สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การผลิตและพัฒนาข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

Production and Development of Canned Young Rice

โดย

นายไพบูลย์ กาญจนมณีกุล

นายจุก ยะริน

ปม
W 9784
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

73120

- 3 ก.ค. 2550

b.....
i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2549

ชื่อเรื่อง	การผลิตและพัฒนาข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง
	Production and Development of Canned Young Rice
สาขาวิชา	อุตสาหกรรมเกษตร **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. จินตนา บุนนาค

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตและเวลาในการฆ่าเชื้อของผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ตรวจสอบคุณภาพ ทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคและประเมินต้นทุนในการผลิต เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

ได้วางแผนการทดลองในการทำข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยแบ่งตัวอย่างการทดลองออกเป็น 3 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างใช้ส่วนผสมและควบคุมสภาวะต่างๆที่เหมือนกันแต่ใช้ในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ ตัวอย่างที่ 1 ประกอบไปด้วย ข้าวเม่า 500 กรัม น้ำตาลทราย 30 กรัม เกลือ 4 กรัม ครีมเทียม 10 กรัม น้ำ 300 กรัม ตัวอย่างที่ 2 ข้าวเม่า 500 กรัม น้ำตาลทราย 30 กรัม กะทิ 50 กรัม เกลือ 4 กรัม ครีมเทียม 15 กรัม น้ำ 300 กรัม และตัวอย่างที่ 3 ประกอบไปด้วย ข้าวเม่า 500 กรัม น้ำตาลทราย 30 กรัม กะทิ 80 กรัม เกลือ 4 กรัม ครีมเทียม 20 กรัม น้ำ 300 กรัม จากนั้นจึงนำมาบรรจุกระป๋องแล้วทำการฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ความดัน 15 ปอนด์ / ตารางนิ้ว ภายหลังจากที่ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องแล้วจึงนำไปตรวจสอบคุณภาพ ทางกายภาพ ทางเคมี

ผลจากการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง พบว่า มีคุณภาพดี ไม่มีลักษณะบวมใดๆ มีค่าความเป็นสุญญากาศอยู่ในระหว่าง 10-11 นิ้วปรอท และมีปริมาณช่องว่างเหนืออาหาร อยู่ระหว่าง 4/32-5/32 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันทุกตัวอย่างผลจากการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีในการผลิต พบว่า มีค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ระหว่าง 6.22-6.38 และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด เมื่อเปรียบเทียบกับกรดแลกติก (% lactic acid) มีค่าวัดได้ 0.027 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลอดจากจุลินทรีย์จำพวกสร้างกรดแลกติก

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลปรากฏว่าผลิตภัณฑ์ที่ออกมานั้นมีลักษณะที่แข็งกระด้างและจับกันเป็นก้อนซึ่งจำเป็นที่จะต้องคิดค้นสูตรส่วนผสมที่เหมาะสมต่อไป ดังนั้นจึงมิได้ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (กระป๋อง) พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยประมาณทั้งนี้ไม่รวมถึงค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนคงที่ ปรากฏว่าต้นทุนการผลิตในแต่ละตัวอย่าง มีราคาต่อหน่วยคือ 15, 16 และ 16 บาท

จากการศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง จึงได้ข้อมูลเบื้องต้น เพื่อที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการผลิตในระดับอุตสาหกรรม คือ การนำข้อมูลเบื้องต้นที่ได้ไปต่อยอด และคิดหาแนวทางใหม่ๆ ในการผลิตและพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ให้การช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่สนับสนุนด้านงบประมาณในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ รวมถึงข้อแนะนำ และให้คำปรึกษาต่าง ๆ ที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ประสบความสำเร็จ

กราบขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร. จินตนา บุนนาค ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ให้คำปรึกษา ข้อแนะนำ และช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้เป็นอย่างดี และขอขอบคุณ คุณบารบี ทองใบน้อย ซึ่งเป็นวิศวกรรมเครื่องมืออุปกรณ์ ในการผลิตอาหารกระป๋องของสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อนๆน้องๆ นักศึกษาที่ช่วยในการผลิตทุกท่าน

ส่วนดีของปัญหาพิเศษฉบับนี้ขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้ให้กำเนิด อุปการะเลี้ยงดูและปลูกฝังความคิดความอ่าน คุณครูและอาจารย์ที่เคยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้ ตลอดจนผู้ให้ความช่วยเหลือ และกำลังใจทุกท่าน

นายไพบูลย์ กาญจนมณีกุล

นายจุก ยะริน

มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ.....ก
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....จ
สารบัญภาพ.....ฉ
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 วัตถุดิบหรือส่วนผสมของข้าวเม่าบรรจุกระป๋อง.....3
2.2 การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง.....17
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....35
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....35
3.2 วิธีการ.....36
3.2.1 การวางแผนการวิจัย.....36
3.3 สถานที่ทำการวิจัย.....41
3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....41
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.....42
4.1 การศึกษากระบวนการผลิตและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....42
4.2 ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง.....42
4.3 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส.....45
4.4 การประเมินต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง..... 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....48

5.1 สรุปผลการวิจัย.....48

5.2 ข้อเสนอแนะ.....49

บรรณานุกรม.....51

ภาคผนวก.....52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส	4
2	การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก	5
3	การแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก	5
4	แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก	11
5	แสดงความสำพันธ์ระหว่างค่าการสลายเมล็ดในด่างกับอุณหภูมิแป้งสุก	12
6	การจัดแบ่งข้าวพันธุ์ดีตามคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน	13
7	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกะทิเมื่อคั้นโดยไม่เติมน้ำ	14
8	แสดงค่าความต้านทานความร้อน (ค่า D,Z) ของแบคทีเรียที่พบในอาหารกระป๋อง	18
9	ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดที่ใช้กันทั่วไป	22
10	ส่วนผสมในการทำข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในแต่ละตัวอย่าง (Treatment)	37
11	ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่า	43
12	ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่า	45
13	ต้นทุนการผลิตโดยประมาณของข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง (บาท: กระป๋อง)	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1 ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าทั่วไปตามท้องตลาด....15

2 ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าคลุก....16

3 แผนภูมิแสดงลักษณะการเสียของอาหารกระป๋อง....27

4 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบในการทำข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง....38

5 ขั้นตอนต่างๆในกระบวนการผลิตข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง....40

6 ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ข้าวเหนียวเป็นข้าวพื้นเมืองของไทยเป็นที่นิยมบริโภค โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนอกจากนั้นข้าวเหนียวยังนิยมนำมาใช้ทำขนมหวานต่างๆ อีกด้วยจึงทำให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากมีความนุ่มและเหนียว กลิ่นหอม และมีคุณค่าทางโภชนาการมากมายหลายชนิดทั้งโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร และวิตามินอื่นๆอีกหลายชนิด (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2543:25-30น.)

ข้าวเม่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวเหนียวซึ่งคนไทยรู้จักดี เพราะเป็นอาหารพื้นเมืองที่บริโภคกันมานานแล้ว นอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการจากข้าวเหนียวแล้วยังมีรสชาติที่อร่อยถูกปาก จึงทำให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งชาวไทย และชาวต่างประเทศโดยเฉพาะชาวต่างประเทศที่หันมาให้ความสนใจในการบริโภคข้าวเม่ากันมากขึ้น จึงเป็นการดีหากมีการพัฒนาข้าวเม่าให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมีมาตรฐานเพื่อให้สามารถจำหน่ายออกสู่ตลาดโลก(กุลยา จันทร์อรุณ.2533.)

จากที่ข้าวเม่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคกันเป็นจำนวนมากขึ้น จึงทำให้มีความสนใจที่จะผลิตข้าวเม่าบรรจุในกระป๋องเพราะเล็งเห็นถึงความสำคัญในการที่จะผลิตข้าวเม่าบรรจุกระป๋องส่งออกไปยังทางต่างประเทศเพื่อเป็นการนำเงินตราจากต่างประเทศเข้าสู่ประเทศไทยทำให้มีรายได้จากการส่งออก ส่งเสริมให้เศรษฐกิจของประเทศดีขึ้นและยังช่วยให้เกษตรกรมีรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการปลูกข้าวเหนียว ลดปัญหาการว่างงาน ลดปัญหาทางด้านสังคม และยังช่วยให้มีผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่เกิดขึ้น หากมีการผลิตและพัฒนาข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคก็จะทำให้มีการส่งออกในปริมาณที่มากขึ้น และยังช่วยส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมมีอัตราการผลิตที่เพิ่มขึ้น อีกด้วยทั้งนี้ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่สะดวกต่อการบริโภคประหยัดเวลาในการหุงต้มและสามารถเก็บไว้บริโภคได้เป็นระยะเวลานาน นอกจากนั้นยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าให้มีมูลค่าที่สูงขึ้นอีกด้วยปัญหาพิเศษเรื่องนี้จึงได้ทำการทดลองศึกษาค้นคว้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค้นคว้าเกี่ยวกับการพัฒนาข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง และการยอมรับของผู้บริโภค ต่อข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง(http://www.thai tambon.com;http://www.doae.go.th)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

2. เพื่อศึกษาและตรวจสอบคุณภาพของข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ภายหลังการจากที่ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

1.3 ขอบเขตของปัญหา

1. ผลิตข้าวเม่าและตรวจสอบคุณภาพของข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

2. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ผู้บริโภคทดสอบการยอมรับด้านประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส การยอมรับรวม และตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องหลังจากการผลิต

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมอาหาร

2. ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ซึ่งสะดวกสบายในการเตรียมอาหารบริโภคเหมาะกับยุคสมัยปัจจุบัน

3. ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผู้บริโภคยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัตถุดิบหรือส่วนผสมของข้าวเม่า

1. ข้าวเหนียว

1.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

โครงสร้างของข้าวประกอบด้วยโครงสร้าง 3 ส่วนหลักคือ ส่วนแรกเป็นเปลือกซึ่งประกอบด้วยเปลือกแข็งและเปลือกหุ้มเมล็ด ส่วนที่สองเป็นเนื้อเมล็ด และส่วนที่สาม คือ คัพภะ ดังแสดงในภาพที่ 1 ในแต่ละส่วนจะมีสารอาหารเป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน ส่วนแรกที่เป็นเปลือกแข็งประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ จึงต้องแยกออกก่อนบริโภค แต่ส่วนเปลือกหุ้มเมล็ดจะมีสารอาหารพวกวิตามินและแร่ธาตุอยู่มาก ส่วนที่สอง ซึ่งเป็นเนื้อเมล็ดจะมีคาร์โบไฮเดรต คือ สตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ก็ยังมีน้ำ โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และวิตามินอยู่ด้วย ส่วนที่สาม คือ คัพภะ ซึ่งเป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อน จึงมีสารอาหารอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ครบถ้วนมากกว่าส่วนอื่นของข้าวโดยเฉพาะอย่างยิ่งไขมันมีมากว่าในส่วนอื่นแต่อย่างไรก็ตามเมื่อรวมคุณค่าทางอาหารของข้าวทั้งหมดแล้วก็ยังมีไม่พอที่จะเป็นอาหารสมบูรณ์เพียงอย่างเดียว เพื่อการบริโภคของมนุษย์ที่จะใช้ในการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกายมนุษย์จึงบริโภค เป็นอาหารหลักร่วมกับอาหารจากแหล่งอื่น เช่น เนื้อสัตว์ต่างๆ ผัก และผลไม้

1.2 คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าวเหนียว

คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี หมายถึง สัดส่วนและองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อคุณภาพข้าวสุกโดยมีผลทำให้ข้าวสุกนั้นนุ่ม เหนียว หรือร่วนขึ้นหม้อ ซึ่งคุณภาพข้าวสุกนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพเมล็ดทางเคมี คือ สัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน ความคงตัวของแป้งสุก อุณหภูมิแป้งสุกการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก โปรตีน กลิ่นหอม ความชื้น และการเก็บรักษา (งามชื่น คงเสรี , 2531 : 94)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.1 ปริมาณของอะมิโลส และอะมิโลเพคติน (amylase and amylopectin content)

เมล็ดข้าวสารโดยทั่วไปมีองค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ เม็ดสตาร์ช (starch granule) ซึ่งภายในโครงสร้าง จะประกอบไปด้วยอะมิโลเพคตินเป็นองค์ประกอบหลัก และมีอะมิโลสเป็นองค์ประกอบรอง อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ทำให้ข้าวสุกนั้นมีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยข้าวที่มีอะมิโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรในระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าหรือที่เรียกกันว่าหุงขึ้นหม้อ ส่วนความนุ่มและความเหนียวของข้าวสุก จะขึ้นกับสัดส่วนอะมิโลเพคตินในสตาร์ช ข้าวเหนียวมักจะมีอะมิโลเพคินเกือบทั้งหมด ทำให้ดูดน้ำและขยายตัวน้อยกว่าข้าวเจ้า ข้าวสุกที่ได้จะเหนียวและนุ่มกว่า สำหรับข้าวเจ้าในประเทศไทย มีส่วนประกอบของสตาร์ชที่มีอะมิโลสอยู่ระหว่างร้อยละ 12-31 โดยข้าวที่มีความอ่อนนุ่ม เช่นข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีอะมิโลส ร้อยละ 12-16 จัดเป็นข้าวอะมิโลสต่ำ (งามชื่น คงเสรี, 2531 : 58) ได้แบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะมิโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณอะมิโลส (ร้อยละ)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	1-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำมาก	2-9	เหนียวนุ่ม
ข้าวเจ้าอะมิโลสต่ำ	9-20	เหนียวนุ่ม
ข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลาง	20-25	นุ่มค่อนข้างเหนียว
ข้าวเจ้าอะมิโลสสูง	25-33	ร่วมแข็ง

ที่มา : งามชื่น คงเสรี, 2531: 97

1.2.2 ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency)

ความคงตัวของแป้งสุก เป็นผลมาจากปริมาณของอะมิโลสเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณภาพแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากข้าวสุกเมื่อเย็นตัวแล้วจะมีความแข็ง หรือความคงตัวแตกต่างกัน ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน จะนุ่มกว่าข้าวพันธ์ที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็งการหาค่าความคงตัวของแป้งสุก อาศัยหลักการทำให้แป้งใสโดยการต้มในสารละลายเบสแล้วทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และวัดระยะทางที่แป้งไหลไปเมื่อวางบนพื้นราบ สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (งามชื่น คงเสรี, 2531 : 84-86) ได้จัดแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก ดังตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 การแบ่งประเภทข้าวตามความคงตัวของแป้งสุก

ความคงตัวของแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มม.) (แป้ง 100 มก. ใน KOH 0.2 N. 2 มล.)
แข็ง	น้อยกว่า 35
ค่อนข้างแข็ง	36-60
ปานกลาง	41-60
อ่อน	มากกว่า 60

ที่มา : วุฒิชัย นาครักษา, 2535: 15

1.2.3 อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature)

อุณหภูมิแป้งสุกหมายถึง อุณหภูมิที่เม็ดสตาร์ชเริ่มพองในน้ำร้อน และเปลี่ยนลักษณะทึบแสงเป็นโปร่งใส อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้ม ถ้าข้าวมีอุณหภูมิแป้งสุกสูงจะหุงสุกช้ากว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (งามชื่น คงเสรี, 2531 : 15)แม้ว่าระยะเวลาการหุงต้มจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุกก็ตาม แต่ความกว้างและความหนาของเมล็ดข้าวก็มีผลต่อเวลาหุงต้มด้วย ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกเท่ากันแต่มีเมล็ดหนากว่าจะใช้เวลาหุงต้มนานกว่า สำหรับข้าวเหนียวหรือข้าวอะมิโลสต่ำที่อุณหภูมิแป้งสุกปานกลางหรือสูง จะใช้เวลาหุงต้มนานกว่าเมล็ดข้าวจึงดูดน้ำได้มากทำให้ข้าวสุกมีลักษณะแฉะ ดังนั้นข้าวเหนียวหรือข้าวอะมิโลสต่ำควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำจึงจะมีคุณภาพดี สำหรับข้าวเจ้าอะมิโลสปานกลางหรือสูง จะไม่เกิดเป็นปัญหาดังกล่าว ได้แบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุกเป็น 3 ประเภท ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุก

อุณหภูมิแป้งสุก (องศาเซลเซียส)	ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก
ต่ำกว่า 70	ต่ำ
70-74	ปานกลาง
สูงกว่า 75	สูง

ที่มา : วุฒิชัย นาครักษา, 2535: 20

1.2.4 อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio)

อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก เป็นผลจากการให้ความร้อนระหว่างการหุงต้มโดยเมล็ดข้าวจะขยายตัวออกรอบด้านโดยเฉพาะด้านยาว ซึ่งผู้บริโภคจะนิยมข้าวพันธุ์ที่มีอัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยืดตัวมากกว่าข้าวพันธุ์ที่มีอัตราการยืดตัวได้น้อย (ข้าวสุกที่ยืดตัวได้มากและไม่เหนียวติดกัน จัดเป็นข้าวที่หุงขึ้นหม้อ) นอกจากนี้ การที่เมล็ดข้าวขยายตัวได้มากทำให้เนื้อภายในโปร่งไม่อัดแน่นและช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น พันธุ์ข้าวที่มีอัตราการยืดตัวดี ได้แก่ พันธุ์ข้าวบาสมาติ 370 ซึ่งสามารถยืดตัวได้มากกว่า 2 เท่าของความยาวของเมล็ดข้าวสาร และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีการยืดตัวดีทำให้ข้าวสุกมีขนาดยาวน่ารับประทานและนุ่ม แต่เนื่องจากข้าวเหนียวมีอะมิโลสต่ำข้าวสุกจึงเหนียวและหุงไม่ขึ้นหม้อ

