สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้เฮอร์เด้ิลเทคโนโลยีเบื้องต้น ในการยืดอายุการเก็บไส้กรอก

นายเสวตร พึ่งฉิม

นางสาวอมรรัตน์ ตั้งประสิทธิภาพ

ปพ.
ส93Aก
2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....33526.....
วัน, เดือน, ปี 13 ส.ค. 2542

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application of Hurdle Technology for Shelf life Prolongation of Sausage

Mr. Saweit Phingchim

Ms. Amornrat Tangprasittipap

Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the

Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การใช้เฮอร์เดิ้ลเทคโนโลยีเบื้องต้นในการยืดอายุการเก็บไส้กรอก
โดย	นายเสวตร พึ่งฉิม นางสาวอมรรัตน์ ตั้งประสิทธิภาพ
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. เรียม เตชะโสภณมณี

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

(รศ. ดร. พยาน ปิตาวิชา) หัวหน้าภาก

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

(ผศ. ดร. [illegible]) ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. เรียม [illegible]) กรรมการ

(รศ. [illegible]) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การใช้เฮอร์เดิ้ลเทคโนโลยีเบื้องต้น ในการยืดอายุการเก็บไส้กรอก

นักศึกษา นายเสวตร พึ่งฉิม
นางสาวอมรรัตน์ ตั้งประสิทธิภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. เรียม เตชะโสภณมณี
ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์
ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

ไส้กรอกในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย แต่ในระหว่างรอจำหน่ายในศูนย์การค้า อุณหภูมิในการเก็บไม่คงที่ ทำให้ไส้กรอกมีคุณภาพคงที่อยู่เพียง 30 วัน เกิดรสเปรี้ยว กลิ่นเหม็นและเป็นเมือก

การศึกษาในโครงงานนี้ได้ทดลองใช้เฮอร์เดิ้ลเทคโนโลยีเพื่อยืดอายุการเก็บไส้กรอก โดยการใช้วัตถุกันเสีย เช่น แคลเซียมโพรพิโอเนท โซเดียมแลคเตทและไนซิน พบว่า การใช้แคลเซียมโพรพิโอเนท สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกด้านลักษณะปรากฏได้ดีที่สุด เป็นเวลานานกว่า 45 วัน ที่อุณหภูมิ 4 – 10 องศาเซลเซียส ส่วนการใช้โซเดียมแลคเตทหรือไนซิน ให้ผลใกล้เคียงกันและดีกว่าตัวอย่างที่ไม่การเติมวัตถุกันเสีย ซึ่งจะส่อลักษณะการเน่าเสียประมาณวันที่ 30 ของการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Application of Hurdle Technology for Shelf life Prolongation of sausage

Name Mr. Saweit Phingchim
Ms. Amornrat Tangprasittipap

Special Project Advisor Assist. Prof. Dr. Ream Techasophonmani

Department Applied Biology

Academic Year 1998

Abstract

Sausage in vacuum packaging is a popular meat product. Temperature of storage in supermarket is not stable , that has effect of quality of sausage. The quality of sausage stable for 30 days , after that changes to sour taste , putrefaction and slime. Characteristic of perishable sausage always appear between casing and outside of casing.

In this investigation , hurdle technology is applicated to prolong shelf life of sausage by preservative such as calcium propionate , sodium lactate , nisin combine with smoked. The difference between smoked and no smoked is not significant. Calcium propionate 1% is the best preservative in appearance for extension shelf life over 45 days at 4 – 10 °C. The result of lactate , nisin is the same but it is better control (no treatment) which perished at 30th days produced.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ได้จัดทำขึ้นตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้การแก้ปัญหาด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุและผล ได้รู้จักการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าอย่างถูกต้องเป็นไปตามครรลอง รู้จักการติดต่อประสานงานกันหน่วยงานราชการทั้งภายในสถานศึกษาและภายนอกสถานการศึกษา ตลอดจนหน่วยงานเอกชนที่ให้ความร่วมมือในการทำโครงพิเศษ ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. เรียม เตชะโสภณมณี ผศ.ดร. มาลินี ตันติยาภรณ์ รศ. สุขใจ ชูจันทร์ ตลอดจนท่านคณาจารย์ทุกๆ ท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ด้านคำปรึกษา แหล่งข้อมูล และคำแนะนำเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณทางบริษัทซีพีอินเตอร์ฟู้ด จำกัดที่กรุณาให้อิมัลชั่นของไส้กรอก และบริษัทวิคกี้ คอนโซลิเดท จำกัดที่ได้อนุเคราะห์สารเคมีมาใช้ในโครงงาน ขอขอบคุณพี่ที่ร้านบาร์นเฮ้าส์ ทุกท่านที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการทำไส้กรอกให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และเพื่อนๆ ที่มีส่วนช่วยให้โครงงานนี้สำเร็จ ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา – มารดาที่กรุณาอุปภัมภ์ค้ำชูให้ผู้จัดทำได้มีโอกาสได้เรียนรู้และสามารถแก้ปัญหา เสริมสร้างความรู้คู่ความดีให้กับสังคมสืบไป

คณะผู้จัดทำ
มีนาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	54
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	62
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	71
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	73
ภาคผนวก ก สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ	76
ภาคผนวก ข การเตรียมสารเคมีและน้ำยาย้อม	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. การจำแนกชนิดของไส้กรอกในประเทศสหรัฐอเมริกา	7
2. การจำแนกชนิดของไส้กรอกตามอุณหภูมิในประเทศเยอรมัน	8
3. ปริมาณโปรตีนทั้งหมดที่มีในเนื้อสัตว์ต่างๆ ปริมาณโปรตีนและความสามารถของโปรตีนในการรวมตัวกับน้ำและน้ำมัน	9
4. อิทธิพลของความเข้มข้นของควันเหลวต่อคุณภาพของไส้กรอก	24
5. ปัจจัยภายในอาหารที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์	33
6. วอเตอร์แอกติวิตี้และจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเน่าในอาหารบางประเภท	36
7. ปัจจัยร่วมระหว่างพีเอช อุณหภูมิ และ A_w ต่อการเจริญของโคลิฟอร์มที่พีเอชเท่ากับ 4.0	39
8. ปริมาณเชื้อทั้งหมดในไส้กรอกที่ทำการเก็บอายุเป็นเวลา 45 วัน	61
9. ลักษณะทั่วไปของแบคทีเรียแลคติก	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. เครื่องบดเนื้อ	13
2. เครื่องสับนวด	13
3. อิมัลชั่นในไส้กรอก	14
4. ผลของการใช้เวลาในการสับนวดนานเกินไป ทำให้เม็ดไขมันกระจาย	15
5. ผลของไมโอซินและคอลลาเจนที่มีผลต่อการหุ้มเม็ดไขมันในอิมัลชั่น	16
6. ไส้ธรรมชาติจากส่วนต่างๆ ของสัตว์ที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	17
7. เครื่องบรรจุไส้	18
8. โครงสร้างของไนซิน	43
9. โครงสร้างของกรดอะมิโนที่พบบ่อย ซึ่งเป็นองค์ประกอบของไนซิน	44
10 การนำ Hurdle Technology ไปใช้ในอาหาร	50
11. แผนผังการใช้แคลเซียมโพรพิโอเนท	58
12. แผนผังการใช้โซเดียมแลคเตท	58
13. แผนผังการใช้ไนซิน	59
14. แผนผังชุดควบคุม	59
15. กราฟจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในไส้กรอกเก็บอายุ เป็นเวลา 45 วัน	62
16. การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของไส้กรอกระหว่าง ที่มีอายุการเก็บ 45 วัน	65
17. กราฟการเปลี่ยนแปลงของน้ำในบรรจุภัณฑ์	66
18. กราฟการเปลี่ยนแปลงความขุ่นของน้ำในบรรจุภัณฑ์	67
19. กราฟการเปลี่ยนแปลงความหลวมของบรรจุภัณฑ์	68
20. กราฟการเปลี่ยนแปลงความไม่คงตัวของผลิตภัณฑ์	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ทั้งในเยอรมันที่ถือว่าเป็นต้นตำรับของไส้กรอก รวมทั้งประเทศไทย แม้แต่ประเทศอื่นๆ รวมทั้งแถบอาเซียน ยุโรป และอเมริกา ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีความหลากหลายขึ้นอยู่ลักษณะภูมิประเทศที่มีการผลิต แหล่งเครื่องเทศ กรรมวิธีการผลิต ซึ่งมักเป็นความลับของผู้ผลิตเนื่องจากเป็นสูตรเฉพาะตัวของไส้กรอก ไส้กรอกหลายชนิดสามารถเก็บรักษาได้นาน แต่ไส้กรอกบางชนิดมีความชื้นสูง ทำให้จุลินทรีย์ หลายชนิดสามารถเจริญได้ ส่งผลให้ไส้กรอกมีกลิ่น รส และคุณภาพเปลี่ยนแปลงไป มีผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค ที่สำคัญทำให้ไส้กรอกมีคุณสมบัติไม่ได้มาตราฐานสำหรับการผลิตเพื่อส่งออกไปขายยังต่างประเทศ

แม้ว่าในประเทศไทยจะมีการส่งเนื้อสัตว์แช่เย็นไปขายยังต่างประเทศซึ่งมีมูลค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป ทั้งนี้เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาค้นคว้าอย่างจริงจัง เพื่อให้มีมาตราฐาน ปลอดภัย และมีคุณภาพทัดเทียมกับไส้กรอกของต่างประเทศที่มีมาตราฐานส่งออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณสารหรือจุลินทรีย์ที่เป็นข้อบ่งชี้ในความปลอดภัยในการบริโภค แม้ว่าไส้กรอกจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพสูงสำหรับการส่งออกและช่วยเพิ่มคุณค่าและมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์เนื้อ แต่ขาดข้อมูลในการค้นคว้าวิจัยเพื่อการนี้ จึงทำให้อุตสาหกรรมส่งออกไม่ก้าวหน้าอย่างที่น่าจะเป็น

โครงงานพิเศษนี้จึงมีแนวทางที่จะศึกษาปัญหาในการยืดอายุการเก็บไส้กรอกให้ได้นานขึ้นโดยใช้เฮอร์เดิ้ลเทคโนโลยีเบื้องต้น (Hurdle Technology) ซึ่งเป็นหลักการปรับอุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรด แอนติออกซิแดนท์ ความดัน ปริมาณวัตถุกันเสีย ตลอดจนเทคนิคการบรรจุมาใช้ให้เกิดประโยชน์

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหาวิธีการใช้ Hurdle Technology เบื้องต้น เพื่อยืดอายุการเก็บไส้กรอกให้ได้ประมาณ 45 วัน เมื่อเก็บที่ 4 – 10 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ศึกษาวิธีการผลิตและเก็บเพื่อยืดอายุให้เก็บได้นานขึ้นถึง 45 วัน ที่อุณหภูมิ 4 – 10 องศาเซลเซียส

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้มีการประยุกต์วิชาการให้เกิดผลดีต่ออุตสาหกรรม
2. เป็นการเพิ่มค่าแต่ผลิตภัณฑ์ เพราะอาจมีโอกาสทำให้เป็นสินค้าที่แพร่หลายมากขึ้น

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาธรรมชาติของการผลิตไส้กรอกในโรงงานอุตสาหกรรม
2. หาข้อมูลด้านจุลินทรีย์ในไส้กรอก
3. ทดลองประยุกต์เสอร์เคิ้ลเทคโนโลยีในการผลิตไส้กรอกระดับห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ไส้กรอก (Sausage) มีรากศัพท์มาจากภาษาลาตินว่า "Salsus" หมายถึง เนื้อสัตว์ที่มีการเก็บรักษาโดยใช้เกลือ สำหรับภาษาเยอรมันมาจากคำว่า "เวอร์สท (Wurst)" หมายถึงเนื้อที่เตรียมได้จากบดให้ละเอียดผสมเกลือ เครื่องเทศและเครื่องปรุงอื่นๆ บรรจุในไส้หรือแบบ (casing) ความแตกต่างของไส้กรอกขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องเทศที่ใช้ สัดส่วนของเนื้อและไขมัน ชนิดของเนื้อและวิธีการทำ (เยาวลักษณ์ ,2536) ลักษณะและชนิดของไส้กรอกอิมัลชั่นแบ่งได้ตามขนาดและลักษณะปรากฏทำให้ไส้กรอกมีความหลากหลาย เส้นผ่านศูนย์กลางของไส้กรอกใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งชนิดของไส้กรอก เช่น แฟรงเฟอร์เตอร์ เวียนนา เป็นไส้กรอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก (snap) อาจใช้ลักษณะความเป็นเนื้อเดียวของไส้กรอกอิมัลชั่นจะพบว่า แฟรงเฟอร์เตอร์ เวียนนา bierchinken jagdwurst อยู่ในกลุ่มไส้กรอกอิมัลชั่นเนื้อเดียว (Sutherland และ Varnam ,1995) แบ่งไส้กรอกตามลักษณะได้ 7 ชนิด

1. ไส้กรอกสด (Fresh sausage) เป็นไส้กรอกที่ทำจากเนื้อสด โดยเฉพาะอย่างยิ่งทำจากเนื้อหมูและเนื้อวัว บดและผสมกับเครื่องปรุงรสบรรจุในไส้มัดเป็นปล้องๆ และเก็บไว้ในตู้เย็นเมื่อจะนำมารับประทานจึงนำมาทำให้สุก ไส้กรอกชนิดนี้เน่าเสียง่าย ถ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ตัวอย่างของไส้กรอกสดได้แก่

   1.1 ไส้กรอกหมูสด (Fresh pork sausage) ทำจากเนื้อหมูผสมเครื่องปรุงรสธรรมดา บรรจุไส้ผูกเป็นปล้องๆ หรืออัดใส่พิมพ์

   1.2 ไส้กรอกหมูสดแบบชนบท (Fresh country style sausage) ทำจากเนื้อหมูสดบดหยาบผสมเครื่องปรุง บรรจุในไส้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 3/8 นิ้ว ยาว 8 – 10 นิ้ว

   1.3 บราทเวอร์สท (Bratwurst) ทำจากเนื้อลูกวัวหรือเนื้อหมู ใช้ผิวหรือน้ำมะนาวปรุงรส บรรจุในไส้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 3/8 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว นิยมลวกน้ำก่อนจำหน่าย (เยาวลักษณ์ ,2536) หากเป็นไส้กรอกเยอรมันบราทเวอร์สท จะเป็นไส้กรอกที่มีเนื้ออิมัลชั่นเป็นเมทตริกซ์ และมีส่วนผสมของชิ้นเนื้อ ไขมันบดหยาบและเครื่องเทศ (Sutherland และ Varnam ,1995)

   1.4 บ๊อกเวอร์สท (Bockwurst) ทำจากเนื้อลูกวัวในปริมาณมากกว่าเนื้อหมู บางสูตรผสมนมสด เครื่องปรุงรสและขนาดคล้ายเวียนนา นิยมลวกน้ำก่อนจำหน่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ไส้กรอกรมควัน (Smoked sausage) เป็นไส้กรอกที่ทำจากเนื้อที่ผ่านการหมักแล้ว ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดต้องเก็บในตู้เย็น แบ่งได้ 2 ประเภทคือ

2.1 ไส้กรอกรมควันไม่สุก ต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน ได้แก่ ·

2.1.1 เมทเวอร์สท (Metwurst) ทำจากเนื้อวัวร้อยละ 60 –70 และเนื้อหมู 30 – 40 หมัก และผสมเครื่องเทศ พริกไทย ลูกผักชี บรรจุไส้วัวขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 1/2 - 1 3/4 นิ้ว

2.1.2 คิลบาซา (Kielbasa) ทำจากเนื้อหมูบดหยาบ ปรุงรสด้วยกระเทียม บรรจุในไส้เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/2นิ้ว ผูกเป็นปล้องยาว 4 – 5 นิ้ว หรือ 8 – 10 นิ้ว

2.2 ไส้กรอกรมควันสุก สามารถรับประทานได้ทันที ได้แก่

2.2.1 แฟรงเฟอร์เตอร์ (Frankfurters) ทำจากเนื้อหมูและเนื้อวัวอัตราส่วน 40 ต่อ 60 หมักและปรุงด้วยเครื่องเทศ เป็นที่นิยมมากที่สุด (เยาวลักษณ์ ,2536) มีรายงานว่าเมื่อเร็วๆ นี้มีการใช้เนื้อสัตว์ปีก โดยเฉพาะไก่งวงนำมาทำไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ (Sautherland และVarnam ,1995 มีชื่อเรียกต่างกันไปตามขนาดคือ บรรจุในไส้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว เรียกว่า แฟรงเฟอร์เตอร์ บรรจุในไส้เส้นผ่านศูนย์กลาง 3/4นิ้ว เรียกว่า เวียนนา (Vienna) และหากบรรจุในไส้ขนาดเล็ก ขนาดสั้นๆ เรียกว่า แฟรงเฟอร์เตอร์แบบคอกเทล (Cocktail style frankfurters)

2.2.2 ไส้กรอกกระเทียม (Knoblauch) หรือแนกเวอร์สท (Knackwurst) เป็นไส้กรอกที่มีลักษณะคล้ายกับแฟรงเฟอร์เตอร์ แต่มีกระเทียมมากและบรรจุในไส้ขนาดเล็กยาวท่อนละ 3 – 4 นิ้ว

2.2.3 โบโลญา (Bologna) เป็นไส้กรอกที่มีลักษณะคล้ายกับแฟรงเฟอร์เตอร์ บรรจุในไส้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/2 นิ้ว ขดเป็นวงแหวน หรือบรรจุในส่วนปลายของสำไส้ใหญ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 1/2 - 5 นิ้ว ยาว 12 –15 นิ้ว

2.2.4 เบอร์ลินเนอร์ (Berliner) ทำจากเนื้อหมูบดหยาบและเนื้อวัวบดละเอียด หมักในน้ำหมักเจือจาง บรรจุในไส้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว

3. ไส้กรอกสุก (Cooked sausage) เป็นไส้กรอกที่ทำมาจากเนื้อสดและเนื้อหมักบด ผสมเครื่องปรุงบรรจุไส้ และทำให้สุกพร้อมที่จะรับประทานได้ทันที โดยไม่ต้องรมควัน แต่อาจจะมีบางชนิดที่รมควันภายหลังจากที่ทำให้ไส้กรอกสุกเรียบร้อยแล้ว สามารถรับประทานได้ในทันที ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ไส้กรอกตับ (Liver sausage) ทำจากการบดมันหมูแข็ง ตับหมู ผสมเจลาติน ปรุงรสด้วยหัวหอมและเครื่องเทศ บรรจุในไส้และทำให้สุก มีรสชาติดีและคุณค่าทางโภชนาการสูง

3.2 ไส้กรอกเลือด (Blood sausage หรือ Blutwurat) ทำจากมันหมูแข็งต้มสุกหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยม และเนื้อบดละเอียด ผสมเจลาตินรวมกับเลือดวัว เครื่องเทศ บรรจุในไส้เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 □ นิ้ว ถ้าผสมลิ้นหมูและลิ้นแกะลงไปด้วยเรียกว่า "ไส้กรอกเลือดและลิ้น"

4. ไส้กรอกแห้ง (Dry sausage) เป็นไส้กรอกที่ใช้เนื้อที่ผ่านการคัดเลือกมาอย่างดี ใช้เทคนิคมากในการทำ แบ่งได้ 3 ประเภท

4.1 เซอเวลาท์ส (Cervelats) หมายถึง ไส้กรอกแห้งทั่วๆ ไป มีหลายชนิดคือ

4.1.1 ซัมเมอร์ซอสเซส (Summer sausage) ทำจากเนื้อหมูและเนื้อวัวปริมาณเท่าๆ กันบดหยาบ ผสมเครื่องปรุงรสไม่จัดนัก หมัก บรรจุในไส้เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 □ นิ้ว

4.1.2 โฮลสไตเนอร์ (Holsteiner) คล้ายซัมเมอร์ซอสเซส แต่บรรจุไส้ขดเป็นรูปวงแหวน

4.1.3 ทูริงเจอร์ (Thuringer) อยู่ประเภทเดียวกับซัมเมอร์ซอสเซส แต่ไม่แห้งมาก มีรสเปรี้ยวคล้ายรสมะขาม

4.1.4 ก๊อททิงเจอร์ (Gottinger) เป็นไส้กรอกแห้งขนิดดี เนื้อแน่น แข็งมีกลิ่นรสของเครื่องเทศน่ารับประทาน

4.1.5 โกเทบอร์น (Goteborg) เป็นไส้กรอกแห้งของชาวสวีเดนแต่ดั่งเดิม เนื้อบดหยาบ มีรสเค็มจัด และรมควันมาก

5. ไส้กรอกหมักแห้ง (Fermented dry sausage) เป็นไส้กรอกที่ต้องผ่านขั้นตอนการหมักให้มีรสเปรี้ยวก่อนการทำให้แห้ง เก็บได้นานในสภาพที่เย็น อากาศแห้ง และมีความชื้นต่ำ ไส้กรอกชนิดนี้มีหลายชนิด ดังนี้

5.1 ซาลามิ (Salami) ทำจากหมูเนื้อแดงบดหยาบ หมัก บางครั้งใช้เนื้อวัวบดละเอียด หมัก เติมไวน์แดงหรือเหล้าองุ่น กระเทียม และเครื่องเทศหลายชนิด บรรจุในไส้เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 3/8 นิ้ว ทำให้แห้งด้วยแสงแดด

5.2 ลีอองค์ (Leyons) ทำครั้งแรกในฝรั่งเศส ประกอบด้วยเนื้อหมูบดละเอียด 4 ส่วน มันแข็ง 1 – 2 ส่วน หั่นเป็นสี่เหลี่ยมเล็กๆ ผสมเครื่องเทศและกระเทียม บรรจุในไส้ขนาดใหญ่ หมักและทำให้แห้งด้วยวิธีธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 มอทาเดลลา (Mortadella) ทำจากเนื้อหมูและเนื้อวัวบดละเอียดหมักผสมด้วยมันหมูแข็งหั่นเป็นรูปสี่เหลี่ยมเล็กๆ ปรุงรสด้วยเครื่องเทศ บรรจุในกระเพาะปัสสาวะขนาดกลาง รมควันที่อุณหภูมิสูง และทำให้แห้งในอากาศ

5.4 แคปปริโคลา (Cappicola) ทำจากเนื้อหมูส่วนไหล่ ปรุงรสด้วยพริก เกลือ น้ำตาล บรรจุในไส้และทำให้แห้งด้วยอากาศ

5.5 เปปเปอโรนี (Pepperoni) ทำจากเศษเนื้อหมูหมัก อาจผสมเนื้อวัวในบางครั้ง พร้อมกับมันแข็งหั่นสี่เหลี่ยมผสมกับพริกป่นบด พร้อมเครื่องปรุงอื่นๆ บรรจุในไส้เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/3 นิ้ว ผึ่งให้แห้งในอากาศ

5.6 มั้ม (Mum) เป็นไส้กรอกหมักที่ทำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย โดยใช้เนื้อวัวส่วนสะโพกบดละเอียด ผสมกับม้าม ตับและกระเทียม บรรจุในไส้วัวหรือไส้หมูหมักและทำให้แห้งในอากาศ

6. กุนเชียง (Chinese sausage) เป็นไส้กรอกแห้งที่มีที่มาจากประเทศจีน ใช้เนื้อหมูหรือเศษเนื้อหมูผสมกับมันแข็ง หั่นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็กๆ ปรุงรสด้วยเกลือ น้ำตาล ซีอิ๊วขาว บรรจุในไส้หมู ตากแห้งหรือทำแห้งโดยใช้แสงแดด ก่อนนำมารับประทานต้องนำมาทำให้สุกเสียก่อน

7. ไส้กรอกชนิดใหม่ (New condition sausage) เป็นไส้กรอกประเภทกึ่งเปียกกึ่งแห้ง ต่างจากไส้กรอกแห้งตรงวิธีการทำ และทำให้สุกในตู้รมควัน ทำจากเนื้อหมูบดผสมกับเครื่องปรุงและหมักไว้ให้เปรี้ยวประมาณ 24 ชั่วโมงก่อนทำให้สุก ไส้กรอกชนิดนี้ได้แก่ ซาลามิ – คอตโต (Salamicotto) และ โคเชอร์ซาลามิ (Kosher salami) นอกจากนี้ยังมี

7.1 เฮดชีส (Head cheese) ทำจากหัวหมูและเนื้อหมูหมักผสมเครื่องปรุง บรรจุในไส้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว หรือในกระเพาะหมู ในประเทศไทยรู้จักกันในชื่อของหมูตั้ง ซึ่งไม่บรรจุในไส้ แต่ใช้การอัดใส่พิมพ์หรือแบบแทน

7.2 ซูซิ (Sause) คล้ายเฮดชีส แต่มีการเติมน้ำส้มให้เปรี้ยว

7.3 มีทโลฟ (Meat Loaves) ทำจากเนื้อบดผสมเครื่องปรุงต่างๆ เช่น หัวหอมใหญ่ ไข่ เครื่องเทศ มะกอกฝรั่ง แป้งและนมผง บรรจุในแบบหรือพิมพ์ นำไปอบให้สุกหรือบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของไส้กรอกในประเทศสหรัฐอเมริกา

ตารางที่ 1 การจำแนกประเภทของไส้กรอกในประเทศสหรัฐอเมริกา

ชนิด	ลักษณะ	ตัวอย่าง
ไส้กรอกสด (Fresh sausage)	ใช้เนื้อสดและต้องเป็นเนื้อหมู ไม่มีการหมักใช้เครื่องปรุงรส และอัดไส้ จากนี้ต้องทำให้สุกก่อนนำมาบริโภค	ไส้กรอกหมูสด บราทเวอร์ทส บ๊อกเวอร์ทส
ไส้กรอกแห้ง , ไส้กรอกกึ่งแห้ง (Dry and semidry sausage)	ไส้กรอกที่มีการหมัก ผ่านการทำแห้งด้วยอากาศ โดยการรมควันก่อนการทำแห้ง บริโภคได้ขณะเย็นๆ	เจนัวซาลามิ เปปเปอโรนี
ไส้กรอกต้ม (Cooked sausage)	อาจผ่านการหมักหรือไม่ก็ได้ เติมเครื่องปรุงรสและอัดไส้ ทำให้สุก อาจมีการรมควัน รับประทานได้ขณะที่ยังเย็นๆ	แฟรงเฟอร์เตอร์ ไส้กรอกตับ Braunschweiger โบโลญา
ไส้กรอกต้มชนิดพิเศษ (Cooked meat specialites)	อาจผ่านการหมักเนื้อหรือไม่ ทำให้สุก มักไม่รมควัน มีลักษณะเป็นก้อน แต่ขายโดยการหั่นเป็นแผ่นบาง นิยมบริโภคขณะที่ยังเย็นๆ	โลฟ (Loaves) เฮดชีส Scrapple
ไส้กรอกสดรมควัน (Fresh , smoked sausage)	ใช้เนื้อสด อาจผ่านการหมักอัดไส้ รมควัน แต่ไม่มีการต้มก่อนนำไปบริโภคต้องทำให้สุกก่อน	ไส้กรอกหมูสดชนบท เมทเวอร์สท คลีบาซา

ที่มา : Schut ,1978

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะไส้กรอกในเยอรมัน จำแนกตามอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สุดท้ายหรือวัตถุดิบ

ตารางที่ 2 การจำแนกชนิดของไส้กรอกตามอุณหภูมิในประเทศเยอรมัน

กลุ่ม	การใช้ความร้อนส่วนผสม	การใช้ความร้อนผลิตภัณฑ์สุดท้าย	ตัวอย่าง
A ไส้กรอกดิบ(Rohwurst)	-	-	บราทเวอร์สท ซาลามิ เมทเวอร์สท Zervelet
Al_1 ไม่มีการหมัก		ไส้กรอกหมูสด ไส้กรอกเนื้อสด	บราทเวอร์ส Fein Nurnberger (grob)
Al_2 มีการหมัก		-	Regenburger Knack
A_{11} มีการหมัก		ไส้กรอกแห้ง กลุ่มซาลามิ	Daurwurst ซาลามิ Plockwurst Italian
B1 ไส้กรอกต้ม (Bruhwurst)	-	+	แฟรงเฟอร์เตอร์ บ๊อก เวอร์สท เบียร์เวอร์สท
B2 ไส้กรอกต้ม (Knockwurst)	+	+	ไส้กรอกตับ ไส้กรอกเลือด
B3 ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเยลลี่ (Sulze)	+	+	Kopfsulze Hausmachersulze
C กลุ่มมิ้นท์(Minced meat product , Hackfleisch)	±	±	ลูกชิ้นเนื้อวัว แฮมเบอร์เกอร

