังหมูมากมีปริมาณเนื้อหมูน้อยกว่าแหนมที่ทำการศึกษาและมีส่วนประกอบของการผลิตแหนมที่แตกต่างกัน ดังนั้นการระเหยของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ได้แตกต่างกัน

4. การเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นและความร้อนสามารถลดปริมาณและทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้ โดยแหนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นจะมีปริมาณเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์หลังจากหมักได้ 3 วันน้อยกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติ และเมื่อนำแหนมมาอบแห้งแหนมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียสนั้นสามารถลดเชื้อซัลโมเนลลาลงรวมถึงสามารถทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้ แต่ยังมีผลิตภัณฑ์บางส่วนที่มีเชื้อซัลโมเนลลาหลงเหลืออยู่ เนื่องจากการปนเปื้อนจากเนื้อหมูตามท้องตลาดซึ่งยังคงมีการปนเปื้อนของเชื้อซัลโมเนลลาในปริมาณมาก (อดิศรและคณะ.2548) ส่งผลให้มีเชื้อซัลโมเนลลาอยู่ในแหนมค่อนข้างมากจึงทำให้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นและความร้อนไม่สามารถทำลายเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์แหนมกึ่งแห้งได้หมด

การตรวจหาเชื้อซัลโมเนลลาในแหนมตัวอย่างจากโรงงาน พบว่า ตรวจพบเชื้อซัลโมเนลลาในวันที่ 0 ของการหมักเท่านั้นหลังจากหมักครบ 3 วัน แหนมที่เติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นไม่พบซัลโมเนลลาแต่อย่างใด ยกเว้นแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติยังคงพบเชื้อซัลโมเนลลาอยู่ แต่เมื่ออบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงสามารถทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้หมด เนื่องจากเนื้อหมูที่โรงงานนำมาผลิตแหนมนั้นมีการชำแหละอย่างถูกต้องและควบคุมการปนเปื้อนรวมถึงส่วนประกอบของแหนมที่แตกต่างจากแหนมที่ทำการศึกษา จึงทำให้มีเชื้อซัลโมเนลลาปนเปื้อนอยู่ในปริมาณน้อยการส่งผลให้กรใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นและความร้อนสามารถทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้หมด

5. ผู้บริโภคมีความชื่นชอบต่อแหนมที่ทำการศึกษาสูตรที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นในการหมักมากกว่าแหนมที่หมักโดยธรรมชาติ ทั้งในด้านของสี กลิ่น รสชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อสัมผัส อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ความชอบโดยรวมนั้นผู้บริโภคมีความชื่นชอบแหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นมากกว่าแหนมที่หมักโดยวิธีธรรมชาติซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแหนมกึ่งแห้งที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด คือ แหนมที่หมักโดยการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นซึ่งมีการบดส่วนผสมและอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

สำหรับแหนมโรงงานซึ่งมีการบรรจุแบบแท่งและตุ้มจิ้วโดยมีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นและหมักโดยวิธีธรรมชาติ พบว่าผู้บริโภคมีความชื่นชอบแหนมที่มีการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นในการหมักมากกว่าแหนมที่หมักโดยธรรมชาติ ทั้งในด้านของสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมผู้บริโภคเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแหนมกึ่งแห้งที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด คือแหนมที่หมักโดยการเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นซึ่งมีการบรรจุแบบแท่งและอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ55 องศาเซลเซียส