อัตราการยืดตัวของเมล็ดหาได้จากสัดส่วนของความยาวของข้าวสุกต่อความยาวของข้าวสาร หรือคำนวณได้จากสูตร

$$\text{อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก 10 เมล็ด}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสาร 10 เมล็ด}}$$

1.2.5 ปริมาณโปรตีน (protein content)

ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโดยทั่วไปมีอยู่ประมาณร้อยละ 9.8 ซึ่งนับว่ามีน้อยแต่ก็มีผลกระทบต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทานเช่นกัน ได้กล่าวว่าปริมาณโปรตีนมีความสัมพันธ์กับเวลาในการหุงต้มกล่าวคือ ทำให้ระยะเวลาการหุงต้มข้าวสุกนานขึ้น เมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเนื่องจากโปรตีนเป็นตัวขัดขวางการซึมผ่านของน้ำเข้าไปในเมล็ด และโปรตีนยังมีความสัมพันธ์กับการดูดซึมน้ำของเมล็ด ความนุ่ม และความเหนียว กล่าวคือ เมล็ดดูดซึมน้ำได้น้อยลงข้าวสุกมีความนุ่มและความเหนียวลดลง พบว่าข้าวสุกไม่ว่าจะเป็นสายพันธุ์ใดก็ตามที่มีโปรตีนต่ำจะมีความอ่อนนุ่ม ความเหนียวและมีกลิ่นรสมากกว่าข้าวที่มีโปรตีนสูงกว่า

1.2.6 กลิ่นหอม (aroma)

ข้าวทั่วไปจะมีสารระเหยอยู่หลายชนิดได้วิเคราะห์สารระเหยที่ได้จากการหุงข้าวพันธ์ Koshihikari ของญี่ปุ่น พบว่ามีสารระเหยอยู่ 114 ชนิด สารแต่ละชนิดจะมีกลิ่นแตกต่างกันในพันธ์ข้าวหอมมี 2- แอซิทิล-1-ไพโรลีน (2-acetyl-1-pyroline) มากกว่าข้าวทั่วไปโดยข้าวสารหอม 1 กรัมอาจมีสารนี้ 0.04-0.09 ไมโครกรัมและข้าวกล้องหอมมี 0.1-0.2 ไมโครกรัม สารหอมชนิดนี้มีปริมาณสูงมากในพืชตระกูลใบเตยมีสูงถึง 1 ไมโครกรัม/กรัม สำหรับพันธุ์ข้าวไม่หอมนั้นพบว่าปริมาณแฮกซานอลมีความสัมพันธ์ทางด้านลบกับกลิ่นหอมของข้าว คือ ข้าวที่มีปริมาณแฮกซานอลมากจะมีกลิ่นหอมลดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.7 ปริมาณความชื้น (moisture content)

ความชื้นในเมล็ดข้าวจะมีผลต่อการหุงขึ้นหม้อและความร่วนของข้าวเช่นกัน ข้าวที่มีความชื้นต่ำส่วนใหญ่เป็นข้าวเก่าจะหุงขึ้นหม้อ และมีความร่วนมากกว่าข้าวที่มีความชื้นสูงหรือข้าวใหม่ ในประเทศไทยผู้บริโภคข้าวเจ้านิยมบริโภคข้าวเก่าซึ่งจะหุงขึ้นหม้อดีกว่า และราคาข้าวเก่าจะสูงกว่าข้าวใหม่ นอกจากนี้ความชื้นในข้าวยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาข้าวและถ้าเมล็ดข้าวมีความชื้นสูงทำให้เชื้อราและจุลินทรีย์ต่างๆ เจริญเติบโตได้ ข้าวจะเสื่อมคุณภาพในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้นมาตรฐานข้าวของประเทศต่างๆ จึงได้กำหนดระดับความชื้นของข้าวไว้ เช่น ประเทศไทยกำหนดความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 และสำหรับประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นจะมีระดับความชื้นอาจสูงถึงร้อยละ 16

1.2.8 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว 3-4 เดือน เนื่องจากปริมาณความชื้นลดลงทำให้มีผลต่อคุณสมบัติข้าวสุก คือ ทำให้ข้าวสุกแข็งและร่วนมากขึ้น ข้าวสุกขยายปริมาตรได้มากขึ้นหรือหุงขึ้นหม้อ เมล็ดข้าวจะดูดน้ำได้มากขึ้น น้ำข้าวจะใสขึ้น และใช้เวลาหุงต้มให้สุกนานขึ้นเล็กน้อย เมื่อต้มสุกจะไม่ค่อยแตกตัวออก

ผู้บริโภคบางคนนิยมข้าวเก่าที่หุงขึ้นหม้อและไม่แฉะ และมีรายงานว่าสามารถเร่งข้าวใหม่ให้กลายเป็นข้าวหุงขึ้นหม้อและไม่แฉะได้โดยการเพิ่มความร้อนให้กับข้าวสารสูงขึ้นถึง 110 องศาเซลเซียสในภาชนะที่ปิดฝา โดยไม่ให้ความร้อนสูญหายไปได้ โดยการเป่าด้วยลมร้อน 150-260 องศาเซลเซียสชั่วครู่ หรืออาจแช่เมล็ดข้าวสารในน้ำมันดอกทานตะวันที่ 60 องศาเซลเซียสค้างคืน โดยจะช่วยให้ความเหนียวของข้าวลดลง การนำข้าวเปลือกไปนึ่งในระยะเวลาสั้นๆ จะช่วยลดความเหนียวของข้าวสุกได้และได้เร่งข้าวใหม่ (ทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้า) ให้เป็นข้าวเก่าโดยเก็บข้าวไว้ที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียสนานกว่า 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปเก็บที่ 42 องศาเซลเซียส เวลานาน 4 ชั่วโมง พบว่าข้าวที่ได้มีเนื้อสัมผัสแข็งขึ้น (เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข, 2534 : 20-39)

1.3 คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าว

คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติต่างๆ ของเมล็ดข้าวที่สามารถมองเห็นได้หรือ ชั่ง ตวง วัดได้ เช่นน้ำหนักเมล็ด (grain weight) สีข้าวกล้อง (pericarp color) ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension) ลักษณะท้องไข่ (chalkiness) ความใสของเมล็ด (grain

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

translucency) ความขาวของข้าวสาร (whiteness of milled rice) และคุณภาพการสี (milling quality)

1.3.1 น้ำหนักเมล็ด

เป็นลักษณะที่คงที่มากที่สุดควบคุมโดยพันธุกรรมเป็นส่วนใหญ่น้ำหนักเมล็ดจะแปรไปตามขนาดและรูปร่างของเมล็ด ความชื้น ชนิดของดิน การใส่ปุ๋ย และสภาพภูมิอากาศก็มีผลกระทบต่อน้ำหนักเมล็ดด้วย จากการตรวจสอบน้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ดพันธ์ข้าว ไทย จำนวน 344 พันธุ์ พบว่ามีน้ำหนักแปรปรวนระหว่าง 1.16-4.17 กรัม ข้าวพันธุ์ดีของไทยที่รัฐบาลส่งเสริมให้ปลูกจะมีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ดระหว่าง 2.25-3.67 กรัม

1.3.2 สีข้าวกล้อง

เกิดจากสารสีที่เยื่อหุ้มผล (pericarp) ส่วนเนื้อในเมล็ดข้าวทุกชนิดมีสีขาวเสมอจากการสำรวจพันธุ์ข้าวต่างๆ ในธนาคารเชื้อพันธุ์ข้าวของศูนย์วิจัยข้าวประทุมธานี พบว่าข้าวกล้องมี 4 สี คือ ขาว น้ำตาล แดง และดำ (ม่วง) ส่วนใหญ่มีสีขาว ข้าวกล้องที่มีสีแดงและม่วง มีสารสีพวกแอนโทไซยานิน (anthocyanin pigment) ข้าวกล้องที่มีสีเข้มต้องใช้เวลาในการขัดรำนาน หรือใช้แรงกดมาก เพื่อทำให้ส่วนของรำที่เป็นสีเข้มหลุดออกเป็นผลทำให้ข้าวหนักมากมีปริมาณข้าวสารน้อย ดังนั้นข้าวกล้องที่มีสีอ่อนจึงเป็นที่นิยม เช่น สีขาว หรือสีน้ำตาล

1.3.3 ขนาดรูปร่างเมล็ด

ได้แก่ ความยาว ความกว้าง ความหนา ความป้อม หรือเรียว ข้าวพวกอินดิก้า (indica) จะมีรูปร่างเมล็ดเรียว ค่อนข้างป้อมพวกวาจานิก้า (janica) มีเมล็ดกว้างและหนาส่วนข้าวพวกจาปอนิก้า(japonica) มีเมล็ดสั้นและกลม (เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข , 2534:39-40)

ประภาส วีระแพทย์ (2536 :42) ได้จำแนกขนาดของเมล็ดและรูปร่างของข้าวกล้องไว้ดังนี้

ขนาดของเมล็ด จำแนกตามความยาวของเมล็ดเป็น 4 พวกดังนี้ คือ

ขนาดเมล็ด	**ความยาว(มิลลิเมตร)**
ยาวมาก	มากกว่า 7.50
ยาว	6.61 - 7.50
ยาวปลานกลาง	5.51 - 6.60
สั้น	น้อยกว่า 5.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างเมล็ด จำแนกตามอัตราส่วนระหว่างความยาวกับความกว้างเป็น 3 พวก

รูปร่างเมล็ด	**ความยาว/ความกว้าง**
เรียว	มากกว่า 3.0
ปานกลาง	2.1 – 3.0
ป้อม	น้อยกว่า 2.1

1.3.4 ลักษณะท้องไข่

ลักษณะท้องไข่ได้แก่จุดขาวขุ่นคล้ายชอล์กที่เกิดขึ้นในเนื้อของเมล็ดเป็นลักษณะที่เกิดจากการจับตัวอย่างหลวมๆ ของเมล็ดสตาร์ช (starch granule) กับเม็ดโปรตีน (protein body) และในเนื้อเมล็ด ลักษณะนี้ควบคุมโดยพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม ลักษณะท้องไข่เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพและราคาของข้าว ข้าวที่เป็นท้องไข่มาก เมื่อนำไปสีจะมีข้าวหักมากและไม่เป็นข้าวเกรดสูง เช่น ข้าว 100 เปอร์เซ็นต์ หรือข้าว 5 เปอร์เซ็นต์ เพราะข้าวเกรดสูงมีท้องไข่ได้ไม่เกินร้อยละ 0.5 (เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข , 2534 : 42)

1.3.5 ความใสของเมล็ด

ความใสหรือขุ่นของเมล็ด หมายถึง ความทึบแสง (opaque) หรือความใสเนื้อเมล็ด ซึ่งจะสังเกตความแตกต่างได้ในข้าวเจ้า ส่วนในเมล็ดข้าวเหนียวจะมีลักษณะขุ่นอย่างเดียว ปัจจุบันยังไม่พบสาเหตุของความใสหรือขุ่นในเนื้อเมล็ดข้าวเจ้า แต่คาดว่าอาจจะเนื่องจากทั้งพันธุ์ข้าวและพื้นที่เพาะปลูก เพราะพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่นิยมปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีเมล็ดใส แต่ที่ปลูกในแถบภาคกลางบางแห่ง ข้าวสารจะค่อนข้างขุ่นเป็นต้น

1.3.6 ความขาวของข้าวสาร

ความขาวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการสี (degree of milling) ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดเกรดของข้าว อายุการเก็บข้าว โดยข้าวที่เก็บไว้นาน ๆ จะมีสีคล้ำกว่าข้าวใหม่ นอกจากนั้นยังพบว่า ข้าวสารที่มีโปรตีนสูงจะมีสีคล้ำกว่าข้าวโปรตีนต่ำ

1.3.7 คุณภาพการสี

สิ่งที่เป็นผลผลิตจากการสีข้าว ได้แก่ แกลบประมาณร้อยละ 20-24 รำ ร้อยละ 8-10 และข้าวสารร้อยละ 68-70 ของข้าวเปลือก ข้าวสารที่ได้ทั้งหมดจากการขัดขาวจะนำไปคัดแยกเป็นข้าวเต็มเมล็ดต้นข้าวและข้าวหักซึ่งจะได้แต่ละส่วนมากน้อยเพียงใดขึ้นกับคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวเปลือกก่อนสีปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาพการสี ได้แก่ พันธุ์ข้าว การปฏิบัติรักษาก่อนการเก็บเกี่ยว ระยะเวลาและวิธีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม การตากข้าวก่อนนวดและหลังนวด กานวดข้าว การเก็บรักษา และกระบวนการสี (เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข,2534:23)

สำหรับข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงูมีรูปร่างลักษณะเรียบยาวความยาวเมล็ดโดยเฉลี่ยประมาณ 7.42 มิลลิเมตร มีความกว้างประมาณ 2.31 มิลลิเมตร น้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ด ประมาณ 18.17 กรัม หุงสุกได้ในอุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส และมีปริมาณอะมิโลสในแป้งต่ำมากประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ข้าวหุงสุกแล้วจะมีความนุ่มเหนียว (เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข ,2534:42-47)

1.4 คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน (cooking and eating quality)

คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพมีความสำคัญต่อการทดสอบและประเมินคุณภาพของการหุงต้มและรับประทาน เนื่องจากความนิยมในการรับประทานของผู้บริโภคในแต่ละประเทศจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานดังเช่น ชาวญี่ปุ่น และเกาหลี นิยมข้าวนุ่มและเหนียวจับกันเป็นก้อน ๆ และมีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน

1.4.1 ปริมาณอะมิโลส (amylase content)

สตาร์ชในเมล็ดข้าวมีอะมิโลเพคติน เป็นองค์ประกอบหลัก และมีอะมิโลสเป็นองค์ประกอบรองสภาวะธรรมชาติในเม็ดแป้ง มีการจับกันของโมเลกุลอะมิโลสและอะมิโลเพคตินส่วนที่เป็นผลึก (crystalline) จะเป็นบริเวณที่โมเลกุลของอะมิโลส และอะมิโลเพคตินจัดเรียงตัวกันอย่างหนาแน่นเป็นระเบียบพองตัวยากซึ่งมีผลทำให้เม็ดแป้งไม่ละลายในน้ำเย็น แต่ในส่วนที่เป็นอสัณฐานของเม็ดแป้งเป็นส่วนที่โมเลกุลจัดเรียงกันอย่างไม่หนาแน่นและมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระอยู่มาก จึงทำให้พองตัวง่ายและโดยทั่วไปนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยใช้ปริมาณอะมิโลสเป็นหลักเมื่อเติมน้ำลงในเม็ดแป้งและทำให้ร้อนขึ้น โดยเพิ่มอุณหภูมิหรือเพิ่มเวลาในการให้ความร้อน โดยที่ความร้อนจะทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลในบริเวณที่เป็นผลึก ทำให้บริเวณนี้มีโมเลกุลของน้ำมาเกาะมากขึ้น ในขณะเดียวกันพันธะไฮโดรเจนในบริเวณผลึกจะเริ่มถูกทำลาย และเม็ดแป้งจะขยายทำให้เกิดการพองตัวขึ้น จนในที่สุดเม็ดแป้งจะพองตัวเต็มที่เรียกว่า การเจลลาตินไนซ์เซชั่น ข้าวที่มีอะมิโลสสูงเม็ดแป้งจะพองตัวได้ยาก ต้องใช้พลังงานความร้อนมากเม็ดแป้งถึงจะพองตัว ทำให้ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูงหุงยาก และข้าวสุกที่ได้จะร่วนและแข็ง เมื่ออุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงอะมิโลสที่ใกล้กันก็จะเคลื่อนที่มาจับตัวกันใหม่เรียกว่า การคืนตัวของแป้งมากทำให้เมล็ดข้าวสุกที่ได้แข็งเนื่องจากน้ำที่อะมิโลสดูดซึมไว้ถูกปล่อยออกมา

1.4.2 ปริมาณโปรตีน (protein content)

ปริมาณโปรตีน มีผลต่อการดูดน้ำของข้าวในระหว่างการหุงต้ม และข้าวที่มีโปรตีนสูงต้องใช้เวลาในการหุงต้มนาน เนื่องจากร่างแหโปรตีน ที่อยู่รอบเม็ดสตาร์ชจะเป็นตัวกั้นการดูดซึมน้ำของเม็ดสตาร์ช ข้าวที่มีโปรตีนต่ำ เมื่อหุงสุกจะมีความนุ่มและเกาะตัวกันมากกว่าข้าวที่มีโปรตีนสูงนอกจากนั้นโปรตีนยังมีผลต่อคุณภาพด้านสีของข้าวเมื่อหุงสุกแล้วข้าวที่มีโปรตีนสูงจะมีสีคล้ำเนื่องจากโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ

1.4.3 ความคงตัวของเจล (gel consistency)

ความคงตัวของเจลขึ้นอยู่กับปริมาณอะมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวนั้นมีคุณภาพการหุงต้มและรับประทานแตกต่างกัน ในข้าวบางพันธุ์ซึ่งมีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกันแต่ข้าวสุกอาจมีคุณภาพตาต่างกันบ้าง ทั้งนั้นเนื่องจากแป้งสุกเมื่อเย็นแล้วจะมีความแข็งหรือมีความคงตัวแตกต่างกันบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสุกเมื่อเย็นแล้วจะมีความแข็งหรือมีความคงตัวแตกต่างกัน มีการแบ่งประเภทข้าวจากค่าความคงตัวเป็น 3 ชนิด ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าความคงตัวของแป้งสุก

ประเภทแป้งสุก	ระยะทางที่แป้งไหล (มม.) (แป้ง 100 มก. ใน KOH 0.2 N (2 มล.)
แป้งสุกแข็ง	26-40
แป้งสุกปานกลาง	41-60
แป้งสุกอ่อน	61-100