- หมายถึง ไม่รมควัน + หมายถึง รมควัน

ที่มา : Schut 1978

ขั้นตอนการทำไส้กรอก

การเตรียมวัตถุดิบ

1. เนื้อสัตว์ ในการทำไส้กรอกอิมัลชั่นนิยมใช้เนื้อหมูเป็นองค์ประกอบหนัก หรืออาจใช้หมูป่าหรือเนื้อวัวก็ได้ (Alan และคณะ , 1995) ไม่ว่าจะใช้เนื้อสัตว์ชนิดใด ควรเลือกใช้เนื้อแดงเพื่อให้โปรตีนที่ทำหน้าที่ประสานน้ำและน้ำมันให้เข้ากันได้ดีในส่วนผสมที่เป็นมวลเหนียว โดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าโปรตีนในเนื้อที่สามารถละลายได้ดีในเกลือจะมีประสิทธิภาพในการเป็นตัวช่วยการรวมตัว (emulsifier) ที่ดี และโปรตีนเหล่านี้มีอยู่ในเนื้อแตกต่างกันไป เนื้อที่มีไขมันสูงโปรตีนจะมีความสามารถในการรวมตัวกับน้ำ ไขมันได้สูง (binding index) และไม่ควรนำเนื้อสัตว์ออกจากอุณหภูมิห้องเก็บไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า เพราะจะทำให้เกิดการกลั่นตัวของความชื้นบนชิ้นเนื้อ ที่สำคัญไม่ควรนำเนื้อสัตว์ที่เสียหรือเป็นเมือกมาก่อน นำมาใช้ในการแปรรูป (เยาวลักษณ์ , 2536) หลายประเทศในยุโรปกำหนดให้ในไส้กรอกมีปริมาณเนื้อไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 (Alan และคณะ, 1995)

ตารางที่ 3 ปริมาณโปรตีนทั้งหมดที่มีในเนื้อสัตว์ต่างๆ ปริมาณโปรตีนและความสามารถของโปรตีนในการรวมตัวกับน้ำและน้ำมัน

ชนิดสัตว์	ชิ้นส่วน	ความสามารถในการรวมตัว	ปริมาณโปรตีน	โปรตีนทั้งหมด
สุกร	เนื้อส่วนหัว	80	25	16.1
	เนื้อส่วนแก้ม	70	15	17.0
	หัวใจ	30	17	15.3
	ลิ้น	20	19	16.3
	หนังหมู	20	32	28.3
	มันแข็ง	30	8	4.2
	เนื้อแดง 95 %	90	80	18.9
วัว	เนื้อแดง		88	20.8
	เนื้อพื้นท้อง		55	9.9
	เนื้อส่วนหัว		25	16.4
	ปอด		12	16.9
	ตับ		9	2.07
	มันวัว		8.5	3.3

ที่มา : Wilson , 1981

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไขมัน เป็นส่วนผสมที่ช่วยลดต้นทุนการผลิต ใช้ได้ทั้งไขมันพืชและสัตว์ พบว่ามีการใช้ไขมันร้อยละ 30 มีผลทำให้ไส้กรอกมีลักษณะ กลิ่น สี และการยอมรับดีที่สุด โดยทำให้ไส้กรอกมีความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำและรสชาติดี แต่ผลิตภัณฑ์มีสีจางลง (เยาวลักษณ์ ,2536) หลายประเทศแถบยูโรอนุญาตให้ใช้ไขมันได้มากที่สุดไม่เกินร้อยละ 50 ไส้กรอก Plockwurat เป็นไส้กรอกที่มีปริมาณไขมันสูง หากไม่ควบคุมกระบวนการผลิตให้ดีพอจะทำให้ไขมันในแยกตัวออกมา สังเกตได้ว่ามีไขมันเคลือบอยู่ที่ผิวหน้าของไส้กรอก ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับจำเป็นต้องพยายามหลีกเลี่ยงกรณีนี้ (Sautherland และ Varnam ,1995)

3. น้ำแข็ง ใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการสับนวด ทำให้เกลือและส่วนผสมอื่นๆ ละลายและกระจายตัวได้ดี อิมัลชั่นคงตัวดี ช่วยในการบรรจุได้ง่าย ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อดีและนุ่ม พบว่าไส้กรอกควรเติมน้ำหรือน้ำแข็งประมาณร้อยละ 3 สำหรับไส้กรอกรมควันอาจต้องใช้น้ำแข็งสูงถึงประมาณร้อยละ 20 – 30

4. เกลือ มีหน้าที่หลักเป็นตัวสกัดไมโอซินและโปรตีนในเนื้อสัตว์ที่ละลายในเกลือ และยังเป็นสารให้รสชาติที่ดีแก่ไส้กรอก เกลือถูกนำมาใช้ในระยะแรกของการทำไส้กรอก มักใช้ในช่วงของการหมักเนื้อสัตว์ก่อนนำมาบดละเอียด เกลือที่ใช้กันโดยทั่วไปหมายถึง เกลือแกง ในปริมาณร้อยละ 2 –3

5. ฟอสเฟต ช่วยให้ไส้กรอกมีความเหนียวและอุ้มน้ำได้ดี ผลิตภัณฑ์มีความชื้นและไขมันคงตัวดีขณะต้มหรือรมควัน ไส้กรอกที่ผสมฟอสเฟตจะมีลักษณะเนื้อแน่น แต่ถ้าใส่ฟอสเฟตมากเกินไปจะมีรสกล้ายสบู่ นิยมใช้โซเดียมไพโรฟอสเฟต

6..แป้ง เป็นส่วนผสมที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตโดยการเพิ่มน้ำหนัก มีหน้าที่ทำให้ไส้กรอกเนื้อแน่นและดูดซับความชื้นได้ดี ใช้ในปริมาณร้อยละ 4 –5

นอกจากนี้ยังมีการใช้เกลือเป็นส่วนผสมในการทำไส้กรอกชนิดต่างๆ อีกด้วย การทำเนื้อแช่เกลือมีมานานตั้งแต่ศตวรรษที่ 15 เริ่มต้นที่ใดก่อนไม่ปรากฏหลักฐานแน่ชัด แต่เป็นการใช้เกลือเพื่อถนอมรักษาที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญ ตั้งแต่มีการใช้ดินประสิว (salt peter) โดยไม่มีการนำสารปนเปื้อนต่างๆ ออก ซึ่งต่อมานักวิทยาศาสตร์ก็รู้จักทำดินประสิวให้บริสุทธิ์และทราบว่ามีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ การทำเนื้อเค็มแต่โบราณส่วนมากไม่มีการหมัก จึงเป็นเพียงการเนื้อเค็มและตากแห้งเท่านั้น ในศตวรรษที่ 18 เริ่มมีการนำเกลือมาใช้หมักเนื้อเกิดขึ้น การหมักเนื้อต้องทำควบคู่ไปกับการทำเย็น เนื่องจาก

1. สามารถใช้น้ำเกลือเจือจางในการหมัก เพื่อให้ได้รสชาติตามต้องการ
2. สามารถลดการเน่าเสียและความเปรี้ยวที่จะเกิดขึ้นกับเนื้อขณะหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสม่ำเสมอ เนื้อสัตว์มีรสชาติเหมือนกันตลอด

นอกจากเกลือแล้วยังมีกรดอินทรีย์ที่เข้ามามีบทบาทในการทำไส้กรอก ส่วนใหญ่ใช้กรดอ่อน ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย การใช้กรดปริมาณมากๆ สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้มากดังเช่นคำกล่าวที่ว่า "เมื่อพีเอชของกรดลดลง 1.0 จะทำให้ประสิทธิภาพของการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียเพิ่มมากขึ้น 10 เท่า" กรดอินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้แก่ กรดอะซิติก กรดซอร์บิก และกรดแลคติก

1. กรดอะซิติก ใช้ผลิตภัณฑ์ venegar pickle sausage และ venegar pickle pigs กรดอะซิติกมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการเจริญของกแบคทีเรียอย่างอ่อนๆ ดังนั้นจำเป็นต้องใช้กรดอะติกในความเข้มข้นสูง โดยใช้อย่างต่ำในปริมาณร้อยละ 3.6 หากใช้ในปริมาณที่ต่ำกว่านี้จุลินทรีย์บางกลุ่มเช่น แบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus* spp.ที่ทนกรด ยีสต์บางตัวเจริญเติบโตได้ โดยอาศัยสารอาหารคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในผลิตภัณฑ์

2. กรดซอร์บิก ใช้ในไส้กรอกหมักและไส้กรอกแห้ง ซึ่งมักจะเน่าเสียเนื่องจากเชื้อราเป็นสาเหตุ โดยทั่วไปนิยมใช้ในรูปเกลือของกรดซอร์บิก เช่น โซเดียมซอร์เบท หรือ โปแตสเซียมซอร์เบท กรดซอร์บิทมีผลต่อการยับยั้งการการเจริญของเชื้อราและยีสต์ได้ดี นิยมใช้เป็นสารกันบูดในอาหารทั่วๆ ไป เพราะไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ไม่ทำให้กลิ่นรสของอาหารเปลี่ยนแปลง สามรถถูกย่อยสลายได้ในร่างกายได้แบบเดียวกับกรดไขมันที่เกิดตามธรรมชาติ อันตรายจึงมีน้อย สารนี้มีประสิทธิภาพสูงสุดที่พีเอชต่ำกว่า 6.5 – พีเอช 6.5 อนุญาตให้ใช้ในอาหารได้สูงสุดไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมในอาหาร 1 กิโลกรัม

3. กรดแลคติกและเกลือแลคเตท กรดแลคติกเป็นกรดอินทรีย์ที่เกิดตามธรรมชาติ มีรสเปรี้ยว มีการนำมาใช้ในอาหารทั้งในอาหารหมักดอง และอาหารต่างๆ เพื่อเป็นตัวให้กลิ่นรส และมีผลทางด้านการถนอมรักษา ปริมาณกรดแลคติกใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร มีทั้งมีผลิตได้จากขบวนการหมักและขบวนการสังเคราะห์ทางเคมี กรดแลคติกที่เกิดจากการหมักอยู่ในรูป (L+) ซึ่งเป็นรูปแบบที่เกิดแล้วใช้ได้ในร่างกายมนุษย์ ส่วนเกลือแคลเซียมแลคเตทจะละลายน้ำได้ดีมาก จึงเป็นที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารในปัจจุบัน มีการใช้กรดแลคติกในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ เพื่อลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Salmonalla* spp. ได้เป็นอย่างดี (เยาวลักษณ์ ,2536) และสามารถยับยั้งแบคทีเรียที่สร้าง รวมทั้ง *Staphalylococcus aureus* และ *Yersinia enterocolitica* ประสิทธิภาพของกรดแลคติกขึ้นอยู่กับประเภทของอาหารประจุลินทรีย์เป้าหมาย(Doyle และคณะ ,1997) เมื่อใช้แทนน้ำกลอรีนในการชำระล้างซาก ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกจะใช้โซเดียมแลคเตทร้อยละ 1.0 จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ และรสชาติของเกลือจะไม่ทำให้รสชาติของไส้กรอกเสียไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (เยาวลักษณ์ ,2536) ประสิทธิภาพของกรดแลคติกขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร และจุลินทรีย์เป้าหมาย พบว่ากรดแลคติกมีประสิทธิภาพมากว่า กรดมาลิก , กรดซิตริก กรดโพรพิโอนิก , กรดอะซีติก ในการยับยั้งการเจริญของ *Bacillus coagolans* ในน้ำมะเขือเทศ และยังมีรายงานอีกว่ากรดแลคติก 1-2 เปอร์เซ็นต์สามารถยับยั้งจุลินทรีย์สกุล Enterobacteriaceae , aerobic masophile ในเนื้อวัว เนื้อหมู และสัตว์ปีก ซึ่งถือว่าเป็นการยืดการเน่าเสียออกไป และมีกลไกในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยรบกวน cytoplasmic membrane ทำให้การสร้างพลังงานโดย proton motive force เสียไป (Doyle และคณะ ,1997) Ogden และคณะ ,1997 รายงานว่าการใช้กรดแลคติกร่วมกับกรดอะซิติกเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้ง *Staphylococcus enteritidis* และ *E. coli* เมื่อเทียบกับการใช้กรดเพียงชนิดเดียว เพราะกลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ของกรดแลคติกอยู่ที่การแตกตัวของกรดแลคติก

แต่ในการคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ไม่ใช่วัตถุประสงค์หลักที่เราต้องการ แม้ว่าในการผลิตชีสจะมีการใช้กรดแลคติกในการผลิตเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อที่ไม่ต้องการได้ดีกว่าการใช้กรดอะซิติก หรือใช้ยับยั้งไม่ให้ *Salmonella typhimurium* เจริญ ความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ต้องใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการยับยั้งการเจริญของสปอร์แบคทีเรียคือ 31-63 mM ที่พีเอช 6 ขณะที่ต้องใช้ความเข้มข้นถึง 250 mM ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราและยีสต์

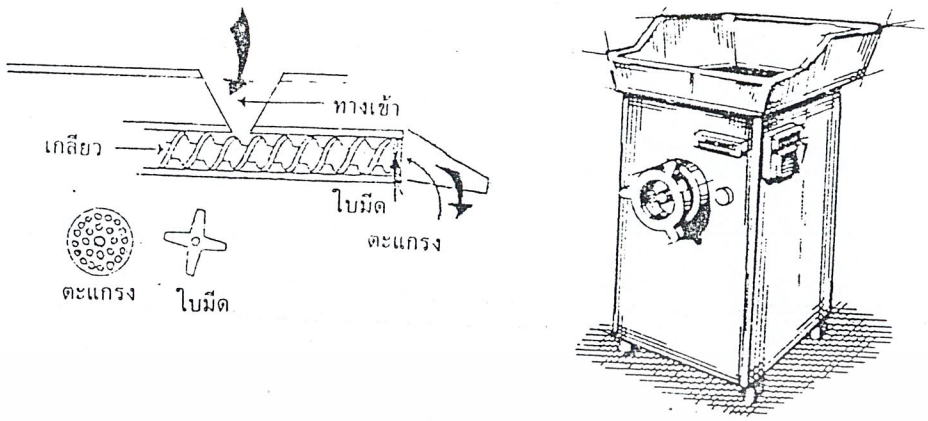
กรดแลคติกจัดเป็นสารที่ปลอดภัยจึงไม่จำกัดปริมาณที่จะนำไปใช้ในกรณีที่มีการควบคุมการผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐาน GMP แต่มีข้อยกเว้นตรงที่ห้ามใช้เป็นส่วนผสมกับอาหารทารก มีการใช้เกลือของกรดแลคติกกันอย่างแพร่หลายเช่น

แคลเซียมแลคเตทใช้เป็นสารให้กลิ่นรส โดยทำหน้าที่เป็น flavour enhancer , flavour agent และ adjuvant , ใช้ในการทำขนมปัง (leavening agent) , สารอาหาร , สแตบิไลเซอร์ , สารทำให้ข้น เฟอรัสแลคเตท ใช้เป็นอาหารเสริม สารทั้งสองชนิดจัดว่าเป็นสารที่ปลอดภัยหากให้ในปริมาณปกติและเป็นไปตามมาตรฐาน GMP (Branen และคณะ ,1990)

การบดเนื้อ

เนื้อที่จะใช้ในการทำไส้กรอกต้องนำมาลดขนาดในเครื่องบดเนื้อ เพื่อเพิ่มพื้นที่ให้ง่ายต่อการสกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือ การบดจะให้ได้เนื้อที่ขนาดเล็กโดยผ่านรูตะแกรงขนาด 1 1/8 นิ้ว และบดเนื้อกับไขมันแยกกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



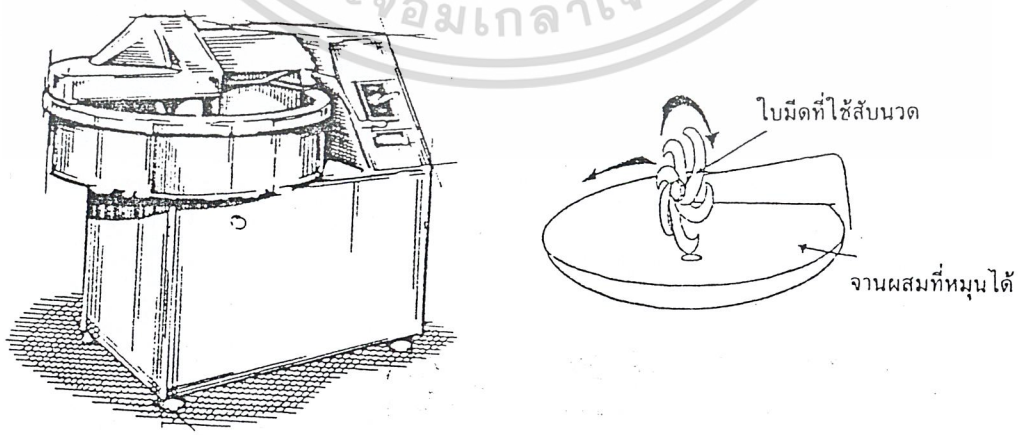
ภาพที่ 1 เครื่องบดเนื้อ

การผสม

ทำในเครื่องผสม (mixer) เพื่อช่วยให้เครื่องปรุงคลุกเคล้าเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน ไส้กรอกอิมัลชั่นอาจไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนนี้ การผสมอาจใช้ผสมเครื่องปรุงเข้าด้วยกันหรือผสมเนื้อ 2 –3 ชนิด ก่อนจะนำไปทำอิมัลชั่น เครื่องผสมใช้กันมากในการทำไส้กรอกชนิดหยาบ

การสับนวด

การสับนวดทำภายในเครื่องสับนวด (chopper หรือ selent cutter) ภายในเครื่องนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ใบมีด และ กระทะหรืออ่างสำหรับใส่เนื้อสัตว์ที่ผ่านการบดมาแล้ว อาจมีระบบควบคุมอุณหภูมิ และที่สำคัญต้องมีมอเตอร์สำหรับหมุนกระทะสับให้เกิดการกระจายตัวของส่วนผสม



ภาพที่ 2 ภาพของเครื่องสับนวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไส้กรอกเป็นอิมัลชั่นประเภทไขมันในน้ำ (oil in water emulsion) โดยมีเม็ดไขมันกระจาย (disperse หรือ discontinuous) อยู่ในน้ำ ซึ่งน้ำเป็นตัวที่ถูกแทรก (external หรือ continuous phase) ปกติแล้วน้ำไม่รวมตัวกับไขมัน จึงต้องตัวช่วยในการรวมตัว (emulsifier) ได้แก่ โปรตีนไมโอซินที่ละลายได้ในเกลือ ทำหน้าที่หุ้มเม็ดไขมันไว้ ทำให้เกิดการผสมที่คงตัว (colliod suspension emulsion) โปรตีนไมโอซินจะอยู่ในเนื้อแดง เมื่อถูกตัดด้วยใบมีดในเครื่องสับนวดทำให้มีขนาดเล็กลงเท่ากับเป็นการการเพิ่มพื้นที่ผิว เมื่อเติมเกลือลงไป เกลือจะสามารถสกัดไมโอซินได้ดี เมื่อเติมส่วนผสมของไขมันลงไป โปรตีนที่ละลายออกมาจะเข้าหุ้มเม็ดไขมันเอาไว้

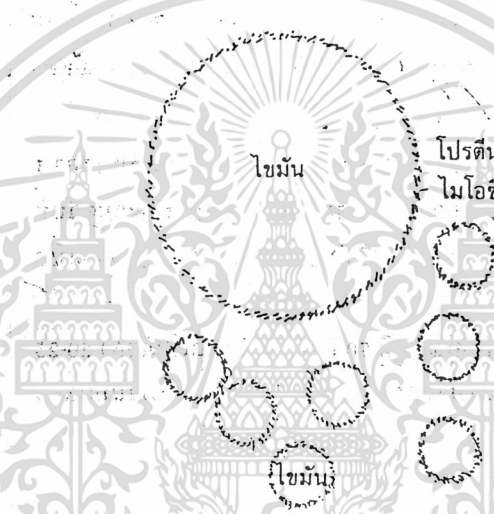
ภาพที่ 3 ภาพของอิมัลชั่นในไส้กรอก

ระหว่างที่มีการสับนวดจะมีความร้อนเกิดขึ้น เนื่องจากการเสียดสีของเนื้อและเครื่องมือ ทำให้เม็ดไขมันแยกตัวออกมาจากโปรตีน จึงต้องเติมน้ำแข็งลงไปช้าๆ เพื่อควบคุมอุณหภูมิของส่วนผสมให้เย็นอยู่ตลอดเวลา มีรายงานว่าอิมัลชั่นจะคงตัวที่อุณหภูมิ 15.6 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่านี้ ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 32.3 องศาเซลเซียสจะทำให้อิมัลชั่นแตกตัวได้ (เยาวลักษณ์ ,2536) แต่เพื่อให้ได้อิมัลชั่นที่เป็นมวลเหนียว เนื้อละเอียด เรียบและเนียนไม่ติดมือควรควบคุมให้อุณหภูมิสุดท้ายภายหลังจากการสับนวดแล้ว ไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส และเนื้อที่บดละเอียดแล้ว ควรนำไปแปรรูปทันที ไม่ควรเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นนานเกินไป เพราะปนเปื้อนจุลินทรีย์ได้ง่าย (Sautherland และ Varnam ,1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่ออิมัลชั่นในการผลิตไส้กรอก ได้แก่

1. การสับนวดนานเกินไป (over chopping) ทำให้เม็ดไขมันถูกตัดแบ่งเป็นเม็ดเล็กๆ ไขมันที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลง และผิวหน้าของไขมันเพิ่มขึ้น จนทำให้ผิวของไขมันมีความมันสดใสมาก จนกระทั่งสารละลายโปรตีนไม่สามารถหุ้มไว้ได้ เม็ดไขมันจะมีผิวหน้าที่ถูกหุ้มด้วยโปรตีนแค่บางส่วน บางส่วนไม่มีโปรตีนหุ้มไว้จะทำให้ไขมันไหลออกมา (greasing out) ทำให้ได้อิมัลชั่นที่ไม่สม่ำเสมอ เมื่อไส้กรอกสุกแล้วจะสังเกตเห็นไขมันเกาะเป็นจุดๆ ไม่รวมตัวกันเป็นเนื้อเดียวกัน

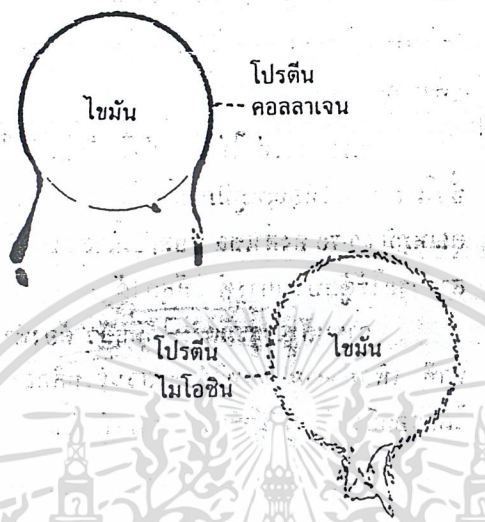


ภาพที่ 4 ผลของการใช้เวลาในการสับนวดส่วนผสมนานเกินไป ทำให้เม็ดไขมันกระจายในอิมัลชั่นของไส้กรอก

2. ความไม่สมดุลของเนื้อ (short meat) เป็นสภาพที่เกิดขึ้นขณะเตรียมอิมัลชั่นของไส้กรอก มีปริมาณไมโอซินไม่เพียงพอ เนื่องจากมีเนื้อแดงน้อยเกินไป ในสูตรมีคอลลาเจนมากเกินไป เนื่องจากผู้ผลิตต้องการประหยัด และไม่เข้าใจถึงความสำคัญของโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือ เมื่อเตรียมอิมัลชั่นแล้วจึงมีปริมาณไมโอซินไม่เพียงพอที่จะหุ้มเม็ดไขมัน มีเม็ดไขมันบางส่วนถูกหุ้มด้วยไมโอซิน บางเม็ดหุ้มด้วยคอลลาเจน ซึ่งถ้ามองเผินแล้วจะไม่เห็นถึงความแตกต่างนี้ เมื่อนำไปผ่านความร้อนโดยการรมควันจะทำให้คอลลาเจนหดตัวและเปลี่ยนเป็นเจลาตินอย่างรวดเร็ว แต่ไมโอซินจะตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะกอนและหุ้มเม็ดไขมันเอาไว้ สิ่งเหล่านี้จะปรากฏให้เห็นเป็นคราบน้ำมัน (fat cap) เกาะตามผิวไส้กรอกและภายในไส้กรอกจะเกิดเป็นโพรงเยลลี่



ภาพที่ 5 ผลของไมโอซินและคอลลาเจนที่มีผลต่อการหุ้มเม็ดไขมันในอิมัลชั่น

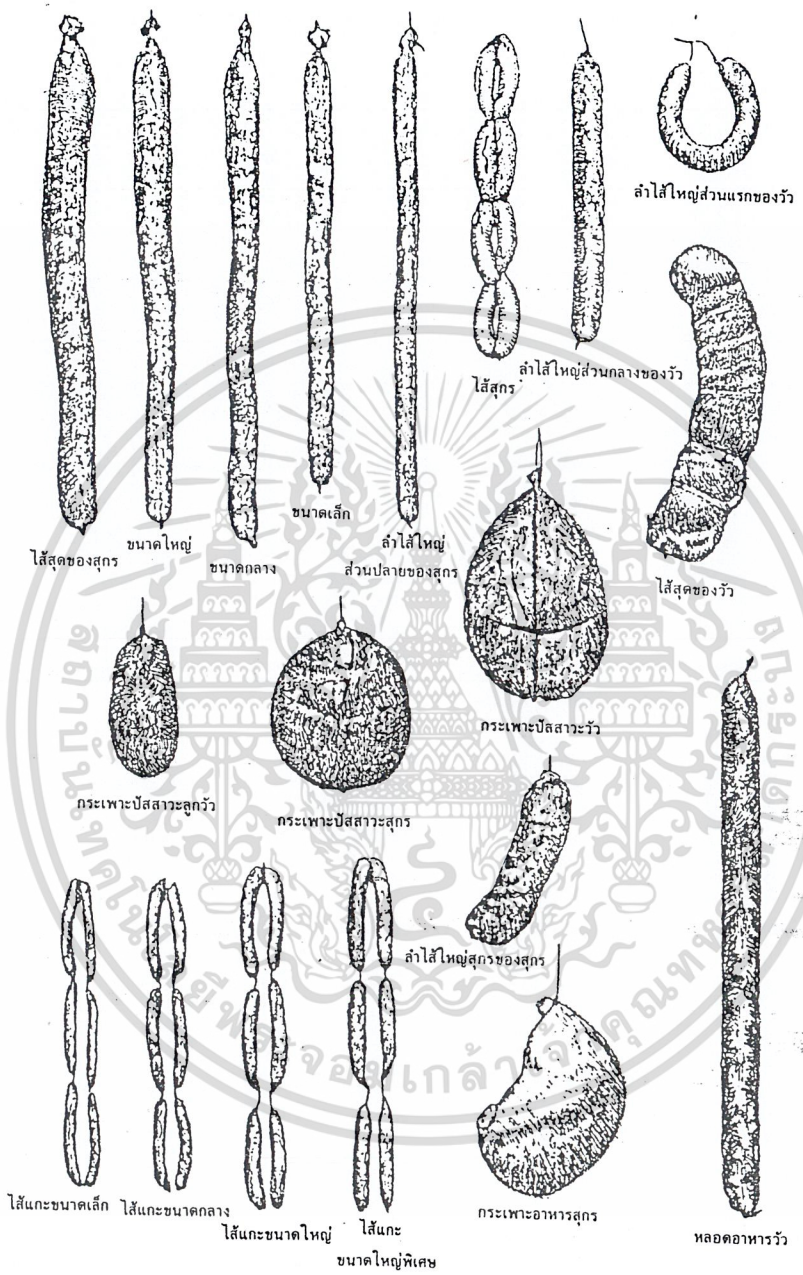
การบรรจุและการอัดไส้

ไส้ (Casing) บรรจุไส้กรอกมี 2 ชนิดดังนี้

1. ไส้ธรรมชาติ (Natural casing) ได้จากไส้แกะ ไส้หมู ไส้วัว หลอดคอวัว กระเพาะหมู ไส้ติ่งตัว ไส้ในกลุ่มนี้มีขนาดและคุณภาพไม่สม่ำเสมอ เปื่อยง่าย ฉีกขาดง่าย เก็บรักษายาก ราคาแพง แต่เมื่อนำมาใช้ในการบรรจุไส้กรอกจะได้ไส้กรอกที่มีความกรอบ อร่อย และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ไส้กรอกที่ใช้ไส้ธรรมชาติบรรจุได้แก่ ซัมเมอร์ซอสเซสบรรจุในไส้ส่วนปลายของไส้ใหญ่บรรจุ (bung) ไส้กรอกซาลามิบรรจุในส่วนของลำไส้ใหญ่ ที่อยู่ถัดจากปลายลำไส้ใหญ่ (second end) ไส้กรอกหมูอิตาเลียน และ กุนเชียงบรรจุในไส้ส่วนลำไส้เล็ก (small intestine) ไส้กรอกแห้งบรรจุในกระเพาะหมู (stomach) มั้มมักบรรจุในไส้ส่วนที่ได้จากไส้ติ่งของวัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 6 ไส้ธรรมชาติจากส่วนต่างๆ ของสัตว์ที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

