สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การผลิตและพัฒนาข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง

MIXTURE OF JASMINE RICE AND SESAME CANNING PRODUCTION AND DEVELOPMENT

โดย

นายบดินทร์ รินปัน

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ปีการศึกษา 2546

ศส.
ว/1167
2546
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 51238
วัน,เดือน,ปี 7 ก.ค. 2547
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2546

ชื่อเรื่อง การผลิตและพัฒนาข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง

Mixture of Jasmine Rice and Sesame Canning Production and Development

ชื่อ – สกุล นายบดินทร์ รินปัน

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตนา บุนนาค

บทคัดย่อ

ได้ทำการผลิตและพัฒนาข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง โดยใช้วิธีการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง 2 วิธีการผลิตคือ วิธีการผลิตที่ 1 นำข้าวหอมมะลิดิบ 50 กรัม ผสมงาขาว 5 กรัม เติมน้ำสะอาด 80 มิลลิลิตรและวิธีการที่ 2 คือ นำข้าวหอมมะลิดิบ 50 กรัมผสมงาขาว 5 กรัม เติมน้ำสะอาด 90 มิลลิลิตร และได้ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง รวมถึงการประเมินต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์ในการลงทุน

กระบวนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องดังกล่าว ในกระบวนการผลิตได้ผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยผ่านเข้ารางไล่อากาศที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 16 นาที แล้วฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ความดัน 15 ปอนด์ / ตารางนิ้ว ทำให้เย็นทันที แล้วเป่าลมเย็น จากนั้นนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลา 14 วันและวางไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 32 องศาเซลเซียส ไม่ให้ถูกแสงแดด นำมาตรวจสอบคุณภาพของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ดังนี้

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ปรากฏว่า ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง กระป๋องมีคุณภาพดี ไม่มีลักษณะบวมเกิดขึ้น ไม่มีสนิมไม่พบรอยขีดข่วนหรือรอยถลอกของแลค-เกอร์ของกระป๋อง มีค่าสุญญากาศมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 11 - 12 นิ้วปรอท และช่องว่างเหนืออาหาร อยู่ระหว่าง 1/32-2/32 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี ผลปรากฏว่า ความเป็นกรด- ด่าง (pH) อยู่ประมาณ 6.37 – 6.42 และค่าความเป็นกรดเมื่อเทียบกับกรดแลคติก (percent lactic acid) อยู่ประมาณ 0.0025 – 0.0028

การตรวจสอบทางประสาทสัมผัสโดย 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน ทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวมทุกคุณลักษณะของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance : ANOVA) ผลปรากฏว่า คุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและความชอบรวมของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องและข้าวหอมมะลิที่หุงสุกใหม่ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)แต่ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องวิธีการผลิตวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$) มีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมได้คะแนนมากกว่า 6.0 ซึ่งเป็นระดับคะแนนชอบมากกว่าเล็กน้อย

การประเมินต้นทุนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องต่อหน่วย(บาท/กระป๋อง) ของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ทั้งนี้ไม่รวมค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนคงที่ พบว่า ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย คือ 5.97 บาท

จากการศึกษาปัญหาพิเศษนี้ พบว่า การที่จะนำข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องเพื่อการผลิตในระดับอุตสาหกรรม เป็นการผลิตจากกระบวนการผลิตที่ 1 คือ การนำข้าวหอมมะลิดิบ 50 กรัมผสมงาขาว 5 กรัม เติมน้ำสะอาด 80 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงลงไปด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตนา บุนนาค ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ผู้ให้คำปรึกษาต่าง ๆ ข้อแนะนำเป็นอย่างดี ขอขอบคุณ คุณวุฒินันท์ ฟักสุวรรณ ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ควบคุมดูแลเครื่องมืออุปกรณ์การผลิตอาหารกระป๋อง ของสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร และผู้ทดสอบชิมทุกๆท่าน

ปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นงานที่เกิดขึ้นจากความรู้ ความตั้งใจของผู้จัดทำ ดังนั้น ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปัญหาพิเศษฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่นักศึกษา หรือผู้สนใจด้านการผลิตอาหารกระป๋องของสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บดินทร์ รินปัน

มีนาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ ..... ก
กิตติกรรมประกาศ ..... ข
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตของปัญหา 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ข้าวหอมมะลิ 3
2.2 เมล็ดงา 5
2.3 กระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง 6
2.4 การตรวจสอบอาหารกระป๋อง 31
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 33
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 33
3.2 วิธีการ 34
3.3 สถานที่ทำการวิจัย 39
3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย 39
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล 40
4.1 ศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาว บรรจุกระป๋อง 40
4.2 การตรวจสอบคุณภาพของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 การประเมินต้นทุนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง.....45
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....47
5.1 สรุปผลการทดลอง.....47
5.2 ข้อเสนอแนะ.....49
บรรณานุกรม..... 50
ภาคผนวก.....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณของสารอาหารของข้าวในส่วนที่กินได้ต่อน้ำหนัก 100 กรัม	4
2	ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดและกากงาโดยเฉลี่ย	5
3	ค่าความเป็นกรด-เบสของสารอาหารบางชนิด	15
4	ค่า F_0 ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด	18
5	ผลการตรวจสอบคุณภาพข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องทางกายภาพ	41
6	ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง	42
7	คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องและข้าวหอมมะลิที่หุงสุกใหม่	44
8	ต้นทุนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะการนำและพาความร้อนในอาหารกระป๋อง	16
2	การถ่ายเทความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ	17
3	การวัดจุดที่เย็นที่สุดในอาหารกระป๋องที่บรรจุอาหารแข็งและอาหารเหลว	18
4	แผนภูมิแสดงลักษณะการเสียของอาหารกระป๋อง	24
5	วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง	36
6	ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบในการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง	36
7	ขั้นตอนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง	38
8	ข้าวหอมมะลิหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อน	43
9	การเตรียมตัวอย่างข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องเพื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ข้าวขาวดอกมะลิหรือข้าวหอมมะลิ เป็นข้าวพันธ์พื้นเมืองของไทยที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นข้าวคุณภาพสูง เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากมีความนุ่ม ขาวเหมือนดอกมะลิ และมีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย สารที่ทำให้เกิดกลิ่นหอม ที่อยู่ในต้นข้าวในเมล็ดข้าวเป็นสารที่อยู่ในรูปน้ำมันที่ระเหยได้ซึ่งตรงกับคำภาษาอังกฤษว่าเอสเซ็นเชี่ยนออยล์ (essential oil) ความหอมของเมล็ดข้าวเนื่องจากสารที่ทำให้เกิดกลิ่นหอมเป็นสารที่อยู่ในรูปน้ำมันที่ ระเหยได้ดังนั้นข้าวหอมที่เก็บเกี่ยวใหม่ ถ้านำไปสีข้าวสารแล้วนำมานึ่งรับประทานจะได้ข้าวสุกที่มีกลิ่นหอมมาก (หยาดฝน ธัญโชติกานต์, 2546:10)

งา เป็นพืชไร่ล้มลุกที่มีเมล็ดขนาดเล็กสีดำหรือสีขาว ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เมล็ดงาจัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าน่าสนใจชนิดหนึ่ง เพราะในแต่ละเมล็ดเล็กๆจะมีสารอาหารสำคัญๆ ไม่ว่าจะเป็นโปรตีน ไขมัน วิตามินและเกลือแร่ต่างๆ ไขมันในงาจะมีอยู่มากประมาณ 45 –57 % จัดเป็นไขมันที่มีคุณภาพดีเพราะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงและไม่เกิดการเหม็นหืนง่าย ส่วนโปรตีนก็มีอยู่ไม่น้อยกว่า 20 % เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูงเพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นอยู่ครบทุกชนิด โดยเฉพาะ เมไธโอนิน (http://www.school.net.th/library/snet4/june22/sesame.htm)

จากการที่ข้าวหอมมะลิเป็นที่นิยมรับประทานกันโดยทั่วไปของประชาชนในทุกๆ ภาคของประเทศและทั่วโลก อีกทั้งข้าวหอมมะลิยังขาดสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายบางชนิด เช่น วิตามิน ไนอะซิน เพื่อให้ได้ข้าวหอมมะลิที่มีสารอาหารและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วนและเพื่อความสะดวกต่อการบริโภค ประหยัดเวลาในการหุงต้ม นอกจากนั้นยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิเพื่อเพิ่มมูลค่ามากขึ้น ปัญหาพิเศษเรื่องนี้จึงได้ทำการทดลองศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการพัฒนาข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง และการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง
2. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง
3. เพื่อศึกษาและตรวจสอบคุณภาพของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ภายหลังจากที่ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

1.3 ขอบเขตของปัญหา

ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องทางด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ด้วยวิธี hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน และตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องหลังจากการผลิต สถานที่ที่ใช้ในการทดลอง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่เพิ่มขึ้นในอุตสาหกรรมอาหาร
2. เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์
3. ได้ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ซึ่งง่ายและสะดวกในการบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวหอมมะลิ

ข้าวขาวดอกมะลิหรือข้าวหอมมะลิ เป็นข้าวพันธ์พื้นเมืองของไทยที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นข้าวคุณภาพสูง เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากมีความนุ่ม ขาวเหมือนดอกมะลิ และมีกลิ่นหอมคล้ายใบเตย (หยาดฝน ธัญโชติกานต์, 2546:10) สารที่ทำให้เกิดกลิ่นหอม ที่อยู่ในต้นข้าวในเมล็ดข้าวเป็นสารที่อยู่ในรูปน้ำมันที่ระเหยได้ซึ่งตรงกับคำภาษาอังกฤษว่าเอสเซ็นเชี่ยนออยล์ (essential oil) ความหอมของเมล็ดข้าวเนื่องจากสารที่ทำให้เกิดกลิ่นหอมเป็นสารที่อยู่ในรูปน้ำมันที่ ระเหยได้ดังนั้นข้าวหอมที่เก็บเกี่ยวใหม่ ถ้านำไปสีข้าวสารแล้วนำมานึ่งรับประทานจะได้ข้าวสุกที่มีกลิ่นหอมมาก แต่ประชาชนกลับไม่นิยมบริโภคข้าวหอมที่เก็บเกี่ยวใหม่ ถึงจะมีกลิ่นหอมมากก็จริงเพราะข้าวหอมใหม่เมื่อหุงหรือนึ่งจะเปียกแฉะเมล็ดจะติดกันเวลากินจะรู้สึกนิ่มเละ ดังนั้นประชาชนจึงนิยมนิยมบริโภคข้าวหอมที่เก็บเกี่ยวแล้วนำเมล็ดข้าวเปลือกมาเก็บไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 5 – 6 เดือนแล้วจึงนำไปสี ข้าวสารพวกนี้จะมีกลิ่นหอมสู้เมล็ดข้าวใหม่ไม่ได้ แต่ข้าวพวกนี้เวลาหุงหรือนึ่งจะได้ข้าวที่เป็นตัวนุ่มน่ารับประทาน โดยเฉพาะคนมีอายุจะชอบมาก แต่มีข้าวหอมบางพันธุ์ถึงแม้จะเป็นข้าวใหม่เมื่อหุงก็จะเปียกแฉะ เช่น ลูกผสมระหว่างไออาร์ 661 กับข้าวขาวดอกมะลิ 105 สายพันธุ์ที่ 147 (เบอร์ 147) ซึ่งมีอไมโลสคอนเทนท์ 24 % ขึ้นไป เมื่อหุงหรือนึ่งจะได้ข้าวหอมที่เป็นตัวกำลังกินถึงแม้จะเป็นข้าวใหม่ นอกจากนี้ก็มีข้าวหอมบางพันธุ์ที่เป็นข้าวใหม่เมื่อหุงหรือนึ่งก็ไม่เปียกแฉะ พันธุ์ข้าวพวกนี้จะมีอไมโลสตั้งแต่ 24 % ขึ้นไปส่วนพันธุ์ข้าวหอมใหม่ที่หุงหรือนึ่งที่เปียกแฉะพันธุ์ข้าวนี้จะมีอไมโลสต่ำกว่า 16 –17 % ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้าวเก่าที่มีกลิ่นหอมรุนแรงการเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้เพื่อให้เป็นข้าวเก่าจึงควรเก็บไว้ในที่แห้งเย็น สภาพอากาศที่แห้งเย็นจะทำให้น้ำมันหอมในเมล็ดไม่ระเหยออกไป (วรวิทย์ พานิชพัฒน์,2530:4 – 5)

การเก็บรักษาความหอมของเมล็ดข้าวเปลือกให้คงทน จะเก็บรักษาไว้โดย เก็บรักษาเมล็ดข้าวเปลือกไว้ในกระสอบซึ่งมีวิธีเก็บรักษาคล้ายกับการเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวของทางราชการ คือเก็บไว้ในโรงเรือนที่โปร่ง วางกระสอบข้าวไว้บนไม้รองกระสอบข้าว การเก็บข้าววิธีนี้จะสามารถเก็บรักษาคุณภาพของเมล็ดและความหอมไว้ได้นาน 1 – 2 ปี โดยความหอมของเมล็ดและคุณภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดไม่เสื่อมเมล็ดข้าวจะไม่เหลือง ข้าวที่เก็บไว้ในกระสอบนี้เมื่อนำไปสีจะได้ข้าวสารที่มีเมล็ดขาวใสเหมือนข้าวใหม่ ไม่ควรเก็บข้าวหอมไว้ในรูปข้าวสารเพราะกลิ่นหอมจะสูญหายไปเร็ว ปริมาณสารอาหารของข้าวสารชนิดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1(วรวิทย์ พานิชพัฒน์,2530:32)

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารของข้าวในส่วนที่กินได้ต่อน้ำหนัก 100 กรัม

	ข้าวขาวหอมมะลิ	ข้าวกล้องหอมมะลิ	คุณประโยชน์
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	354.00	358.00	
โปรตีน(กรัม)	6.20	6.98	เสริมสร้างซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ
ไขมัน(กรัม)	1.10	2.41	ให้พลังงานแก่ร่างกาย
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	79.80	77.00	ให้พลังงานแก่ร่างกาย
เส้นใย(กรัม)	0.60	2.40	ช่วยการขับถ่าย ดูดซับไขมันและน้ำตาลป้องกันการสะสมของไขมันในหลอดเลือด
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	3.00	27.00	เสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	66.00	255.00	เสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรง
วิตามินบี 1(มิลลิกรัม)	0.11	0.55	ป้องกันโรคเหน็บชา ช่วยการทำงานของระบบประสาทในการบังคับกล้ามเนื้อ
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.40	0.06	ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอกและเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงาน
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	-	2.76	ช่วยการทำงานของระบบผิวหนังและระบบประสาท

ที่มา : กรมอนามัย กองโภชนาการ การศึกษาวิจัยเรื่องอาหารชีวจิต, 2542 : 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เมล็ดงา

งา เป็นพืชอาหารปลูกกันมาแต่โบราณ ปลูกกันทั่วไปในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง และมีตลาดแน่นอนทั้งภายในและภายนอกแหล่งปลูกประเทศที่ผลิตมากในเอเชียเช่น จีน อินเดีย พม่า ปากีสถาน เตอร์กี ไทย เมล็ดงาเป็นสินค้าที่มีความต้องการทั่วโลก และมีการสั่งไปใช้จำนวนมากในประเทศยุโรปต่าง ๆ ในเอเชียประเทศที่สั่งเป็นสินค้าเข้ามากได้แก่ จีน ญี่ปุ่น ฮ่องกง อิสราเอล มาเลเซีย ซาอุดิอารเบีย และไต้หวัน ในอาฟริกาก็มีอียิป งาเป็นพืชที่แตกต่างจากพืชน้ำมันอื่น ๆ ตรงที่ว่า สินค้าส่วนใหญ่จะขายกันในรูปของเมล็ด และไม่มีสถิติเกี่ยวกับน้ำมันงาหรือกากงาในตลาดต่างประเทศ เมล็ดงาใช้เป็นอาหารโดยตรงหลังจากขัดเอาเปลือกออกแล้ว และกากงาหลังจากสกัดเอาน้ำมันออกแล้วจะมีโปรตีนสูง ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดและกากงา ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดและกากงาโดยเฉลี่ย

	โปรตีน %	น้ำมัน %	คาร์โบไฮเดรต %	แร่ธาตุ %
เมล็ดงา (whole seed)	22	43	11	3
กากงา (meal)	43	9	23	4

โปรตีนจากงาแตกต่างจากพืชอาหารถั่วและพืชน้ำมันอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะมีอะมิโนแอสิดที่จำเป็น ซึ่งพืชดังกล่าวขาดแคลนเช่น เมทไธโอนินและซิสทีน แต่งาจะมีไลซีนต่ำ ดังนั้นอาจใช้งาเป็นอาหารเสริมอาหารถั่วต่าง ๆ เมื่อใช้เป็นอาหารหรือใช้เสริมอาหารโปรตีนจากเนื้อสัตว์ซึ่งมีราคาแพง นอกจากนี้ยังใช้เสริมอาหารพวกธัญพืช กล้วยและอาหารแป้งอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี งานับว่าเป็นพืชให้น้ำมันที่สำคัญของเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน น้ำมันงาใช้สำหรับปรุงอาหาร ใช้เป็นอาหารเสริมปรุงรสต่าง ๆ หรือใช้จุดไฟให้แสงสว่างหรืออาจใช้ทำเนยเทียม

กากงาจัดเป็นอาหารที่ให้โปรตีนสูง มีแร่ธาตุพวกแคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็กอยู่สูง และยังมีวิตามินต่าง ๆ อยู่สูง เช่น ไธอะมิน ไรโบฟราวิน และไนอะซิน กากงาที่ยังไม่ได้แยกเอาเปลือกเมล็ดออก (cake) จัดเป็นอาหารสัตว์ที่ให้โปรตีนสูงใช้เลี้ยงไก่ หมู และวัวควายได้อย่างดี เมล็ดพันธุ์ต่างๆ อาจมีสีขาเหลือง แดงเข้ม น้ำตาลหรือเกือบดำ พวกมีเมล็ดสีขาวได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในตลาดโลก เปลือกเมล็ดค่อนข้างบาง และสามารถขัดออกได้โดยง่าย เพื่อใช้เมล็ดเป็นอาหารโดยตรงและเพื่อสกัดน้ำมันหรือให้ได้กากที่มีโปรตีนสูงใช้เป็นอาหารเสริม (กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2528:149-151)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง

การผลิตอาหารกระป๋อง หมายถึง การถนอมอาหารในภาชนะปิดสนิท โดยการใช้ความร้อนแบบสเตอริไลซ์ ภาชนะบรรจุมักเป็นแก้ว กระป๋องดีบุก ซึ่งทำจากเหล็กเคลือบดีบุกแต่ที่นิยมใช้กันมากขึ้น คือ กระป๋องอลูมิเนียม และพลาสติก (สุมาลี เหลืองสกุล, 2535 : 117)