6. ข้อมูลการศึกษา และขั้นตอนการผลิตแหนมกึ่งแห้งดังกล่าวนี้อาจเป็นแนวทางหนึ่งให้ผู้ประกอบการโรงงานผลิตแหนมนำไปใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ และการดัดแปลงผลิตภัณฑ์ให้เป็นแหนมกึ่งแห้ง รวมถึงการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นในการผลิตแหนม ซึ่งจะสามารถทำให้เกิดความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ในแต่ละครั้งของการผลิต สามารถช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมามากจนล้นตลาดให้ยาวนานขึ้น รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคจากเชื้อซัลโมเนลลามากกว่าแหนมสดที่ผลิตโดยวิธีดั้งเดิม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ผลการตรวจเชื้อซัลโมเนลลาในระหว่างการผลิตแหนมกึ่งแห้งมีค่าที่ผิดพลาด เนื่องจากไม่สามารถสรุปได้ว่าที่อุณหภูมิใดทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้ดีกว่ากัน นอกจากนี้ยังแสดงผลของกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์ที่มีต่อเชื้อซัลโมเนลลาได้ไม่ชัดเจน ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยต่างๆ รวมถึงตัวของผู้ทดลอง เช่น เกิดการปนเปื้อนในระหว่างการทำการทดลอง เป็นต้น

2. ควรเติมเชื้อซัลโมเนลลาเริ่มต้นโดยต้องรู้ปริมาณเชื้อที่แน่นอนในการผลิตแหนม เนื่องจากจะสามารถสรุปได้ว่าการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกบริสุทธิ์เริ่มต้นและความร้อนสามารถทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้จริงหรือไม่ โดยการนับปริมาณเชื้อซัลโมเนลลาที่ลดลงจากเดิม

3. ผลการทดลองค่าวอเตอร์แอคติวิตีในแหนมที่ผลิตเองมีข้อผิดพลาด อาจเนื่องมาจากการสุ่มตัวอย่างของผู้ทดลองซึ่งนำแต่ผิวสัมผัสด้านนอกของผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบทำให้ค่าวอเตอร์แอคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่ได้มีความไม่แน่นอน ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างควรสุ่มทุกบริเวณของตัวอย่างรวมทั้งปริมาณตัวอย่างที่ใช้ทุกครั้งควรเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรองทอง จันทร. 2536. "กระเทียม" วารสารกสิกร ปีที่ 56(6). 167-259.

ชลธิรา ทิพย์อักษร และ ชุลีพร บุญพา. 2544 . " ผลของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติก ขนาดของหนังหมู และลักษณะการบรรจุ ต่อคุณสมบัติทางเคมีในผลิตภัณฑ์แหนม ". ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ ฯ

นันทินี พันดุง และอรวรรณ วะชังเงิน. 2546 . " ผลของกระเทียมต่อการเจริญและการผลิตแบคเทอริโอซินจากเชื้อแบคทีเรียแลคติกสายพันธุ์ N 190 และ TISTR 536 ในอาหารเหลวที่จำลองสภาวะการหมักแหนม ". ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ ฯ

บุษกร อุตรภิชาติ. 2545. "จุลชีววิทยาทางอาหาร" การผลิตเอกสารและตำรา มหาวิทยาลัยทักษิณ. สงขลา. 425.

ปฐมพงษ์ สิงห์กรณ์. 2546. "คุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ของสาร allicin ในกระเทียม" สัมมนา ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยี พระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 6-10.

ปิ่นมณี ขวัญเมือง. 2547. "แบคทีเรียกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์อาหารหมักดอง" วารสารครุศาสตร์ อุตสาหกรรม ปีที่3(1) ตุลาคม. 62-65.

เปรมชัย ศีลาเจริญ และ ภัคพล อุปมา. 2548 "ประโยชน์ของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติคกับการผลิตแหนม" สัมมนา ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 11-14.

พรพิมล เทียนทอง. 2548. " ผลของใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้น *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 ต่อเชื้อซัลโมเนลล่าในระหว่างการผลิตแหนมแบบดั้งเดิมและผลิตแหนมกึ่งแห้ง". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ ฯ

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535. " การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส" ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์. 2536. " เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ ". ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์. 2547. "สารเคมีที่ใช้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ". ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

รัตนาภรณ์ ทองศรี และ กัญญาณัฐ ขอสกุลไพศาล . 2546 . " ผลของความร้อนต่อการทำลายเชื้อ *S. derby* ในส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตมันสำปะหลังอัดเม็ด". ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ ฯ

วรรรวิไล แก้วอาภรณ์. 2546. "ผลของกระเทียมต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแลคติคในอาหารหมักประเภทเนื้อ" สัมมนา ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1-3.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2518. "การศึกษาจุลินทรีย์ที่เป็นตัวการในระหว่างการทำแหนม" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ส่วนวิจัยเกษตรกรรม ฝ่ายวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย. 2533. "อาหารเสริมสุขภาพ" เอกสารวิชาการ ปีที่ 11(1). 270-282.