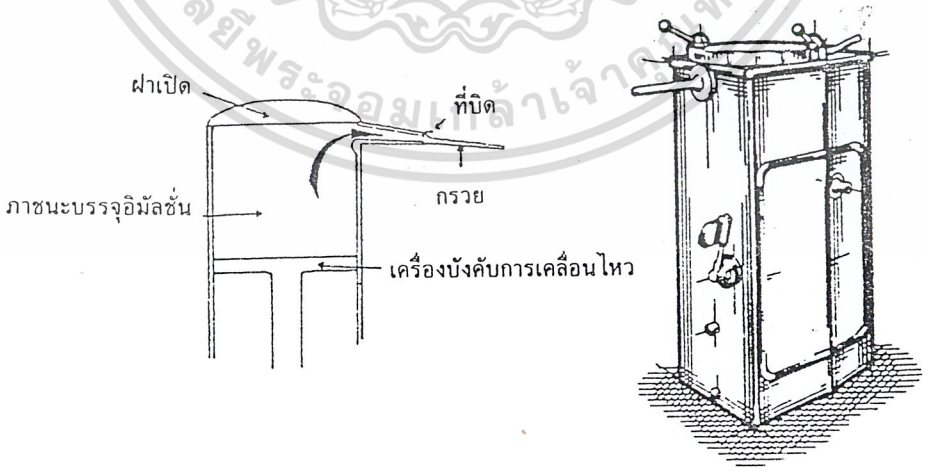
33526

2. ไส้เทียม (Artificial casing) นิยมมากในโรงงานผลิตไส้กรอก เนื่องจากผลิตได้ปริมาณมาก ราคาถูก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางให้เลือกได้ตามความต้องการ ขนาดสม่ำเสมอและเก็บรักษาได้ง่าย มี 2 แบบ คือ

2.1 ไส้เทียมที่รับประทานได้ (edible artificial casing) ทำจากหนังสัตว์ (regenerated collagen) ส่วนคอเรียมของลำไส้ โดยสกัดด้วยสารละลายด่างและล้างด้วยน้ำ จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับกรดให้เกิดการพองตัวและเหลวข้นเป็นเนื้อเดียวกัน จึงนำเข้าแบบเพื่อขึ้นรูปและผ่านด่างทำให้แห้ง ใช้มากกับไส้ที่มีขนาดเล็ก

2.2 ไส้เทียมที่รับประทานไม่ได้ (inedible artificial casing) ทำจากเซลลูโลสที่สกัดจากเมล็ดฝ้าย คอลลาเจนที่บริโภคไม่ได้และพลาสติก ไส้เทียมประเภทนี้มีตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 – 15 เซนติเมตร มีความแข็งแรงทนทาน(เยาวลักษณ์ , 2536) นิยมใช้บรรจุแฟรงเฟอร์เตอร์

ในการผลิตไส้กรอกอิมัลชั่นในระดับอุตสาหกรรม จะเป็นระบบอัตโนมัติทั้งระบบ ไม่เหมาะสมกับการใช้ไส้ธรรมชาติเนื่องจากไม่มีความสม่ำเสมอ จึงหันมาใช้ไส้สังเคราะห์ที่มีขนาดแน่นอนแทน ระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการบรรจุไส้กรอกเรียกว่า coextruder ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่คือ ส่วนที่ส่งให้เนื้อที่ผ่านกระบวนการนวดสับแล้วออกมา (rope) และส่วนที่มีไส้สวมอยู่ ต้องมีการปรับเครื่องบรรจุให้มีแรงดันที่เหมาะสมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไส้กรอก ก่อนที่จะบรรจุไส้กรอก จากนั้นจัดแต่งโดยการผูกหรือควั่นให้เป็นท่อนที่มีขนาดตามต้องกา(Sautherland และ Varnam ,1995)



ภาพที่ 7 เครื่องบรรจุไส้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำให้สุก

การต้มเป็นการทำให้ไส้กรอกสุกที่เหมาะสมกับไส้กรอกปริมาณไม่มากนัก ซึ่งอาจมีการรมควันเป็นขั้นตอนที่ 2 ถัดจากการต้มก็ได้ (Sautherland และ Varnam ,1995) หากเป็นการทำไส้กรอกในระดับอุตสาหกรรมอาจทำในตู้รมควันในช่วงแรกใช้อุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือให้อุณหภูมิภายในไส้กรอกประมาณ 50 –60 องศาเซลเซียส เวลา 30 –50 นาที (เยาวลักษณ์ , 2536) ควรมีอุณหภูมิภายในไส้กรอกประมาณ 85 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปอุณหภูมิภายในไส้กรอกอยู่ที่ประมาณ 69 – 77 องศาเซลเซียส แต่เวลาที่ใช้อาจแต่ต่างกันไปขึ้นกับความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ในสหรัฐอเมริกา อุณหภูมิภายในไส้กรอกต่ำที่สุด ไม่ควรน้อยกว่า 58.3 องศาเซลเซียส เพื่อให้ปลอดภัยจากเชื้อ *Trichinella* spp. (Sautherland และ Varnam ,1995)

การรมควัน

การรมควันเป็นการใช้ความร้อนและควันไปควบคู่กันไป เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แห้งและมีกลิ่นรสของควันไป คาดกันว่ามีต้นกำเนิดมาจากชาวอินเดียแดงที่แขวนเนื้อสัตว์ที่ล่ามาได้ไว้บนส่วนสูงของเต้นท์รูปกรวย (tepee) เมื่อติดไฟให้ความร้อนภายในและปรุงอาหาร ควันไฟที่เกิดขึ้นลอยไปเกาะบนเนื้อที่แขวนพึ่ง หรือตากไว้ทำให้รสชาติของเนื้อสัตว์ดีขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการใช้การรมควันในการถนอมรักษา ได้แก่ แฮม เบคอน ไส้กรอกประเภทรมควันต่างๆ ได้แก่ ไส้กรอกเวียนนา ไส้กรอกโบโลญา และอื่นๆ

วัตถุประสงค์ของการรมควัน

1. เป็นการถนอมรักษาเนื้อสัตว์
2. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสี และกลิ่นรสดีขึ้น
3. ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้น
4. ป้องกันผลิตภัณฑ์ไม่ให้เหม็นหืน เนื่องจากการออกซิไดซ์

คุณสมบัติของควันไฟ

ควันไฟที่ดีจะได้มาจากไม้เนื้อแข็ง ไม้ที่นิยมกันมากทางยุโรปได้แก่ ไม้จากต้นฮิกคอรี่ แอปเปิ้ล พลับ โอ๊ก เมเปิ้ล หรือไม้อื่นๆ ที่ไม่มียาง สำหรับประเทศไทยนิยมไม้ขี้เลื่อยจากไม้สักหรือขี้เลื่อยจากไม้เนื้อแข็ง ซังข้าวโพด กากอ้อยเป็นต้น (เยาวลักษณ์ ,2536)

ควันประกอบด้วย 2 เฟส คือ

particulate (dispersed) phase เป็นส่วนที่มองเห็นได้ของควัน ประกอบด้วย ทาร์ เรซินของไม้ และสารประกอบฟีนอลทั้งที่มีจุดเดือดสูงและจุดเดือดต่ำ ปริมาณของสารดังกล่าวแปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิและความเข้มข้นของควัน อนุภาคดังกล่าวมักอยู่ในสภาพของหยดของเหลวขนาดเล็ก (droplets) อันเกิดจากการกลั่นตัว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.196-0.346 ไมโครเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

gaseous (dispersing) phase เป็นส่วนที่ให้กลิ่น-รสควันมากกว่าส่วนของ particulate (dispersed) phase (วรรณา ,2534)

ควันไปประกอบด้วยสารเคมีต่างๆ มากกว่า 200 ชนิด ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่ซับซ้อน ส่วนประกอบต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อการเกิดกลิ่นรสและมีผลต่อการถนอมรักษาผลิตภัณฑ์ได้แก่

ฟอร์มาดีไฮด์	25 – 40	ส่วนในล้านส่วน
Higher aldehyde	140 – 180	ส่วนในล้านส่วน
กรดฟอร์มิค	90 – 125	ส่วนในล้านส่วน
กรดอะซีติก และ higher acid	460 – 500	ส่วนในล้านส่วน
ฟีนอล	20 -3 0	ส่วนในล้านส่วน
คีโตน	190 – 200	ส่วนในล้านส่วน
เรซินและแวกซ์	> 1000	ส่วนในล้านส่วน

องค์ประกอบที่สำคัญในควันไฟที่มีผลต่อการถนอมรักษา และทำให้เกิดกลิ่นรสขึ้นกับผลิตภัณฑ์คือ ฟีนอล และฟอร์มาดีไฮด์ โดยฟีนอลต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของควันไฟจะทำหน้าที่

1. เป็นตัวป้องกันการเกิดการเหม็นหืน (antioxidant)
2. เป็นส่วนหนึ่งหนึ่งของกลิ่นควันไฟในผลิตภัณฑ์อาหารรมควัน
3. มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (bacteriostatic effect)

ฟอร์มาดีไฮด์จากควันไฟเป็นตัวทำลาย และ ป้องกันจุลินทรีย์เจริญบนชิ้นเนื้อและผลิตภัณฑ์ และมีผลต่อแมลงต่างๆ ที่อาจปนเปื้อนมาด้วย เมื่อใช้เวลารมควัน □ - 2 ชั่วโมง แบคทีเรียชนิดที่ไม่สร้างสปอร์จะถูกทำลายลงไปเนื่องจากการรมควันเป็นส่วนใหญ่ จะถูกทำลายลงไปหมดเมื่อมีการรมควัน 3 ชั่วโมง

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในควันไฟบางชนิด ในเนื้อสัตว์ก่อให้เกิดสารก่อมะเร็ง เช่น benz(a)pyrene dibenz(a)anthracene ดังนั้นประชากรที่นิยมบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์รมควันจึงมีอัตราเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งมากกว่าคนทั่วๆ ไป แต่สาร polyaromatid hydrocarbon ไม่มีบทบาทต่อการเก็บรักษาหรือคุณสมบัติทางด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์รมควัน (เยาวลักษณ์ ,2536)

วิธีการรมควัน

1. Smoldering เป็นวิธีการรมควันที่ใช้ขี้เลื่อย (sawdust) เป็นเชื้อเพลิง ขี้เลื่อยจะถูกทำให้ไหม้ด้วยขดลวดร้อน หรืออาจใช้ก๊าซ หากมีออกซิเจนในปริมาณมากพอจะทำให้การผลิตควันเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ควันถูกพาหรือบังคับให้เคลื่อนตัวไปในห้องรมควัน การใช้แผ่นกรองควันสามารถลดปัญหาอนุภาคของแข็งจากควันที่สามารถตกค้างในอาหารได้ หรืออาจแก้ไขด้วยการเพิ่มระยะทางระหว่างห้องผลิตกับห้องรมควันอาหาร อุณหภูมิของการผลิตควันจะแตกต่างกันขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับปริมาณออกซิเจน ถ้ามีออกซิเจนมากพอจะทำให้อุณหภูมิของการผลิตควันสูงกว่า 800 องศาเซลเซียส ถ้าออกซิเจนน้อยลงอุณหภูมิดังกล่าวก็ลดลงด้วย วิธีนี้ควบคุมอุณหภูมิได้ยากเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ ความชื้นของขี้เลื่อยมีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิการผลิตควัน ไม้ที่มีความชื้น 30 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้อุณหภูมิของการผลิตควันต่ำกว่าเมื่อใช้ไม้แห้งประมาณ 100-300 องศาเซลเซียส ความชื้นยังมีผลต่อปริมาณ PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon) ให้ลดลงอีกด้วย

2. Friction วิธีการนี้ทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างไม้กับแผ่นโลหะที่หมุนด้วยความเร็วสูง ความร้อนที่เกิดจากแรงเสียดทานมากพอที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้ของไม้ได้ วิธีการนี้ไม่เกิดเปลวไฟ มีเฉพาะส่วนของควันเท่านั้นที่ผ่านไปยังห้องรมควัน เมื่อมีการเดินเครื่องอย่างต่อเนื่องอุณหภูมิของควันที่ได้อยู่ในช่วง 140-160 องศาเซลเซียส วิธีนี้ควบคุมอุณหภูมิได้ยากกว่าวิธีอื่นๆ แต่ถ้ามีการหยุดเครื่องสักระยะหนึ่งทำให้อุณหภูมิของควันจะลดต่ำลง หรือมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องเพียงเล็กน้อย วิธีนี้ให้ปริมาณ allyl- และ propenyl syringol- มากกว่า แต่ให้สารประกอบฟีนอล guaiacol และ syringol น้อยกว่าวิธี smoldering และให้สารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงๆ ที่มีผลต่อกลิ่นและรสชาติเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ และมีข้อจำกัดในการผลิตสารประกอบจากควันในด้านอุณหภูมิและเวลาของวิธีการรมควัน

3. Wet smoke วิธีใช้ควันเปียก หรือ condensate จะใส่ขี้เลื่อย super-heated steam ผสมกับลมร้อนจนทำให้เกิดการเผาไหม้ ควันที่เกิดขึ้นมีอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส และมีความชื้น เนื่องจากการกลั่นตัวของไอน้ำ วิธีการผลิตนี้ไม่เกิดเปลวไฟและไพโรไลซิสมักจะเกิดในช่วงอุณหภูมิ 300-400 องศาเซลเซียส ควันชื้นมีข้อได้เปรียบในเรื่องสีของอาหารอีกด้วย

4. Fluidization วิธีนี้ใช้ระบบไฟฟ้าทำให้ลมร้อนถึงอุณหภูมิ 300-400 องศาเซลเซียส ภายใต้ความเร็วสูง เมื่อลมร้อนสัมผัสกับขี้เลื่อยจะทำให้เกิดการหมุนแบบปั่นป่วน (turbulence) ซึ่งขี้เลื่อยจะเขวนลอยไม่เกิดเปลวไฟ และอุณหภูมิของควันสูงกว่าอุณหภูมิห้องเพียงเล็กน้อย และใช้ cyclonic seperator แยกส่วนของควันออกจากส่วนของอนุภาคของแข็ง

5. Carbonization วิธีการรมควันนี้ใช้อุปกรณ์พิเศษ ซึ่งสามารถอัดขี้เลื่อยในท่อโดยจะไล่อากาศที่อยู่รอบๆ ขี้เลื่อยในเวลาเดียวกัน ขี้เลื่อยอัดจะถูกทำให้ร้อนด้วยไฟฟ้า และเนื่องจากขี้เลื่อยถูกอัดตัวแน่นปราศจากอากาศระหว่างอนุภาคจึงทำให้เกิดควันในขณะเผา (carbonization) โดยไม่เกิดเปลวไฟ ควันที่ได้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง

ด้วยความจริงที่ว่าควันประกอบด้วย 2 เฟส จึงมีการค้นคิดที่จะนำเอาเทคนิคของ Electrostaic smoking มาใช้ โดยอาหารที่ต้องการจะรมควันจะวางเรียงอยู่ระหว่างขดลวดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้า 20-60 กิโลโวลท์ เมื่อปล่อยควันที่ผ่านเข้าในบริเวณดังกล่าว มีผลให้อนุภาคในควันถูกแยกตัวและเกาะบนผิวประจุตรงกันข้ามหรือบนอาหาร อาหารที่รมควันด้วยวิธีนี้มักจะผ่านด้วยรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินฟาเรดอีกครั้งเพื่อทำให้ผิวอาหารแห้งขึ้น ปริมาณของกรด สารประกอบฟีนอล และคาร์บอนิล ในอาหารจะน้อยกว่าเมื่อใช้วิธีการรมควันแบบธรรมดา มีรายงานว่าไส้กรอกที่รมควันด้วยวิธี electostatic smoking มีสี-กลิ่นควันน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวิธีธรรมดา แต่คะแนนนิยมรสชาติไม่มีความแตกต่างกัน (วรรณา ,2534)

การรมควันมี 2 ลักษณะ

1. **การรมควันเย็น (cold smoking)** ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ต้องวางหรือแขวนให้สูงจากกองไฟ และกองไฟต้องคลุมด้วยขี้เลื่อยหรือแผ่นโลหะเพื่อป้องกันความร้อนผ่านมายังชิ้นเนื้อมากเกินไป อุณหภูมิของในตู้ควันต้องใช้ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส แต่นิยมที่อุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส เนื่องจากใช้ความร้อนต่ำในการรมควัน ต้องใช้เวลานานมากถึง 24 ชั่วโมง ถึง 2 สัปดาห์ ปกติการรมควันเย็นใช้เวลาเพียง 24 ชั่วโมงก็ใช้ได้แล้ว แต่ถ้าต้องการเก็บรักษาไว้ได้นานต้องรมควันเป็นอาทิตย์ขึ้นไป อาหารที่ใช้การรมควันเย็นได้แก่ แฮมและเบคอนดิบ อาหารที่ผ่านการรมควันเย็นอยู่ในสภาพที่ไม่สุก
2. **การรมควันร้อน (hot smoking หรือ barbecuring)** ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะแขวนหรือวางไว้ใกล้กับไฟ ใช้เวลา 3 – 4 ชั่วโมง อุณหภูมิที่ใช้ในตู้รมควันใช้ 60 – 120 องศาเซลเซียส วิธีนี้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์สามารถรับประทานได้ทันทีที่รมควันเสร็จ อาหารที่ใช้การรมควันร้อนได้แก่ แฮมสุกและไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์สุก หรืออาจเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ หากพิจารณาในแง่ของประสิทธิภาพการรมควันร้อนให้ผลเร็วกว่าการใช้ควันเย็นประมาณ 7 เท่า (เยาวลักษณ์ ,2536 และ วรรณา ,2534)

นอกจากนี้ยังมีการแปรรูปโดยการใช้ควันอุ่น (warm smoke) รมอาหารซึ่งพบว่าอุณหภูมิของการรมควันอยู่ที่ 25-40 องศาเซลเซียส ยังมีการใช้วิธีการรมควันชื้น (moist smoking) อุณหภูมิของห้องรมควันประมาณ 24-48 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ นิยมใช้รมควันไส้กรอกแห้งและซาลามิ และมีการรมควันเข้ม (dark smoking) เป็นวิธีการใช้ควันที่มีความหนาแน่นรมอาหารทำให้ผิวอาหารมีสีเข้ม มีกลิ่นรสควันแรงมาก แต่อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเนื่องจากมีปริมาณ PAH มาก (วรรณา ,2534)

ปัจจุบันมีการใช้ควันน้ำ (liquid smoke) ที่สามารถเตรียมได้จากไม้เนื้อแข็ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะประกอบด้วยสารระเหยได้และมีพวกฟีนอล กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ และสารประกอบคาร์บอนิล ควันน้ำต้องปราศจากสารประกอบของ polyaromatic hydrocarbon โดยเฉพาะอย่างยิ่ง benz(a) pyrene ดังนั้นควันน้ำจึงมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่าการใช้ควันไฟธรรมดา การใช้ควันน้ำพ่นลงบนผลิตภัณฑ์ ควรนำมาเจือจางกับน้ำหรือน้ำเชื่อมก่อนใช้ เช่น น้ำเชื่อมน้ำตาลซูโครส หรือกรดซิตริก การเตรียมสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของควันน้ำ ใช้ควันน้ำ 20 –30 ส่วน กรดซิตริก หรือน้ำส้มสายชู 5 ส่วน และน้ำ 65 – 75 ส่วน ส่วนของกรดอินทรีย์ที่เติมลงไปเพื่อ ช่วยให้เกิด skin formation บนไส้กรอกพวก skin frankferter และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกขนาดเล็ก ซึ่งในปัจจุบันในอุตสาหกรรมไส้กรอกรมควันจะนิยมใช้ควันน้ำมากกว่าควันไม้ธรรมดาเนื่องจาก

1. ใช้พ่นลงบนผลิตภัณฑ์ก่อนการทำให้สุก ทำให้มีกลิ่นควันติดอยู่กับผลิตภัณฑ์ได้ โดยไม่ต้องมีเครื่องผลิตควันติดอยู่กับตู้อบ และสะดวกในการใช้มากกว่าการรมควันอบเดิม เพราะอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ทำความสะอาดง่ายกว่า
2. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นควันสม่ำเสมอ และมีความคงตัวดีกว่า
3. ควันน้ำ สามารถกำจัดสารประกอบที่เกิดจากการควัน ที่เป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งในร่างกายผู้บริโภคได้

ถ้ามีการรมควันไส้กรอกจะเป็นการรมควันที่อุณหภูมิ 60 –70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 –3 ชั่วโมง และถ้ามีการใช้ควันน้ำหรือผงเติมเข้าไปในส่วนผสมของเนื้อสามารถใช้ตู้อบในการทำให้สุกได้ และสามารถรับประทานได้ภายหลังจากการที่รมควันได้ที่แล้ว ต้องนำไปต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 –50 นาที เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่อาจหลงเหลืออยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ไส้กรอกเน่าเสีย และเป็นเทคนิคที่ทำให้ไส้กรอกมีผิวหน้าที่ตึง เรียบ น่ารับประทาน (เยาวลักษณ์ ,2536)

บทบาทของการรมควันในการยับยั้งแบคทีเรีย

ความเข้มข้นของควันเหลวน้อยกว่า 200 ppm ไม่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ดังกล่าวได้ เนื่องจากควันเหลวมี threshold ประมาณ 20 ppm เท่านั้น การใช้ควันเหลวเข้มข้นน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ไม่มีผลยับยั้งการเจริญของ *Bacillus subtilis* , *B. cereus* , *Sarcina subflava* , *S. lutea* , *Staphylococcus aureus* , *S. epidermidis* หรือ *M. flavus* ในทางตรงกันข้ามในปี 1969 มีรายงานไว้ว่าควันเหลวสกัดมีผลต่อการยืดอายุผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ตลอดจนลดปริมาณแบคทีเรีย โดยการเติมควันเหลวในปริมาณเพียง 0.01 กรัมต่อกิโลกรัม สามารถลดปริมาณแบคทีเรียได้เป็นสามเท่าในขณะที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่านี้ก็จะให้ผลดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 อิทธิพลของความเข้มข้นของควันเหลวต่อคุณภาพของไส้กรอก

ความเข้มข้น (กรัม/กิโลกรัม)	ในเวลาการเก็บตัวอย่าง (ก)	แบคทีเรียที่ลดลง (ข)
0	1.00	1.00
10	1.08	3.18
20	1.18	3.89
30	1.30	4.44
40	1.45	4.92
50	1.63	5.35
80	2.64	6.47
100	4.46	7.14
120	14.42	7.77

ก อัตราส่วนของระยะเวลาในเก็บตัวอย่างที่เติมควันน้ำ ต่อ ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างที่ไม่มีการเติมควันน้ำ

ข อัตราส่วนจำนวนของแบคทีเรียที่นับได้ในตัวอย่างควบคุม ต่อ จำนวนของแบคทีเรียที่นับได้ในตัวอย่างที่มีการเติมควันน้ำ

ที่มา ดัดแปลงจากKozlosdki และคณะ ,1969

มีผู้ศึกษาผลของควันเหลวที่วางจำหน่ายต่อเชื้อต่างๆ 5 ชนิดได้แก่ *B. cereus* , *B. subtilis* , *E. coli* , *Micrococcus* sp. , *S. aureus* , *S. faecalis* และ *Lactobacillus* sp.พบว่า *E. coli* จะมีความทนทานต่อควันเหลวได้ดีกว่า *S. aureus* สายพันธุ์ของแบคทีเรียมีความไวต่อควันได้ในระดับแตกต่างกัน เช่น *Bacillus* sp. และ *Microbacterium* sp. มีความต้านทานน้อยกว่า*E. coli* และ Lactobacillaceae มีความต้นทานมากที่สุด

เมื่อมีการใช้ควันเหลวร่วมกับโซเดียมคลอไรด์จะให้ผลป้องกันการผลิตสารพิษของ *Clostridium botulinum* ชนิด A และ E ในปลาที่เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน และ 14 วันตามลำดับ พบว่าสามารถใช้เกลือในปริมาณลดลงจาก 4.6-2.8 เปอร์เซ็นต์ได้ เมื่อมีการใช้เกลือร่วมกับควันเหลว แสดงถึง synergistic effect และเป็นผลดีต่อผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมปริมาณเกลือในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วๆ ไปราและยีสต์ถูกยับยั้งด้วยควันได้น้อยกว่าแบคทีเรีย ราต่างสายพันธุ์จะถูกยับยั้งด้วยควันได้แตกต่างกัน และบางครั้งราอาจเป็นตัวกระตุ้นการเจริญของราบางชนิด นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิสูงขึ้น (300 , 350 และ 400 องศาเซลเซียส) สามารถยับยั้งรามีประสิทธิภาพสูงขึ้น (วรรณา ,2534)

การทำเย็น

การทำเย็นเป็นการลดความร้อนที่สะสมภายในชิ้นไส้กรอก และทำให้เนื้อภายในหดตัวอย่างรวดเร็ว ช่วยในการลอกเปลือกออกได้ง่าย เช่น กรณีของไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ที่ต้องลอกไส้สังเคราะห์ออกก่อนที่จะรับประทาน น้ำที่ใช้ในการทำเย็นต้องเป็นน้ำที่สะอาด มาตรฐานเดียวกับน้ำดื่ม และต้องปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ และโลหะหนักเจือปน (เยาวลักษณ์ ,2536) มีผู้เสนอแนะว่า การพ่นไอน้ำภายใต้ความดันบรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 115 – 136 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 –40 วินาที จากนั้นทำเย็นอย่างรวดเร็วโดยการระเหยเอาไอน้ำออกไป จะเป็นการลดอัตราเสี่ยงต่อการปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์จากกระบวนการ handingได้ถึง 4 log cycle โดยไม่มีผลต่อคุณภาพของไส้กรอก (Sutherland และ Varnam ,1995)

การบรรจุ

ห้องบรรจุไส้กรอกควรเป็นห้องปรับอากาศ เพื่อควบคุมสุขอนามัย เมื่อทำเย็นไส้กรอกแล้วให้ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ หากไส้ที่ใช้ไม่สามารถบริโภคได้ นำเข้าเครื่องลอกไส้ (peeling maching) บรรจุในถุงพลาสติกปิดแบบสนิทแบบสุญญากาศ และเก็บรักษาในห้องเย็นตลอดเวลา รอการจำหน่าย

การบรรจุไส้กรอกสด การบรรจุใช้ฟิลม์พลาสติกพวก polystyrene , polyethylene หรือ cellulose aectate ห่อไส้กรอกที่ตัดเป็นท่อนๆ มีความยาวสม่ำเสมอ ชั่งน้ำหนักตามต้องการ ทบแผ่นฟิล์มและพับหัวท้ายให้สนิทด้วยความร้อน Polystyrene มีคุณสมบัติในด้านการยอมผ่านน้ำสูงเพียงพอ ทำให้การเก็บรักษาดี แม้ว่าจะ ปิดด้วยความร้อนไม่ดีนัก มีการใช้แผ่นฟิล์มชนิดนี้บางพอสมควร โดยการเจาะรูเล็กๆ ไว้ เพื่อให้การยอมผ่านน้ำสูง แผ่นฟิล์มชนิดนี้จะนิ่มและเป็นอุปสรรคต่อการบรรจุด้วยเครื่องจักร ส่วน cellulose acetate จะปิดได้สนิทได้ง่ายด้วยความร้อน แต่มีราคาแพงกว่า Polystyrene นอกจากนี้แบบสุญญากาศ

Huffman และคณะ ,1995 รายงานว่าการใช้ polyethylene (PE) เป็นบรรจุภัณฑ์เนื่องจากมีราคาถูกและเป็นที่แพร่หลาย แต่พลาสติก PE ไม่สามารถยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้ เนื่องจากพลาสติกชนิดนี้มีการออกซิเดชั่นไขมันสูงและดูดซึมความชื้อได้สูง เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในถุงสุญญากาศ (vaccum packaging , VP)ซึ่งมีราคาแพงกว่า ถุงสำหรับบรรจุสุญญากาศจะสามารถลดการออกซิเดชั่นในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ และเป็นการลดการเน่าเสียเนื่องจากการออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ซึมผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ และเมื่อทำการทดสอบความชุ่มน้ำในไส้กรอกหมูแช่แข็งที่บรรจุในถุง PE ที่เก็บไว้ระยะหนึ่งพบว่าความชื้นลดลงรวดเร็วกว่าในบรรจุพลาสติก VP แสดงให้เห็นว่าถุง PE มีการสูญเสียความชื้นในระหว่างการเก็บรักษามากกว่าถุงพลาสติก VP' และมีผู้แสดงข้อมูลไว้ด้วยว่าถุลพลาสติก VP เก็บกักความชุ่มฉ่ำของเนื้อไส้กรอกได้ดีกว่า PVC film และมีประสิทธิภาพในการลดกลิ่นที่ไม่ดีที่มาจากการออกซิเดชั่นจากการซึมเข้าของออกซิเจน แต่ประสิทธิภาพในด้านการป้องกันกลิ่นที่ไม่ดีของถุงพลาสติก PE มีประสิทธิภาพดีกว่าถุงพลาสติก VP เมื่อพิจารณาถึงความแน่นของบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านการเก็บไว้นานกว่า 8 สัปดาห์พบว่า บรรจุภัณฑ์ในถุง VP แน่นกว่าถุงพลาสติก PE