ที่มา : วุฒิชัย นาครักษา, 2535 : 90

ข้าวที่มีความคงตัวของเจลต่ำกว่าจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกนุ่มกว่าข้าวที่มีความคงตัวของเจลสูง เมื่อมีปริมาณอะมิโลสเท่ากัน

1.4.4 อุณหภูมิของแป้งสุก (gelatinization temperature)

เป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็นเจลและเปลี่ยนจากลักษณะทึบแสงกลายเป็นโปร่งใส อุณหภูมิแป้งสุกมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ใช้ในการหุงต้ม โดยทั่วไปต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เวลา 14-24 นาที เพื่อต้มเมล็ดข้าวให้สุก ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงต้องใช้เวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ อุณหภูมิแป้งสุกสามารถคาดคะเนได้โดยดูจากการทดสอบค่าการสลายเมล็ดในด่าง (alkali test) ของข้าวสามารถแบ่งประเภทข้าวตามระดับอุณหภูมิแป้งสุกเป็น 3 ประเภทดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสลายเมล็ดในด่างกับอุณหภูมิแป้งสุก

อุณหภูมิแป้งสุก	ประเภทอุณหภูมิแป้งสุก	ค่าการสลายเม็ดในด่าง
55-69	ต่ำ	6-7
70-74	ปานกลาง	4-5
74.5-79	สูง	2-3

ที่มา : วุฒิชัย นาครักษา, 2535: 92

1.4.5 อัตราการยืดตัวของเมล็ดแป้งสุก (elongation ratio)

ในระหว่างการหุงต้มเมล็ดข้าวจะขยายตัวโดยรอบ โดยเฉพาะในด้านยาวและในข้าวบางพันธุ์เมล็ดสามารถยืดตัวได้มากซึ่งเป็นลักษณะพิเศษที่เป็นที่นิยมการที่เมล็ดยืดตัวได้มากทำให้เมล็ดข้าวสุก ไม่เหนียวติดกัน คุณสมบัตินี้ช่วยเสริมให้ข้าวนั้นขึ้นหม้อดียิ่งขึ้น

1.4.6 กลิ่นหอม (aroma)

เป็นลักษณะพิเศษที่เป็นที่นิยมของคนไทยและผู้บริโภคบางกลุ่มมีรายงานว่าข้าวที่มีกลิ่นหอม มีสาร 2-อะซีติล-1-ไพโรลีน(2-acetyl-1-pyroline) มากกว่าข้าวทั่วไปโดยข้าวสารดังกล่าวนี้พบในข้าวสารหอมพันธุ์ต่างๆ ปริมาณ 0.04-0.09 ไมโครกรัมต่อกรัม และในข้าวกล้องประมาณ 0.1-0.2 ไมโครกรัมต่อกรัม สารหอมชนิดนี้ยังพบปริมาณสูงในพืชตระกูลใบเตย ในการทดสอบข้าวหอมนั้นกระทำโดยแช่เมล็ดข้าวในน้ำเกลือเข้มข้น 10 % ปิดฝาให้แห้งสนิทเพื่อให้สารหอมระเหยออกมาแล้วจึงคมแยกข้าวหอมออกจากข้าวที่ไม่มีกลิ่น

1.4.7 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

หลังการเก็บเกี่ยวภายในเมล็ดข้าวมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ กรณีข้าวเจ้าจากรายงานของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้ คือ คุณภาพในการขัดสีข้าวเมล็ดยาวที่เป็นข้าวเก่าจะมีเมล็ดแกร่งกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆ นอกจากนี้การดูดซึมน้ำ (water absorption) ของข้าวเก่าในระหว่างการหุงต้มเพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน แต่น้ำข้าวจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแข็งแขวนลอย (total soluble solid) อยู่น้อยลงหรือใสขึ้น ในขณะที่ข้าวเมล็ดสั้น เช่น ข้าวจาปอนนิก้า เมื่อนำข้าวเก่าที่เก็บไว้นานมาหุงจนสุก จะมีความเหนียว ความนุ่มและความเลื่อมมันต่ำกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวได้ใหม่ๆ ข้าวเก่าที่เก็บไว้นานเมื่อหุงสุกจะมีความเหนียว ความนุ่ม และความเลื่อมมันต่ำกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ๆ เช่นเดียวกัน (วุฒิชัย นาครักษา , 2535 : 73-102)

ตารางที่ 6 การจัดแบ่งข้าวพันธุ์ดีตามคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน

พันธุ์ข้าว	เมล็ดยาว (มม.)	อะมิโลส	อุณหภูมิแป้งสุก	ความคงตัวแป้งสุก
		ข้าวสุกนุ่มและเหนียว		
ขาวดอกมะลิ 105	7.4	12-17	ต่ำ	อ่อน
กข 15	7.5	14-17	ต่ำ	อ่อน
กข 21	7.3	17-20	ต่ำ	อ่อน
นางมล เอส 4	7.8	19-26	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
		ข้าวสุกไม่แข็ง		
ขาวปากหม้อ	7.7	24-26	ปานกลาง	อ่อน
ขาวตาแห้ง 17	7.5	26-28	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
กข 7	7.2	24-28	ปานกลาง	อ่อน
กข 23	7.3	26-30	ปานกลาง	อ่อน
สุพรรณบุรี 60	7.5	19-26	ต่ำ	ปานกลาง
		ข้าวสุกร่วน		
เหลืองใหญ่ 148	7.3	30-31	ต่ำ	อ่อน-ปานกลาง
น้ำสะกุย 19	7.6	30-31	ต่ำ	อ่อน-ปานกลาง
เหลืองประทิว123	7.4	28-32	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน-แข็ง
ตะเภาแก้ว 161	7.5	30-32	ต่ำ	อ่อน
เล็บมือนาง 111	7.6	29-32	ต่ำ-ปานกลาง	แข็ง-อ่อน
ปิ่นแก้ว 56	7.5	29-31	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
นางพญา 132	7.4	31-32	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน-แข็ง
กู้เมืองหลวง	8.4	28-30	ต่ำ	แข็ง
แก่นจันทร์	7.2	30-31	ต่ำ	อ่อน
กข 1	7.1	29-31	ต่ำ	แข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กข 5	7.2	29	ต่ำ-ปานกลาง	อ่อน
กข 9	7.2	29-31	ต่ำ	แข็ง
กข 11	7.6	29-32	ต่ำ	แข็ง

ที่มา : งามชื่น คงเสรี, 2531: 98

2. น้ำกะทิ

น้ำกะทิเป็นของเหลวที่ได้จากการล้างอัดสกัดไขมัน และโปรตีนจากมะพร้าวขูดโดยการใช้น้ำหรือบีบคั้นโดยตรง การสกัดน้ำกะทิจะมีไขมันและโปรตีนเหลืออยู่ในกากมากมีลักษณะเป็นอิมัลชั่นชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion ; O/W) ซึ่งหมายถึง ลักษณะของหยดน้ำมันกระจายอยู่ในสารละลายน้ำ และถูกล้อมรอบ หรือห่อหุ้มด้วยโปรตีน สภาพดังกล่าวเกิดจากระบบที่แรงตึงผิว องค์ประกอบของน้ำกะทิที่อยู่กับปริมาณน้ำที่ใช้

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกะทิเมื่อคั้นโดยไม่เติมน้ำ

Chemical properties of coconut milk	(%)
น้ำ	50.00
ไขมัน	39.77
โปรตีน	2.78
แป้ง	0.09
น้ำตาล	2.99
ของแข็งทั้งหมด	10.38
เถ้า	1.22

ที่มา : สุภรณ์ พจนมณี, ม.ป.ป.: 145

สุภรณ์ พจนมณี (ม.ป.ป. : 145) กล่าวไว้ว่า การคั้นน้ำกะทิควรใช้น้ำอุ่น ถ้าเป็นฤดูหนาวต้องใช้น้ำร้อนจัด

ในการทำข้าวเม่า ส่วนผสมน้ำกะทิที่ใช้ควรเป็นหัวกะทิที่มีความข้น และมันของมะพร้าวซึ่งจะให้รสชาติข้าวเม่าที่มัน และกลมกล่อม ฉะนั้นในขั้นตอนการทำน้ำกะทิ ควรเติมน้ำอุ่นในปริมาณน้อย เพื่อให้ได้กะทิข้นๆ ในการผลิตดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. น้ำตาล

เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึก ละลายได้ดีในน้ำ มีรสหวาน จัดอยู่ในอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรท

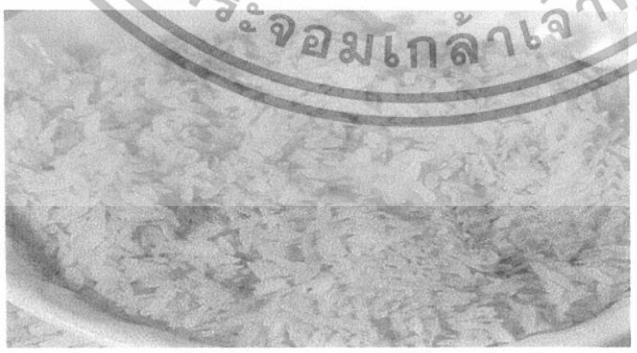
น้ำตาลทรายขาวมีลักษณะเป็นเม็ด ทำจากน้ำอ้อยหรือบีท สำหรับน้ำตาลในเมืองไทยนั้นผลิตมาจากอ้อย น้ำตาลเมื่อผ่านขั้นตอนการผลิตต่างๆ ซึ่งใช้กรรมวิธีทางเคมีจะกลายเป็นน้ำตาลซึ่งประกอบด้วยผลึกน้ำตาล และกากของน้ำตาลหรือโมลาส (Molasses) มีเกลือแร่และวิตามินเหลืออยู่บ้าง น้ำตาลดิบจะมีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อนำไปฟอกอีกครั้งหนึ่งจะได้เป็นน้ำตาลทรายขาวซึ่งเหมาะที่จะนำไปปรุงอาหารทั่วๆ ไปการนำไปใช้ถ้าเป็นก้อนทำให้กระจายออกแล้วตวงปาดให้พอดีไม่กดเขย่า หรือเคาะ (จิตธนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล, 2525: 13)

หน้าที่ของน้ำตาล

1. ให้ความหวานแก่ผลิตภัณฑ์
2. เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ กลิ่น และรสของผลิตภัณฑ์

4. ข้าวเม่า

ข้าวเม่า เป็นผลิตภัณฑ์อันดับแรกที่ได้จากข้าวเหนียว โดยข้าวเหนียวที่ใช้จะเป็นข้าวที่ที่ยังไม่อ่อนเกินไปและ ไม่แก่จนเกินไป เป็นข้าวรุ่นแรกรุ่นที่ใกล้จะสุก และเลยระยะน้ำนมแล้ว ข้างในเปลือกข้าวเริ่มแข็งตัวเป็นเม็ด มีสีขาว และหุ้มด้วยเยื่อบาง ๆ สีเขียว โดยเยื่อสีเขียวนี้เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มแก่จะกลายเป็นสีน้ำตาลและกลายเป็นรำต่อไป (แต่ไม่เป็นฟอน) จากนั้นนำเมล็ดข้าวนี้มาคั่วพอสุกแล้วนำมาตำหรือทุบขณะที่ยังร้อนอยู่ อันเป็นแหล่งรวมวิตามินหลายชนิด แล้วเอามาฝัดเอาเปลือกข้าวออก จะได้ข้าวเม่าเมล็ดแบนๆ ไว้สำหรับปรุงเป็นขนมต่อไป

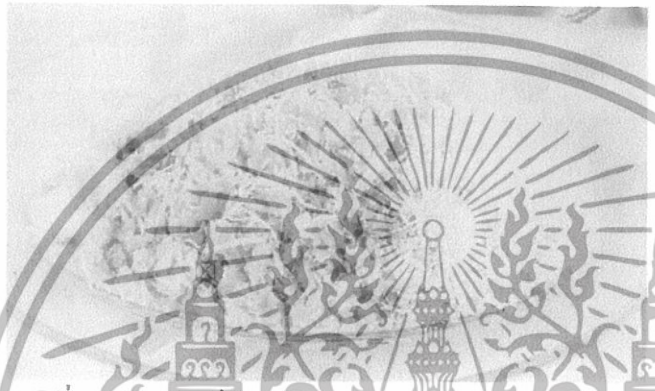


ภาพที่1 ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าทั่วไปตามท้องตลาด

ที่มา : http : // www. Thaigoodvicw. com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่ง่ายที่สุดในการปรุงข้าวเม่ารับประทาน คือ การทำข้าวเม่าคลุก ให้พรมน้ำเกลือลงบนข้าวเม่าแล้วคลุกเคล้าให้ทั่ว ทำให้ข้าวเม่าอ่อนตัวและมีรสเค็มน้อยๆ ขูดมะพร้าวทึนทึกเป็นเส้นๆ คลุกเคล้าเข้ากับข้าวเม่า และโรยน้ำตาลทราย ปรุงให้ได้รสหวานและเค็มเล็กน้อย รับประทานกับกล้วยไข่สุก ข้าวเม่าคลุก กับกล้วยไข่ เป็นของหวานของไทยที่นิยมรับประทานกันมากอย่างหนึ่ง



ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าคลุก

ที่มา : http : // www. Thaigoodvicw. com

วิธีทำข้าวเม่าแบบดั้งเดิม

1. การเตรียมข้าวเม่า

ตรวจดูลักษณะของข้าวว่าข้าวที่อยู่ในแปลงมีลักษณะพอดีที่จะทำข้าวเม่าหรือไม่ โดยการลงไปดูทีละรวง และหักทีละรวง โดยหักตรงข้อต่อของรวงกับปล้อง จนได้ปริมาณเพียงพอ ซึ่งขั้นตอนนี้จะเป็นวิธี ดั้งเดิม ซึ่งจะไม่นิยมใช้เคียวเนื่องจาก ข้าวในกอเดียวกัน อาจจะแก่ไม่เท่ากัน หากใช้เคียวรวบเกี่ยวทั้งกอ ก็จะเสียรวงข้าวไปเปล่าๆ จึงนิยมเลือกหักทีละรวง

เมื่อได้ปริมาณเพียงพอแล้ว ก็แยกเมล็ดข้าวออกจากรวง โดยใช้ช้อนขูดเอาเฉพาะเมล็ดข้าวออก ทีละรวง ๆ อีกเหมือนกัน

2. การคั่วข้าวเม่า

ขั้นตอนนี้ คือการทำให้ข้าวสุก โดยการนำ ข้าวที่กำลังเป็นข้าวเม่า เนื่องจากภายในเมล็ดยังมีส่วนที่เป็นน้ำอยู่ จึงสามารถทำให้สุกคั่วโดยที่เมล็ดข้าวไม่แตกเหมือนข้าวตอกแตก ซึ่งอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการคั่วข้าวเม่า ก็คือ หม้อดิน(หรืออาจจะใช้กระทะแทนก็ได้) ไม้พายสำหรับคน และที่ขาดไม่ได้เลยก็คือ เตาไฟ คั่ว บนไฟอ่อนๆ (หากไฟแรงไป จะทำให้ไหม้ก่อนสุก) นำเมล็ดข้าวเม่า ซึ่งขูดเตรียมไว้แล้ว ใส่ลงในหม้อดิน พอประมาณ หรือประมาณ ¼ ของหม้อดิน หากใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

มากเกินไปข้าวจะสุกไม่ทั่วถึง ใช้ไม้พายคนไปมา เพื่อให้ข้าวสุกทั่วถึง คั่วพอสุกจากนั้นนำมาพักไว้สักครู่ แล้วคั่วต่อไป อีกครั้งจนเสร็จ

3.การตำข้าวเม่า

ขั้นตอนนี้ คือการนำเปลือกข้าวออกจากเนื้อเมล็ด เมื่อนำเปลือกออกแล้ว ก็จะเหลือเนื้อในสีเขียว น่ารับประทาน ซึ่งอุปกรณ์ที่จำเป็นก็คือครก สาก ไม้คนและกระด้ง

นำข้าวเม่าที่คั่วแล้วไปตำ จากนั้นจึงตักข้าวออกจากครก ใส่กระด้ง นำไปฝัดเอากากหรือเปลือกข้าวออก แล้วใส่ลงในครกตำต่อไปอีกครั้ง และนำออกไปฝัดอีกทำซ้ำ ๆ จนเปลือกออกหมด

วิธีทำข้าวเม่าแบบสมัยใหม่

ขั้นตอนการเตรียมและการคั่วข้าวเม่า ก็ไม่ต่างจากแบบดั้งเดิม แต่หากทำในปริมาณมาก ส่วนที่แตกต่างจากแบบดั้งเดิมก็คือ เปลี่ยนจากตำหรือทุบ เป็นสีข้าวแทน ซึ่งวิธีนี้จะเสร็จเร็วกว่าใช้ครก

แต่ข้าวเม่าที่ได้จากการสี จะมีคุณภาพด้อยกว่าจากการตำหรือทุบ คือ

- โรงสี อาจจะขัดเอาส่วนที่เป็นสีเขียวออกมากเกินไป ทำให้เหลือ วิตามินน้อยลง
- ข้าวเม่าที่ได้จะมีความอ่อนนุ่มน้อยกว่าการตำหรือทุบ (ดังนั้น ปัจจุบัน บางรายที่ทำขาย อาจใช้เทคนิค สี แล้วนำมาตำด้วยครกกระเดื่องติดมอเตอร์ ภายหลัง)
- อาจมีเศษหินก้อนเล็กๆ ปนมาด้วย (ขึ้นอยู่กับคุณภาพของโรงสี)

2.2 การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารบรรจุกระป๋อง

1. ชนิดของจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญในการทำอาหารกระป๋อง