สุพจน์ อัศวพันธุ์ธนกุล. 2538. "กระเทียมยอดสมุนไพรในครัวเรือน" โครงการสมุนไพรพึ่งตนเอง จุลสารอันดับ 6 มีนาคม. 1-3.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. "จุลชีววิทยา" โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. 470.

สุรีพรรณ โปษยาพิศิษฐ์. 2537. "กระเทียม" สัมมนา ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 13.

ส่วนวิจัยเกษตรกรรม ฝ่ายวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย. 2533. " อาหารเสริมสุขภาพ " เอกสารวิชาการ ปีที่ 11(1). 270-282.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2537. " แหนม". มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มอก. 1219-2537. พี.เอ็น. เซ็นเตอร์เพรส, กรุงเทพฯ

อดิศร เสวตวิวัฒน์ . 2533. " ผลของการใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกต่อเชื้อซัลโมเนลลาในการหมักแหนม ". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

อดิศร เสวตวิวัฒน์ และ อรุณ บ่างตระกูล. 2539. " ประสิทธิภาพของ Salmosyst กับอาหารเลี้ยงเชื้อ Rambach agar ต่อการตรวจหาซาลโมเนลลาในแหนม ". การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 34 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 272-279

อดิศร เสวตวิวัฒน์. 2542. "ผลของน้ำสกัดกระเทียมต่อการเจริญของกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกสำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อและเชื้อโรคอาหารเป็นพิษที่พบมากในแหนม(หลอดทดลอง)" ปีที่29 (2). 109-115.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อดิศร เสวตวิวัฒน์ วราวุฒิ ครูส่ง ศรีรัตน์ พรเรืองวงศ์ และ อรุณ บ่างตระกูล. 2548." เปรียบเทียบ อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อในขั้นตอน selective enrichment และ isolation ในการตรวจหาเชื้อซาลโมเนลลาในเนื้อหมูสดจำหน่ายปลีก ". วารสารเกษตรพระจอมเกล้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

อรนุช อุตรภิชาติ. 2530. " การคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อซาลโมเนลลาและการผลิตกล้าเชื้อผงเพื่อใช้หมักแหนม ". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

Abbar, F. M., and M.M. Tahir. 1989. Beef casings aad finished beef sausage a souce of *Salmonella* in Iraq. J. Food Protectection. 52(4) : 254-255.

Ankri S, and D., Mirelman. 1999. Antimicrobial properties of allicin from garlic.Microbes and Infection; 1: 125-129.

Bangtrakulnonth, A., P. Tongra-ard, and M. Kusum. 1993. Contamination of *Salmonella* in exported frozen chicken. Food. (Thai) 23: 255-263.

Dessaet, S. R. and R. Steenson. 1995. Biotechnology of dairy Leuconostoc, pp. 655-698. In Y. H. Hui and G. G. Khaehatouriam (eds.). VCH. Publishers. Inc., U. S. A.

Dick, L. M., T. E. Dellaglic and M. D. Collins. 1995. Proposal to reclassify Leuconostoc as *Osnostoc oeni*. (coring). Int. Syst. Bacteriol. 2nd.ed.

Doyle, M. P., L. R. Beuchat, and T. J. Montville. 1997. Food microbiology: Fundamentals and frontiers. Washington D. C. : American Sosiety for Microbiology

Geoffrey, C. P. 1987. Fermentation foods of the world: A dictionary and guide Butterworth, London. Pp. 9-13, 141.

H-Kittikun, A., P., Wiriyacharee, and L., Rujanakraikarn. 1988. Nham (Thai fermented pork) making with starter cultures in 34th International congress of meat science and technology 29 August-2 September 1988, Brisbane, Australia.