การบรรจุไส้กรอกรมควัน และ ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักรมควัน การบรรจุกระทำด้วยเครื่องอัตโนมัติใช้ฟิล์ม 2 ชั้น บรรจุแบบสุญญากาศ เครื่องมาตรฐานจะใช้ thermoforned bottom web ของ nylon – polyethylene หรือ lylon – inomer กับ polyester – polyethylene หรืออาจจะเป็น nylon – polyethylene top web ดูดอากาศภายในออกจนได้ความดัน 58.4 เซนติเมตรปรอท ผลิตภัณฑ์ที่ได้เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสได้นาน 2 –4 สัปดาห์ (เยาวลักษณ์ ,2536)

การบรรจุไส้กรอกแบบสุญญากาศ ช่วยลดการปนเปื้อนจากพนักงานและสิ่งแวดล้อม ช่วยเพิ่มอายุการเก็บไส้กรอกได้ และง่ายต่อการติดฉลากผลิตภัณฑ์และลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ได้ในระหว่างการเก็บรักษา (Sutherland และ Varnam ,1995)

การเน่าเสียของไส้กรอกบรรจุสุญญากาศ

สังเกตได้จากลักษณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น การเกิดเมือก สีที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม หรือ ลักษณะทางประสาทสัมผัส ซึ่งจะบ่งชี้ได้ถึงการเน่าเสียได้แน่นอนกว่า จะสามารถสังเกตได้เมื่อมีการเจริญของแบคทีเรียแลคติกหลังจากผ่านช่าง Stationary phase มีผู้สังเกตุการเปลี่ยนแปลงของจำนวนแบคทีเรียในช่วงเวลาการเก็บไส้กรอกบรรจุสุญญากาศพบว่า จำนวนแบคทีเรียไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะการเน่าเสียของไส้กรอกบรรจุสุญญากาศเชิงประสาทสัมผัส ในบางกรณีที่การเน่าเสียเกิดจากการเจริญของแบคทีเรียในไส้กรอกซึ่งไม่แสดงลักษณะออกที่บริเวณผิวหน้าของไส้กรอก จึงเป็นการยากในการตัดสินว่าไส้กรอกนั้นเน่าเสียหรือไม่ อาจแบ่งลักษณะการเน่าเสียของไส้กรอกได้ 2 ปัจจัย

1. ปัจจัยทางกายภาพและเคมี
2. ปัจจัยทางด้านจุลชีววิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยทางกายภาพและเคมี

1..ผลิตภัณฑ์มีสีซีด ไม่น่ารับประทานเกิดจาก 2 สาเหตุคือ

เนื่องจากช่วงคลื่นแสงสีเขียว และสีน้ำเงินที่มองเห็นด้วยตาเปล่าของแสงที่เปิดส่องในตู้โชว์ และแสงอุลตราไวโอเลทจะเร่งการสลายตัวของสารไนโตรโซไมโอโกลบิน (nitrosomyoglobin) โดยมีออกซิเจนอยู่ด้วย ทำให้เกิดสสารเมทไมโอโกลบิน และ ไนไตรท์ ซึ่งแก้ไขด้วยการติดตั้งแผ่นกรองแสงในตู้โชว์สินค้า ซึ่งมีผลให้แสงที่ได้สลัวและผลิตภัณฑ์ไม่สะดุดตาผู้บริโภค และควบคุมความเข้มของแสงในตู้โชว์ สำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อหมักรมควัน ใช้ความเข้มแสงไม่ควรเกิน 7.6 เมตรกำลังเทียน สำหรับแฮมควรใช้ความเข้มของแสงไม่เกิน 4.6 เมตรกำลังเทียน

เนื่องจากขาดไนไตรท์อิสระ (free nitrite) หรือ sulhydryl group ตัวใดตัวหนึ่งไป โดยมีผู้ทำการวิจัยพบว่าสารทั้ง 2 ตัวนี้มีผลต่อการรักษาสีไม่ให้ซีดในผลิตภัณฑ์ ถ้าขาดตัวใดตัวหนึ่งจะเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีซีดเกิดขึ้นจนสังเกตได้ จึงควรจุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อในสารละลายไนไตรท์ร้อยละ 2 ก่อนบรรจุ ส่วน sulhydryl group มีอยู่ในเนื้อแล้วในเนื้อจึงป้องกันการซีดของเนื้อได้ ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักรมควันมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นที่ผิวด้านนอก เนื่องจากการสูญเสียน้ำ

2. ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลที่ผิวด้านนอก เนื่องจากการสูญเสียน้ำ

3. ผลิตภัณฑ์มีสีเขียวเกิดขึ้น เนื่องจากมีไนไตรท์มากเกินไป เรียกลักษณะนี้ว่า nitrite brun

4. ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นเหม็นหืนเกิดขึ้นเนื่องจากมีไขมันมาก การเหม็นหืนมีผลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันที่มีผลเนื่องจากออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับการกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งมีสาเหตุมาจากออกซิเจนในภาชนะบรรจุ อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา แสงสว่าง และสารแคทาไลท์ (prooxidant catalyst) ซึ่งได้แก่ เกลือ ก๊าซโอโซน สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และสารพวก strong oxidizing agent ต่างๆ

ปัจจัยทางด้านจุลชีววิทยา

อาหารที่เน่าเสียมาจากสาเหตุใหญ่ๆ 2 ประการคือ เกิดจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์หรือสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น และเกิดจากเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เสื่อมคุณภาพลง (สุมณฑา ,2541)

การเสื่อมเสียของไส้กรอกบรรจุสุญญากาศที่เก็บไว้ในตู้เย็นนานๆ หรือเก็บที่อุณหภูมิห้องชั่วคราว ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำและอากาศ ตลอดจนผู้ประกอบ จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียในไส้กรอกบรรจุสุญญากาศ คือ แบคทีเรียแกรมบวกในกลุ่มแบคทีเรียแลคติก โดยจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้มักพบอยู่บริเวณผิวหน้าของไส้กรอก ต้องการอากาศในการเจริญเพียงเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อย (Facutative anaerobe และ Microaerobe) สามารถใช้น้ำตาลได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ หากมีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอหรือการออกซิไดส์น้ำตาลไม่สมบูรณ์ จะได้กรดอินทรีย์เกิดขึ้น ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สุญญากาศ สามารถแบ่งได้ 4 กลุ่มคือ

1. Homofermentative lactic acid bacteria ได้แก่ Sterptococci และ Lactobacilli บางชนิด แบคทีเรียกลุ่มนี้จะหมักแล้วให้กรดแลคติกเพียงอย่างเดียว
2. Heterofermentative lactic acid bacteria ได้แก่ Leuconostoc และ Lactobacilli บางชนิด แบคทีเรียกลุ่มนี้หมักแล้วให้กรดแลคติก เอธิลแอลกอฮอล์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
3. Bacillus species แบคทีเรียกลุ่มนี้จะพบเฉพาะในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีการเติมไนเตรทเท่านั้น ในการหมักจะให้กรดแลคติก กรดอะซิติก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
4. Clostridium species แบคทีเรียในกลุ่มนี้จะหมักให้กรดแลคติก กรดอะซีติก กรดบิวทีริก บิวทิวแอลกอฮอล์ อะซีโตน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน (เยาวลักษณ์ ,2536)

Korkeala และ Bjorkroth ,1997 รายงานว่าจุลินทรีย์ที่ทำให้ไส้กรอกบรรจุสุญญากาศเน่าเสีย คือ แบคทีเรียแกรมบวกในกลุ่มแบคทีเรียแลคติก เช่น *Lactobacillus* spp. s*Leuconostoc* spp. , *Micrococcus* spp., *Streptococcus* spp. , *Pediococcus* spp. จากรายงานหลายฉบับ พบว่าสาเหตุการเน่าเสียส่วนใหญ่มาจาก *Lactobacillus sake.* , *L. curvetus.* แต่ *Lactobacillus sake.* เป็นเชื้อจำนวนมากที่สุดที่พบในไส้กรอกที่เน่าเสีย ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นสาเหตุการเน่าเสียที่พบมากที่สุด

Reuter ,1981 ได้แยกแบคทีเรียในกลุ่มแลคโตบาซิลไลบางตัวออกจากกลุ่มแลคโตบาซิลไล และให้ชื่อกลุ่มใหม่นี้ว่า Atypical sterptobacteria มีรูปร่างกลม ทนความเป็นกรดได้ต่ำและทนที่จะเจริญที่อุณหภูมิสูงได้น้อยกว่าแบคทีเรียในกลุ่ม typical sterptobacteria แบคทีเรียในกลุ่ม Atypical sterptobacteria เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 2 – 4 องศาเซลเซียส ตัวอย่างของแบคทีเรียกลุ่มนี้ ได้แก่ *Lactobacillus sake.* , *L. curvetus.*

Holy และคณะ ,1991 รายงานว่านอกจากจุลินทรีย์ในกลุ่ม Atypical sterptobacteria แล้วยังพบ Lactobacilli กลุ่ม heterofermentative และ *Leuconostoc* spp. ที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียของไส้กรอกบรรจุสุญญากาศ และยังรายงานเพิ่มเติมอีกด้วยว่าในไส้กรอกเวียนนาบรรจุสุญญากาศไม่พบเชื้อ *Carnobacterium* spp.

Borch และ Nerbrick ,1988 รานงานว่า *Lactobacillus alimentarius.* และ *Lactobacillus viridescens.*เป็นจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่พบในไส้กรอกวงของสวีเดน (swedish ring sausage) ขณะที่เน่าเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรายงานหลายๆ ฉบับของ Holy และคณะ ,1991 และ Borch และ Nerbrick ,1988,1989,1993 ในไส้กรอกทุกชนิดพบว่าจุลินทรีย์ในกลุ่ม Enterobacteriaceae , *Brochothrix thermosphscta* ยีสต์และรา ในปริมาณที่ต่ำมาก อย่างไรก็ตามในไส้กรอกโบโลญาที่ผ่านการสไลด์แล้ว พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อในกลุ่ม Enterobacteriaceae และ *B. thermospacta* ค่อนข้างสูง

Korkeala และ Bjorkroth , 1997 รายงานว่า แม้การเจริญของ *B. thermospacta* จะมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บของไส้กรอก แต่แบคทีเรียแลคติกยับยั้งเชื้อนี้ได้

1. การเกิดรสเปรี้ยว จะพบบริเวณเนื้อไส้กรอกหรือใต้ไส้ของไส้กรอก มีสาเหตุมาจากแบคทีเรียในกลุ่ม Lactobacilli และ Enterococci จะสร้างกรดแลคติกและกรดอะซีติกจากการใช้น้ำตาลแลคโตสที่เป็นส่วนผสมของนมผง ซึ่งอาจใช้เป็นส่วนผสมของไส้กรอก การใช้น้ำตาลแล้วจะให้กรดออกมาในการเจริญช่วง log phase แต่จะมีการสร้างกรดออกมาเป็นจำนวนมากหลังจากการเจริญช่วง stationary phase หากนับปริมาณเชื้อ Lactobacilli ที่บริเวณผิวไส้กรอกได้มากถึง 5×10^{70} CFU/g จะทำให้ความเข้มข้นของกรดแลคติกสูงมาก ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นและรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับ อาจมีลักษณะการบวมร่วมด้วย ลักษณะดังกล่าวจึงใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาว่าเกิดการเน่าเสียของไส้กรอกบรรจุสุญญากาศ

Korkeala 1987,1989,1990 ศึกษาการเน่าเสียของไส้กรอกบรรจุสุญญากาศ พบว่า หากมีปริมารของ Lactobacilli 1.4×10^{7} CFU/g จะทำให้เสียกลิ่นรสและรสชาติของไส้กรอกต่ำลงมากกว่าปกติ หากจำนวน Lactobacilli อยู่ระหว่าง 10^{7} –10^{8} CFU/g ผู้ทดสอบประสาทสัมผัสส่วนใหญ่ลงความเห็นว่าไม่เหมาะสมที่จะนำไปบริโภค และหากตัวอย่างไส้กรอกมีจำนวนเชื้อมากกว่า 10^{8} CFU/g ผู้ทดสอบต่างลงความเห็นว่าไม่ยอมรับในไส้กรอกนั้นเลย

ปกติไส้กรอกต้มมีพีเอชอยู่ระหว่าง 6.0–6.5 ส่วนในไส้กรอกวงมีพีเอชเริ่มต้นอยู่ประมาณ 6.3 และหากจำนวนแบคทีเรียแลคติกมีจำนวน 6×10^{7} CFU/g พีเอชจะต่ำลงอย่างมาก หากพีเอชของไส้กรอกต่ำกว่า 5.8–5.9 พิจารณาว่าไส้กรอกนั้นเสียแล้ว และหากไส้กรอกนั้นมีพีเอชต่ำถึง 4.6-5.5 ให้พิจารณาว่าการเน่าเสียของไส้กรอกนั้นเป็นกรณีพิเศษ Holy และคณะ ,1991 รายงานว่าไส้กรอกเวียนนาบรรจุสุญญากาศที่พีเอชเริ่มต้น 6.1 แล้วเกิดการลดลงของพีเอชจาก 6.1 ไปอยู่ที่ 4.6-4.8 จะถือว่าไส้กรอกเวียนนาบรรจุสุญญากาศนั้นเกิดการเน่าเสีย

Korkeala และคณะ ,1989 รายงานว่าหากเก็บไส้กรอกบรรจุสุญญากาศไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส การเน่าเสียของไส้กรอกอาจไม่ได้มาจากจำนวนเชื้อที่เพิ่มมากขึ้น เพราะที่อุณหภูมิต่ำขนาดนี้เชื้อมีการเจริญได้น้อย แต่อาจมาจากสารที่เชื้อสร้างขึ้นก็ได้ นอกจากนี้ยังรายงานเพิ่มเติมว่าการสังเกตพีเอชที่เปลี่ยนแปลง เพื่อพิจารณาการเน่าเสียของไส้กรอกนั้นไม่สามารถนำไปใช้ได้ตลอดเวลา เนื่องจากบางครั้งการเน่าเสียของไส้กรอกเกิดขึ้นขณะที่พีเอชมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเกิดก๊าซ Ahrenainen และคณะ ,1990 รายงานว่าก๊าซที่เกิดในไส้กรอกบรรจุสุญญากาศ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของเชื้อ Lactobacilli ในกลุ่ม heterofermentative และ *Leuconostoc* spp. ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์

Korkeala และคณะ ,1987 โดยทั่วๆ ไปไส้กรอกบรรจุสุญญากาศมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เริ่มต้นน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการเจริญของแบคทีเรียกลุ่ม Lactobacilli เพิ่มขึ้นถึงจำนวน 6.4 x 10^6 CFU/g ทำให้ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นถึง 40-60 เปอร์เซ็นต์

3. การขุ่นของน้ำและสีเทาของน้ำในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ Ahrenainen และคณะ ,1990 รายงานว่าเมื่ออายุการเก็บไส้กรอกสุญญากาศนั้นมากขึ้น จะทำให้น้ำในบรรจุภัณฑ์นั้นเกิดเป็นเมือกและขุ่น เป็นลักษณะที่ทำให้ผู้บริโภคใช้ตัดสินการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ที่ง่ายที่สุด เมื่อน้ำในบรรจุภัณฑ์เริ่มขุ่นจะมีสีขาวน้ำนม แต่เมื่อนานๆ ไปสีขาวขุ่นเริ่มมีการเปลี่ยนแปลง โดยกรดแลคติกซึ่งเป็นกรดที่มักพบในการเน่าเสียของไส้กรอกจะทำให้สีขาวขุ่นของน้ำเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีเทา ปริมาณของน้ำในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศเท่าที่มีการศึกษาและเก็บข้อมูลมามีปริมาณมากที่สุดเพียง 35 มิลลิลิตรต่อไส้กรอก 1 กิโลกรัม

4. การเกิดเมือกของไส้กรอก พบบริเวณผิวด้านนอกของไส้กรอก โดยเกิดจากเชื้อ *Lactobacillus* spp. , *Enterococcus* spp. , *Bacillus thermospacta* , *L. viridescens* และอาจเกิดยีสต์พบมากในไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ ไส้กรอกที่มีความชื้นสูงและเก็บไว้ในที่มีความชื้นสูงจะเกิดเมือกจากแบคทีเรียและยีสต์ พวกราจะเกิดบริเวณที่มีความชื้นต่ำหรือบริเวณที่ไส้กรอกแห้ง และจะเกิดเมือกจากเชื้อราเมื่อสภาวะนั้นไม่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรีย (Moroe ,1992) Korkeala และ Bjorkroth ,1997 พบว่าปัญหานี้จะพบเป็นระยะๆ เมือกมักจะเกิดขึ้นก่อนวันหมดอายุที่กำหนดที่บรรจุภัณฑ์ ซึ่งตรงกับการเจริญของจุลินทรีย์ในช่วง log phase และเกิดก่อนที่พีเอชของไส้กรอกจะลดลง

Makela และคณะ ,1992 รายงานว่า เชื้อที่พบมากที่สุดที่ทำให้เกิดเมือกในไส้กรอกสุญญากาศคือ *Lactobacillus sake* นอกจากนี้ยังพบว่าอาจมาจาก *Leuconostoc gelidum* หรือ *Leuconostoc amelibiosum* สายพันธุ์สร้างเมือกส่วนใหญ่จะไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ในช่วงที่ทำให้ไส้กรอกสุก อุณหภูมิภายในไส้กรอกสูงถึง 68 องศาเซลเซียส แต่ส่วนใหญ่การเกิดเมือกมักมีสาเหตุมาจากการปนเปื้อนภายหลังขั้นตอนการให้ความร้อน ในระหว่างการบรรจุ การทำเย็น การสไลด์

5. ไส้กรอกมีสีเขียว เกิดภายหลังการเก็บรักษา กรณีที่ไส้กรอกมีอายุการเก็บน้อยอาจเกิดสีเขียวจากราบางชนิด โดยมีการเจริญแล้วสร้างเส้นใยสีขาวเป็นกระจุกๆ (สุขใจ ,2535) กรณีที่เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแบคทีเรียแลคติก อาจเกิดการปนเปื้อนเข้ามาในส่วนผสมของเนื้อในขณะเตรียมการ ในการอบและรมควัน ผลิตภัณฑ์ใช้ความร้อนไม่เพียงพอต่อการทำลายแบคทีเรียที่ปนเปื้อนได้หมด แบคทีเรียที่เหลือจะเจริญและผลิตก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือ สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ออกมา ซึ่งเป็น strong oxidizing agent แล้วทำปฏิกิริยากับอนุมูลเฟอรัสอิสระ หรือ ไนโตรโซฮีโมโครม (nitrosohemochrome) ในโครงสร้างวงแหวนพอร์ไพริน (porpyrin ring) ของเม็ดสีไมโอโกลบิน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในรูปของ verdoheme หรือ choleglobin ทำให้เกิดสีเขียว (greening) มี 3 ลักษณะคือ

5.1 Core greening เป็นการเปลี่ยนแปลงสีของไส้กรอกที่มีขนาดใหญ่ เช่น โบโลญาที่ถูกสไลด์และผิวหน้าตัดถูกปล่อยทิ้งไว้สัมผัสอากาศ เนื้อเกิดเป็นสีเขียวเริ่มต้นจากจุดเล็กๆ ปกติมักเกิดขึ้นที่จุดกึ่งกลางของชิ้นไส้กรอก และขยายวงกว้างออกจากจุดนี้ไปรอบๆ เนื่องจากสารเคมีเช่น ออกซิเจนหรือโลหะเป็นตัวนำให้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ถูกสร้างสะสมอยู่ภายในเข้าทำปฏิกิริยากับเม็ดสีได้ เนื้อที่ถูกตัดจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวภายในเวลาเป็นนาทีหรือชั่วโมง ขึ้นกับปริมาณของสารตัวนำ ดังนั้นในการผลิตไส้กรอกควรใช้อุณหภูมิ 66-68 องศาเซลเซียส (152-155 องศาฟาเรนไฮต์) ในการทำลายจุลินทรีย์พวกนี้ในขั้นตอนของการอบหรือการรมควัน แต่ถ้ามีการปนเปื้อนเกิดขึ้นมากควรใช้อุณหภูมิที่กึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ถึง 72 องศาเซลเซียส (160 องศาฟาเรนไฮต์) จะปลอดภัยกว่า

5.2 Surface greening เป็นการเปลี่ยนแปลงสีที่พบมากในไส้กรอกและเนื้อรมควัน มีสาเหตุจากการเจริญเติบโตของพวกแบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus viridescens* บนผิวหน้า การปนเปื้อนจะเกิดขึ้นภายหลังจากที่ผลิตภัณฑ์ทำการอบและรมควัน ในระหว่างการลอกไส้และการบรรจุไส้กรอก การเกิดสีเขียวในลักษณะนี้จะเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของไส้กรอก ภายหลังจากการทำเสร็จแล้วไม่น้อยกว่า 5 วัน ส่วนใหญ่จะเห็นได้ชัดเจนในช่วง 2 สัปดาห์

5.3 Green rings เป็นการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่พบเห็นได้ยากมาก ลักษณะเป็นวงแหวนสีเขียวเกิดขึ้นภายในไส้กรอก ซึ่งวงแหวนสีเขียวนี้จะเกิดขึ้นที่ช่วงความลึกเพียง 2-3 มิลลิเมตร จากผิวหน้าของไส้กรอกและปรากฏเห็นในระดับเท่าๆ กัน โดยอยู่ในโซนที่ความเข้มข้นของออกซิเจน(oxygen tension) เป็นตัวการให้เกิดการออกซิไดซ์ของเม็ดสีไมโอโกลบินทำให้ hemochrome เปลี่ยนไปเป็น verdochrome ขึ้น สาเหตุที่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงสีในลักษณะนี้ยังไม่แน่ชัด แต่พบว่ามักจะเกิดกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบที่มีการปนเปื้อนแบคทีเรียมาก และใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างการอบหรือรมควันแบคทีเรียส่วนใหญ่ถูกทำลาย แต่เอนไซม์ที่ถูกสร้างขึ้นไม่ถูกทำลายไปด้วยอย่างสิ้นเชิง หลังจากพวกเอนไซม์ที่สามรถออกซิไดซ์เม็ดสีได้จะเกิดมีปฏิกิริยาต่อไปได้ ประกอบกับสภาวะต่างๆ เหมาะสมทำให้ hemochrome เปลี่ยนแปลงไปเป็นverdochrome ทำให้เกิดเป็นวงแหวนสีเขียวขึ้น โดยปกติการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นภายใน 1-2 วัน ภายหลังจากที่ทำไส้กรอกเสร็จ ซึ่งไม่สามารถสังเกตได้จนกระทั่งผ่าไส้กรอกมาดูภายใน (เยาวลักษณ์ ,2536)

Lactobacillus viridescens เป็นสาเหตุการเน่าเสียของไส้กรอก มีความทนทานต่อปริมาณของโซเดียมไนไตรท์ได้มากกว่า 200 ppm และเจริญได้ที่ความเข้มข้นของเกลือ 2-4 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เจริญที่ความเข้มข้นของเกลือเป็น 7 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า *Leuconostoc* spp. , *Enterococcus faecium* , *E. faecalis* ยังมีรายงานเพิ่มเติมว่า *Lactobacillus fructovoruns* , *L. jensenii* (Monroe ,1992)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารและการควบคุม

ปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญของเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารโดยตรง เรียกว่า "ปัจจัยภายใน" (Intrinsic factors) ประกอบด้วย

1. พีเอช จุลินทรีย์ส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่พีเอชเป็นกลาง ประมาณ 6.6-7.5 แบคทีเรียเจริญได้ในช่วงพีเอชที่แคบกว่าราและยีสต์ ดังตารางที่ แสดงข้อมูลนี้จึงนำมาใช้ชี้ประเภทและ/หรือชนิดของจุลินทรีย์ที่น่าจะเจริญได้ดีในอาหารหรือผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆ

Leistner และ Gorris ,1995 กล่าวว่าจุลินทรีย์พยายามรักษาพีเอชภายในให้อยู่ในช่วงแคบๆ ในอาหารที่เป็นกรด จุลินทรีย์จะจับโปรตอนให้เคลื่อนที่ไปในทางตรงกันข้ามกับแรงดันการไหลเข้าออกของโปรตอน

ตามปรกติพีเอชภายในเซลล์จะเป็นกลาง เนื่องจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์ DNA และ ATP ต้องการเอนไซม์ที่ทำงานได้ดีที่พีเอชเป็นกลาง จุลินทรีย์บางชนิดมีเอนไซม์พิเศษที่จะช่วยลดพีเอชของสิ่งแวดล้อมลงมา เช่น แบคทีเรียบางชนิด *Clostridium acetobutylicum* จะเพิ่มพีเอชของสับสเตรทโดยเอนไซม์จะเปลี่ยน กรดบิวทีริกเป็นบิวทานอล หรือ *Enterobacter aerogenes* เพิ่มพีเอชของสับสเตรท โดยเอนไซม์ทำหน้าที่สร้างสารอะซิโตอินจากกรดไพรูวิก ในสภาวะที่เป็นกรดจะเกิดปฏิกิริยา decarboxylation ของกรดอะมิโนจะทำให้เกิดสารเอมีน ซึ่งมีผลทำให้พีเอชสูงขึ้น ในสภาวะที่เป็นด่างจะเกิดปฏิกิริยา deaminases จะเกิดได้ดีที่พีเอชเป็น 8 ผลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกรดอินทรีย์ทำให้พีเอชลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ปัจจัยภายใน (พีเอช) อาหารที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

----------Molds----------

----------Yeasts----------

------Lactic acid bacteria------

--*Staphylococcus aureus* ----------

--*Acetobacter* spp.----------

---*Salmonella* spp.----------

--*Escherichia coli.*----------

--*Y. enterocolitica*----------

--*C. botulinum*----------

--*B. cereus*----------

--*V. parahaemolyticus*----------

---*C. pertringers*----------

--*Campylobacter* spp.---------

--*Vibrio* spp.----------

ผลของพีเอช พีเอชมีผลต่อการหายใจของเซลล์จุลินทรีย์ 2 ลักษณะ คือ มีผลต่อการทำหน้าที่ของเอนไซม์และการขนส่งอาหารเข้าภายในเซลล์ โดยเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ไม่ยินยอมให้ไฮโดรเจนอิออน และ ไฮดรอกไซด์อิออนซึมผ่าน จึงทำให้ความเข้มข้นของอิออนทั้งสองภายในเซลล์คงที่ไม่ว่าสิ่งแวดล้อมภายนอกและภายในเซลล์จะมีพีเอชเปลี่ยนแปลงอย่างไร

เซลล์แบคทีเรียมีแนวโน้มที่จะมีประจุเป็นลบ ทำให้สารที่ไม่แตกตัวสามารถเข้าไปภายในเซลล์ได้ที่พีเอชเป็นกลางหรือเป็นด่าง กรดอินทรีย์แตดตัวได้จึงไม่สามารถเข้าไปภายในเซลล์ แต่ในสภาวะที่พีเอชเป็นกรด กรดอินทรีย์จะไม่แตกตัวจึงสามารถเข้าไปในเซลล์ที่มีประจุเป็นลบได้ นอกจากนี้สมบัติของอิออนใน side chain ของสารที่แตกตัวยังมีผลกระทบต่อ side chain ที่เป็นกลาง เป็นผลให้เยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียสภาพธรรมชาติและกระทบต่อการทำหน้าที่ขนส่งเอนไซม์ การทำงานของเอนไซม์ในเยื่อหุ้มเซลล์จุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับไฮโดเจนอิออน ทั้งไฮโดรเจนอิออนและโปแตสเซียมอิออนออกเซลล์จะเกิดการแข่งขันกัน โดยโปแตสเซียมอิออนจะกระตุ้นปฏิกิริยาการหมัก ในขณะที่ไฮโดรเจนอิออนจะลดปฏิกิริยาดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์ต่อพีเอช เช่น

