abst.

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 8ว

วศ
กช
อว45

ของ

นางสาวจรรยา วัฒนทวีกุล
นักวิทยาศาสตร์ 7ว

การผลิตและการพัฒนาสูตรข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ผู้ร่วมดำเนินการ
นางวรรณดี บินไชย
นักวิทยาศาสตร์ 6ว

กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 1
กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ข้อมูลข่าวสารของราชการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 8ว

ของ

นางสาวจรรยา วัฒนทวีกุล
นักวิทยาศาสตร์ 7ว

เลขหมู่ วส
ว345
เลขทะเบียน 10500
วันที่ 5 เม.ย 45

การผลิตและการพัฒนาสูตรข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ผู้ร่วมดำเนินการ
นางวรรณดี บินไชย
นักวิทยาศาสตร์ 6ว

กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 1
กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์บริก..

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาทดลองเพื่อให้ได้กระบวนการที่เหมาะสม ในการผลิตข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยวางแผนการดำเนินงานเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกศึกษาพัฒนากรรมวิธีการผลิตโดยใช้ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวหอมมะลิและข้าวมันปู ขั้นตอนที่สองศึกษาพัฒนาสูตรเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยการเติมถั่วและพืชเมล็ดแห้ง และขั้นตอนสุดท้ายศึกษาคุณภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้

ผลจากการศึกษาทดลอง ได้กระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยเริ่มต้นจากการนำข้าวสารหอมมะลิ 65 กรัม หรือข้าวสารกล้องหอมมะลิ 55 กรัม หรือข้าวมันปู 50 กรัม ล้างด้วยน้ำเพื่อขจัดฝุ่นละออง บรรจุลงกระป๋อง เติมน้ำสะอาด 105-110 กรัม ขึ้นกับชนิดของข้าว พันธุ์ข้าว และอายุการเก็บของข้าว (ข้าวเก่าหรือข้าวใหม่) นึ่งไล่อากาศ 10 นาที ปิดฝากระป๋อง ฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วทำให้กระป๋องเย็นทันที โดยจุ่มในน้ำให้อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางกระป๋องลดลงเหลือ 35-40 องศาเซลเซียส แล้วเช็ดกระป๋องให้แห้ง

ส่วนการผลิตข้าวเสริมสุขภาพบรรจุกระป๋องสูตรเติมถั่ว/พืชเมล็ดแห้ง ผลิตได้โดย นำถั่วดำ ถั่วแดง และลูกเดือย แช่น้ำร้อนนาน 3 ชั่วโมง เพื่อให้สุกบางส่วนซึ่งจะมีลักษณะนุ่มขึ้น ส่วนงาดำนำไปคั่วด้วยไฟอ่อน 5 นาที ปริมาณที่ใช้ดังนี้ ชนิดผสมถั่วดำหรือถั่วแดง ใช้ข้าวสารกล้อง 50 กรัม เติมถั่วดำหรือถั่วแดง 10 กรัม (น้ำหนักก่อนแช่น้ำร้อน) ส่วนชนิดผสมถั่ว/พืชเมล็ดแห้ง ใช้ข้าวสารกล้อง 50 กรัม เติมถั่วดำหรือถั่วแดง 5 กรัม ลูกเดือย 5 กรัม (น้ำหนักก่อนแช่น้ำร้อน) งาดำ 5 กรัม เติมน้ำเกลือร้อยละ 0.5 จำนวน 95-100 กรัม และผ่านกระบวนการผลิตเช่นเดียวกับวิธีดังกล่าวข้างต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกับข้าวสวยที่หุงโดยวิธีปกติ เมล็ดข้าว ถั่วและลูกเดือยมีลักษณะเนื้อนุ่ม มีสี กลิ่นรสปกติ ส่วนการศึกษากระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม โดยใช้รางไล่อากาศ (exhaust box) และหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะดีเช่นเดียวกับที่ผลิตในห้องปฏิบัติการ

จากผลการตรวจวิเคราะห์ พบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวสำเร็จรูปดังกล่าว ปลอดภัยต่อการบริโภค และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะชนิดที่เติมถั่วและพืชเมล็ดแห้ง และเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30-37 องศาเซลเซียส) นาน 12 เดือนยังคงลักษณะและกลิ่นรสปกติ

ข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องเป็นผลิตภัณฑ์ที่พร้อมบริโภคได้ทันทีเมื่อเปิดกระป๋อง หรือทำให้ร้อนโดยถ่ายใส่ภาชนะนำเข้าตู้อบไมโครเวฟนาน 1 นาที จะได้ข้าวสวยที่มีลักษณะเนื้อนุ่มน่าบริโภคยิ่งขึ้น

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญ	i
สารบัญตาราง	ii
สารบัญรูปภาพ	iii
สารบัญแผนผัง	iii
สารบัญภาคผนวก	iv
บทนำ	1
1. ปัญหาและที่มาของการศึกษาทดลอง	1
2. วัตถุประสงค์	2
3. ประโยชน์ที่ได้รับ	2
4. ระยะเวลาดำเนินการ	2
วารสารปริทัศน์	
1. ข้อมูลทั่วไป	3
2. สถานะของข้าวในตลาดโลก	5
3. ข้าวไทย	5
4. การส่งออกข้าวของไทยสู่ตลาดโลก	6
5. องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของข้าว	7
6. คุณภาพทางกายภาพของข้าว	8
7. ผลิตภัณฑ์จากข้าว	9
8. ถั่วเมล็ดแห้งและพืชเมล็ดแห้ง	10
การดำเนินงาน	13
ผลการศึกษาทดลอง	20
วิจารณ์ผลการศึกษาทดลอง	24
สรุปผลการศึกษาทดลอง	27
กิตติกรรมประกาศ	28
เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก	30

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1 :	สถิติปริมาณข้าวจากประเทศไทยสู่ตลาดโลก พ.ศ. 2537-2542	7
ตารางที่ 2 :	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวมันปู ถั่วดำ ถั่วแดง ลูกเดือย และงาดำ	11
ตารางที่ 3 :	ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวมันปู ถั่วดำ ถั่วแดง ลูกเดือย และงาดำ	12
ตารางที่ 4 :	แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์เมื่อใช้ข้าวผ่านการให้ความร้อนขั้นต้นและใช้น้ำปริมาณแตกต่างกัน	37
ตารางที่ 5 :	แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์เมื่อใช้เวลาในการแช่แตกต่างกัน	37
ตารางที่ 6 :	แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์เมื่อใช้น้ำร้อน น้ำเย็น เวลาในการนึ่งไล่อากาศ และฆ่าเชื้อต่างกัน	38
ตารางที่ 7 :	แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์เมื่อใช้ปริมาณข้าวและน้ำแตกต่างกัน	38
ตารางที่ 8 :	ส่วนประกอบของข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง	39
ตารางที่ 9 :	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง	39
ตารางที่ 10 :	ผลวิเคราะห์จุลินทรีย์ในข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง	40
ตารางที่ 11 :	ผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ วิตามินบี และเหล็กในข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง	41
ตารางที่ 12 :	ผลวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง	42
ตารางที่ 13 :	แสดงการเปรียบเทียบชนิดและปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องกับค่าอ้างอิงที่กำหนดโดยคณะกรรมการร่วมระหว่างองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (FAO/WHO,1973)	43

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1 :	ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว	3
รูปที่ 2 :	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะรูปร่างของข้าว	4
รูปที่ 3 :	กราฟเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ วิตามินบี1 บี2 บี3 และเหล็กในข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องสูตรต่าง ๆ	46
รูปที่ 4 :	กราฟเปรียบเทียบชนิดและปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นระหว่างข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องกับค่าอ้างอิงที่กำหนดโดยคณะกรรมการร่วมระหว่างองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (FAO/WHO,1973)	47
รูปที่ 5 :	วัตถุดิบที่ใช้ผลิตข้าวสำเร็จรูปสูตรต่าง ๆ	49
รูปที่ 6 :	บรรจุวัตถุดิบลงกระป๋องก่อนการนึ่งไล่อากาศ	49
รูปที่ 7 :	ข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง	50
รูปที่ 8 :	ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมมะลิ	50
รูปที่ 9 :	ผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิ	51
รูปที่ 10 :	ผลิตภัณฑ์ข้าวมันปู	51
รูปที่ 11 :	ผลิตภัณฑ์ข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูป	52
รูปที่ 12 :	เครื่องปิดฝากระป๋อง	54
รูปที่ 13 :	หม้อนึ่งอัดความดัน	54
รูปที่ 14 :	หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ	55
รูปที่ 15 :	ตัวอย่างบรรจุในตะกร้าและนำเข้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ	55

สารบัญแผนผัง

		หน้า
แผนผังที่ 1 :	การศึกษาทดลองผลิตข้าวกล้องหอมมะลิบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น	32
แผนผังที่ 2 :	การศึกษาทดลองผลิตข้าวกล้องหอมมะลิบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวที่ไม่ผ่านและผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น	33
แผนผังที่ 3 :	การศึกษาผลการใช้น้ำร้อน น้ำเย็นและระยะเวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อ โดยใช้ข้าวที่ไม่ผ่านและผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น	34
แผนผังที่ 4 :	การศึกษาทดลองผลิตในระดับอุตสาหกรรมนำทาง	35

สารบัญภาคผนวก

		หน้า
ภาคผนวก 1 :	แผนผัง 1-4	31
ภาคผนวก 2 :	ตารางผลการศึกษาทดลอง	36
ภาคผนวก 3 :	กราฟผลการวิเคราะห์	45
ภาคผนวก 4 :	วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์	48
ภาคผนวก 5 :	อุปกรณ์ และเครื่องมือ	53
ภาคผนวก 6 :	การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน	56

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยและภูมิภาคเอเชีย โดยไทยเป็นประเทศอันดับต้น ๆ ที่ส่งข้าวจำหน่ายในตลาดโลก ในแต่ละปีไทยผลิตข้าวเปลือกได้ไม่น้อยกว่า 21 ล้านตัน หรือเทียบเท่ากับข้าวสารประมาณ 13 ล้านตัน โดยใช้บริโภคภายในประเทศ ร้อยละ 60 ที่เหลือร้อยละ 40 ส่งออกขายต่างประเทศในรูปของข้าวเปลือกและข้าวสาร สามารถทำรายได้เข้าประเทศไม่น้อยกว่าปีละหลายหมื่นล้านบาท แต่เนื่องจากในปัจจุบันมีหลายประเทศได้พยายามพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว ทำให้มีข้าวเข้ามาแข่งขันในตลาดโลกมากขึ้น ในขณะเดียวกัน ระบบเศรษฐกิจของโลกได้มีการเชื่อมโยงกันมากขึ้น และทุกประเทศให้ความสำคัญกับนโยบายการค้าเสรี จึงทำให้เกิดการแข่งขันทางการค้าอย่างรุนแรง ซึ่งการแข่งขันดังกล่าว เป็นปัจจัยสำคัญให้ไทยต้องปรับบทบาท จากการส่งออกสินค้าเกษตรในรูปของวัตถุดิบ เป็นสินค้าเกษตรแปรรูป ซึ่งต้องดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาทั้งคุณภาพผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต โดยนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544) ที่เล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาขีดความสามารถของการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การแข่งขันทางการค้าและเศรษฐกิจระหว่างประเทศ ตลอดจนการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน

1. ปัญหาและที่มาของการศึกษาทดลอง

ข้าวเป็นอาหารที่คนไทยและชาวเอเชียบริโภคเป็นอาหารหลัก แต่ในปัจจุบันการดำเนินชีวิตของบุคคลในสังคมเปลี่ยนไปในลักษณะที่มีความเร่งรีบมากขึ้น โดยเฉพาะในสังคมเมืองใหญ่หรือย่านธุรกิจ ผู้บริโภคจึงหันมานิยมผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถปรุงเองได้สะดวกโดยใช้เวลาไม่มากนัก ในขณะเดียวกันต้องมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องจึงเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน

กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 1 กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ซึ่งมีหน้าที่ส่วนหนึ่งในการศึกษาและพัฒนาเพื่อการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการถนอมไว้ใช้นานหรือใช้นอกฤดูกาลรวมทั้งเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม จึงได้นำเทคโนโลยีการผลิตอาหารสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องมาประยุกต์ใช้ผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องในระดับห้องปฏิบัติการ พร้อมทั้งได้ศึกษาพัฒนาสูตรข้าวสำเร็จรูปให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น โดยผสมถั่วเมล็ดแห้งและพืชเมล็ดแห้ง ได้แก่ ถั่วดำ ถั่วแดง ลูกเดือย และงาดำ ทำให้มีกรดอะมิโนจำเป็นใกล้เคียงเนื้อสัตว์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทดลองครั้งนี้สามารถพัฒนาสู่ระดับอุตสาหกรรมต่อไปได้

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพัฒนากรรมวิธีการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวมันปู
2. เพื่อพัฒนาสูตรข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยเติมถั่วเมล็ดแห้ง เช่น ถั่วดำ ถั่วแดง และ/หรือ เติมพืชเมล็ดแห้ง เช่น งา ลูกเดือย
3. เพื่อศึกษาคุณภาพ คุณค่าทางโภชนาการ และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ข้าวสำเร็จรูปที่ผลิตได้

3. ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวและผลผลิตทางการเกษตร เช่น ถั่วเมล็ดแห้ง พืชเมล็ดแห้ง โดยการแปรรูป
2. ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ที่สะดวก สะอาดปลอดภัย พกพาได้และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง
3. ได้ข้อมูลกระบวนการผลิตที่สามารถใช้เป็นแนวทางริเริ่มอุตสาหกรรมการแปรรูปข้าว เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปพร้อมบริโภคที่มีคุณภาพดีสม่ำเสมอ
4. ได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่มีราคาค่อนข้างเสถียร ไม่ขึ้นลงตามภาวะล้นตลาด เนื่องจากสามารถเก็บไว้ได้นาน
5. สอดคล้องกับแผน/นโยบายของประเทศ :
   - แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544) ยุทธศาสตร์ที่ 4 การพัฒนาสมรรถนะทางเศรษฐกิจเพื่อสนับสนุนการพัฒนาคนและคุณภาพชีวิต
   - นโยบายของรัฐบาลข้อที่ 2.5 ด้านการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวข้อ 2.5.1 ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในภาคการผลิต

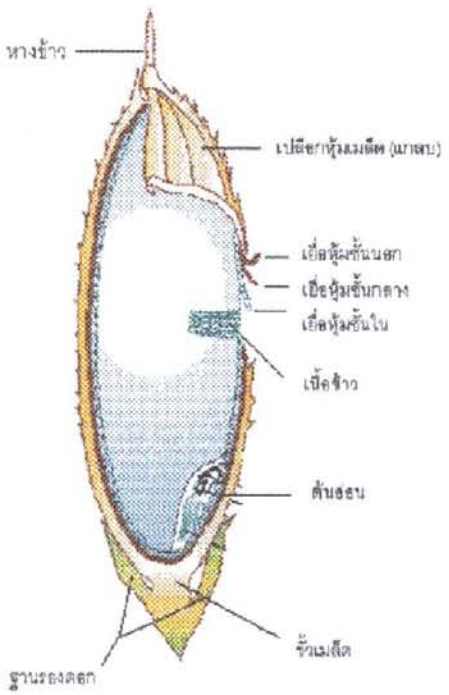
4. ระยะเวลาดำเนินการ

ตุลาคม 2541 – กันยายน 2542

วารสารปริทัศน์

1. ข้อมูลทั่วไป

ข้าว (rice) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. เป็นพืชเมล็ด ต้นข้าวมีลักษณะภายนอก เช่น ใบ กาบใบ ลำต้นและรากเช่นเดียวกับหญ้า ข้าวเป็นพืชที่มีอายุสั้น มีช่วงอายุการปลูกอยู่ระหว่าง 3 ถึง 7 เดือน โดยเริ่มปลูกเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว สภาพอากาศและภูมิประเทศที่ปลูก ข้าวไม่ใช่พืชน้ำ แต่เป็นพืชที่ต้องการน้ำปริมาณมากในการเพาะปลูก



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

ข้าวเมื่อเก็บเกี่ยวจะอยู่ในลักษณะของข้าวเปลือก (รูป ที่ 1) ซึ่งประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ หลายชั้น[3] โดยชั้นนอกสุดเป็นเปลือก (husk) ซึ่งมีอยู่ร้อยละ 16-28 (เฉลี่ยร้อยละ 20) ของข้าวเปลือกทั้งเมล็ด โดยมีองค์ประกอบหลักเป็นซิลิก้า (silica) และเซลลูโลส (cellulose)

ชั้นถัดมาเป็นชั้นรำข้าว (bran) ซึ่งประกอบด้วยชั้นบาง ๆ 3 ชั้น คือ เยื่อหุ้มชั้นนอก เยื่อหุ้มชั้นกลาง และเยื่อหุ้มชั้นใน รำข้าวเป็นส่วนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงที่สุดของข้าวโดยประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน กากอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุ

ส่วนใกล้ฐานของเมล็ดข้าวเป็นต้นอ่อน (embryo) ซึ่งจะงอกเป็นต้นข้าวต้นใหม่ต่อไป ซึ่งส่วนนี้ก็อุดมด้วยคุณค่าทางโภชนาการเช่นกันกับชั้นรำข้าว

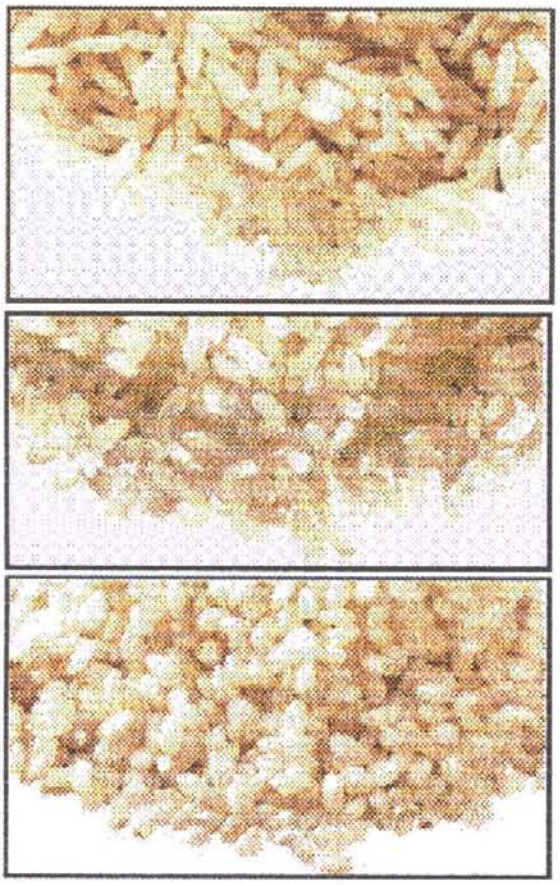
ส่วนในสุดได้แก่เมล็ดในของข้าว (rice kernel) ประกอบไปด้วยแป้ง (starch) เป็นส่วนใหญ่ แป้งในข้าวมี 2 ชนิดคือ อะมิโลส (amylose) และอะมิโลเพกติน (amylopectin) ลักษณะข้าวหุงสุกสัมพันธ์กับแป้งทั้งสองชนิดนี้ ถ้าข้าวมีปริมาณอะมิโลเพกตินสูงจะทำให้เมล็ดข้าวมีความเหนียวมากเมื่อผ่านการหุงสุก เช่น ข้าวเจ้ามีอะมิโลสร้อยละ 15-30 ส่วนข้าวเหนียวจะมีอะมิโลเพกตินสูงกว่าข้าวเจ้าและมีอะมิโลสเพียงร้อยละ 1-2 เท่านั้น

ข้าวในโลกนี้มีมากมายหลายสายพันธุ์ แต่อย่างไรก็ตามจากลักษณะรูปร่างและลักษณะข้าวหลังหุงสุกแล้ว สามารถแบ่งข้าวออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ[10] ดังนี้

♦ **อินดิกา** (Indica) เป็นข้าวที่มีต้นสูง ฟางอ่อน ลักษณะเมล็ดข้าวยาวรี (long grain) อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง ประมาณ 4-5 เท่า เมื่อผ่านการหุง เมล็ดข้าวจะแยกจากกันและมีลักษณะเป็นปุยเบา ข้าวชนิดนี้ปลูกมากในบริเวณที่มีอากาศร้อน เช่น ไทย อินเดีย ปากีสถาน บราซิล รวมทั้งอเมริกาใต้

♦ **จาโปนิกา** (Japonica) เป็นข้าวที่มีต้นเตี้ย ฟางแข็ง ลักษณะเมล็ดข้าวกลม (round grain, short grain) เมื่อผ่านการหุง จะมีลักษณะนุ่มและเหนียวเกาะกัน ข้าวชนิดนี้ปลูกมากในบริเวณที่มีภูมิอากาศค่อนข้างเย็น เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี จีนตอนเหนือ และรัฐแคลิฟอเนียร์ในสหรัฐอเมริกา

♦ **จาวานิกา** (Javanica) เป็นข้าวเมล็ดยาวปานกลาง (medium grain) ความยาวของเมล็ดข้าวเป็น 2-3 เท่าของความกว้าง เมื่อผ่านการหุงจะมีลักษณะแฉะ นิ่ม และเกาะรวมกันมากกว่าข้าวประเภทแรก ปลูกเฉพาะในอินโดนีเซีย



ข้าวชนิดเมล็ดยาว
(long grain rice)

ข้าวชนิดเมล็ดยาวปานกลาง
(medium grain rice)

ข้าวชนิดเมล็ดสั้น
(short grain rice)

รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะรูปร่างของเมล็ดข้าว

2. <u>สถานะของข้าวในตลาดโลก</u>

ข้าวเป็นพืชที่คนจำนวนครึ่งหนึ่งของโลกใช้บริโภค ข้าวส่วนใหญ่จะปลูกและบริโภคอยู่ในทวีปเอเชีย (ร้อยละ 90) โดยในปี พ.ศ. 2540 ทั้งโลกมีผลผลิตของข้าวรวมประมาณ 350 ล้านตันข้าวสาร (ข้าวเปลือก 1 ตัน เมื่อสีแล้วได้ข้าวสาร 0.7 ตัน) ซึ่งมีข้าวเพียง 22 ล้านตันเท่านั้นที่มีการส่งจำหน่ายต่างประเทศ หรือคิดเป็นร้อยละ 6-7 นอกนั้นประเทศผู้ปลูกใช้บริโภคภายในประเทศ ประเทศที่สามารถผลิตข้าวได้มากที่สุดในโลก 3 อันดับแรก คือ จีน อินเดีย และอินโดนีเซีย (รวมกันประมาณ ร้อยละ 60 ของข้าวที่ผลิตได้ทั้งโลก) ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศ ส่วนประเทศที่มีการผลิตและสามารถส่งออกจำหน่ายในต่างประเทศมากสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ไทย เวียตนาม สหรัฐอเมริกา (รวมกันประมาณ ร้อยละ 50) ส่วนประเทศที่นำเข้าข้าวมากสุดจะเปลี่ยนไปในแต่ละปี เช่น อิหร่าน จีน อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น บราซิล และมาเลเซีย[13]

สำหรับราคาข้าวในตลาดโลกนั้นจะไม่คงที่ มักปรับเปลี่ยนได้ง่ายตามสถานะการณ์โลก เช่น ถ้าหากประเทศจีนผลิตข้าวได้ต่ำกว่าเป้าหมายประมาณร้อยละ 5 จะมีผลให้ราคาข้าวในตลาดโลกถีบตัวสูงขึ้นร้อยละ 27 และถ้าไทยเป็นผู้ส่งออกในช่วงดังกล่าว ราคาข้าวของไทยก็จะขยับเพิ่มจากตันละ 180 เป็น 220 ดอลล่าสหรัฐ ในเวลา 1 เดือน เป็นต้น ซึ่งจากความไม่เสถียรในราคาดังกล่าว มีผลให้ผู้ค้าข้าวต้องมีความระมัดระวังอย่างสูง เพราะอาจประสบปัญหาการขาดทุน หรือโชคดีได้กำไรมหาศาลได้ [10]

3. <u>ข้าวไทย</u>

คนไทยรู้จักการทำนาข้าวมาไม่ต่ำกว่าห้าพันปี โดยในอดีตมีข้าวที่ปลูกอยู่ 2 ชนิด คือ ข้าวเมล็ดใหญ่ที่ปลูกบนที่สูง กับข้าวเมล็ดป้อมที่ปลูกในที่ลุ่ม ข้าวทั้งสองชนิด เมื่อหุงหรือนึ่งสุก เมล็ดจะเหนียวติดกัน เรียกว่าข้าวเหนียว ซึ่งมีหลักฐานว่า ข้าวเหนียวเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีแหล่งกำเนิดอยู่บริเวณสองฝากฝั่งแม่น้ำโขงตอนบน แล้วแพร่กระจายออกไปสู่แหล่งอื่น ๆ รวมทั้งพื้นที่ที่เป็นประเทศไทยในปัจจุบัน ส่วนข้าวเจ้าเป็นพันธุ์จากต่างประเทศ โดยมีแหล่งกำเนิดอยู่แถบเบงกอล นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยประมาณหลังปี พ.ศ. 1000 ในยุคนั้นถือว่าข้าวที่มาจากอินเดียเป็นของคนชั้นสูง จึงเรียกว่า ข้าวของเจ้า และกร่อนมาเหลือเป็น ข้าวเจ้าในทุกวันนี้

ปัจจุบันการปลูกข้าวเหนียวของไทยได้ลดน้อยลง และมีการปลูกข้าวเจ้ามากขึ้น จนสามารถส่งออกขายต่างประเทศได้เป็นอันดับหนึ่ง ข้าวเจ้าที่ปลูกในประเทศไทยเป็นข้าวชนิดอินดิก้า (Indica)[12] ซึ่งมีนับหมื่นพันธุ์ โดยแต่ละพันธุ์จะมีลักษณะเฉพาะตามยีนส์ที่ควบคุม

ข้าวหอมมะลิ (jasmine rice) เป็นข้าวของไทยที่มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักไปทั่วโลก ว่าเป็นข้าวที่มีคุณภาพดี เมื่อผ่านการหุงสุก จะมีกลิ่นหอม และลักษณะเนื้อนุ่มเหนียว น่ารับประทาน เป็นข้าวที่มีปริมาณแป้งชนิดอะมิโลสน้อยกว่าร้อยละ 20 และจากการศึกษาพบว่า กลิ่นหอมของข้าวหอมมะลิเกิดจากสารประกอบของ 2-อะซิติล-ไพโรไลน์ (2-acetyl-1-pyroline) ซึ่งมีอยู่ในปริมาณ 0.004-0.006 ส่วนในล้านส่วน (ppm) [2] สารดังกล่าวเป็นสารที่มีกลิ่นหอมประเภทเดียวกับที่พบในพืชตระกูลใบเตย พันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกับข้าวหอมมะลิ คือ ข้าวขาวหอมมะลิ105 กข 15 กข 21 ข้าวหอมคลองหลวง 1 และข้าวหอมสุพรรณบุรี

ข้าวขาวตาแห้ง เป็นข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมิโลส ร้อยละ 21-27 เมื่อหุงสุกจะมีลักษณะเมล็ดข้าวแข็งกว่าข้าวหอมมะลิเล็กน้อย ไม่เหนียว พันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกับข้าวตาแห้ง คือ พันธุ์ขาวปากหม้อ ขาวตาแห้ง 17 กข 23 สุพรรณบุรี 60 สุพรรณบุรี 2

ข้าวเสาไห้ หรือข้าวเจ๊กเชย เป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสมากกว่าร้อยละ 26 ขึ้นไป เมื่อหุงสุกข้าวจึงมีลักษณะร่วน แข็ง หุงขึ้นหม้อ พันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกับข้าวเสาไห้ คือ เหลืองประทิว 123 ปิ่นแก้ว 56 นางพญา 132 กข 11 กข 25 ปทุมธานี 60 ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 90 และสุพรรณบุรี 1

การหุงข้าว สิ่งที่ต้องการคือ ข้าวสวยที่มีลักษณะดีที่สุด ดังนั้นถ้าหุงข้าวที่มีอะมิโลสสูง จึงต้องเติมน้ำปริมาณมาก เพื่อทำให้ความแข็งกระด้างของข้าวลดลง ซึ่งมีผลพลอยได้ให้ข้าวสวยขยายตัวได้มาก ทำให้หุงขึ้นหม้อ

4. <u>การส่งออกข้าวของไทยสู่ตลาดโลก</u>

ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก[13] โดยข้าวไทยส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศตั้งแต่ก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 แต่ข้าวในช่วงนั้นเป็นข้าวคุณภาพต่ำและยังเป็นการขายผ่านประเทศสิงคโปร์ ต่อมาไทยได้พัฒนาคุณภาพข้าวและมองหาตลาดใหม่พร้อมทั้งตัดประเทศที่เป็นพ่อค้าคนกลางออกไป จนปัจจุบันไทยสามารถเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ที่สุดของโลก และมีอินเดีย สหรัฐอเมริกา เวียดนาม และปากีสถาน เป็นผู้ส่งออกอันดับรอง นอกจากนี้ข้าวไทยจัดเป็นข้าวคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของตลาดโลก โดยเฉพาะข้าวหอมมะลิ จากข้อมูลของกรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ (ตารางที่ 1) แสดงให้เห็นว่า ไทยยังคงรักษาระดับการส่งออกข้าวมากกว่าสี่ล้านตัน โดยเฉพาะในปี 2541 และ 2542 มีปริมาณการส่งออกข้าวเพิ่มมากขึ้น ส่วนประเทศที่นำเข้าข้าวจากไทยเป็นอันดับต้นๆ ได้แก่ อินโดนีเซีย ไนจีเรีย อิหร่าน มาเลเซีย เซเนกัล และแอฟริกา

ตารางที่ 1 สถิติปริมาณข้าวจากประเทศไทยสู่ตลาดโลก ระหว่าง พ.ศ. 2537 –2542

พ.ศ. / ตลาด	2537	2538	2539	2540	2541	2542
	← ตัน →					
เอเชีย	2,348,722	3,368,041	2,622,326	2,380,003	3,199,656	2,503,699
ตะวันออกกลาง	579,581	956,589	727,069	879,986	797,101	1,376,596
ยุโรป	257,376	220,516	226,138	289,951	274,273	246,388
แอฟริกา	1,158,906	1,021,121	1,160,315	1,366,852	1,468,189	2,185,202
อเมริกา	374,014	398,651	494,137	311,461	578,473	318,095
โอเชียนเนีย	37,692	37,569	58,803	88,064	91,162	84,039
รวม	4,756,291	6,002,487	5,288,788	5,316,317	6,408,854	6,714,019
มูลค่า, ล้านบาท	38,355	47,213	49,030	61,087	85,396	72,325
ข้าวเอกชน	4,257,709	5,377,195	4,962,447	5,075,335	6,266,154	6,366,472
ข้าวรัฐบาล	499,582	625,292	326,341	240,982	142,700	347,547

ที่มา : กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ : http://www.dft.moc.go.th[13]

5. องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของข้าว

จากลักษณะทั่วไปของข้าว ซึ่งเป็นพืชเมล็ดที่มีเปลือกหุ้มอยู่ เรียกว่าข้าวเปลือก ก่อนที่จะมาเป็นข้าวสารได้จะต้องผ่านกรรมวิธีแยกเปลือกออกก่อน เรียกว่า กรรมวิธีสีข้าว[11]

ข้าวกล้อง (brown rice) เป็นข้าวที่ผ่านกรรมวิธีการสีข้าวขั้นต้น คือ เปลือกข้าวจะถูกกระเทาะแตกออกและหลุดไป ยังคงมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวติดอยู่ สีผิวของเมล็ดข้าวมีสีน้ำตาลปนแดง ข้าวชนิดนี้จึงอุดมด้วยสารอาหารต่าง ๆ

ข้าวซ้อมมือ คือข้าวกล้องประเภทหนึ่งที่ผ่านการกระเทาะเปลือกออกด้วยวิธีการตำด้วยครกกระเดื่องของชาวบ้าน ข้าวซ้อมมือจึงอาจมีลักษณะไม่สมบูรณ์มากนัก รำบางส่วนอาจหลุดออกไปเนื่องจากการตำ แต่ข้าวซ้อมมือก็ยังอุดมด้วยสารอาหารนานาชนิดเช่นกัน บางคนเรียกข้าวซ้อมมือว่า ข้าวอนามัย

ข้าวแดง คือข้าวกล้องอีกประเภทหนึ่ง ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นสีแดงเข้ม เมื่อผ่านการสีครั้งเดียว จะได้ข้าวที่มีลักษณะสีแดงเข้ม ข้าวชนิดนี้มีวิตามินเอสูงกว่าข้าวกล้องประเภทอื่น ๆ สำหรับข้าวแดงที่นิยมนำมาบริโภค คือ ข้าวมันปู ข้าวสังข์หยด ข้าวประดู่แดง และข้าวดอกมะขาม

ข้าวขัดสี หรือข้าวขาว (polished or milled rice) เป็นข้าวที่ผ่านกรรมวิธีการขัดสีหลายครั้ง ทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดข้าวและจมูกข้าวหลุดออกไป เหลือเฉพาะเมล็ดข้าวสีขาว จึงมีคุณค่าทางโภชนาการลดลง

นอกจากนี้ยังมีข้าวกระยาทิพย์ หรือข้าวเสริมวิตามิน ซึ่งเป็นข้าวที่มีการเติมเกลือแร่และวิตามินลงไปเพื่อชดเชยสารอาหารที่สูญเสียไปขณะสีข้าว

รำข้าว (bran) เป็นส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดและจมูกข้าวที่ได้จากขั้นตอนการขัดสีข้าวกล้องเป็นข้าวขาว ดังนั้นในรำข้าวจึงอุดมด้วยโปรตีน ไขมัน วิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ

คุณค่าทางโภชนาการของข้าวแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2 โดยมีส่วนประกอบหลักดังนี้

คาร์โบไฮเดรต ข้าวทุกชนิดมีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบร้อยละ 70-80 ซึ่งเป็นแป้งเกือบทั้งหมด มีน้ำตาลซูโครส (sucrose) และเดกซตริน (dextrin) เล็กน้อย เมื่อคาร์โบไฮเดรตถูกเผาผลาญจะให้พลังงานแก่ร่างกาย ซึ่งถ้ามีมากเกินความต้องการของร่างกาย ก็จะถูกเปลี่ยนไปสะสมในรูปของไขมัน

โปรตีน ธัญพืชส่วนมากจะมีโปรตีนไม่มาก คือ ข้าวเจ้ามีร้อยละ 7-8 ข้าวสาลีมีร้อยละ 11-12 โปรตีนจากพืชเป็นโปรตีนที่ไม่สมบูรณ์ เพราะมีกรดอะมิโนชนิดจำเป็นไม่เพียงพอ[9] จึงควรรับประทานโปรตีนคุณภาพดีเพิ่มเติมจากอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ ไข่ นม และถั่วต่าง ๆ

ไขมัน ข้าวกล้องมีปริมาณไขมันสูงกว่าข้าวขาว เพราะข้าวกล้องยังมีส่วนของรำข้าวอยู่ แต่เมื่อเทียบกับอาหารชนิดอื่น ข้าวไม่ใช่แหล่งที่อุดมด้วยสารอาหารจำพวกไขมัน แต่ไขมันในข้าวกล้องเป็นไขมันที่ดี เพราะไม่มีคอเลสเทอรอลเหมือนไขมันจากสัตว์

ใยอาหาร ข้าวกล้องมีใยอาหารสูงกว่าข้าวขาว ใยอาหารมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย โดยมีสมบัติอุ้มน้ำจึงช่วยเพิ่มเนื้ออุจจาระและทำให้อุจจาระนิ่มถ่ายง่าย นอกจากนี้การรับประทานข้าวกล้องจะทำให้รู้สึกอิ่มเร็วและอิ่มนาน เพราะใยอาหารจะเข้าไปแทนที่ในกระเพาะ และต้องใช้เวลาย่อยนานกว่า จึงทำให้อยู่ท้องไม่ค่อยหิว ข้าวกล้องจึงเหมาะกับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักด้วย

วิตามินและแร่ธาตุ ข้าวกล้องมีวิตามินและแร่ธาตุสูงกว่าข้าวขาว ที่เห็นชัดเจนคือ ไทอะมีน ไนอะซิน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม[7]

6. <u>คุณภาพทางกายภาพของข้าว</u>[10]

คุณภาพทางกายภาพ เป็นลักษณะขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวที่เห็นได้ง่าย ซึ่งสามารถใช้พิจารณากำหนดมาตรฐานในการซื้อขายได้ ในปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานระหว่างประเทศเกี่ยวกับขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าว สถาบันวิจัยข้าวระหว่างประเทศ (IRRI, International Rice

Research Institute) ได้กำหนดคุณภาพตามความยาวของเมล็ดข้าวเป็น 4 ชนิด คือ เมล็ดยาวพิเศษ (ยาวมากกว่า 7.5 มิลลิเมตร) เมล็ดยาว (6.61-7.5 มิลลิเมตร) เมล็ดยาวปานกลาง (5.51-6.60 มิลลิเมตร)และเมล็ดสั้น (สั้นกว่า 5.50 มิลลิเมตร) ส่วนการกำหนดคุณภาพข้าวตามรูปร่างใช้อัตราส่วนระหว่างความยาวกับความกว้าง แบ่งเป็น 4 ชนิด คือ ยาวเรียว (มากกว่า 3) ยาวปานกลาง (2.1-3.0) หนา (1.1-2.0) และกลม (น้อยกว่า 1.0)

ส่วนคณะกรรมการร่วมขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ กับองค์การอนามัยโลก (FAO/WHO Alimentarius Committee) ได้เสนอให้กำหนดขนาดของข้าวเป็น 3 ชนิด โดยใช้อัตราส่วนระหว่างความยาวกับความกว้าง ดังนี้ ยาว (มากกว่าหรือเท่ากับ 3.0) กลาง (2.0-2.9) และสั้น (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.9)

สำหรับมาตรฐานของไทยไม่ระบุรูปร่างของเมล็ด เพราะข้าวไทยส่วนใหญ่มีเมล็ดเรียวยาว จึงกำหนดเฉพาะความยาว โดยแบ่งเป็น 4 ชนิด คือ เมล็ดยาวชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3 และเมล็ดสั้น โดยมีขนาดความยาว ของเมล็ด ยาวกว่า 7.0 6.6-7.0 6.2-6.6 และสั้นกว่า 6.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ

7. <u>ผลิตภัณฑ์จากข้าว</u>

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปข้าว ได้ขยายฐานการผลิตอย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เพราะประเทศไทยได้เปรียบในเรื่องความหลากหลายของพันธุ์ข้าว พร้อมทั้งราคาถูก และคุณภาพดี ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าวในอดีต เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ เส้นขนมจีน ลอดช่อง ยังเป็นที่นิยมบริโภคสำหรับคนไทยภายในประเทศอยู่ แต่ในยุคที่เศรษฐกิจของชาติต้องพึ่งพาเงินตราจากต่างประเทศ การผลิตเพื่อการส่งออกจึงเป็นเป้าหมายสำคัญของประเทศ

ผลิตภัณฑ์จากข้าวที่สามารถเก็บไว้ได้นานและมีมูลค่าเพิ่ม มักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน ได้เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปหรือสำเร็จรูปพร้อมบริโภค ซึ่งมีผู้ศึกษาวิจัยไว้ เช่น ข้าวหุงสุกไว (quick cooking rice) ข้าวกึ่งสำเร็จรูป (instant rice) ข้าวในถุงรีทอร์ทเพาช์ (retort pouch rice) อาหารว่างจากข้าว (rice snack food)

สำหรับข้าวบรรจุกระป๋อง (canned rice) ได้มีผู้ทำการศึกษาวิจัยไว้ 2 ลักษณะ คือ บรรจุแบบเปียก (wet pack) และบรรจุแบบแห้ง (dry pack) [5] โดยมีวิธีการทำดังนี้

1. การบรรจุแบบเปียก เช่น บรรจุในน้ำซุป นำข้าวผ่านการให้ความร้อนในลักษณะที่ใช้น้ำปริมาณมาก ทำให้สะเด็ดน้ำ จุ่มในน้ำเย็นเพื่อขจัดแป้งส่วนเกินที่ติดอยู่บนผิวของเมล็ดข้าว บรรจุลงกระป๋อง เติมซอสปรุงรส ปิดฝาและนำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน

2. การบรรจุแบบแห้ง เป็นการบรรจุในลักษณะที่ความชื้นไม่สูงมาก เช่น การบรรจุข้าวผัดแบบจีน (Chinese style fried rice) ปริมาณความชื้นมีเพียงพอเฉพาะสำหรับให้แป้งสุกในระหว่างการให้ความร้อนภายใต้ความดัน โดยไม่เกิดการยึดเกาะกันแน่นหรือเป็นแป้งเปียก การใช้น้ำมันบริโภคเป็นส่วนประกอบเล็กน้อยจะช่วยให้เมล็ดข้าวเกาะกันน้อยลง กระบวนการผลิตเริ่มต้นจากการให้ความร้อนขั้นต้น แช่ในน้ำเย็น (soaking) นำขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำ บรรจุลงกระป๋องพร้อมกับส่วนประกอบอื่น ๆ ปิดฝา ให้ความร้อนภายใต้ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที

8. <u>**ถั่วเมล็ดแห้งและพืชเมล็ดแห้ง**</u>

ถั่วเมล็ดแห้ง เป็นแหล่งอาหารจากพืชที่มีโปรตีนสูง[7,9] และราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์ ถั่วเมล็ดแห้งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดโปรตีนสูงไขมันสูง เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง และชนิดโปรตีนสูงไขมันต่ำ เช่น ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วเขียว ถั่วเมล็ดแห้งมีใยอาหารสูง ทั้งชนิดที่ละลายและไม่ละลายในน้ำ โดยชนิดไม่ละลายในน้ำจะช่วยเพิ่มกากใยและอุ้มน้ำ ทำให้อุจจาระนิ่มขับถ่ายง่าย จึงช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งที่ลำไส้ใหญ่และริดสีดวงทวาร ส่วนชนิดละลายในน้ำช่วยลดคอเลสเทอรอลในเลือด โดยเป็นตัวดักจับไขมันต่าง ๆ ในระหว่างการย่อย ทำให้ไขมันถูกขับถ่ายออกมาพร้อมกับอุจจาระ ไขมันจึงไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด จึงช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ

ลูกเดือย เป็นธัญพืชที่ให้พลังงานสูง ลูกเดือย 100 กรัม มีคาร์โบไฮเดรต 71.2 กรัม โปรตีน 14.6 กรัม ลูกเดือยมีฟอสฟอรัส และวิตามินบี 1 สูงกว่าข้าวกล้อง

ส่วนงาดำเป็นพืชน้ำมัน ในงาดำ 100 กรัม มีน้ำมัน 46.0 กรัม โปรตีน 19.2 กรัม และคาร์โบไฮเดรต 25.5 กรัม นอกจากนี้งาดำยังมีธาตุแคลเซียมและวิตามินบี 3 ค่อนข้างสูง [7]

โปรตีนจากพืชแม้ว่าจะเป็นโปรตีนที่ไม่สมบูรณ์ คือประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณที่ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย แต่อย่างไรก็ตามพืชแต่ละชนิดจะขาดกรดอะมิโนชนิดจำเป็นแตกต่างกัน เช่น พืชจำพวกข้าว ขาดไลซีน ส่วนถั่วขาดเมไทโอนีนและซีสตีน ดังนั้นถ้ารับประทานร่วมกันก็จะทำให้ได้รับชนิดและปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวมันปู ถั่วดำ ถั่วแดง ลูกเดือย และงาดำ

รายการ		ข้าวหอมมะลิ	กล้องหอมมะลิ	ข้าวมันปู	ถั่วดำ	ถั่วแดง	ลูกเดือย	งาดำ
		ปริมาณ ต่อ 100 กรัม						
ความชื้น	กรัม	10.2	11.2	12	9.8	9.7	10.6	4.5
โปรตีน	กรัม	6.6	7.4	6.1	22.9	22.5	14.6	19.4
ไขมัน	กรัม	0.8	2.4	2.7	2.2	2.1	2.6	46
กาก	กรัม	0.6	2.8	4	19.7	27.8	3.6	19.2
เถ้า	กรัม	0.4	1.3	1	4.2	4	1	4.6
คาร์โบไฮเดรต	กรัม	82	77.7	78.2	60.9	61.7	71.2	25.5
ไทอะมีน	มิลลิกรัม	0.07	0.29	0.32	0.98	1.09	0.34	0.57
ไรโบฟลาวิน	มิลลิกรัม	0.02	0.04	0.01	0.26	0.18	0.09	0.61
ไนอะซิน	มิลลิกรัม	1.8	5.5	2.2	2.3	2	2.1	5.3
แคลเซียม	มิลลิกรัม	8	12	15	73	68	19	913
ฟอสฟอรัส	มิลลิกรัม	87	255	100	431	370	148	555
เหล็ก	มิลลิกรัม	1.2	1	0.9	17	6.4	4.8	15.9
โซเดียม	มิลลิกรัม	31	12	-	11	16	-	69
โปแทสเซียม	มิลลิกรัม	111	326	-	8	1122	-	401
ทองแดง	มิลลิกรัม	0.1	0.1	-	-	1.57	-	2.2
สังกะสี	มิลลิกรัม	0.5	0.5	-	-	2.4	-	3.2
ค่าพลังงานความร้อน	กิโลแคลอรี	361	362	361	355	356	367	593

ที่มา : Thai Food Composition Tables 1999. Institute of Nutrition, Mahidol University.