ในการผลิตอาหารกระป๋อง จะต้องตั้งเป้าหมายในการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียที่สำคัญในอาหารชนิดนั้นๆ หรือตัวที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ ถ้าหลงเหลืออยู่โดยเฉพาะพวกที่ทนความร้อนได้ดี ในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH > 4.6) มีความเสี่ยงต่อเชื้อ *Clostridium botulinum* ในการแปรรูปอาหารที่มีกรดต่ำจึงยึดเชื้อ *Clostridium botulibum* ที่ทนความร้อนที่สุด ในสารละลายฟอสเฟตที่มี พีเอชเท่ากับ 7 ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าที่ $F_{250}F_0$ ของ *Clostridium botulibum* มีค่าเท่ากับ 2.45 นาที ซึ่งความร้อนระดับนี้มีผลในการลดปริมาณจุลินทรีย์ลงในระดับที่พอเพียงในการใช้กับอาหารที่มีกรดต่ำ เนื่องจากอัตราการถูกทำลายของจุลินทรีย์เป็นฟังก์ชั่นล็อก ดังนั้นในทางทฤษฎีจึงไม่อาจทำลายจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด ในทางปฏิบัติจะกำหนดเวลาที่จะใช้ทำลายจุลินทรีย์ คิดเป็นจำนวนเท่าของค่า D ของจุลินทรีย์ชนิดนั้น จุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
73120

แต่ละชนิดจะมีค่าไม่เท่ากัน สำหรับ *Clostridium botulibum* จะใช้ 12 D แต่ถ้าใช้จุลินทรีย์ตัวอื่นที่ทนความร้อนสูงกว่า *Clostridium botulibum* เช่น *Clostridium sporogenes* ใช้ 5 D และ *Bacillus stearothermophillus* จะใช้ 4D ซึ่งให้ผลเทียบเท่ากับ 12D ของ *Clostridium botulibum* และเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียและยังคงรักษาคุณภาพของอาหารไว้ไม่ให้ถูกทำลายโดยความร้อนมากเกินไป (สุมารี เหลืองสกุล , 2535 : 150)

2. ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

2.1 คุณสมบัติในการทนทานความร้อนของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร

การทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารต้องพิจารณาจากระดับอุณหภูมิและปริมาณความร้อนที่ต้องการ นอกจากนี้ยังต้องศึกษาถึงความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ซึ่งความทนทานความร้อนของจุลินทรีย์แต่ละชนิดแตกต่างกันไป ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงค่าความต้านทานความร้อน (ค่า D, Z) ของแบคทีเรียที่พบในอาหารกระป๋อง

Bacterial groups	Approximate range of heat resistance	
	D	Z
Low-acid semi-acid foods (pH above 4.5)		
Thermophiles (spores)	250	
- Flat-sour group (*B. stearothermophillus*)	4.0-5.0	14-22
- Gaseous-spoilage group (*Cl.thermosaccharolyticum*)	3.0-4.0	16-22
- Sulfide stinkers (*Cl. Nigrificans*)	2.0-3.0	16-22
Mesophiles (spores)		
- *Cl.botulinum* (types A and B)	0.10-0.20	14-18
- *Cl.sporogenes* group (including P.A. 3679)	0.10-1.50	14-18
Acid food (pH 4.0 -4.5)		
Thermophiles (spores)		
- B. coagulans (facultatively mesophillic)	0.01-0.07	14-18
Mesophiles (spores)	212	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- B. polymyxa and B. macerans	0.10-0.50	12-16
- Butyric anaerobes (*Cl. pastiurianum*)	0.10-0.05	12-16
High-acid foods (pH.4.00 and below)	150	
Mesophillic non-spore-bearing		
- *Lactobacillus spp. Leuconostoc spp.* And yeasts and moulds	0.50-100	8-10

ที่มา : สุมาลี เหลืองสกุล, 2535: 201

2.2 อัตราความเร็วที่ปริมาณความร้อนแทรกผ่านไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหาร ได้แก่ เวลาที่ใช้จะทำให้จุดร้อนช้าที่สุดในภาชนะถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

2.3 การแทรกผ่านของความร้อนในอาหารกระป๋อง (heat penetration)

อัตราความเร็วที่มีปริมาณความร้อนแผ่กระจายไปยังจัดที่ร้อนช้าที่สุด (cold point หรือ slowes – heating point) ของอาหารกระป๋องขึ้นอยู่กับลักษณะการถ่ายเทความร้อนของอาหารแต่ละชนิดซึ่งเกิดขึ้นไม่เท่ากันในอาหารเหลวการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการพาความร้อน (convection) ซึ่งเกิดขึ้นได้เร็วกว่าในอาหารแข็งที่เป็นแบบการนำความร้อน (conduction) ดังนั้นระยะเวลาในการฆ่าเชื้อจึงสั้นกว่า การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาหารกระป๋องจะเกิดขึ้นได้ไม่เท่ากันทุกจุด ดังนั้นการกำหนดระยะเวลาในการฆ่าเชื้อต้องนานเพียงพอที่ความร้อนแผ่กระจายไปยังจุดที่ได้รับความร้อนช้าที่สุดของอาหาร นอกจากนี้ขนาดของกระป๋องก็มีผลต่อการฆ่าเชื้อเพราะว่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาหารกระป๋องขนาดใหญ่จะใช้เวลานานกว่ากระป๋องขนาดเล็ก และในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องแต่ละครั้งจะต้องแน่ใจว่าอาหารทุกกระป๋องเป็นชนิดเดียวกันและมีขนาดเท่ากัน ตำแหน่งของจุดที่ร้อนช้าที่สุดสามารถแบ่งได้ตามลักษณะการถ่ายเทความร้อนของอาหารกระป๋องออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ

1. อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน (convection heating)

การพาความร้อนแบบธรรมชาติเกิดได้โดยมีสาเหตุจากความแตกต่างของความหนาแน่นของตัวกลาง (อาหารเหลว) โมเลกุลของอาหารเหลวมีความหนาแน่นน้อยกว่าจะเคลื่อนที่ขึ้นข้างบนขณะที่โมเลกุลที่มีความหนาแน่นมากกว่า (หนักกว่า) จะเคลื่อนที่ลงมาแทนที่ทำให้เกิดการไหลเวียนของอาหารเหลวภายในกระป๋องซึ่งจะทำให้สมมาตรของอาหารเสียไป ดังนั้นจุดที่ร้อนช้าที่สุดของอาหารกระป๋องที่ฆ่าเชื้อโดยวางเรียงในแนวตั้งจะอยู่ที่ประมาณ ¾ นิ้ว จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านล่างกระป๋องสำหรับกระป๋องขนาดเล็ก และสำหรับกระป๋องขนาดใหญ่ เช่น กระป๋องเบอร์ 10 จุดร้อนช้าที่สุดจะอยู่ที่ประมาณหนึ่งนิ้วครึ่ง จากด้านล่างกระป๋อง

การพาความร้อนแบบบังคับ (forced convection) จะมีแรงภายนอกมาบังคับให้โมเลกุลของอาหารเคลื่อนที่ เกิดการผสมของของเหลวภายในกระป๋อง ทำให้เกิดถ่ายเทความร้อนเป็นไปได้เร็วขึ้น เช่น การฆ่าเชื้ออาหารใน agitating cooker ซึ่งจะมีการหมุนของกระป๋องระหว่างการฆ่าเชื้อมักไม่พบจุดที่ร้อนช้าที่สุด หรือถ้ามีก็จะอยู่ที่จุดกึ่งกลางของกระป๋อง

2. อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน (conduction heating)

อาหารในกระป๋องจะได้รับความร้อนในทุกทิศผ่านผนังกระป๋องแล้วผ่านจากโมเลกุลส่วนที่ร้อนที่สุดของอาหาร ซึ่งอยู่บริเวณกึ่งกลางของกระป๋อง (geometric center) ดังแสดงในภาพที่ 2 นั่นคือ พลังงานความร้อนจะถูกถ่ายเทจากบริเวณที่มีสูง (อาหารที่อยู่ติดกับฝากระป๋อง) ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ (จุดที่ร้อนช้าที่สุด) โดยผ่านโมเลกุลของอาหารที่ไม่เคลื่อนที่ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนแบบการนำนั้นอนุภาคอาหารไม่สามารถเคลื่อนที่การถ่ายเทความร้อนจึงไม่เร็วเหมือนกับแบบการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (natural convection)

3. อาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบผสม

เป็นอาหารที่มีส่วนผสมของสารให้ความหนืดประกอบอยู่ด้วย ซึ่งในช่วงแรกของการให้ความร้อนจะเป็นแบบการพาความร้อนและเมื่อให้ความร้อนต่อไปอาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจนมีความข้นหนืดมากขึ้น การถ่ายเทความร้อนจึงเปลี่ยนเป็นแบบการนำความร้อน จะได้กราฟในลักษณะพิเศษที่เรียกว่า "broken heating curve" คือไม่เป็นเส้นตรงตลอดแนวแต่จะเป็นเส้นที่มีการเปลี่ยน slope เหมือนกับเส้นตรง 2 เส้นที่มีความชันต่างกันมาต่อกัน อาหาร ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ หรือผลิตภัณฑ์ที่บรรจุชิ้นอาหารใหญ่ๆ ในของเหลว เช่น ชิ้นผักใหญ่ๆ ในน้ำเกลือจุดที่ร้อนช้าที่สุดจะอยู่ที่กึ่งกลางระหว่างจุดร้อนช้าที่สุดของอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำ (จุดกึ่งกลาง) และการพา (ทิพาพร อยู่วิทยา, 2536: 47)

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในกระป๋อง

1. น้ำหนักบรรจุ

ถ้าน้ำหนักบรรจุมากเกินไปจะทำให้อัตราการแทรกผ่านของความร้อนลดลง ในการศึกษาการแทรกผ่านของความร้อนมักจะใช้น้ำบรรจุเกินกว่าปกติ 5 % เพื่อชดเชยสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการผลิตจริงเพื่อความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความหนืดของผลิตภัณฑ์

ส่วนประกอบบางตัว เช่น แป้ง มีผลอย่างมากต่อการส่งผ่านของความร้อน การใส่แป้งมากเกินไป หรือใช้แป้งผิดประเภทอาจนำไปสู่ปัญหาของการให้ความร้อนไม่เพียงพอที่จะฆ่าเชื้อ (Under processing)

3. อัตราส่วนของของแข็งต่อของเหลวที่บรรจุ

ของแข็งบรรจุอยู่มากทำให้การถ่ายเทความร้อนก็ยิ่งช้าลง ผู้ตรวจสามารถที่จะประเมินโดยดูจากข้อมูลน้ำหนักบรรจุก่อนและหลังการฆ่าเชื้อ เพื่อดูความสม่ำเสมอ และดูว่าเป็นค่าเดียวกับที่ใช้ในการกำหนดการฆ่าเชื้อหรือไม่

4. วิธีการเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมวัตถุดิบที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้การบรรจุในกระป๋องแน่นเกินไปทำให้การส่งผ่านความร้อนไม่ดี

5. ชนิดขนาดรูปร่างและการเรียงผลิตภัณฑ์ในกระป๋อง

อนุภาคต่างชนิดกันดูดซับความร้อนได้ในอัตราที่แตกต่างกัน ขนาดมีผลเกี่ยวข้องทั้งกับเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ และการเรียงผลิตภัณฑ์อัดกันแน่นที่ก้นกระป๋อง ทำให้ขัดขวางการเคลื่อนที่ของของเหลวในกระป๋อง ทำให้การให้ความร้อนเกิดขึ้นได้ช้าลง

6. สุญญากาศและช่องว่างเหนืออาหาร

มีผลต่อการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์โดยการมีสุญญากาศหรือช่องว่างเหนืออาหารที่ไม่เพียงพออาจมีผลทำให้เกิด under processing ขึ้นได้

7. ขนาดและรูปร่างของภาชนะบรรจุ

สำหรับผลิตภัณฑ์บางชนิด การเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของภาชนะบรรจุอาจไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระแสการพา (convection currents) หรือการเรียงตัวของอนุภาคอาหารที่เป็นของแข็ง

8. ช่องว่างเหนืออาหารในกระป๋องสำหรับการฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อแบบหมุน

เนื่องจากการเกิดเป็นฟองในช่องว่างเหนืออาหารที่ทำให้เกิดการบวมในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นถ้าช่องว่างเหนืออาหารไม่เพียงพออาจเกิด under processing เพราะเป็นการให้ความร้อนอย่างช้าๆ โดยไม่มีการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของอาหาร (ทะนง ภัครัชพันธุ์ , 2524: 81-97)

2.5 ค่า F_0 (sterilization value)

การกำหนดค่า F_0 ขึ้นอยู่กับการทดลอง เพราะว่าจะต้องมีปัจจัยอื่นๆ เกี่ยงข้องด้วยในกระบวนการแปรรูปอาหารกระป๋อง ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้อง F_0 ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบจำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเตรียมคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ และขึ้นกับปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหารกับชนิดของอาหารที่สำคัญ ดังนั้น ค่า F_0 จะแปรเปลี่ยนดังตารางที่ 9 ซึ่งจะเป็นตัวตัดสินชี้ขาดค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ

ตารางที่ 9 ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดที่ใช้กันทั่วไป

ผลิตภัณฑ์อาหาร	ขนาดกระป๋อง	ค่า F_0
อาหารเด็ก	202 x 308	3-5
ถั่วในซอสมะเขือเทศ	ทุกขนาด	4-6
ถั่วลันเตาในน้ำเกลือ	307 x 409 หรือเล็กกว่า	6
	307 x 409 ถึง 603 x 700	6-8
แครอท	ทุกขนาด	3-4
เนื้อในน้ำเกรวี่	ทุกขนาด	12-15
ถั่วแขกในน้ำเกลือ	307 x 409 หรือเล็กกว่า	4-6
เห็ดในน้ำเกลือ	300 x 410	8-10
แกงเนื้อใส่ผัก	307 x 410 และเล็กกว่า	8-12
ไก่ทั้งชิ้นในน้ำเกลือ	401 x 411 ถึง 603 x 70	15-18
ไส้กรอกในน้ำมัน	307 x 401 และเล็กกว่า	4-6
ไส้กรอกในน้ำเกลือ	307 x 401 และเล็กกว่า	3-4
ปลาในซอสมะเขือเทศ	307 x 401 และเล็กกว่า	10
ซุปมะเขือเทศ	ทุกขนาด	3
อาหารสัตว์เลี้ยง	300 x 410	15-18
ซุปข้าวโพด	307 x 409	5-6
หน่อไม้ฝรั่ง	ทุกขนาด	2-4
ข้าวโพดอ่อนในน้ำเกลือ	307 x 409	9

ที่มี : ทนง ภัครัชพันธุ์, 2524 : 103

2.6 ความเป็นกรด - ด่างของอาหาร

ความเป็นกรด – ด่าง เป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในกระบวนการฆ่าเชื้อในอาหารกระป๋องทั้งนี้เพราะมีผลโดยตรงต่อกระบวนการให้ความร้อน และความสามารถในการเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของจุลินทรีย์ปกติแล้วจุลินทรีย์สามารถทนความร้อนได้มากที่สุดและเมื่อเจริญอยู่ในสภาพที่มีความเป็นกรด- ด่างที่เหมาะสม อาหารแบ่งตามสภาพความเป็นกรด- ด่าง ได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. กลุ่มอาหารที่เป็นกรดต่ำ (low acid foods) คืออาหารที่มีค่า พีเอชสูงกว่า 5.3 ขึ้นไป เช่นเนื้อสัตว์ เนื้อสัตว์ปีก สัตว์น้ำ และผลิตภัณฑ์ผักบางชนิด

2. กลุ่มอาหารที่เป็นกรดปานกลาง (medium acid foods) คือ อาหารที่มีค่า พีเอชที่อยู่ในช่วง 4.5-5.3 เช่น อาหารจำพวกซุป ผลิตภัณฑ์จากเส้นหมี่ เป็นต้น

3. กลุ่มอาหารที่เป็นกรด (acids foods) คือ อาหารที่มีค่า พีเอชอยู่ในช่วง 3.7-4.5 เช่น ผลไม้จำพวกส้ม และลูกท้อ เป็นต้น

4. กลุ่มอาหารที่เป็นกรดสูง (high acids foods) คือ อาหารที่มีค่า พีเอชต่ำกว่า 3.7 ลงมา เช่น มะนาว ผักดอง อาหารหมักดอง เป็นต้น

ทางปฏิบัติอาหารจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ กลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (พีเอช สูงกว่า 4.5) กลุ่มอาหารที่เป็นกรด (พีเอช 4.0 -4.5) กลุ่มอาหารที่เป็นกรดสูง (พีเอชต่ำกว่า 4.0 ลงมา) (สุมาลี เหลืองสกุล, 2535: 157-208)

2.7 การเสียแบบต่างๆ ของอาหารกระป๋อง

มัทนา แสงจินดาวงษ์ (2538: 40) กล่าวถึงการเสียของอาหารกระป๋อง ไว้ว่า โดยทั่วไปมีสาเหตุใหญ่อยู่ 3 ประการคือ

1. การเสียจากปฏิกิริยาเคมี (chemical spoilage) มีสาเหตุและลักษณะดังนี้

1.1 hydrogen swell มีสาเหตุมาจากการอบดีบุกหรือเคลือบดีบุกไม่ดีเมื่อนำอาหารที่มีความเป็นกรดสูงไปบรรจุอาหาร กรดอาหารจะไปทำปฏิกิริยากับโลหะ ณ. จุดนั้น และทำให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้นภายในกระป๋อง เมื่อมีปริมาณมากก็จะทำให้กระป๋องบวม

1.2 nitrite swell มีสาเหตุมาจากการผสมดินประสิวลงไปในเนื้อมากเกินไปหรือผสมกันอย่างไม่สมบูรณ์ทำให้มีไนเตรตหลงเหลืออยู่มาก และเมื่อรวมกับออกซิเจน head space จะกลายเป็นแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) ทำให้กระป๋องบวม