1. อุณหภูมิ หากอุณหภูมิต่ำลง พีเอชของสับสเตรทจะมีสภาวะเป็นกรดมากขึ้น
2. ความเข้มข้นของเกลือ ความเข้มข้นของเกลือมีผลทำให้ช่วงพีเอชของการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิดกว้างขึ้น เช่น การเติมเกลือแกง 0.2 โมลาร์ ในอาหารเลี้ยงเชื้อมีผลทำให้พีเอชของการเจริญของเชื้อ *Alcaligenes faecalis* ขยายกว้างขึ้น แต่เมื่อเติมเกลือแกงปริมาณมากกว่าระดับนี้ ช่วงพีเชที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์จะแคบลงอีก
3. สภาวะที่เป็นบัฟเฟอร์ ถ้าสับสเตรทมีสภาวะเป็นบัฟเฟอร์ ช่วงการปรับตัวของจุลินทรีย์จะยาวขึ้น จนกว่าจะอยู่ในช่วงของ optimum pH จุลินทรีย์จึงขยายพันธุ์เข้าสู่ช่วงการเจริญ (log phase)
4. ชนิดของกรดที่ใช้ปรับพีเอช มีการทดลองใช้กรดซิตริกและไฮโดรคลอริกในการปรับพีเอช พบว่าพีเอชต่ำที่สุดที่เชื้อ เจริญได้อยู่ที่ 4.05 แต่ถ้าใช้กรดน้ำส้มหรือการโพรพิโอนิกปรับพีเอชพบว่า พีเอชต่ำสุดที่เชื้อเจริญได้อยู่ในช่วง 5.4 –5.5 จะเห็นได้ว่าความสามารถในการดัดแปลงสภาวะแวดล้อมภายนอกให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ได้ผลดีกว่าเมื่อใช้กรดเกลือและกรดซิตริก

2. ปริมาณความชื้น น้ำในอาหารแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นองค์ประกอบโครงสร้างทางเคมีของอาหาร เรียกว่า น้ำผูกพัน (bound water) และส่วนที่เป็นอิสระ เรียกว่า น้ำอิสระ (free water)

น้ำอิสระหมายถึง น้ำที่มิได้ผูกพันกับโมเลกุลใดๆ ในอาหาร ได้แก่น้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในเซลล์ของพืชและสัตว์ น้ำส่วนนี้จะมีอยู่ในไซโตพลาสซึมหรืออยู่ระหว่างในช่องระหว่างเซลล์ เป็นน้ำที่อยู่ในเส้นเลือดหรือท่อน้ำเหลืองในเนื้อสัตว์ น้ำพวกนี้จะมีสารอาหารหรือเกลือแร่บางอย่างละลายอยู่บ้าง แต่แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับโมเลกุลของสารไม่มากนักซึ่งอาจถูกทำลายได้ง่าย โดยการใช้พลังงานแสงแดด หรือความร้อนจากการอบจะทำให้แรงยึดระหว่างโมเลกุลหลุดออกได้ โมเลกุลของน้ำจะหลุดออกมากลายเป็นไอน้ำ และระเหยออกไปสู่อากาศทำให้อาหารที่ตากแห้ง น้ำอิสระเป็นส่วนที่จุลินทรีย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้ และเพื่อการขยายแพร่พันธุ์ เรียกน้ำส่วนนี้ว่า วอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity) เรียกย่อว่า A_w เป็นการวัดจำนวนโมเลกุลของน้ำที่แปรสภาพจากของเหลวเป็นไอน้ำ หรือ หมายถึง องศาความแห้งในเนื้ออาหาร ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงดันไอของส่วนที่เป็นสารละลาย (solution) ในอาหารดังกล่าว (ยุวดีและคณะ ,2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_w = P/P_\circ$$

P เป็น partial pressure ของสารอาหาร

$P_\circ$ vapor pressure ของตัวทำละลาย (solvent) ซึ่งโดยทั่วไปคือ น้ำบริสุทธิ์มีค่า A_w เท่ากับ 1.00 (สุมณฑา ,2541)

สมบัติของน้ำอิสระที่ยังคงรักษาสมบัติต่างๆ ของน้ำดังต่อไปนี้

1. น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี คือ สามารถละลายสารอาหารและเกลือแร่อื่นๆ ในอาหารได้
2. น้ำเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นน้ำแข็งที่อุณหภูมิใกล้ๆ 0 องศาเซลเซียส หมายความว่าอาหารที่มีน้ำอิสระมากๆ หากนำไปแช่แข็งจะแข็งตัวที่อุณหภูมิใกล้ 0 องศาเซลเซียส
3. น้ำอิสระถูกดึงออกจากอาหารได้ง่าย โดยการใช้พลังงานจากความร้อนและความดันเข้าช่วย หมายความว่า การทำให้อาหารแห้ง ทำได้ง่ายเพียงใช้ความร้อนต่ำๆ หรือลดความดันลง
4. มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับน้ำธรรมดา คือมีค่าความหนาแน่นประมาณ 1 เพราะสารอาหารอื่นๆ ละลายปนอยู่น้อยมาก
5. มีความดันไอ (vapor pressure) ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ไปมาของโมเลกุลของน้ำอิสระเกิดการชนกันเองหรือชนกับภาชนะ จึงเกิดการถ่ายเทพลังงาน โมเลกุลที่อยู่ที่ผิวหน้าของอาหารได้รับพลังงานมากกว่าโมเลกุลอื่นๆ ทำให้โมเลกุลของน้ำหลุดออกมากลายเป็นไอน้ำที่มีความดันไอน้ำเหนืออาหาร ซึ่งเรียกว่าความดันไอ (ยุวดีและคณะ ,2530)

A_w มีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity , R.H.) ดังนี้

$$R.H. = 100 \times A_w \ (\%)$$

ในสารละลายเกลือแกงที่มีความเข้มข้นต่างกัน จะมีค่า A_w ต่างกัน เช่นในสารละลายเกลือแกงเข้มข้น 22 เปอร์เซ็นต์ มีค่า A_w 0.86 แต่ในสารละลายเกลือแกงอิ่มตัว มีค่า A_w 0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 วอเตอร์แอกติวิตี้และจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเน่าในอาหารบางประเภท

Range of a_w	Microorganisms generally inhibited by lowest a_w in this range	Examples of foods generally within this range of a_w
0.95 - 1.00	Pseudomonas, Escherichia, Proteus, Shigella, Klebsiella, Bacillus, Clostridium perfringens, some	Highly perishable foods (fresh and canned fruits, vegetables, meat, fish) and milk; cooked sausages and breds; foods
0.91- 0.95	Salmonella, Vibrio parahaemolyticus, C. botulinum, Serratia, Lactobacillus,	Some cheeses (Cheddar, Swiss, Muenster, Provolone), cured meat (ham), some fruit juice concentrates; food containing
0.87 - 0.91	Many yeasts (Candida, Torulopsis, Hansenula), Micrococcus	Fermented sausage (salimi), sponge cakes, dry cheeses, margarine; foods containing 65% (w/w) sucrose (saturated) or 15% NaCl
0.80 - 0.87	Most molds (mycotoxigenic penicillia), Staphylococcus aureus, most Saccharomyces, (baillii) spp., Debaryomyces	Most fruit juice concentrates, sweetened condensed milk, chocolate syrup, maple and fruit syrups, flour, rice, pulses containing 15-17% moisture; fruit cake; country style ham, fondants, high-sugar cakes
0.75 - 0.80	Most halophilic bacteria, mycotoxigenic aspergilli	Jam, marmalade, marzipan, glace fruits, some marshmallows
0.65 - 0.75	Xerophilic molds (Aspergillus chevalieri , A. candidus , Wallemia sebi), Saccharomyces bisporus	Rolled oast containing ca. 10% moisture, grained nougats, fudge, marshmallows, jelly, molasses, raw cane sugar, some dried fruits, nuts
0.60 - 0.65	Osmophilic yeasts (Saccharomyces rouxii), few molds (Aspergillus echinulatus, Monascus bisporus)	Dried fruits containing 15-20% moisture; some toffees and caramels, honey
0.50 0.40 0.30 0.20	No microbial poliferation	Noodles, spaghetti, etc. containing ca. 12% moisture; spices containing ca. 10% moisture Whole egg powder containing ca. 5% moisture Cookies, crackers, bread crusts, etc. containing 3-5% moisture Whole milk powder containing 2-3% moisture; dried vegetables containing ca. 5% moisture; corn flakes containing ca. 5% moisture; dehydrated soups ; some cookies,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทบาทของวอเตอร์แอคติวิตี้

1. ทำให้สับสเตรทและเอนไซม์ละลายดีขึ้น ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาดีขึ้น
2. ขัดขวางการเกิดพันธะเคมีชนิดไฮโดรเจนบอนด์ และทำให้โครงสร้างโปรตีนเปลี่ยนแปลง
3. น้ำเป็นส่วนหนึ่งของปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส
4. น้ำมีผลต่อการสลายของวิตามิน
5. น้ำมีส่วนทำให้จุลินทรีย์เจริญเร็วหรือช้า

อาหารสดที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ มักมีค่า A_w เท่ากับ 0.99 แบคทีเรียบางชนิดสามารถเจริญได้ที่ค่า A_w ต่ำ โดยทั่วไปพบว่า

1. ส่วนใหญ่การเจริญของแบคทีเรียต้องการA_w สูงกว่าราและยีสต์
2. แบคทีเรียแกรมบวกสามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีค่า A_w ต่ำกว่าปกติ ขณะที่แบคทีเรียแกรมลบไม่สามารถเจริญได้
3. แบคทีเรียทำให้อาหารเสียส่วนมากไม่เจริญถ้า A_w ต่ำกว่า 0.91 ในขณะที่เชื้อราที่ทำให้อาหารเสียสามารถเจริญได้แม้ว่าอาหารจะมีค่า A_w 0.8 ก็ตาม

แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคเช่น *Staphylococcus aureus* เคยพบว่าสามารถเจริญได้ในสภาวะที่มี A_w ต่ำ คือ A_w เท่ากับ 0.86 ในขณะที่เชื้อ *Clostridium botulinum* ไม่เจริญ ถ้า A_w ของอาหารต่ำกว่า 0.94 ดังนั้นการลดค่า A_wเป็นการขยาย lag phase จาก growth curve ของจุลินทรีย์ การลด A_w สามารถทำได้ดังนี้

1. การไล่น้ำออกจากอาหาร เช่น air drying , evaporation (condensation) , roller drying , spray drying , freeze drying , ultrafitration (Reverse Osmosis)
2. การทำให้น้ำอิสระเป็นน้ำผูกพัน เช่น เติมเกลือแกง , เติมน้ำตาล , เติมสารประเภท humectants เช่น กลีเซอรอล , เอธิลีนไกลคอล , อะเซททาไมด์ , ซอบิทอล เป็นต้น

โซเดียมแลคเตท มีสูตรเคมีเป็น $CH_3CHOHOOONa$ จัดเป็นสารในกลุ่มที่เรียกว่า GRAS (Generally Recognized As Safe) หรือสารที่มีการใช้กันเป็นเวลานาน อาจเป็นพันปีขึ้นไป ซึ่งจะไม่มีการประเมินถึงความปลอดภัยในระดับการใช้ปกติ เช่นเดียวกับกระเทียม พริกไทย มีหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรสในอาหาร โดยทำหน้าที่เป็นทั้ง flavour enhancer โดยไปเพิ่มกลิ่นรสหมูในผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากเนื้อหมู และ flavour agent โดยไปทำหน้าที่เพิ่มกลิ่นรสของเกลือหรือรสเค็มให้มีความกลมกล่อมมากขึ้น ควบคุมพีเอชไม่ให้เกินระดับของ GMP นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็น humectants ในการลดค่า A_w พบว่าการเติมโซเดียมแลคเตท 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดค่า A_w จาก 0.959 เป็น 0.952

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Brewer และคณะ ,1991 การทำให้น้ำอิสระกลายเป็นน้ำผูกพันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กลุ่มไส้กรอก เพื่อยืดอายุการเก็บของไส้กรอกหมูสดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถทำได้โดยการเติมเกลือแลคเตทหรือโซเดียมแลคเตท พบว่าการใช้โซเดียมแลคเตทที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บไส้กรอกหมูสดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 10^8 CFU/g ในวันที่ 24 ของอายุการเก็บของไส้กรอก และพบว่าที่ความเข้มข้น 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ของโซเดียมแลคเตทที่เติมเข้าไปในไส้กรอกหมูสด จะไปถ่วงให้จุลินทรีย์เจริญได้ช้าลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการลดค่า A_w ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บไส้กรอกได้นานขึ้น แต่ปริมาณดังกล่าวมีผลต่อค่าพีเอชของไส้กรอกหมูสดลดลง มีรสเปรี้ยวและกลิ่นรสไม่ดีตั้งแต่วันที่ 7 ของการเก็บอายุผลิตภัณฑ์ ที่ 4 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าโซเดียมแลคเตทมีประสิทธิภาพในการรักษาสีของไส้กรอกหมูสดอีกด้วย

Lamkey และคณะ ,1991 รายงานว่าโซเดียมแลคเตทใช้ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์โดยการลดค่า A_w ในผลิตภัณฑ์ได้มากกว่าการใช้เกลือแกงธรรมดาที่ใช้ในปริมาณน้ำหนักที่เท่ากัน โดยกล่าวว่าในปริมาณที่เท่ากันนั้น โซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกงสามารถลดค่า A_w ได้ 0.3 เปอร์เซ็นต์ของการใช้โซเดียมแลคเตท และเมื่อนำโซเดียมแลคเตท 3 เปอร์เซ็นต์ (มีปริมาณของแข็ง 60 เปอร์เซ็นต์) ที่ระดับพีเอช 6.5 และ 7.05 เติมลงไปในไส้กรอกหมูสดที่มีการใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าสามารถยืดอายุการเจริญของจุลินทรีย์ในช่วง lag phase ได้นานจากเดิม 10 วันออกไปอีก 10 วัน หรือทำให้จุลินทรีย์มีการเจริญช่วง lag phase เป็น 20 วัน และการใช้โซเดียมแลคเตทที่ระดับนี้ไม่มีผลกระทบต่อสีของไส้กรอกหมูสด แต่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของโปรตีนถั่วเหลืองที่เติมลงไป เมื่อนำไปเปรียบเทียบอายุการเก็บของไส้กรอกที่ไม่มีการเติมโซเดียมแลคเตทพบว่า สามารถยืดอายุการเก็บของไส้กรอกหมูสดได้นานกว่าถึง 2 สัปดาห์

นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกด้วยว่าโซเดียมแลคเตท 2.5-5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งเชื้อ *Clostridium botulinum* , *C. sporogenes* , *Listeria monocytogenes* ที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ แม้ว่าใช้เกลือแลคเตท 4 เปอร์เซ็นต์ก็ไม่สามารถยับยั้ง *Listeria monocytogenes* ไม่ได้ แต่มีผลแค่ลดค่า A_w (Doyle และคณะ ,1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ปัจจัยร่วมระหว่างพีเอช อุณหภูมิ และA_w ต่อการเจริญของ coliform

ที่พีเอช เท่ากับ 4.0

Temperatur(C)	15	20	25	30	37
$A_w > 0.99$	-	+	+	+	+
$A_w = 0.995$	-	-	-	-	+
$A_w = 0.965$	-	-	-	-	-

ที่พีเอช เท่ากับ 7.0

Temperatur(C)	15	20	25	30	37
$A_w > 0.99$	+	+	+	+	+
$A_w = 0.995$	+	+	+	+	+
$A_w = 0.965$	-	-	+	+	+
$A_w = 0.955$	-	-	-	-	+

ในอาหารที่เป็นกรด (พีเอช เท่ากับ 4) แบคทีเรียเจริญได้ไม่ดี จึงต้องการสภาวะแวดล้อมที่เอื้อต่อการเจริญมากขึ้น คือ มีค่า A_w สูงกว่าปกติ อุณหภูมิใกล้เคียงกับค่า optimum

ในอาหารที่เป็นกลาง (พีเอช เท่ากับ 7) แบคทีเรียเจริญได้ดีแม้ว่า ทั้งค่า A_w และอุณหภูมิจะต่ำกว่า optimum

การถนอมอาหารโดยคำนึงถึงค่า A_w เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ เพราะค่า A_w ที่ต่ำเกินไปมีผลต่อ เนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อาหาร

Hurdle technology เป็นการนำความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปัจจัยร่วมมาควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารประเภท Intermediate Moisture Foods (IMF) คือ อาหารที่มีค่า A_w ระหว่าง 0.60-0.90

3. Oxidation – Reduction Potential ความต่างศักดิ์ของอิเลคตรอนในปฏิกิริยาการเติม – ลดออกซิเจน (Eh) ในอาหารวัดโดยเครื่องมืออิเลคทรอนิคส์วัดค่า มีหน่วยเป็นมิลลิโวลท์ (mv) หากในอาหารที่สารออกซิไดซ์สูง จะมีค่า Eh สูง ตามค่าออกซิไดส์ ในทางตรงข้ามหากอาหารมีสารออกซิไดส์ในปริมาณที่ต่ำจะมีค่า Eh เป็นลบ สามารถเขียนอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Amaerobic bacteria	ต้องการสภาวะที่มี Eh เป็นลบ
Aerobic bacteria	ต้องการสภาวะที่มี Eh เป็นบวก
Microaerophilic bacteria	ต้องการสภาวะที่มี Eh เป็นบวกเล็กน้อย
เช่น แลคโตบาซิลไล , *Campylobacters* spp	
Facultative anaerobes	สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มี Eh เป็นบวก
เช่น โคลิฟอร์ม , รา	และ Eh เป็นลบ

ผลของ Eh ในจุลินทรีย์กลุ่ม aerobe เจริญ จะทำให้ค่า Eh ของสภาวะแวดล้อมลดลง (ออกซิเจนน้อยลง) แต่มีสารที่ออกซิไดซ์หรือสารรีดิวซ์อยู่ด้วยเป็นส่วนประกอบของอาหาร การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดังกล่าวก็จะไม่ลดลง แต่ทำให้ฤทธิ์ของสารออกซิไดส์ลดลงกลายเป็นสารที่มีฤทธิ์รีดิวส์มากขึ้น นอกจากนี้ Eh ของอาหารถูกทำให้ลดลงโดยสารเมตาบอไลท์บางชนิดของจุลินทรีย์ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งสามารถลดค่า Eh ได้ถึง –300 mv

ค่า Eh ขึ้นอยู่กับพีเอชของสับสเตรท แสดงได้ด้วยค่า rH ซึ่งให้คำจำกัดความได้ตามสมการดังนี้

$$Eh = 2.303\ RT\ (rH - 2pH) / F$$

R = 8.315 จูล (joules)

F = 96,500 คูลอมบ์ (coulomb)

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (absolute temperature)

4. ปริมาณสารอาหาร จุลินทรีย์จะเจริญได้ย่อมต้องการสารอาหารซึ่งประกอบด้วย น้ำ แหล่งพลังงาน แหล่งไนโตรเจน วิตามินและ Growth factor เกลือแร่

5. สารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ อาหารหลายชนิดมีส่วนประกอบตามธรรมชาติที่ป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น เครื่องเทศชนิดที่มีน้ำมันหอมระเหยที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น

จุลินทรีย์ เช่น	กานพลู	มีสาร eugenol
	กระเทียม	มีสาร allicin
	ซินนามอล	มีสาร cinnamic aldehyde และ eugenol
	มัสตาร์ด	มีสาร allyl isothiocyanate
	sage	มีสาร eugenol และ thymol
	oregano	มีสาร carvacrol (isothymol และ thymol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำนมโค มีสารต่อต้านการเจริญของจุลินทรีย์หลายชนิดเช่น lactoferrin , conglutinin , lactoperoxidase system

นอกจากสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่อยู่ตามธรรมชาติ จะเป็นส่วนผสมของอาหารแล้วยังมีกรดอินทรีย์หลายชนิดที่บทบาทสำคัญเป็นสารต้านจุลินทรีย์ เช่น กรดโพรพิโอนิกและเกลือโพรพิโอเนท กรดแลคติกและและเกลือแลคเตทซึ่งได้กล่าวถึงในตอนต้นแล้ว รวมทั้งสารต้านจุลินทรีย์ที่ผลิตจากแบคทีเรียแลคติกหรือที่เรียกว่า แบคทีริโอซิน เช่น ไนซิน

กรดโพริพิโอนิคและเกลือโพรพิโอเนท

กรดโพริพิโอนิคและเกลือโพรพิโอเนทมีสูตรเคมีเป็น CH_3CH_2COOH มีคุณสมบัติยับยั้งจุลินทรีย์ มีกลิ่นรสที่ฉุน มีรสเปรี้ยว โดยเฉพาะเชื้อราหรือแบคทีเรียบางชนิด (Branen และคณะ ,1990) กลไกในการยับยั้งการเจริญคล้ายกรดอินทรีย์ทั่วๆ ไป คือ มีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์หรือ cellular enzyme มีผลต่อการขนส่งเข้าออกจากเซลล์ และยับยั้งการขนส่งกรดอะมิโน ซึ่งส่งผลต่อการเจริญของแบคทีเรียหลายชนิด และมีผลยับยั้งการขนส่งกรดอะมิโนใน *Penicillium chrysogenum* ตามหลักฐานที่กล่าวไว้ว่า กรดโพรพิโอนิคทำให้กลไกการสร้างพลังงานโดย proton motive force บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์เป็นกลาง โดยผ่านเข้าไปในลักษณะที่เป็นโมเลกุลและแตกตัวภายในเซลล์ ทำให้เซลล์ต้องเสียพลังงานในรูป ATP เพื่อนำโปรตอนส่วนเกินออกจากเซลล์ ส่วนในแบคทีเรีย *E. coli* มีกลไกการยับยั้งการเจริญโดยขัดขวางการสังเคราะห์เบต้าอะลานีน แต่ไม่มีผลต่อ *Bacillus subtilis* , *Pseudomonas* sp. , *Aspergillus clavatus* (Doyle และคณะ ,1997) พีเอชที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานคือ 5-6 แต่ประสิทธิภาพในการทำงานจะลดลงเมื่อพีเอชลดลง มีรายงานว่ากรดโพรพิโอนิคที่พีเอช 5-6 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *B. subtilis* (Doyle และคณะ ,1997)

แคลเซียมโพรพิโอเนทและโซเดียมโพรพิโอเนทเป็นเกลือโพรพิโอเนทที่ใช้มากที่สุดในการยืดอายุการเก็บหรือใช้เป็นวัตถุกันเสีย เช่น ใช้ยับยั้งการเจริญของเชื้อราและการเกิดเมือกในขนมปัง ที่มักพบการปนเปื้อนในระหว่างการหั่นเป็นแผ่นบางหรือการบรรจุ เพราะในระหว่างกาอบให้สุกนั้นสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์รวมทั้งสปอร์ได้เกือบทั้งหมด และเกลือโพรพิโอเนทมีผลต่อการเจริญของยีสต์ขนมปังน้อยมาก จนไม่เกิดผลข้างเคียงในการผลิตขนมปัง (Frazier และคณะ ,1988) พีเอชมีส่วนสำคัญในการทำงานของแคลเซียมโพรพิโอเนท ถ้าพีเอช 5.8 ต้องใช้แคลเซียมโพรพิโอเนทสูงถึง 1.88 เปอร์เซ็นต์ในการยับยั้ง *Bacillus subtilis* หรือ *B. mesentericus* แต่ถ้าพีเอชลดลงถึง 5.6 จะใช้แคลเซียมโพรพิโอเนทเพียง 0.156 เปอร์เซ็นต์ (Branen และคณะ ,1990) นิยมใช้กรดและเกลือโพรพิโอเนทร่วมกันเป็นสารต้านการเจริญในผลิตภัณฑ์ชีสและเบเกอรี่ มีรายงานว่าเกลือโพรพิโอเนท 0.1 –5 เปอร์เซ็นต์สามารถถ่วงการเจริญของเชื้อ *E. Coli* , *S. aureus* ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sacrina lutea , *L. monocytogrnes* , *Cadida* spp. สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ B. subtilis (Doyle และคณะ ,1997)

โซเดียมโพรพิโอเนทที่ระดับความเข้มข้น 0.1-5 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร สามารถยับยั้ง *S. aureus* , *Sarcina lutea* , *Proteus vulgaris* , *Lactobacillus platarum* , *Torula* sp. , *Saccharomyces ellipsoideus* ได้นานถึง 5 วัน แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *B. subtilis* , *Pseudomonas* sp. , *Aspergillus clavatus* , *Trichophyton mentagrophytes* (Branen และคณะ ,1990)

Ogden และคณะ ,1997 รายงานว่ามีการศึกษาการใช้กรดโพรพิโอนิคในการควบคุมแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียที่ 4 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้กรดโพรพิโอนิคปริมาณ 0.27 M ส่งผลให้สีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์เนื้อไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากการออกซิเดชั่นของไขมันจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ค้นคิดถึงการใช้กรดอินทรีย์ร่วมกันในการรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ดังนั้นจึงใช้กรดโพรพิโอนิคร่วมกับกรดแอสคอร์บิกในการเก็บรักษาเนื้อหมูดิบ โดยไม่มีผลต่อกลิ่นหรือสีของเนื้อสัตว์ การใช้กรดโพรพิโอนิค 0.41 M และ กรดโพรพิโอนิค 0.306 M ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก 0.043 M มีผลให้ยืดอายุการเก็บเนื้อหมูบดดิบไว้ได้นานถึง 6 วันที่ 25 องศาเซลเซียส และการใช้กรดโพรพิโอนิคเพียง 0.4Mเพียงอย่างเดียวสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในกลุ่มEnterobacteriaceae ได้ทั้งหมดให้ไม่มีการเจริญ แต่สีของเนื้อหมูบดเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เนื่องจากการเปลี่ยนสีของไมโอโกลบินเป็นเมทไมโอโกลบิน แต่การใช้กรดแอสคอร์บิคเพียงอย่างเดียวไม่ไขมีผลต่อสีของเนื้อสัตว์เมื่อเทียบกับเนื้อที่ไม่มีการเติมอะไร และพบว่ากรดแอสคอร์บิคไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแลกติกในช่วง lag phase และได้ผลสรุปว่าเมื่อความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิคเพิ่มขึ้นจะเป็นการเพิ่มการออกซิเดชั่นไขมันที่เป็นองค์ประกอบของเนื้อสัตว์

ความเข้มข้นและปริมาณของกรดโพรพิโอนิคและเกลือโพรพิโอเนทไม่มีการกำหนดในอาหาร แต่โดยทั่วไปมักใช้ไม่เกิน 0.4 เปอร์เซ็นต์ (Doyle และคณะ ,1997) แคลเซียมโพรพิโอเนทเป็นสารต้านจุลินทรีย์ที่มีความปลอดภัยเมื่อใช้ในปริมาณที่ GMP กำหนด ส่วนโซเดียมโพรพิโอเนทมีคุณสมบัติเป็นสารต้านจุลินทรีย์แล้วยังเป็นสารให้กลิ่นรสอีกด้วย (flavouring agent) มีความปลอดภัยในการนำไปใช้ แต่ต้องอยู่ในปริมาณที่ GMP กำหนด ส่วนอนุพันธ์ซัลเฟอร์ของเกลือโพรพิโอเนท มีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเหม็นหืน (antioxidant) แต่จำกัดปริมาณการใช้ให้ใช้ได้ไม่เกิน 0.005 เปอร์เซ็นต์ แต่เนื่องจากกลิ่นรสและรสชาติของโพรพิโอนิคเป็นสาเหตุให้ต้องจำกัดปริมาณการใช้ (Branen และคณะ ,1990)

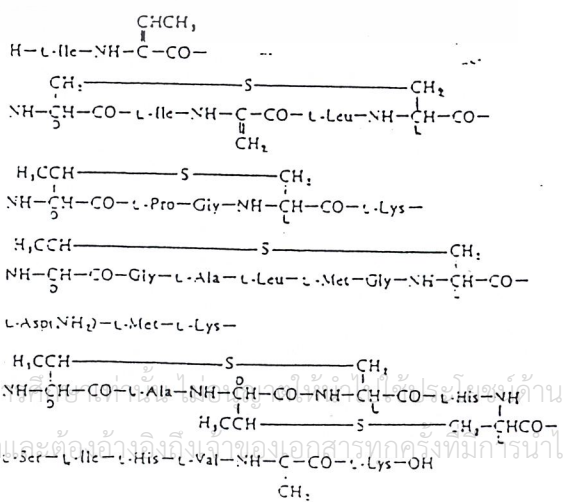
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีริโอซิน (Bacteriocin) แบคทีริโอซินเป็นโปรตีนโมเลกุลใหญ่ มีความสามารถในการทำลายแบคทีเรียได้รวดเร็ว จัดเป็นสารต้านจุลินทรีย์ มีขนาดใหญ่ว่าสารปฏิชีวนะ มีฤทธิ์ในการฆ่า หรือทำลายแบคทีเรียที่จำเพาะ แบคทีริโอซินจากแบคทีเรียต่างชนิดกันมีสมบัติทางด้านเคมีต่างกัน จะมีคุณสมบัติยับยั้งจุลินทรีย์ได้แตกต่างกันไปในแง่ของการทำลาย กลไกการทำงาน แบคทีริโอซินผลิตจากแบคทีเรียหลายชนิด เช่น *Lactobacillus fermentum* , *L. helveticus* , *L. acidophilus* , *L. plantarum* , *L. sake* , *L. curvatus* , *Leuconostoc mesenteroticus* , *Pediococcus acidilactici* , *P. pentosaceus* และ *P. damnosus* แบคทีริโอซินได้รับการยอมรับจาก GRAS แบคทีริโอซินที่ผลิตจาก *Lactococcus lactis* serologica group N เรียกว่า ไนซิน (nisin)