2.3.1 ประวัติของอาหารกระป๋อง

การทำอาหารกระป๋อง (canning) เป็นวิธีการถนอมอาหารแบบสเตอริไลซ์วิธีหนึ่ง ซึ่งค้นพบโดย นิโคลัส แอพเพิร์ต (Nicholus Appert) ชาวฝรั่งเศส ในปี พ.ศ.2338 โดยเขาได้บรรจุอาหารลงในขวดแก้วปากกว้างปิดฝาด้วยจุกไม้ก๊อกให้แน่น แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด แล้วทำให้เย็นลงทันทีหลายครั้งสลับกัน พบว่าสามารถเก็บรักษาอาหารได้เป็นเวลานานโดยไม่เสีย ต่อมาในปี พ.ศ.2353 ปีเตอร์ ดูแรนด์ (Peter Durand) ชาวอังกฤษ ได้ริเริ่มการใช้กระป๋องเหล็กฉาบดีบุกขึ้นเป็นครั้งแรก ทำให้มีการใช้กระป๋องโลหะนี้แทนขวดแก้วมากขึ้น เนื่องจากกระป๋องโลหะมีราคาถูกกว่าและไม่แตกง่ายเหมือนขวดแก้ว ปัจจุบันกระป๋องโลหะนี้ก็ยังเป็นที่นิยมใช้กันมาก โดยมีขนาดและรูปร่างต่างๆกัน ซึ่งใช้สัญลักษณ์ตัวเลข 3 หลัก ระบุขนาดกระป๋อง คือ เส้นผ่าศูนย์กลางและความสูง เช่น กระป๋องขนาด 307 X 409 จะหมายถึง กระป๋องที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 $^{7}/_{16}$นิ้ว และ สูง 4 $^{9}/_{16}$นิ้ว

2.3.2 กรรมวิธีในการผลิตอาหารกระป๋อง

กรรมวิธีการผลิตอาหารกระป๋อง ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ คือ

1. การเตรียมวัตถุดิบ (preparation)

คุณภาพของวัตถุดิบมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยตรง วัตถุดิบจะต้องผ่านการทำความสะอาด มีการคัดขนาดและความแก่อ่อน เพื่อความสม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์และอยู่ในสภาพสด จากนั้นจึงทำการตัดแต่งแยกส่วนที่ไม่ต้องการออกไป การเตรียมวัตถุดิบมีขั้นตอนที่แตกต่างกันออกไปตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ จะประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

1.1 การทำความสะอาด มีวิธีการแตกต่างกันไปตามลักษณะของวัตถุดิบ มีการแยกสิ่งแปลกปลอมที่ติดมา เช่น เศษดิน หิน หญ้า โดยใช้วัตถุดิบเคลื่อนไปบนสายพานหรือตะแกรงหมุน

1.2 การคัดขนาดและความแก่อ่อน เพื่อสะดวกในการบรรจุ และได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สม่ำเสมอ อาจใช้คนงานที่มีความชำนาญในการคัดเลือกหรือใช้เครื่องมือช่วย เช่น การคัดขนาดผลไม้นิยมปล่อยให้วัตถุดิบผ่านตะแกรงที่มีรูขนาดต่างกัน ส่วนการวัดความแก่อ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของถั่วอาจแยกได้โดย ใช้น้ำเกลือที่มีความเข้มข้นต่างกันหรือใช้การวัดความถ่วงจำเพาะในการคัดหัวมัน

1.3 การตกแต่ง วัตถุดิบบางชนิดอาจต้องมีการเด็ดก้าน ตัดขั้ว ปอกเปลือก เจาะไส้ และแกะเมล็ดออก รวมทั้งการผ่าซีก ตัดให้ได้รูปร่าง และ ขนาดตามที่ต้องการ หากพบตำหนิรอยช้ำ หรือแตกหักก็ต้องตัดแต่งเอาส่วนไม่ดีออก

2. การลวกด้วยน้ำร้อน (blanching)

สามารถทำได้หลายวิธีแต่ง่ายที่สุด คือ การจุ่มวัตถุดิบลงในน้ำเดือด ตามระยะเวลาที่เหมาะสมแล้วยกขึ้น ทำให้เย็นเหมือนการลวกผักในครัวเรือนหรือการนึ่งด้วยไอน้ำ ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารจะมีเครื่องสำหรับลวกวัตถุดิบแต่ละชนิด เรียกว่า แบลนเชอร์ (blancher) โดยทั่วไปมักเป็นแบบที่ปล่อยวัตถุดิบเคลื่อนผ่านถังน้ำหรืออุโมงค์ไอน้ำที่สามารถควบคุมทั้งอุณหภูมิและเวลาได้อย่างเหมาะสม (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2543 : 116 – 129)

สุมาลี เหลืองสกุล (2535 : 122 – 123) กล่าวว่า การลวกด้วยน้ำร้อนมีจุดประสงค์ ดังนี้

- ช่วยทำลายเอนไซม์ในวัตถุดิบ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่น
- ช่วยกำจัดอากาศออกจากผิวหน้าของวัตถุดิบ
- ช่วยให้วัตถุดิบหดตัวและนิ่ม สะดวกในการบรรจุ
- ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์

3. การบรรจุ (filling)

เมื่อวัตถุดิบผ่านขั้นตอนการเตรียมแล้ว จะถูกส่งมาตามสายพานเข้าสู่แผนกบรรจุเป็นขั้นตอนการนำวัตถุดิบบรรจุลงในภาชนะบรรจุ ซึ่งอาจทำจากขวดแก้ว หรือกระป๋องโลหะก็จะถูกส่งมา ซึ่งส่วนมากจะมีเครื่องบังคับให้เคลื่อนที่มาตามรางอัตโนมัติ ผ่านการทำความสะอาดเข้าสู่แผนกบรรจุ การบรรจุอาจใช้แรงงานคนหรือเครื่องจักรก็ได้ โดยจะบรรจุส่วนที่เป็นของแข็งลงไปก่อน แล้วจึงบรรจุส่วนที่เป็นของเหลว เช่น น้ำเกลือ น้ำเชื่อมลงไป ปัจจุบันนี้ภาชนะบรรจุอาจเป็นถุง หรือกล่องพลาสติกก็ได้

4. การไล่อากาศ (exhausting)

การไล่อากาศ คือ การไล่อากาศภายในภาชนะออกมาให้มากที่สุด สุญญากาศภายในภาชนะบรรจุ เกิด จากการไล่อากาศบริเวณช่องว่างเหนืออาหารก่อนทำการปิดผนึกภาชนะบรรจุ การไล่อากาศโดยทั่วไปมี 4 วิธี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การบรรจุอาหารขณะร้อน (hot filling) ใช้กับอาหารที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบและต้องผ่านการให้ความร้อนก่อนการบรรจุ การบรรจุอาหารที่อุณหภูมิใกล้จุดเดือดของน้ำจะทำให้เกิดความดันของไอน้ำประมาณ 1 บรรยากาศในส่วนของช่องว่างภายใน ดังนั้นถ้ารีบปิดผนึกและทำให้เย็น ไอน้ำจะควบแน่นและทำให้เกิดสุญญากาศได้ และเมื่อถูกทำให้เย็นจะถูกการหดตัวของอาหาร นอกจากนี้การให้ความร้อนเบื้องต้น (preheat) แก่อาหารช่วยลดระยะเวลาการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อลง การไล่อากาศแบบนี้ เหมาะกับอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน โดยอุณหภูมิของอาหารขณะบรรจุ และ ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะจะมีผลต่อสุญญากาศที่เกิดขึ้น การบรรจุที่อุณหภูมิสูงและมีช่องว่างเหนืออาหารน้อยจะทำให้เกิดสุญญากาศภายในภาชนะมากขึ้น

4.2 การให้ความร้อน (thermal exhausting) จะทำภายในภาชนะที่บรรจุอาหารแล้ว อาจเปิดฝาหรือปิดฝาบางส่วนผ่านอ่างน้ำร้อนหรือห้องไอน้ำ (exhaust box) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ อาหารและภาชนะบรรจุจะถูกทำให้ร้อนจนมีอุณหภูมิ 80 – 95 องศาเซลเซียส แล้วรีบนำไปปิดฝาทันที วิธีนี้เหมาะสมสำหรับอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อนซึ่งจะเพิ่มอุณหภูมิของอาหารได้อย่างรวดเร็ว สำหรับอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อนก็อาจใช้วิธีนี้ได้ แต่จะต้องให้ความร้อนเป็นเวลานาน จนกว่าอุณหภูมิของอาหารจะสูงขึ้นถึงอุณหภูมิที่กำหนด วิธีนี้มักใช้ควบคู่กับการบรรจุขณะร้อนในการให้ความร้อน สุญญากาศจะเกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิของอาหารขณะปิดฝาและปริมาตรของช่องว่างเหนืออาหาร

4.3 การใช้วิธีกล (mechanical exhausting) ทำโดยการปิดผนึกภาชนะที่บรรจุอาหารแล้วภายใต้สภาวะสุญญากาศซึ่งเกิดจากเครื่องมือกล โดยไม่จำเป็นต้องให้ความร้อนแก่อาหาร เหมาะสำหรับอาหารที่ไม่ทนความร้อนหรืออาหารแห้ง วิธีนี้สามารถทำให้เกิดสุญญากาศภายในภาชนะบรรจุสูง เนื่องจากสุญญากาศ ที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดเนื่องจากการหดตัวของอาหารหรือการควบแน่นของไอน้ำ ดังนั้นอุณหภูมิของอาหารขณะปิดฝาและปริมาตรช่องว่างเหนืออาหาร จะไม่มีผลต่อสุญญากาศที่เกิดขึ้น วิธีนี้ไม่เหมาะกับอาหารที่มีความหนืดสูง เพราะจะเก็บอากาศไว้ภายในอาหารได้ง่าย

4.4 การฉีดไอน้ำเข้าไปในส่วนของช่องว่างเหนืออาหารที่บรรจุก่อนการปิดฝา (steam flow closing) ทำโดยฉีดไอน้ำเข้าไปแทนที่อากาศ หลังจากฉีดได้ตามเวลาที่กำหนดฝาของภาชนะซึ่งถูกทำให้ร้อนแล้ว จะเลื่อนลงมาแทนที่ พร้อมกับการปิดผนึกฝาโดยอัตโนมัติ หลังจาก ไอน้ำควบแน่น จะเกิดสุญญากาศขึ้นภายในช่องว่างเหนืออาหาร วิธีนี้ไม่สามารถไล่อากาศที่อยู่ภายในเนื้ออาหารได้ ใช้สำหรับอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน สุญญากาศที่เกิดขึ้นภายในภาชนะบรรจุจะเกิดจากการควบแน่นของไอน้ำ ซึ่งแทนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศในส่วนของช่องว่างเหนืออาหาร ดังนั้นทั้งปริมาตรของช่องว่างเหนืออาหารและอุณหภูมิของอาหารขณะบรรจุจะมีผลต่อสุญญากาศภายในกระป๋อง แต่ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารจะมีผลมากกว่าอุณหภูมิของอาหาร การเพิ่มปริมาตรของช่องว่างนี้ จะทำให้สูญญากาศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่าการเพิ่มอุณหภูมิขณะปิดฝา แต่ในการบรรจุจะต้องระวังไม่ให้มีฟองอากาศภายในเนื้ออาหารและต้องควบคุมให้ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารอยู่ในช่วงที่กำหนดความสูงของช่องว่างนี้ ควรมีค่าประมาณ $^{10}/_{32}$ ซึ่งจะทำให้เกิดสุญญากาศที่เหมาะสม(ทะนง ภัครัชพันธุ์, 2524 : 80 – 83)

ช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะบรรจุ (headspace) คือ ส่วนของช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะบรรจุ ซึ่งมีความสำคัญต่อการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อโดยแรงดันที่เกิดขึ้นภายในเนื่องจาก

1) อาหารภายในภาชนะขยายตัว
2) ความดันไอน้ำภายในภาชนะเพิ่มขึ้น
3) อากาศและก๊าซอื่นๆ ในช่องว่างภายในภาชนะบรรจุขยายตัว

อาหารและกระป๋องเมื่อผ่านการให้ความร้อนจะทำให้เกิดแรงดันภายในมาก แรงดันภายในเหล่านี้จะถูกควบคุมโดยการขยายตัวของกระป๋องและการโป่งพองของฝากระป๋องซึ่งรีดลอนไว้ ดังนั้นจึงต้องเหลือช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะบรรจุไว้ส่วนหนึ่งเพื่อรองรับการขยายตัวของอาหารและก๊าซภายในภาชนะบรรจุ และช่องว่างนี้ยังช่วยในการถ่ายเทความร้อน ในกรณีที่มีการพลิกกลับไปมาของภาชนะบรรจุในระหว่างการให้ความร้อน

ในการบรรจุและการไล่อากาศ มีตัวแปรที่ต้องควบคุม 3 ประการ คือ

1. ชนิดและปริมาณของก๊าซในช่องว่างเหนืออาหารที่บรรจุ โดยปกติมักจะอากาศ ในบางกรณีมักมีการบรรจุก๊าซเฉื่อยแทน

2. ปริมาตรของช่องว่างเหนืออาหาร โดยทั่วไปจะต้องควบคุมปริมาตรของช่องว่างเหนืออาหารภายในภาชนะบรรจุมีค่าไม่เกิน 10 % ของปริมาตรภาชนะบรรจุ การวัดช่องว่างภายในภาชนะบรรจุ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การวัดระยะทางจากขอบบนของส่วนโค้งหรือตะเข็บจนถึงผลิตภัณฑ์ และการวัดระยะจริงจากฝากระป๋องจนถึงผลิตภัณฑ์ปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ถ้าปริมาตรช่องว่างเหนืออาหารน้อยเกินไปอันเนื่องมาจากการบรรจุอาหารที่มากเกินไป เวลาในการฆ่าเชื้อที่คำนวณไว้อาจไม่เพียงพอ เนื่องจากอัตราการส่งผ่านของความร้อนลดลง และมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของอาหารภายใน ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนลดลง ค่า F_o ของกระบวนการจะลดลง ถ้าปริมาตรเหนือช่องว่างของอาหารมากเกินไป จะทำให้น้ำหนักสุทธิของอาหาร ต่ำกว่ามาตรฐานอากาศภายในภาชนะบรรจุที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากเกินไปจะทำให้อาหารซึ่งเก็บภายในภาชนะบรรจุเกิดการเสื่อมเสียและภาชนะบรรจุเกิดการกัดกร่อน

3) สภาวะความดันภายในช่องว่างเหนืออาหาร ความดันในช่องว่างเหนือ อาหารจะต้องต่ำกว่าความดันบรรยากาศภายนอก หรือเรียกว่า เป็น "สุญญากาศ" ซึ่งจะต้องมีการไล่อากาศออกจากบริเวณของในกระบวนการบรรจุกระป๋อง จึงจำเป็นจะต้องทำให้เกิดสภาวะสุญญากาศภายในภาชนะบรรจุ เนื่องจากเหตุผลหลายประการ คือ

- เพื่อให้ฝากระป๋องโค้งเว้าเข้าด้านใน ตลอดช่วงอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นว่าอาหารภายในยังคงมีสภาพดี เนื่องจากการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์ จะเกิดก๊าซขึ้นภายในและดันภาชนะบรรจุให้โป่งพองออก

- ช่วยลดปริมาณออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุ เป็นการช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลิตภัณฑ์ภายใน เช่น การเปลี่ยนแปลงสีของอาหารบางชนิด ปฏิกิริยาของการเกิดออกซิเดชัน (oxidation)

- ลดแรงดันภายในภาชนะบรรจุ ในระหว่างการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อทำให้ส่วนของฝาภาชนะบรรจุไม่เกิดการบิดเบี้ยว เสียรูปทรง หรือไม่เกิดการรั่วที่ตะเข็บ

ระดับสุญญากาศที่น้อยเกินไป จะทำให้กระป๋องหรือภาชนะบรรจุมีลักษณะบวมเนื่องจากแรงดันภายในของก๊าซขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนระหว่างการฆ่าเชื้อ จะดันฝาภาชนะให้เปิดออก ระดับสุญญากาศที่มากเกินไปจะทำให้ภาชนะบุบ กรณีนี้มักเกิดกับภาชนะบรรจุที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากพื้นที่ผิวในการรับแรงกดดันของบรรยากาศมาก

5. การปิดผนึก (seaming)

สำหรับกระป๋องโลหะจะต้องผนึกด้วยเครื่องผนึกฝาที่ออกแบบโดยเฉพาะเพื่อให้เกิดการยึดกันระหว่างฝาและขอบกระป๋อง หลังการผนึกทับกันเป็นตะขอแนบสนิทแบบตะเข็บคู่ (double seam) ถ้าการผนึกทำไม่ถูกต้องจะมีผลเสียในขั้นตอนการทำลายจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการรั่วของภาชนะบรรจุได้ ดังนั้นขั้นตอนการปิดผนึกต้องทำอย่างระมัดระวัง ถ้าเป็นขวดแก้วจะปิดด้วยฝาที่ทำจากเหล็กเคลือบดีบุกในแบบที่เป็นเกลียวหมุนหรือตะเข็บงอก็ได้

6. การฆ่าเชื้อ (process)

หมายถึง การใช้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารซึ่งบรรจุอยู่ภายในภาชนะบรรจุปิดสนิท ปริมาณความร้อนมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของอาหารการหาปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ ผู้ผลิตอาหารกระป๋องมีจุดมุ่งหมายว่า ความร้อนที่ใช้จะสามารถทำให้อาหารส่วนใหญ่ปราศจากเชื้อ แต่ในทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิบัติผลที่ได้อาจไม่เป็นไปตามนั้น ดังนั้นแทนที่จะทำลายจุลินทรีย์ในอาหารให้ตายหมดอาจทำลายเฉพาะจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสียภายใต้สภาพแวดล้อมปกติที่ใช้เก็บอาหารเท่านั้น โดยปล่อยให้มีจุลินทรีย์บางชนิดอยู่ในอาหารแต่ไม่สามารถเจริญได้เรียกว่า เป็นการทำให้ปราศจากเชื้อทางการค้า (commercially sterilization)

กรรมวิธีการให้ความร้อน ที่จำเป็นต่อการถนอมอาหารประเภทบรรจุกระป๋องนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่อการทนความร้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสียและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการแผ่กระจายความร้อน ในหม้อนึ่งที่อุณหภูมิสูงกว่าย่อมใช้เวลาสั้นกว่าและกรรมวิธีจะแตกต่างกันตามชนิดของอาหารกระป๋อง การปรุงอาหาร ขนาดและรูปร่างของกระป๋อง อุณหภูมิของส่วนผสมอาหาร ถ้าอาหารมีลักษณะเป็นชิ้นส่วนเล็กๆในน้ำหรือน้ำเกลือจะช่วยย่นเวลาในการให้ความร้อน แต่ถ้าเป็นอาหารข้น เช่น ครีม จะต้องใช้เวลานานขึ้น อาหารที่เป็นกรดจะต้องการเวลาให้ความร้อนน้อยกว่าอาหารที่เป็นกลาง

การให้ความร้อนนั้น จะทำให้หม้อนึ่งซึ่งอาจใช้ความดันหรือไม่ก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ปัจจุบันการให้ความร้อนแบบ HTST จะใช้เครื่องมือพิเศษในการให้ความร้อนฆ่าเชื้อในภาชนะบรรจุและฝาในปริมาณทีละมากๆ แล้วจึงบรรจุอาหารและปิดผนึกภาชนะบรรจุภายใต้สภาพปลอดเชื้อ เช่น วิธี HCF (heat-cool-fill) แต่ถ้าเกรงว่าหากมีจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสียหลงเหลืออยู่ก็อาจให้ความร้อนอีกครั้งหนึ่งหลังการบรรจุก็ได้ แต่ใช้ความร้อนต่ำกว่าครั้งแรก เช่นการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋อง หรืออาจใช้ความร้อนร่วมกับการถนอมอาหารด้วยวิธีอื่น เช่น ใช้ความดันทำลายเชื้อในอาหารก่อนการบรรจุในภาชนะแล้วจึงให้ความร้อน อาหารกระป๋องมักทำให้อาหารแห้งลงโดยการลดน้ำหนักของอาหารลงอย่างน้อยครึ่งหนึ่งจากเดิมแล้วจึงบรรจุกระป๋อง หรือใช้ความร้อนร่วมกับการใช้สารเคมีหรือการฉายรังสี เป็นต้น (สุมาลี เหลืองสกุล, 2535 : 123 – 124)