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวมันปู ถั่วดำ ถั่วแดง ลูกเดือย และงาดำ

กรดอะมิโน	ข้าวหอมมะลิ	กล้องหอมมะลิ	ข้าวมันปู	ถั่วดำ	ถั่วแดง	ลูกเดือย	งาดำ
	มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม						
ไอโซลิวซีน	222	247	262	1153	1117	595	506
ลิวซีน	444	510	469	1786	1763	1822	864
ไลซีน	202	256	228	1706	1764	345	538
เมไทโอนีน	72	106	66	178	208	186	187
ซีสตีน	85	80	97	115	189	115	184
ฟีนิลอะลานีน	261	284	223	1015	1058	568	562
ไทโรซีน	128	173	111	483	512	234	317
ทรีโอนีน	232	238	230	898	1204	402	553
ทริปโตเฟน	101	78	100	204	281	94	268
วาลีน	246	328	309	1063	1122	698	734
อาร์จินีน	336	463	373	1446	1553	519	1496
ฮีสติดีน	195	172	117	650	779	353	382
อะลานีน	213	252	284	795	887	1184	580
กรดแอสปาร์ติก	436	516	577	2308	2708	681	1055
กรดกลูตามิค	916	1109	864	3514	4012	3002	2309
ไกลซีน	233	246	220	743	876	309	552
โปรลีน	211	237	245	902	994	948	485
ซีรีน	267	278	266	1007	1204	558	654
รวมกรดอะมิโนทั้งหมด	4800	5573	5041	19966	22231	12613	12226

ที่มา : ตารางแสดงชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารไทย, มกราคม 2533 กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

การดำเนินงาน

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาทดลอง

ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวมันปู ถั่วแดง ถั่วดำ ลูกเดือย และงาดำ ซื้อจากองค์การตลาดเพื่อเกษตรกร (ตลาด อตก.) ถนนกำแพงเพชร เขตจตุจักร กทม

1. **อุปกรณ์และเครื่องมือ**

1.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า ชั่งได้ละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น LP 6200S

1.2 เครื่องชั่งไฟฟ้า ชั่งได้ละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น LA 230S

1.3 หม้อกำเนิดไอน้ำ (steam boiler)

1.4 หม้อนึ่งไอน้ำ (steam blancher)

1.5 รางไล่อากาศ (exhaust box)

1.6 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort)

1.7 เครื่องปิดฝากระป๋อง (closing machine or double seamer)

1.8 หม้อนึ่งอัดความดัน (autoclave)

1.9 ลังถึงพร้อมเตาแก๊ส

1.10 กระป๋องเคลือบแลกเกอร์ชนิดทนกรด (acid-resistant lacquered can) ขนาด* 307x201

1.11 กระป๋องเคลือบแลกเกอร์ชนิดอะลูมิเนียมพิกเมนต์ หรือทนกำมะถัน (aluminium pigment or sulphur-resistant lacquered can) ขนาด 307x111

1.12 เครื่องวิเคราะห์กรดอะมิโนในอาหาร (Amino Acid Analyser, AAA) ยี่ห้อ Beckman รุ่น System 6300

1.13 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV/Vis spectrophotometer) ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น Lambda 2S

1.14 ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส (oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UL 50

1.15 เตาเผา (muffle) ยี่ห้อ Lindberg

---

* กระป๋องขนาด 307x201 หมายถึง กระป๋องที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 7/16 นิ้ว และสูง 2 1/16 นิ้ว

1.16 เครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน

1.17 เครื่องแก้วต่าง ๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

2. **สารเคมี**

2.1 เกลือชนิดผสมไอโอดีน เตรียมเป็นสารละลาย ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1.0

3. **ขั้นตอนในการศึกษาทดลอง**

3.1 ศึกษาพัฒนากรรมวิธีการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวมันปู

3.2 ศึกษาพัฒนาสูตรข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องชนิดเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยการเติมถั่วเมล็ดแห้ง ได้แก่ ถั่วแดง ถั่วดำ และ/หรือ เติมพืชเมล็ดแห้ง ได้แก่ ลูกเดือย และงาดำ

3.3 ศึกษาทดลองผลิตในระดับอุตสาหกรรมนำทาง

3.4 ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์

4. **วิธีการศึกษาทดลอง**

4.1 ศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

4.1.1 ศึกษาทดลองเพื่อหาวิธีการผลิตเบื้องต้น โดยใช้ข้าวกล้องหอมมะลิผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้ (แผนผังที่ 1)

- นำข้าวกล้องหอมมะลิ มาทำความสะอาดโดยแร่งผ่านตะแกรงและแยกสิ่งเจือปนออกให้หมด ชั่งมา 1,000 กรัม ผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น (preheated) ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที
- แช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำ 5 เท่าของน้ำหนักข้าว นาน 15 นาที นำขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำ ชั่งน้ำหนักที่ได้ (ข้าว 1,000 กรัม แช่น้ำแล้วชั่งน้ำหนักได้ 2,040 กรัม)
- นำข้าวบรรจุลงกระป๋องเคลือบแลกเกอร์ชนิดอะลูมิเนียมพิกเมนต์ (1.1.10) โดยบรรจุกระป๋องละ 100 กรัม (คิดเทียบเท่ากับน้ำหนักเริ่มต้นของข้าวก่อนแช่ที่ประมาณ 50 กรัม) เติมน้ำร้อน (น้ำเดือด) จำนวน 50 60 และ 75 กรัม ตามลำดับ

- นึ่งไล่อากาศ 15 นาที ปิดฝากระป๋อง
- ฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่ 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และทำให้กระป๋องเย็นทันที โดยจุ่มในน้ำให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 35-40 องศาเซลเซียส
- เก็บตัวอย่างข้าวบรรจุกระป๋องไว้ 2 คืน แล้วนำมาตรวจดูลักษณะปรากฏของข้าวแต่ละตัวอย่าง

4.1.2 ศึกษาทดลองการใช้ข้าวที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น (control) เทียบกับข้าวที่ผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น (preheated) และผลของการแช่ข้าว (soaking) ก่อนการบรรจุกระป๋อง โดยดำเนินการศึกษาทดลองดังนี้ (แผนผังที่ 2)

นำข้าวกล้องมาทำความสะอาดโดยแร่งผ่านตะแกรงเพื่อแยกสิ่งเจือปนออก

1. ตัวควบคุม (control) : ข้าวกล้อง
2. ข้าวกล้องผ่านการให้ความร้อนขั้นต้นในตู้อบลมร้อนที่ 120 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

นำข้าวที่เตรียมทั้ง 2 วิธีข้างต้น มาบรรจุกระป๋องต่างกัน 3 แบบ ดังนี้

- แบบที่ 1 ข้าว 60 กรัม เติมน้ำร้อน 110 กรัม และแช่พักไว้ 10 นาที
- แบบที่ 2 ข้าว 60 กรัม เติมน้ำร้อน 110 กรัม และแช่พักไว้ 5 นาที
- แบบที่ 3 ข้าว 60 กรัม เติมน้ำร้อน 110 กรัม และแช่พักไว้ 0 นาที

(ปริมาณน้ำร้อนที่เติม ใช้ข้อมูลจากการศึกษาทดลองในข้อ 4.1.1)

นึ่งไล่อากาศ 15 นาที ปิดฝากระป๋องและฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เก็บตัวอย่างข้าวบรรจุกระป๋องไว้ 2 คืน แล้วนำมาตรวจดูลักษณะปรากฏของข้าวแต่ละตัวอย่าง

ทำซ้ำ 3 แบบดังกล่าว โดยใช้ข้าวที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น และใช้ปริมาณข้าวและน้ำดังนี้

ข้าว 55 กรัม น้ำ 110 กรัม

ข้าว 55 กรัม น้ำ 105 กรัม

4.1.3 ศึกษาผลการใช้น้ำร้อน (น้ำเดือด) และน้ำเย็น (อุณหภูมิห้อง) ในการบรรจุกระป๋อง และระยะเวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อ

ใช้ข้าวกล้องหอมมะลิ เปรียบเทียบกับการเติมน้ำร้อน (น้ำเดือด) กับน้ำเย็น (อุณหภูมิห้อง) และผ่านกระบวนการผลิตตามปกติ คือ นึ่งไล่อากาศ และฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่ 10 ปอนด์

ต่อตารางนิ้ว โดยใช้ช่วงเวลาต่างๆ กัน คือ 15 , 20 และ 30 นาที (แผนผังที่ 3) เก็บตัวอย่างข้าวไว้ 2 คืน และตรวจดูลักษณะปรากฏ

4.2. ศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหอมมะลิและข้าวมันปูสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

4.2.1 จากแนวทางและข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทดลองผลิตข้าวกล้องหอมมะลิสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ในข้อ 4.1 จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาประยุกต์เพื่อดำเนินการศึกษาทดลองผลิตข้าวหอมมะลิและข้าวมันปูบรรจุกระป๋องและศึกษาปริมาณข้าว และน้ำที่เหมาะสมต่อการบรรจุในหนึ่งกระป๋อง

4.2.2 ศึกษาทดลองเปรียบเทียบการใช้กระป๋องเคลือบแลกเกอร์ชนิดทนกรด และกระป๋องเคลือบแลกเกอร์ชนิดอะลูมิเนียมพิกเมนต์ในการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวมันปู ใช้ข้อมูลจากข้อ 4.2.1

4.3 การศึกษาเพื่อพัฒนาสูตรข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

4.3.1 ทดลองผลิตข้าวเสริมสุขภาพโดยเติมถั่วเมล็ดแห้ง เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

ทดลองผลิตโดยใช้ข้าวหอมมะลิ และข้าวกล้องหอมมะลิ เติมถั่วเมล็ดแห้ง ได้แก่ ถั่วดำ ถั่วแดง ที่ผ่านการเตรียมก่อนการบรรจุ ดังนี้

- ถั่วเมล็ดแห้งไม่ผ่านการแช่น้ำ
- ถั่วเมล็ดแห้งผ่านการแช่น้ำ :
  - แช่ในน้ำเย็นนาน 6 ชั่วโมง
  - แช่ในน้ำร้อนนาน 3 ชั่วโมง

ปริมาณถั่วเมล็ดแห้งที่เติมประมาณร้อยละ 10 - 20 ของน้ำหนักข้าว

หลังการบรรจุ นึ่งไล่อากาศ และฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่ 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาที่เหมาะสม (ใช้ข้อมูลจากข้อ 4.1.3 ประกอบ) เปรียบเทียบผลโดยดูลักษณะปรากฏ และทดสอบการยอมรับโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.3.2 ทดลองผลิตข้าวเสริมสุขภาพ โดยเติมถั่วเมล็ดแห้ง และพืชเมล็ดแห้ง เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

ใช้ข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวมันปูเติมถั่วเมล็ดแห้ง และพืชเมล็ดแห้ง รวม 4 สูตร ดังนี้

- ข้าวกล้อง ผสมถั่วดำ ลูกเดือย และงาดำ

- ข้าวกล้อง ผสมถั่วแดง ลูกเดือย และงาดำ
- ข้าวมันปู ผสมถั่วดำ ลูกเดือย และงาดำ
- ข้าวมันปู ผสมถั่วแดง ลูกเดือย และงาดำ

ถั่วดำ ถั่วแดง และลูกเดือย แช่น้ำร้อน 3 ชั่วโมง (ใช้ข้อมูลจากข้อ 4.3.1) ส่วนงาดำคั่วด้วยไฟอ่อน 5 นาที ปริมาณที่ใช้ชนิดละประมาณร้อยละ 10 - 20 ของน้ำหนักข้าว

หลังการบรรจุ นึ่งไล่อากาศ และฆ่าเชื้อภายใต้ความดันที่ 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาที่เหมาะสม คือ 20 นาที (ใช้ข้อมูลจากข้อ 4.1.3 ประกอบ) เปรียบเทียบผลโดยดูลักษณะปรากฏ และทดสอบการยอมรับโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.3.3 ทดลองปรับปรุงรสชาติของข้าวบรรจุกระป๋องชนิดเสริมสุขภาพ

จากผลการทดลองในข้อ 4.3.2 เมื่อได้สูตรข้าวเสริมสุขภาพที่มีลักษณะดีที่สุด นำมาปรับปรุงรสชาติ โดยใช้น้ำเกลือ ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1.0 แทนการใช้น้ำเปล่า ทดสอบการยอมรับ

4.4 การศึกษาทดลองผลิตในระดับอุตสาหกรรมนำทาง ขนาดการผลิต 100 กระป๋อง

จากข้อมูลที่ได้ศึกษาทดลองในข้อ 4.1-4.3 จึงนำมาประยุกต์ผลิตในระดับอุตสาหกรรม โดยมีขั้นตอนการผลิตดังนี้ (แผนผังที่ 4)

4.4.1 นำข้าว ถั่วดำ ถั่วแดง ลูกเดือย และงาดำมาร่อนผ่านตะแกรงเพื่อขจัดฝุ่นและสิ่งเจือปน

4.4.2 ถั่วเมล็ดแห้ง (ถั่วดำ ถั่วแดง) และพืชเมล็ดแห้ง (ลูกเดือย) แช่น้ำร้อนนาน 3 ชั่วโมง

4.4.3 คั่วงาให้สุกด้วยไฟอ่อน ประมาณ 5 นาที

4.4.4 บรรจุข้าว ถั่ว ลูกเดือย งา ลงในกระป๋อง ปริมาณที่ใช้ตามตารางที่ 8 ส่วนกระป๋องที่ใช้บรรจุแตกต่างกันดังนี้

- ➢ ข้าวหอมมะลิใช้กระป๋องเคลือบแลกเกอร์ชนิดทนกรด (1.1.9)
- ➢ ข้าวกล้องหอมมะลิ ข้าวมันปู และข้าวชนิดที่เติมถั่วเมล็ดแห้งและพืชเมล็ดแห้ง ใช้กระป๋องเคลือบแลกเกอร์ชนิดอลูมิเนียมพิกเม้นต์ (1.1.10)

4.4.5 ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวมันปู เติมน้ำสะอาด ส่วนข้าวเสริมสุขภาพชนิดเติมพืชเมล็ดแห้ง ให้เติมน้ำเกลือ ความเข้มข้นร้อยละ 0.5

4.4.6 นำเข้าหม้อนึ่งไอน้ำร้อน นาน 5 นาที

4.4.7 ผ่านเข้าสู่รางไล่อากาศ ที่มีไอน้ำร้อนพ่น

4.4.8 ปิดฝากระป๋อง จัดเรียงกระป๋องลงในตะกร้าแบบมีรูโปร่งที่ไม่เป็นสนิม แล้วนำเข้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort)

4.4.9 ปิดฝาหม้อนึ่งฆ่าเชื้อให้แน่นสนิท

4.4.10 เปิดท่อปล่อยไอน้ำร้อนเข้าไปในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ พร้อมทั้งเปิดท่อไล่อากาศเต็มที่ เพื่อให้ไอน้ำร้อนเข้าไปไล่อากาศที่อยู่ภายในออกให้หมด แล้วปิดท่อไล่อากาศ

4.4.11 รอจนกระทั่งได้อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เริ่มจับเวลาฆ่าเชื้อ 15 นาที

4.4.12 เมื่อครบกำหนดจึงปิดท่อไอน้ำร้อน และเปิดท่อลมเข้าอัดให้ได้ความดันที่ต้องการ จากนั้นเปิดท่อน้ำเข้าสลับกับท่อลม โดยรักษาความดันให้คงที่ จนกระทั่งอุณหภูมิของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อลดลงมาเหลือ 70 องศาเซลเซียส จึงปิดท่อลมเข้า เปิดท่อน้ำเข้า เปิดท่อไล่อากาศ ท่อ overflow ท่อระบายน้ำ จนกระทั่งอุณหภูมิของหม้อนึ่งฆ่าเชื้อลดลงมาเหลือ 35 – 40 องศาเซลเซียส

4.4.13 ปล่อยน้ำออกให้หมด แล้วเปิดหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

4.4.14 นำกระป๋องออกมาเรียงใส่ตะแกรง ผึ่งให้แห้ง

4.4.15 เช็ดกระป๋องให้สะอาด

ตรวจสอบลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้ เทียบผลกับผลิตภัณฑ์ที่เตรียมในข้อ 4.2 และ 4.3

4.5 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์

4.5.1 การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยการประเมินผลทางทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อ และการยอมรับ จากผู้ชิม 10 คน ให้คะแนนตามลำดับความชอบ คือ

1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบ 3 = เฉย ๆ

4 = ชอบ 5 = ชอบมาก

4.5.2 ตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

วิเคราะห์จุลินทรีย์ ตามวิธีใน มอก. 335 เล่ม 1-2523

4.5.3 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

- โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต
- เหล็ก
- วิตามินบี 1 บี2 บี3
- กรดอะมิโน

4.6 **ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์** โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30-37 องศาเซลเซียส)

- เดือนที่ 1 ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทุกสัปดาห์
- เดือนที่ 2-12 ตรวจสอบผลิตภัณฑ์เดือนละ 1 ครั้ง

โดยพิจารณาลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่น และรส

ผลการศึกษาทดลอง

จากการศึกษาทดลองผลิตข้าวสำเร็จรูป และข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง สรุปผลได้ดังนี้

1. **การศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิบรรจุกระป๋อง**

1.1 จากการศึกษาทดลองหาวิธีเบื้องต้นในการผลิตข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวกล้องหอมมะลิที่ผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น และแช่น้ำอุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส นาน 15 นาทีนั้น (ตารางที่ 4) พบว่า ข้าวมีลักษณะพองตัว โดยสามารถดูดซึมน้ำได้มาก เมื่อนำขึ้นจากน้ำที่แช่ และปล่อยทิ้งไว้ระยะหนึ่งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปชั่ง ได้น้ำหนักเป็น 2 เท่าของน้ำหนักข้าวเริ่มต้น ดังนั้นเมื่อนำมาเติมน้ำร้อน (น้ำเดือด)อีก จำนวน 50 กรัม 60 กรัม และ 75 กรัม ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ข้าวกระป๋องที่ได้ทั้ง 3 ตัวอย่าง จึงมีลักษณะของเมล็ดข้าวที่ค่อนข้างแฉะและสุกบานมากไป

1.2 การทดลองใช้ข้าวที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น (control) เปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น (preheated) เติมน้ำร้อน และแช่ทิ้งไว้ (soaking) เป็นเวลา 0, 5, และ 10 นาที (ตารางที่ 5) พบว่า ตัวอย่างข้าวที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนขั้นต้นมีลักษณะของเมล็ดข้าวดีกว่า และเมื่อใช้ปริมาณข้าวลดลงเป็น 55 กรัม และใช้ปริมาณน้ำแตกต่างกัน พบว่าตัวอย่างข้าวสำเร็จรูปที่ได้ที่มีลักษณะของเมล็ดข้าวดีที่สุดและเมล็ดข้าวสุกสม่ำเสมอดี คือตัวอย่างที่ใช้ข้าวสารกล้อง 55 กรัม และปริมาณน้ำ 105 กรัม

1.3 การทดลองบรรจุโดยใช้น้ำร้อน (น้ำเดือด) เปรียบเทียบกับการใช้น้ำเย็น (อุณหภูมิห้อง) และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ (ตารางที่ 6) พบว่า ตัวอย่างข้าวที่เติมน้ำเย็น เมื่อผ่านกระบวนการผลิตได้ข้าวสำเร็จรูปมีลักษณะเนื้อนุ่มสม่ำเสมอดี ลักษณะเมล็ดดี ไม่แตกต่างกับที่ใช้น้ำร้อน แสดงว่า ในการผลิตไม่จำเป็นต้องบรรจุโดยใช้น้ำร้อน เพียงการเติมน้ำสะอาดที่อุณหภูมิห้องปกติ ก็ได้ผลดีเช่นกัน

1.4 การเปรียบเทียบระยะเวลาที่นึ่งไล่อากาศ และการฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส พบว่า ข้าวกล้องหอมมะลิสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องตัวอย่างที่นึ่งไล่อากาศนาน 5 และ 10 นาที และนึ่งฆ่าเชื้อนาน 15 20 และ 30 นาที ตามลำดับ (ตารางที่ 6) พบว่า การนึ่งไล่อากาศ 10 นาที และฆ่าเชื้อนาน 20 นาที ได้ข้าวสุกนุ่มสม่ำเสมอ เป็นเมล็ดดีที่สุด จากผลการทดลองนี้ แสดงว่า <u>เวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการนึ่งไล่อากาศ คือ 10 นาที และนึ่งฆ่าเชื้อ คือ 20 นาที</u> ดังนั้นจึงได้ใช้ช่วงเวลาดังกล่าวสำหรับการทดลองในลำดับต่อไป

2. **การศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหอมมะลิ และข้าวมันปูสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง**

2.1 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองผลิตข้าวกล้องหอมมะลิสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง (ข้อ 1) ได้นำมาประยุกต์ใช้กับการผลิตข้าวหอมมะลิ และข้าวมันปูบรรจุกระป๋อง ให้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกันคือ ในการผลิตไม่จำเป็นต้องมีขั้นตอนการให้ความร้อนขั้นต้น ไม่ต้องแช่ข้าว และใช้น้ำเย็น (อุณหภูมิห้อง) ในการบรรจุ ส่วนปริมาณข้าวและปริมาณน้ำต่อการบรรจุ 1 กระป๋อง ขึ้นอยู่กับชนิดข้าวและขนาดกระป๋องที่ใช้บรรจุ (ปริมาณข้าวและปริมาณน้ำที่เหมาะสมแสดงในตารางที่ 7)