สารต้านจุลินทรีย์อาจทำหน้าที่ ในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ หรือทำลายจุลินทรีย์ ลักษณะการออกฤทธิ์ของสารต้านจุลินทรีย์แบ่งได้เป็น

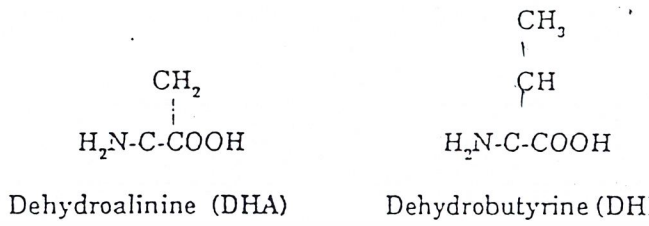
1. การทำปฏิกิริยากับเยื่อหุ้มเซลล์ ทำลายความสามารถในการผ่านเข้าออกและทำให้ลักษณะของเซลล์เสียสมดุลไป โดยปกติสารต้านจุลินทรีย์จะปฏิกิริยาบริเวณที่ไม่จำเพาะบนเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้สูญเสียความสามารถในการทำงาน สารต้านจุลินทรีย์มีลักษณะเป็น hydrophobic จะจำกัดการเจริญของพวกแบคทีเรียแกรมลบ เนื่องจากสารต้านจุลินทรีย์ชนิดนั้นสามารถซึมผ่านผนังเซลล์ในชั้น lipopolysaccharide ได้ง่าย
2. ทำให้เอนไซม์บางชนิดไม่ทำงาน
3. ทำให้สารพันธุกรรมเสียรูปร่างหรือหน้าที่ที่ผิดไปจากเดิม (ตุมตาม)

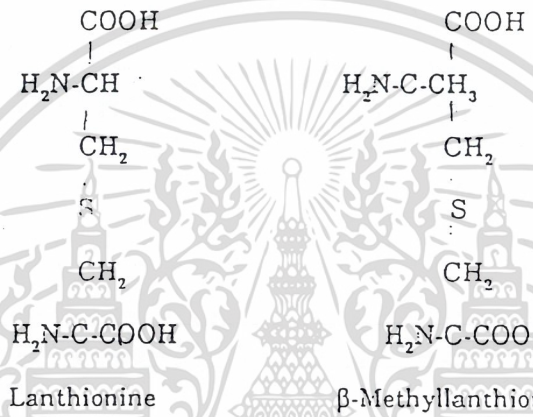
ไนซินไม่ใช่สารตัวใหม่ แต่เป็นที่รู้จักกันมากว่า 50 ปี โดย Joss Delves Broughton ผู้จัดการฝ่ายบริการทางวิชาการของบริษัท Aplin & Barrett พบว่าไนซินยับยั้งเชื้อ *Streptococci* ในการผลิตเนยแข็ง (ไปรมา ,253)ไนซินเป็นแบคทีริโอซิน มีลักษณะเป็นโพลีเปปไทด์ขนาดใหญ่ ประกอบด้วยกรดอะมิโน 34 ตัวเรียงกันอยู่ในวงแหวน 5 วง มีสูตรโมเลกุล $C_{143}H_{230}N_{42}O_{37}S_7$ มีมวลโมเลกุล 3354.069 ดาลตัน และประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ไม่พบบ่อยนัก(Bracroft ,1988)



ภาพที่ 8 โครงสร้างของไนซิน

เอกสารนี้เป็นการเผยแพร่ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพที่ 9 โครงสร้างของกรดอะมิโนที่พบไม่บ่อย ซึ่งเป็นองค์ประกอบของไนซิน

ไนซินเป็นแบคทีริโอซินเพียงชนิดเดียวที่ได้รับการยอมรับให้เป็น GRAS จาก FDA (Hoover และ Steenson ,1993) ไนซินสามารถใช้เป็นสารกันเสียในอาหารหลายชนิด เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นพิษ และไม่เกิดอาการแพ้ และได้รับการยอมรับจากองค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (USFDA) ว่าสามารถใช้เป็นสารยับยั้งการงอกของสปอร์และการสร้างสารพิษโบทูลิน จากผลการศึกษาด้านความเป็นพิษจากมหาวิทยาลัย Brimingham พบว่าไนซินไม่ทำให้เกิดพิษใดๆ ทั้งชนิดเฉียบพลันและเรื้อรังแม้ว่าจะป้อนให้สัตว์ทดลองกินในระดับที่สูงถึง 1000 เท่าของปริมาณที่ได้รับตามธรรมชาติก็ตาม (ไปรมา ,2531) ไนซินถูกย่อยอย่างรวดเร็วบริเวณลำไส้เล็กด้วยเอนไซม์ไคโมทริปซินซึ่งขับออกมาจากตับอ่อน (Hoover และ Steenson ,1993) แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทนต่อเอนไซม์โปรเนส ทริปซิน ไนซินมีคุณสมบัติที่ไม่เหมือนสารปฏิชีวนะตัวอื่นๆ ตรงที่รับประทานเข้าไปแล้วไม่สร้างความต้านทานต่อเชื้อตัวนั้น (ไปรมา ,2531) ปัจจุบันพบว่ากว่า 47 ประเทศอนุญาตให้ใช้ไนซินในผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Broughton ,1990)

ไนซินมีความเสถียรสูงสุดที่พีเอชเท่ากับ 2 แต่จะสูญเสียกิจกรรม 40 เปอร์เซ็นต์ที่พีเอช 5 และจะไม่มีกิจกรรมเลยที่พีเอช 7 และในอุณหภูมิห้อง สาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพของไนซินลดลงมี 2 ประการคือ

1. ที่พีเอชเป็นกลางหรือเป็นเบส ทำให้การละลายของไนซินลดลงเช่น ที่พีเอช 2 ไนซินละลายได้ 57 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แต่ไนซินละลายได้เพียง 0.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร

2. ไนซินไม่มีกิจกรรมที่พีเอชเป็นเบส เป็นผลมาจากไฮดรอกไซด์ไอออนที่เติมลงไปในปลาย dehydro ที่ว่างอยู่ (Hoover และ Steenson ,1993)

แต่ทนต่อความร้อนที่ทำการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อได้ที่อุณหภูมิ 115.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที โดยไม่มีการสูญเสียกิจกรรม (Tramer ,1964) แต่มีสูญเสียกิจกรรมมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ หลังจากที่ผ่านการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดัน 121 องศาเซลเซียส 15 นาทีที่พีเอช 6.8 (Hoover และ Steenson ,1993) และ FAO ,1985 กำหนดให้มนุษย์บริโภคไนซินได้ไม่เกิน 33,000 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ไนซินสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้หลายชนิดเช่น Lactococci , Bacilli , Micrococci , *S. aureus* , *L. monocytogenes* และสามารถป้องกันการงอกของสปอร์ของ *C. botulinum* แต่ไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบและยีสต์ได้ จากรายงานพบว่าต้องใช้ไนซินเข้มข้นสูงถึง 10,000 IU ในการยับยั้งยีสต์ แต่ที่ระดับความเข้มข้นนี้มีผลน้อยมากต่อรา (Hoover และ Steenson ,1993) การที่ไนซินไม่ยับยั้งการเจริญของยีสต์ทำให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ โดยทำหน้าที่ป้องกันการปนเปื้อนของแบคทีเรียในระหว่างการหมักและใช้ในการล้างเซลล์ยีสต์ที่ใช้แล้ว เพื่อนำกลับมาใช้อีก (cell recycle) โดยไม่ทำลายคุณสมบัติของยีสต์ (ไปรมา ,2531)

กิจกรรมของไนซินในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ มีความสัมพันธ์กับส่วนประกอบของอาหาร เช่น ที่ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ พบว่าปริมาณโซเดียมคลอไรด์ 3-4 เปอร์เซ็นต์จะช่วยเพิ่มกิจกรรมของไนซินให้สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด หรืออาจมีทำให้สปอร์ของแบคทีเรียลดความทนทานลง ความชื้นที่ลดต่ำลงจากเดิม ที่ระดับความชื้น 54-57 เปอร์เซ็นต์มีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกิจกรรมของไนซิน ไขมันเป็นส่วนหนึ่งที่รบกวนกิจกรรมของไนซิน ไม่ว่าจะเป็นไขมันเนย หรือฟอสโฟไลปิด เมื่อความเข้มข้นของไขในเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้กิจกรรมของไนซินลดลง (Hoover และ Steenson ,1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ไนซินในอุตสาหกรรมอาหาร

1. เนยแข็ง ได้ค้นคว้าจนเป็นที่ยอมรับแล้วว่าไนซินได้ผลดีในการผลิตชีส สามารถยืดเวลาในการเจริญและสร้างสารพิษของ *Clostridium botulinum*ได้ ปริมาณการใช้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณสปอร์ การสูญเสียระหว่างขบวนการหลอม ปริมาณของไนซินสูงสุดที่ปลอดภัยและแนะนำให้ใช้คือ 500 IU ต่อกรัม

2. นม ไนซินใช้เป็นวัตถุกันเสียในนมในปริมาณ 30-50 IU ต่อมิลลิลิตรของนม มีประสิทธิภาพเป็นสองเท่าในทุกระดับอุณหภูมิของการเก็บ สามารถยับยั้งการงอกสปอร์และการเจริญของเชื้อได้ผลดีในนมสเตอริไลซ์และ canned evaporated millk

3. อาหารกระป๋อง ไนซินมีประสิทธิภาพและความคงตัวเพิ่มขึ้นในอาหารประเภทนี้ ทำให้สามารถยับยั้งแบคทีเรีย *Bacillus stearothermophilus* และ*Clostridium thermosaccharolyticum* ที่อยู่ในอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดสูงได้ดี ในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ เช่น มันฝรั่ง ถั่ว เห็ด ซุปและพุดดิ้ง พบว่าไนซินสามารถลดเวลาของการให้ความร้อนและยับยั้งการสร้างสปอร์เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูง เหมาะมากกับเห็ดบรรจุกระป๋อง เนื่องจากเห็ดมีการปนเปื้อนของสปอร์มากับปุ๋ยมากและเห็ดถ่ายเทความร้อนไม่ดี มีผลให้อุณหภูมิในชิ้นเห็ดสูงอยู่เป็นเวลานานหลังจากฆ่าเชื้อแล้วทำให้สปอร์งอกได้ง่ายยิ่งขึ้น(ไปรมา ,2531) Leistner และ Gorris ,1995 กล่าวถึงกรณีของถั่วบรรจุกระป๋องในประเทศอังกฤษมีการใช้ไนซินที่มีความเสถียรที่อุณหภูมิสูง เข้ามาแก้ไขปัญหาในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทนกรด และสปอร์ของ *Clostridium* sp. ที่เทคนิคเดิมคือ การใช้ความร้อนและพีเอชในการถนอมอาหารไม่ได้ผลดีนัก

4. เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่บรรจุแบบสุญญากาศ หรือ modified atmosphere packaging (MAP) ไม่สามารถควบคุมการเจริญของแบคทีเรียแลคติกซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ได้ จึงมีความพยายามที่จะใช้แบคทีริโอซินที่ผลิตได้จากแบคทีเรียแลคติกมาใช้ในการควบคุมจุลินทรีย์เจ้าถิ่นในบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็น hurdle เข้าร่วมในการป้องกันจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในอาหาร เช่น *Listeria monocytogenes* , *Clostridium botulinum*

การใช้ไนซิน 12,000 IU ยับยั้งเชื้อ *C. butolinum* type A 5 สายพันธุ์ ในไส้กรอกค็อกเทล ที่ระดับพีเอช 5 และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีรายงานว่าเมื่อเติมไนซินลงในไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ไก่ที่มีปริมาณไขมัน 13-20 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการตรวจหาปริมาณไนซินที่คงเหลืออยู่ที่วันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าเหลือไนซินอยู่เพียง 10-25 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แต่ในแบคอนและเนื้อหมูเค็มที่มีการเติมไนซินลงไป 100 IU ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส มีปริมาณไนซินเหลืออยู่ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ (Hoover และ Steenson ,1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมของไนซินในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ให้ทำให้เกิดการเน่าเสียในผลิตเนื้อสัตว์มีข้อจำกัด เช่น กรณีของไนซินมีผลป้องกันการงอกของสปอร์ของ Clotridium botulinum แต่ที่ระดับพีเอชสูงกว่า 5.1จะไม่มีผลยับยั้ง *C. botulinum* และมีรายงานว่าส่วนประกอบของอาหารมีผลต่อประสิทธิภาพของไนซิน โดยสันนิษฐานว่าโปรตีนในเนื้อสัตว์จะทำปฏิกิริยากับไนซิน และทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานเป็นกลาง

การใช้ไนซินที่ผ่านการสกัดให้บริสุทธิ์ เติมลงในเนื้อสัตว์โดยตรงพบว่ากิจกรรมของไนซินมีการสูญหายไปอย่างชัดเจน จึงนิยมเติมกล้าเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่สามารถสร้างแบคทีริโอซินลงไปในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยตรง เพื่อให้เจริญแข่งกับจุลินทรีย์เจ้าถิ่นและมีการผลิตแบคทีริโอซินยับยั้งการเจริญจุลินทรีย์ เช่น การเติมกล้าเชื้อ Lactococcus lactis subsp. Lactis สามารถผลิตไนซินในเนื้อสัตว์ แต่มีข้อจำกัดในการเรื่องของอุณหภูมิในการเจริญ เพราะ *L. lactis* เป็น mesophile แต่จะไม่สามารถนำไปใช้ในการถนอมเนื้อสัตว์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สภาวะปกติการถ่ายเชื้อลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ไม่ผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์ แต่กรณีของ Lactobacillus sake เป็นเชื้อที่ผลิตแบคทีริโอซินได้ ในแต่เมตาบอลิสมของเชื้อผลิตซัลเฟอร์เมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่มีอากาศ ดังนั้นการเลือกเชื้อที่จะถ่ายลงในผลิตภัณฑ์ต้องพิจารณาถึงเมตาบอลิสมของเชื้อด้วย หากมีการสร้างสารให้กลิ่นรสที่ไม่ดี การผลิตเมือก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ควรหลีกเลี่ยง

นอกจากไนซินแล้วยังมีแบคทีริโอซินอีกหลายชนิดที่ผลิตจากแบคทีเรียแลคติกที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เช่น sakacin A เป็นแบคทีริโอซินที่ผลิตจาก *L. sake* L6706 สามารถยับยั้งการเจริญของ *L. monocytogenes* ในเนื้อบดและไส้กรอกสดที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์แล้ว

pediocin ผลิตจาก *Pediococcus* sp. สามรถยับยั้งการเจริญของ *L. nomocytogenes* ในเนื้อสัตว์สดและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (McMullen และ Stiles ,1996)

Degnan และ Luchansky ,1992 รายงานว่า การเติมเชื้อ *Pediococcus acidilactici* JBL 1095 ซึ่งผลิต pediocin AcH/PH-1 ในไส้กรอกเวียนนาบรรจุสุญญากาศ สามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่เมื่อนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสพบว่าเชื้อดังกล่าวไม่มีการเจริญและไม่สร้างแบคทีริโอซิน

ปัจจัยภายนอก

ปัจจัยภายนอกที่ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ประกอบด้วย

1. อุณหภูมิที่เก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของอุณหภูมิ	มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ อุณหภูมิต่ำผลในเพิ่ม lag phase , เพิ่ม generation time , ลด proliferation of microorganisms - ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของวอเตอร์แอคติวิตี้ - ทำให้การทำงานของเอนไซม์ดีขึ้นหรือช้าลง - ทำให้เกิดปฏิกิริยา Lipid oxidation และส่งผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์ - มีส่วนทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้สีของผลิตภัณฑ์ซีดหรือเข้มขึ้น

2. ความชื้นสัมพัทธ์ของสิ่งแวดล้อม (Relative Humidity)

สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับอุณหภูมิ คือ โดยทั่วไปถ้าอุณหภูมิสูง ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำ และถ้าอุณหภูมิต่ำ ค่าความชื้นสัมพัทธ์มักจะสูง

ผลกระทบต่ออาหารมี 2 ประการคือ - การเปลี่ยนแปลง A_w ของอาหาร

- การเจริญของจุลินทรีย์บริเวณผิวนอกของอาหาร

หากอาหารสูตรหนึ่งเมื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์จะมีค่า A_w ประมาณ 0.60 ถ้าหากใช้ภาชนะบรรจุไม่ดีพอ และอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ผลิตภัณฑ์อาหารของเราจะดูดความชื้นในอากาศเข้ามาเพิ่มจนถึงจุดสมดุล ผลิตภัณฑ์อาหารจะมีค่า A_w สูงขึ้น และถ้าจุลินทรีย์สามารถเข้าปนเปื้อนได้และออกซิเจนซึมผ่านได้ ก็จะมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จากบริเวณผิวเข้าไปภายในอาหาร

หากค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า A_w ในผลิตภัณฑ์ที่มีค่า A_w ต่ำๆ แต่สามารถแก้ไขโดยการจัดสภาพและบรรยากาศที่สามารถควบคุมปัจจัยทั้ง 2 ได้ นั่นคือ การใช้ Proper packaging และ Modified Atmosphere Technology

3. ชนิดและความเข้มข้นของก๊าซในสิ่งแวดล้อม

การเก็บรักษาอาหารในบรรยากาศที่เพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็น 10 เปอร์เซ็นต์ หมายถึง "Controlled atmosphere" หรือในปัจจุบันเรียกว่า "การดัดแปลงบรรยากาศในการเก็บรักษา" (Modified Atmosphere Storage) เรียกย่อๆ ว่า MA storage

การดัดแปลงบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์ได้รับความสนใจมากในทศวรรษที่ 1980 ในระหว่างทศวรรษที่ 1930 มีการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พ่นเข้าไปในห้องเก็บรักษาเนื้อสัตว์ในเรือเดินทะเล เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อสัตว์ในระหว่างการขนส่ง นอกจากความสนใจที่จะใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบการบรรจุสุญญากาศกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Vacuum packaging)

ผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการยับยั้งจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้น หากอุณหภูมิที่ใช้ลดลง เนื่องจากการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ และพีเอชของเนื้อที่เก็บภายใต้สภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มที่จะต่ำกว่าปกติ นั่นเป็นเพราะว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นกรดคาร์บอนิก ปรากฏว่าแบคทีเรียแกรมลบไวต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าแบคทีเรียแกรมบวก โดยเฉพาะพวก *Pseudomonas* spp. จะไวมากที่สุด ส่วนแบคทีเรียแลคติกและแบคทีเรีย จะทนต่อสภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากที่สุด

กลไกที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อธิบายได้ 2 ลักษณะคือ

1. คาร์บอนไดออกไซด์ไปบล็อกการเมตาบอลิสมของแบคทีเรีย *Pseudomonas aerugonosa* โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ decarboxylase
2. คาร์บอนไดออกไซด์ไปรบกวนการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์

หากมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพียงเล็กน้อยจะกระตุ้นให้จุลินทรีย์เจริญได้ดี แต่ถ้ามีคาร์บอนไดออกไซด์สูงมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ จะไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยกลไกทั้ง 2 ทำงาน

การรวบรวมปัจจัยภายนอก-ภายในเข้าด้วยกันเพื่อการควบคุมจุลินทรีย์ในการถนอมอาหาร

การถนอมอาหารมี 6 วิธี โดยใช้ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเป็นตัวควบคุมจุลินทรีย์ แต่การถนอมอาหารแบบใหม่อาศัยหลายๆ ปัจจัยเป็นตัวควบคุมจุลินทรีย์ เป็นที่มาของการถนอมอาหารโดยใช้ Hurdle technology

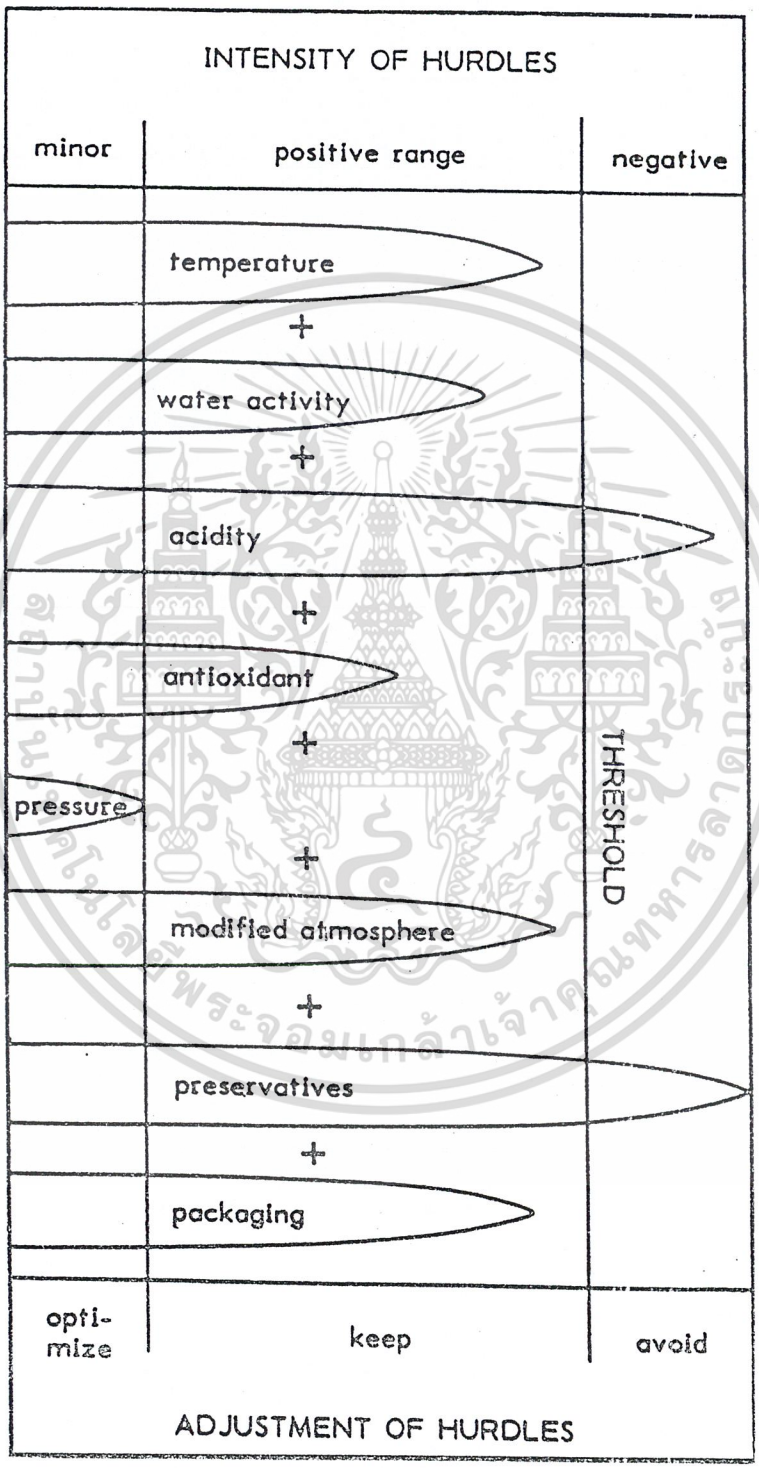
Hurdle จากรากศัพท์ในพจนานุกรมภาษาอังกฤษ หมายถึง การกระโดดข้ามรั้ว

Leistner และ Gorris ,1995 กล่าวว่าวัตถุประสงค์ของ Hurdle technology เป็นการยับยั้งการเจริญหรือเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าที่จะทำลาย โดยมีผลกระทบต่อกลไกสภาพสมดุลภายในของจุลินทรีย์ อาจกระทบต่อกลไกเดียวหรือหลายกลไก ทำให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนไม่ได้ แต่จะทำให้จุลินทรีย์ที่เหลืออยู่เคลื่อนที่ไม่ได้หรือตาย นั่นหมายถึงมีผลกระทบต่อจุลินทรีย์ในหลายทางที่แตกต่างกัน เช่น มีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ DNA เอนไซม์ พีเอช Eh และ A_w

ประมาณกลางทศวรรษที่ 1980 Leistner ชาวเยอรมัน เป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่เสนอคำว่า hurdle โดยแนะนำ ความพยายามที่จะป้องกันการงอกของสปอร์ของ *Clostridium botulinum* อาศัยการปฏิบัติด้วยวิธีการเดิมๆ ที่ใช้กันเป็นร้อยปีแล้ว มีการควบคุมปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในร่วมกัน คือ ควบคุมพีเอชให้น้อยกว่า 4.6 , A_wให้น้อยกว่า 0.94 , เติมเกลือแกง 10 เปอร์เซ็นต์ ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมโซเดียมไนไตรท์ 120 ppm , บ่มเชื้อที่อุณหภูมิน้อยกว่า 10 องศาเซลเซียส และใช้โปรไบโอติก (Probiotic) เป็นแนวความคิดของ hurdle technology (สุมณฑา ,2541)



ภาพที่ 10 การนำ Hurdle technology ไปใช้ในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Leistner และ Gorris ,1995 ให้นิยามของ Hurdle technology อาจเรียกว่า combined method , combined process , combination preservative , combination tecniques หรือ barrier technology จากคำกล่าวข้างต้นสามารถอธิบายได้ว่า Hurdle technology เป็นวิธีการถนอมแบบต่างๆ มาใช้ร่วมกัน เพื่อให้เกิดวิธีการใหม่ๆ ที่มีความคงตัว นั่นคือทำให้เกิดความหลากหลายของปัจจัยในการถนอม ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ หรือจุลินทรีย์ต้องใช้ความพยายามเป็นอันมากในการเพิ่มจำนวนเพื่อที่จะกระโดดข้ามรั้วที่สร้างขึ้น แต่ละรั้วที่สร้างขึ้นเพื่อป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์กระโดดข้ามนั้นต้องเป็นวิธีการที่ไม่รุนแรงมากหรือทำให้อาหารนั้นสูญเสียคุณภาพที่พึงประสงค์ไป มักมีการสร้างรั้วหลายๆ ชั้นเข้าไว้ด้วยกันเพื่อให้เกิดผลร่วมกัน การใช้ hurdle หลายชนิดที่ต้องใช้ในปริมาณต่ำกว่าการใช้ hurdle เพียงชนิดเดียว เนื่องจากจุลินทรีย์บางตัวสามารถผ่าน hurdle ไปได้ แต่ไม่มีจุลินทรีย์ตัวใดสามารถกระโดดข้ามการใช้ hurdle ร่วมกันได้ทั้งหมด

ด้วยเหตุนี้อาหารจึงคงตัวและปลอดภัยจากการพัฒนาการถนอมอาหารโดยใช้ Hurdle technology ที่มีมาหลายปีแล้วพบว่า การใช้ hurdle ร่วมกันอย่างเหมาะสมจะทำให้เกิดความคงตัวในด้านจุลชีววิทยา ความปลอดภัยและยังคงรสชาติ โภชนาการและเศรษฐศาสตร์ของอาหารเอาไว้ได้ หรืออาจกล่าวได้ว่า Hurdle technology เป็นวิธีการที่ไม่รุนแรงแต่เชื่อถือได้ จากการสำรวจการถนอมอาหารด้วย hurdle technology ในลาตินอเมริกา 10 ประเทศ ได้จำแนกอาหารออกเป็น 260 ชนิด มาจากผลไม้ ผัก ปลา เนื้อ และธัญพืช ซึ่งมี A_w สูงอยู่ได้ที่อุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส

การถนอมอาหารโดยใช้ Hurdle technology โดยไม่แช่เย็น อธิบายได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็นการสนับสนุนการเจริญของจุลินทรีย์ โดย vegetative cell จะเกิด metabolically exhausted โดยจะใช้แหล่งพลังงานจนหมดและตายไป เป็นเพราะว่า autosterilization hurdle-preserved foods ซึ่งก็คือความคงตัวทางด้านจุลชีววิทยา จะปลอดภัยกว่าในระหว่างการเก็บโดยเฉพาะที่อุณหภูมิห้อง