Hammes, N. P. and R. F. Vogel. 1998. The genus of Lactobacillus, pp.55-124. In B. I. B. Wood and W. H. Holzapfel (eds.). The genera of lactic acid bacteria. 2nd ed. Blackie academic & Professional, Glasgow.

Hardie, M. and R. A. Whiley. 1995. The genus of Lactobacillus, pp.15-124. The genera of lactic acid bacteria. 2nd ed. Blackie academic & Professional, Glasgow.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Harrigan, N. F. 1998. Laboratory Method in food microbiology.3rd ed. Academic press, New York. pp. 346-348.

Jay, M. J. 1996. Modern food microbiology.5th ed. International Thomson publishing, New York. pp.110-113.

Leroy, F., de′ric and L., De Vuyst. 2004. Lactic acid bacteria as functional starter culture for the food fermentation industry. Trends in food science&Technology; 15: 67-78.

Sallam, Kh. I., M. Ishioroshi, and K. Samejima. 2004. Antioxdant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage. Lebenamittel-Wissenshaft and-Technology; 37(8): 849-855.

Schillinger, K H. and W. Ludwing.1995. Phylogenetic relationship of lactic acid bacteria, pp. 7-19. In B. I. B. Wood and Wood W.H. Holzapfel (eds.) The genera of lactic acid bacteria. 2nd ed. Blackie academic & Professional, Glasgow.

Simson, W. J. and H. Taguchi. 1995. The genus Pediococcus with notes on the genera Tetragenococcus and Aerococcus, pp. 125-164. In B. I. B. Wood and Wood W.H. Holzapfel (eds.) The genera of lactic acid bacteria. 2nd ed. Blackie academic & Professional, Glasgow.

Stiles, M. E. and W. H. Holzapfel. 1997. Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy. Int. J. Food microbiology. 36: 1-29.

Schmidt, U. 1989. *Salmonella* in fine bratwurst. Fleischwirtschaft. 69(8): 1251-1257

Swetwiwathana, A., U. Leutz. N. Lotong, and A. Fischer. 1999. Role of garlic on growth and lactic acid production of starter culture. Fleischwirtschaft.1: 26-29

Swetwiwathana, A., U. Leutz, and A., Fisher. 1999. Controlling the growth of *Salmonella anatum* in Nham: effect of meat starter cultures. Nitrate.Nitrire and garlic. Fleischwirtschaft Inetrnational; 79(9): 124-128.

Varnam, H. A. and P. J. Sutherland. 1995. Meat and meat product: Tecnology, Chemistry and microbiology. Champman & Hall, New York. pp. 315-332

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สูตรและวิธีเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ก1. Salmosyst Broth Base

Peptone from casein	5.0	กรัม
Peptone from meat	5.0	กรัม
Sodium chloride	5.0	กรัม
Calcium carbonate	10.0	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ละลายสารประกอบโดยรวม 25 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร นึ่งฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

ก2. Salmosyst Selective Supplement

Potassium tetrathionate	0.2	กรัม
Ox bile	0.08	กรัม
Brilliant green		

Preliminary enrichment

นำตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ในอาหาร Salmosyst Broth Base ที่เตรียมไว้ 225 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่ 35- 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6-8 ชั่วโมง

Selective enrichment

ดูดสารละลาย Preliminary enrichment มา 10 มิลลิลิตร เติม salmosyst selective supplement tablet 1 เม็ด เขย่า 30 นาที นำไปบ่มที่ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 18-24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปตรวจในขั้นตอน Selective plating ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก3. Xylose-Lysin-Desoxycholate (XLD) agar

Yeast extract	3.0	กรัม
Sodium chloride	5.0	กรัม
D(+)xylose	3.5	กรัม
Lactose	7.5	กรัม
Sucrose	7.5	กรัม
lysine	5.0	กรัม
sodium deoxychlolate	2.5	กรัม
sodium thiosulfate	6.8	กรัม
ammonium iron(III) citrate	0.8	กรัม
phenol red	0.08	กรัม
agar-agar	13.5	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิเมตร

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่นโดยการต้มให้เดือด ปรับpH 7.4 ± 0.2

ก4. Triple Sugar Iron (TSI) agar slant

Peptone from casein	15.0	กรัม
Peptone from meat	5.0	กรัม
Meat extract	3.0	กรัม
Yeast extract	3.0	กรัม
Sodium chloride	5.0	กรัม
Lactose	10.0	กรัม
Sucrose	10.0	กรัม
D(+)glucose	1.0	กรัม
ammonium iron(III) citrate	0.5	กรัม
sodium thiosulfate	0.5	กรัม
phenol red	0.024	กรัม
agar-agar	12.0	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่นโดยการต้มให้เดือด นึ่งฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก5. Lysine-Indole-Motility(LIM) medium

Peptone from meat	5.0	กรัม
Yeast extract	3.0	กรัม
D(+)glucose	1.0	กรัม
L-lysine monohydrochloride	10.0	กรัม
sodium thiosulfate	0.04	กรัม
ammonium iron(III) citrate	0.5	กรัม
bromocresol purple	0.02	กรัม
agar-agar	12.5	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่นโดยการต้มให้เดือด นึ่งฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

ก6. MRS agar

Proteose peptone	10.0	กรัม
Beef extract	10.0	กรัม
Yeast extract	5.0	กรัม
Dextrose	20.0	กรัม
Sorbitan monooleate complex	1.0	กรัม
Ammonium citrate	2.0	กรัม
Magnesium sulfate	0.1	กรัม
Sodium acetate	5.0	กรัม
Manganese sulfate	0.05	กรัม
Disodium phosphate	2.0	กรัม
Agar	15	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่นโดยการต้มให้เดือด นึ่งฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก7. MRS Broth

Proteose peptone	10.0	กรัม
Beef extract	10.0	กรัม
Yeast extract	5.0	กรัม
Dextrose	20.0	กรัม
Sorbitan monooleate complex	1.0	กรัม
Ammonium citrate	2.0	กรัม
Magnesium sulfate	0.1	กรัม
Sodium acetate	5.0	กรัม
Manganese sulfate	0.05	กรัม
Disodium phosphate	2.0	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่นโดยการต้มให้เดือด นึ่งฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข. การวิเคราะห์ทางด้านชีวเคมี (ดัดแปลงจาก AOAC., 1984; Swetwiwathana et al,1999)

หลังจากบ่มเชื้อที่เขี่ยลงบนอาหารแข็ง XLD agar ที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส และ MSRV ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง จากนั้นนำโคโลนีที่สงสัยว่าเป็น salmonella มาทดสอบโดยการถ่ายเชื้อลงในหลอดทดลองอาหารTSI และ LIM นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง จากนั้นนำหลอดทดลองที่คิดว่าเป็นเชื้อซัลโมเนลลามาสเมียร์เชื้อลงบนแผ่นสไลด์ที่หยดน้ำยาทดสอบว่าเป็นเชื้อซัลโมเนลลาหรือไม่ ถ้ามีการตกตะกอนของเชื้อเกิดขึ้นแสดงว่าเป็นเชื้อซัลโมเนลลา ต่อจากนั้นทำการถ่ายเชื้อลงในอาหาร NA slant agar แล้วนำส่งกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ตรวจเพื่อหาเซโรไทป์ของ salmonella