นอกจากนี้การฆ่าเชื้อยังขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในอาหา รูปร่างและขนาดของภาชนะบรรจุ การฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องนี้ จะต้องใช้ปริมาณความร้อนที่เพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นเชื้อที่เราจะต้องให้ความสำคัญอย่างมากที่สุดในการผลิตอาหารกระป๋องโดยเฉพาะอาหารที่มีกรดต่ำ เนื่องจาก *Cl. botulinum* เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ในอุณหภูมิปกติ (mesophile) และไม่ต้องการอากาศ (anaerobe) ในการเจริญเติบโตและสร้างสารพิษ พบว่ามีอยู่ 6 สายพันธุ์ คือ A B C D E และ F ชนิดที่เป็นอันตรายในคนคือ A B และ F แม้ว่าเซลล์ของ *Cl. botulinum* จะถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิไม่สูงนัก ประมาณ 82.2 – 93.3 องศาเซลเซียส แต่สปอร์และสารพิษในสปอร์ค่อนข้างทนความร้อนสูง จึงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันตรายต่อผู้บริโภคหากใช้ความร้อนฆ่าเชื้ออาหารไม่เพียงพอ เพราะปริมาณสารพิษเพียงเล็กน้อยประมาณหนึ่งในล้านส่วนสามารถทำให้ถึงแก่ความตายได้ จากการศึกษาพบว่า สปอร์ของ *Cl. botulinum* ชนิด A ทนความร้อนสูงมาก ณ อุณหภูมิน้ำเดือดจอยู่ได้นานถึง 4 ชั่วโมง ในอุตสาหกรรมอาหารการทดสอบว่าปริมาณความร้อนที่ใช้ฆ่าเชื้ออาหารเพียงพอหรือไม่นั้นจะใช้เชื้อ P.A.3679 เป็นตัวทดสอบเพราะสปอร์มีคุณสมบัติทนความร้อนได้ดีเช่นเดียวกับสปอร์ของ *Cl. botulinum* แต่ไม่สร้างสารพิษและสะดวกในการนำมาใช้งาน นอกจากนี้ยังตรวจสอบการเสื่อมเสียของอาหารจากเชื้อนี้ได้ง่ายเพราะมีก๊าซเกิดขึ้น

การฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องถือเอาอุณหภูมิและเวลาที่ทำลายสปอร์ของ *Cl. botulinum* เป็นหลัก ถ้าอาหารปลอดภัยจากสปอร์และสารพิษของเชื้อนี้ ก็จะปลอดภัยจากเชื้อชนิดอื่นด้วย พบว่า ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที สามารถทำลายสปอร์ของ *Cl. botulinum* ได้ แต่อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของอาหาร อาหารที่เป็นกรดสูงจะใช้ความร้อนในการทำลายเชื้อน้อยกว่าอาหารที่เป็นกรดต่ำ ดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมจึงนิยมเติมกรดลงในอาหารบางชนิดเพื่อลดปริมาณความร้อนที่ใช้ฆ่าเชื้อ

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

1. คุณสมบัติในการทนต่อความร้อนของสปอร์จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน การทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร ต้องพิจารณาระดับของอุณหภูมิและปริมาณความร้อนที่ต้องการ นอกจากนี้ยังต้องศึกษา ถึงความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์

2. อัตราเร็วที่ปริมาณความร้อนแทรกผ่านไปยัง จุดที่ร้อนช้าที่สุด ของอาหาร เวลาที่ใช้จะทำให้จุดที่ร้อนช้าที่สุดในภาชนะถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์

1. ชนิดและจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น ความร้อนในการทำลายยีสต์และราจะง่ายกว่าแบคทีเรียและสปอร์ของแบคทีเรียทนความร้อนได้ดีกว่า เซลล์ธรรมดาของแบคทีเรีย (vegetative cell) ระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อขึ้นกับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น ถ้าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นมากกว่าที่กำหนดไว้อุณหภูมิและเวลาที่กำหนดไว้ในกระบวนการฆ่าเชื้อ ก็จะไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้หมด ก่อให้เกิดปัญหาอาหารผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ (under process)

2. อายุของจุลินทรีย์ ระยะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะมีผลต่อการทนทานความร้อน จุลินทรีย์มีความต้านทานต่อความร้อนได้สูงสุดในระยะ สเตชั่นนารีเฟส (stationnary phase) รองลงมาคือ ช่วงแลคเฟส (lag phase) ซึ่งเป็นช่วงพักตัวก่อนเริ่มการเจริญเติบโต ส่วนช่วงลอการีซึมเฟส (logarithm phase) จุลินทรีย์ไม่ทนความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุณหภูมิ จุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุด เมื่อเจริญในสภาพที่อุณหภูมิเหมาะสม ต่อการเจริญเติบโต (optimum temperature) ดังนั้น อุณหภูมิที่อาหารถูกทิ้งไว้ก่อนเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ จะมีผลต่อการต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์

4. ลักษณะอาหาร จุลินทรีย์สามารถทนความร้อนได้มากขึ้นเมื่อปริมาณน้ำในอาหารลดลง (water activity) สารประกอบต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของอาหาร เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือ (เกลือของแคลเซียมและแมกนีเซียม) รวมทั้งเกลือแกงและน้ำตาลที่เติม ซึ่งมีผลช่วยเพิ่มความต้านทานของจุลินทรีย์

5. ความเป็นกรดด่างของอาหาร (pH) มีผลโดยตรงต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน และความสามารถในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยปกติจุลินทรีย์จะทนความร้อนได้มากที่สุดเมื่อเจริญในสภาพที่มี pH เหมาะสม (optimum pH)

7. การทำให้เย็น (cooling)

หลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนแล้วจะต้องรีบทำให้อาหารกระป๋องเย็นลงทันที โดยให้กระป๋องแช่ในน้ำเย็นจัด หรือโดยการพ่นน้ำเย็นจัดใส่กระป๋อง แต่การฉีดพ่นด้วยน้ำเย็นจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเล็กน้อย เนื่องจากสามารถเกิดการระเหยของน้ำที่ผิวกระป๋องได้ ทำให้ลดอุณหภูมิได้เร็วกว่า การทำให้เย็นมีจุดประสงค์เพื่อ ป้องกันการสูญเสียคุณภาพของอาหารเนื่องจาก ความร้อนส่วนเกิน โดยการลดอุณหภูมิของอาหารหลังจากฆ่าเชื้อแล้วลงอย่างรวดเร็วด้วยน้ำเย็นจนอุณหภูมิลดถึงระดับหนึ่งซึ่งมีความร้อนเหลืออยู่ พอที่จะทำให้ผิวนอกของกระป๋องแห้งสนิทปราศจากหยดน้ำที่เกาะอยู่บนกระป๋องเพื่อป้องกันการเกิดสนิมบนกระป๋องขณะเก็บรักษา แต่ไม่ควรลดอุณหภูมิของกระป๋องต่ำเกินไป เนื่องจากถ้าลดอุณหภูมิต่ำเกินไปหลังจากนำขึ้นจากน้ำ ยังมีความร้อนเหลืออยู่ไม่เพียงพอที่จะทำให้กระป๋องแห้ง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการทำให้เย็นแล้ว จะต้องใช้ลมเป่าให้ภาชนะบรรจุแห้งช่วยป้องกันการเกิดสนิมของกระป๋อง

ถ้าภาชนะบรรจุเป็นแก้วหรือกระป๋องขนาดใหญ่จะต้องใช้เวลาในการทำให้เย็นนานขึ้น ในการทำให้เย็นต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อหลีกเลี่ยงการแตกของภาชนะบรรจุ น้ำที่ใช้ในการทำให้เย็นต้องเป็นน้ำที่สะอาด เนื่องจากภาชนะบรรจุรั่วจะเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอาหาร ทำให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียได้ และน้ำที่ใช้นั้นควรเป็นน้ำอุ่นก่อน แล้วจึงค่อยๆปรับอุณหภูมิให้เย็นลงตามลำดับ

การลดอุณหภูมิในอัตราที่ช้าเกิน ไปจะทำให้เกิดการเจริญของสปอร์ของจุลินทรีย์ที่ทนความร้อน มีผลให้อาหารเกิดการเสื่อมเสียเพราะว่าจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนสูงจะยังสามารถเจริญได้เมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสม จุลินทรีย์ในกลุ่มแฟรตซาวร์ (flat sour) ที่ทำให้อาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระป๋องเสื่อมเสียโดยกระป๋องไม่บวมสามารถเจริญได้ที่ 48.9 - 71.1 องศาเซลเซียส จึงควรทำให้กระป๋องเย็นลงอย่างรวดเร็วหลังการฆ่าเชื้อ (สุมาลี เหลืองสกุล, 2535 : 124)

8. การปิดฉลากและการบรรจุ (labeling and packing)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตก่อนที่จะจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไปสู่ผู้บริโภคต่อไป (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2543 : 116 – 129)

2.3.3 การแบ่งประเภทอาหาร

ชนิดของอาหารมีผลต่อระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องแบ่งชนิดของอาหารออกเป็นกลุ่ม เพื่อสะดวกในการพิจารณาใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้ออาหารให้เหมาะสม

1. การแบ่งชนิดของอาหารตามความเป็นกรด - เบส

ความเป็นกรด – เบสของอาหาร มีผลต่อการกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารที่มีความเป็นกรดสูงหรือ pH ต่ำ จะใช้อุณหภูมิและเวลาฆ่าเชื้อต่ำกว่าอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำหรือ pH สูง เนื่องจากการเจริญเติบโตหรือการอยู่รอดของจุลินทรีย์จะขึ้นอยู่กับความเป็นกรด – เบสของอาหารด้วย การแบ่งชนิดของอาหารตามความเป็นกรด – เบสนี้สามารถแบ่งได้หลายแบบแต่โดยทั่วไปนิยมแบ่งชนิดของอาหารดังแสดงในตารางที่ 3

1.1 อาหารที่มีกรดต่ำ คือ อาหารที่มีค่า pH สูงกว่า 4.6 เช่น อาหารพวกเนื้อสัตว์ อาหารทะเล ผลิตภัณฑ์ไข่ ผลิตภัณฑ์นม และผักบางชนิด เป็นต้น

1.2 อาหารที่เป็นกรด คือ อาหารที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.6 เช่น ผลไม้ น้ำผลไม้ แยม และผลิตภัณฑ์อาหารหมักดอง เป็นต้น การกำหนด pH 4.6 เป็นเกณฑ์ในการแบ่งชนิดอาหารเนื่องจาก *Cl. botulinum* จะไม่เจริญเติบโตหรือสร้างสารพิษที่ pH ต่ำกว่า 4.6 การใช้ความร้อนในระดับน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) ก็เพียงพอที่จะฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ให้หมดไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ความเป็นกรด – เบส ของอาหารบางชนิด

ชนิดของอาหาร	ความเป็นกรด - เบส
ไวน์	1.8-3.2
ส้ม	3.2-3.8
สตรอเบอรี่	3.3-3.4
เนื้อ	5.5-65
ปลา	6.2-6.4
นม	6.5-6.7

ที่มา : คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2543 : 128

2. การแบ่งชนิดของอาหารตามลักษณะการถ่ายเทความร้อน

ลักษณะการถ่ายเทความร้อนในอาหารมีผลต่อการคำนวณเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ การถ่ายเทความร้อนเข้าไปในภาชนะบรรจุแบ่งได้ 3 วิธี คือ วิธีการพาความร้อน การนำความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

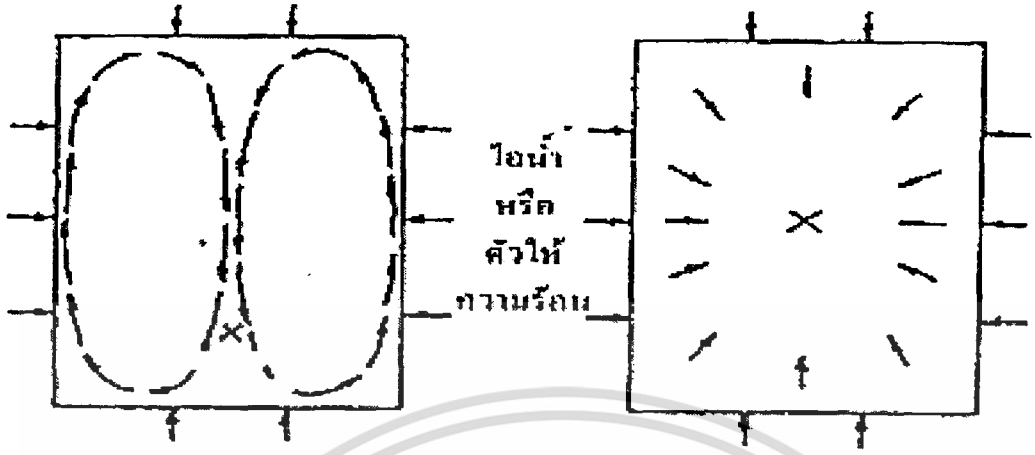
การพาความร้อน หมายถึง การที่ความร้อนจะถูกพาเข้าไปในอาหารกระป๋องโดยโมเลกุลของตัวกลาง ที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

การนำความร้อน หมายถึง การส่งผ่านความร้อนจากโมเลกุลของตัวกลางโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่ง ซึ่งวิธีนี้จะถ่ายเทความร้อนได้ช้ากว่าวิธีแรก

สำหรับการแผ่รังสีความร้อนนั้น จะเป็นการถ่ายเทพลังงานความร้อน เช่น แสง ฯลฯ

พลังงานความร้อนจะไหลไปในทิศทางเดียวกันจากส่วนที่ร้อนไปสู่ส่วนที่เย็นจนเกิดความสมดุล แต่ภายในภาชนะบรรจุจะเกิดจุดๆหนึ่ง ที่ความร้อนจะเข้าถึงได้ช้าที่สุด (cold spot) ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งจุดนี้จะเกิดขึ้นในตำแหน่งต่างๆ กันไป ขึ้นอยู่กับวิธีการส่งผ่านความร้อน สำหรับการถ่ายเทความร้อนภายในตัวอาหารเองนั้น จะเป็นแบบวิธีการพาความร้อน หรือวิธีการนำความร้อน หรือเกิดขึ้นทั้งสองแบบผสมกันขึ้นกับลักษณะกายภาพของอาหารและลักษณะการบรรจุอาหารภายในภาชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การส่งผ่านความร้อนแบบการพา การส่งผ่านความร้อนแบบการนำ

ภาพที่ 1 ลักษณะการนำและการพาความร้อนในอาหารกระป๋อง

จุด X เป็นจุดที่ความร้อนเข้าถึงช้าที่สุด (cold spot)

ที่มา : คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2543 : 129

มีการแบ่งชนิดของอาหารตามลักษณะการถ่ายเทความร้อนและลักษณะการบรรจุของอาหารกระป๋องไว้ดังนี้ คือ

1. ผลิตภัณฑ์ที่มีการถ่ายเทความร้อน แบบการพาอย่างรวดเร็ว ตลอดระยะเวลาการฆ่าเชื้อ เช่น น้ำผัก น้ำผลไม้ นม ผลไม้บรรจุในน้ำเชื่อม ผักบรรจุน้ำเกลือ ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ถ้ามีชิ้นใหญ่จะมีการพาความร้อนช้าลง

2. ผลิตภัณฑ์ที่มีการถ่ายเทความร้อน แบบการพา แต่ช้ากว่าแบบแรก เช่น ผลิตภัณฑ์ผักผลไม้ หรือเนื้อสัตว์ที่บรรจุแน่นขึ้น ทำให้มีน้ำซึ่งเป็นตัวพาความร้อนลดลง

3. ผลิตภัณฑ์ที่มีการถ่ายเทความร้อนเปลี่ยนจากการพาความร้อน เป็นการนำความร้อนในระหว่างการฆ่าเชื้อ เช่น น้ำมะเขือเทศ ซุปบางชนิด หรืออาหารที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบอยู่มาก

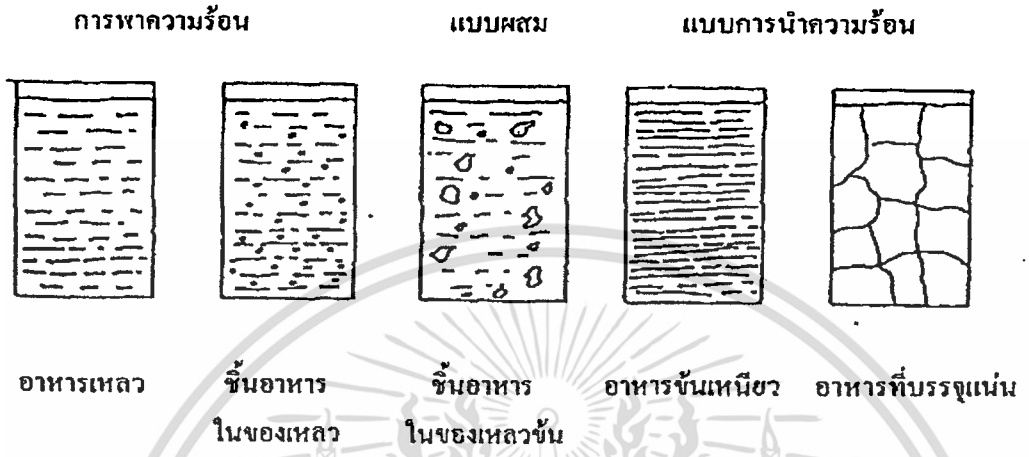
4. ผลิตภัณฑ์ที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบ การนำตลอด เช่น ผักที่บรรจุแน่นโดยไม่มีของเหลว ครีมซุป ผลิตภัณฑ์ในซอสข้น แยม คอร์นบีฟ และ แซนวิชสเปรด เป็นต้น

5. ผลิตภัณฑ์ที่มีการถ่ายเทความร้อน แบบการนำแล้ว เป็นการพาความร้อนช่วงหลังของการให้ความร้อน พบได้ในอาหารที่มีการสลายของเจล เช่น พุดดิ้ง น้ำมะเขือเทศบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากลักษณะของอาหาร เช่น ขนาดของชิ้นอาหาร ความหนืด จะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนภายในอาหารแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องด้วย ได้แก่ รูปร่างและขนาดภาชนะบรรจุ ลักษณะการจัดเรียงชิ้นอาหาร วิธีการฆ่าเชื้อ เป็นต้น ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 2



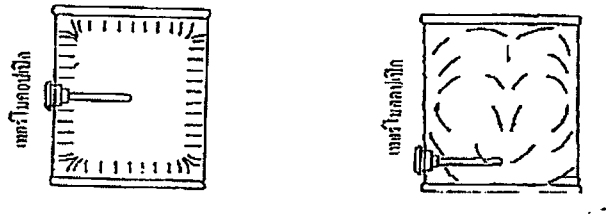
ภาพที่ 2 การถ่ายเทความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ
ที่มา : คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ,2543 : 129