การนำ Hurdle technology ไปใช้

1. Leistner ,1994 รายงานถึงการใช้ hurdle technology กับไส้กรอกซาลามิซึ่งเป็นไส้กรอกหมักที่ยังดิบ ทำให้เกิดความคงตัวในผลิตภัณฑ์ มีการใช้เกลือและไนไตรท์เป็นวัตถุกันเสีย โดยไนไตรท์จะยับยั้งแบคทีเรียที่มีอยู่มากมายในเนื้อได้ แบคทีเรียจะใช้ออกซิเจน ทำให้ Eh ลดลงซึ่งยับยั้งการเจริญแบคทีเรียพวกที่ต้องใช้อากาศแต่แบคทีเรียแลคติกชอบ จากนั้นแบคทีเรียแลคติกจะเจริญทำให้รสชาติของซาลามิ เมื่อมันเจริญเติบโตจะสร้างกรดในผลิตภัณฑ์และพีเอชลดลง เมื่อบ่มไส้กรอกซาลามิเป็นเวลานานจะทำให้ไนไตรท์ถูกใช้หมดไป แบคทีเรียแลคติกลดลง แต่ Eh และพีเอชเพิ่มขึ้นอีกครั้ง แต่ A_w ลดลงระยะเวลา ดังนั้นเมื่อเก็บไส้กรอกซาลามิเป็นเวลานาน ประสิทธิภาพของ hurdle จะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไนไส้กรอกอิตาเลี่ยนมอลทาเดลลา ซึ่งเป็นไส้กรอกอิมัลชั่น ทำมาจากหมู ไขมันกระเพาะหมู มีการเติมเกลือ น้ำตาล นมผง เครื่องเทสและไนไตรท์ บรรจุไส้ขนาดใหญ่ ใช้ความร้อนแห้งแบบซาว์นาเป็นเวลานานกว่า 35 ชั่วโมง และอุณหภูมิภายในเป็น 78 องศาเซลเซียส ความชื้นหายไป 10-15 เปอร์เซ็นต์ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมี A_w 0.94-0.95 เมื่อนำ hurdle เข้ามาใช้ โดยการลดค่า A_w ให้ต่ำกว่า 0.95 โดยการเติมเกลือ น้ำตาลหรือนมผง แม้แต่การทำแห้ง สามารถยับยั้งการเจริญของพวก Bacilli และ *Clostridium* spp. ได้ และบรรจุในไส้ที่มีการเคลือบผิวด้วยซอร์เบทไพมาริซิน หรืออาจใช้การบรรจุสุญญากาศ จะสามารถเก็บไส้กรอกชนิดนี้ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่ต้องเข้าตู้เย็น

3. ไนไส้กรอกเยอรมันบาร์ทเวอร์ส สามารถเก็บได้นานโดยไม่ต้องใส่ในตู้เย็น ทำได้โดยต้องควบคุมการผลิตให้มีค่า A_w ให้ต่ำกว่า 0.95 โดยทำแห้งผลิตภัณฑ์ที่เพิ่งเสร็จในที่เย็น มีอุณหภูมิประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส และควบคุมอุณหภูมิภายในไส้กรอกมากกว่า 75 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายเอนไซม์ไลเปส

4. ไส้กรอก Gelderse rockworst ของประเทศเนเธอร์แลนด์ จัดเป็นไส้กรอกประเภทโบโลญา เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องเก็บในตู้เย็น มีความคงตัวและปลอดภัย ทำได้โดยเติมกลูโคเดลต้าแลคโตน เพื่อปรับพีเอช 5.4-5.6 และใช้เครื่องเทสในลักษณะที่เป็นสารสกัด ในขั้นตอนการให้ความร้อนจะทำลายเซลล์และสปอร์ให้ลดลง บรรจุในสุญญากาศ จากนั้นพาสเจอร์ไรส์ที่ 80 องศาเซลเซียส สปอร์ที่ยังคงเหลืออยู่ถูกควบคุมด้วยพีเอชต่ำ ไนไตรท์ หรือ Eh

5. ในกุนเชียง กุนเชียงเป็นไส้กรอกแห้งที่ยังดิบ ปกติสามารถเก็บได้โดยไม่ต้องใส่ตู้เย็น เนื่องจากพีเอชต่ำประมาณ 5.9 และ A_w 0.75 กุนเชียงที่ดีไม่ควรมีรสเปรี้ยวเนื่องจากการเจริญของแบคทีเรียแลคติก แต่กุนเชียงของไต้หวันมีปริมาณความชื้นสูง มีค่า A_w 0.94 และมักเกิดการเน่าเสีย โดยเกิดรสเปรี้ยวจากแบคทีเรียแลคติก และอาจมีความเป็นพิษจากการเจริญของ *S. aureus* สถาบันวิจัยเนื้อสัตว์แห่งเยอรมันทำการวิจัยพบว่าการเติมโซเดียมแลคเตท 3.5 เปอร์เซ็นต์ และโซเดียมอะซีเตท 0.1 เปอร์เซ็นต์ ไม่เก็บในตู้เย็นพบว่า กุนเชียงคงตัว มีความปลอดภัยและควรรสชาติในการบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

ไส้กรอกอิมัลชั่น ชนิดบรรจุสุญญากาศ

อิมัลชั่นของไส้กรอกจากบริษัทซีพีอินเตอร์ฟู้ด จำกัด

ไส้เทียมชนิดคอลลาเจน

ขี้เลื่อย ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ บีชนัท , โอ๊ก , ฮิกเคอรี่

2. อุปกรณ์

อุปกรณ์เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการชีววิทยา เช่น บีกเกอร์ขนาด 2000 มิลลิลิตร , บีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร , บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร , บีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร , ฟราส์กขนาด 500 มิลลิลิตร , ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร , แท่งแก้วคน , หลอดหยด , ขวดดูแรนขนาด 250 มิลลิลิตร , ขวดแก้วใส่อาหาร , หลอดทดลอง , แผ่นสไลด์ , จานเพาะเชื้อ , ปิเปตขนาด 1 , 5 มิลลิลิตร , กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร

บ่วงเขี่ยเชื้อ และ เข็มเขี่ยเชื้อ

ช้อนตักสาร และ พายสแตนเลส

เทอร์โมมิเตอร์

ไมโครปิเปตขนาด 5 – 40 ไมโครลิตร และ หัวทิป

กล้องจุลทรรศน์

แอนแอโรบิค จาร์

Gas pack ของบริษัท

อินดิเคเตอร์ตรวจสภาพภายในแอนโรบิค จาร์

เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

เครื่องชั่ง

ตู้เขี่ยเชื้อ

ตู้บ่มเชื้อ

หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

เครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี้รุ่น thermoconstanter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอัดไส้กรอกระบบไฮโดรลิก TALSA

เครื่องอบไส้กรอกด้วยความร้อนแห้ง

เครื่องบรรจุสุญญากาศ AUDUN ELEKTRO

ตู้เย็น

3. สารเคมี

อาหาร TSB , TSA , MacCokey agar , EMB agar ,YM agar , MRS agar , GYP agar , BHI semiolid , arginine broth , OF medium , Gibson's smisolid Tamato Juice Medium

ชุดน้ำยาย้อมแกรม ได้แก่ คริสตัลไวโอเลต , แกรมไอโอดีน , แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ และซาฟานิน , น้ำมัน

ชุดน้ำยาย้อมสปอร์ ได้แก่ แลคโตฟีนอล คอทอลบลู และ สีซาฟานิน

อินดิเคเตอร์ที่ใช้ได้แก่ บรอมคลีซอลเพอร์เพิล

น้ำยาทดสอบ ได้แก่ สารละลายนสเลอร์

แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ตั้งสมมติฐานไว้ 2 หัวข้อ คือ

1. จุลินทรีย์เป็นสาเหตุการเน่าเสียของไส้กรอก
2. การใช้เฮอร์เดิ้ลเทคโนโลยีสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากขึ้นจนส่งผลให้อายุไส้กรอกเก็บได้ยาวนานขึ้นถึง 45 วัน ที่ 4 –10 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์หาเชื้อที่เป็นสาเหตุที่ทำให้ไส้กรอกเกิดการเน่าเสีย

เก็บอายุไส้กรอกบรรจุสุญญากาศเป็นเวลา 45 วัน โดยทำการเก็บตัวอย่างมาทำการตรวจนับเชื้อทุก 3 วัน โดยเริ่มจากวันที่ 0 หรือวันที่ผลิต และตรวจสอบลักษณะปรากฏของไส้กรอกทุกวันจนครบ 45 วัน จากนั้นเก็บตัวอย่างที่ศูนย์กลางค้าที่สังเกตเห็นการเน่าเสียของไส้กรอกมาทำการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียของไส้กรอก

1. การเตรียมตัวอย่างไส้กรอก

1.1 ทำความสะอาดซองบรรจุภัณฑ์ด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

1.2 ตัดซองและลอกเปลือกหรือลอกไส้เทียมออกจากไส้กรอก แล้วตัดออกเป็นชิ้นเล็ก โดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ถ่ายไส้กรอกที่ตัดเป็นชิ้นเล็กแล้ว ประมาณ 25 กรัม ลงในฟราส์กที่มี TSB บรรจุอยู่ 225 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที

1.4 ทำการเจือจางตัวอย่าง โดยใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรดูดในฟราส์ก TSB แล้วถ่ายลงในหลอดน้ำเกลือ 0.85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้ตัวอย่างที่มีระดับความเจือจางเป็น 1 : 100 ทำเช่นเดียวกันจนได้ตัวอย่างเจือจาง : 1000 , 1 : 10,000 , 1 : 100,000

การเจือจางจะทำที่ระดับใด ขึ้นอยู่กับดุลพินิจร่วมกับลักษณะปรากฏของไส้กรอก

2. การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

2.1 ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจางเหมาะสม 3 ระดับ จากข้อ1.4 ระดับละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อระดับละ 4 จาน

2.2 เทอาหาร TSA ที่หลอมเหลวและมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ประมาณ 15 มิลลิลิตรลงไป

2.3 หมุนจานเพาะเชื้อให้ตัวอย่างกระจายรวมตัวกับอาหาร โดยหมุนจานเพาะเชื้อเป็นเลข 8 วนกลับทั้งตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา ด้านละ 5 รอบ ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จนอาหารในจานเพาะเชื้อแข็งตัว พลิกจานเพาะเชื้อกลับแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 – 72 ชั่วโมง

2.4 นับเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยเลือกจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนี 30 –300 โคโลนี หาผลเฉลี่ยคิดเป็นจำนวนจุลินทรีย์ต่อกรัมของตัวอย่าง (CFU/g)

2.5 เก็บเชื้อโดยใช้วิธีการสุ่มจากจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนี 30 –300 โคโลนี อย่างละ 10 โคโลนี ขีด (streak) ลงบนอาหาร TSA จนได้เชื้อบริสุทธิ์ ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการติดสีแกรม

3. การตรวจนับจำนวนยีสต์

3.1 ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจางเหมาะสม 3 ระดับ จากข้อ1.4 ระดับละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อระดับละ 4 จาน

3.2 เทอาหาร YM ที่หลอมเหลวและอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ประมาณ 15 มิลลิลิตร ลงในแต่ละจานเพาะเชื้อ หมุนจานเพาะเชื้อให้เกิดการกระจายไปทั่วๆ บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 – 72 ชั่วโมง

3.3 เลือกจากเพาะเชื้อที่มีโคโลนี 30 – 300 โคโลนี นับจำนวนโคโลนีทั้งหมด หาค่าเฉลี่ยคิดเป็นจำนวนยีสต์ต่อกรัมของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การตรวจสอบแบคทีเรียแกรมลบกลุ่ม Enterobacteriaceae

4.1 ใช้ไมโครปิเปตต่อกับหัวทิป ดูดตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร ที่ระดับเจือจางที่เหมาะสม จากข้อ 1.4 วางของตัวอย่างบนผิวหน้าของอาหาร MA

4.2 ใช้ลูปขีดตัวอย่างให้กระจายเป็นโคโลนีเดียว บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 – 72 ชั่วโมง

4.3 เลือกจานเพาะเชื้อที่มีที่มีโคโลนี 30 – 300 โคโลนี นับโคโลนี หาค่าเฉลี่ยคิดเป็นจำนวนแบคทีเรียแกรมลบกลุ่ม Enterobacteriaceae ต่อกรัมของตัวอย่าง

4.4 เก็บเชื้อโดยใช้วิธีการสุ่มจากจานเพาะเชื้อที่โคโลนี 30 – 300 โคโลนี อย่างละ 10 โคโลนี ขีดบนอาหาร MA จนได้เชื้อบริสุทธิ์ นำไปทดสอบต่อไป

5. การตรวจสอบแบคทีเรียแลคติก

5.1 ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจางเหมาะสม 3 ระดับ จากข้อ1.4 ระดับละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อระดับละ 4 จาน

5.2 เทอาหาร MRS ที่หลอมเหลวและอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ประมาณ 15 มิลลิลิตร ลงในแต่ละจาน หมุนจานเพาะเชื้อให้เกิดการกระจายไปทั่วๆ นำไปบ่มในโถแอนโรบิค บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 – 72 ชั่วโมง

5.3 นับเชื้อในจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีอยู่ประมาณ 30-300 โคโลนี และเปลี่ยนสีอาหารจากสีม่วงแดงเป็นสีเหลือง

5.4 เก็บเชื้อบริสุทธิ์ของแบคทีเรียแลคติก เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการติดแกรม

6. การจำแนกเชื้อ ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและชีวเคมีของแบคทีเรียแลคติก นำเชื้ออายุ 24 ชั่วโมงจากอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS มาทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ

6.1 ลักษณะสัณฐานวิทยา ศึกษาลักษณะสันฐานวิทยาของ Vegetative cell โดยนำมาตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 –100 เท่า

6.2 การสร้างเอ็นไซม์คาตาเลส โดยหยด H_2O_2ร้อยละ3 ลงบนโคโลนีของเชื้อที่เจริญบนอาหารวุ้น ถ้ามีฟองก๊าซเกิดขึ้นแสดงว่ามีเอ็นไซม์คาตาเลส

6.3 การทดสอบออกซิเดชั่นและเฟอร์เมนเตชั่นตามวิธีของ Hugh และ Leifson (1953) เลี้ยงเชื้อแล้วนำมาใส่ในอาหารทดสอบ OF medium 2 หลอด หลอดหนึ่งปิดทับด้วยพาราฟินที่ฆ่าเชื้อแล้ว อีกหลอดอยู่ในสภาพปกติ บ่มที่อุณหภูมิห้อง และตรวจผลทุกวันจนครบ 7 วัน จุลินทรีย์ที่เป็นเฟอร์เมนเตทีฟ สามารถสร้างกรด ซึ่งเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการหมักกลูโคสทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ขณะที่จุลินทรีย์ที่เป็นออกซิเดทีฟ การสร้างกรดจะเกิดในสภาวะที่มีออกซิเจนเท่านั้น

6.4 การหมักแบบโฮโมแลคติกเฟอร์เมนต์เตทีฟ และ เฮสโทโล่แลคติกเฟอร์เมนต์เตทีฟตาม เลี้ยงเชื้อและนำมาใส่ในอาหารทดสอบ Gibson 's Semi-solid Tomato Juice Medium จากนั้นเทวุ้นเข้มข้นร้อยละ3 ลงไปปิดผิวหน้าให้หนาประมาณ 1 เซนติเมตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง และตรวจผลทุกวันจนครบ 7 วัน แบคทีเรีย แลคติกที่หมักแบบเฮทโทโรเฟอร์เมนเตทีฟจะให้ก๊าซและดันวุ้นที่ปิดทับผิวหน้าขึ้นมา ส่วนพวกที่หมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเตทีฟ วุ้นจะมีลักษณะปกติ

6.5 การเจริญที่ 15 และ 45 องศาเซลเซียส โดยเขี่ยเชื้อลงในอาหาร MRS บ่มที่อุณหภูมิ 15 และ 45 องศาเซลเซียส แล้วตรวจผลทุกวันจนครบ 7 วันสังเกตการเจริญจากการเปลี่ยนสีของอาหารจากสีม่วงแดงเป็นสีเหลือง

6.6 การเจริญที่พีเอช 9.2 และ 9.6 เขี่ยเชื้อลงในอาหาร MRS ที่ปรับพีเอชเป็น 9.2 และ 9.6 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องสังเกตการเจริญจากการเปลี่ยนสี MRS จากสีม่วงแดงเป็นสีเหลือง

6.7 การสร้างแอมโมเนียจากอาร์จินีน เขี่ยเชื้อลงบนอาหารทดสอบ Arginine broth บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2-7วัน เป็นผลบวกเมื่อหยดสารละลาย Nessler's reagent ลงบนเชื้อจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลซึ่งแสดงว่ามีการสร้างแอมโมเนียเกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 การทำไส้กรอกโดยการใช้วัตถุกันเสียร่วมกับการรมควันเพื่อยืดอายุการเก็บของไส้กรอกให้ได้ยาวนาน 45 วัน ที่อุณหภูมิ 4 – 10 องศาเซลเซียส

1. การใช้แคลเซียมโพรพิโอเนท

1.1 เตรียมอิมัลชั่นของไส้กรอกซึ่งได้รับมาจากบริษัทซีพี อินเตอร์ฟู้ดส์ (ไทยแลนด์) จำกัด โดยเติมแคลเซียมโพรพิโอเนทร้อยละ 1 โดยน้ำหนักลงไป ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 3 นาที

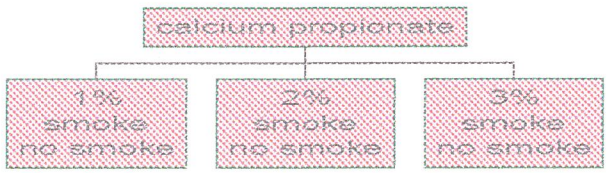
1.2 บรรจุในไส้สังเคราะห์ ชนิดคอลลาเจน มัดเป็นท่อนให้มีความยาวประมาณ 7 นิ้ว จากนั้นแยกเป็น 2 ส่วน
- ส่วนแรกให้ความร้อนประมาณ 2 ชั่วโมง
- ส่วนที่ 2 ให้ความร้อนประมาณ 2 ชั่วโมง และมีการรมควันร่วมด้วย

โดยควบคุมอุณหภูมิภายในบริเวณกลางของไส้กรอกให้เป็น 70 องศาเซลเซียส

1.3 นำไปทำเย็นอย่างรวดเร็ว เมื่อออกจากตู้อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการใช้แคลเซียมโพรพิโอเนทที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และ 3 เปอร์เซ็นต์ ทำตามลำดับข้างต้น



ภาพที่ 11 แผนผังการใช้แคลเซียมโพรพิโอเนท

2. การใช้โซเดียมแลคเตท

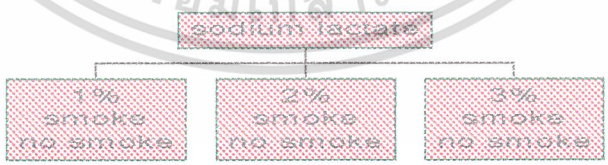
2.1 เตรียมอิมัลชั่นของไส้กรอกซึ่งได้รับมาจากบริษัทซีพี อินเตอร์ฟู้ดส์(ไทยแลนด์) จำกัด โดยเติมโซเดียมแลคเตทร้อยละ 1 โดยหนักลงไป ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 3 นาที

2.2 บรรจุในไส้สังเคราะห์ ชนิดคอลลาเจน มัดเป็นท่อนให้มีความยาวประมาณ 7 นิ้ว จากนั้นแยกเป็น 2 ส่วน - ส่วนแรกให้ความร้อนประมาณ 2 ชั่วโมง
- ส่วนที่ 2 ให้ความร้อนประมาณ 2 ชั่วโมง และมีการรมควันร่วมด้วย

โดยควบคุมอุณหภูมิภายในบริเวณกลางของไส้กรอกให้เป็น 70 องศาเซลเซียส

2.3 นำไปทำเย็นอย่างรวดเร็ว เมื่อออกจากตู้อบ

สำหรับการใช้โซเดียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และ 3 เปอร์เซ็นต์ ทำตามลำดับข้างต้น



ภาพที่ 12 แผนผังการใช้โซเดียมแลคเตท

3. การใช้ไนซิน

3.1 เตรียมอิมัลชั่นของไส้กรอกซึ่งได้รับมาจากบริษัทซีพี อินเตอร์ฟู้ดส์ (ไทยแลนด์) จำกัด โดยเติมไนซินให้มีความเข้มข้น 20 ยูนิตโดยน้ำหนักลงไป ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 3 นาที

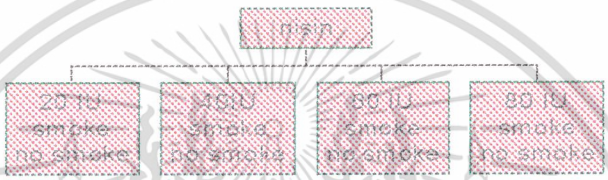
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 บรรจุในไส้สังเคราะห์ ชนิดคอลลาเจน มัดเป็นท่อนให้มีความยาวประมาณ 7 นิ้ว จากนั้นแยกเป็น 2 ส่วน
- ส่วนแรกให้ความร้อนประมาณ 2 ชั่วโมง
- ส่วนที่ 2 ให้ความร้อนเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง และมีการรมควันร่วมด้วย

โดยควบคุมอุณหภูมิภายในบริเวณกลางของไส้กรอกให้เป็น 70 องศาเซลเซียส

3.3 นำไปทำเย็นอย่างรวดเร็ว เมื่อออกจากตู้อบ

สำหรับการใช้ไนซินที่ระดับความเข้มข้น 40 , 60 , 80 ยูนิตโดยน้ำหนัก ทำตามลำดับข้างต้น



ภาพที่ 13 แผนผังการใช้ไนซิน

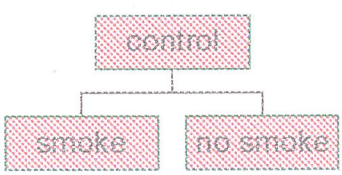
4. ชุดควบคุม (control)

4.1 เตรียมอิมัลชั่นของไส้กรอกซึ่งได้รับมาจากบริษัทซีพี อินเตอร์ฟู้ดส์ (ไทยแลนด์) จำกัด

4.2 บรรจุในไส้สังเคราะห์ ชนิดคอลลาเจน มัดเป็นท่อนให้มีความยาวประมาณ 7 นิ้ว จากนั้นแยกเป็น 2 ส่วน
- ส่วนแรกให้ความร้อนประมาณ 2 ชั่วโมง
- ส่วนที่ 2 ให้ความร้อนเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง และมีการรมควันร่วมด้วย

โดยควบคุมอุณหภูมิภายในบริเวณกลางของไส้กรอกให้เป็น 70 องศาเซลเซียส

4.3 นำไปทำเย็นอย่างรวดเร็ว เมื่อออกจากตู้อบ



ภาพที่ 14 แผนผังชุดควบคุม

5. การบรรจุสุญญากาศ

5.1 บรรจุไส้กรอกชนิดต่างๆ ในถุงสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 นำไปจัดวางในเครื่องบรรจุสุญญากาศ จากนั้นตั้งโปรแกรมให้เครื่องทำงานตามระยะเวลาและระดับการดูดอากาศออกตามที่กำหนดไว้ โดยการทำงานของเครื่อง 1 ครั้งสามารถบรรจุแบบสุญญากาศได้ 2 บรรจุภัณฑ์

6. การตรวจผลของการใช้เฮอร์เดิ้ลเทคโนโลยี

ศึกษาลักษณะปรากฏภายในถุงสุญญากาศ เป็นระยะเวลา 45 วัน ที่อุณหภูมิ 4 – 10 องศาเซลเซียส โดยสังเกตลักษณะดังนี้ -

6.1 ความปกติของสีผลิตภัณฑ์

6.2 ปริมาณน้ำและความขุ่นของน้ำในบรรจุภัณฑ์

6.3 ความโป่งของบรรจุภัณฑ์หรือลักษณะความไม่แนบกับถุงบรรจุภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

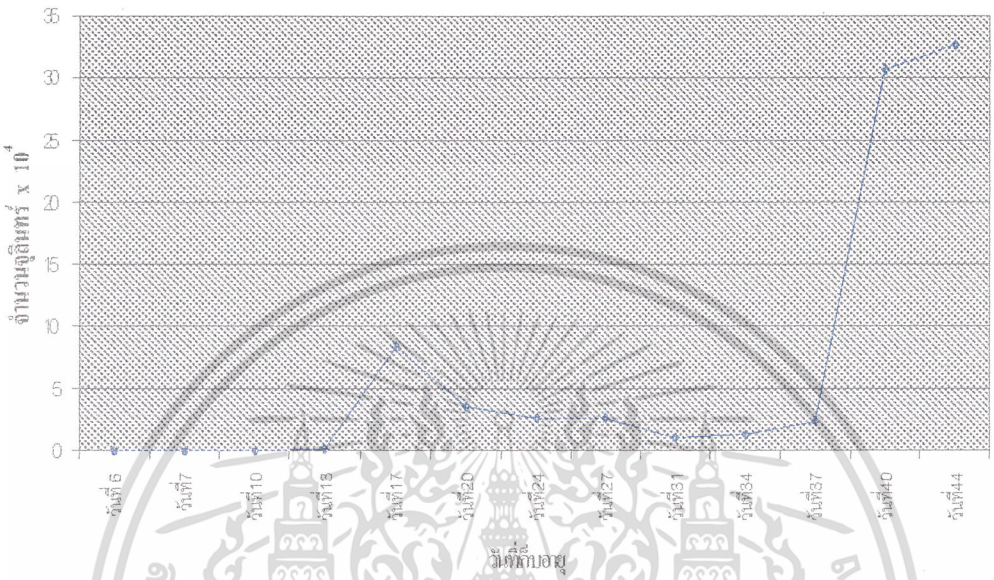
ผลของสมมติฐานที่ 1

1. จำนวนจุลินทรีย์ในไส้กรอกเก็บอายุ ประมาณทุกๆ 3 วัน เป็นเวลา 45 วัน

ตารางที่ 8 ปริมาณเชื้อทั้งหมดในไส้กรอกที่ทำการเก็บอายุเป็นเวลา 45 วัน

วันที่ทำการเก็บอายุ	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบ (CFU/g)
0	0
6	166.44
7	1419.0559
10	2383.0
13	6591.53
17	8.31×10^4
20	3.56×10^4
24	2.56×10^4
27	2.60×10^4
31	1.04×10^4
34	1.37×10^4
37	2.33×10^4
40	3.07×10^5
44	3.27×10^5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 15 กราฟจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในไส้กรอกเก็บอายุเป็นเวลา 45 วัน

2. จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียของไส้กรอก

จุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่ในไส้กรอกเก็บอายุเป็นเวลา 45 วัน และที่พบในไส้กรอกที่วางจำหน่ายตามซุปเปอร์มาร์เก็ตที่สังเกตเห็นลักษณะการเน่าเสีย ประมาณวันที่ 30 ของการผลิต จากการพิสูจน์เชื้อพบว่า เป็น แบคทีเรียในกลุ่มแลกติกหรือแบคทีเรียแลคติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ลักษณะทั่วไปของแบคทีเรียติก

ลักษณะ	A	B	C	D	E	F
Cell form	Rod	Rod	Cocci	Cocci	Cocci	Cocci
Gram reaction	G+	G+	G+	G+	G+	G+
NH_3 from arginine	+	+	Nd	-	Nd	+
CO_2 from glucose	+	-	-	+	-	-
Growth at 10 °C	+	+	+	+	+	-
Growth at 45 °C	+	+	+	-	-	-
Growth in 6.5% NaCl	-	-	+	-	-	-
Growth in 18% NaCl	-	+	+	-	-	-
Growth at pH 4.4	+	+	+	+	+	+
Growth at pH 9.6	+	+	+	-	+	-

+ = ให้ผลบวก

- = ให้ผลลบ

Nd = not determined

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิสูจน์ชนิดของแบคทีเรียนี้อ้างอิงตามหนังสือ LACTIC ACID BACTERIA สามารถแบ่งได้ 6 กลุ่มคือ A B C D E F

A ได้แก่ R1/4 , R1/10 , R2/2 , R2/10 , R3/16 , R3/18 , R4/4 , R4/5 , R4/12 , R4/16 , R5/2 , R5/6 เป็นเชื้อแบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็นแท่ง ติดสีแกรมบวก สามารถสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกลูโคส (Gibson's semisolid) ไม่สามารถเจริญที่ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ 18เปอร์เซ็นต์ สามารถสร้างก๊าซแอมโมเนียจากอาร์จินีน (ดังตารางที่ 9)

B ได้แก่ R2/12 , R3/19 เป็นเชื้อแบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็นแท่ง ติดสีแกรมบวก ไม่สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกลูโคส (Gibson's semisolid) ไม่สามารถเจริญที่ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ 18 เปอร์เซ็นต์ สามารถสร้างก๊าซแอมโมเนียจากอาร์จินีน (ดังตารางที่ 9)

C ได้แก่ C1/11 , C2/6 , C3/10 , C4/18 เป็นเชื้อที่มีรูปร่างกลม ติดสีแกรมบวก ไม่สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกลูโคส สามารถเจริญที่อุณหภูมิ 10 , 45 องศาเซลเซียส เจริญที่พีเอช 4.4 , 9.6 (ดังตารางที่ 9)