2.2 การทดลองเปรียบเทียบการใช้กระป๋องเคลือบแลกเกอร์ชนิดทนกรด และกระป๋องเคลือบแลกเกอร์ชนิดอะลูมิเนียมพิกเมนต์ หรือทนกำมะถัน พบว่า ตัวอย่างข้าวหอมมะลิที่บรรจุในกระป๋องเคลือบแลกเกอร์ชนิดอะลูมิเนียมพิกเมนต์ ข้าวมีสีผิดปกติ และเมื่อเก็บไว้ 1 สัปดาห์ ข้าวมีสีออกเหลืองเล็กน้อย แต่ข้าวหอมมะลิที่บรรจุในกระป๋องชนิดเคลือบแลกเกอร์ชนิดทนกรด ข้าวมีลักษณะขาวปกติ ดังนั้นข้าวหอมมะลิจึงควรบรรจุในกระป๋องชนิดเคลือบแลกเกอร์ชนิดทนกรด ส่วนข้าวมันปูที่บรรจุในกระป๋องเคลือบแลกเกอร์ชนิดอะลูมิเนียมพิกเมนต์ พบว่า ข้าวมีสีปกติ และกลิ่นรสปกติ

3. **การศึกษาเพื่อพัฒนาสูตรข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูป**

3.1 การทดลองผลิตข้าวเสริมสุขภาพผสมถั่วเมล็ดแห้งและพืชเมล็ดแห้ง พบว่า ตัวอย่างที่ใช้ถั่วดำ ถั่วแดง และลูกเดือยที่ไม่ได้แช่น้ำ มีลักษณะแข็งกระด้าง ส่วนตัวอย่างที่เติมถั่วดำ ถั่วแดง และลูกเดือยที่ผ่านการแช่น้ำเย็น 6 ชั่วโมง หรือน้ำร้อน 3 ชั่วโมง มีลักษณะเนื้อนุ่มไม่แตกต่างกัน ดังนั้นวิธีการเตรียมถั่ว/พืชเมล็ดแห้งที่เหมาะสมและประหยัดเวลาการแช่ คือ การแช่น้ำร้อน 3 ชั่วโมง ก่อนนำไปบรรจุกระป๋องร่วมกับข้าวสารต่อไป

3.2 ในการเตรียมงา เพื่อใช้เติมในข้าวเสริมสุขภาพ พบว่า ถ้าใช้งาดิบเติม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะไม่มีกลิ่นหอมของงา แต่ถ้าคั่วงาด้วยไฟอ่อนให้สุกก่อน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 5 นาที จะได้งาที่มีกลิ่นหอม เมื่อเติมลงไป จะได้ผลิตภัณฑ์ข้าวกระป๋องที่มีกลิ่นหอมน่ารับประทานยิ่งขึ้น

3.3 การทดลองเติมน้ำเกลือ ความเข้มข้น ร้อยละ 0.5 และ 1.0 แทนน้ำธรรมดา ในการผลิตข้าวเสริมสุขภาพบรรจุกระป๋อง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำเกลือความเข้มข้น ร้อยละ 0.5 ให้รสชาติดีขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำเกลือ ความเข้มข้น ร้อยละ 1.0 นั้น ค่อนข้างเค็ม

3.4 ผลการศึกษาทดลองดังกล่าว ได้สูตรส่วนประกอบของการผลิตข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง แสดงไว้ในตารางที่ 8

4. **การศึกษาทดลองผลิตในระดับอุตสาหกรรมนำทาง**

ผลการศึกษาทดลองโดยใช้สูตรส่วนประกอบตามตารางที่ 8 พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวสำเร็จรูปที่ผลิตได้ มีลักษณะดี เต็มกระป๋อง และเมล็ดข้าวมีลักษณะเป็นเมล็ดดี ถั่ว ลูกเดือยและงามีลักษณะนุ่ม สีสม่ำเสมอ กลิ่นรสปกติ ไม่แตกต่างจากที่ผลิตโดยวิธีนึ่งไล่อากาศ และฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งอัดที่ได้ศึกษาทดลองในระดับห้องปฏิบัติการดังกล่าวข้างต้น

5. **การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์**

5.1 จากการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รส ลักษณะเนื้อ และการยอมรับ (ตารางที่ 9) พบว่า

- <u>สีและกลิ่น</u> ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของข้าวและองค์ประกอบอื่น ๆ (ถั่วดำ ถั่วแดง ลูกเดือยและงาดำ) ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับในด้านสีของข้าวหอมมะลิและข้าวกล้องหอมมะลิในคะแนนเฉลี่ยที่สูง 4.6 และ 4.8 ตามลำดับ แต่สำหรับข้าวตัวอย่างอื่น ๆ มีคะแนนต่ำลงเล็กน้อย การเติมถั่วแดง ถั่วดำ ลูกเดือย และงาดำ ทำให้คะแนนการยอมรับในด้านกลิ่นเพิ่มขึ้น
- <u>ลักษณะเนื้อ</u>ของข้าวสำเร็จรูป ผู้ชิมให้คะแนนอยู่ในระดับชอบมากในตัวอย่างข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วแดง ลูกเดือยและงา โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.8 4.6 และ 4.8 ตามลำดับ และความชอบลดลงในตัวอย่างข้าวมันปูและข้าวมันปูผสมพืชอื่น
- <u>รสชาติ</u> ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับใกล้เคียงกัน ยกเว้นข้าวมันปู ซึ่งมีคะแนนของรสชาติด้อยกว่าเล็กน้อย
- <u>การยอมรับและคะแนนเฉลี่ยโดยภาพรวม</u>ของผลิตภัณฑ์ให้ผลในแนวเดียวกัน กล่าวคือ ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับในเกณฑ์สูงหรือชอบมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.6-4.8 ในตัวอย่างข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวกล้องหอมมะลิผสมถั่วแดง ลูกเดือยและงาดำ ส่วนตัวอย่างอื่น ๆ ลดลง โดยเฉพาะข้าวมันปูมีคะแนนน้อยสุด คือ 4.0 แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

5.2 จากการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ข้าวสำเร็จรูปสูตรต่าง ๆ ที่ผลิตด้วยกรรมวิธีที่เป็นผลจากการศึกษาทดลองในครั้งนี้ (ตารางที่ 10) พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวสำเร็จรูปดังกล่าวปลอดภัยต่อการบริโภค

5.3 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 และเหล็ก (ตารางที่ 11) พบว่า ข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูป (ชนิดเติมถั่ว/พืชเมล็ดแห้ง) มีคุณค่าทางโภชนาการด้านโปรตีน ไขมันและปริมาณวิตามินบี 1 (ไทอะมีน) วิตามินบี 3 (ไนอะซีน) และปริมาณเหล็กสูงกว่าข้าวหอมมะลิ และข้าวกล้องหอมมะลิสำเร็จรูป ทั้งนี้เนื่องจากถั่วดำ ถั่วแดง ลูกเดือย และงา มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าว โดยเฉพาะถั่วเป็นพืชที่มีโปรตีนในปริมาณสูง (สูงกว่าร้อยละ 20 ในขณะที่ข้าวสารมีโปรตีนต่ำกว่าร้อยละ 8) นอกจากนี้ข้าวเสริมสุขภาพยังให้ปริมาณกากเพิ่มขึ้นด้วย ผลการเปรียบเทียบ แสดงไว้ตามรูปที่ 3

5.4 ผลวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด (ตารางที่ 12) แสดงให้เห็นว่าสูตรข้าวเสริมสุขภาพที่ได้ศึกษาทดลองดังกล่าว ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกรดอะมิโนเพิ่มมากขึ้น และเมื่อนำกรดอะมิโนจำเป็นในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเปรียบเทียบกับชนิดและปริมาณที่กำหนดโดยคณะกรรมการร่วมระหว่างองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (FAO/WHO, 1973) ตามตารางที่ 13 และรูปที่ 4 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเสริมสุขภาพให้ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณครบถ้วนเพียงพอ โดยเฉพาะ ไลซีน และทรีโอนีน (ไลซีนเป็น limiting amino acid ของธัญพืช) เมื่อเติมถั่วเมล็ดแห้งและพืชเมล็ดแห้งจะไปช่วยเพิ่มกรดอะมิโน 2 ชนิดดังกล่าว ทำให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย

5.5 การศึกษาอายุการเก็บ โดยเก็บที่อุณหภูมิห้อง (30-37 องศาเซลเซียส) พบว่า ในระยะเวลา 12 เดือน ผลิตภัณฑ์ข้าวบรรจุกระป๋องยังมีลักษณะดี และกลิ่นรสปกติ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วิจารณ์ผลการศึกษาทดลอง

1. จากการทดลองผลิตข้าวกล้องสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง โดยนำข้าวที่ผ่านการให้ความร้อนเบื้องต้นมาผลิตนั้น (ตารางที่ 4) พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวที่ได้ลักษณะเมล็ดบานมากและค่อนข้างแฉะ ทั้งนี้เป็นเพราะว่า การให้ความร้อนขั้นต้นแก่ข้าว ทำให้ผิวของข้าวกล้องเกิดเป็นรอยร้าวเล็ก ๆ ซึ่งเมื่อนำไปแช่น้ำนาน 15 นาที ข้าวจึงดูดซึมน้ำได้เร็ว มีลักษณะพองตัว และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของน้ำหนักเริ่มต้น จึงทำให้ข้าวที่ได้แฉะและสุกบานมากไป

2. เมื่อทดลองนำข้าวกล้องไม่ผ่านการให้ความร้อนเบื้องต้นมาทำเปรียบเทียบ โดยยังใช้วิธีการผลิตเช่นเดียวกับข้อ 1 แต่ปรับเปลี่ยนเวลาในการแช่ พบว่า วิธีการผลิตที่ใช้ข้าวที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนขั้นต้นและเติมน้ำร้อนโดยไม่ต้องแช่ (เวลา 0 นาที) ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวสุกที่มีลักษณะของเมล็ดข้าวดีกว่า กล่าวคือ เมล็ดข้าวสุกสม่ำเสมอและเป็นเมล็ดดี จึงเป็นการยืนยันว่า ในการผลิตข้าวกล้องบรรจุกระป๋องนั้น ขั้นตอนการให้ความร้อนขั้นต้นแก่ข้าวจึงไม่จำเป็น

3. ในการศึกษาทดลองเปรียบเทียบการใช้น้ำเย็น (บรรจุเย็น) กับการใช้น้ำร้อน (บรรจุร้อน) ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะว่า กระบวนการนึ่งไล่อากาศ 10 นาที ก่อนปิดฝากระป๋องนั้นพอเพียงที่จะทำให้อากาศที่แทรกอยู่ในเนื้ออาหารและในกระป๋องขยายตัวลอยขึ้นและไอน้ำร้อนเข้าไปแทนที่ และน้ำในอาหารบางส่วนกลายเป็นไอเข้าแทนที่อากาศในช่องว่างเหนือระดับอาหารภายในกระป๋อง ทำให้เกิดสภาพสุญญากาศขึ้นได้ ซึ่งการไล่อากาศวิธีดังกล่าวยังทำให้อาหารมีอุณหภูมิเริ่มต้นสูงขึ้นโดยไม่ต้องใช้น้ำร้อนช่วย ดังนั้นในกระบวนการผลิตนี้จึงสามารถใช้น้ำเย็น (อุณหภูมิห้อง) แทนน้ำร้อนได้

4. ในการนึ่งฆ่าเชื้อเพื่อให้สมบูรณ์ อาหารกระป๋องที่ปิดฝาแล้วต้องนำมาฆ่าเชื้อทันที ไม่ควรปล่อยไว้นานเกินครึ่งชั่วโมง เพราะว่าจะทำให้อุณหภูมิเริ่มต้นต่ำลง เป็นเหตุให้การฆ่าเชื้อไม่เพียงพอได้ และในการฆ่าเชื้อข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง จำเป็นต้องฆ่าเชื้อภายใต้ความดันสูง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในประเภทอาหารที่เป็นกรดต่ำ (low acid foods) ความร้อนที่ 116 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที นอกจากจะทำลายจุลินทรีย์แล้ว ยังมีผลให้ข้าวสำเร็จรูปมีลักษณะเนื้อนุ่มปกติ แต่ถ้าระยะเวลาฆ่าเชื้อน้อยไป เช่น 10 และ 15 นาที เมล็ดข้าวจะมีลักษณะแข็งไม่นุ่ม

อนึ่งการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อนตามกระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง ค่าที่ต้องหาเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณเวลาในการให้ความร้อน ได้แก่ ค่า D (ค่าคงที่อัตราการตายของจุลินทรีย์) ค่า Z (จำนวนองศาเซลเซียส หรือองศาฟาเรนไฮต์ที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนไป 1 วงจรล็อก) และ ค่า F (ระยะเวลาเป็นนาทีที่อุณหภูมิหนึ่งซึ่งใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนในอาหารภายใต้สภาวะที่กำหนด)

(รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก 6) โดยทั้ง 3 ค่าจะแสดงถึงความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์แต่ละชนิดในอาหาร และบ่งชี้ว่าการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อนั้น ๆ มีผลในการฆ่าหรือทำลายมากเท่าไร ซึ่งการหาค่าดังกล่าวจำเป็นต้องทราบชนิดของจุลินทรีย์ และทำการทดลองใช้อุณหภูมิที่ระดับต่าง ๆ กัน โดยแต่ละอุณหภูมิจะใช้เวลาฆ่าเชื้อต่าง ๆ กัน หลังจากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาวิเคราะห์ผลทางจุลินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาทดลองครั้งนี้ ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจะเกี่ยวข้องกับการทำให้ข้าวในกระป๋องสุกด้วย และผลการวิเคราะห์จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 10) รวมทั้งการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ พบว่ามากกว่า 1 ปี จึงแสดงว่า ความร้อนและเวลาที่ใช้ในการผลิตข้าวบรรจุกระป๋องนั้นเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ แต่เพื่อให้ได้ข้อมูลครบถ้วนสมบูรณ์เกี่ยวกับกระบวนการผลิตอาหารที่ดี ได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัย จึงจะต้องศึกษาทดลองเพิ่มเติมเพื่อหาค่า D ค่า Z และค่า F ต่อไป

5. ในการศึกษาปริมาณข้าวและปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการบรรจุหนึ่งกระป๋องนั้น พบว่า ทั้งปริมาณข้าวและปริมาณน้ำที่ใช้ขึ้นอยู่กับอายุการเก็บของข้าว (ข้าวใหม่ข้าวเก่า) ทั้งนี้เนื่องจากข้าวที่เก็บไว้นาน จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างไขมัน แป้ง และโปรตีนที่อยู่ภายในเมล็ด ทำให้การดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าวยากขึ้น ข้าวจะลดคุณภาพความเหนียวและความหอมลง โดยปริมาณอะมิโลเพกตินลดลงและอะมิโลสเพิ่มขึ้น ทำให้ข้าวมีลักษณะแข็งมากขึ้น และเมื่อหุงสุกจะมีลักษณะร่วนไม่เกาะกัน ดังนั้น ถ้าใช้ข้าวเก่าปริมาณข้าวที่ใช้จึงต้องลดลงในขณะเดียวกันปริมาณน้ำที่ใช้ก็ต้องมากขึ้น ในการศึกษาทดลองครั้งนี้ใช้ข้าวกล้องกลางปี ปริมาณข้าวกล้องและน้ำที่เหมาะสมจึงเป็น 60 และ 110 กรัม ตามลำดับ

6. ในการศึกษาชนิดของกระป๋องที่ใช้บรรจุข้าวนั้น พบว่า กระป๋องที่เหมาะสมกับข้าวหอมมะลิ คือ กระป๋องเคลือบแลกเกอร์ทนกรด ส่วนข้าวกล้องหอมมะลิและข้าวกล้องมันปูต้องใช้กระป๋องเคลือบแลกเกอร์ชนิดอะลูมิเนียมพิกเมนต์ ทั้งนี้เพราะว่าข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวกล้องมันปูมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวหอมมะลิ ซึ่งโปรตีนดังกล่าวประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดรวมทั้งชนิดที่มีธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (ซีสตีน และ เมไทโอนีน) ที่สามารถทำปฏิกิริยากับกระป๋องเคลือบแลกเกอร์ได้ ทำให้กระป๋องเปลี่ยนสี ซึ่งจากผลการศึกษาทดลองดังกล่าว จึงนำไปประยุกต์ใช้กับข้าวเสริมสุขภาพด้วย เนื่องจากถั่วดำ ถั่วแดง ลูกเดือย และงาต่างก็มีปริมาณโปรตีนสูง ดังนั้นจึงใช้กระป๋องเคลือบแลกเกอร์ชนิดอะลูมิเนียมพิกเมนต์สำหรับศึกษาทดลองกระบวนการผลิตข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องต่อไปด้วย

7. ในการผลิตข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมถั่วดำ หรือถั่วแดง และ/หรือลูกเดือย และงาดำนั้น พบว่า การเติมถั่ว/พืชเมล็ดแห้ง นอกจากจะเป็นการเพิ่มคุณ

ค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปดังกล่าวแล้ว ยังเป็นการเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภคได้เลือกรับประทานผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ สอดคล้องกับการดำเนินชีวิตของบุคคลในเมืองใหญ่ที่เต็มไปด้วยการแข่งขันและเร่งรีบ

8. ในการศึกษาทดลองผลิตระดับอุตสาหกรรมนำทาง เนื่องจากความยาวของรางไล่อากาศที่มีอยู่ค่อนข้างสั้น (ความเร็วคงที่ ไม่สามารถปรับได้ เนื่องจากเป็นรุ่นเก่า) จึงใช้เวลาประมาณ 3½ นาที ทำให้อุณหภูมิของกระป๋องที่ผ่านรางไล่อากาศก่อนปิดฝากระป๋องค่อนข้างต่ำ (50-60 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงไม่เพียงพอ ทั้งนี้เพราะว่า ในการผลิตอาหารกระป๋องนั้นต้องไล่อากาศที่แทรกอยู่ในเนื้ออาหารและภายในกระป๋องออก โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้เกิดสุญญากาศภายในกระป๋อง เพื่อลดการกัดกร่อนภายในกระป๋อง (ลดปริมาณออกซิเจน) และช่วยรักษาคุณภาพของอาหาร ดังนั้นจึงได้เพิ่มการนึ่งกระป๋อง (ที่มีตัวอย่าง) ด้วยหม้อนึ่งไอน้ำ (steam blancher) 5 นาที ก่อนผ่านเข้าสู่รางไล่อากาศ พบว่า อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางกระป๋องวัดได้ 82-85 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่พอเหมาะและปิดฝากระป๋องขณะร้อนทันที และเมื่ออุณหภูมิลด ไอน้ำจะเกิดการควบแน่นและเกิดเป็นสุญญากาศขึ้นภายในกระป๋องได้

9. ในการฆ่าเชื้อในอาหารกระป๋อง โดยการนึ่งในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort) วิธีการเรียงกระป๋องในตะกร้ามีผลต่อลักษณะของเมล็ดข้าวในกระป๋อง ดังนั้นเพื่อให้ข้าวเรียงเมล็ดสวยงามเมื่อเปิดฝากระป๋อง จึงควรวางกระป๋องให้ส่วนฝาอยู่ด้านบน

10. สำหรับวิธีการบริโภคข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง สามารถบริโภคได้ทันทีเมื่อเปิดกระป๋องหรือถ่ายใส่ภาชนะแล้วอุ่นในตู้อบไมโครเวฟนานประมาณ 1 นาที ได้ข้าวที่มีลักษณะเนื้อนุ่มน่าบริโภคยิ่งขึ้น

สรุปผลการศึกษาทดลอง

การผลิตข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ คือ การเตรียมวัตถุดิบ การบรรจุ การนึ่งไล่อากาศ การปิดฝา การฆ่าเชื้อ และการทำกระป๋องให้เย็น ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวเริ่มต้นจากการล้างทำความสะอาดข้าวและส่วนประกอบต่าง ๆ โดยข้าวทุกชนิดไม่ต้องผ่านขั้นตอนการให้ความร้อนขั้นต้น บรรจุลงกระป๋อง ส่วนถั่วเมล็ดแห้งและลูกเดือยควรแช่น้ำร้อนนานประมาณ 3 ชั่วโมง ก่อนการบรรจุเพื่อให้ได้ลักษณะเนื้อที่นุ่ม งาควรคั่วให้สุกก่อนซึ่งจะเพิ่มกลิ่นหอมให้ผลิตภัณฑ์ ชนิดของกระป๋องที่ใช้บรรจุต้องเลือกให้เหมาะสม ปริมาณน้ำหรือน้ำเกลือที่ใช้บรรจุขึ้นกับชนิดของข้าว พันธุ์ข้าวและอายุการเก็บ (ข้าวเก่าหรือข้าวใหม่) การไล่อากาศต้องทำให้ที่จุดกึ่งกลางภายในกระป๋องมีอุณหภูมิเริ่มต้นสูงถึง 82-85 องศาเซลเซียส และการฆ่าเชื้อต้องทำภายใต้ความดันสูง คือ 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ซึ่งเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ปลอดภัยต่อการบริโภคและสามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้นาน 12 เดือน

ข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปซึ่งผลิตจากข้าวกล้อง เติมถั่วเมล็ดแห้ง และงา นอกจากจะให้คุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้นแล้ว ยังให้กรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน การบริโภคข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องสามารถบริโภคได้ทันที หรืออุ่นในตู้อบไมโครเวฟ นาน 1 นาที ได้ข้าวที่มีลักษณะนุ่มน่าบริโภคยิ่งขึ้น

๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้นอกจากจะได้รับความร่วมมือร่วมใจจากบุคลากรหลาย ๆ คนในกลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 1 โดยเฉพาะคุณบังอร บุญชู คุณปฏิญญา คงแป้น คุณชุติมา ศรสำราญ คุณนิภาพรรณ สรรักษ์สิน คุณคชศักดิ์ วงษ์สง่า และคุณอรอนงค์ หุ่นฉายศรี แล้ว ยังได้รับความอนุเคราะห์จากกลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการ (คุณศรีสุดา หร่มระฤก คุณพูนทรัพย์ วิชัยพงษ์) กลุ่มงานจุลชีววิทยา (คุณปรีชา ธรรมนิยม) และกลุ่มงานชีวเคมี (คุณสุนทรี เปรื่องการ คุณสุจิตรา วิมลจิตต์) จึงใคร่ขอขอบคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้ และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงต่อผู้อำนวยการกอง กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ที่กรุณาให้การสนับสนุน จนกระทั่งผลงานชิ้นนี้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