ความร้อนในภาชนะบรรจุอาหาร

การศึกษาความร้อนเพื่อทำลายจุลินทรีย์ในอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดจะต้องทราบลักษณะการแผ่กระจายของความร้อนในอาหารซึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะ เพื่อให้สามารถคำนวณอุณหภูมิและเวลาฆ่าเชื้อได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยทั่วไปนั้นจะทำการศึกษาหาจุดใดจุดหนึ่งในภาชนะ ซึ่งเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนน้อยที่สุด (clod spot or critical point) ถ้าให้ความร้อนกับจุดนี้ไม่เพียงพออาจทำให้จุลินทรีย์ยังมีชีวิตอยู่ต่อไปได้ ดังนั้นการใช้จุดที่ได้รับความร้อนน้อยที่สุดนี้ เป็นหลักในการหาอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์ จึงกล่าวได้ว่าจุดอื่นๆภายในภาชนะบรรจุอาหารก็จะได้รับความร้อนซึ่งเพียงพอต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์เช่นกัน การวัดหาจุดที่ได้รับความร้อนน้อยที่สุดนี้ขึ้นอยู่กับ ลักษณะการนำความร้อนของอาหาร การบรรจุ ภาชนะบรรจุ และลักษณะทางกายภาพของอาหารเอง ดังแสดงในภาพที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

51238



แบบการนำความร้อน แบบการพาความร้อน

ภาพที่ 3 การวัดจุดที่เย็นที่สุดในอาหารกระป๋องที่บรรจุอาหารแข็งและอาหารเหลว
ที่มา : คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2543 : 129

2.3.4 ความร้อนกับการทำลายจุลินทรีย์

การกำหนดเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง นอกจากจะต้องทราบลักษณะการถ่ายเทความร้อนภายในอาหารแล้ว จะต้องทราบความต้านทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ในอาหารด้วย ความต้านทานความร้อน (heat resistance) คือ ปริมาณความร้อนสูงสุดซึ่งคิดเป็นความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาที่เชื้อจุลินทรีย์จะสามารถทนมีชีวิตอยู่ได้ อุณหภูมิและเวลาฆ่าเชื้อจะขึ้นอยู่กับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและอุณหภูมิของประเทศที่ผลิตภัณฑ์นั้นจะถูกส่งไปจำหน่าย อาหารแต่ละชนิดจึงมีค่า F_o ไม่เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่า F_o ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด

ผลิตภัณฑ์อาหาร	ค่า F_o
ซุปมะเขือเทศ	3
ซุปข้าวโพด	5 - 6
ถั่วลันเตาในน้ำเกลือ	6 - 8
แกงเนื้อใส่ผัก	7 - 12
ข้าวโพดอ่อนในน้ำเกลือ	9
เนื้อในน้ำเกรวี	12 - 15
ไก่ทั้งชิ้นในน้ำเกลือ	15 - 18

ที่มา : คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2543 : 135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวโดยสรุป การใช้ความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อ (thermal process) คือ การกำหนดเวลาและอุณหภูมิที่ใช้สำหรับฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนตามที่ได้คำนวณระดับของการสเตอริไลซ์ (degree of sterrility) ซึ่งปลอดภัยต่อการบริโภค นอกจากนี้ยังช่วยรักษาคุณภาพอาหารจากการทำลายด้วยความร้อน โดยพยายามให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดรักษาเนื้อสัมผัสไม่ให้นิ่ม และเนื่องจากได้รับความร้อนมากเกินไป ลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ไม่ต้องการในอาหาร รวมทั้งลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย

2.3.5 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับอาหารบรรจุกระป๋อง (microorganisms associated with canned food)

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับอาหารกระป๋องที่สำคัญ ได้แก่ แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ โดยเฉพาะกลุ่มที่อยู่ในดิน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1. Thermophilic facultative anaerobic spores

เป็นสปอร์ของแบคทีเรียที่สามารถเจริญ (หรือชอบเจริญ)ในที่มีอุณหภูมิสูงภายใต้สภาพกึ่งมีอากาศและไม่มีอากาศ ตัวอย่างของจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ได้แก่ *Bacillus stearothermophilus* ซึ่งสามารถเจริญในอาหารกระป๋องได้โดยที่ปริมาณของสปอร์ชนิดนี้ที่มีอยู่ในดินจะมีความแตกต่างกันตามสภาพภูมิอากาศ และส่วนประกอบด้านแร่ธาตุที่มีอยู่ภายในดิน เช่น ปริมาณของแมงกานีส (Mn) แคลเซียม (Ca) และฟอสฟอรัส (P)ในดินที่มีแร่ธาตุดังกล่าวจะมีผลทำให้มีสปอร์ของแบคทีเรียนี้ค่อนข้างสูง

2. Thermophilic and anaerobic spores

ได้แก่ สปอร์ของแบคทีเรีย *Clostridium thermosaccharolyticum* ซึ่งพบในดินแต่พบในปริมาณที่น้อยกว่าแบคทีเรียในกลุ่มที่ 1โดยสภาพที่เหมาะสมคือ สภาพที่ไม่มีอากาศและอุณหภูมิสูง

3. Mesophilic and anaerobic spores

พบในดินเช่นเดียวกันในสภาพที่ไม่มีอากาศ แต่ชอบเจริญที่ช่วงอุณหภูมิปานกลาง ตัวอย่างของจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ได้แก่ *Cl. sporogenes, Cl. Butyricum, Cl. pasteurianum* และ *Cl. botulinum* อย่างไรก็ตาม *Cl. botulinum* เป็นสาเหตุของโรค botulism ซึ่งทำให้ผู้บริโภคตายได้ ดังนั้นจึงใช้เป็นเชื้อที่ทดสอบประสิทธิภาพในการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อดังที่กล่าวมา แต่ต่อมาเชื้อ *Cl. sporogenes* ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่เป็นโทษต่อผู้บริโภคเหมือนกันกับ *Cl. botulinum* อีกทั้งยังสามารถทนความร้อนได้สูงกว่า *Cl. botulinum* จึงถูกนำมาใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องด้วยความร้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องปฏิบัติการตามสถานศึกษา (วราวุฒิ ครูส่ง, 2538 : 88 – 91)

2.3.6 ลักษณะผิดปกติและการเสียของอาหารกระป๋อง

ในขั้นตอนการผลิตต่างๆ ทั้งการบรรจุ ไล่อากาศ ปิดผนึก และการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อจะมีผลต่อคุณลักษณะคุณภาพภายนอกของกระป๋อง รวมไปถึงอาจเป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารกระป๋องได้ การให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อในอาหารบรรจุกระป๋องต่างๆ จะไม่เท่ากัน บ้างก็ให้ความร้อนต่ำ เช่น นม น้ำผลไม้ บ้างก็ให้ความร้อนสูง เช่น ซุปกระป๋อง ผักกระป๋อง เป็นต้น

2.3.6.1 ลักษณะผิดปกติของกระป๋อง

ตามปกติที่ฝาและก้นของกระป๋องที่บรรจุอาหารแล้วจะแบนเว้าเล็กน้อย เพราะภายในเป็นสุญญากาศ แต่ถ้ามีกาซเกิดขึ้นภายในกระป๋องกาซก็จะดันให้กระป๋องเปลี่ยนรูปไป ซึ่งอาจมีรูปร่างได้หลายแบบ ดังนี้

1) flipper กระป๋องจะมีลักษณะผิดปกติ แต่เมื่อกระทบกับของแข็งแรงๆ ก้นหรือฝาจะบวมออกมา เมื่อใช้มือกดเบาๆจะยุบกลับเข้าไปและมีลักษณะปกติ หรือเมื่อนำไปไว้ ณ อุณหภูมิสูงฝากระป๋องจะบวมออกมา เมื่อใช้มือกดจะยุบและกลับบวมมีเสียงฟุบฟิบ แต่เมื่อทิ้งไว้ให้อุณหภูมิเย็นลงกระป๋องจะมีลักษณะปกติ

2) springer กระป๋องจะบวมเพียงด้านเดียวหรือทั้งสองด้าน แต่เมื่อใช้มือกดด้านที่บวมจะยุบลง แล้วด้านตรงข้ามจะบวม หรือยุบลงสู่ลักษณะปกติ

3) soft swell กระป๋องจะบวมทั้งสองด้าน แต่เมื่อใช้มือกดจะยุบลงเพราะแก๊สที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อย แต่จะกลับบวมขึ้นมาอีก

4) hard swell กระป๋องจะมีลักษณะบวมมากทั้งสองด้าน และเมื่อใช้มือกดก็จะไม่ยุบเป็นปกติ เพราะภายในกระป๋องมีแก๊สเกิดขึ้นในปริมาณสูง

5) brust ตะเข็บกระป๋องแตก เพราะภายในมีแก๊สอยู่ปริมาณค่อนข้างมาก แก๊สจึงดันตะเข็บกระป๋องแตก

6) breather กระป๋องมีรูรั่วเพียงเล็กน้อย อากาศสามารถผ่านเข้าออกได้ แต่ไม่จำเป็นว่าจุลินทรีย์จะผ่านเข้าออกได้

7) panelling ด้านข้างของกระป๋องยุบเข้า เนื่องจากภายในกระป๋องเกิดสุญญากาศสูงเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับภาชนะบรรจุที่เป็นแก้ว เราสามารถสังเกตุการเสียของอาหารได้จากภายนอก เช่น การเกิดฟองอากาศ อาหารขุ่น เป็นต้น (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2538 . 70 - 71)

2.3.6.2 การเสียแบบต่างๆของอาหารกระป๋อง

มัทนา แสงจินดาวงษ์ (2538 : 75 - 76) กล่าวถึงการเสียของอาหารกระป๋องไว้ว่า โดยทั่วไปมีสาเหตุใหญ่อยู่ 3 ประการ คือ

1. การเสียเนื่องจากปฏิกิริยาเคมี (chemical spoilage) มีสาเหตุและลักษณะดังนี้ คือ

- hyddrogen swell มีสาเหตุมาจากการอาบดีบุก หรือเคลือบดีบุกไม่ดี เมื่อนำอาหารที่มีความเป็นกรดสูงไปบรรจุ กรดในอาหารจะไปทำปฏิกิริยากับโลหะ ณ จุดนั้น ทำให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้นภายในกระป๋อง เมื่อมีปริมาณมากก็จะทำให้กระป๋องบวม

- nitrite swell มีสาเหตุมาจากการผสมดินประสิวลงไปในเนื้อมากเกินไปหรือผสมกันอย่างไม่สมบูรณ์ ทำให้มีไนเตรทหลงเหลืออยู่มากและเมื่อรวมกับออกซิเจนใน head space จะกลายเป็นแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) ทำให้กระป๋องบวม

- detinning มีสาเหตุมาจากอาหารที่บรรจุอยู่ในกระป๋องมีกรดออกซาลิก (oxalic acid) อยู่มากทำให้ดีบุกที่เคลือบไว้หลุดลอกออกมา

- discoloration มีสาเหตุมาจากอาหารที่บรรจุอยู่ภายในมีสารกำมะถันประกอบอยู่สูง เช่น เนื้อปู เป็นต้น สารกำมะถันจะไปทำปฏิกิริยากับโลหะของกระป๋องเกิดเป็นเหล็กซัลไฟด์ (FeS) ละลายน้ำแล้วแทรกซึมไปในเนื้อของอาหารทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีสีดำ

- การเกิดสนิม (rusting) มักจะเกิดในส่วนของ head space เนื่องจากออกซิเจนไปทำปฏิกิริยากับโลหะของกระป๋อง เกิดสนิมของโลหะออกไซด์

2. การเสียเนื่องจากปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ (physical spolage) มีสาเหตุดังนี้

- overfilling การบรรจุอาหารมากเกินไป ทำให้เกิดกระป๋องบวมชนิด soft swell หรือ springer เป็นผลทำให้ภายในกระป๋องเกิดสภาพมีสุญญากาศและช่องว่างที่ head space ไม่ได้ มาตรฐาน

- poor exhaust การไล่อากาศออกจาก head space ม่หมดทำให้เกิดกระป๋องบวมชนิด flipper เมื่อนำอาหารไปเก็บไว้ ณ อุณหภูมิสูง หรือโกดังเก็บมีอุณหภูมิสูงขึ้นจึงเกิดการบวมดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- "carbon dioxide" swell การที่ภายในกระป๋องมีสภาพสุญญากาศน้อย ทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า browning reaction ระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโน (amino acid) เมื่อโกดังเก็บมีอุณหภูมิสูงขึ้นผลของปฏิกิริยาทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้กระป๋องบวม ผลิตภัณฑ์มีสีเข้ม ไม่น่ารับประทาน

- glass – like deposits การ cooling ไม่ดีหลังจากให้ความร้อนแล้วไม่ทำให้เย็นทันทีทำให้เกิดผลึกคล้ายแก้ว โดยเฉพาะปูกระป๋อง ผลึกเหล่านี้ไม่มีโทษเกิดจากสารประกอบตามธรรมชาติของอาหาร การควบคุมกระบวนการผลิตบางครั้งทำได้ยาก และไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น การแก้ไขอาจใช้สารพวก chelating agent แต่ต้องเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดอาหารกระป๋องที่เสียเนื่องจากปฏิกิริยาทางฟิสิกส์สามารถนำมาบริโภคได้ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพแต่ลักษณะของอาหารที่ปรากฏให้เห็นจะมีลักษณะผิดปกติ เช่น ปลาในซอสมะเขือเทศจะเห็นว่า เนื้อปลายังปกติ แต่ซอสมีสีแดงคล้ำลง หรือปลาในซอสมัสตราด จะเห็นว่าซอสมัส-ตราดมีสีน้ำตาลคล้ำแต่เนื้อปลาปกติ เป็นต้น

การเสียของอาหารกระป๋องจากข้อ 1 และ 2 บางครั้งเรียกว่า non microbial spoilage

3. การเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (microbial spoilage) เกิดจากสาเหตุดังนี้

- pre-processing หรือ incippient sspoilage อาหารเสียก่อนที่จะนำเข้า retort อาจจะมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์หรือเอนไซด์ในอาหารก็ได้ การเสียชนิดนี้กระป๋องจะมีลักษณะปกติแต่เนื้ออาหารด้านในมีลักษณะผิดปกติ การตรวจทางจุลินทรีย์ทำได้โดยให้ใช้วิธีการดูเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า direct smear

- gross- underprocessing อาหารเสียเนื่องจากลืมเอาเข้า retort แต่ปัจจุบันนี้ไม่ค่อยมีปัญหาเพราะได้มีการติดกาวเทปเอาไว้ เมื่อโดนความร้อนกาวเทปก็จะเปลี่ยนสีทำให้ไม่หลงลืมว่าส่วนใด หรือ Lot ใดที่ยังไม่ได้นำเข้า retort

- under-processing อาหารเสียเนื่องจากความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ

- post- processing หรือ leakage อาหารเสียเนื่องจากกระป๋องรั่ว ทำให้จุลินทรีย์ภายนอกปนเปื้อนเข้าไปได้ (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2538 : 60 - 62)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 สาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารกระป๋อง เนื่องจากจุลินทรีย์ (causes of microbial spoilage in canned food)

การเสียของอาหารบรรจุกระป๋องเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์อาจแบ่งออกได้เป็นแบบต่างๆ ได้แก่ แบบที่มีสาเหตุจากเทอร์โมฟายล์ และแบบที่มีสาเหตุจากมีโซฟายล์ และยังอาจจำแนกชนิดของการเสียโดยการใช้ผลผลิตที่เกิดจากการเสีย เช่น พิวทริแฟ็กชัน การผลิตกรด การเกิดแก๊ส เป็นต้น นอกจากนี้ยังจำแนกชนิดของการเสียโดยใช้ชนิดของอาหารเป็นหลัก พอจะแบ่งออกได้ดังนี้

1) underprocessing

ถ้าอาหารกระป๋องมีปริมาณของสปอร์อยู่มากและภายหลังจากที่อาหารถูกนำไปผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปรากฏว่ายังมีสปอร์เหลืออยู่ในกรณีนี้เราเรียกว่า กระบวนการให้ความร้อนที่ไม่เพียงพอจะทำลายสปอร์ทั้งหมดว่า underprocessed ทั้งนี้สำหรับสาเหตุที่มีสปอร์อยู่มากในอาหาร พอจะกล่าวสรุปได้ดังนี้

1.1 การสะสมของสปอร์บนเครื่องมือที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต ในกรณีนี้ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ในกลุ่ม facultative ทั้งนี้เพราะสภาพแวดล้อมของโรงงานไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ในกลุ่ม anaerobes

1.2 ส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตอาหาร เช่น น้ำตาล แป้ง และเครื่องเทศ เป็นต้น ส่วนประกอบดังกล่าวอาจเป็นแหล่งของแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ทั้งในกลุ่ม anaerobes หรือ facultative

1.3 ช่วงการล้างวัตถุดิบถ้าล้างดินที่ติดออกมาไม่หมด ก็มีโอกาสสูงที่จะมีการปนเปื้อนของสปอร์ที่ติดมากับดิน

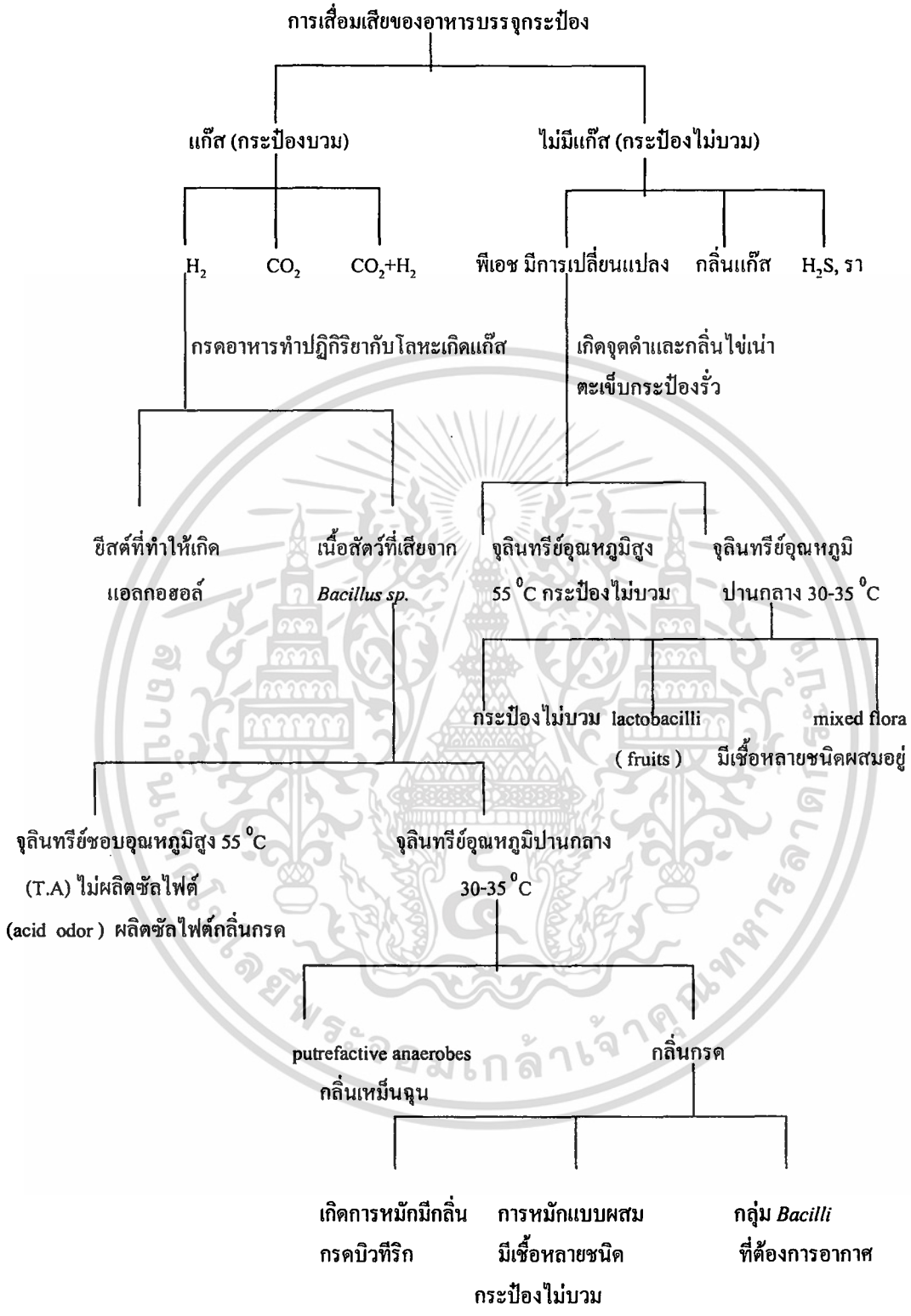
1.4 ผลกระทบจากข้อ 1 ถึงข้อ 3 รวมกัน

1.5 ประสิทธิภาพของ retort ในบางครั้งอาจเกิดข้อผิดพลาดเกี่ยวกับส่วนประกอบของ retort เช่น เทอร์โมมิเตอร์ เกย์วัดความดัน เป็นต้น ซึ่งจะก่อให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้