D ได้แก่ C2/12 , C3/19 , C5/4 18 เป็นเชื้อที่มีรูปร่างกลม ติดสีแกรมบวก สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกลูโคส เจริญที่ 10 องศาเซลเซียส แต่ไม่สามารถเจริญอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และไม่เจริญที่ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ 18 เปอร์เซ็นต์ ไม่เจริญที่พีเอช 9.6 ไม่สร้างก๊าซแอมโมเนียจากอาร์จีนีน

E ได้แก่ C3/2 , C3/5 , C3/7 , C3/17 , C4/10 , C4/13 , C4/22 , C5/3 18 เป็นเชื้อที่มีรูปร่างกลม ติดสีแกรมบวก ไม่สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกลูโคส เจริญที่ 10 องศาเซลเซียส แต่ไม่สามารถเจริญอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เจริญที่พีเอช 9.6

F ได้แก่ C3/13 , C4/2 , C4/3 18 เป็นเชื้อที่มีรูปร่างกลม ติดสีแกรมบวก ไม่สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกลูโคส และไม่เจริญที่ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ 18 เปอร์เซ็นต์ ไม่เจริญที่พีเอช 9.6 แต่เจริญที่พีเอช 4.4 สามารถสร้างก๊าซแอมโมเนียจากอาร์จีนีน

จากการสุ่มโคโลนีของเชื้อที่มีลักษณะแตกต่างกัน ที่อยู่ในจานเพาะเชื้อพบว่า จุลินทรีย์ที่พบมากได้แก่ แบคทีเรียแลคติก และเมื่อนำมาพิสูจน์เชื้อดังผลข้างต้นพบว่า พบปริมาณของเชื้อที่เทียบเคียงกับเชื้อ *Aerobacter* sp. ซึ่งได้แก่เชื้อในกลุ่ม E และ *Lactobacillus* sp. ซึ่งได้แก่เชื้อในกลุ่ม A และ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของลักษณะปรากฏของไส้กรอกที่เก็บอายุไว้ 45 วัน

ปริมาณน้ำในบรรจุภัณฑ์ให้ระดับเป็นเปอร์เซ็นต์ ที่ระดับมากที่สุด 10 เปอร์เซ็นต์
ความชุ่มของน้ำในบรรจุภัณฑ์ให้เป็นระดับคะแนนจากน้อยไปมาก ที่ระดับมากที่สุด 5
ความหลวมของบรรจุภัณฑ์ให้เป็นระดับคะแนนจากน้อยไปมาก ที่ระดับมากที่สุด 5

ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏของไส้กรอกระหว่างที่มีอายุการเก็บ 45 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

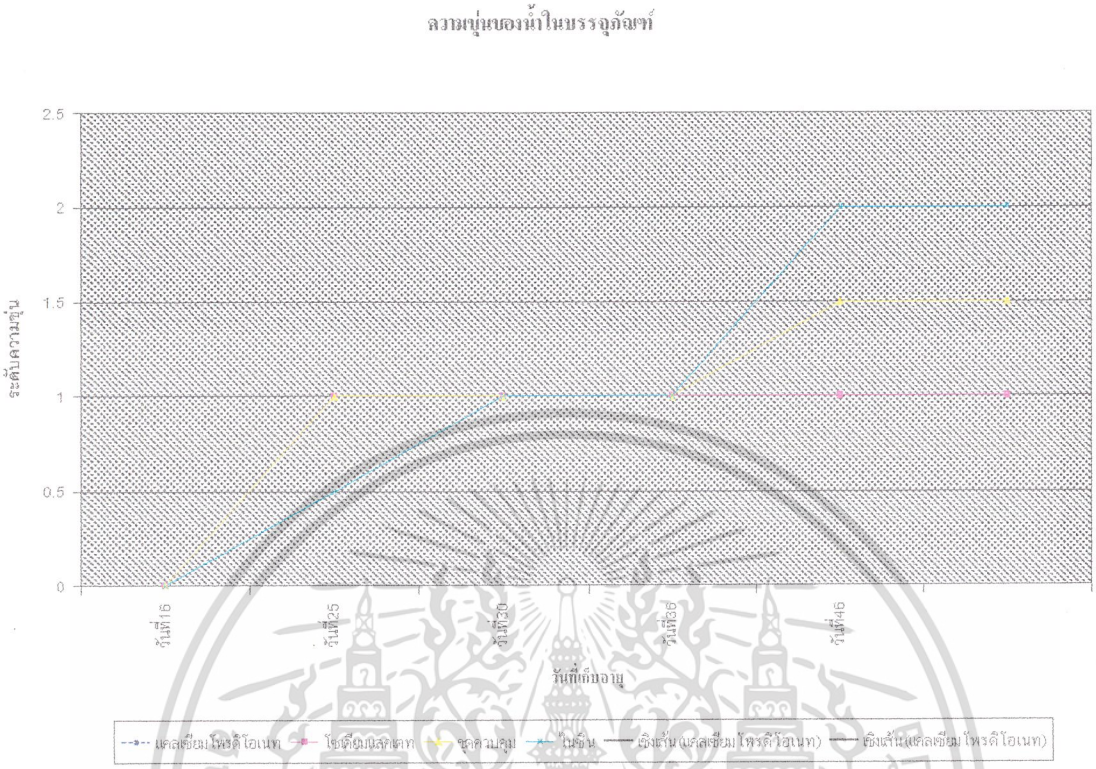
ผลของสมมติฐานที่ 2

เมื่อทำการผลิตไส้กรอกที่มีการใช้เฮอร์เดิ้ลเทคโนโลยี ซึ่งมีการใช้วัตถุกันเสียและการรมควันเข้าร่วม แล้วทำการสังเกตลักษณะปรากฏเป็นระยะเวลา 45 วัน พบว่า

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำให้เป็นเปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 17 กราฟการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในบรรจุภัณฑ์

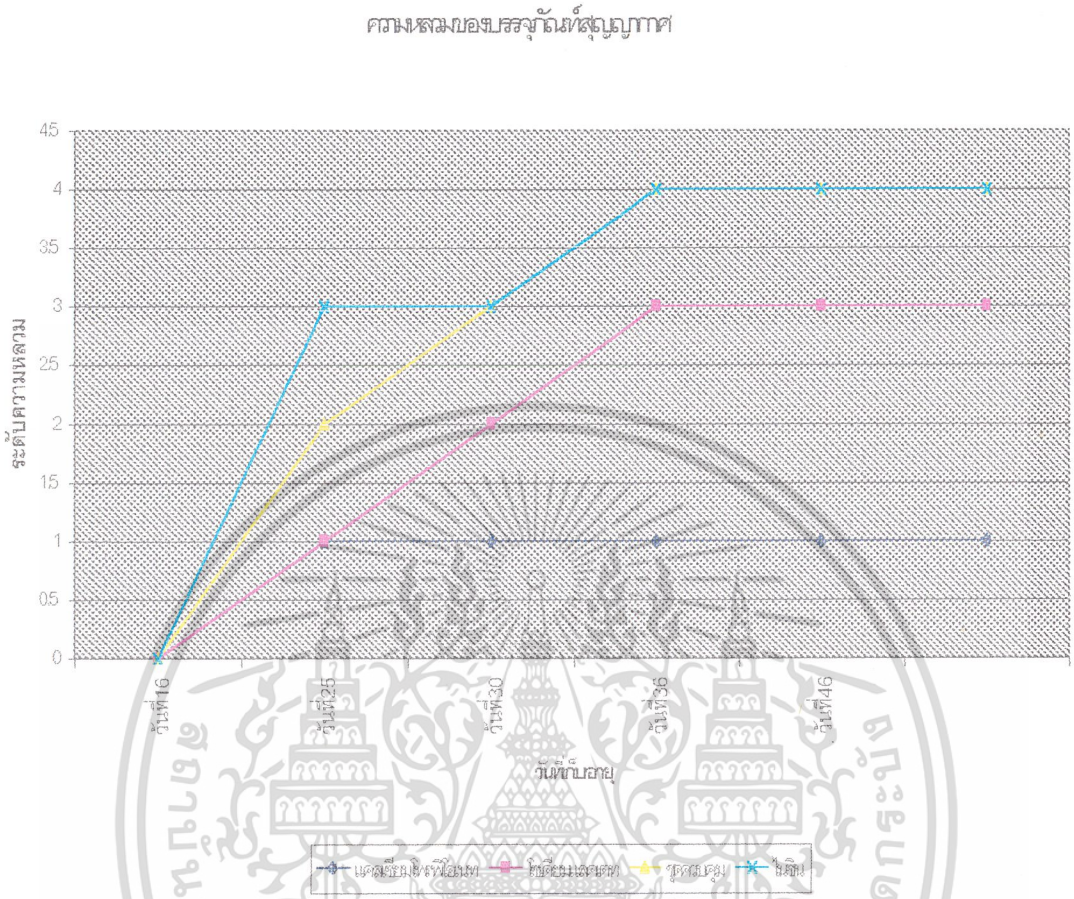
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การเปลี่ยนแปลงปริมาณความขุ่นให้เป็นระดับคะแนน ขุ่นมากระดับคะแนนมาก

ภาพที่ 18 กราฟการเปลี่ยนแปลงความขุ่นของน้ำในบรรจุภัณฑ์

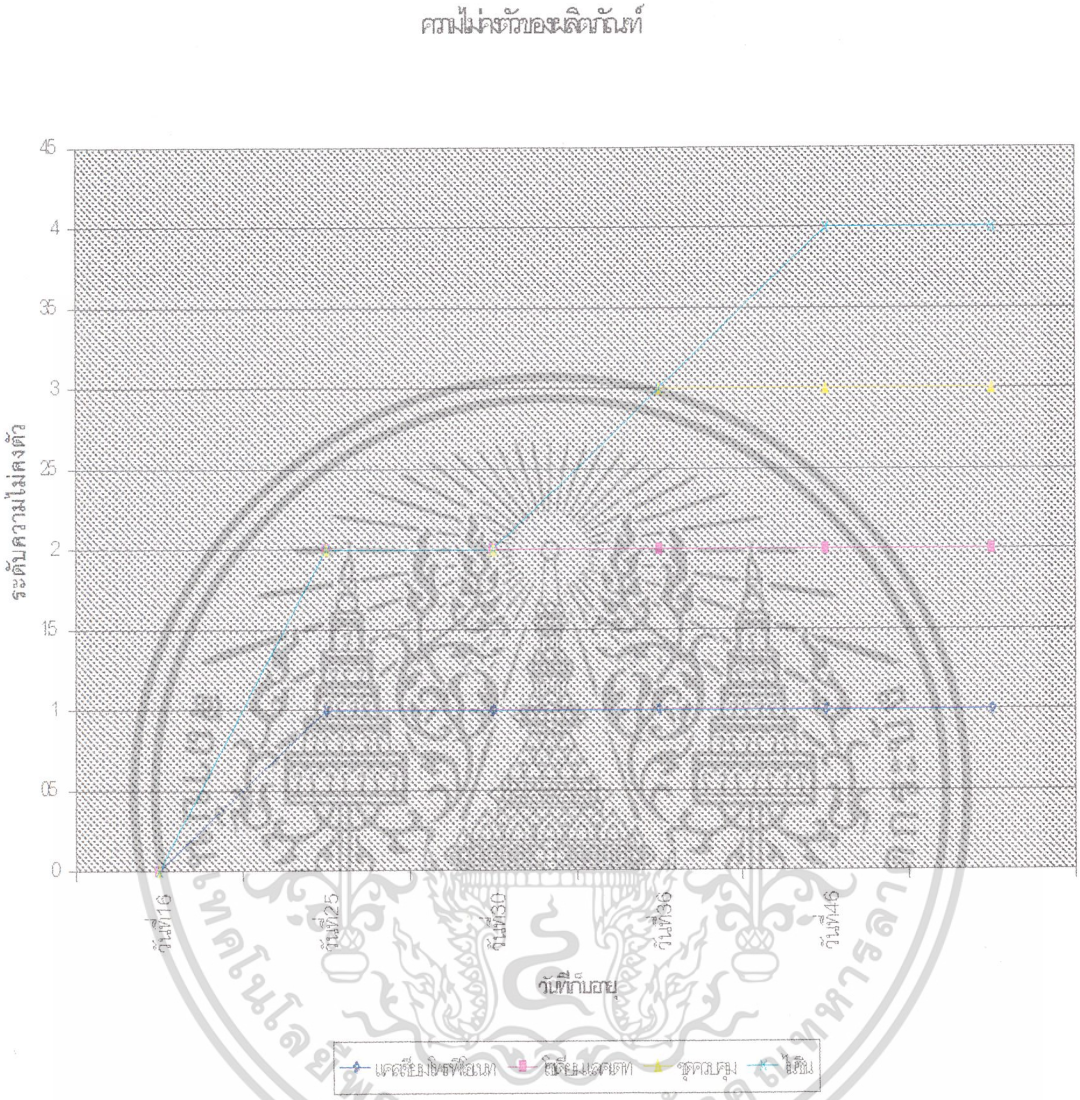
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การเปลี่ยนแปลงความหลวมของบรรจุภัณฑ์ให้เป็นระดับคะแนน

ภาพที่ 19 กราฟการเปลี่ยนแปลงความหลวมของบรรจุภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ความไม่คงตัวของผลิตภัณฑ์ให้เป็นระดับคะแนน

ภาพที่ 20 กราฟการเปลี่ยนแปลงความไม่คงตัวของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ในไส้กรอกที่มีการเก็บอายุเป็นเวลา 45 วัน พบว่า ปริมาณเชื้อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีความสัมพันธ์กัน จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม STSS ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์พบว่าการเพิ่มของจำนวนจุลินทรีย์ระหว่างทำการเก็บอายุไส้กรอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องมาจากในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศมิได้มีสภาพไม่มีอากาศเลย แต่ยังมีอากาศเหลืออยู่ในปริมาณที่น้อยมาก ดังนั้นจึงทำให้จุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศเจริญได้ดี มีผลให้ค่า redox potential ลดลง เหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศในปริมาณต่ำ (microaerophile) หรือ พวก facutative anaerobe ทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นเมื่อมีการตรวจจุลินทรีย์จึงพบพวกดังกล่าวมากขึ้น และพบว่าสาเหตุมาจากแบคทีเรียแลคติก ได้แก่ *Lactobacillus* sp. และ *Aerobacter* sp.

เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม STSS ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างได้ผลดังนี้

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์พบว่าการใช้การรมควันและไม่ใช้การรมควันไม่มีความแตกต่างอย่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากลักษณะของไส้ที่ใช้บรรจุไส้กรอกเป็นวัสดุสังเคราะห์ ทำให้ประสิทธิภาพของควันถนอมอาหารลง

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์พบว่าการใช้ความเข้มข้นต่างของแต่ละวัตถุกันเสียไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์พบว่าการใช้วัตถุกันเสียแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เพราะฉะนั้นเมื่อเราทำการเปรียบเทียบผลของการใช้วัตถุกันเสียพบว่า

การใช้แคลเซียมโพรพิโอเนตในการยืดอายุการเก็บไส้กรอก ทำให้ลักษณะปรากฏภายนอกดีที่สุดรองลงมาได้แก่ โซเดียมแลคเตทและไนซินตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรพิจารณาผลของวัตถุกันเสียที่เติมลงไปต่อปริมาณจุลินทรีย์ในบรรจุภัณฑ์ เพื่อประเมินหาประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพเหมาะสมในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมมากที่สุด
2. ปรับปรุงเทคนิคและปริมาณการใช้วัตถุกันเสียในไส้กรอกให้เหมาะสมและยังคงมีประสิทธิภาพในการถนอมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด
3. แม้ว่าการรมควันจะให้ผลทางด้านการสถิติไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่รมควัน แต่การรมควันมีผลต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในด้านประสาทสัมผัส แต่การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการผลิตไส้กรอก เนื่องจากการรมควันเป็นเกณฑ์ในการแบ่งชนิดของไส้กรอก
4. พิสูจน์แหล่งที่มาของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการปนเปื้อน เช่น สภาพแวดล้อมของโรงงาน , กระบวนการ handing , ส่วนผสมของเครื่องเทศ เครื่องปรุงซึ่งมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียพวก *Bacillus* sp. และ *Clostridium* sp. , และการปนเปื้อนข้ามของการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละสูตรนี้ต้องใช้น้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร และต้องฆ่าเชื้ออาหารที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

MRS agar

Proteosepeptone	10	กรัม
Beef extract	10	กรัม
Yeast extract	5	กรัม
Glucose	20	กรัม
Tween 80	1	กรัม
Dipotassium Hydrogen Phosphate	2	กรัม
Sodium Acetate	5	กรัม
Triammonium Citrate	2	กรัม
Magnesium Sulphate Hydrate	200	มิลลิกรัม
Manganese Sulphate Tetrahydrate	50	มิลลิกรัม
Calcium Carbonate	1	กรัม
Agar	15	กรัม
PH 6.2-6.6		

GYP agar

Glucose	10	กรัม
Yeast extract	10	กรัม
Peptone	10	กรัม
Agar	15	กรัม
$CaCO_3$	1	%
โซเดียมเอไซด์	0.02	%
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร
pH 6.8		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

YM agar

Yeast extract	3	กรัม
Malt extract	3	กรัม
Peptone	5	กรัม
Glucose	10	กรัม
Agar	30	กรัม

PH 4.5

OF Medium (Hugh and Leifson , 1953)

$NaCl_2$	5.00	กรัม
K_2HPO_4	0.30	กรัม
Bromthymol blue	0.30	กรัม
Peptone	2.00	กรัม
Dextrose	10.00	กรัม
ผงวุ้น	2.50	กรัม

pH 7.1

Gibson's Semi-solid Tomato Juice Medium

Nutrient agar	200	มิลลิกรัม
Yeast extract	2.50	กรัม
น้ำมะเขือเทศ	100	มิลลิลิตร
นมผงคืนรูป	800	มิลลิลิตร

pH 6.5

เติมน้ำจนครบ 1 ลิตร

ฆ่าเชื้อโดยต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส 30 นาที เป็นเวลา 3 วันติดต่อกัน

Arginine broth

Tryptone	5	กรัม
Yeast extract	2.5	กรัม
D-glucose	0.5	กรัม
Dipotassium hydrogen phosphate	2.0	กรัม
L-arginine monohydrochloride	3.0	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TSA agar

Mc conkey agar

Fermentable Carbohydrate broth

Carbohydrate	0.5	กรัม
Yeast extract	0.4	กรัม
Peptone	0.5	กรัม
Salt solution	0.5	กรัม

ปรับ pH ให้ได้ 6.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การเตรียมสารเคมีและน้ำยาย้อม

การเตรียมสารเคมี

สารละลายเกลือ 0.85 %

ชั่งสารโซเดียมคลอไรด์ 0.85 กรัม ลงในบีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร

เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

นำสารละลาย 0.85 % NaCl ไปทำการฆ่าเชื้อ

สารเคมีสำหรับปรับความเป็นกรด-ด่าง

โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 N

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม ใส่ลงใน Volumetric flask

ปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่น

ไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 N

นำสาระลายไฮโดรคลอริก 43.64 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Volumetric flask

ปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่น

การเตรียมน้ำยาย้อม

การย้อมสีแกรม (Hucker modification)

Crystal violet

เตรียมสารละลาย A	Crystal Violet	2.0	กรัม
	Ethanol 95%	20	กรัม
เตรียมสารละลาย B	Ammonium oxalate	0.8	กรัม
	น้ำกลั่น	80	กรัม

นำสารละลาย A ผสมกับสารละลาย B แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วกรองตะกอนออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Iodine

Iodine crystal	1.0	กรัม
KI	2.0	กรัม
น้ำกลั่น	300	มิลลิลิตร

Safanin

Safanin	0.25	กรัม
Ethanol 95%	10	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	90	มิลลิลิตร

Brom thymol blue

Dibromothymolsulphonphthalein	0.1	กรัม
NaOH 0.02 N	8	มิลลิกรัม

Lactophenol cotton blue

Lactic acid	20	กรัม
Phenol crystal	20	กรัม
Glycerol	40	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	20	มิลลิลิตร

วิธีการย้อมแกรม (Gram staining)

1. ทำการเกลี่ย (smear) เชื้อที่ต้องการย้อมบนสไลด์ที่ล้างสะอาดทิ้งไว้ให้แห้ง แล้ว heat fix โดยผ่านเปลวไฟ 2-3 ครั้ง การ fix เพื่อทำให้เซลล์แห้งยึดติดแน่นกับสไลด์
2. หยดสี crystal violet บนเชื้อที่เกลี่ยนาน 1-2 นาที แล้วเทสีทิ้ง
3. หยดสารละลายไอโอดีนบนเชื้อที่เกลี่ย นาน 2 นาที แล้วเททิ้ง
4. สารละลายไอโอดีนจะช่วยให้เซลล์ติดสีย้อมได้ดีขึ้น
5. นำแบกทีเรียมาล้างสี (decolorized) ด้วย Ethanol นาน 30 วินาที แล้วจึงล้างด้วยน้ำ
6. หยดสี safanin บนเชื้อที่เกลี่ยนาน 15-30 วินาที ล้างน้ำซับให้แห้งแล้วตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ไปรมา ยงมานิตชัย , ไนซิน – สารกันบูดธรรมชาติ , อาหาร ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม 2531 , สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. มูลนิธิอิลซี่ ประเทศไทย , "ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารและการควบคุม" สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 1998
3. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ , จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ในหนังสือเทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (2) หน้า 46 – 132 , เค.ยู เพลส , โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต , 2536
4. วรรณา ตั้งเจริญชัย , เทคโนโลยีของการผลิตควัน , ในหนังสือควันสำหรับอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2534.
5. อาภัสรา กอบกัยกิจ. "การแยกแลคติกแอซิดแบคทีเรียผลิตสารต่อต้านจุลชีพจากอาหารหมัก" , บัณฑิตวิทยาลัย ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2537.
6. Bacus,J.M. Meat and Poulty Microbiology. in Advance in Meat Research. , (2) , The AVI publishing company , INC.USA , 1986.
7. Beishir,L. Microbiology in Practice : A Self – Instructional Laboratory Course ; fifith Edition , pp. 509 . HarperCollins publishers Inc. , 1991.
8. Bgeruff,B.W. Nisin in dictionary of antibiotics and Related Substances , pp. 515 , Chapman and Hill Ltd. , New York , 1988.
9. Blickstad,E. and Molin. "The microbiology flora of smoked pork loin and frankfurter sausage Storage in different gas atmospheres at 4 °C " J. Applied Bacterial , 54 (1983) : 45 – 56.
10. Borch,E. , Nerbrink,E. and Svensson,P. "Identification of major contaminantion soueces during processing of emulsion sausage" Int.J. Food Microbiology , 7(1988) : 317 – 330.
11. Bradford,D.D. ,Huffman,D.L. , Egbert,W.R. and Jones,W.R. "Law fat Fresh Pork Sausage Patty Stability in Refrigerated Storage With Potassium Lactate" Journal of Food Science , 58(3) , 1993 : 488 – 491.
12. Branen.A.L. , Davidson,P.M. and Salminen,S. in Food Additive. , Marcal Dekker , inc , 1990.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Brewer,M.S. , Makeith,F. , Martin,S.E. , Dallmier,A.W. and Meyer,J. "Sodium Lactate Effect on Shelf – life , Sensory and Physical Characteristics of Fresh Pork Sausage" Journal of Food Science , 56(5) , 1991 : 1176 – 1178.

14. Brewer,M.S. , Mckeith,F. , Martin,S.E. , Dallmier,A.W. and Wu,S.Y. "Some effects of sodium sodium lactate on shelf – life , sensory and physical characteristics of vacuum – packed beef bologna" J. food Quality. , 15(1992) : 369 – 382.

15. Daeschel,M.A. Application and Interactions of Bacteriocins from Lactic Acid Bacteria in Foods and Beverages. in Bacteriocin of Lactic acid Bacteria , Academic press.INC , 1993.

16. Degnan,A.J. , Yousef,A.E. and Luchansky,J.B. "Use of *Pediococcus acidilactici* to control *Listeria monocytogenes* in temperature – abused vacuum – packed wienes" J. Food Protection , 55(1992) : 98 – 103.

17. Delves,B.J. "Nisin and its uses as preservative" Food Technology , 44(1990) : 100 – 117.

18. Doyle,M.P. , Beuchat,L.R. , Montville,T.J. in Food Microbiology Fundamental and Frontiers. ASM Press , Washington D.C. , 1997.

19. Frazier,W.C. , Wearhoff,D.C. in Food microbiology , McGraw – Hill , New York , 1988.

20. Harrigan,W.F. , McCance,M.E. Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology. , Academic Press Inc. , 1976.

21. Holly R.A. "Impact of slicina hygine upon shelf life and distribution of spoilage bacteria in vacuum packed cured meats" Food Microbiology , 14 (1997) : 201 – 211.

22. Huffman,D.L. , Bradford,D.D. , Egbert,W.R. , Mikel,W.B. and Jones,W.R. "Storage Stability of Vacuum Packaged Fruzen Pork Sausage Containing Soy Protein Concentrate , Carragenan ,or Antioxidants" Journal of Food Science , 60(2) , 1995 : 257 – 261.

23. Konemam,E.W. , Allen,S.D. , Janda,W.M. , Schreckenberger,P.C. , Winn,W.C. Introduction to Diagnostic Miceobiology. , J.B. Lippincott Company , 1994.

24. Korkeala,H. and Lindroth,S. "Differences in microbial growth in the surface layer and at the centre of vacuum – packed cooked ring sausage" Int.J.Food Microbiology ,4(1987) :105 – 110.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25. Korkeala,H. , Suortti,T. and Makela. "Ropy slime formation in vacuum – packed cooked meat product caused by homofermentative Lactobacillus and *Leuconostoc* species" , Int.J.Food Microbiology , 7(1988) : 339 – 347.

26. Korkeala,H.,T. Alanko , P. Makela and S. Lindroth. "Shelf – life of vacuum – packed cooked ring sausage to different chill temperature" Int.J.Food Microbiology. 9(1989) : 237 – 247.

27. Korkeala,H.,T. Alanko , P. Makela and S. Lindroth. "Lactic acid and pH as Quick indication of Spoilage in vacuum – packed cooked ring sausage" Int.J.Food Microbiology , 10 (1990) : 245 – 254.

28. Korkeala,J.H. and " Journal of Food Protection , 60(6) , (1997) :724 – 731.

29. Lamkey,J.W. , Leak,F.W. Bjorkroth,K.J. "Microbiological Spoilage and Contamination of Vacuum-Packaged Cooked Sausages, Tuley,W.B. , Johnson,D.D. and West,R.L. "Assessment of Sodium Lactate Addition to Fresh Pork Sausage" Journal of Food Science , 56(1) , 1991 : 220 – 223.

30. Leistner,L. Shelf Stable Products and ntermediate Moisture Foods Based on Meat. In Federal Centre for Meat Research , Kulmbach , Federal Republic of Germany , 1986.

31. Leistner,L. Food Design by hurdle technology and HACCP. Adalbert raps foundation , 1994.

32. Leistner,L. and Goris,L.G.M. "food preservative by hurdle technology" Trend in Food Science & Technology , 6(1995) : 41 – 45.

33. Luchansky,J.B. , Glass,K.A. , Harsono,K.D. , Degnan,A.J. , Faith,N.G. , Cauving,B , Taylor,G.B. , Arihara,K. , Bater,B. , MauA.J. and Cassens,R.G. "Genomic analysis of *Pediococcus* starter culture used to control *Listeria monocytogenes* in turkey summer sausage" Applied Environmental Microbiology , 58(1992) : 3053 – 3059.

34. Monroe, J. Spoilage of Fresh and Processed Meats , Poultry and Seafood. in Modern food microbiology , pp. 261 – 673 ,Van Nostrand Reinhold , 1992.

35. Nerbrink,E. and Borch,E. "Evaluation of bacterial contamination at separate processing stages in emulsion sausage production" Int.J.Food Microbial , 20 (1993) : 37 – 44.

36. Nielsen,J.W. , Dickson,J.S. and Crouse,J.D. "Use of a bactericin product by *Pediococcus acidilactici* to inhibit *Listeria monocytogenes* associate with fresh meat" Applied Environment Microbiology , 56(1990) : 2142 – 2145.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37. Ogden,S.K. , Toylor,A.J. , Dodd,C.E.R. , Guerrero,I. , Buemdia,H. and Gallarde,F. "Preservative Effect of conbined Propionic and Ascorbic Acids on Pork Meat Storage at 25 °C" Journal of Food Protection. , 60(8) , 1997 : 935 – 942.

38. Reuter,G. "Psychrotrophic lactobacilli in meat products" in Psychrotrophic microorganism in spoilage and phathogenicity , pp. 253 – 258 , Academic Press , London ,1981.

39. Varnan,A.H. and Sutherland,J.P. in Meat and Meat Product Technology , Chemistry and Microbiology. (3) , Chapmam & Hall , 1995.

40. Wistreich,G.A. Microbiology Laboratory Fundamentals and Applications. Pp. 676 , Prentice – Hall , Inc , 1997.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้