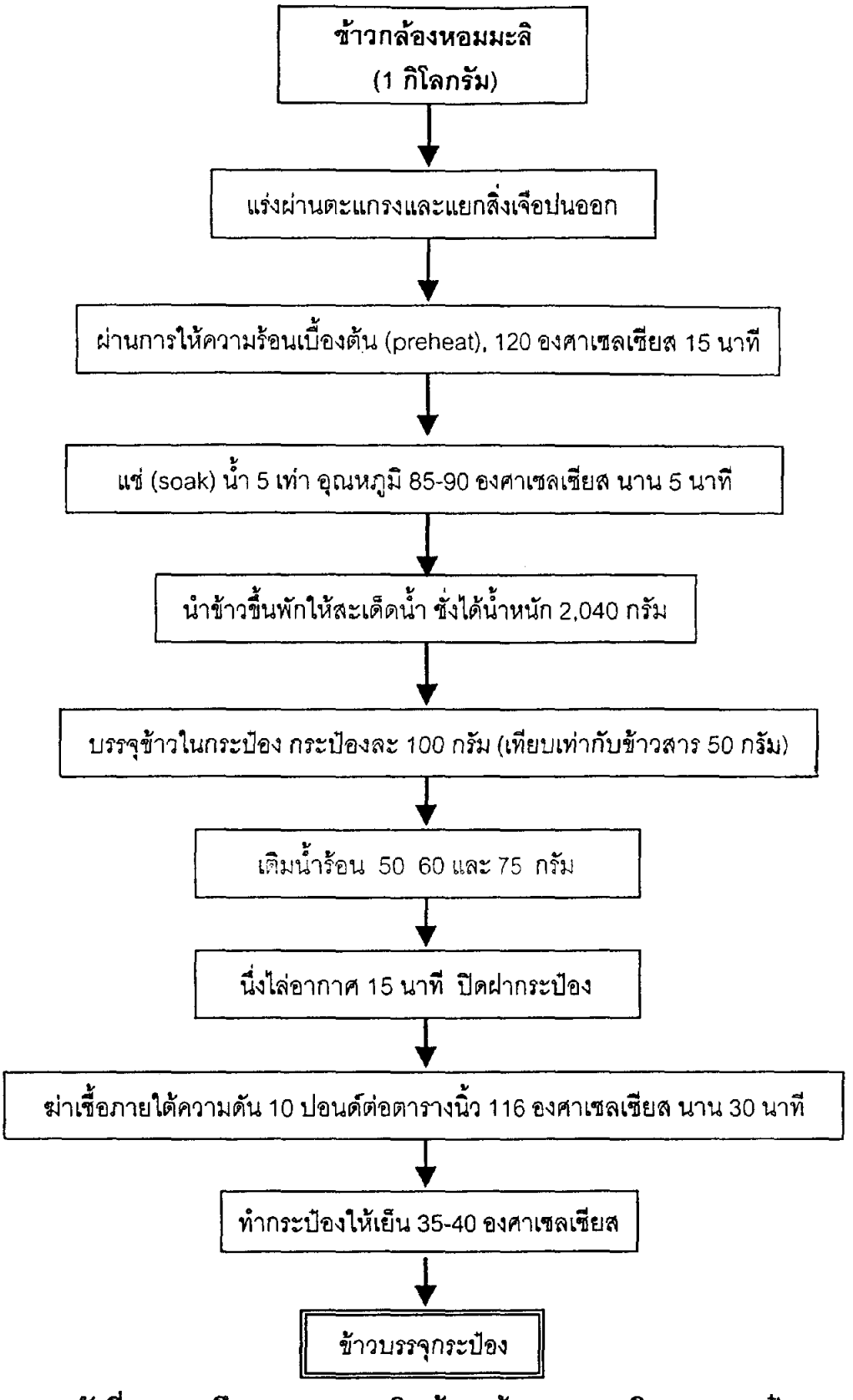
เอกสารอ้างอิง

1. Bor S. Luh, . Rice : Production and Utilization. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connectecut. 1980, p.546
2. Buttery, R.G., L.C. Ling, Juliano B.O. and TumbaughJ.G., , Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyroline. **J. Agr. Food Chem.**,1983, vol 31 p. 823 - 826.
3. Cho, J., Double fertilization in *Oryza sativa* L. and development of the endosperm with special reference to the aleurone layer. **Bull Natl. Inst. Agri. Sci.** 1956, p.61-101.
4. Juliano B.O., ed., **Rice : Chemistry and Tecnology.** 2nd ed., St. Paul, Minnesota : American Association of Cereal Chemists. 1985.
5. Luh,B.S., ed., **Rice : Utilization.** 2nd ed., New York., 1991., p.121-144.
6. Matheson N.A. The determination of tryptophan in purified proteins and feeding stuffs. **British Journal of Nutrition.** 1974, vol.31, p.393-400.
7. Prapasri Puwasatien., et.al., comps. ed., **Thai Food Composition Tables.**, 1st ed., Institue of Nutrition, Mahidol University, 1999, 150p., p1-5.
8. Spinco Division of Beckman Instruments. **The System 6300 series high performance** amino acids snalysers. Palo Alto : Beckman, 1985.
9. กระทรวงสาธารณสุข. กรมอนามัย. กองโภชนาการ., **ตารางแสดงชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารไทย.**, [ม.ป.ท.]., มกราคม 2533., 39 หน้า. หน้า 12-16.
10. ข้าว. 2000. [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : http://www.therice.or.th/
11. เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2542. ข้าวกล้อง ข้าวขาว ข้าวแดง. **เทคโนโลยีชาวบ้าน** 11, 221 (15 ส.ค. 42) หน้า 84 - 85.
12. ประพาส วีรแพทย์ และงามชื่น คงเสรี, 2529. พันธุ์ข้าวของประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์** 40(3) : หน้า 115 - 123.
13. สถิติและข้อมูลทางการค้า, 2000., [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก : http://www.dft.moc.go.th/
14. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 144 (พ.ศ. 2535) เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท. **ราชกิจจานุเบกษา** 8 กันยายน 2535. เล่มที่ 109 ตอนที่ 112 .
15. ทนง ภัครัชพันธุ์, 2543. การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน, **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, พิมพ์ครั้งที่ 3 หน้า 115-130.

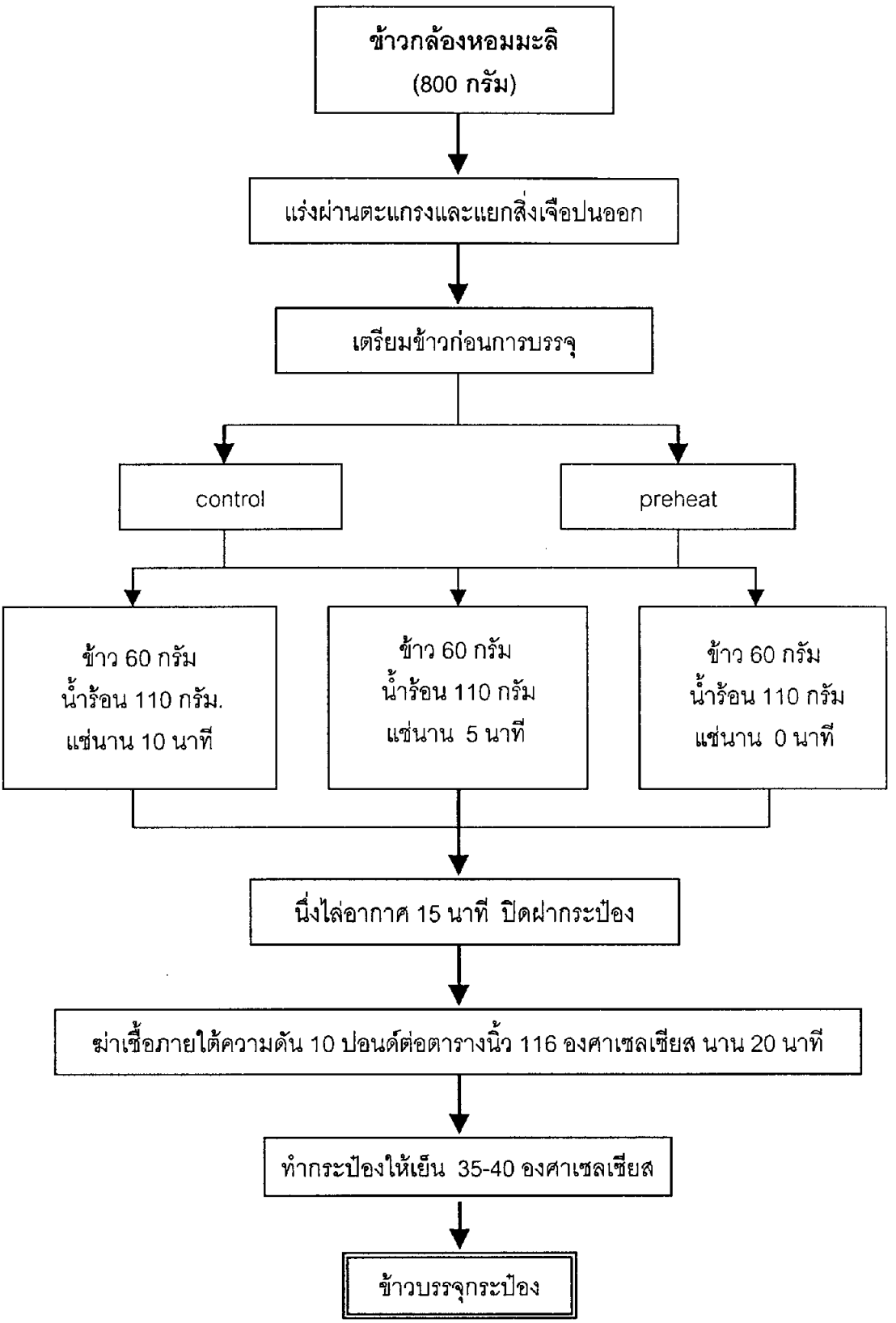
ภาคผนวก

ภาคผนวก 1

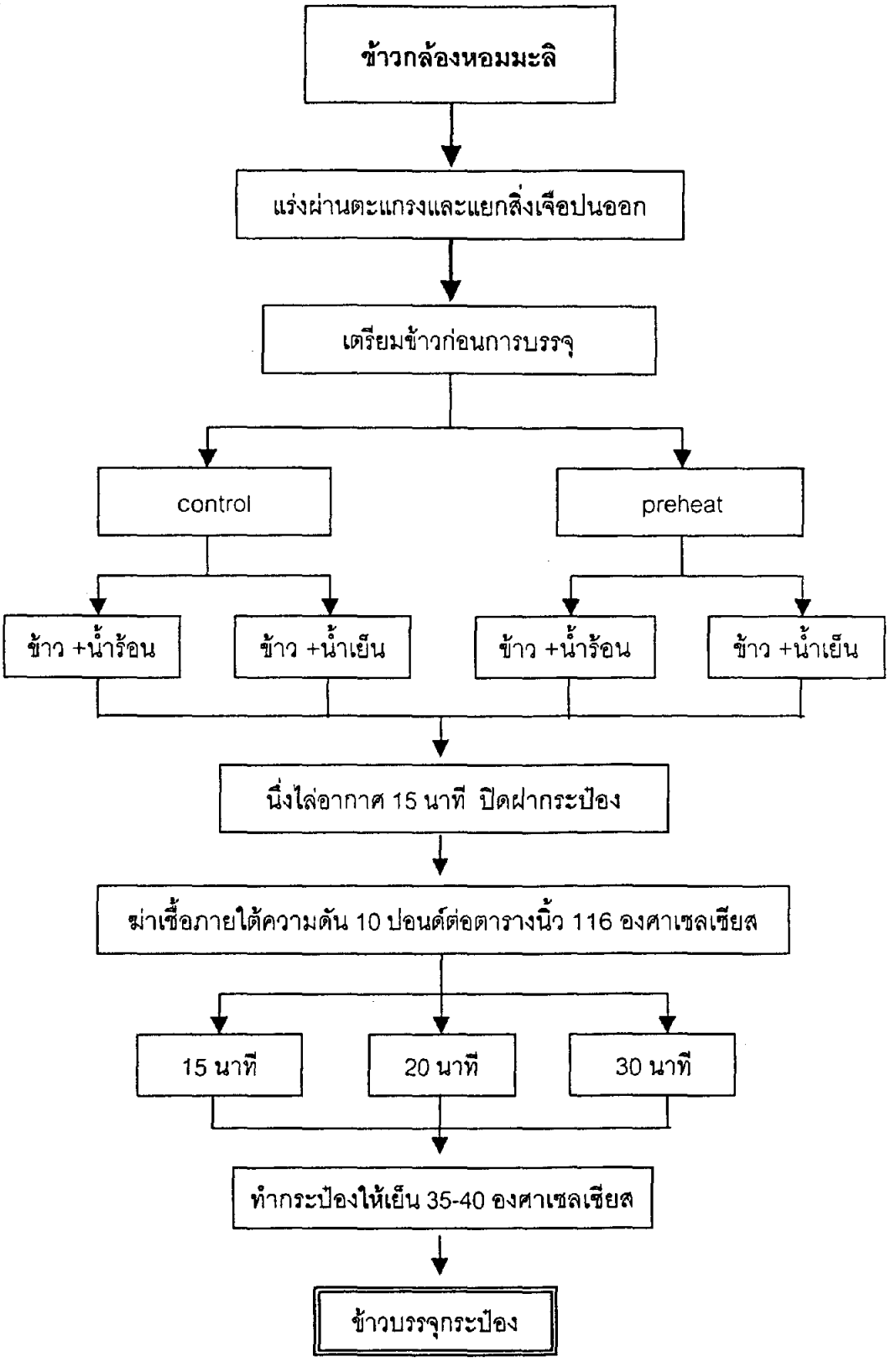
แผนผัง 1-4



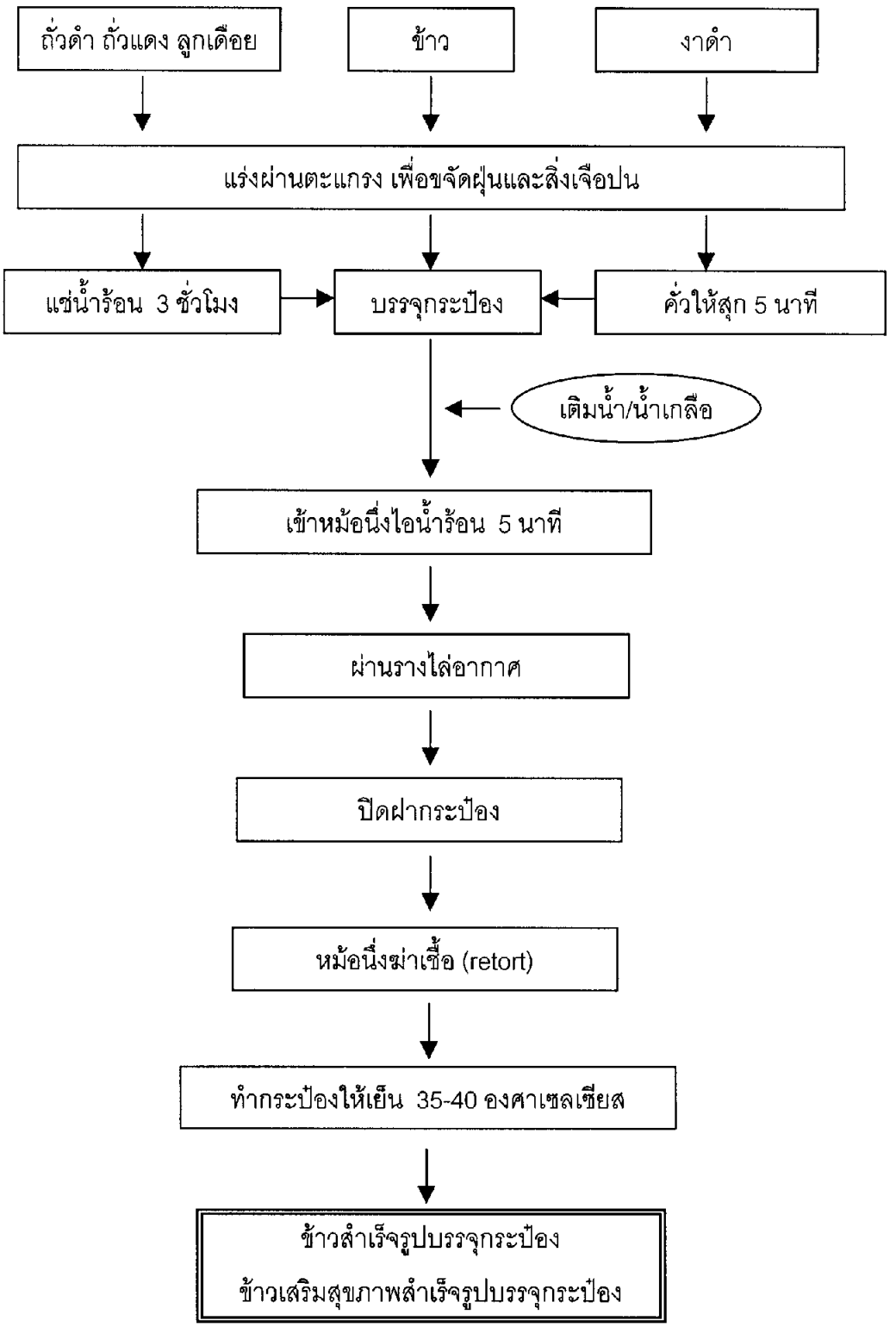
แผนผังที่ 1 การศึกษาทดลองผลิตข้าวกล้องหอมมะลิบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น (ข้อ 4.1.1)



แผนผังที่ 2 การศึกษาทดลองผลิตข้าวกล้องหอมมะลิบรรจุกระป๋อง โดยใช้ข้าวที่ไม่ผ่านและผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น (ข้อ 4.1.2)



แผนผังที่ 3 การศึกษาผลการใช้น้ำร้อน น้ำเย็น และระยะเวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อ โดยใช้ข้าวที่ไม่ผ่านและผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น (ข้อ 4.1.3)



แผนผังที่ 4 การศึกษาทดลองผลิตในระดับอุตสาหกรรมนำทาง

ภาคผนวก 2

ตารางผลการศึกษาทดลอง

ตารางที่ 4 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์เมื่อใช้ข้าวผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น และใช้น้ำปริมาณแตกต่างกัน

ตัวอย่างที่	ปริมาณน้ำ (กรัม)	ลักษณะผลิตภัณฑ์
1	50	เมล็ดข้าวสุกบาน และค่อนข้างแฉะ
2	60	เมล็ดข้าวสุกบานมาก และแฉะ
3	75	เมล็ดข้าวสุกบานมาก และแฉะมาก

ตารางที่ 5 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์เมื่อใช้เวลาในการแช่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ข้าว (กรัม)	น้ำร้อน (กรัม)	เวลา (นาที)	ลักษณะผลิตภัณฑ์
Preheat	60	110	10	เมล็ดข้าวสุกบานมาก และมีลักษณะแฉะมาก
	60	110	5	เมล็ดข้าวสุกค่อนข้างบานเล็กน้อย
	60	110	0	เมล็ดข้าวสุกสม่ำเสมอดี ค่อนข้างเป็นเมล็ดดี
Control	60	110	10	เมล็ดข้าวสุกและบานเล็กน้อย
	60	110	5	เมล็ดข้าวสุกสม่ำเสมอดี เป็นเมล็ดแน่นกระป๋องมาก
	60	110	0	เมล็ดข้าวสุกสม่ำเสมอดี เป็นเมล็ดแน่นกระป๋องมาก
	55	110	10	เมล็ดข้าวสุกบานเล็กน้อย เต็มกระป๋อง
	55	110	5	เมล็ดข้าวสุกสม่ำเสมอดี เป็นเมล็ดดี เต็มกระป๋อง
	55	110	0	เมล็ดข้าวสุกสม่ำเสมอดี เป็นเมล็ดดี เต็มกระป๋อง
	50	105	10	เมล็ดข้าวสุก เป็นเมล็ดดี แต่ไม่เต็มกระป๋อง
	50	105	5	เมล็ดข้าวสุก เป็นเมล็ดดี แต่ไม่เต็มกระป๋อง
	50	105	0	เมล็ดข้าวสุก เป็นเมล็ดดี แต่ไม่เต็มกระป๋อง

ตารางที่ 6 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้น้ำร้อน น้ำเย็น เวลาในการนึ่งไล่อากาศ และฆ่าเชื้อ

ตัวอย่างที่	น้ำร้อน (กรัม)	น้ำเย็น (กรัม)	นึ่ง (นาที)	ฆ่าเชื้อ (นาที)	ลักษณะผลิตภัณฑ์
1	110	-	5	15	เมล็ดข้าวสุกไม่สมบูรณ์ ค่อนข้างแข็ง เป็นไตเล็กน้อย ไม่เต็มกระป๋อง
2			10	20	เมล็ดข้าวสุกนุ่มเป็นเมล็ดดีสม่ำเสมอ เต็มกระป๋อง
3			5	30	เมล็ดข้าวสุกและบานเล็กน้อย เต็มกระป๋อง
4	-	110	5	15	เมล็ดข้าวสุก ค่อนข้างแข็ง ไม่เป็นไต และไม่เต็มกระป๋อง
5			10	20	เมล็ดข้าวสุกนุ่มเป็นเมล็ดดีสม่ำเสมอ เต็มกระป๋อง
6			5	30	เมล็ดข้าวสุกและบานเล็กน้อย เต็มกระป๋อง
7	-		10	15	เมล็ดข้าวสุกเป็นเมล็ดดี เต็มกระป๋อง
8			5	20	เมล็ดข้าวสุกเป็นเมล็ดดี เต็มกระป๋อง
9			10	30	เมล็ดข้าวสุกและบานมาก เต็มกระป๋อง

ตารางที่ 7 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์เมื่อใช้ปริมาณข้าวและน้ำแตกต่างกัน