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

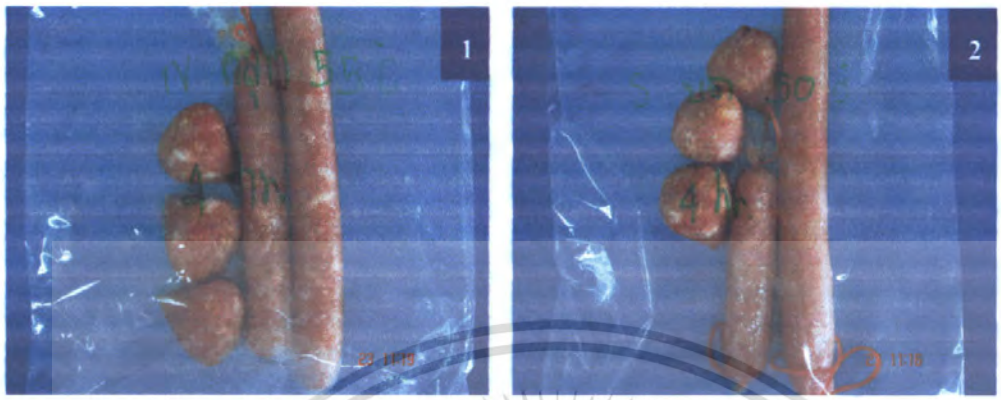
ภาคผนวก ค

รูปที่ ค1 ผลิตภัณฑ์แหนมหมักโดยธรรมชาติ (1) และ มีการเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 1×10^6 cfu/g (2) ที่ระยะเวลาหลังหมัก 3 วัน

รูปที่ ค2 ผลิตภัณฑ์แหนมหมักโดยธรรมชาติ (1) และ มีการเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 1×10^6 cfu/g (2) ที่ผ่านการอบที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

รูปที่ ค3 ผลิตภัณฑ์แหนมหมักโดยธรรมชาติ (1) และ มีการเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 1×10^6 cfu/g (2) ที่ผ่านการอบที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

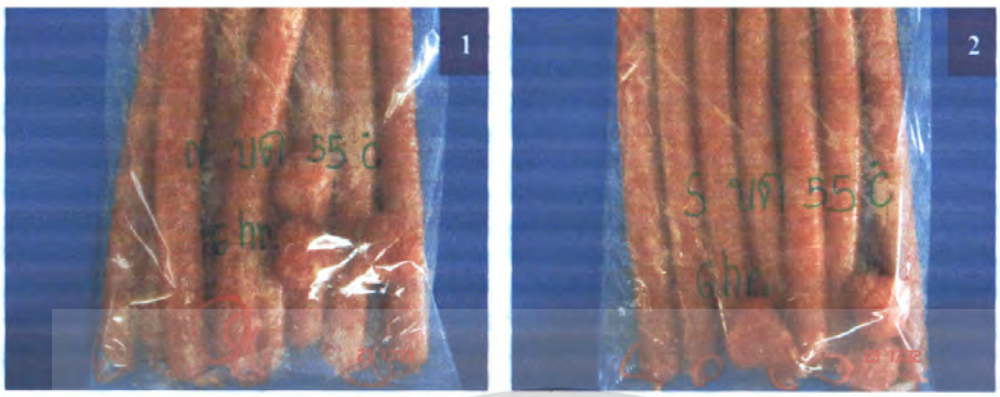


รูปที่ ค4 ผลิตภัณฑ์แหนมหมักโดยธรรมชาติ (1) และ มีการเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 1×10^6 cfu/g (2) ที่ผ่านการอบที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

รูปที่ ค5 ผลิตภัณฑ์แหนมหมักโดยธรรมชาติ (1) และ มีการเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 1×10^6 cfu/g (2) ที่ผ่านการอบที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

รูปที่ ค6 ผลิตภัณฑ์แหนมหมักโดยธรรมชาติ (1) และ มีการเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 1×10^6 cfu/g (2) ที่ผ่านการอบที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค7 ผลิตภัณฑ์แหนมหมักโดยธรรมชาติ (1) และ มีการเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 1×10^6 cfu/g (2) ที่ผ่านการอบที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

รูปที่ ค8 ผลิตภัณฑ์แหนมหมักโดยธรรมชาติ (1) และ มีการเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 1×10^6 cfu/g (2) ที่ผ่านการอบที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

รูปที่ ค9 ผลิตภัณฑ์แหนมหมักโดยธรรมชาติ (1) และ มีการเติมกล้าเชื้อ *Pediococcus pentosaceus* TISTR 536 1×10^6 cfu/g (2) ที่ผ่านการอบที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้