1.3 detenning มีสาเหตุมาจากอาหารที่บรรจุอยู่ในกระป๋องมีกรดออกซาริก (oxalic acid) อยู่มากทำให้ดีบุกที่เคลือบไว้หลุดลอกออกมา

1.4 discoloration มีสาเหตุมาจากอาหารที่บรรจุอยู่ภายในมีสารกำมะถันประกอบสูง เช่น เนื้อปู เป็นต้น สารกำมะถันจะไปทำปฏิกิริยากับกระป๋องเกิดเป็นเหล็กซัลไฟด์ (FeS) ละลายน้ำแล้วแทรกซึมเข้าไปเนื้ออาหารทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีสีดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 การเกิดสนิม (rusting) มักจะเกิดในส่วนของ headspace เนื่องจากออกซิเจนจะไปทำปฏิกิริยากับโลหะของกระป๋องเกิดสนิมของโลหะออกไซด์

2. การเสื่องเนื่องจากปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ (physical spoilage) มีสาเหตุดังนี้คือ

2.1 over filling การบรรจุอาหารมากเกินไปทำให้เกิดกระป๋องบวมชนิด soft swell หรือ springer เป็นผลทำให้ภายในกระป๋องเกิดสุญญากาศและช่องว่างที่ head space ไม่ได้มาตรฐาน

2.2 poor exhaust การไล่อากาศออกจาก head space ไม่หมดทำให้เกิดกระป๋องบวมชนิด flipper เมื่อนำอาหารไปเก็บไว้ ณ ที่มีอุณหภูมิสูงหรือโกดังเก็บเมื่อมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจึงเกิดการบวมดังกล่าว

2.3 carbon dioxide swells การที่ภายในกระป๋องมีสภาพสุญญากาศน้อยทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า browning reation ระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโน (amino acid) เมื่อโกดังที่เก็บมีอุณหภูมิสูงขึ้น ผลของปฏิกิริยาทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้กระป๋องบวม ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มไม่น่ารับประทาน

2.4 glass- like deposits เกิดจากการ cooling ไม่ดี หลังจากให้ความร้อนแล้วไม่ทำให้เย็นทันทีทำให้เกิดผลึกคล้ายแก้ว โดยที่กระป๋องผลึกเหล่านี้ไม่มีโทษเกิดจากสารประกอบธรรมชาติของอาหารการควบคุมกระบวนการผลิตบางครั้งก็ทำได้ยากและไม่สม่ำเสมอดังนั้นการแก้ไขอาจใช้สารพวก chelating agents แต่ต้องเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด อาหารกระป๋องที่เสียเนื่องจากปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ สามารถนำมาบริโภคได้ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่ลักษณะของอาหารที่ปรากฏให้เห็นจะมีลักษณะที่ผิดปกติ เช่น ปลาในซอสมะเขือเทศ จะเห็นว่าเนื้อปลายังคงปกติ แต่ซอสมีสีแดงคล้ำลงเป็นต้น การเสียจากข้อ 2.1 และ 2.2 บางครั้งเราเรียก non-microbial spoilage

3. การเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ (microbial spoilage) เกิดจากสารเคมีดังนี้ คือ

3.1 pre-processing หรือ incipient spoilage อาหารเสียก่อนที่จะนำไปเข้า retort อาจมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์หรือเอนไซม์ ในอาหารก็ได้ การเสียชนิดนี้กระป๋องจะมีลักษณะปกติ แต่เนื้อของอาหารข้างในจะมีลักษณะผิดปกติ การตรวจทางจุลินทรีย์ทำได้โดย ให้ใช้วิธีดูเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์หรือที่เรียกว่า direct smear

3.2 gross-under processing อาหารเสียเนื่องจากการลืมเอาเข้า retort แต่ในปัจจุบันนี้มักไม่ค่อยมีปัญหาเพราะได้มีการติดกาวเทปไว้ โดยเมื่อโดนความร้อนกาวเทปก็จะเปลี่ยนสีทำให้ไม่หลงลืมว่าส่วนใด หรือ lot ใดที่ยังไม่ได้นำไปเข้า retort

3.3 under processing อาหารเสีย เนื่องจากให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 post processing หรือ leakage อาหารบรรจุกระป๋องเสียเนื่องมาจากกระป๋องรั่ว ทำให้จุลินทรีย์จากภายนอกปนเปื้อนเข้าไปได้ (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2538: 60-62)

3.1 สาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารกระป๋องเนื่องจากจุลินทรีย์

(causes of microbial spoilage in canned foods)

การเสียของอาหารบรรจุกระป๋องเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ อาจแบ่งได้เป็นแบบต่างๆ ได้แก่ แบบที่มีสาเหตุจากเทอร์โมฟายล์ และแบบที่มีสาเหตุจากมีโซฟายล์ และอาจจำแนกชนิดของการเสียได้โดยการใช้ผลผลิตที่เกิดจากการเสีย เช่น พิวทริแฟ็กชัน การผลิตกรดการเกิดแก๊ส และการมีสีดำเป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถจะแนกชนิดการเสียโดยใช้อาหารเป็นหลักพอจะแบ่งออกได้ดังนี้

1. Underprocessing

ถ้าอาหารกระป๋องมีปริมาณของสปอร์อยู่มาก และภายหลังการที่อาหารถูกนำไปผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปรากฏว่ายังมีสปอร์เหลืออยู่ ในกรณีนี้เราเรียกว่ากระบวนการให้ความร้อนที่ไม่เพียงพอจะทำลายสปอร์ทั้งหมดว่า underprocessing ทั้งนี้สำหรับสาเหตุที่มีสปอร์อยู่มากมายในอาหารพอจะกล่าวได้ดังนี้

1.1 การสะสมของสปอร์บนเครื่องมือที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตในกรณีนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ในกลุ่ม facultative ทั้งนี้เพราะว่าสภาพแวดล้อมในโรงงานไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ในกลุ่ม anaerobers

1.2 ส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตอาหาร เช่น น้ำตาล แป้ง และเครื่องเทศ เป็นต้น ส่วนประกอบดังกล่าวอาจเป็นแหล่งผลิตแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ทั้งในกลุ่ม facultative และ anaerobers

1.3 ช่วงการล้างวัตถุดิบ ถ้าล้างดินที่เกาะมากับวัตถุดิบไม่หมดก็มีโอกาสสูงที่จะมีการปนเปื้อนของสปอร์ที่ติดมากับดิน

1.4 ผลกระทบต่างๆ จากข้อ หนึ่งถึงข้อ สามรวมกัน

1.5 ประสิทธิภาพของ retort ในบางครั้งอาจเกิดข้อผิดพลาดเกี่ยวกับความถูกต้องเกี่ยวกับส่วนประกอบของ retort เช่น เทอร์โมมิเตอร์ เกย์วัดความดัน เป็นต้น ซึ่งจะก่อให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รอยรั่วตามรอยตะเข็บ (leakage through seams)

แบคทีเรียที่มีสร้างสปอร์อาจจะผ่านเข้าไปในกระป๋องได้ตามรอยตะเข็บของกระป๋องในช่วงของการทำให้เย็นภายหลังกระบวนการให้ความร้อน ดังนั้นถ้ามีการพบแบคทีเรีย (cocci) หรือรูปร่างเป็นท่อน และไม่สร้างสปอร์ (nonsporeforming rods) ในอาหารบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน นั้นแสดงว่า อาหารกระป๋องนั้นเกิดการปนเปื้อนขึ้นภายหลังกระบวนการให้ความร้อน (วราวุฒิ ครูส่ง, 2538: 95-96)

มัทนา แสงจินดาวงษ์ (2538: 72) ได้สรุปสาเหตุต่างๆ การความเสื่อมเสียของอาหารบรรจุกระป๋องไว้ในรูปแผนภูมิซึ่งมีรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 3 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ภาพที่ 3</u> แผนภูมิแสดงลักษณะการเสียของอาหารกระป๋อง

ที่มา : มัทนา แสงจินดาวงษ์ , 2538: 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 จุลินทรีย์ที่สำคัญและเป็นสาเหตุทำให้อาหารกระป๋องเสีย แบ่งเป็น 2 พวกคือ

1. พวกชอบอุณหภูมิสูง (thermophiles)

แบคทีเรียชนิดนี้เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 55° C มักปนเปื้อนมาจากส่วนประกอบของอาหาร เช่น แป้ง และน้ำตาล เป็นต้น การที่อาหารกระป๋องเสียเพราะแบคทีเรียพวกนี้ก็เนื่องมาจากการใช้ความร้อนการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ หรือหลังจากให้ความร้อนแล้วไม่ได้ทำให้อาหารกระป๋องเย็นทันทีสปอร์ของแบคทีเรียมีโอกาสเจริญงอกงามได้ เราสามารถแบ่งแบคทีเรียพวกชอบอุณหภูมิสูงที่ทำให้อาหารกระป๋องเสียออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1.1 การเสียแบบแฟลตซาวร์ การเสียแบบนี้ได้ชื่อมาจากลักษณะกระป๋องที่เสีย คือ กระป๋องยังคงมีลักษณะที่แบนเหมือนกระป๋องปกติขณะที่อาหารภายในมีรสเปรี้ยว เนื่องจากการผลิตกรดแลกติกของแบคทีเรีย ดังนั้น การเสียแบบนี้จึงไม่สามารถสังเกตจากลักษณะของกระป๋องได้แต่ต้องเปิดกระป๋องมาเพาะเชื้อจึงจะทราบ การเสียแบบนี้จะเกิดในอาหารที่ความเป็นกรดต่ำ เช่น ข้าวโพด ถั่วกระป๋อง โดยมีสาเหตุจาก *Bacillus* ชนิดต่างๆ เช่น *B. coagulans* ทำให้น้ำมะเขือเทศกระป๋องเสีย โดยทั่วไปไม่มี *Bacillus* หลายชนิดผลิตกรดโดยไม่ให้แก๊สในอาหารซึ่งทั้งมีโซฟายล์ ฟาคัลเททีฟเทอร์โมฟายล์ หรืออออปลิเกตเทอร์โมฟายล์แต่สปอร์ของมีโซฟายล์จะถูกทำลายเพราะไม่ทนต่อความร้อน จึงมักจะไม่ใช่สาเหตุของการเสียแบบแฟลตซาวร์สำหรับออปลิเกตเทอร์โมฟายล์ เช่น *B. stearothermophillus* และ *B. pep* ซึ่งทนความร้อนได้ดีแต่จะเจริญในอาหารไม่ได้ถ้าไม่เก็บไว้ในที่ ๆ มีอุณหภูมิสูง หรือทำให้อาหารเย็นช้าเกินไปในขณะที่ฟาคัลเททีฟเทอร์โมฟายล์ เจริญในอุณหภูมิทั่วไป แฟลตซาวร์แบคทีเรียมักจะปนเปื้อนกับเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ เช่น เครื่องลวกและส่วนผสมของอาหาร ได้แก่ น้ำตาล แป้ง เป็นต้น

1.2 การเสียแบบที เอ แบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเสียแบบนี้มีชื่อว่า T.A ซึ่งมาจากคำว่า "thermophilic anaerobe not producing hydrogen sulfide" หรือหมายถึง *Clostridium thermosaccharolyticum* ซึ่งเป็นพวกออปลิเกตเทอร์โมฟายล์ ที่สร้างสปอร์ และไม่ต้องการออกซิเจนย่อยน้ำตาลในอาหารที่เป็นกรดต่ำ และป่านกลางแล้วให้เกิดกรดกับแก๊ส แก๊สที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน ทำให้อาหารกระป๋องที่เก็บไว้ในอุณหภูมิสูงเป็นเวลานานเกิดการบวมจนอาจถึงขั้นระเบิดได้ อาหารที่เสียมักมีรสเปรี้ยว แบคทีเรียชนิดนี้เจริญในอาหารเหลวเช่น thioglycollate broth ที่อุณหภูมิ 55° C ได้ดีและมีแห่งที่มาเช่นเดียวกับแฟลตซาวร์แบคทีเรีย

1.3 การเสียแบบเกิดซัลไฟด์ การเสียแบบนี้จะมีสาเหตุจาก *Clostridium nigrificans* ซึ่งทนต่อความร้อนได้น้อยกว่า 2 พวกแรกเราจึงไม่พบในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ แต่จะพบในอาหารกระป๋องที่ลืมนำเข้าฆ่าเชื้อด้วยความร้อนและเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงการเสียแบบนี้สังเกตได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดสีดำของเฟอรัสซัลไฟต์ ซึ่งเป็นผลจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างไฮโดรเจนซัลไฟต์กับธาตุเหล็ก และมีกลิ่นเหม็น แบคทีเรียนี้มีแหล่งที่มาเช่นเดียวกับ 2 แบบแรก

2. พวกชอบอุณหภูมิปานกลาง (mesophiles)

แบคทีเรียชนิดนี้จะเจริญที่อุณหภูมิ 30-35 ° C สกุลที่สำคัญซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุกระป๋องเสีย มี 2 สกุล คือ *Bacillus* และ *Clostridium* การเสียเนื่องจากมีโซฟายล์นั้นเป็นผลมาจากการให้ความร้อนต่ำจึงอาจมีแบคทีเรียบางชนิดที่ไม่สร้างสปอร์หรือแม้แต่ยีสต์แบะรายังคงมีชีวิตอยู่ได้

Clostridium ที่เป็นสาเหตุของการเสีย ได้แก่ *Cl.butyricum* และ *Cl. pasteurianum* ซึ่งสลายน้ำตาลในอาหารที่อาหารที่เป็นกรดและกรดปานกลางแล้วให้กรดบิวทิริก และทำให้กระป๋องบวมเนื่องจากการผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน สำหรับ *Clostridium* ชนิดอื่นๆ ได้แก่ *Cl. Sporogenes Cl.putrefaciens* และ *Cl. Botulinum* เป็นพวกที่ย่อยโปรตีนได้หรือพวกพิวทริแฟ็กทีฟ ซึ่งจะย่อยโปรตีนแล้วให้สารประกอบต่างๆ ที่มีกลิ่นเหม็น เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟต์ เมอแคปแทน แอมโมเนีย และอื่นๆ ดังได้เคยกล่าวมาแล้ว พิวทริแฟ็กท์แอนแอโรบ ซึ่งจะเจริญได้ดีในอาหารที่เป็นกรดต่ำ เช่น ถั่ว ข้าวโพด เนื้อสัตว์ ปลา เป็นต้น จะผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนออกมาด้วยกระป๋องจึงรวม สปอร์ของพวกพิวทริแฟ็กทีฟแอนแอโรบทนความร้อนได้สูงดังนั้น การเสียของอาหารกระป๋องที่ได้รับความร้อนฆ่าเชื้อต่ำ จึงมักเป็นแบบแฟลตซาวร์ ทีเอ และฟิวทริแฟ็กชัน

เนื่องจากสปอร์ของ *Clostridium* ชนิดที่ให้กรดบิวทิริก ค่อนข้างทนความร้อนได้น้อยกว่าพวกอื่นๆ จึงมักเป็นสาเหตุให้เกิดการเสียในอาหารกระป๋องที่ได้รับความร้อนไม่เกิน 100 ° C ซึ่งจะใช้ฆ่าเชื้อในอาหารที่เป็นกรดหรืออาหารกระป๋องที่ผลิตในครัวเรือนเท่านั้น จึงพบเสมอว่าสับปะรดกระป๋อง มะเขือเทศกระป๋อง มักเสียเนื่องจาก *Cl. pasteurianum* เป็นสาเหตุ

Bacillus ที่เป็นสาเหตุของการเสียจะมีสปอร์ที่ถูกทำลายในอุณหภูมิไม่เกิน 100 ° C ในระยะเวลาสั้น มีเพียงบางชนิดเท่านั้นที่ยังคงทนอยู่ได้หลังจากการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเดือด และสปอร์ที่ยังมีชีวิตอยู่ไม่จำเป็นที่จะต้องเป็นสาเหตุของการเสียเสมอไป เพราะสภาพแวดล้อมอาจไม่เหมาะสมต่อการงอกหรือเจริญ เช่น บางชนิดต้อการออกซิเจน ดังนั้น จึงไม่เจริญในภาชนะไม่เหมาะสมต่อการงอกหรือเจริญ เช่น บางชนิดต้องการออกซิเจน ดังนั้น จึงไม่เจริญในภาชนะบรรจุที่ไล่อากาศออกได้หมด หรืออาหารมีความเป็นกรดสูง ในอาหารที่เป็นกรดต่ำ บรรจุกระป๋องที่ผลิตในครัวเรือนและผ่านความร้อน 100 ° C มาแล้ว เคยพบว่ามี *B.subtilis, B.mesentericus* และสปีชีส์อื่นๆ เจริญอยู่ได้ อาหารกระป๋องที่ผลิตจำหน่ายที่เคยพบว่าเสียเนื่องจาก *Bacillus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารกระป๋องที่ไล่อากาศออกได้ไม่หมด อาหารที่เสียแบบนี้ มักเป็นอาหารทะเล เนื้อสัตว์ และนมระเหยน้ำ เคยมีรายงานว่า *B.polymyxa* และ *B. macerans* เป็นสาเหตุการเสียของถั่วกระป๋อง หน่อไม้ฝรั่งและมะเขือเทศ แต่ยังเป็นที่สงสัยกันว่าแบคทีเรียรอดจากการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนได้อย่างไรหรืออาจเข้าไปทางรูรั่วของภาชนะบรรจุได้ เพราะสปอร์ของแบคทีเรียเหล่านี้ จะทนความร้อนได้ใกล้เคียงกับสปอร์ของ *Cl.pasteurianum*