ตัวอย่าง	ข้าว กรัม	น้ำ กรัม	ลักษณะผลิตภัณฑ์
ข้าวหอมมะลิ	65	100	เมล็ดข้าวสุก ไม่เต็มกระป๋อง
	65	110	เมล็ดข้าวสุก เต็มกระป๋อง
ข้าวมันปู	50	95	เมล็ดข้าวสุกเป็นเมล็ด เต็มกระป๋อง
	50	100	เมล็ดข้าวสุกบาน เต็มกระป๋อง

ตารางที่ 8 ส่วนประกอบของข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

ผลิตภัณฑ์	ข้าว (กรัม)	ถั่วและพืชเมล็ดแห้ง (กรัม)*				น้ำ / น้ำเกลือ (กรัม)
		ถั่วดำ	ถั่วแดง	ลูกเดือย	งาดำ	
ข้าวหอมมะลิ	65	-	-	-	-	107
ข้าวกล้องหอมมะลิ	55	-	-	-	-	110
ข้าวมันปู	50	-	-	-	-	95
ข้าวกล้องผสมถั่วดำ	50	10	-	-	-	95
ข้าวกล้องผสมถั่วแดง	50	-	10	-	-	95
ข้าวกล้อง+ถั่วดำ+เดือย+งาดำ	50	5	-	5	5	95
ข้าวกล้อง+ถั่วแดง+เดือย+งาดำ	50	-	5	5	5	95
ข้าวมันปู+ถั่วดำ+เดือย+งาดำ	45	5	-	5	5	100
ข้าวมันปู+ถั่วแดง+เดือย+งาดำ	45	-	5	5	5	100

* คิดเป็นน้ำหนักแห้ง (น้ำหนักก่อนแช่น้ำร้อน)

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างข้าวสำเร็จรูป

ผลิตภัณฑ์	ลักษณะที่ทดสอบ					
	สี	กลิ่น	รส	ลักษณะเนื้อ	การยอมรับ	คะแนนเฉลี่ย
ข้าวหอมมะลิ	4.6	4.9	4.6	4.8	4.8	4.7
ข้าวกล้องหอมมะลิ	4.8	4.4	4.7	4.6	4.7	4.6
ข้าวมันปู	4.0	4.0	4.2	3.8	4.0	4.0
ข้าวกล้องผสมถั่วดำ	3.8	4.5	4.5	4.8	4.3	4.4
ข้าวกล้องผสมถั่วแดง	4.3	4.6	4.5	4.8	4.5	4.5
ข้าวกล้อง+ถั่วดำ+เดือย+งาดำ	4.0	4.8	4.6	4.8	4.5	4.5
ข้าวกล้อง+ถั่วแดง+เดือย+งาดำ	4.4	4.8	4.6	4.8	4.8	4.7
ข้าวมันปู+ถั่วดำ+เดือย+งาดำ	3.8	4.5	4.3	4.0	4.1	4.1
ข้าวมันปู+ถั่วแดง+เดือย+งาดำ	3.9	4.6	4.3	3.9	4.1	4.2

หมายเหตุ ใช้ผู้ชิม 10 คน คะแนนเฉลี่ยในตารางได้จากการให้คะแนน 1 ถึง 5

(1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบ 3 = เฉยๆ 4 = ชอบ 5 = ชอบมาก)

ตารางที่ 10 ผลวิเคราะห์จุลินทรีย์ในข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

รายการ	อุณหภูมิห้อง	อบที่ 35° ซ.	อบที่ 55° ซ.
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โคโลนี/กรัม	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 10
โคลิฟอร์ม	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
แฟลตซาวร์ชนิดเทอร์โมฟิลิก	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
แฟลตซาวร์ชนิดมีโซฟิลิก	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
พิวทริแฟกตีฟแอนแอโรบส์	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
เทอร์โมฟิลิกแอนแอโรบส์	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
สแตไฟโลคอกคัส	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
สเตรปโตคอกคัส	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ซาลโมเนลลา	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

วิธีวิเคราะห์ ตาม มอก. 335 เล่ม 1-2523

ตารางที่ 11 ผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวสำเร็จรูป และข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

รายการ		ข้าวหอมฯ	กล้องหอมฯ	ข้าวมันปู	กล้อง+ถั่วดำ	กล้อง+ถั่วแดง	กล้อง+ถั่วดำ +เดือย+งา	กล้อง+ถั่วแดง +เดือย+งา	มันปู+ถั่วดำ +เดือย+งา	มันปู+ถั่วแดง +เดือย+งา
		ปริมาณ ต่อ 100 กรัม								
ความชื้น	กรัม	67.5	69.1	68.2	66.7	63.9	64	68.2	67.1	68.1
โปรตีน	กรัม	2.5	2.49	3.1	3.59	4.05	3.95	2.73	3.92	3.81
ไขมัน	กรัม	0.31	1.14	1.25	1.18	3.4	3.02	1.02	2.48	2.7
กาก	กรัม	0.06	0.87	1.04	1.1	2.88	2.88	0.6	1.66	2.58
เถ้า	กรัม	0.09	0.44	0.66	0.74	0.86	0.94	0.41	0.84	0.85
คาร์โบไฮเดรต	กรัม	29.54	25.96	25.75	26.69	24.91	25.81	27.04	24	21.96
ไทอะมีน	มิลลิกรัม	0.02	0.12	0.12	0.13	0.12	0.16	0.1	0.13	0.11
ไรโบฟลาวิน	มิลลิกรัม	0.003	0.009	0.006	0.003	0.003	0.009	0.006	0.003	0.003
ไนอะซิน	มิลลิกรัม	0.84	2.57	2.46	2.53	2.22	2.66	2.21	2.64	2.48
เหล็ก	มิลลิกรัม	0.08	0.31	0.46	0.54	0.69	1	0.38	0.76	0.78
ค่าพลังงานความร้อน	กิโลแคลอรี	131	124.1	126.6	131.7	146.4	146.2	128.3	134	127.4

ตารางที่ 12 ผลวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

กรดอะมิโน	ข้าวหอมฯ	กล้องหอมฯ	ข้าวมันปู	กล้อง+ถั่วดำ	กล้อง+ถั่วแดง	กล้อง+ถั่วดำ +เดือย+งา	กล้อง+ถั่วแดง +เดือย+งา	มันปู+ถั่วดำ +เดือย+งา	มันปู+ถั่วแดง +เดือย+งา
	มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม								
ไอโซลิวซีน	84	82	107	122	131	131	86	145	134
ลิวซีน	194	187	240	258	320	304	195	328	317
ไลซีน	92	88	147	164	138	142	86	164	149
เมไทโอนีน	56	46	57	68	88	81	55	96	89
ซีสตีน	49	43	48	51	67	61	52	66	62
ฟินิลอะลานีน	116	106	150	159	171	184	112	191	178
ไทโรซีน	102	99	116	127	141	138	99	151	150
ทรีโอนีน	86	90	122	124	129	142	93	145	140
ทริปโตเฟน	43	43	59	62	62	54	46	70	67
วาลีน	124	122	148	166	180	181	126	194	186
อาร์จินีน	194	193	244	250	285	312	191	320	299
ฮีสติดีน	52	52	79	90	89	91	53	101	93
อะลานีน	134	139	166	172	222	217	146	222	225
กรดแอสปาร์ติก	207	208	298	313	315	331	210	354	333
กรดกลูตามิก	425	406	534	570	683	683	433	734	704
ไกลซีน	106	110	144	145	154	167	112	168	166
โปรลีน	102	100	178	141	238	216	106	249	238
ซีรีน	128	125	167	181	190	194	128	205	201
รวมกรดอะมิโนทั้งหมด	2294	2239	3004	3163	3603	3629	2329	3903	3731

ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบชนิดและปริมาณ**กรดอะมิโนจำเป็น**ในข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องกับค่าอ้างอิงที่กำหนดโดย คณะกรรมการร่วมระหว่างองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (FAO/WHO,1973)

กรดอะมิโน	FAO/WHO,	ข้าวหอมมะลิ		กล้องหอมมะลิ		ข้าวมันปู		ข้าวกล้อง+ถั่วดำ		ข้าวกล้อง+ถั่วแดง	
	1973	มก./ก.โปรตีน	AAS*	มก./ก.โปรตีน	AAS*	มก./ก.โปรตีน	AAS*	มก./ก.โปรตีน	AAS*	มก./ก.โปรตีน	AAS*
ไอโซลิวซีน	40	33.6	84	32.9	98	34.5	103	34.0	101	33.2	83
ลิวซีน	70	77.6	111	75.1	97	77.4	100	71.9	93	79.0	113
ไลซีน	55	36.8	67	35.3	96	47.4	129	45.7	124	44.1	80
เมไทโอนีน+ซีสตีน	35	42.0	120	35.7	85	33.9	81	33.1	79	38.3	109
ฟีนิลอะลานีน+ไทโรซีน	60	87.2	145	82.3	94	85.8	98	79.7	91	77.0	128
ทรีโอนีน	40	34.4	86	36.1	105	39.4	115	34.5	100	31.9	80
ทริปโตเฟน	10	17.2	172	17.3	101	19.0	110	17.3	101	15.3	153
วาลีน	50	49.6	99	49.0	99	47.7	96	46.2	93	44.4	89
ผลรวมกรดอะมิโนจำเป็น	360	378.4	884.3	363.7	774.3	385.1	831.5	362.4	782.3	363.2	835.4

หมายเหตุ AAS* = สกอร์กรดอะมิโน (Amino acid score)

$$\text{สกอร์กรดอะมิโน} = \frac{\text{ปริมาณกรดอะมิโนใน 1 กรัมโปรตีนที่ทดสอบ (มิลลิกรัม)}}{\text{ปริมาณกรดอะมิโนใน 1 กรัมโปรตีนอ้างอิง (มิลลิกรัม)}} \times 100$$

ตารางที่ 13 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบชนิดและปริมาณ**กรดอะมิโนจำเป็น**ในข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องกับค่าอ้างอิงที่กำหนดโดยคณะกรรมการร่วมระหว่างองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (FAO/WHO,1973)

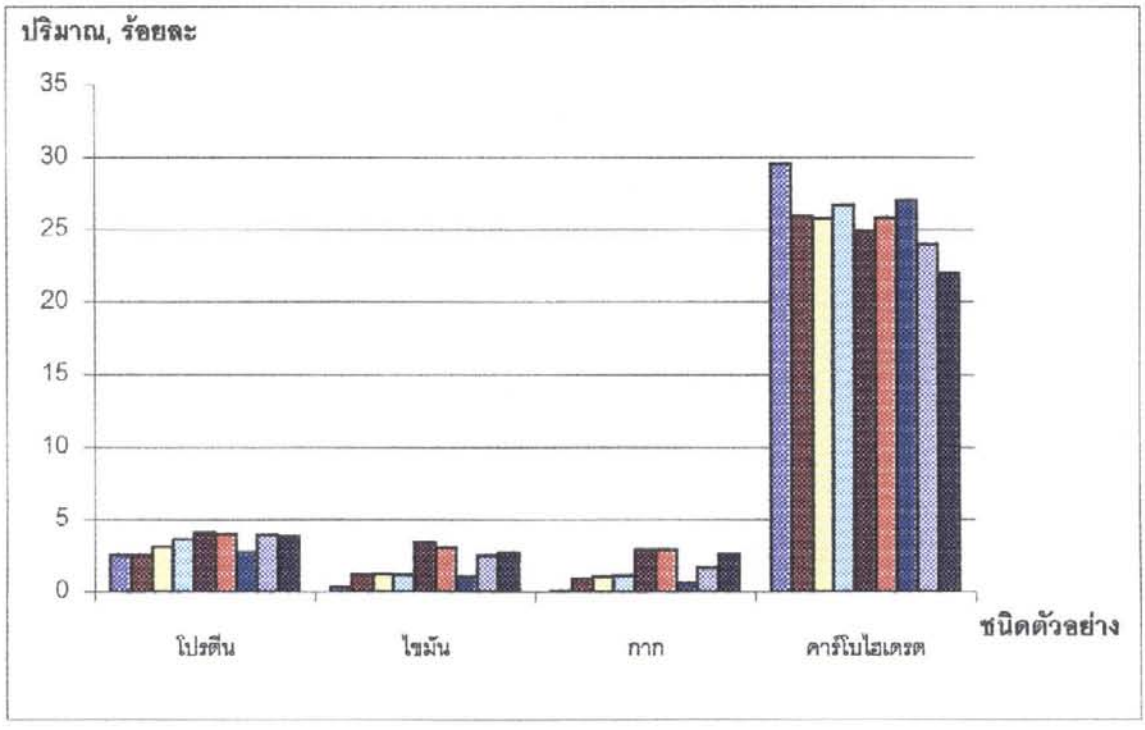
กรดอะมิโน	FAO/WHO,	กล้อง+ถั่วดำ+เดือย+งา		กล้อง+ถั่วแดง+เดือย+งา		มันปู+ถั่วดำ+เดือย+งา		มันปู+ถั่วแดง+เดือย+งา	
	1973	มก./ก.โปรตีน	AAS*	มก./ก.โปรตีน	AAS*	มก./ก.โปรตีน	AAS*	มก./ก.โปรตีน	AAS*
ไอโซลิวซีน	40	33.2	83	31.5	95	37.0	111	35.2	106
ลิวซีน	70	77.0	110	71.4	93	83.7	109	83.2	108
ไลซีน	55	45.9	83	41.5	90	41.8	91	39.1	85
เมไทโอนีน+ซีสตีน	35	35.9	103	39.2	109	41.3	115	39.6	110
ฟีนิลอะลานีน+ไทโรซีน	60	81.5	136	77.3	95	87.2	107	86.1	106
ทรีโอนีน	40	35.9	90	34.1	95	37.0	103	36.7	102
ทริปโตเฟน	10	13.7	137	16.8	123	17.9	131	17.6	128
วาลีน	50	45.8	92	46.2	101	49.5	108	48.8	107
ผลรวมกรดอะมิโนจำเป็น	360	368.9	833.2	358.0	800.5	395.4	875.0	386.3	852.5

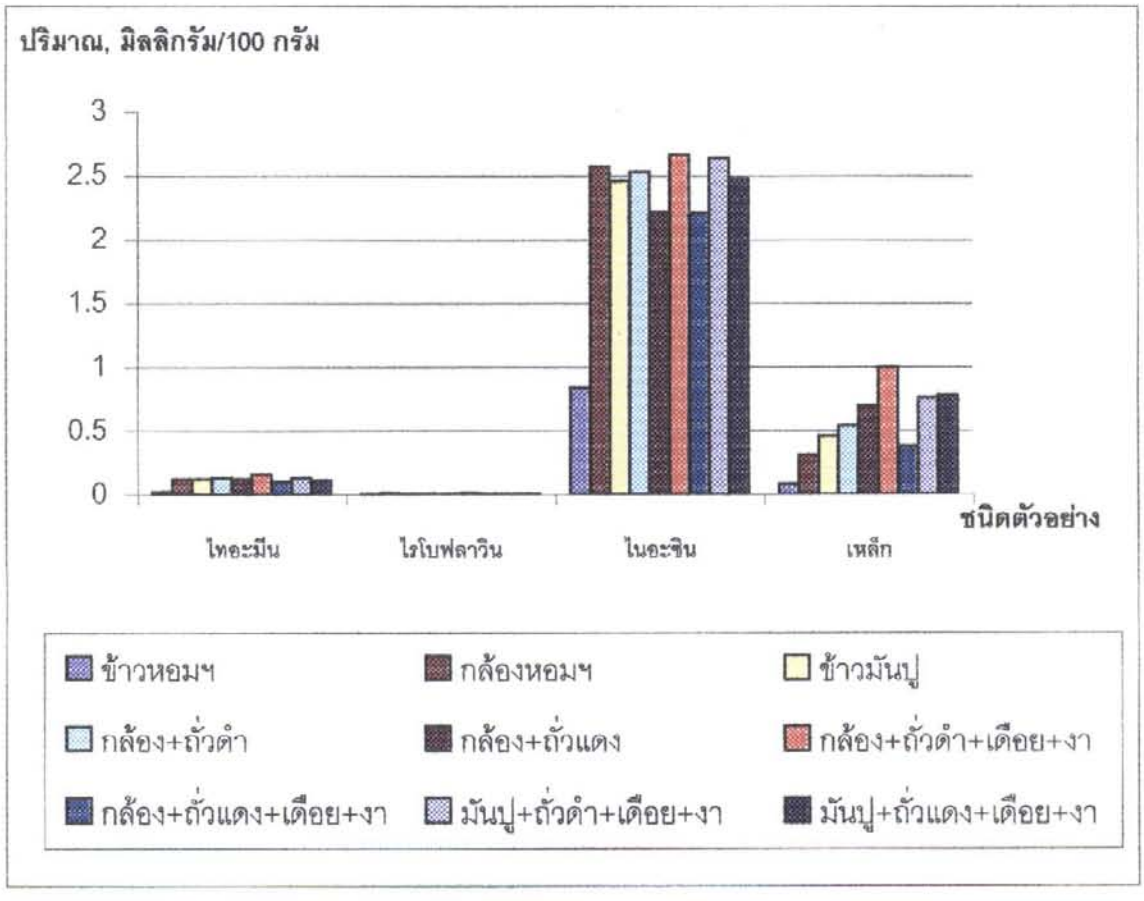
หมายเหตุ AAS* = สกอร์กรดอะมิโน (Amino acid score)

$$\text{สกอร์กรดอะมิโน} = \frac{\text{ปริมาณกรดอะมิโนใน 1 กรัมโปรตีนที่ทดสอบ (มิลลิกรัม)}}{\text{ปริมาณกรดอะมิโนใน 1 กรัมโปรตีนอ้างอิง (มิลลิกรัม)}} \times 100$$

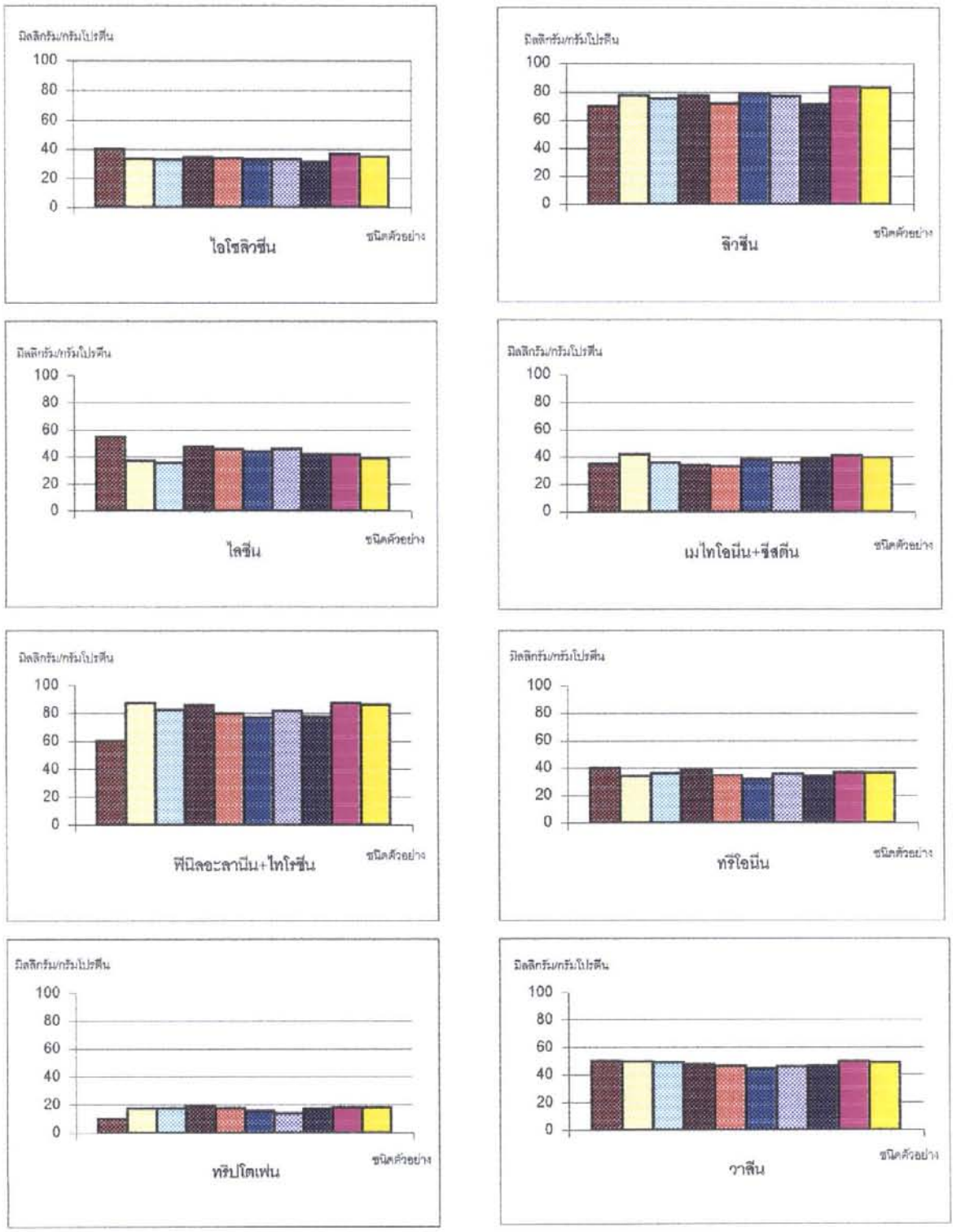
ภาคผนวก 3

กราฟผลการวิเคราะห์





รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ วิตามินบี1, บี2, บี3, และเหล็ก ในข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องสูตรต่าง ๆ



รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบชนิดและปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นระหว่างข้าวบรรจุกระป๋องกับค่าอ้างอิงที่กำหนดโดยคณะกรรมการร่วมระหว่างองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (FAO/WHO, 1973)

ภาคผนวก 4

วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

รูปที่ 5 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตข้าวสำเร็จรูปสูตรต่าง ๆ