2) รอยรั่วตามรอยตะเข็บ (leakage through seams)

แบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์อาจติดมากับกระป๋องได้ตามรอยตะ-เข็บของกระป๋องในช่วงการทำให้เย็นภายหลังกระบวนการให้ความร้อนได้ ดังนั้นถ้ามีการตรวจพบแบคทีเรียที่มีมีรูปร่างกลม (cocci) หรือรูปร่างเป็นท่อน และไม่สร้างสปอร์ (nonsporeforming rods) ในอาหารกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้ว นั้นแสดงว่าอาหารกระป๋องนั้นเกิดการปนเปื้อนขึ้น ภายหลังกระ บวนการให้ร้อนแล้ว (วราวุฒิ ครูส่ง, : 95 – 96)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 แผนภูมิแสดงลักษณะการเสียของอาหารกระป๋อง

ที่มา : มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2538 : 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มัทนา แสงจินดาวงษ์ (2538 : 72) ได้สรุปสาเหตุต่างๆ ของการเสื่อมเสียของอาหารบรรจุกระป๋องไว้ในรูปของแผนภูมิ ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพที่ 4

2.3.8 จุลินทรีย์ที่สำคัญและเป็นสาเหตุทำให้อาหารกระป๋องเสีย

แบ่งออกเป็น 2 พวก คือ

1) พวกชอบอุณหภูมิสูง (thermophiles) แบคทีเรียชนิดนี้จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มักปนเปื้อนมาจากส่วนประกอบของอาหาร เช่น แป้ง และน้ำตาล เป็นต้น การที่อาหารกระเสียเพราะแบคทีเรียพวกนี้ ก็เนื่องมาจากการใช้ความร้อนการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ หรือหลังจากให้ความร้อนแล้วไม่ได้ทำให้อาหารกระป๋องเย็นทันที สปอร์ของแบคทีเรีย มีโอกาส งอก และเจริญได้ เราสามารถแบ่งแบคทีเรียพวกชอบอุณหภูมิสูงออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

- การเสียแบบแฟลตซาวร์ การเสียแบบนี้ได้ชื่อมาจาก ลักษณะกระป๋องที่เสียคือ กระป๋องยังมีลักษณะแบนเหมือนกระป๋องปกติในขณะที่อาหารภายในมีรสเปรี้ยวเนื่องจากการผลิตกรดแลคติกของแบคทีเรีย ดังนั้นการเสียแบบนี้จึงไม่สามารถสังเกตุลักษณะของกระป๋องได้ แต่ต้องเปิดกระป๋องนำมาเพาะเชื้อจึงทราบ การเสียแบบนี้จะเกิดในอาหารที่มีกรดต่ำ เช่น ข้าวโพด ถั่วกระป๋อง โดยมีสาเหตุมาจาก bacillus ชนิดต่างๆ เช่น *B. coagulansn* ทำให้น้ำมะเขือเทศกระป๋องเสียโดยทั่วไปมี bacillus หลายชนิดผลิตกรด โดยไม่ให้ก๊าซในอาหาร ซึ่งมีทั้งมีโซ - ฟายล์ และ ฟาคัลเททีฟเทอร์โมฟายล์ แต่สปอร์ของมีโซฟายล์จะถูกทำลายเพราะไม่ค่อยทนความร้อน จึงมักไม่ใช่สาเหตุของการเสียแบบแฟลตซาวร์ ส่วนสปอร์ของเทอโมฟายล์จะทนความร้อนได้ดี จึงมักเป็นสาเหตุของการเสียแบบแฟลตซาวร์ สำหรับออปลิเกตเทอร์โมฟายล์ เช่น *B. sterothermophilus* ซึ่งทนความร้อนได้ดีแต่เจริญในอาหารไม่ได้ ถ้าไม่เก็บอาหารไว้ที่อุณหภูมิสูง หรือทำให้อาหารเย็นช้าเกินไป ในขณะที่ ฟาคัลเททีฟเทอร์โม-ฟายล์ เจริญได้ในอุณหภูมิทั่วไป แฟลตซาวร์แบคทีเรียมักจะปนเปื้อนกับเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ เช่น เครื่องลวกและส่วนผสมของอาหาร ได้แก่ น้ำตาล แป้ง เป็นต้น

- การเสียแบบทีเอ แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเสียแบบนี้เรียกว่า T.A. ซึ่งมาจากคำว่า "thermophilic anaerobe not producing hydrogen sulfide" หรือหมายถึง *Clostridium thermosaccharolyticum* ซึ่งเป็นพวกออปลิเกตเทอร์โมฟายล์ สร้างสปอร์และไม่ต้องการออกซิเจน ย่อยน้ำตาลในอาหารที่เป็นกรดต่ำและปานกลางและให้กรดกับก๊าซ ก๊าซที่เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน ทำให้อาหารที่เก็บไว้ในอุณหภูมิสูงเป็นเวลานานเกิดการบวม จนอาจถึงขั้นระเบิดได้อาหารที่เสียมีรสเปรี้ยว แบคทีเรียชนิดนี้เจริญในอาหารเหลว เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

thioglycollate broth ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสได้ดีและมีแหล่งที่มาเช่นเดียวกับแฟลตซาวร์แบคทีเรีย

- การเสียแบบเกิดซัลไฟต์ การเสียแบบนี้มีสาเหตุจาก *Cl. nigrificans* ซึ่งทนความร้อนได้น้อยกว่า 2 พวกแรก เราจึงไม่พบในอาหารที่มีกรดต่ำ แต่พบในอาหารกระป๋องที่ลืมนำเข้าฆ่าเชื้อด้วยความร้อนและเก็บไว้ที่มีอุณหภูมิสูง การเสียแบบนี้สังเกตได้จากการเกิดสีดำของเฟอรัสซัลไฟต์กับธาตุเหล็กและมีกลิ่นเหม็น แบคทีเรียนี้มีแหล่งที่มาเช่นเดียวกับ 2 แบบแรก

2) พวกชอบอุณหภูมิปานกลาง (mesophiles)

แบคทีเรียชนิดนี้จะเจริญที่อุณหภูมิ 30 - 35 องศาเซลเซียสสกุลที่สำคัญซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุกระป๋องเสียมี 2 สกุล คือ *Bacillus* และ *Clostridium* การเสียเนื่องจากมีโซฟายล์นั้นเป็นผลมาจากการให้ความร้อนที่ไม่เพียงพอ และเนื่องจากอาหารได้รับความร้อนต่ำจึงอาจมีแบคทีเรียบางชนิดที่ไม่สร้างสปอร์หรือแม้แต่ยีสต์ และ รายังคงมีชีวิตอยู่ได้ *Clostirdium* ที่เป็นสาเหตุของการเสีย ได้แก่ *Cl. butyricum* และ *Cl. pasteurianum* ซึ่งสลายน้ำตาลในอาหารที่เป็นกรด และกรดปานกลางแล้วให้กรดบิวทิวริก และทำให้กระป๋องบวมเนื่องจากการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดเจน สำหรับ *Clostirdium* ชนิดอื่นๆ ได้แก่ *Cl. sporogenes, Cl. putrefaciens* และ *Cl. botulinum* เป็นพวกที่ย่อยโปรตีนได้หรือพวกพิวทริแฟ็ก-ทีฟ ซึ่งย่อยโปรตีนแล้วให้สารประกอบที่มีกลิ่นเหม็น เช่น ไฮโดเจนซัลไฟต์ เมอแคปแทน-แอมโมเนีย และอื่นๆดังได้กล่าวมาแล้ว พิวทริแฟ็กทีฟแอนแอโรบ ซึ่งเจริญได้ดีในอาหารที่มีกรดต่ำ เช่นถั่ว ข้าวโพด เนื้อสัตว์ ปลา เป็นต้นจะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดเจนออกมาด้วย กระป๋องจึงบวม สปอร์ของพวกพิวทริริกแฟ็กทีฟแอนแอโรบทนความร้อนได้สูงดังนั้นการเสียของอาหารกระป๋องที่ได้รับความร้อนที่ฆ่าเชื้อต่ำ การเสียจึงมักเป็นแบบแฟลตซาวร์ ทีเอ และพิวทริแฟ็กชั่น

เนื่องจากสปอร์ของ *Clostridium* ชนิดที่ให้กรดบิวทิริก ค่อนข้างทนความร้อนได้น้อยกว่าพวกอื่นๆ จึงมักเป็นสาเหตุให้เกิดการเสียในอาหารกระป๋องที่ได้รับความร้อนไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส ซึ่งจะใช้ฆ่าเชื้อในอาหารที่เป็นกรด หรืออาหารกระป๋องที่ผลิตในครัวเรือนเท่านั้นจึงพบเสมอว่า สับประรดกกระป๋อง มะเขือเทศกระป๋องมักเสียเนื่องจาก *Cl. pasteurianum* เป็นสาเหตุ

Bacillus ที่เป็นสาเหตุของการเสียจะมีสปอร์ที่ถูกทำลายในอุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาสั้น มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่ยังคงทนอยู่ได้หลังจากการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือด และสปอร์ที่มีชีวิตอยู่ไม่จำเป็นที่จะต้องเป็นสาเหตุของการเสียเสมอไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะสภาพแวดล้อมอาจไม่เหมาะสมต่อการงอกหรือเจริญ เช่น บางชนิดต้องการออกซิเจน ดังนั้นจึงไม่เจริญในภาชนะบรรจุที่ไล่อากาศออกได้หมดหรืออาหารที่มีความเป็นกรดสูงในอาหารที่มีกรดต่ำบรรจุกระป๋อง ที่ผลิตในครัวเรือนและผ่านความร้อน 100 องศาเซลเซียส มาแล้วเคยพบว่า *B. subtilis, B. mesentericus* และ สปีชีส์อื่นๆ เจริญอยู่ได้ อาหารกระป๋องที่ผลิตจำหน่ายก็เคยพบว่าเสียเนื่องจาก bacillus ชนิดต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาหารกระป๋องที่ไล่อากาศออกไม่หมด อาหารที่เสียแบบนี้มักเป็นอาหารทะเล เนื้อสัตว์ และ นมระเหยน้ำ มีรายงานว่า *B. polymyxa* และ *B. macerans* เป็นสาเหตุการเสียของถั่วกระป๋อง หน่อไม้ฝรั่ง และมะเขือเทศ แต่ยังเป็นที่สงสัยกันว่า แบคทีเรียรอดจากการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนได้อย่างไร หรืออาจเข้าไปทางรูรั่วของภาชนะบรรจุก็ได้ เพราะสปอร์ของแบคทีเรียเหล่านี้จะทนความร้อนได้ใกล้เคียงกับสปอร์ของ *Cl. pasteurianum* ถ้าพบว่า มีแบคทีเรียชนิดที่ไม่สร้างสปอร์อยู่ในอาหารกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้ว แสดงว่า อาหารนั้นได้รับความร้อนต่ำหรือมีการปนเปื้อนทางรูรั่วของภาชนะบรรจุ เซลล์ของแบคทีเรียบางชนิดจะทนความร้อนได้ค่อนข้างดี จึงอาจมีชีวิตอยู่หลังผ่านการพาสเจอไรส์ได้แบคทีเรียเหล่านี้ได้แก่ Enterococci, *Streptococcus thermophilus*, Micrococcus, Lactobacillus และ Microbacterium มีผู้เคยพบ Leuconostoc เจริญในผลิตภัณฑ์มะเขือเทศและผลไม้อื่นๆ ที่ได้รับความร้อนไม่เพียงพอ และผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากพอที่จะทำให้กระป๋องบวมได้นอกจากนี้ยังพบ *S. faecalis* หรือ *S. feacium* ในแฮมกระป๋องซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อมาเพียงบางส่วนเท่านั้นและทำให้แฮมเสียได้ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน

อย่างไรก็ตาม การพบแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ในอาหารกระป๋องมักแสดงว่า ภาชนะบรรจุเกิดการรั่ว ชนิดของแบคทีเรียที่พบมักเป็นชนิดเดียวกับที่พบในน้ำ ที่ใช้ทำให้กระป๋องเย็นหลังการให้ความร้อนได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ทำให้กระป๋องบวมเนื่องจากการผลิตก๊าซ ในบางครั้ง จะพบแบคทีเรียชนิดที่สร้างสปอร์รวมอยู่ด้วย และยังพบแบคทีเรียชนิดไม่ผลิตก๊าซ ซึ่งอาจเจริญไปพร้อมๆ กับ พวกผลิตก๊าซ หรือเจริญเพียงชนิดเดียวก็ได้ แบคทีเรียที่ไม่ผลิตก๊าซและไม่สร้างสปอร์ได้แก่ Psseudomonas, Alcaligenes, Flavobacterium และ Proteus นอกจากแบคทีเรียที่ทำให้อาหารกระป๋องเสียแล้ว ยีสต์และราก็สามารถทำให้อาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดสูง (pH < 4.6) เสียได้เหมือนกัน แต่ยังไม่พบรายงานว่า pH ของผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุกระป๋อง ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์และราก็เป็นได้

- การเสียที่มียีสต์เป็นสาเหตุยีสต์จะถูกทำลายได้ง่ายโดยการพาสเจอไรส์ ดังนั้นจึงมักพบยีสต์ในอาหารกระป๋องที่ลืมนำเข้ากระบวนการให้ความร้อนหรือเกิดรูรั่ว บางครั้งจะพบว่าผลไม้กระป๋อง แยม เยลลี่ น้ำผลไม้ต่างๆ น้ำหวาน และนมข้นหวานเสียโดยเฟอร์เมนเททีฟยีสต์ ทำให้กระป๋องบวมเพราะการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังพบการเจริญของฟิล์มยีสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนผิวหน้าของเยลลี่ อาหารหมักดองต่างๆ ซึ่งแสดงว่ามีการปนเปื้อนขึ้นภายหลังการให้ความร้อน หรือการให้ความร้อนไม่เพียงพอหรือไล่อากาศออกจากกระป๋องได้ไม่หมด

- การเสียที่มีราเป็นสาเหตุ

รา มักทำให้อาหารกระป๋องที่ผลิตขึ้นในครัวเรือนเสียมากที่สุด สาเหตุเกิดจากราเข้าทางรูรั่วของภาชนะบรรจุ ราเจริญได้ในแยม เยลลี่ มามาเรด และอาหารอื่นๆ ได้ แม้ว่าอาหารเหล่านี้จะมีน้ำตาลเข้มข้นถึงร้อยละ 70 และมีความเป็นกรดสูงก็ตาม เคยมีผู้แนะนำว่าถ้านำแยมที่มีน้ำตาลเข้มข้นร้อยละ 70 – 72 และมีกรดร้อยละ 0.8 – 1.0 จะสามารถหลีกเลี่ยงการเสียเนื่องจากราได้ Aspergenllus และ Penicillium ชนิดที่พบในเยลลี่และน้ำผลไม้เข้มข้นจะสามารถเจริญในอาหารที่มีน้ำตาลเข้มข้นสูงร้อยละ 67.5 ได้ การทำให้อาหารเป็นกรดโดยมี pH เท่ากับ 3 จะช่วยป้องกันการเจริญของราชนิดนี้ได้ และถ้าให้อาหารได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศา - เซลเซียส นาน 1 นาที ก็จะทำลายราได้หมด ราบางชนิดทนความร้อนได้ดีพอสมควร เช่น พวกที่สร้างสเคอโรเทียม และ *Byssochlamys fulva* (ราที่ย่อยสลายเพคติน) มีแอสโคสปอร์ที่ทนความร้อนได้ จึงอาจเป็นสาเหตุให้น้ำผลไม้บรรจุกระป๋องเสีย

การเสียของอาหารกระป๋องเนื่องมาจากจุลินทรีย์ กระป๋องอาจมีลักษณะบวมหรือไม่บวมก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารกระป๋องชนิดนั้นเสีย นอกจากนี้แล้วส่วนประกอบของอาหารก็ต้องทราบส่วนประกอบ หรืออาหารที่ทำการผลิตนั้นมีความเป็นกรดด่าง (pH) เท่าใดเพื่อจะได้ใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อได้อย่างถูกต้อง และในทำนองเดียวกันถ้าอาหารนั้นเสีย ผู้ตรวจสอบก็จำเป็นต้องทราบว่า อาหารกระป๋องที่เสียนั้น มีความเป็นกรดด่างเท่าใด เพื่อเป็นข้อมูลว่าอาหารกระป๋องนั้นเสียจากจุลินทรีย์ประเภทไหน ในอาหารที่มีกรดต่ำมักจะเกิดการเสียแบบแฟลตซาวร์และแบบ พิวทริแฟ็กชั่น อาหารที่มีความเป็นกรดปานกลางมักจะเสียแบบทีเอ อาหารที่มีความเป็นกรดมักเสียเนื่องจากมีการเจริญของแฟลตซาวร์แบคทีเรียพวก *Bacillus coagulans* และ Clostridium ชนิดย่อยน้ำตาลได้ ส่วนอาหารที่มีความเป็นกรดสูงนั้นโดยทั่วไปแล้วมักจะไม่เสียเนื่องจากการเจริญของจุลินทรีย์ แต่เกิดการบวมเนื่องจากกรดในอาหารทำปฏิกิริยากับกระป๋อง (สุมาลี เหลืองสกุล, 2535 : 186 – 189)

2.3.9 การเสียของอาหาร low acid canned food (LACF) มีสาเหตุสำคัญ 4 ข้อดังนี้

1. อาหารเสียก่อนผ่านความร้อน อาหารกระป๋องเมื่อบรรจุแล้วไม่นำไปผ่านร้อนทันที ซึ่งอาจเกิดจากการผลิตอาหารชนิดนั้น ต้องใช้เวลานานในการบรรจุ หรือมีเครื่องฆ่าเชื้อไม่เพียงพอต้องวางอาหารที่บรรจุแล้วไว้ที่อุณหภูมิห้องนานเกินไป ก่อนที่จะนำไปฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหาจุลินทรีย์จะใช้เวลาช่วงนั้นในการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่อยสลายสารอาหาร ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพและเสีย อาหารจะมีกลิ่นรสเปลี่ยนไป หลังจากที่อาหารเสียแล้ว เมื่อนำไปฆ่าเชื้อก็เพียงแต่ทำลายแบคทีเรียเท่านั้น แต่ความเป็นจริงแล้วอาหารได้เสื่อมคุณภาพก่อนที่จะผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