ถ้าพบว่ามีแบคทีเรียชนิดที่ไม่สร้างสปอร์ อยู่ในอาหารกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมาแล้ว แสดงว่า อาหารนั้นได้รับความร้อนต่ำมาก หรือมีการปนเปื้อนทางรูรั่วของภาชนะบรรจุ เซลล์ของแบคทีเรียบางชนิดจะทนต่อความร้อนได้ค่อนข้างดี และอาจยังคงมีชีวิตอยู่หลังผ่านการพาสเจอร์ไรส์ได้แบคทีเรียเหล่านี้ ได้แก่ *Enterococci, Streptococcus thermophillus, Micrococcus , Lactobacillus* และ *Microbacterium* มีผู้เคยพบ *Lactobacillus* และ *Leuconostoc* เจริญในผลิตภัณฑ์มะเขือเทศและผลไม้อื่นๆ ที่ได้รับความร้อนไม่เพียงพอ และจะทำการผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมามากพอทำให้กระป๋องบวมได้ นอกจากนี้ยังพบ *S.faecalis* หรือ *S.faecium* เสมอ ในแฮมกระป๋องซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อมาเพียงบางส่วนเท่านั้น และทำให้แฮมเสียได้เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน

อย่างไรก็ตาม การพบแบคทีเรียชนิดไม่สร้างสปอร์ในอาหารกระป๋องมักแสดงว่าภาชนะบรรจุเกิดการรั่วชนิดของแบคทีเรียที่พบมักเป็นชนิดเดียวกับที่พบในน้ำที่ใช้ทำให้กระป๋องเย็นหลังการให้ความร้อน ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ทำให้กระป๋องบวมเนื่องจากการผลิตแก๊ส ในบางครั้งจะพบแบคทีเรียชนิดที่สร้างสปอร์รวมอยู่ด้วย และยังพบแบคทีเรียชนิดที่สร้างสปอร์รวมอยู่เพียงชนิดเดียวก็ได้ แบคทีเรียชนิดไม่สร้างสปอร์และไม่ผลิตแก๊สได้แก่ *Pseucomonas, Alcaligenes , Flavobacterium* และ *Proteus*

นอกจากแบคทีเรียที่ทำให้อาหารบรรจุกระป๋องเสียแล้ว ยีสต์ และราก็สามารถที่จะทำให้อาหารบรรจุกระป๋องชนิดที่มีความเป็นกรดสูง (pH < 4.6) เสียได้เหมือนกัน แต่ยังไม่ค้นพบรายงานว่าผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุกระป๋องเสีย อันเนื่องมาจากยีสต์และรา อาจจะเป็นเพราะว่า pH ของผลิตภัณฑ์ประมงบรรจุกระป๋องไม่เหมาะสมแก่การเจริญของยีสต์และราก็เป็นได้

2.1 การเสียที่มียีสต์เป็นสาเหตุ

ยีสต์จะถูกทำลายได้ง่ายโดยการพาสเจอร์ไรส์ ดังนั้น จึงมักพบยีสต์เจริญในอาหารบรรจุกระป๋องที่ลืมนำเข้ากระบวนการให้ความร้อนปรือที่เกิดรูรั่ว บางครั้งจะพบผลิตภัณฑ์ผลไม้กระป๋อง แยม เยลลี่ น้ำผลไม้ต่างๆ น้ำหวาน และน้ำข้นหวาน เสียโดยฟาร์เมนเททีฟยีสต์ ทำให้กระป๋องบวม เพราะการผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์นอกจากนี้ยังอาจพบการเจริญของฟิล์มยีสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนผิวหน้าของเยลลี่ อาหารหมักดองต่างๆ ซึ่งแสดงว่ามีการปนเปื้อนขึ้นภายหลังการให้ความร้อน หรือให้ความร้อนไม่เพียงพอ หรือไล่อากาศออกจากกระป๋องได้ไม่หมด

2.2 การเสียที่มีราเป็นสาเหตุ

รา มักเป็นสาเหตุให้อาหารกระป๋องที่ผลิตขึ้นในครัวเรือนเสียมากที่สุด สาเหตุเกิดจากราเข้าทางรูรั่วของภาชนะบรรจุ ราเจริญได้ในแยม เยลลี่ มามาเลต และอาหารอื่นๆ ได้แม้ว่าอาหารเหล่านี้จะมีน้ำตาลเข้มข้นถึงร้อยละ 70 และมีความเป็นกรดสูงก็ตาม เคยมีผู้แนะนำว่าถ้าทำให้แยมมีน้ำตาลเข้มข้นร้อยละ 70-72 และมีกรดร้อยละ 0.8-1.0 จะหลีกเลี่ยงการเสี่ยงเนื่องจากราได้ *Aspergillus* และ *Penicillium* ชนิดที่พบในเยลลี่ และน้ำผลไม้เข้มข้น จะสามารถเจริญในอาหารที่มีน้ำตาลเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 67.5 ได้ การทำให้อาหารเป็นกรดโดยมี pH เท่ากับ 3 จะช่วยป้องกันการเจริญของราชนิดนี้ได้และถ้าให้อาหารได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C นาน 1 นาที ก็จะทำลายราได้หมดราบางชนิดทนความร้อนได้ดีพอสมควร เช่น พวกที่สร้างสเคอโรเทียม และ *Byssochlamys fulva* (ราที่ย่อยสลายเพกทิน) มีแอสโคสปอร์ที่ทนความร้อนได้ จึงอาจเป็นสาเหตุให้น้ำผลไม้บรรจุกระป๋องเสีย

การเสียของอาหารกระป๋องอันเนื่องจากจุลินทรีย์ กระป๋องอาจมีลักษณะบวมหรือไม่บวมก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำให้กระป๋องนั้นเสีย นอกจากนี้แล้วส่วนประกอบของอาหารก็ต้องทราบว่าส่วนประกอบหรืออาหารที่จะทำการผลิตนั้นมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่าใด เพื่อจะได้ใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อให้ถูกต้องและในทำนองเดียวกันถ้าอาหารนั้นเสียผู้ที่ตรวจสอบก็จำเป็นต้องทราบว่าอาหารกระป๋องที่เสียนั้นมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่าใดเพื่อเป็นข้อมูลว่าอาหารกระป๋องนั้นเสีย เนื่องจากจุลินทรีย์ประเภทไหน

ในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำมักเสียแบบแฟลตซาวร์และแบบพิวทริเฟ็กชันอาหารที่มีความเป็นกรดปานกลางมักจะเสียแบบ ทีเอ อาหารที่มีความเป็นกรด มักจะเสียเนื่องจากมีการเจริญของแฟลตซาวร์แบคทีเรีย พวก *Bacillus coagulans* และ *Clostridium* ชนิดย่อยน้ำตาลได้ ส่วนอาหารที่มีความเป็นกรดสูงนั้น โดยทั่วไปมักจะไม่เสียเนื่องจากการเจริญของจุลินทรีย์แต่เกิดการบวมเนื่องจกกรดในอาหารทำปฏิกิริยากับกระป๋อง (สุมาลี เหลืองสกุล, 2541 : 186-189)

3.3 การเสียของอาหาร low acid canned food (LACF) มีสาเหตุสำคัญ 4 ข้อ ดังนี้

1. อาหารเสียก่อนผ่านความร้อน อาหารกระป๋องเมื่อบรรจุแล้วไม่นำไปผ่านความร้อนทันที ซึ่งอาจเกิดจากในกระบวนการผลิตนั้นต้องใช้เวลานานในการบรรจุ หรือมีเครื่องฆ่าเชื้อที่ไม่เพียงพอ ต้องวางอาหารที่บรรจุแล้วไว้ที่ที่อุณหภูมิห้องนานเกินไปก่อนที่จะนำไปฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหาร จะใช้เวลาในช่วงนั้นเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วและย่อยสลายสารอาหารทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพและเสียอาหารมีกลิ่นรสเปลี่ยนไป หลังจากที่อาหารเสียแล้วเมื่อนำไปฆ่าเชื้อก็เพียงแต่ทำลายแบคทีเรียเท่านั้น แต่อาหารก็เสื่อมคุณภาพก่อนที่จะผ่านการฆ่าเชื้อ

2. อาหารมีการปนเปื้อนแบคทีเรียหลังจากผ่านความร้อนแล้ว อาหารที่มีการปนเปื้อนแบคทีเรียเกิดขึ้น หลังจากที่ผ่านความร้อนแล้วนั้น เนื่องมาจากกระป๋องรั่วและสาเหตุของกระป๋องรั่ว อาจเกิดจากกระป๋องมีลักษณะผิดปกติ มีรูรั่ว ปิดผนึก ฝากระป๋องไม่แน่นสนิท ตะเข็บกระป๋องมีรอยรั่วหรือตะเข็บแตก หรือตัวกระป๋องมีรูเล็กๆ เกิดจากการขนส่งไม่ดีและน้ำที่ใช้ในการทำให้กระป๋องเย็นนั้นมีแบคทีเรียอยู่เป็นจำนวนมาก ในการวิเคราะห์คุณภาพอาหารกระป๋องถ้าพบว่าในอาหารมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่มากมายหลายชนิดทั้งชนิดรูปกลมและรูปแท่ง พอจะสรุปได้ว่าการเสียของอาหารกระป๋องนั้นมีสาเหตุมาจากกระป๋องรั่ว

3. อาหารผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ ถ้าพบว่ามีแบคทีเรียชนิดสร้างสปอร์ได้ที่อุณหภูมิ 35 ° C กระป๋องในสภาพปกติ ตะเข็บกระป๋องไม่มีรูรั่วอธิบายได้ว่าอาหารกระป๋องเสีย เนื่องจากการใช้ความร้อนในกระบวนการผลิตนั้นไม่เพียงพอ ซึ่งอาจเกิดจากวัตถุดิบมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่มากเกินไป หรือปล่อยให้อาหารที่บรรจุแล้ว รอก่อนเข้าเครื่องฆ่าเชื้อผิดปกติ เช่น เครื่องบันทึกอุณหภูมิและการฆ่าเชื้อไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง ทำให้อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ ในบางครั้งมีการเปลี่ยนแปลงสูตรอาหารใหม่ โดยที่ยังไม่ได้ทดลองและคำนวณค่าอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปใหม่ นั่นคือ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้สำหรับฆ่าเชื้อนั้นอาจไม่เพียงพอก็ได้ อาหารที่ผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอนับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่จะต้องตรวจสอบให้ถูกต้อง เนื่องจากอาจเกิดอันตรายจาก *Clostridium botulinum* ได้

4. อาหารที่มีการเจริญของ thermophile โดยทั่วไปแบคทีเรียชนิดสร้างสปอร์และเจริญได้ที่อุณหภูมิสูง จะมีสปอร์ที่ทนความร้อนได้ดีดังนั้นสปอร์ของ thermophile จะทนความร้อนได้ดีกว่าสปอร์ของ mesophile

จากคุณสมบัติของสปอร์ของ thermophile ที่ทนความร้อนได้ดีกว่าสปอร์ของ mesophile จึงมักพบว่าอาหารกระป๋องที่ผ่านความร้อนในระดับที่ทำลายสปอร์ของ mesophile นั้นยังคงมีสปอร์ของแบคทีเรียชนิดชอบความร้อนเหลืออยู่ จึงทำให้อาหารเกิดการเสียจากแบคทีเรียชนิดดังกล่าวได้ ผู้ประกอบการผลิตอาหารควรควบคุมให้ขั้นตอนการทำให้อาหารกระป๋องเย็นเร็วภายในระยะเวลาอันสั้น ไม่ควรให้อาหารกระป๋องอยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงนานเกินไปซึ่งถ้าอาหารกระป๋องมีอุณหภูมิสูง จะเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียชนิดชอบร้อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเป็นสาเหตุการเสียของอาหารกระป๋องในที่สุด และควรเก็บอาหารไว้ที่อุณหภูมิที่แบคทีเรียชนิดชอบความร้อนไม่สามารถเจริญได้

เนื่องจากกระบวนการแปรรูปอาหารกระป๋อง ไม่สามารถทำลายสปอร์ของแบคทีเรียที่ทนความร้อนได้ ผู้ประกอบการ จึงจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนจาก thermophile ให้มากที่สุด กล่าวคือ ควรเลือกใช้ ส่วนผสมต่างๆ เช่น น้ำตาล แป้ง และเครื่องเทศ ที่มีคุณภาพดีไม่ควรมีแบคทีเรียชนิดทนความร้อนปนเปื้อนอยู่ด้วย หลังจากผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อควรแช่น้ำให้กระป๋องเย็นลงทันทีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 41 °C นอกจากนี้ ควรเก็บอาหารกระป๋องไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 35 °C (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2538 : 63-66)

3.4 ปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้อาหารกระป๋องเสีย

มัทนา แสงจินดาวงษ์ (2538 : 66) กล่าวถึง ปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้อาหารกระป๋องเสียดังนี้

1. วัตถุดิบ จุลินทรีย์ที่ติดมากับวัตถุดิบอาจมาจากดิน น้ำ อากาศ คน และสัตว์
2. เครื่องปรุง เครื่องปรุงที่ใช้มักเป็นสื่อนำจุลินทรีย์หลายชนิดมาสู่อาหาร เช่น แป้ง น้ำตาล และเครื่องเทศ เป็นต้น
3. อุปกรณ์ในโรงงาน อุปกรณ์ในโรงงานมักเป็นแหล่งของจุลินทรีย์จำพวก flat sour ชนิด thermophile
4. กระป๋อง ควรล้างและทำให้แห้งก่อนนำไปบรรจุอาหาร
5. น้ำทำใช้ในการทำให้เย็น (cooling) จุลินทรีย์จากแหล่งน้ำ อาจปนเปื้อนเข้าไปได้ถ้ากระป๋องรั่ว

3.5 การป้องกันการเสียในการผลิตอาหารกระป๋อง

มัทนา แสงจินดาวงษ์ (2538 : 70-71) ได้บอกวิธีการป้องกันการเสียในการผลิตอาหารกระป๋องไว้ดังนี้

1. ควรใช้วัตถุดิบที่ดีที่สุด
2. ควรทำการผลิตทันทีหลังจากเตรียมอาหารเสร็จแล้ว
3. ควรใช้ส่วนประกอบของอาหาร เช่น แป้งหรือน้ำตาล ที่ได้มาตรฐานทางจุลินทรีย์
4. ใช้กระป๋องบรรจุอาหารที่มีคุณภาพดี และบรรจุอาหารในปริมาณที่เหมาะสม
5. ตรวจเครื่องปิดผนึกกระป๋อง (seamer) และตะเข็บกระป๋อง เมื่อพบสิ่งผิดปกติจะได้รีบแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ให้ความร้อนแก่อาหารกระป๋องอย่างเพียงพอและถูกต้อง

7. หมั่นตรวจน้ำที่ใช้สำหรับ cooling กระป๋องให้เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด

8. ตรวจสอบคนงานให้ระมัดระวังในการนำอาหารกระป๋องเข้าและออกจาก retort และการนำไปเก็บในโกดัง

9. เก็บอาหารกระป๋องไว้ในที่ที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก อุณหภูมิไม่สูงเกินไป

แม้ว่าวัตถุประสงค์หลักของการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องคือการทำลายจุลินทรีย์แต่การเสื่อมเสียของอาหารอาจเกิดขึ้นได้ สาเหตุหลักของการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวก็คือการให้ความร้อนไม่เพียงพอ (under processing) ทำให้เย็นลงไม่เพียงพอการปนเปื้อนของอาหารเนื่องจากการรั่วซึมผ่านตะเข็บกระป๋อง และการเน่าเสียของวัตถุดิบก่อนเข้ากระบวนการถ้าหากอาหารได้รับความร้อนไม่เพียงพอก็สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะตรวจพบจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในอาหาร

ปัจจัยสำคัญอื่นๆ ในการตรวจสอบสาเหตุการเสื่อมเสียของอาหารกระป๋องได้แก่ ลักษณะภายนอกของกระป๋องหรือภาชนะบรรจุที่ยังไม่ได้เปิด โดยทั่วไปฝากระป๋องจะแบนราบหรือโค้งขึ้นเล็กน้อย เมื่อจุลินทรีย์เจริญเติบโตและผลิตก๊าซ กระป๋องจะเกิดความเปลี่ยนแปลงและทำให้สามารถสังเกตเห็นความผิดปกติจากภายนอกได้ การเสื่อมเสียที่มีสาเหตุมาจากตะเข็บรั่ว (leakage- type) สังเกตได้จากการพบจุลินทรีย์ที่ไม่สร้างสปอร์ซึ่งปกติไม่สามารถเหลือรอดได้ ที่อุณหภูมิทั่วไปในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง จุลินทรีย์เหล่านี้จะเล็ดรอดเข้าไปในกระป๋อง หรือในน้ำที่ทำให้กระป๋องเย็น ปัญหาดังกล่าวจะหมดไปเมื่อใช้น้ำหล่อเย็นกระป๋องที่มีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่า 100 เซลล์/มิลลิลิตร

กระบวนการให้ความร้อน เป็นกระบวนการที่นิยมใช้มากในวงการอาหารในปัจจุบันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบ้านเราจะสังเกตได้ว่าอุตสาหกรรมการผลิตปลากระป๋องหรือผลไม้บรรจุกระป๋อง สามารถที่จะทำรายได้จากการส่งออกอาหารกระป๋องได้มากในช่วงปลายทศวรรษที่ 1980 แต่อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการให้ความร้อนที่จะทำลายจุลินทรีย์ ที่ปนเปื้อนจะต้องใช้ความร้อนและเวลาที่เหมาะสมและต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เพื่อก่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้บริโภคเนื่องจากหากเกิดการผิดพลาดจากกระบวนการให้ความร้อนมักจะก่อให้เกิดการสูญเสียขึ้นเสมอๆ ทั้งเกิดแก่ผู้ผลิตและตัวผู้บริโภคดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ประกอบการและผู้ที่เกี่ยวข้องจะต้องทำความเข้าใจขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิตอาหารบรรจุกระป๋องโดยเฉพาะการให้ความร้อนและปัจจัยด้านความต้านทานต่อความร้อนของสปอร์ของแบคทีเรียดังที่กล่าวมา (วราวุฒิ ครูส่ง , 2538: 96)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