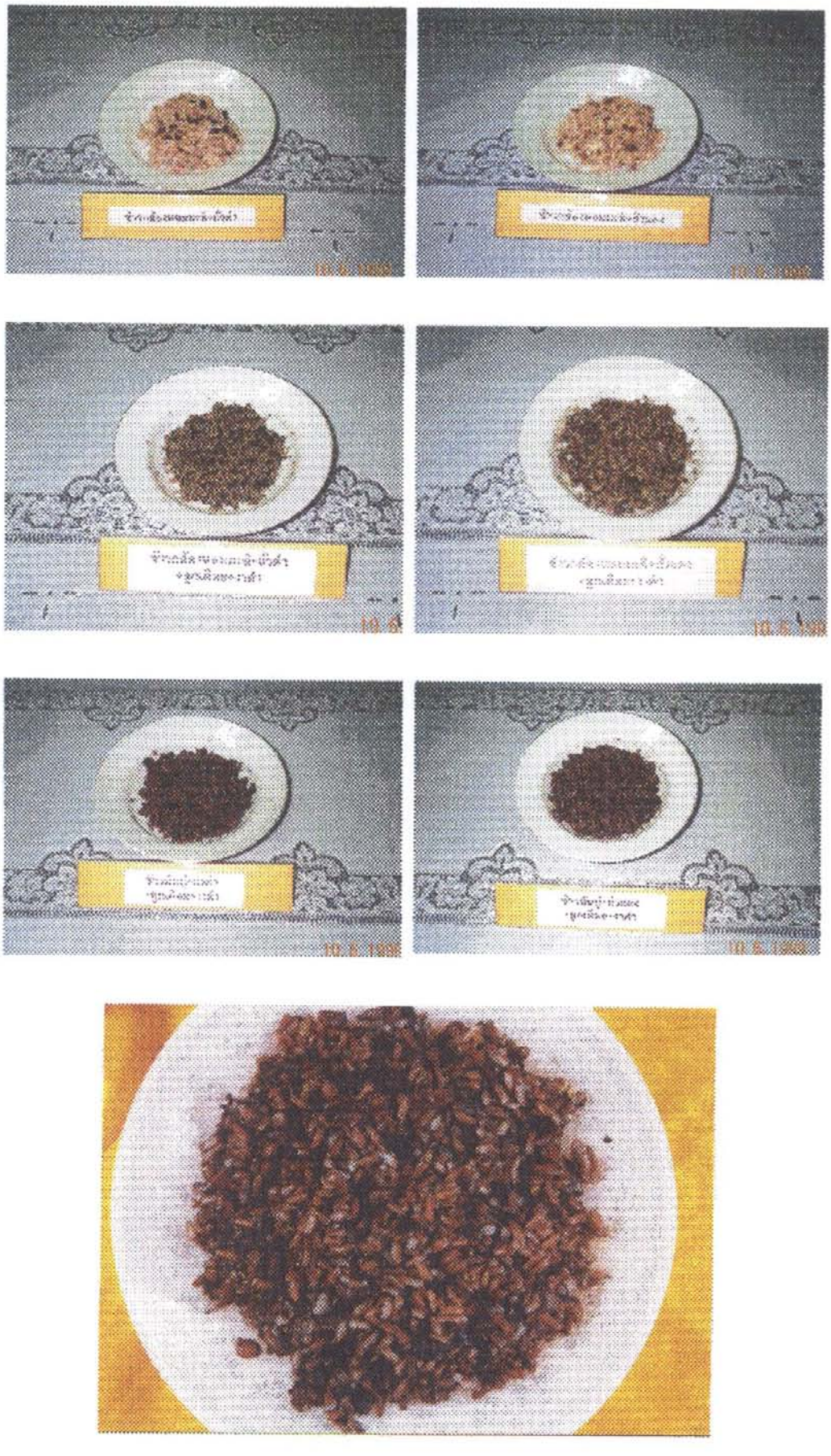
รูปที่ 6 บรรจุวัตถุดิบลงกระป๋องก่อนการนึ่งไล่อากาศ

รูปที่ 7 ข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง

รูปที่ 8 ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมมะลิ

รูปที่ 9 ผลิตภัณฑ์ข้าวหอมมะลิ

รูปที่ 10 ผลิตภัณฑ์ข้าวมันปู



รูปที่ 11 ผลิตภัณฑ์ข้าวเสริมสุขภาพสำเร็จรูป

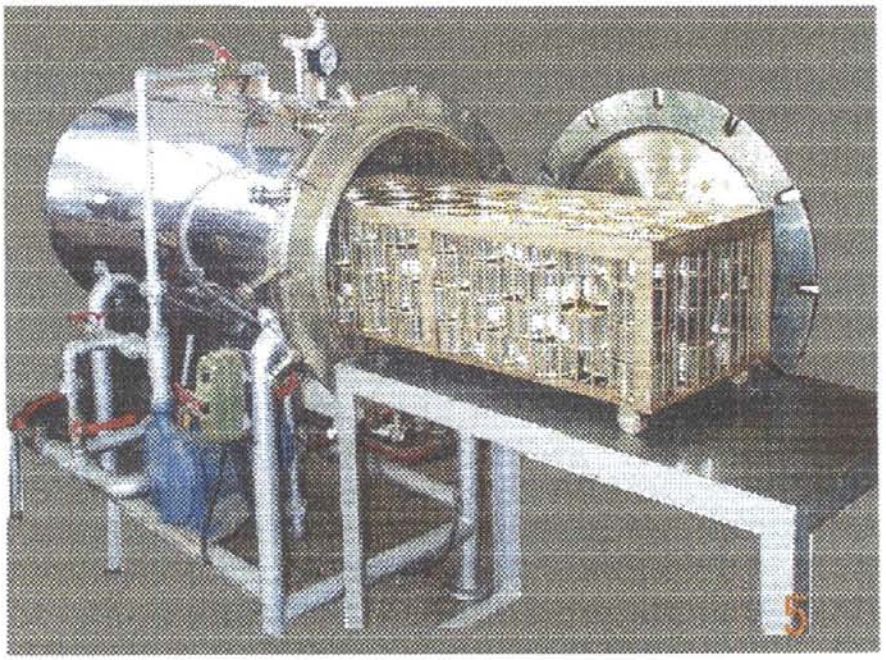
ภาคผนวก 5

อุปกรณ์และเครื่องมือ

รูปที่ 12 เครื่องปิดฝากระป๋อง

รูปที่ 13 หม้อนึ่งอัด (autoclave)

รูปที่ 14 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort)



รูปที่ 15 ตัวอย่างบรรจุในตะกร้าและนำเข้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

ภาคผนวก 6

การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน

บทที่ 6

การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน

ทนง ภัครัชพันธุ์

ความหมายและวิธีการ

การใช้ความร้อนแปรสภาพอาหาร (thermal processing) หมายถึง การใช้อุณหภูมิสูงๆ เพื่อช่วยถนอมรักษาอาหาร โดยความร้อนจะทำลายจุลินทรีย์ที่ให้โทษและทำให้อาหารเสื่อมเสีย เอนไซม์ สารพิษ พยาธิ และแมลงต่างๆ ที่ไม่สามารถทนต่อความร้อนได้

การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนสามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ การพาสเจอไรซ์ (pasteurization) และ การสเทอริไลซ์ (sterilization)

การพาสเจอไรซ์

คือวิธีการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่สูงมากโดยมุ่งทำลายแบคทีเรียพวกที่ไม่สร้างสปอร์และก่อให้เกิดโรคกับมนุษย์ (pathogenic bacteria) ส่วนจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆที่ทนความร้อนของการพาสเจอไรซ์จะทำให้อาหารเสียได้ ดังนั้นอาหารที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ต้องอาศัยความเย็นช่วยเก็บรักษา

กระบวนการพาสเจอไรซ์อาจทำได้ 2 ระบบ คือ

1. ***ระบบช้าอุณหภูมิต่ำหรือ LTLT (Low Temperature Long Time)*** เป็นระบบที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60°ซ นาน 30 นาที แล้วทำให้เย็นทันที เป็นวิธีที่ง่ายสามารถทำได้ในระดับครัวเรือน

2. ***ระบบเร็วอุณหภูมิสูงหรือ HTST (High Temperature Short Time)*** เป็นระบบที่ให้ความร้อนในระดับสูงขึ้นแต่ใช้เวลาสั้นลงคือ ที่อุณหภูมิ 72°ซ นาน 15 วินาที แล้วทำให้เย็นลงโดยเร็ว มักทำเป็นระบบต่อเนื่องโดยให้อาหารเหลวเช่น น้ำนม น้ำผลไม้ ไหลผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนในช่วงระยะเวลาที่กำหนดตามชนิดของผลิตภัณฑ์

การสเทอริไลซ์

คือวิธีการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าการพาสเจอไรซ์ ซึ่งอาจเป็นอุณหภูมิภายใต้น้ำเดือดหรือสูงกว่าเพื่อทำลายสิ่งมีชีวิตทั้งหลายรวมทั้งสปอร์ของจุลินทรีย์ให้หมดไป แต่ในทางอุตสาหกรรมอาหารสามารถทำได้เพียงให้ความร้อนเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสีย และทำให้ผู้บริโภคปลอดภัยเมื่อบริโภคอาหารนั้นภายใต้สภาวะการเก็บรักษาและขนถ่ายในสภาวะปกติ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในระดับนี้เรียกว่า commercial sterilization อาหารที่ได้จากการสเทอริไลซ์ถือได้ว่าเป็นอาหารที่ปลอดเชื้อ (commercial sterilized food) สามารถเก็บรักษาได้นานโดยไม่ต้องอาศัยห้องเย็นเช่น การทำอาหารกระป๋อง การสเทอริไลซ์น้ำนมโดยกระบวนการยู.เอช.ที. (UHT-Ultra High Temperature) ฯลฯ สำหรับการผลิตนม UHT นิยมใช้อุณหภูมิ 135-150°ซ นาน 1 ถึง 4 วินาที ซึ่งมีวิธีให้ความร้อนกับอาหารได้ 2 แบบ คือ

1. *ทางอ้อม (indirect type)* เป็นการให้ความร้อนผ่านแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนเหมือนกับการพาสเจอไรซ์แต่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า

2. *ทางตรง (direct type)* เป็นการใช้ไอน้ำร้อนเป็นตัวให้ความร้อนโดยตรง โดยฉีดลงไปผสมกับอาหารโดยตรง แล้วจึงส่งผ่านไปยังเครื่องระเหยน้ำส่วนที่เกินออกไปโดยทำภายใต้สุญญากาศ

การผลิตอาหารกระป๋อง

ประวัติของอาหารกระป๋อง

การทำอาหารกระป๋อง (canning) เป็นวิธีการถนอมอาหารแบบสเทอริไลซ์วิธีหนึ่งซึ่งค้นพบโดย นิโคลัส แอพเพิร์ต (Nicholus Appert) ชาวฝรั่งเศส ในปีพ.ศ. 2338 โดยเขาได้บรรจุอาหารลงในขวดแก้วปากกว้างปิดฝาด้วยจุกไม้ก๊อกให้แน่น แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด แล้วทำให้เย็นลงทันทีหลายครั้งสลับกัน พบว่าสามารถเก็บรักษาอาหารไว้ได้เป็นเวลานานโดยไม่เสีย ต่อมาในปีพ.ศ. 2353 ปีเตอร์ ดูแรนด์ (Peter Durand) ชาวอังกฤษ ได้ริเริ่มการใช้กระป๋องเหล็กฉาบดีบุกขึ้นเป็นครั้งแรก ทำให้มีการใช้กระป๋องโลหะนี้แทนขวดแก้วมากขึ้น เนื่องจากกระป๋องโลหะมีราคาถูกกว่าและไม่แตกง่ายเหมือนขวดแก้ว ปัจจุบันกระป๋องโลหะนี้ก็ยังเป็นที่นิยมใช้กันมาก โดยมีขนาดและรูปร่างต่างๆกัน ซึ่งใช้สัญลักษณ์ตัวเลข 3 หลัก ระบุขนาดกระป๋องคือ เส้นผ่า

ศูนย์กลางและความสูงเช่น กระป๋องขนาด 307 × 409 จะหมายถึงกระป๋องที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 7/16 นิ้ว และสูง 4 9/16 นิ้ว ขนาดกระป๋องที่ใช้กันทั่วไปดังแสดงในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ขนาดกระป๋องที่นิยมใช้กันทั่วไป

ชื่อกระป๋อง	ขนาด	ความจุของน้ำที่ 20°ซ (ออนซ์)
เบอร์ 1	200 × 400	10.94
เบอร์ 2	307 × 409	20.55
เบอร์ 2 1/2	401 × 411	29.79
เบอร์ 3	404 × 414	35.08
เบอร์ 10	603 × 700	109.43

กรรมวิธีในการผลิตอาหารกระป๋อง

การผลิตอาหารกระป๋องประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆดังนี้คือ

1. การเตรียมวัตถุดิบ

ขั้นตอนนี้จะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ เริ่มจากการทำความสะอาดวัตถุดิบเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกหรือสิ่งแปลกปลอมออกไป แล้วทำการคัดขนาดและความแก่อ่อนเพื่อความสม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงทำการตัดแต่งแยกส่วนที่ไม่ต้องการออกไป

2. การลวกด้วยน้ำร้อน (blanching)

มีหลายวิธีทั้งการจุ่มวัตถุดิบลงในน้ำเดือดหรือการนึ่งด้วยไอน้ำ ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารจะมีเครื่องมือเฉพาะที่ใช้สำหรับลวกวัตถุดิบเรียกว่า blancher ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิและเวลาได้อย่างเหมาะสม การลวกด้วยน้ำร้อนมีจุดประสงค์เพื่อ

- ทำลายเอนไซม์ในวัตถุดิบ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีและกลิ่น
- กำจัดอากาศจากผิวหน้าของวัตถุดิบ
- ให้วัตถุดิบหดตัวและนิ่ม สะดวกในการบรรจุ
- ลดปริมาณจุลินทรีย์

3. การบรรจุ (filling)

เป็นขั้นตอนการนำวัตถุดิบบรรจุลงในภาชนะบรรจุที่ทำจากขวดแก้วหรือกระป๋องโลหะโดยจะบรรจุส่วนที่เป็นของแข็งลงไปก่อนแล้วจึงบรรจุส่วนที่เป็นของเหลวเช่น น้ำเกลือ น้ำเชื่อม ลงไป ปัจจุบันนี้ภาชนะบรรจุอาจเป็นถุงหรือกล่องพลาสติกก็ได้

4. การไล่อากาศ (exhausting)

เป็นขั้นตอนการไล่อากาศในภาชนะบรรจุออกไปให้มากที่สุดเพื่อวัตถุประสงค์ต่อไปนี้คือ

- ลดแรงดันภายในภาชนะบรรจุอาหาร ป้องกันการแตกตรงตะเข็บของภาชนะบรรจุในระหว่างการฆ่าเชื้อเพราะถ้ามีอากาศจะทำให้เกิดแรงดันสูงมาก
- รักษาคุณภาพของอาหาร เพราะหากไม่มีออกซิเจนในกระป๋องจะทำให้คุณภาพอาหารไม่เปลี่ยนแปลง และช่วยป้องกันการบวมของกระป๋องเมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง หรือในที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมากๆ
- ช่วยให้เก็บอาหารกระป๋องได้นาน

การทำให้เป็นสุญญากาศทำได้โดยบรรจุส่วนที่เป็นของเหลวในขณะร้อนแล้วปิดผนึกทันที หรือใช้เครื่องไล่อากาศ (exhauster) โดยพ่นไอน้ำลงเหนืออาหารแล้วปิดผนึกทันทีก่อนทำให้เย็น เมื่อกระป๋องเย็นลงไอน้ำจะรวมตัวเป็นหยดน้ำเกิดความเป็นสุญญากาศขึ้น หรืออาจจะทำการปิดผนึกฝาภาชนะในสภาพที่เป็นสุญญากาศก็ได้

5. การปิดผนึก (seaming)

สำหรับกระป๋องโลหะจะมีการยึดกันระหว่างฝาและขอบกระป๋องหลังการผนึกเป็นแบบตะเข็บคู่ (double seam) ถ้าเป็นขวดแก้วจะใช้ฝาเหล็กเคลือบดีบุกแบบหมุนเกลียวหรือตะเข็บงอ ขั้นตอนการปิดผนึกต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อป้องกันการรั่วของภาชนะบรรจุ

6. การฆ่าเชื้อ (process)

หมายถึงการใช้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารซึ่งบรรจุอยู่ภายในภาชนะปิดสนิท ปริมาณความร้อนมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของอาหารดังจะกล่าวในตอนต่อไป นอกจากนี้ยังขึ้นกับชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร รูปร่างและขนาดของภาชนะบรรจุ การฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องนี้จะต้องใช้ปริมาณความร้อนที่เพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นเชื้อที่เราจะต้องให้ความสำคัญอย่างมากที่สุดในการผลิตอาหารกระป๋องโดยเฉพาะอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ เนื่องจาก *Cl. botulinum* เป็นแบคทีเรียที่

เจริญได้ในอุณหภูมิปกติ (mesophile) และไม่ต้องการอากาศ (anaerobe) ในการเจริญเติบโตและสร้างสารพิษ พบว่ามีอยู่ 6 สายพันธุ์ คือ A B C D E และ F ชนิดที่เป็นอันตรายในคนคือ A B E และ F แม้ว่าเซลล์ของ *Cl. botulinum* จะถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิไม่สูงนักประมาณ 82.2-93.3°ซ แต่สปอร์และสารพิษในสปอร์ค่อนข้างทนความร้อนสูงจึงเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคหากใช้ความร้อนฆ่าเชื้ออาหารไม่เพียงพอ เพราะปริมาณสารพิษเพียงเล็กน้อยประมาณหนึ่งในล้านส่วนสามารถทำให้ถึงแก่ความตายได้ จากการศึกษาพบว่าสปอร์ของ *Cl. botulinum* ชนิด A ทนความร้อนสูงมาก ณ อุณหภูมิน้ำเดือดจะอยู่ได้นานถึง 4 ชั่วโมง ในอุตสาหกรรมอาหารการทดสอบว่าปริมาณความร้อนที่ใช้ฆ่าเชื้ออาหารเพียงพอหรือไม่นั้นจะใช้เชื้อ P.A. 3679 เป็นตัวทดสอบเพราะสปอร์มีคุณสมบัติทนความร้อนได้ดีเช่นเดียวกับสปอร์ของ *Cl. botulinum* แต่ไม่สร้างสารพิษ และสะดวกในการนำมาใช้งาน นอกจากนี้ยังตรวจสอบการเสื่อมเสียของอาหารจากเชื้อนี้ได้ง่ายเพราะมีก๊าซเกิดขึ้น มีผู้ศึกษาสภาวะที่ใช้ทำลายสปอร์ของเชื้อ *Cl. botulinum* พบว่าสปอร์ของเชื้อนี้ ถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ กันดังนี้

อุณหภูมิ (°ซ)	เวลา (นาที)
100	360
105	120
110	36
115	12
120	4

ดังนั้นในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องจึงถือเอาอุณหภูมิและเวลาที่ทำลายสปอร์ของ *Cl. botulinum* เป็นหลัก ถ้าอาหารปลอดภัยจากสปอร์และสารพิษของเชื้อนี้ก็จะปลอดภัยจากเชื้อชนิดอื่นด้วย พบว่าที่อุณหภูมิ 121°ซ นาน 15 นาทีสามารถทำลายสปอร์ของ *Cl. botulinum* ได้ แต่อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของอาหาร อาหารที่เป็นกรดสูงจะใช้ความร้อนในการทำลายเชื้อน้อยกว่าอาหารที่เป็นกรดต่ำ ดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมจึงนิยมเติมกรดลงในอาหารบางชนิดเพื่อลดปริมาณความร้อนที่ใช้ฆ่าเชื้อลง

7. การทำให้เย็น (Cooling)

มีจุดประสงค์เพื่อป้องกันการสูญเสียคุณภาพของอาหารเนื่องจากความร้อนส่วนเกิน โดย

การลดอุณหภูมิของอาหารหลังจากฆ่าเชื้อแล้วลงอย่างรวดเร็วด้วยน้ำเย็นจนอุณหภูมิลดลงถึงระดับหนึ่งซึ่งยังมีความร้อนเหลืออยู่พอที่จะทำให้ผิวนอกของกระป๋องแห้งสนิทปราศจากหยดน้ำที่เกาะอยู่บนกระป๋องเพื่อป้องกันการเกิดสนิมบนกระป๋องขณะเก็บรักษา

8. การปิดฉลากและบรรจุหีบห่อ (labeling and packing)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิต ก่อนที่จะจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไปสู่ผู้บริโภคต่อไป

การแบ่งประเภทของอาหาร

ชนิดของอาหารมีผลต่อระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องแบ่งชนิดของอาหารเพื่อสะดวกในการพิจารณาใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้ออาหารให้เหมาะสม

การแบ่งชนิดของอาหารตามความเป็นกรด-เบส

ความเป็นกรด-เบสของอาหารมีผลต่อการกำหนดอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารที่มีความเป็นกรดสูงหรือ pH ต่ำ จะใช้อุณหภูมิและเวลาฆ่าเชื้อต่ำกว่าอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ เนื่องจากการเจริญหรือการอยู่รอดของจุลินทรีย์จะขึ้นกับความเป็นกรด-เบสของอาหารด้วย การแบ่งชนิดของอาหารตามความเป็นกรด-เบสนี้ สามารถแบ่งได้หลายแบบแต่โดยทั่วไปนิยมแบ่งชนิดของอาหารดังนี้ คือ

1. อาหารที่เป็นกรดต่ำ คืออาหารที่มีค่า pH สูงกว่า 4.6 เช่น เนื้อสัตว์ อาหารทะเล ผลิตภัณฑ์ไข่ ผลิตภัณฑ์นมและผักบางชนิด เป็นต้น

2. อาหารที่เป็นกรด คืออาหารที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.6 เช่น ผลไม้ น้ำผลไม้ แยม และผลิตภัณฑ์อาหารหมักดอง เป็นต้น

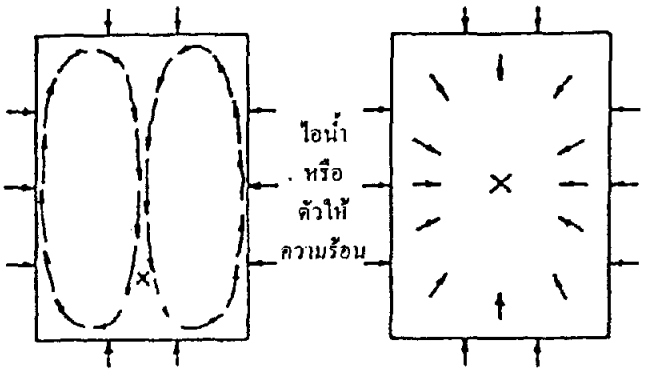
การกำหนด pH 4.6 เป็นเกณฑ์ในการแบ่งชนิดอาหารเนื่องจาก *Cl. botulinum* จะไม่เจริญเติบโตหรือสร้างสารพิษที่ pH ต่ำกว่า 4.6 การใช้ความร้อนในระดับน้ำเดือด (100°ซ) ก็เพียงพอที่จะฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ให้หมดไปได้