2. อาหารมีการปนเปื้อนแบคทีเรียหลังจากผ่านความร้อนแล้ว อาหารมีการปนเปื้อนแบคทีเรีย เกิดขึ้นหลังจากที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วนั้น เนื่องจากกระป๋องรั่วและสาเหตุของกระป๋องรั่ว อาจเกิดจากกระป๋องมีลักษณะผิดปกติ มีรูรั่ว ปิดผนึกฝากระป๋องไม่แน่นสนิท ตะเข็บกระป๋องมีรอยรั่วหรือตะเข็บแตก หรือตัวกระป๋องมีรู เล็กๆ เกิดจากการขนส่งไม่ดี และน้ำที่ใช้ในการทำให้กระป๋องเย็นนั้น มีแบคทีเรียอยู่เป็นจำนวนมาก ในการวิเคราะห์คุณภาพของอาหารกระป๋อง ถ้าพบว่า ในอาหารกระป๋องมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่มากมายหลายชนิด ทั้งรูปกลมและรูปแท่ง พอจะสรุปได้ว่า การเสียของอาหารกระป๋องนั้นมีสาเหตุมาจากกระป๋องรั่ว

3. อาหารผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ ถ้าพบว่ามีแบคทีเรียชนิดที่สร้างสปอร์ได้ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส กระป๋องในสภาพปกติ ตะเข็บกระป๋องไม่มีรอยรั่ว อธิบายได้ว่า อาหารกระป๋องเสียเนื่องจากการใช้ความร้อนในกระบวนการผลิตนั้นไม่เพียงพอ ซึ่งอาจเกิดจากวัตถุดิบมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่มากเกินไปหรือปล่อยให้อาหารที่บรรจุแล้วรอก่อนเข้าเครื่องฆ่าเชื้อไว้นานเกินไปจนกระทั่งจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบนั้นมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น การทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อผิดปกติ เช่น เครื่องบันทึกอุณหภูมิและฆ่าเชื้อไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง ทำให้อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ ในบางครั้งมีการเปลี่ยนแปลงสูตรอาหารใหม่โดยที่ยังไม่ได้ทดลอง และคำนวณค่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปใหม่ นั่นคือ อุณหภูมิและเวลาสำหรับฆ่าเชื้อนั้นอาจไม่เพียงพอก็ได้ อาหารที่ผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอนับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องตรวจสอบให้ถูกต้อง เนื่องจากอาจเกิดอันตรายจาก *Clostridium botulinum* ได้

4. อาหารมีการเจริญเติบโตของ thermophile โดยทั่วไปแบคทีเรียชนิดสร้างสปอร์และเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงจะมีสปอร์ที่ทนความร้อนได้ดี ดังนั้นสปอร์ของ thermophile ที่ทนความร้อนได้ดีกว่าสปอร์ของ mesophile

จากคุณสมบัติของสปอร์ thermophile ที่ทนความร้อนได้ดีกว่าสปอร์ของ mesophileจึงมักพบว่า อาหารกระป๋องที่ผ่านความร้อนในระดับที่ทำลายสปอร์ของ mesophile นั้น ยังคงมีสปอร์ของแบคทีเรียชนิด ชอบความร้อนเหลืออยู่ จึงทำให้อาหารเกิดการเสียจากแบคทีเรียชนิดดังกล่าวได้ ผู้ประกอบการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารควรควบคุมให้ขั้นตอนการทำให้กระป๋องเย็นภายในเวลาอันสั้น ไม่ควรให้กระป๋องอยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงนานเกินไป ซึ่งถ้าอาหารมีอุณหภูมิสูงจะเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดชอบความร้อนได้ และเป็นสาเหตุของการเสียของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารกระป๋องในที่สุด และควรเก็บอาหารไว้ที่อุณหภูมิที่แบคทีเรียชนิดชอบความร้อนไม่สมารถเจริญเติบโตได้

เนื่องจากกระบวนการแปรรูปอาหารกระป๋องไม่สามารถทำลายสปอร์ของแบคทีเรียที่ทนความร้อนได้ ผู้ประกอบการจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงจากการปนเปื้อนของ thermophileให้มากที่สุด กล่าวคือ ควรเลือกใช้ส่วนผสมต่างๆ เช่นน้ำตาล แป้ง และเครื่องเทศที่มีคุณภาพดี ไม่ควรมีแบคทีเรียชนิดทนความร้อนอยู่ด้วย หลังจากผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อแล้ว ควรแช่น้ำให้กระป๋องเย็นลงทันที ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 41 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ควรเก็บอาหารกระป๋องไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 35 องศาเซลเซียส ด้วย

2.3.10 ปัจจัยต่างๆที่ทำให้อาหารกระป๋องเสีย

ปัจจัยต่างๆที่ทำให้อาหารกระป๋องเสียมีดังนี้

1.วัตถุดิบ จุลินทรีย์ที่มาจากวัตถุดิบอาจมาจากดิน น้ำ อากาศ คนและสัตว์

2. เครื่องปรุง เครื่องปรุงที่ใช้มักเป็นสื่อนำจุลินทรีย์หลายชนิดมาสู่อาหาร เช่น แป้ง น้ำตาลและเครื่องเทศ เป็นต้น

3. อุปกรณ์ในโรงงาน อุปกรณ์ในโรงงานมักเป็นแหล่งของจุลินทรีย์จำพวก flat sour ชนิด thermophile

4. กระป๋องควรล้างและทำให้แห้งก่อนนำไปบรรจุอาหาร

5. น้ำที่ใช้ในการทำให้เย็น (cooling) จุลินทรีย์จากแหล่งน้ำ อาจปนเปื้อนเข้าไปได้ถ้ากระป๋องรั่ว (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2538 : 63 –66)

2.3.11 การป้องกันการเสียในการผลิตอาหารกระป๋อง

มัทนา แสงจินดาวงษ์ (2538 : 70 – 71) ได้บอกวิธีการป้องกันการเสียในการผลิตอาหารกระป๋องไว้ดังนี้

1. ควรใช้วัตถุดิบที่สด

2. ควรทำการผลิตอาหารทันทีหลังจากเตรียมอาหารเสร็จแล้ว

3. ควรใช้ส่วนประกอบของอาหาร เช่น แป้ง หรือ น้ำตาลที่ได้มาตรฐานทางจุลินทรีย์

4. ใช้กระป๋องบรรจุอาหารที่มีคุณภาพดี และ บรรจุอาหารในปริมาณที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ตรวจเครื่องปิดผนึกฝากระป๋อง (seamer) และตะเข็บของกระป๋องเมื่อพบสิ่งผิดปกติจะได้รีบแก้ไข

6. ให้ความร้อนแก่อาหารกระป๋องอย่างเพียงพอ และถูกต้อง

7. หมั่นตรวจน้ำที่ใช้สำหรับ cooling กระป๋องให้เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด

8. ตรวจสอบคนงานให้ระมัดระวังในการนำอาหารกระป๋องเข้าและออก retort และการนำไปเก็บในโกดัง

9. เก็บอาหารกระป๋องไว้ในที่อากาศถ่ายเทได้สะดวกอุณหภูมิไม่สูงเกินไป

2.4 การตรวจสอบอาหารกระป๋อง

การผิดปกติของอาหารกระป๋องมีหลายแบบ เช่น การผิดปกติภายในกระป๋อง การบวมของอาหารกระป๋อง การบุบหรือการเกิดสนิมของอาหารกระป๋อง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการตรวจสอบทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ จึงจะสามารถวินิจฉัยสาเหตุการเสื่อมเสีย วิธีการตรวจสอบได้แก่ การทดสอบโดยการบ่ม และการตรวจสอบหาสาเหตุของการเสื่อมเสีย

1. การทดสอบโดยการบ่ม

เมื่ออาหารกระป๋องได้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ และทำให้เย็นแล้ว การสุ่มตัวอย่างของอาหารกระป๋องเก็บในตู้บ่มเชื้อ การสุ่มตัวอย่างมี 2 วิธี คือ การใช้ตัวอย่างจำนวนน้อย และการใช้ตัวอย่างจำนวนมาก ซึ่งวิธีนี้จะให้ผลที่แน่นอนกว่า อุณหภูมิที่ใช้บ่มขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อที่จะตรวจ เช่น เชื้อชนิดที่สร้างสปอร์ทนความร้อนได้ปานกลาง จะบ่มที่ 30 – 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 14 วัน ส่วนเชื้อที่ทนความร้อนสูงจะบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วันหรือ 10 วัน

1.1 การตรวจสอบตัวอย่างเพื่อตรวจเชื้อ นำตัวอย่างจากตู้บ่มเชื้อแล้วทิ้งให้อุณหภูมิลดลงเหลือเท่าอุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นแช่ในน้ำยาฆ่าเชื้อ 10 นาที และล้างด้วยน้ำที่มีปริมาณคลอรีน 100 ส่วนในล้านส่วน เช็ดกระป๋องให้แห้งด้วยกระดาษ หรือ ผ้าที่สะอาด หรือทำความสะอาดบริเวณที่จะเจาะฝาด้วยแอลกอฮอล์แล้วจุดไฟ หลังจากนั้นวัดค่าสุญญากาศในกรณีที่กระป๋องไม่บวม และนำตัวอย่างออกจากกระป๋อง ขั้นตอนที่กล่าวมาทั้งหมดกระทำในบรรยากาศที่ปราศจากเชื้อ

1.2 การเตรียมอาหารเพาะเชื้อ

1) อาหารชนิดกรดต่ำ (พีเอช 4.5 หรือสูงกว่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตรวจแบคทีเรียชนิดที่ต้องการอากาศ นำหลอดที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ dextrose tryptone bromcresol purple broth จำนวน 4 หลอด ใส่อาหารหลอดละ 2 กรัม หรือ 2 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร นำ 2 หลอดไป บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสและอีก 2 หลอดบ่มที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 – 72 ชั่วโมง

- ตรวจแบคทีเรียชนิดไม่ต้องการอากาศ นำหลอดที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ liver broth และ P.E.2 broth มาอย่างละ 4 หลอด ใส่อาหารหลอดละ2 กรัม หรือ 2 ลูกบาศก์-เซ็นติเมตร แล้วค่อยๆ เทวุ้นทับข้างบน นำ 2 หลอดไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส และอีก 2 หลอดไปบ่มที่ 55 องศาเซลเซียส

2) อาหารชนิดกรดสูง (พีเอชน้อยกว่า 4.5)

- ตรวจแบคทีเรียชนิดต้องการอากาศ นำหลอดที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ orange serum broth มา 2 หลอด ใส่อาหารไปหลอดละ 2 กรัม หรือ 2 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร แล้วนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเวียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

- ตรวจแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการอากาศ นำหลอดที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ liver broth มา 2 หลอด ใส่อาหารหลอดละ 2 กรัม หรือ 2 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร แล้วค่อยๆ เทวุ้นทับไว้ข้างบน นำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

2. การตรวจหาสาเหตุของการเสื่อมเสีย

การเก็บตัวอย่างจะเก็บ 6 – 12 กระป๋อง โดยการทำการสุ่มจากกระป๋องที่ผลิตขึ้น ตัวอย่างที่เก็บมานั้นจะต้องมีตะเข็บปกติ และไม่บุบ

จากนั้นทำการตรวจสอบประวัติการบรรจุ ชนิดอาหาร สถานที่เก็บตัวอย่าง ขนาดกระป๋อง รหัสบนฝากระป๋อง สภาพของกระป๋อง เช่น รอยบุบ รอยโก่ง หรือสิ่งผิดปกติ เมื่อตรวจสภาพทางกายภาพแล้ว จึงนำมาตรวจทางจุลินทรีย์ โดยทำความสะอาดฝากระป๋อง หรือบริเวณที่ทำการเจาะเปิดด้วยแอลกอฮอล์แล้วจุดไฟ แล้วทำการเพาะเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อที่กล่าวไว้ในขั้นตอนการตรวจสอบโดยวิธีการบ่มเชื้อ โดยเลือกอาหารเลี้ยงเชื้อให้ถูกกับชนิดของอาหาร

3. การควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสีย

การควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารกระป๋อง จะได้ผลนั้น จะต้องมีวงจรการควบคุมคุณภาพตลอดกระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง ตลอดจนมีวิธีการควบคุมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยแต่อย่างไรก็ตามก็เป็นสิ่งที่ยากที่จะหาวิธีการตรวจสอบและควบคุมที่มีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง ฉะนั้นสิ่งที่จะกระทำได้ดีที่สุด คือ การจัดแผนป้องกันทุกๆ จุดในกระบวนการอย่างเข้มงวด โดยกลุ่มคนของแผนกประกันคุณภาพ (กุลยา จันทร์อรุณ, 2533 : 167- 169)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

ก. วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต

ส่วนผสมข้าวหอมมะลิผสมงาขาว

1. ขาวหอมมะลิ	50	กรัม
2. งาขาว	5	กรัม
3. น้ำสะอาด	80 - 90	มิลลิลิตร

อุปกรณ์

1. หม้อนึ่งไอน้ำร้อน (boiler)
2. รางไล่อากาศ (exhauster)
3. เครื่องปิดผนึกฝากระป๋อง (seamer)
4. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort)
5. เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer) ขนาด 0 – 100 องศาเซลเซียส ชนิดปรอท
6. เครื่องชั่งพิกัด 500 กรัม
7. เครื่องปั่นละเอียด (blender)
8. กระป๋องเคลือบแลคเกอร์ (lacquer can) ชนิดกระป๋อง 2 ชิ้น ขนาด 307 x 113

ข. อุปกรณ์และสารเคมีในการทดสอบคุณภาพ

อุปกรณ์

1. ตู้บ่มเชื้อ (incubator)
2. ตู้อบลมร้อน(hot air oven)
3. เครื่องวัดสุญญากาศ (vacuum gauge)
4. เครื่องวัดความเป็นกรด – ด่าง (pH meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (varnier caliper) หรือไม้บรรทัดละเอียด

6. เครื่องชั่งพิกัด 500 กรัม

7. ชุดเครื่องมืออุปกรณ์การไตเตรท

8. ชุดอุปกรณ์การทดสอบทางประสาทสัมผัส

สารเคมี

1. ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein)

2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxside) ความเข้มข้น 0.002 N

ค. อุปกรณ์ทำรูเล่มปัญหาพิเศษ

1. กระดาษ A 4	1	รีม
2. อุปกรณ์เครื่องเขียน	1	ชุด
3. แผ่นดิสก์	3	แผ่น
4. ฟิล์มสี	1	ม้วน

3.2 วิธีการ

การวางแผนการวิจัย

การหาค่าความเป็นกรดด่างของข้าวหอมมะลิผสมงาขาว เพื่อต้องการหาอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ซึ่งมีวิธีการหาค่า พีเอช ดังนี้

ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวตามสูตรการผลิต นำข้าวหอมมะลิ งาขาวที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนจนสุก รวมกัน 50 กรัม มาปั่นพอละเอียด เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นำไปวัดด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดด่าง ค่าพีเอช ของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวเท่ากับ 6.42 แสดงว่าข้าวหอมมะลิผสมงาขาวเป็นอาหารประเภทที่มีกรดต่ำ (low acid food) คือ อาหารที่มีค่า พีเอชสูงกว่า 4.6 ทำให้ต้องใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ดังนั้นในที่นี้จะใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ตามอ้างอิงของ คนิดา ราชปักและดวงกมล เสริมสันติธรรม (2543 : 53)

การศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ

1. การศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องที่เหมาะสม และ ประเมินต้นทุนในการผลิต โดยทำการผลิตตามขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 5, 6 และ 7

1.1 การเตรียมข้าวหอมมะลิ นำข้าวหอมมะลิมาล้างให้สะอาด เอาเศษไม้ หญ้าออก

1.2 การเตรียมงาขาว นำงาขาวคั่วด้วยไฟอ่อนให้สุกก่อน

1.3 การเตรียมน้ำสะอาด โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 น้ำสะอาดปริมาตร 80 มิลลิลิตร ส่วนที่ 2 น้ำสะอาดปริมาตร 90 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 บรรจุส่วนผสมที่เตรียมไว้ตามสูตรลงในกระป๋อง

1.5 นำผ่านเข้ารางไล่อากาศ (exhauster) 1 รอบ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 16 นาที เพื่อไล่อากาศภายในอาหารให้เป็นสุญญากาศมากที่สุด วัดอุณหภูมิใจกลางของกระป๋องให้ได้ 80 องศาเซลเซียส ขึ้นไป

1.6 นำไปปิดผนึกด้วยเครื่อง (double seamer) การซ้อนกันของตะเข็บกระป๋องต้องเกินกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

1.7 เช็ดทำความสะอาดภายนอกกระป๋องด้วยผ้าชุบน้ำสะอาด เรียงใส่ตะกร้าสำหรับเข้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort)

1.8 ฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำที่มีความดันสูง (อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว)

1.9 ทำให้เย็นทันที (cooling) ด้วยน้ำไหลผ่าน ที่อุณหภูมิ 40 –45 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์พวก thermophile และป้องกันการเกิดลักษณะ over cook ของผลิตภัณฑ์

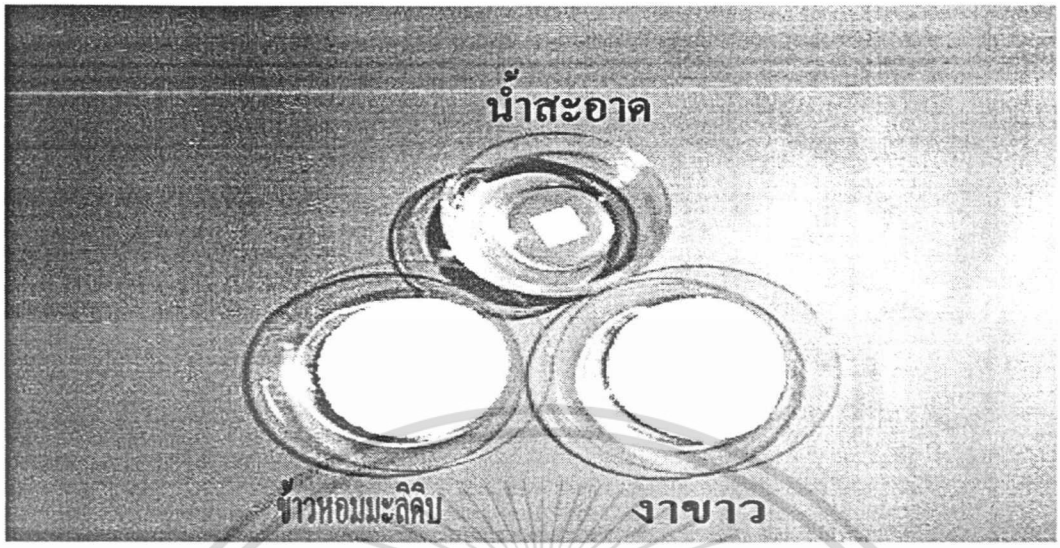
1.10 ทิ้งไว้ 1 คืน เปิดกระป๋องข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวจากวิธีการผลิตที่แตกต่างกันทั้ง 2 วิธีการ คือ วิธีการที่ 1 ข้าวหอมมะลิดิบ 50 กรัม ผสมงาขาว 5 กรัม เติมน้ำสะอาด 80 มิลลิลิตร ผ่านเข้ารางไล่อากาศ และวิธีที่ 2 คือ ข้าวหอมมะลิดิบ 50 กรัม ผสมงาขาว 5 กรัม เติมน้ำสะอาด 90 มิลลิลิตร ผ่านเข้ารางไล่อากาศ เพื่อต้องการนำวิธีการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องที่มีคุณลักษณะที่ดีที่สุด

1.11 จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องวิธีการที่ 1 คือ ข้าวหอมมะลิดิบ 50 กรัม ผสมงาขาว 5 กรัม เติมน้ำสะอาด 80 มิลลิลิตร ผ่านเข้ารางไล่อากาศ มีลักษณะทางประสาทสัมผัสดีที่สุด ดังนั้นจึงนำวิธีการที่ 1 มาทำการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย

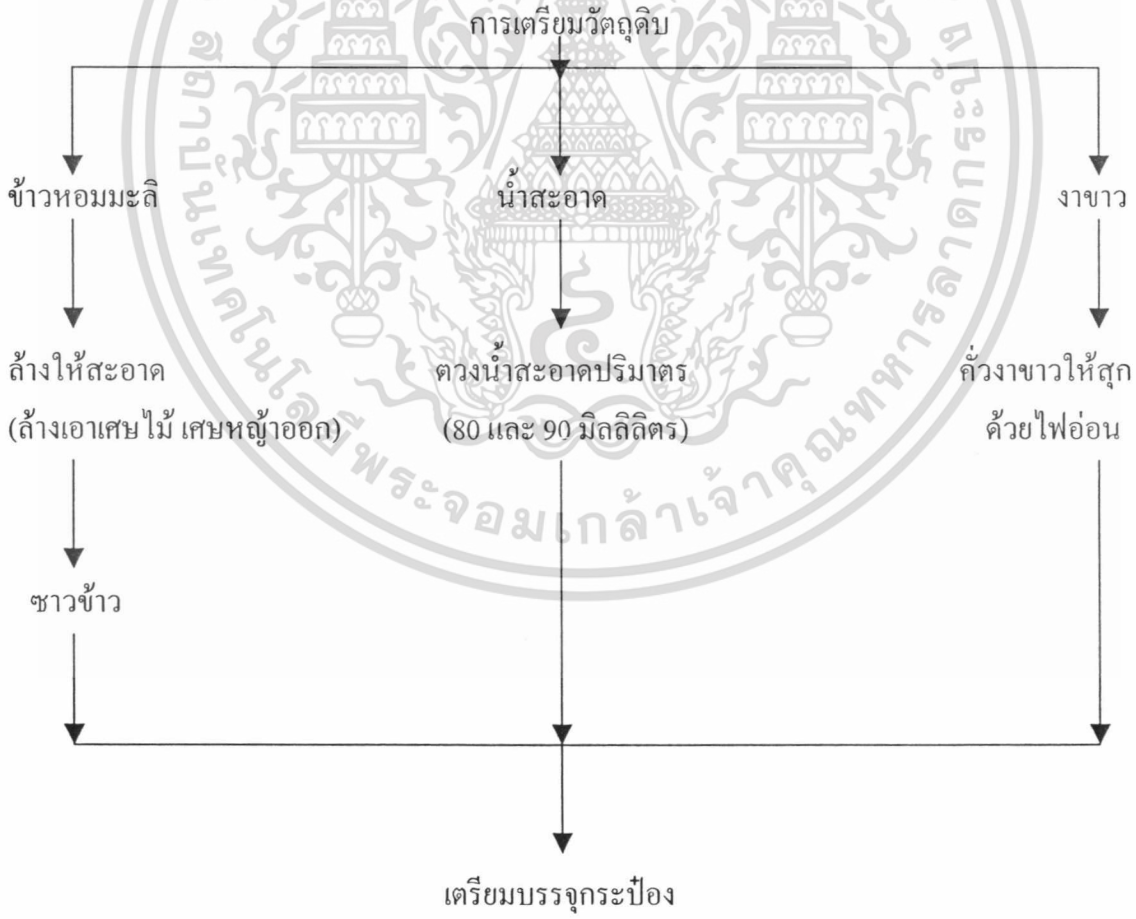
1.12 จากนั้นเพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวกที่ทนความร้อนได้สูง (thermophie) จึงนำตัวอย่างที่ผลิตได้จำนวน 10 กระป๋อง เข้าบ่มในตู้บ่มเชื้อ (incubator) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ส่วนตัวอย่างที่เหลือวางตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน โดยไม่ให้ถูกแสงแดด เมื่อครบกำหนดจึงนำไปตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

1.13 คำนวณต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (กระป๋อง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

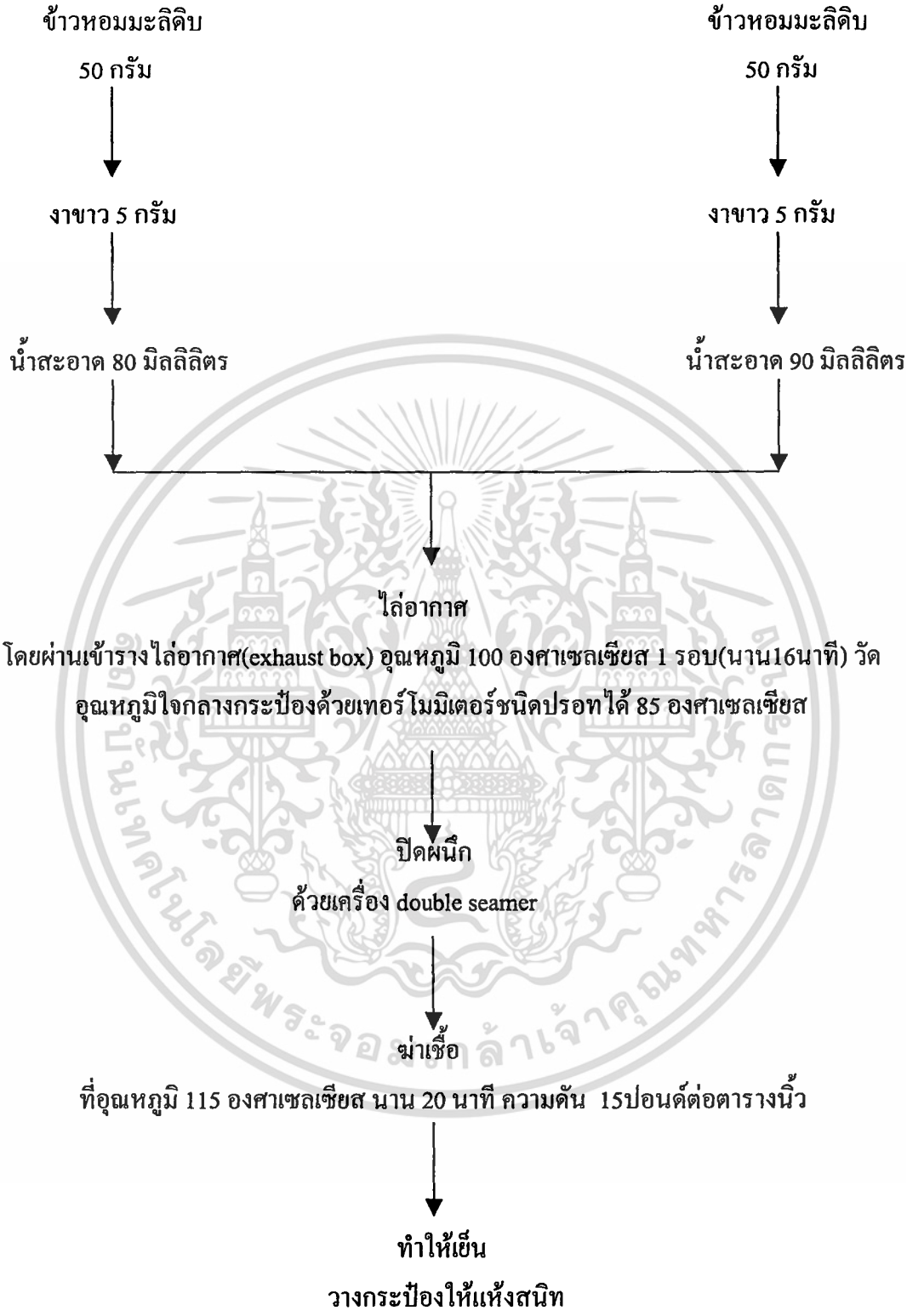


ภาพที่ 5 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบในการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบคุณภาพ

ปิดฉลากและบรรจุหีบห่อ

ภาพที่ 7 ขั้นตอนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง

2. การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องหลังกระบวนการผลิต

ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ขั้นตอนการตรวจสอบมีดังนี้

2.1 บันทึกลักษณะภายนอกของกระป๋อง ได้แก่ ขนาดกระป๋อง ลักษณะภายนอกโดยทั่วไปของกระป๋อง ตรวจและบันทึกสภาพภายนอกของกระป๋องที่พบ ซึ่งอาจพบในลักษณะ flat can , hard swell , และ solf swell เป็นต้น

2.2 ชั่งน้ำหนักทั้งหมดของกระป๋องบรรจุอาหาร (total weight) วัดความดันสุญญากาศภายนอกกระป๋อง โดยใช้เครื่องวัดความดัน (vacuum gauge)

2.3 บันทึกลักษณะภายในกระป๋อง โดยวัด gross headspace ซึ่งหมายถึง ระยะทางตั้งแต่ผิวหน้าผิวหน้าของอาหารจนถึงขอบบนของกระป๋อง

2.4 ชั่งน้ำหนักสุทธิ (net weight) โดยนำกระป๋องเปล่าพร้อมฝามาล้างและเช็ดให้แห้ง อบให้แห้งสนิท ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำมาชั่งน้ำหนักของกระป๋องเปล่าแล้วนำมาหักจากน้ำหนักทั้งหมด ก็จะเป็นค่าน้ำหนักสุทธิ

2.5 นำตัวอย่างอาหารกระป๋องปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำมาหา cut out pH โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง และวัดค่าปริมาณกรดทั้งหมด โดยนำตัวอย่างที่ปั่นแล้วมาไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.002 N โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

2.6 ตรวจดูรอยขีดข่วน ลักษณะการฉาบดีบุกหรือแลคเกอร์ ตรวจดูจนการกัดกร่อนภายในเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง

โดยการนำผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องที่ได้จากการผลิตและผ่านการตรวจสอบคุณภาพที่ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนหลงเหลืออยู่ ด้วยวิธีการบ่มที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 14 วัน และวางไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 37 องศาเซลเซียส โดยไม่ให้ถูกแสงแดด เป็นเวลานาน 14 วัน แล้วนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รส ชาติ และความชอบรวมของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ทั้ง 2 ตัวอย่างที่ทำการผลิต

3.3 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหาร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ.2546 – เดือนมีนาคม พ.ศ.2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาวิธีการผลิตที่เหมาะสมในการข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง และประเมินต้นทุนในการผลิต การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี และศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1 ศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง

วิธีการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องในการทดลองแบ่งการผลิตเป็น 2 วิธีการ ดังนี้ วิธีการที่ 1 คือ นำข้าวหอมมะลิดิบ 50 กรัมผสมกับงาขาว 5 กรัมเติมน้ำสะอาด 80 มิลลิลิตร วิธีการที่ 2 คือนำข้าวหอมมะลิดิบ 50 กรัมผสมกับงาขาว 5 กรัมเติมน้ำสะอาด 90 มิลลิลิตร จากนั้นนำข้าวบรรจุใส่กระป๋อง รวมทั้งส่วนผสมทั้งหมด ได้แก่ น้ำสะอาดและงาขาวโดยการกำหนดสูตรการผลิตและควบคุมวิธีการผลิตทุกขั้นตอนให้เหมือนกัน หลังจากนั้นไล่อากาศในข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ทันทีที่ออกจากรางไล่อากาศ 1 รอบ อุณหภูมิใจกลางที่วัดได้เท่ากับ 85 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วง 80–85 ซึ่งตรงตามที่ ทนง ภัครัชพันธุ์ (2524 : 80–83) กล่าวว่า อุณหภูมิใจกลางของอาหารกระป๋องมีค่าระหว่าง 80-95 องศาเซลเซียส แสดงว่าจากการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องผลการวัดค่าเป็นไปตามข้อมูลของ ทนง ภัครัชพันธุ์ ดังที่ได้รายงานไว้ ลักษณะภายนอกของกระป๋องมีลักษณะคือ ฝากระป๋องโค้งเว้าเข้าด้านในไม่บิดเบี้ยว ตัวของกระป๋องไม่โป่งพองหรือบุบดังที่ Heid และ Joslyn (1963 : 149–150) กล่าวถึงลักษณะภายนอกของกระป๋องว่า ฝากระป๋องโค้งเว้าเข้าด้านในแสดงว่าอาหารภายในกระป๋องยังคงมีสภาพดีลักษณะของกระป๋องที่ดีเกิดจากสภาวะสุญญากาศภายในกระป๋องที่เหมาะสมการผลิตเป็นไปตามขั้นตอนของการผลิตอาหารกระป๋อง

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องทั้ง 2 วิธีการ เพื่อทำการเลือกวิธีการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง โดยวิธีที่ยอมรับมากที่สุด คือ วิธีการที่ 1 นำข้าวหอมมะลิดิบ 50 กรัมผสมกับงาขาว 5 กรัมเติมน้ำสะอาด 80 มิลลิลิตร ทำให้ได้วิธีการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องที่มีลักษณะดีที่สุด เมื่อนำมาเปิดกระป๋องเพื่อตรวจสอบลักษณะปรากฏของข้าวหอมมะลิผสมงาขาว ดังแสดงในภาพที่ 8 และจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า กระบวนการผลิตวิธีที่ 1 ดีกว่าวิธีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การตรวจสอบคุณภาพของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง

ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องที่ผ่านการบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลา 14 วัน กับข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องที่ได้วางไว้สภาพบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิห้อง 32 องศาเซลเซียส เวลา 14 วัน

4.2.1 การตรวจสอบทางกายภาพข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง

ผลตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องที่บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลา 14 วัน และบ่มที่อุณหภูมิห้อง เวลา 14 วันได้ผลการตรวจสอบดังต่อไปนี้ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการตรวจสอบคุณภาพข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องทางกายภาพ

ลักษณะที่ตรวจสอบ	อุณหภูมิที่ใช้บ่ม	
	37 องศาเซลเซียส	55 องศาเซลเซียส
วันที่ผลิต (production date)	16/01/47	16/01/47
ขนาดกระป๋อง (size)	307x111	307x111
สุญญากาศ (vacuum, in.Hg)	11	12
ช่องว่างสุญญากาศ (head space, in)	1/32	2/32
น้ำหนักทั้งหมด (total weight)	179	175
น้ำหนักกระป๋อง (can weight, g)	40	40
น้ำหนักเนื้อ (drained weight, g)	130	128
น้ำหนักสุทธิ (net weight, g)	139	135
สี (color)	ข้าวหอมมะลิมีสีขาว-เหลือง	ข้าวหอมมะลิมีสีขาว - เหลือง
กลิ่น (smell)	มีกลิ่นหอมของงาขาว	มีกลิ่นหอมของงาขาว
รสชาติ (test)	หวานมัน	หวานมัน
สิ่งแปลกปลอม (extraneous matter)	-	-
สภาพกระป๋องภายนอก (can condition)	ฝากระป๋องโค้งเว้าเข้า ด้านในเล็กน้อยไม่บุบ ไม่มีสนิมและรอยขีดข่วน	ฝากระป๋องโค้งเว้าเข้า ด้านในเล็กน้อยไม่บุบ ไม่มีสนิมและรอยขีดข่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ พบว่า สภาพกระป๋องภายนอกและภายในข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องมีสภาพปกติดี การตรวจสอบกระป๋องไม่บุบ ไม่มีสนิม หรือรอยขีดข่วน รอยแลคเกอร์ถลอก กระป๋องไม่โป่งพองออกของทุกวิธีการผลิต ฝากระป๋องมีลักษณะโค้งเว้าเข้าภายในเล็กน้อย ค่าความเป็นสุญญากาศ ของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ค่าที่วัดได้ 11 และ 12 นิ้วปรอท ซึ่งค่าความเป็นสุญญากาศของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ค่าช่องว่างเหนืออาหาร (head space) ค่าที่วัดได้ 1/32 และ 2/32 นิ้ว การตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมไม่พบสิ่งแปลกปลอมในข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องที่ทำการทดลองในห้องแปรรูปอาหาร

4.2.2 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ที่ผ่านการบ่มในตู้บ่มเชื้อ (incubator) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลา 14 วันกับที่วางไว้ในสภาพบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิห้อง 32 องศาเซลเซียส เวลา 14 วัน เพื่อสังเกตการเจริญของจุลินทรีย์พวกที่ทนความร้อนสูง (thermophile) ผลการตรวจสอบปรากฏผลต่อไปนี้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง

ลักษณะที่ตรวจสอบ	อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม	
	37 องศาเซลเซียส	55 องศาเซลเซียส
ความเป็นกรด-ด่าง (cut out pH)	6.37	6.42
เปอร์เซ็นต์ acidity (percent lactic acid)	0.0025	0.0028

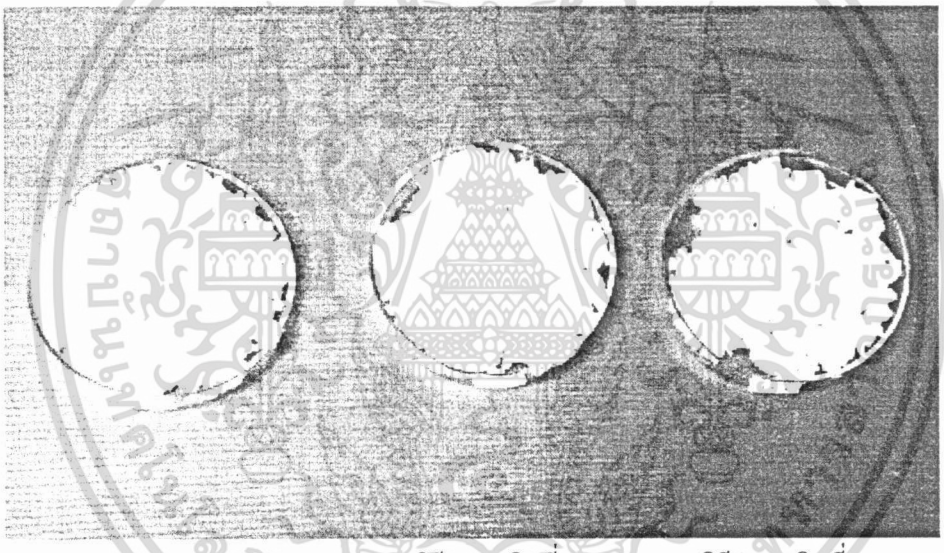
จากตารางที่ 6 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง พบว่า

ค่าความเป็นกรด–ด่าง (พีเอช) ของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องของทั้ง 2 วิธีการบ่ม ค่าที่วัดได้คือ 6.37 และ 6.42 ตามลำดับ ความเป็นกรด (percent acidity) เมื่อเทียบกับกรดแลคติค (percent lactic acid) ของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง เปอร์เซ็นต์กรดที่วัดได้เท่ากับ 0.0025 และ 0.0028 ตามลำดับ ค่าที่วัดได้มีค่าความเป็นกรดต่ำ ดังในรายงานของคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร (2543 : 128)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบความชอบหรือความพอใจ ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน ทำการทดสอบกับข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องด้วยแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9–point hedonic scale ทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวมของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องและข้าวหอมมะลิที่หุงใหม่ๆวิธีการเตรียมการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังแสดงในภาพที่ 8และ 9 พบว่าผลการทดสอบคุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และ การยอมรับรวมของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องและบ่มที่อุณหภูมิห้องใน สภาพบรรยากาศปกติที่ 32 องศาเซลเซียส และของข้าวหอมมะลิหุงใหม่ ๆ ดังในภาพที่ 8 และตารางที่ 7



control วิธีการผลิตที่ 1 วิธีการผลิตที่ 2

ภาพที่ 8 ข้าวหอมมะลิหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อน

control คือ ข้าวหอมมะลิที่หุงสุกใหม่ ๆ ที่มิได้บรรจุกระป๋อง

วิธีการผลิตที่ 1 คือ ข้าวหอมมะลิผสมงาขาว เติมน้ำสะอาด 80 มิลลิลิตร

วิธีการผลิตที่ 2 คือ ข้าวหอมมะลิผสมงาขาว เติมน้ำสะอาด 90 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องและข้าวหอมมะลิที่หุงสุกใหม่ ๆ ที่ไม่ได้บรรจุกระป๋อง