ก. วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ

1. ข้าวแม่	1500	กรัม
2. น้ำตาลทราย	90	กรัม
3. กะทิ	130	กรัม
4. เกลือ	12	กรัม
5. ครีมเทียม	45	กรัม
6. น้ำ	900	กรัม

อุปกรณ์

1. หม้อนึ่งไอน้ำร้อน (boiler)
2. รางไล่อากาศ (exhauster)
3. เครื่องปิดผนึกฝากระป๋อง (seamer)
4. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort)
5. เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer) ขนาด 0-120 องศาเซลเซียส ชนิดปรอท
6. เครื่องชั่งพิกัด 500 กรัม
7. กระป๋องเคลือบแลกเกอร์ (lacquer can) ชนิดกระป๋อง 2 ชิ้น ขนาด 307 x 111
8. เครื่องปั่นละเอียด (blender)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพ

อุปกรณ์

1. ตู้บ่มเชื้อ (incubater)
2. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
3. เครื่องวัดสุญญากาศ (vaccum gauge)
4. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
5. เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (vernier caliper)
6. เครื่องชั่งพิกัด 500 กรัม
7. ชุดเครื่องมืออุปกรณ์ในการไตเตรต
8. ชุดอุปกรณ์ทดสอบทางประสาทสัมผัส

สารเคมี

1. ฟีนอฟทาลีน (phenolphthalein)
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (normality)

ค. อุปกรณ์ทำรูปเล่มปัญหาพิเศษ

1. กระดาษ A4	1	รีม
2. อุปกรณ์เครื่องเขียน	1	ชุด
3. แผ่นดิสก์	3	แผ่น
4. ฟิล์มสี	1	ม้วน

3.2 วิธีการ

3.2.1 ศึกษาการใช้ส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่10 ส่วนผสมในการทำข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในแต่ละตัวอย่าง (Treatment)

วัตถุดิบ	T_1	T_2	T_3
ข้าวเม่า (กรัม)	500	500	500
น้ำตาลทราย (กรัม)	30	30	30
กะทิ (กรัม)	-	50	80
เกลือ (กรัม)	4	4	4
ครีมเทียม (กรัม)	10	15	20
น้ำ	300	300	300

1. เตรียมส่วนผสมในการทำข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องตามสูตรที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 10

2. นำส่วนผสมทั้งหมดมาชั่งตามสูตร และนำมาผสมรวมกันคลุกเคล้าให้เข้ากัน ใช้เวลาในการผสมประมาณ 20 นาที ดังภาพที่ 4

3. ชั่งน้ำหนักสุทธิประมาณ 170 กรัม ลงในกระป๋องขนาด 307 x 111

4. นำไปผ่านรางไล่อากาศ (exhauster) เพื่อให้ไล่อากาศภายในอาหารให้เป็นสุญญากาศ และวัดอุณหภูมิที่ใจกลางอาหารให้ได้ 80 องศาเซลเซียส ขึ้นไป

5. ปิดผนึกฝากระป๋องด้วยเครื่องปิดผนึกฝากระป๋อง (seamer) เช็ดทำความสะอาดภายนอกกระป๋องด้วยผ้าสะอาด เรียงใส่ตะกร้าสำหรับเข้าหม้อฆ่าเชื้อ (retort)

6. ฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำร้อนที่มีความดันสูง (อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที โดยความดัน 15 ปอนด์ / ตารางนิ้ว)

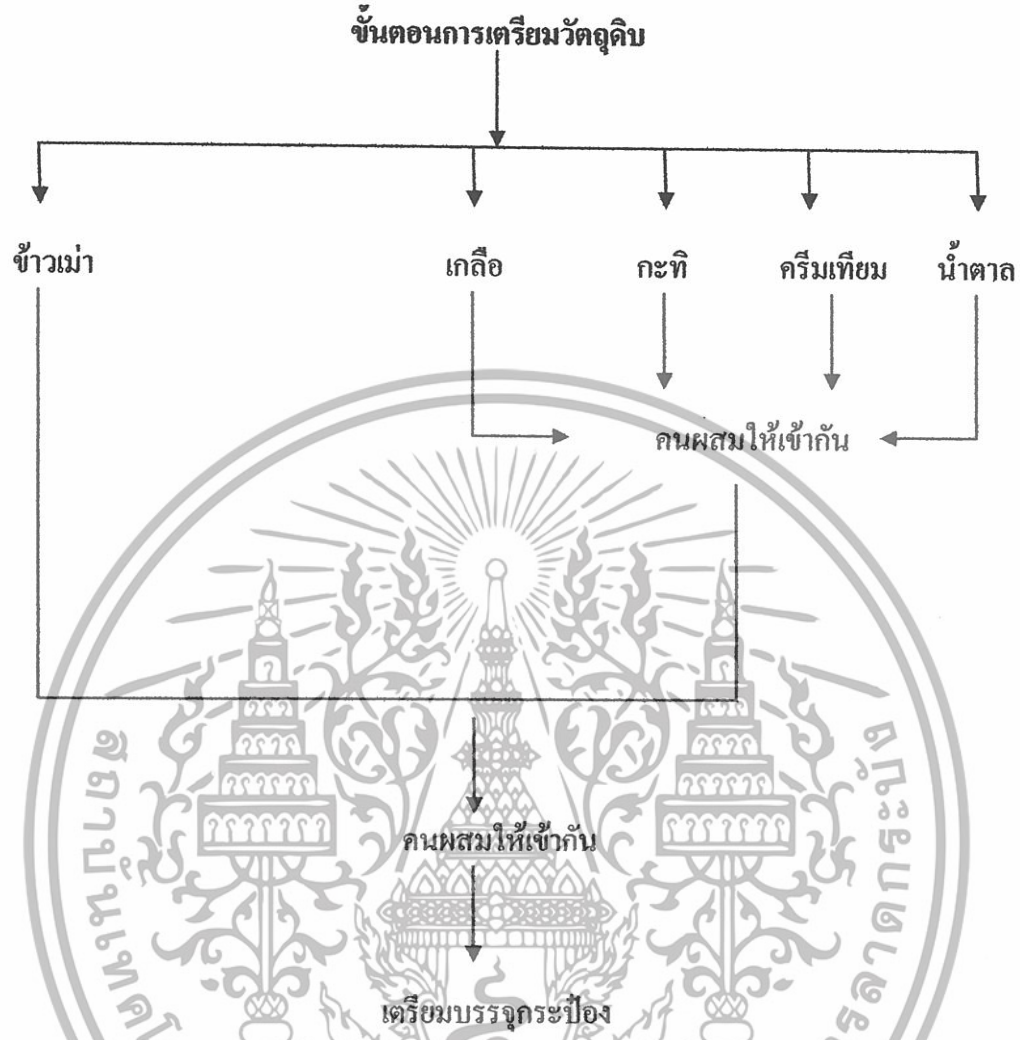
7. ทำให้เย็นทันที (cooling) ด้วยน้ำไหลผ่านที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวก thermophile

8. ขั้นตอนการผลิตดังภาพที่ 5

9. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้แต่ละตัวอย่าง (treatment) จำนวนตัวอย่างละ 2 กระป๋อง เข้าบ่มในตู้บ่มเชื้อ (incubator) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน เพื่อสังเกตการณ์เจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวกที่ทนความร้อนได้สูง (thermophile) ตัวอย่างที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ให้ถูกแสงแดดเป็นเวลา 14 วัน เมื่อครบกำหนดเวลาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

9. คำนวณต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (กระป๋อง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบในการทำข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบรรจุ

↓

กระป๋องเปล่าและฝาล้างคว่ำให้แห้ง

↓

บรรจุข้าวเม่า 190 กรัม ลงในกระป๋องขนาด 307 x 111

↓

ไล่อากาศ

โดยผ่านเข้ารางไล่อากาศ (exhaust box) อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส 1 รอบ

วัดอุณหภูมิ ณ. จุดใจกลางกระป๋องด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ชนิดปรอท

(อุณหภูมิควรสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส)

↓

ปิดผนึกด้วยเครื่อง double seamer

ฆ่าเชื้อด้วย retort ที่อุณหภูมิ 117 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

↓

ทำให้เย็นด้วยน้ำไหลผ่าน

ให้อุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส เช็ดกระป๋องให้แห้งสนิท

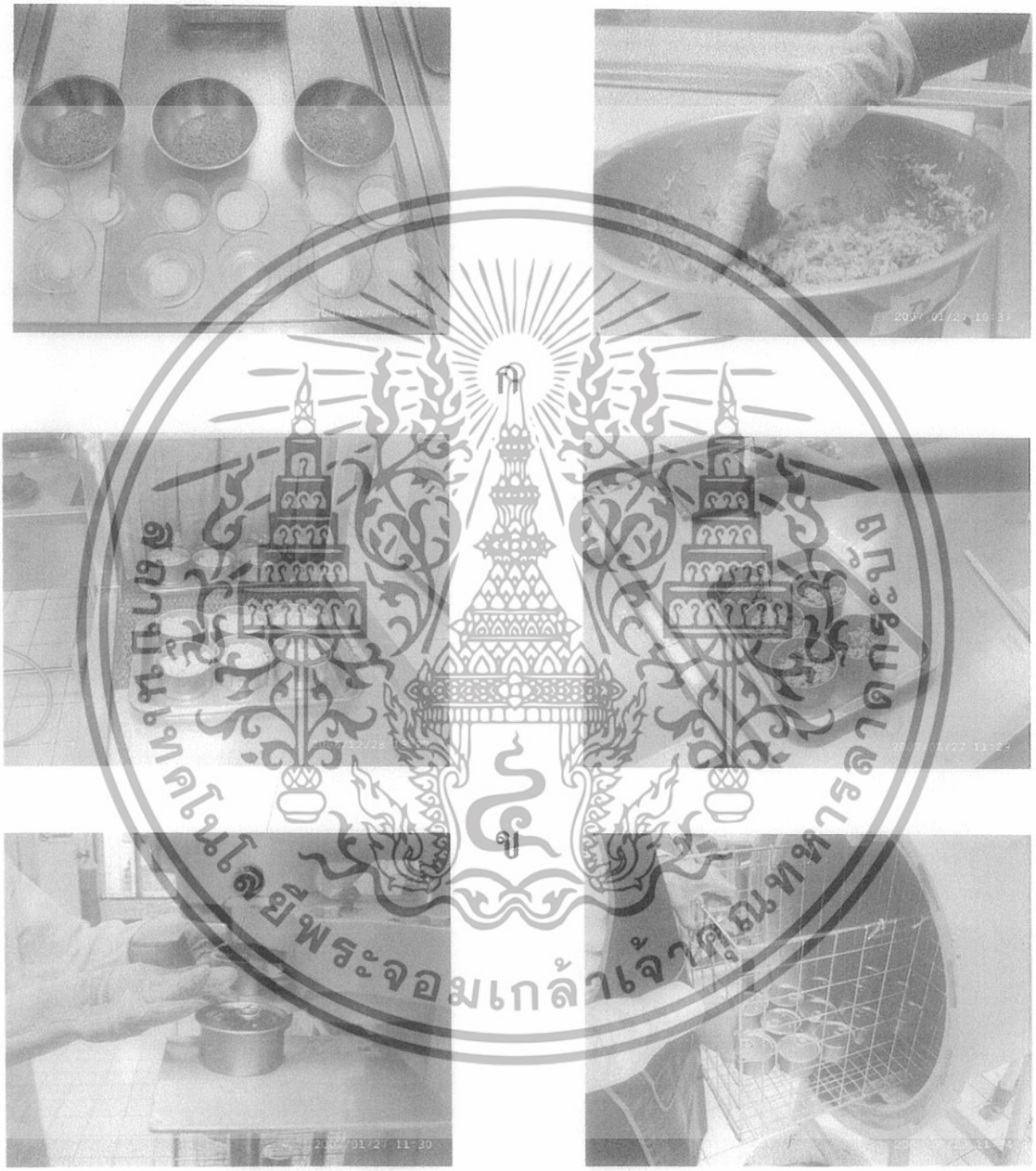
↓

เก็บรักษาเพื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส ทางกายภาพ และทางเคมี

ภาพที่ 4 (ต่อ) ขั้นตอนการผลิตข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องภายหลังกระบวนการผลิต



ค

ภาพที่ 5 ขั้นตอนต่างๆในกระบวนการผลิตข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ก. ส่วนผสมและการผลิตข้าวเม่า ข. ไล่อากาศและวัดอุณหภูมิกึ่งกลาง

ค. ปิดผนึกและการฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบคุณภาพอาหารกระป๋อง

1. บันทึกลักษณะภายนอกกระป๋อง ได้แก่ ขนาดกระป๋อง ลักษณะภาภายนอกโดยทั่วไปของกระป๋อง ตรวจและจดสภาพของกระป๋องที่พบภายนอก ซึ่งอาจจะพบในสภาพ flat can, hard swell และ soft swell เป็นต้น

2. ชั่งน้ำหนักทั้งหมดของกระป๋องบรรจุอาหาร (total weight) วัดความดันสุญญากาศภายในกระป๋อง โดยใช้เครื่องวัดความดัน (vaccum gauge)

3. ต่อจากนั้นบันทึกลักษณะภายในกระป๋องโดยวัด gross headspace หมายถึงระยะทางตั้งแต่ผิวหน้าอาหารจนถึงขอบบนของกระป๋อง

4. วัดน้ำหนักสุทธิ (net weight) โดยการนำกระป๋องเปล่าพร้อมฝามาล้างและเช็ดให้แห้งอบให้แห้งสนิทตั้งทิ้งไว้ให้เย็นนำมาชั่งน้ำหนักของกระป๋องเปล่าแล้วจึงนำมาหักออกจากน้ำหนักทั้งหมด ก็จะเป็นค่าน้ำหนักสุทธิ

5. ต่อจากนั้นนำตัวอย่างอาหารกระป๋อง มาปั่นให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวนำมาหา cut out pH โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง และวัดค่าปริมาณกรดทั้งหมดโดยนำตัวอย่างที่ปั่นมาแล้วไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N. โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

6. ตรวจดูรอยขีดข่วน ลักษณะการฉาบคีบุกหรือแลคเกอร์ตลอดจนการเกิดการกัดกร่อนภายใน เป็นต้น

3.2.3 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องโดยนำผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบในแต่ละตัวอย่าง (theatment) ที่ทำการผลิต

3.2 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

เดือน พฤศจิกายน 2549 – กุมภาพันธ์ 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากการศึกษากระบวนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ประเมินต้นทุนการผลิตและศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าบรรจุกระป๋อง ปรากฏผลดังนี้

4.1 การศึกษากระบวนการผลิตและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

โดยใช้ส่วนผสมในปริมาณที่แตกต่างกัน จากนั้นจึงนำมาผสมคลุกเคล้ารวมกันตามสูตรที่กำหนดไว้ (แสดงดังตารางที่ 10) แล้วทำการบรรจุกระป๋อง ควบคุมการผลิตในทุก ๆ ขั้นตอนให้เป็นไปในทำนองเดียวกัน

1. อุณหภูมิใจกลางกระป๋อง ภายหลังจากการไล่อากาศในข้าวเหนียวมูนทันทีที่ออกจากรางไล่อากาศ (Exhaust box) อุณหภูมิที่วัดได้ คือ 80 องศาเซลเซียส

2. ปิดผนึกด้วยเครื่อง double seamer ฆ่าเชื้อด้วย retort ที่อุณหภูมิ 117 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว

3. ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่มีลักษณะภายนอก คือมีลักษณะฝาโค้งเว้าเข้าเล็กน้อย ซึ่งตรงกับที่ Heid และ Joslyn (1963 : 150) กล่าวถึงลักษณะอาหารกระป๋องที่ดี คือ ฝากระป๋องโค้งเว้าเข้าด้านใน ตลอดช่วงอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงให้เห็นว่าอาหารภายในยังคงมีสภาพดี เนื่องจากการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์และเกิดแก๊สขึ้นภายในและดันฝาภาชนะบรรจุให้พองออก

4.2 ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

โดยการนำผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผลิตได้ จำนวนตัวอย่าง (treatment) ละ 2 กระป๋อง เข้าบ่มในตู้บ่มเชื้อ (incubator) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน ตัวอย่างส่วนที่เหลือวางไว้ที่อุณหภูมิห้องไม่ให้ถูกแสงแดดเป็นเวลา 14 วัน เพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จบรรจุกระป๋องที่ผ่านการบ่มในตู้บ่มเชื้อ และวางไว้ที่สภาพบรรยากาศปกติอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ลักษณะที่ตรวจสอบ	ข้าวเม่าบรรจุกระป๋อง (treatment)		
	Treatment ที่ 1	Treatment ที่ 2	Treatment ที่ 3
วันที่ผลิต (production)	9/2/50	9/2/50	9/2/50
ขนาดกระป๋อง (size)	307 x 111	307 x 111	307 x 111
สุญญากาศ (vacuum,in.Hg)	10	11	11
ช่องว่างสุญญากาศ (headspace, in.)	4/32	4/32	5/32
น้ำหนักทั้งหมด (total weight,g)	201	174	173
น้ำหนักกระป๋อง (can weight,g)	40	40	40
น้ำหนักเนื้อ (drained weight,g)	161	134	133
น้ำหนักสุทธิ (net weight,g)	161	134	133
สี (color)	เขียวอ่อน	เขียวปานกลาง	เขียวเข้ม
กลิ่น (smell)	หอมข้าวเม่า	หอมข้าวเม่า	หอมข้าวเม่า
รสชาติ (test)	หวานเล็กน้อย	หวานปานกลาง	หวานมาก
สิ่งแปลกปลอม (extraneous mater)	-	-	-
สภาพกระป๋องภายนอก(can condition)	ฝากระป๋องโค้งเว้าเข้าด้านในเล็กน้อย ไม่มีสนิมและรอยบุบขีด	ฝากระป๋องโค้งเว้าเข้าด้านในเล็กน้อย ไม่มีสนิมและรอยบุบขีด	ฝากระป๋องโค้งเว้าเข้าด้านในเล็กน้อย ไม่มีสนิมและรอยบุบขีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 11 พบว่า

1. สภาพกระป๋องภายนอกและภายในของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องมีคุณภาพดี ผลการตรวจสอบปรากฏว่า ไม่มีสนิม รอยขีดข่วน รอยแลกเกอร์ถลอก กระป๋องบุบหรือโป่งบวม ใด ๆ ในทุกตัวอย่าง (Treatment) และมีคุณลักษณะของอาหารกระป๋องที่ดี คือ มีลักษณะฝากระป๋องโค้งเว้าเข้าภายในเล็กน้อย

2. ค่าความเป็นสุญญากาศของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องของทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 10 , 11 และ 11 นิ้วปรอทตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยค่าที่ได้นั้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้คือ10 - 20 นิ้วปรอท จึงถือได้ว่าทั้ง 3 ทรีทเมนต์เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด

3. ผลการวัดค่าช่องว่างเหนืออาหารของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าบรรจุกระป๋องของทรีทเมนต์ที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 4/32 , 4/32 และ 5/32 นิ้วตามลำดับ ซึ่งมีความใกล้เคียงกันมาก โดยค่ามาตรฐานของช่องว่างเหนืออาหารมีค่าอยู่ระหว่าง 4/32 - 6/32 นิ้ว จึงถือได้ว่าทั้ง 3 ทรีทเมนต์เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดและปลอดภัยต่อการบริโภค

4. ปริมาณการบรรจุความจุของอาหารต่อกระป๋องมีความเหมาะสมในทุก ๆ ตัวอย่าง และไม่พบสิ่งแปลกปลอมใด ๆ ในผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าบรรจุกระป๋องทั้ง 3 ตัวอย่าง

5. เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าบรรจุกระป๋องที่ผลิตได้ในแต่ละตัวอย่าง (treatment) พบว่า มีคุณภาพทางกายภาพแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

4.2.2 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี

ผลการตรวจสอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่ผ่านการบ่มในตู้บ่มเชื้อที่ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เพื่อสังเกตการเจริญของจุลินทรีย์พวกที่ทนความร้อนสูงและวางไว้ที่สภาพบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน

ตารางที่ 12 ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ลักษณะที่ตรวจสอบ	ตัวอย่างข้าวเม่าบรรจุกระป๋อง (treatment)		
	T 1	T 2	T 3
ความเป็นกรด – ด่าง (cut out pH)	6.38	6.25	6.22
% Acidity (% lactic acid)	0.027	0.054	0.027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังแสดงในตารางที่ 12 พบว่า

1. ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องของทั้ง 3 ตัวอย่าง ผลปรากฏว่าค่าที่วัดได้ ค่อนข้างเป็นกลาง คือ 6.38 , 6.25 และ 6.22 ซึ่งมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และไม่แตกต่างจากค่า pH ของตัวอย่างเริ่มต้นเท่ากับ 6.38 นั่นแสดงว่าผลิตภัณฑ์ยังคงปกติไม่เสื่อมเสีย

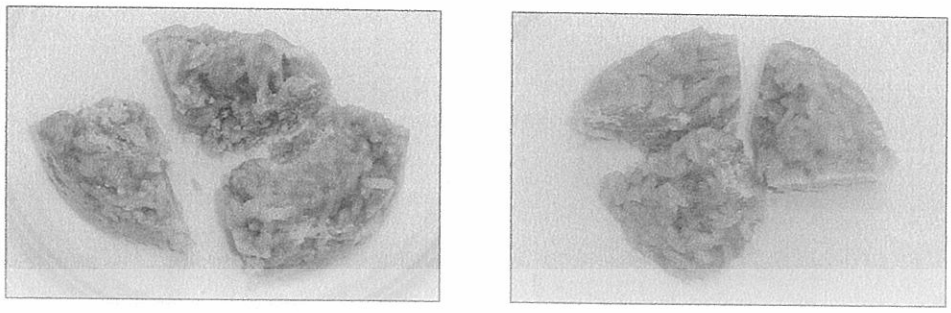
2. ค่าความเป็นกรดเมื่อเปรียบเทียบกับกรดแลคติก (% lactic acid) ของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องทั้ง 3 ตัวอย่าง ค่าที่วัดได้คือ 0.027 , 0.054 และ 0.027 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันเล็กน้อยมาก และสอดคล้องกับความเป็นกรด – ด่าง ที่วัดได้ ซึ่งค่าความเป็นกรดเริ่มต้นเท่ากับ 0.027 แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ปลอดจากจุลินทรีย์จำพวกสร้างกรดแลคติกอันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อาหารกระป๋องเสื่อมคุณภาพและเน่าเสียได้

4.3 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

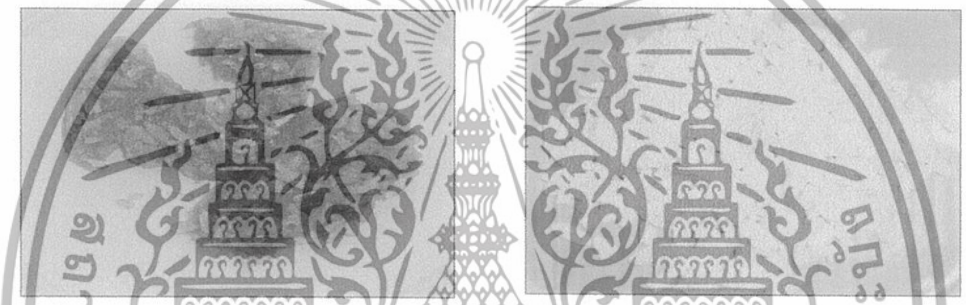
จากการทดลองการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ผลปรากฏว่าไม่สามารถทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ออกมานั้นมีลักษณะที่ไม่เหมาะสมต่อการบริโภค โดยลักษณะของผลิตภัณฑ์จะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกระด้าง เหนียวเกาะกันเป็นก้อน จึงไม่สามารถทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ ซึ่งเมื่อเทียบกับข้าวเม่าทั่วไปที่ยังไม่ได้ทำการบรรจุกระป๋องจะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมาก โดยข้าวเม่าทั่วไปจะมีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่ดีไม่แข็งกระด้างและติดกันเป็นก้อนซึ่งลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้แสดงดังภาพที่ 6

ดังนั้นจึงควรที่จะมีการค้นคว้าเพิ่มเติมโดยอาจใช้แป้งที่โมดิฟายม์หรืออิมัลซิฟายเออร์ ที่เหมาะสม และอาจมีการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดใหม่ที่สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้คงเดิมอยู่ได้ โดยที่ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก ข



ค ง

ภาพที่ 6 ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ก. ข้าวเม่า treatment ที่ 1 ค. ข้าวเม่า treatment ที่ 3

ข. ข้าวเม่า treatment ที่ 2 ง. ข้าวเม่าทั่วไปตามท้องตลาด

4.4 การประเมินต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ในการศึกษาเพื่อประเมินต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องซึ่งแจกแจงรายละเอียดด้านต้นทุนผันแปร (ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต) เป็นค่าวัตถุดิบในการผลิต ดังตารางที่10 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานทั้งนี้ไม่ได้คิดรวมต้นทุนคงที่(ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอสังหาริมทรัพย์ เช่น ที่ดิน อาคาร โรงเรือน สิ่งปลูกสร้าง เครื่องมือ และเครื่องจักร เป็นต้น) และค่าเสื่อมราคาของอสังหาริมทรัพย์ ดังกล่าว พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นทุนการผลิตโดยประมาณของข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่แจกแจงรายละเอียดดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ต้นทุนการผลิตโดยประมาณของข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง (บาท : กระป๋อง)

รายการ	ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง (treatment)		
	T 1	T 2	T 3
วัตถุดิบและส่วนผสม	4	5	5
กระป๋อง 2 ชิ้น และฝา (307 x 111)	3	3	3
พลังงานต่างๆ	3	3	3
แรงงาน	5	5	5
รวม (บาท)	15	16	16

จากตาราง ที่ 13 พบว่า

1. ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องแต่ละตัวอย่าง (treatment) มีราคาต่อหน่วย 15 , 16 และ 16 บาท

2. หากประกอบธุรกิจดำเนินการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ควรที่จะมีการนำความคิดดังกล่าวไปเป็นแนวทางในการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าบรรจุกระป๋องให้มีคุณภาพที่ดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษากระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องทั้ง 3 ตัวอย่าง (Treatment) โดยแต่ละตัวอย่างจะมีการใช้ส่วนผสมในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ ตัวอย่างที่ 1 ประกอบไปด้วย ข้าวเม่า 500 กรัม น้ำตาลทราย 30 กรัม เกลือ 4 กรัม ครีมเทียม 10 กรัม น้ำ 300 กรัม ตัวอย่างที่ 2 ข้าวเม่า 500 กรัม น้ำตาลทราย 30 กรัม กะทิ 50 กรัม เกลือ 4 กรัม ครีมเทียม 15 กรัม น้ำ 300 กรัม และตัวอย่างที่ 3 ประกอบไปด้วย ข้าวเม่า 500 กรัม น้ำตาลทราย 30 กรัม กะทิ 80 กรัม เกลือ 4 กรัม ครีมเทียม 20 กรัม น้ำ 300 กรัม หลังจากนั้นจึงนำข้าวเม่าแต่ละตัวอย่างบรรจุกระป๋องแล้วนำข้าวเม่าบรรจุกระป๋องที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ภายหลังกระบวนการผลิต ทั้งคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี รวมไปถึงประเมินต้นทุนการผลิตเป็นราคาต่อหน่วย (กระป๋อง) ไม่รวมค่าใช้จ่ายต้นทุนคงที่และค่าเสื่อมราคา เครื่องจักร อุปกรณ์ ปรากฏว่า

1. กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าบรรจุกระป๋องควบคุมสภาวะต่างๆให้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับกระบวนการผลิตอาหารบรรจุกระป๋องที่มีกรดต่ำทั่ว ๆ ไป โดยฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทำให้เย็นทันที่ด้วยน้ำไหลผ่านให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 40-45 องศาเซลเซียส แล้วเป่าลมเย็นจนกระป๋องแห้งสนิท ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี ลักษณะฝากระป๋องโค้งเว้าเข้าด้านในเล็กน้อย

2. คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าบรรจุกระป๋องจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี คือ ทางกายภาพ สภาพกระป๋องภายนอกและภายในมีลักษณะดีไม่พบสนิม รอยขีดข่วน รอยถลอกของแลกเกอร์ กระป๋องไม่บุบหรือโป่งบวม คุณภาพของผลิตภัณฑ์ภายในมีความเป็นสุญญากาศใกล้เคียงกันทุกตัวอย่าง คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 10 - 11 นิ้วปรอท และช่องว่างเหนืออาหารอยู่ระหว่าง 4/32 - 5/32 นิ้ว ปริมาณการบรรจุของอาหารเหมาะสม และไม่พบสิ่งแปลกปลอมใด ๆ ซึ่งใกล้เคียงกับคุณภาพทางกายของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่า ที่ว่างขายอยู่ตามท้องตลาด ในทางเคมีพบว่ามีค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ค่อนข้างเป็นกลาง คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 6.22 – 6.38 และมีค่าความเป็นกรดเมื่อเทียบกับกรดแลกติก (% lactic acid) พบว่ามีปริมาณต่ำมาก คือ ร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.027 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ทั้ง 3 ตัวอย่าง อยู่ในเกณฑ์ปกติ ดี และปลอดจากจุลินทรีย์จำพวกสร้างกรดแลกติก ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อาหารกระป๋องเสื่อมคุณภาพและเน่าเสียได้ง่าย

3. คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ผลปรากฏว่าไม่สามารถทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยลักษณะของผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเหนียวเกาะกันเป็นก้อน จึงไม่สามารถทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ ซึ่งเมื่อเทียบกับข้าวเม่าทั่วไปที่ยังไม่ได้ทำการบรรจุกระป๋องจะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมาก โดยข้าวเม่าทั่วไปจะมีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่ดีไม่แข็งกระด้างและติดกันเป็นก้อน ดังนั้นมีความคิดเห็นว่าควรมีการค้นคว้าแป้งโมดิฟายม์ หรือ อิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมในการที่จะทำให้ข้าวเม่าไม่เหนียวและแข็งกระด้างต่อไป

4. การประเมินต้นทุนการผลิตต่อหน่วย (กระป๋อง) ของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องทั้ง 3 ตัวอย่างในการผลิตโดยประมาณทั้งนี้ไม่รวมถึงค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนคงที่ ปรากฏว่าต้นทุนการผลิตมีราคาต่อหน่วยของ T1, T2 และT3 คือ 15 16 และ 16 บาท ตามลำดับ หากประกอบธุรกิจดำเนินการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ควรที่จะมีการนำความคิดดังกล่าวไปเป็นแนวทางในการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าบรรจุกระป๋องให้มีคุณภาพที่ดี และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษากระบวนการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ในครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นแก่ผู้ที่สนใจจะทำการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง คล้ายคลึง และศึกษาวิจัยต่อเนื่อง จากปัญหาพิเศษนี้ รวมไปถึงผู้ประกอบการอาหารบรรจุกระป๋องในระดับอุตสาหกรรม โดยผู้จัดทำได้เสนอข้อชี้แนะ ไว้ดังนี้

1. ควรมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องเพื่อทำให้ได้ข้อมูลของการทดลองที่ถูกต้องและปลอดภัยต่อผู้บริโภค ควรทำการตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ ได้แก่การตรวจสอบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ที่สามารถทำให้อาหารบรรจุกระป๋องที่เป็นกรดต่ำเน่าเสีย เช่น จุลินทรีย์พวกที่ทนความร้อนได้สูง (thermophile) จุลินทรีย์พวกที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobes) หรือจุลินทรีย์ที่สร้างกรด (flat sour) รวมไปถึงการศึกษาอายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลง คุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง เพื่อให้การศึกษาวิจัยที่มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สำหรับผู้ประกอบการที่สนใจเพื่อทำการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ข้อควรระวังในกระบวนการผลิต คือ ในขั้นตอนการฆ่าเชื้อ ควรควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อให้เพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

3. ควรที่จะมีการค้นคว้าเพิ่มเติมโดยอาจใช้แป้งที่โมดิฟายม์หรืออิมัลซิฟายเออร์ ที่เหมาะสม และอาจมีการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดใหม่ที่สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้คงเดิมอยู่ได้โดยที่ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กุลยา จันทร์อรุณ. 2533. เคมีอาหาร . ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาลัยราชภัฏพิบูล. 211 น.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2543. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .505. น.

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2534. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยข้าวปทุม สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 51 น.

งามชื่น คงเสรี. 2531. คุณภาพการหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 101 น.

จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล.2525.เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. กรุงเทพฯ:พิฆเนศ.264 น.

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

ทิพาพร อยู่วิทยา.2536."สาระน่ารู้เกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน" วารสารอาหาร". ปีที่23เล่มที่1(2536). น. 46-53

นิตยา อำไพวรรณ. 2548. ข้าวเม่า, ข้าวตอก. แหล่งที่มา : http : // www. Thaigoodview.com , 23 เมษายน 2550

ประพาส วีระเพทย์. 2536. ความรู้เรื่องข้าว. พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพ ฯ : ไทยวัฒนาพานิช. 211 น.

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

รุ่งนภา จันทรภิรมย์. 2542. ขนมอบ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เอช ที พี เพรส จำกัด. 268 น.

วราวุฒิ ครูส่ง. 2538. จุลชีววิทยาในกระบวนการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ : โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์. 210 น.

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. เทคโนโลยีธัญพืช. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 198 น.

สุภรณ์ พจนมณี . ม.ป.ป.. ตำรับอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 7 . กรุงเทพฯ : วีรณาการพิมพ์. 361 น.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2535. จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒประสานมิตร.315 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

บัวไข สุวงค์ . 2543 . ผลิตภัณภัณฑ์ที่น่าสนใจ. แหล่งที่มา. http : //www.thai tambon.com http : // www.doae.go.th , 25 เมษายน 2550

Heid, J.L. and Joslyn, MA..1963. Fundamentals of Food Processing Operation. The AVI Publ. Co., th Westport Conn. 580 pp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (% acidity)

อุปกรณ์

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

สารเคมี

1. ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล (normality)
3. น้ำกลั่น

วิธีการ

1. ปั่นตัวอย่างอาหาร (ข้าวเม่าสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง) ให้ละเอียดเข้ากัน
2. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม เติมน้ำกลั่น ปรับให้ครบ 250 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร
3. กรองด้วยกระดาษกรอง (เบอร์ 1) ใช้ปิเปตดูดมา 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่ ขนาด 25 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) 2-3 หยด เป็น indicator
4. ไตรเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล (normality) จนได้จุดยุติ สีชมพู
5. จดปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ นำไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมด เมื่อเทียบกับกรดแลคติก (% lactic acid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการคำนวณ

$$\% \text{ acidity} = \frac{\text{ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ X nomality ของ NaOH ที่ใช้ X กรัมสมมูลย์ของกรดX100 X B}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างเริ่มต้นที่ใช้เจือจาง X 1000 X C}}$$

เมื่อ B : ปริมาตรทั้งหมดของสารละลายตัวอย่างที่เจือจาง (250 มิลลิลิตร)

C : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างเจือจางที่ใช้ไตรเตรท (10 มิลลิลิตร)

ค่ากรัมสมมูลย์ของกรดแลคติก (lactic acid) = 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้