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	control	วิธีการผลิตที่ 1	วิธีการผลิตที่ 2
สี	$7.7^{a1/}$	5.9^{b}	6.3^{b}
กลิ่น	7.7^{a}	6.9^{ab}	6.5^{b}
รสชาติ	7.7^{a}	6.2^{a}	6.0^{a}
ความชอบรวม	7.7^{a}	6.4^{b}	6.4^{b}

1/ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันในแนวนอน แสดงว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความชื่อมั่นที่ 95 % ($p > 0.05$)

control คือ ข้าวหอมมะลิที่หุงสุกใหม่ ๆ ที่มิได้บรรจุกระป๋อง

วิธีการผลิตที่ 1 คือ ข้าวหอมมะลิผสมงาขาว เติมน้ำสะอาด 80 มิลลิลิตร

วิธีการผลิตที่ 2 คือ ข้าวหอมมะลิผสมงาขาว เติมน้ำสะอาด 90 มิลลิลิตร

จากตารางที่ 7 คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องและข้าวหอมมะลิที่หุงสุกใหม่ ๆ ที่มิได้บรรจุกระป๋อง ให้เป็นตัวควบคุม (control) พบว่า

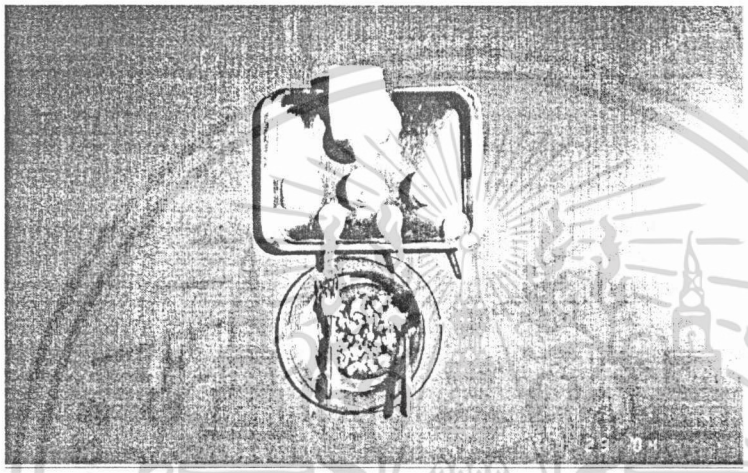
1. คุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี และความชอบรวมของ วิธีการผลิตที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$) แต่ control มีความแตกต่างจาก วิธีการผลิตที่ 1 และ 2 ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับ control มากที่สุด

2. คุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของ control และวิธีการผลิตที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$) และ วิธีการผลิตที่ 1 และที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$) แต่ control มีความแตกต่างจากวิธีการผลิตที่ 2 ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับ control มากที่สุด

3. คุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของทั้ง 3 ตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับ control มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นกล่าวโดยรวมของการทดสอบคุณภาพประสาทสัมผัสของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับข้าวหอมมะลิที่หุงสุกใหม่ ๆ ที่มิได้บรรจุกระป๋อง แต่อย่างไรก็ตาม ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องนั้นผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับโดยเฉลี่ยได้คะแนนมากกว่า 6.0 ซึ่งอยู่ในระดับที่ชอบมากกว่าเล็กน้อย และกระบวนการผลิตทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 9 การเตรียมตัวอย่างข้าวหอมมะลิผสมงาขาวเพื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.3 การประเมินต้นทุนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง

การผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง มีการประเมินต้นทุนรายละเอียดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต เป็นค่าวัตถุดิบในการผลิต ค่าใช้จ่ายในด้านพลังงาน และค่าแรงงาน แต่ทั้งนี้ไม่คิดต้นทุนคงที่ (ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอสังหาริมทรัพย์ เช่น ที่ดิน อาคาร โรงงาน สิ่งปลูกสร้าง และเครื่องจักร เป็นต้น) และค่าเสื่อมราคาของอสังหาริมทรัพย์ โดยค่าพลังงานจะคิดจากน้ำมันเบนซินที่ใช้ผลิตไอน้ำในกระบวนการผลิต โดยคิดได้จาก 1 ชั่วโมงคิดพลังงาน 5 บาทซึ่งสามารถผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องได้เต็มประสิทธิภาพ 150 กระป๋อง สำหรับค่าแรงงานขั้นต่ำ 8 ชั่วโมง (1 วัน) คิดเป็นเงิน 170 บาท ดังนั้นสามารถประเมินต้นทุนการผลิตได้ดังในตารางที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ต้นทุนการผลิตของข้าวหอมมะลิผสมงาขาว(บาท/กระป๋อง)

รายการ	ต้นทุนการผลิต/กระป๋อง
วัตถุดิบและส่วนผสมข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง	2.50
กระป๋อง 2 ชิ้น และฝา (307 x 111)	3.00
พลังงานต่าง ๆ	0.02
ค่าแรงงาน	0.425
รวม	5.97

จากตารางที่ 8 ต้นทุนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกรกระป๋อง พบว่า ต้นทุนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ราคา/กระป๋องหรือราคาต่อหน่วย เท่ากับ 5.97 บาท/กระป๋อง หากผู้ประกอบการธุรกิจในระดับอุตสาหกรรมผลิตอาหารกระป๋อง อาจลดต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ผลิตให้ต่ำลงเพื่อให้คุ้มต่อการลงทุนและได้ยอมรับจากผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาวิธีการผลิตและพัฒนาข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง โดยใช้วิธีการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง 2 วิธีการผลิตคือ วิธีการผลิตที่ 1 นำข้าวหอมมะลิดิบ 50 กรัมผสมงาขาว 5 กรัม เติมน้ำสะอาด 80 มิลลิลิตรและวิธีการที่ 2 คือ นำข้าวหอมมะลิดิบ 50 กรัม ผสมงาขาว 5 กรัม เติมน้ำสะอาด 90 มิลลิลิตร กระบวนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องดังกล่าว ในกระบวนการผลิตได้ผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยผ่านเข้ารางไล่อากาศที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 16 นาที แล้วฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ความดัน 15 ปอนด์ /ตารางนิ้ว ทำให้เย็นทันที แล้วเป่าลมเย็น จากนั้นนำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลา 14 วันและวางไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 32 องศาเซลเซียส ไม่ให้ถูกแสงแดด และตรวจสอบคุณภาพของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องภายหลังการผลิต ด้านคุณภาพทางกายภาพ ด้านคุณภาพทางเคมี รวมถึงการประเมินคำนวณต้นทุนการผลิตเป็นราคาต่อหน่วยกระป๋อง (บาท / กระป๋อง)

กระบวนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง เป็นการผลิตอาหารบรรจุกระป๋องที่มีกรดต่ำทั่วไป วิธีการไล่อากาศผ่านรางไล่อากาศ (exhaust box) 1 รอบ เวลา 16 นาที เพื่อให้อุณหภูมิใจกลางกระป๋องได้ 85 องศาเซลเซียส ฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ด้วยไอน้ำที่มีความดันสูง (retort) ด้วยอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ความดัน15 ปอนด์ / ตารางนิ้ว ทำให้เย็นทันที จนกระป๋องแห้งสนิทเพื่อไม่ให้กระป๋องเกิดสนิม ทำให้ได้ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องที่มีคุณภาพดี รสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ลักษณะฝากระป๋อง โค้งเว้าเข้าด้านในภายนอกกระป๋องไม่บุบไม่เบี้ยว

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง สภาพกระป๋องภายนอกและภายในมีลักษณะไม่มีสนิมไม่พบรอยขีดข่วนหรือรอยถลอกของแลคเกอร์ของกระป๋อง กระป๋องไม่บุบ ไม่บวมหรือโป่งพองออก มีค่าสุญญากาศมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 11 - 12 นิ้วปรอท และช่องว่างเหนืออาหาร อยู่ระหว่าง 1/32-2/32 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี มีค่าความเป็นกรด- ด่าง (pH) อยู่ประมาณ 6.37 – 6.42 และค่าความเป็นกรดเมื่อเทียบกับกรดแลคติก (percent lactic acid) อยู่ประมาณ 0.0025 – 0.0028

การตรวจสอบทางประสาทสัมผัสโดย 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน ทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวมทุกคุณลักษณะของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance : ANOVA) ผลปรากฏว่า คุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านสีและความชอบรวมของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องและข้าวหอมมะลิที่หุงสุกใหม่ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$) แต่ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องวิธีการผลิตวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p > 0.05$) มีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมได้คะแนนมากกว่า 6.0 ซึ่งเป็นระดับคะแนนชอบมากกว่าเล็กน้อย

ต้นทุนการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องต่อหน่วย (บาท/กระป๋อง) ของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ทั้งนี้ไม่รวมค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนคงที่ พบว่า ต้นทุนการผลิตมีราคาต่อหน่วย คือ 5.97 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปัญหาพิเศษเรื่องการผลิตข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง ทำให้ทราบวิธีการผลิตที่เหมาะสมในการผลิต เพื่อให้เกิดการยอมรับจากผู้บริโภคต่อข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง การศึกษาทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ผู้ที่สนใจสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือศึกษาต่อจากปัญหาพิเศษเรื่องนี้ รวมถึงผู้ประกอบการอาหารกระป๋อง โดยผู้จัดทำให้ข้อเสนอแนะหรือข้อมูลเพิ่มเติมดังนี้

1. ควรทำการตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยาของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง คือ การหลงเหลือของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการฆ่าเชื้อ

2. สำหรับผู้ประกอบการที่สนใจในการผลิตบรรจุกระป๋องในระดับอุตสาหกรรม ควรระวังในกระบวนการผลิต คือ ขั้นตอนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ควรควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อให้เพียงพอต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์และสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กุลยา จันทร์อรุณ. 2533. เคมีอาหาร.กรุงเทพฯ : ภาคพัฒนาตำราและเอกสาร หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมฝึกหัดครู. 245 น.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2528. พืชไร่ : กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่ นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 175 น.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2543. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 505 น.

ทะนง ภัครัชพันธุ์. 2524. การใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูป. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 160 น.

มัทนา แสงจินดาวงษ์. 2538. จุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ประมง. กรุงเทพฯ : รั้วเขียว. 238 น.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2535. จุลชีววิทยาการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร. 315 น.

หยาดฝน ธัญโชติกานต์. 2546. ข้าวอินทรีย์ข้าวที่ดีที่สุดต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : บริษัท ที ซี จี ปริ้นติ้ง จำกัด. 75 น.

http://www.school.net.th/library/snet4/june22/sesame.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

Hedonic scale test

ชื่อผลิตภัณฑ์.....

ชื่อผู้ทดสอบ..... **วันที่ทำการทดสอบ**.....

เวลา.....

คำชี้แจง 1. กรุณาบ้วนปากด้วยน้ำเปล่า ก่อนทำการทดสอบชิม

2. ทดสอบชิมตัวอย่างต่อไปนี้จากซ้ายไปขวา

3. หลังการทดสอบตัวอย่างแต่ละตัวอย่าง ให้กลั้วปากด้วยน้ำเปล่าทิ้ง เว้นระยะเวลาประมาณ 2 นาที จึงทำการทดสอบตัวอย่างต่อไป

4. ตัวอย่างและกับแกล้มอาจกลืนได้

5. ให้คะแนนตามระดับความชอบ และความพอใจของท่านในตารางโดยมีคะแนนความชอบตั้งแต่ 1-9 โดยรายละเอียด ดังต่อไปนี้

9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด **8 คะแนน คือ ชอบมาก**

7 คะแนน คือ ชอบปานกลาง **6 คะแนน คือ ชอบเล็กน้อย**

5 คะแนน คือ เฉย ๆ **4 คะแนน คือ ไม่ชอบเล็กน้อย**

3 คะแนน คือ ไม่ชอบปานกลาง **2 คะแนน คือ ไม่ชอบมาก**

1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด

ตัวอย่าง	กลิ่น	สี	รสชาติ	ความชอบรวม
625				
327				
097				

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (percent acidity)

อุปกรณ์

1. ปิเปต
2. บีกเกอร์
3. บิวเรต
4. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 25 มิลลิลิตร
6. ลูกยาง
7. แท่งแก้วคนสาร
8. กรวยแก้ว
9. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. ฟีนอร์ฟทาลีน (phenolphthalein)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ความเข้มข้น 0.002 นอร์มัล (normality)
3. น้ำกลั่น

วิธีการ

1. ปั่นตัวอย่างอาหาร (ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง) ให้ละเอียด
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 30 กรัม เติมน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง ใช้ปิเปตดูดขึ้นมา 10 มิลลิลิตร
3. ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตร หยดฟีนอร์ฟทาลีน(phenolphthalein) 2- 3 หยด เป็น indecator
4. ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ความเข้มข้น 0.002 นอร์มัล (normality)
5. จดปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ นำไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด เมื่อเทียบกับกรดแลคติค (percent lactic acid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรคำนวณ

Percent acidity

$$= \frac{\text{ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ x normality ของ NaOH ที่ใช้ x กรัมสมมูลของกรด x 100 x b}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างเริ่มต้นที่ใช้เจือจาง x 1000 x c}}$$

เมื่อ b : ปริมาตรทั้งหมดของสารละลายตัวอย่างที่เจือจาง

c : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างเจือจางที่ใช้ไตเตรต

ค่ากรัมสมมูลของกรดแลคติค(lactic acid) เท่ากับ 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance : ANOVA)

ตารางผนวกที่ 1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง คุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี

Judge	T_1	T_2	T_3	total
1	6	8	6	20
2	8	5	6	19
3	9	4	4	17
4	8	6	7	21
5	9	6	7	22
6	9	7	7	23
7	5	5	6	16
8	8	7	8	23
9	9	6	7	22
10	6	5	5	16
total	77	59	63	199
sample mean score	7.7	5.9	6.3	

เมื่อ T_1 คือ ข้าวหอมมะลิที่หุงสุกใหม่ ๆ

T_2 คือ ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องวิธีการผลิตที่ 1

T_3 คือ ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องวิธีการผลิตที่ 2

ระดับคะแนนความชอบ

9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด

8 คะแนน คือ ชอบมาก

7 คะแนน คือ ชอบปานกลาง

6 คะแนน คือ ชอบเล็กน้อย

5 คะแนน คือ เฉย ๆ

4 คะแนน คือ ไม่ชอบเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 คะแนน คือ ไม่ชอบปานกลาง 2 คะแนน คือ ไม่ชอบมาก

1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด

ตารางผนวกที่ 2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance table) ของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง คุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านสี

Source of variance	df	SS	MS	$F_{cal,sample}$	F_{table}
Sample	2	17.87	8.93	7.31*	3.55
Judge	9	22.97	2.55	2.09^{ns}	2.46
Error	18	22.13	1.22		
Total	29	62.97			

เมื่อ * คือ significant at 5 % level

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ 3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง คุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น

Judge	T_1	T_2	T_3	total
1	8	6	3	17
2	9	9	9	27
3	6	7	7	20
4	5	5	4	14
5	9	9	6	24
6	9	7	7	23
7	7	8	8	23
8	9	8	8	25
9	8	3	7	18
10	7	7	6	20
total	77	69	65	211
sample mean score	7.7	6.9	6.5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ T_1 คือ ข้าวหอมมะลิที่หุงสุกใหม่ ๆ

T_2 คือ ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องวิธีการผลิตที่ 1

T_3 คือ ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องวิธีการผลิตที่ 2

ระดับคะแนนความชอบ

9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด	8 คะแนน คือ ชอบมาก
7 คะแนน คือ ชอบปานกลาง	6 คะแนน คือ ชอบเล็กน้อย
5 คะแนน คือ เฉย ๆ	4 คะแนน คือ ไม่ชอบเล็กน้อย
3 คะแนน คือ ไม่ชอบปานกลาง	2 คะแนน คือ ไม่ชอบมาก
1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด	

ตารางผนวกที่ 4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance table) ของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง คุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่น

Source of variance	df	SS	MS	$F_{cal,sample}$	F_{table}
Sample	2	7.47	3.73	3.48^{ns}	3.55
Judge	9	48.3	5.36	5.36*	2.46
Error	18	31.2	1.07		
Total	29	86.97			

เมื่อ * คือ significant at 5 % level

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง คุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ

Judge	T_1	T_2	T_3	total
1	5	8	7	20
2	8	3	6	17
3	9	6	6	21
4	8	4	6	18
5	7	5	7	19
6	9	9	6	24
7	5	5	4	14
8	6	7	7	20
9	9	6	7	22
10	8	7	6	21
total	74	60	62	196
sample mean score	7.4	6.0	6.2	

เมื่อ T_1 คือ ข้าวหอมมะลิที่หุงสุกใหม่ ๆ

T_2 คือ ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องวิธีการผลิตที่ 1

T_3 คือ ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องวิธีการผลิตที่ 2

ระดับคะแนนความชอบ

9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด
8 คะแนน คือ ชอบมาก
7 คะแนน คือ ชอบปานกลาง
6 คะแนน คือ ชอบเล็กน้อย
5 คะแนน คือ เฉย ๆ
4 คะแนน คือ ไม่ชอบเล็กน้อย
3 คะแนน คือ ไม่ชอบปานกลาง
2 คะแนน คือ ไม่ชอบมาก
1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance table) ของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง คุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านรสชาติ

Source of variance	df	SS	MS	$F_{cal,sample}$	F_{table}
Sample	2	11.47	5.73	2.83^{ns}	3.55
Judge	9	23.47	2.60	1.28^{ns}	2.46
Error	18	36.53	2.02		
Total	29	71.47			

เมื่อ * คือ significant at 5 % level

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ 7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง คุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวม

Judge	T_1	T_2	T_3	total
1	8	7	6	21
2	9	6	7	22
3	7	7	7	21
4	5	6	5	16
5	9	8	7	24
6	9	7	7	23
7	8	5	7	20
8	9	4	6	19
9	8	5	6	19
10	5	9	6	20
total	77	64	64	205
sample mean score	7.7	6.4	6.4	

เมื่อ T_1 คือ ข้าวหอมมะลิที่หุงสุกใหม่ ๆ

T_2 คือ ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องวิธีการผลิตที่ 1

T_3 คือ ข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋องวิธีการผลิตที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับคะแนนความชอบ

9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด	8 คะแนน คือ ชอบมาก
7 คะแนน คือ ชอบปานกลาง	6 คะแนน คือ ชอบเล็กน้อย
5 คะแนน คือ เฉย ๆ	4 คะแนน คือ ไม่ชอบเล็กน้อย
3 คะแนน คือ ไม่ชอบปานกลาง	2 คะแนน คือ ไม่ชอบมาก
1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด	

ตารางผนวกที่ 8 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance table) ของข้าวหอมมะลิผสมงาขาวบรรจุกระป๋อง คุณลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านความชอบรวม

Source of variance	df	SS	MS	$F_{cal,sample}$	F_{table}
Sample	2	11.27	5.63	3.23^{ns}	3.55
Judge	9	15.5	1.72	0.98^{ns}	2.46
Error	18	31.4	1.74		
Total	29	58.17			

เมื่อ * คือ significant at 5 % level

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้