ตารางที่ 6.2 ความเป็นกรด-เบส ของอาหารบางชนิด

ชนิดของอาหาร	ความเป็นกรด-เบส
ไวน์	2.8-3.2
ส้ม	3.2-3.8
สตรอเบอรี	3.3-3.4
กะหล่ำปลี	5.1-5.3
เนื้อ	5.5-6.5
ปลา	6.2-6.4
หอย	6.2-6.5
ไก่	6.6-6.6
นม	6.5-6.7

การแบ่งชนิดของอาหารตามลักษณะการถ่ายเทความร้อน

ลักษณะการถ่ายเทความร้อนในอาหารมีผลต่อการคำนวนหาเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ การถ่ายเทความร้อนเข้าไปในภาชนะบรรจุแบ่งได้ 3 วิธี คือวิธีการพาความร้อน การนำความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การพาความร้อนหมายถึง การที่ความร้อนจะถูกพาเข้าไปในอาหารกระป๋องโดยโมเลกุลของตัวกลางที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ การนำความร้อนหมายถึง การส่งผ่านความร้อนจากโมเลกุลของตัวกลางโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งซึ่งวิธีนี้จะถ่ายเทความร้อนได้ช้ากว่าวิธีแรก สำหรับการแผ่รังสีความร้อนนั้น จะเป็นการถ่ายเทพลังงานความร้อนเช่น แสง ฯลฯ จากกฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์กล่าวว่า พลังงานความร้อนจะไหลไปในทิศทางเดียวกันจากส่วนที่ร้อนไปสู่ส่วนที่เย็นจนเกิดความสมดุล แต่ภายในภาชนะบรรจุจะเกิดจุดๆหนึ่งที่ความร้อนจะเข้าถึงได้ช้าที่สุด (cold spot) ซึ่งจุดนี้จะเกิดขึ้นในตำแหน่งต่างๆกันไป ขึ้นกับวิธีการส่งผ่านความร้อนดังแสดงในรูป 6.1 สำหรับการถ่ายเทความร้อนภายในตัวอาหารเอง จะเป็นแบบวิธีการพาความร้อน หรือวิธีการนำความร้อน หรือเกิดขึ้นทั้งสองแบบผสมกัน ขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของอาหารและลักษณะการบรรจุอาหารในภาชนะบรรจุ



การส่งผ่านความร้อนแบบการพา การส่งผ่านความร้อนแบบการนำ

ภาพที่ 6.1 ลักษณะการนำและการพา ความร้อนในอาหารกระป๋อง
จุด x เป็นจุดที่ความร้อนเข้าถึงช้าที่สุด (cold spot)

มีการแบ่งชนิดของอาหารตามลักษณะการถ่ายเทความร้อนและลักษณะการบรรจุของอาหารกระป๋องไว้ดังนี้ คือ

1. ผลิตภัณฑ์ที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการพาอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาการฆ่าเชื้อ เช่น น้ำผัก น้ำผลไม้ นม ผลไม้บรรจุในน้ำเชื่อม ผักบรรจุน้ำเกลือ เนื้อสัตว์บรรจุในน้ำเกลือซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ถ้ามีชิ้นใหญ่จะมีการพาความร้อนช้าลง

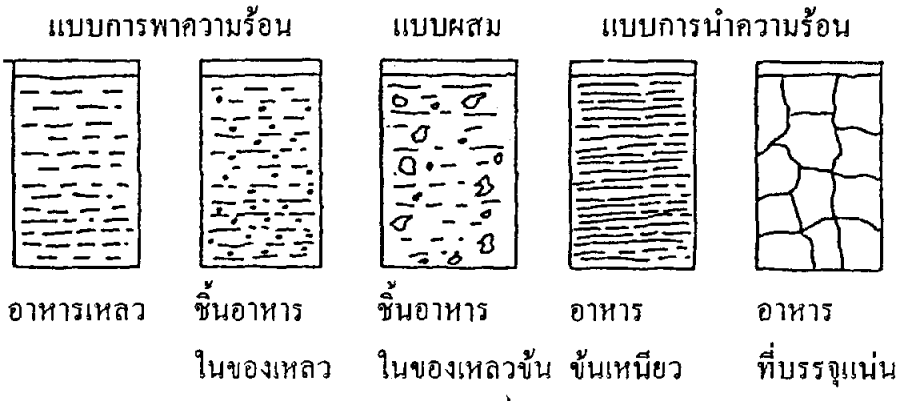
2. ผลิตภัณฑ์ที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการพาแต่ช้ากว่าแบบแรกเช่น ผลิตภัณฑ์ผักผลไม้ หรือเนื้อสัตว์ที่บรรจุแน่นขึ้น ทำให้มีน้ำซึ่งเป็นตัวพาความร้อนลดลง

3. ผลิตภัณฑ์ที่การถ่ายเทความร้อนเปลี่ยนจากการพาความร้อนเป็นการนำความร้อนในระหว่างการฆ่าเชื้อเช่น น้ำมะเขือเทศ ซุปบางชนิด หรืออาหารที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบอยู่มาก

4. ผลิตภัณฑ์ที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำตลอดเช่น ผักที่บรรจุแน่นโดยไม่มีของเหลว ครีมซุป ผลิตภัณฑ์ในซอสข้น แยม คอร์นบีฟและแซนวิชสเปรด เป็นต้น

5. ผลิตภัณฑ์ที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำ แล้วเป็นการพาความร้อนในช่วงหลังของการให้ความร้อน พบได้ในอาหารที่มีการสลายของเจลเช่น พุดดิงและน้ำมะเขือเทศบางชนิด

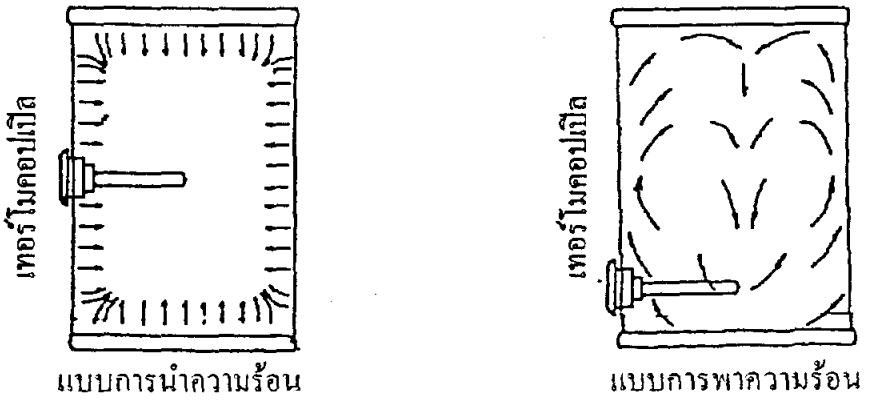
จากลักษณะของอาหารเช่น ขนาดของชิ้นอาหาร ความหนืด จะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนภายในอาหารแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องด้วยได้แก่ รูปร่างและขนาดภาชนะบรรจุ ลักษณะการจัดเรียงชิ้นอาหาร วิธีการฆ่าเชื้อ เป็นต้น



ภาพที่ 6.2 การถ่ายเทความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ

ความร้อนในภาชนะบรรจุอาหาร

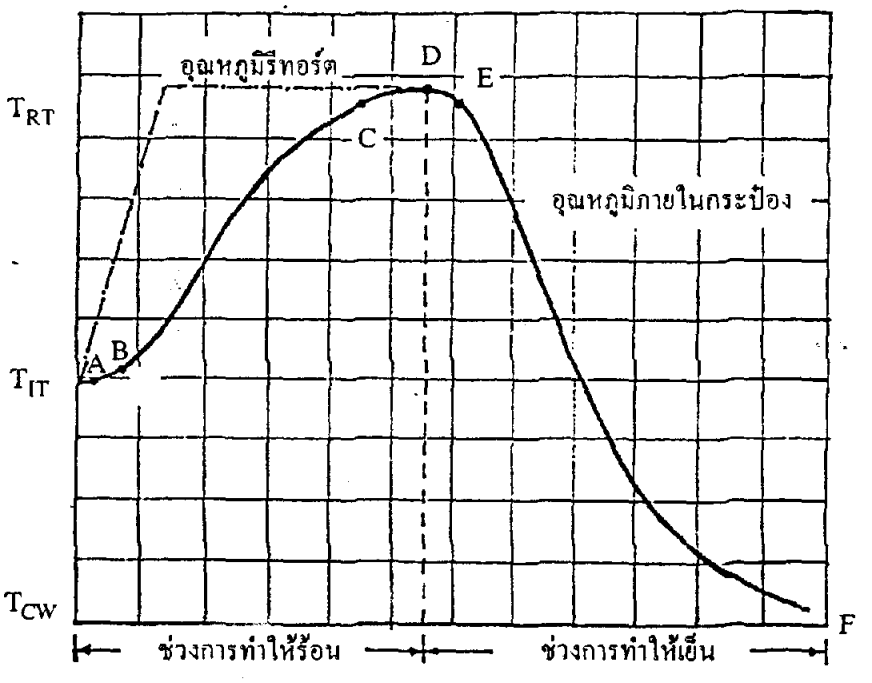
การศึกษาความร้อนที่ใช้เพื่อทำลายจุลินทรีย์ในอาหารที่บรรจุในภาชนะปิด จะต้องทราบลักษณะการแผ่กระจายของความร้อนในอาหารซึ่งบรรจุอยู่ภายในภาชนะเพื่อให้สามารถคำนวณการใช้อุณหภูมิและเวลาฆ่าเชื้อได้ถูกต้องเหมาะสม โดยทั่วไปนั้นจะทำการศึกษาหาจุดใดจุดหนึ่งในภาชนะซึ่งเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนน้อยที่สุด (cold spot or critical point) ถ้าให้ความร้อนกับจุดนี้ไม่เพียงพออาจทำให้จุลินทรีย์ยังคงมีชีวิตอยู่ต่อไปได้ ดังนั้นการใช้จุดที่ได้รับความร้อนน้อยที่สุดนี้เป็นหลักในการหาอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้โดยสมบูรณ์ จึงกล่าวได้ว่าจุดอื่นๆภายในภาชนะบรรจุอาหารก็จะได้รับความร้อนซึ่งเพียงพอต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์เช่นกัน



ภาพที่ 6.3 การวัดจุดที่เย็นที่สุดในอาหารกระป๋องที่บรรจุอาหารแข็งและเหลว (Alstrand and Ecklund, 1952)

จากภาพที่ 6.3 สามารถวัดค่าของการแผ่กระจายความร้อนได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เทอร์มอคัปเปิล (thermocouple) สอดเข้าไปที่จุดที่เย็นที่สุดเพื่อบันทึกเวลาและอุณหภูมิที่จุดนั้นในขณะฆ่าเชื้อ

ในระหว่างขั้นตอนการทำลายจุลินทรีย์ในอาหารบรรจุกระป๋อง อุณหภูมิภายในกระป๋อง ซึ่งนิยมวัดจากจุดที่เย็นที่สุด จะมีการเปลี่ยนแปลงไป ตั้งแต่เริ่มให้ความร้อนจนกระทั่งการทำให้เย็นลงรวมเรียกว่า วงจรของกระบวนการความร้อน (thermal process cycle) สามารถวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่เพิ่มขึ้นได้ดังรูป 6.4



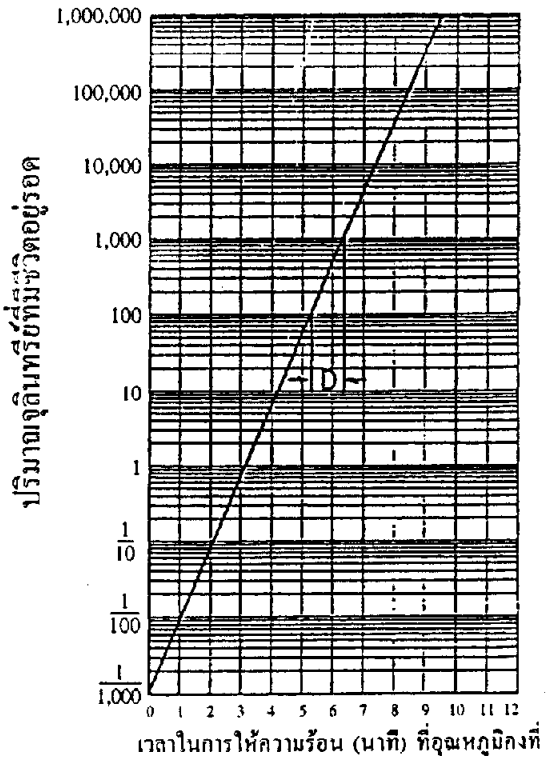
ภาพที่ 6.4 ลักษณะวงจรของความร้อนในระหว่างการฆ่าเชื้ออาหารบรรจุกระป๋อง

เมื่อนำอาหารบรรจุกระป๋องซึ่งมีอุณหภูมิ T_{IT} ลงในหม้อนึ่งความดัน (retort) ซึ่งมีอุณหภูมิ T_{RT} แล้วบันทึกอุณหภูมิในอาหารที่จุดเย็นที่สุดที่เวลาต่างๆพบว่าวงจรของกระบวนการความร้อนจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ช่วงการทำให้ร้อน (A-D) และช่วงการทำให้เย็น (D-F) โดยช่วงแรก (A-B) อุณหภูมิจะยังไม่เพิ่มขึ้นเพราะความร้อนยังแผ่กระจายเข้ามาไม่ถึงจุดที่วัด ต่อมาในช่วง B-C อุณหภูมิจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเริ่มเข้าใกล้อุณหภูมิของหม้อนึ่งความดันในช่วง C-D ที่จุด D เป็นจุดที่นำกระป๋องจากหม้อนึ่งความดันออกมาทำให้เย็นซึ่งหลังจากจุด E นี้อาหารจะเริ่มมีอุณหภูมิลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิของน้ำที่ทำให้เย็น (T_{CW}) ที่จุด F

ความร้อนกับการทำลายจุลินทรีย์

การกำหนดเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องนอกจากจะต้องทราบลักษณะการถ่ายเทความร้อนภายในอาหารแล้วจะต้องทราบความต้านทานต่อความร้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารด้วย ความต้านทานความร้อน (heat resistance) คือปริมาณความร้อนสูงสุดซึ่งคิดเป็นความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาที่เชื้อจุลินทรีย์จะสามารถทนมีชีวิตอยู่ได้

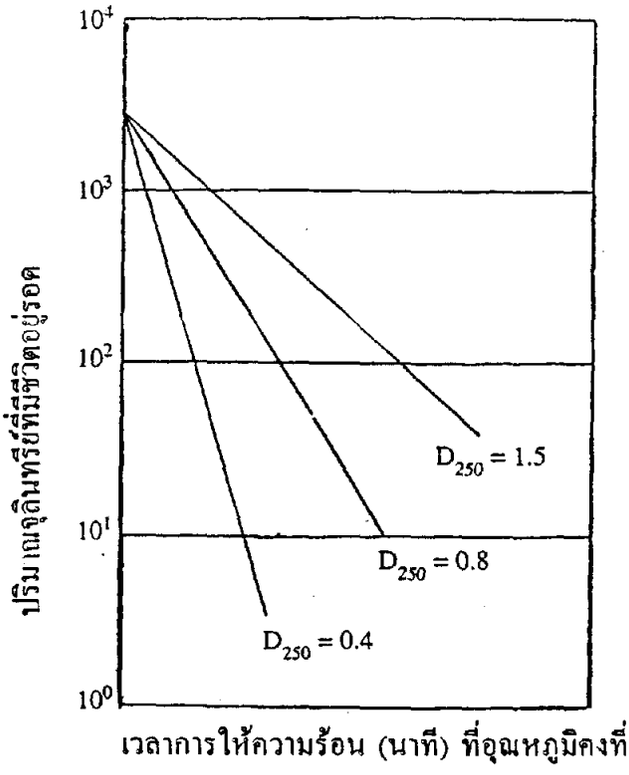
เมื่อจุลินทรีย์ได้รับความร้อนอย่างต่อเนื่องพบว่า จุลินทรีย์จะถูกทำลายหรือตายไป ซึ่งการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์จะมีลักษณะเป็นลำดับลอการิทึม (logarithmic order) แสดงว่าอัตราส่วนปริมาณเชื้อที่เหลือต่อระยะเวลาจะลดลงในอัตราที่คงที่ ความสัมพันธ์ของปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่รอดกับเวลาในการให้ความร้อนเมื่อนำมาเขียนกราฟบนกระดาษล็อกด้านเดียว (semilog paper) โดยให้ปริมาณเซลล์จุลินทรีย์ที่มีชีวิตเหลืออยู่ในแกนล็อก (log) และเวลาที่ให้ความร้อนอยู่ในแกนธรรมดา จะได้กราฟเส้นตรงซึ่งเรียกว่า กราฟอัตราการอยู่รอด (survivor curve) หรือกราฟอัตราการตาย (death rate curve) หรือกราฟอัตราการตายด้วยความร้อน (thermal death rate curve) ดังรูป 6.5



ภาพที่ 6.5 กราฟอัตราการอยู่รอด (survivor curve)

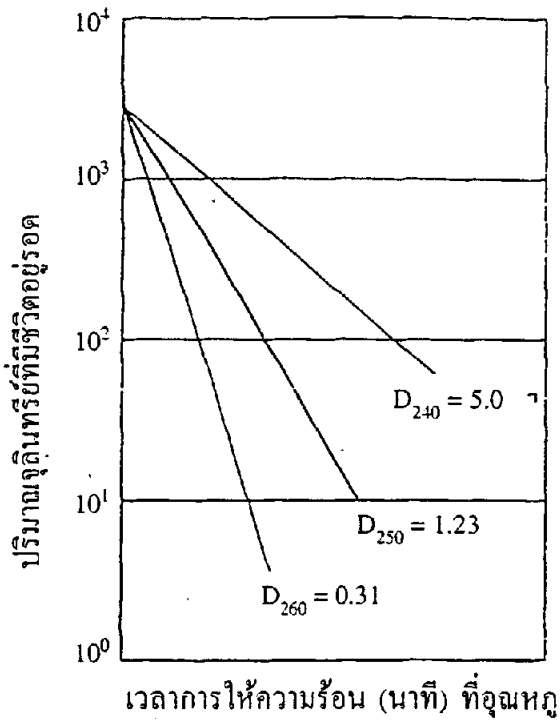
การวัดความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์จะแสดงเป็นค่า D (decimal reduction time) หมายถึง เวลาการให้ความร้อนที่อุณหภูมิหนึ่งที่กราฟผ่าน 1 วงจรของล็อก (log cycle) หรือ เป็นเวลาที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ไปได้ 90% ของปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ สัญญลักษณ์ค่า D นิยมเขียนอุณหภูมิที่ใช้ฆ่าเชื้อกำกับไว้ด้วยเช่น D_{250} หมายถึงเวลาที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ไป 90% ของปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ที่อุณหภูมิ 250°ฟ

จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะต้านทานความร้อนได้ไม่เท่ากัน จุลินทรีย์ที่ทนความร้อนได้มากจะมีค่า D มากกว่าจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนได้น้อยที่อุณหภูมิเดียวกันแสดงว่าต้องใช้ระยะเวลาในการทำลายจุลินทรีย์ปริมาณ 90% นานกว่า ดังรูป 6.6



ภาพที่ 6.6 ความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ต่างชนิดกันที่อุณหภูมิ 250°ฟ

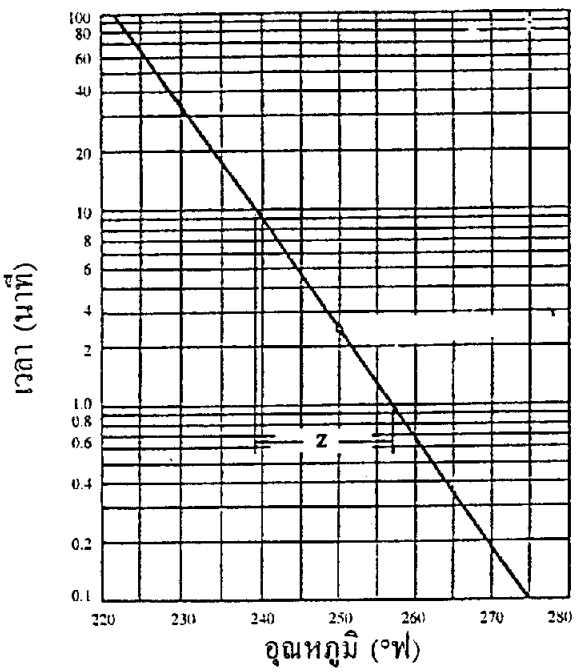
จากการเปรียบเทียบค่า D ของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดเดียวกันที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าค่า I จะเป็นปฏิภาคกลับกับอุณหภูมิ ถ้าใช้อุณหภูมิสูงจะมีค่า D น้อย คือความต้านทานความร้อนของเชื้อจะลดลง ดังรูป 6.7



ภาพที่ 6.7 ความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ชนิดเดียวกันที่อุณหภูมิต่างๆ

เพื่ออธิบายเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารจะต้องทดลองใช้อุณหภูมิที่ระดับต่างๆ กัน โดยแต่ละอุณหภูมิจะใช้เวลาฆ่าเชื้อต่างๆ กันด้วย หลังจากนั้นนำอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆ มาวิเคราะห์ผลทางจุลินทรีย์ ผลการทดลองจะทำให้ทราบจุดที่จุลินทรีย์สามารถทนต่อความร้อนและจุดที่จุลินทรีย์ถูกทำลายไปได้ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟบนกระดาษล็อคค้านเดียวโดยให้เวลาอยู่บนแกนล็อก อุณหภูมิอยู่บนแกนนอนในสเกลธรรมดาโดยแต่ละอุณหภูมิจะบันทึกทั้งจุดที่เชื้อจุลินทรีย์ทนอยู่ได้และจุดที่เชื้อถูกทำลาย แล้วลากเส้นกลางระหว่างเส้นกราฟทั้งสอง เส้นกลางนี้จะอยู่เหนือจุดที่เชื้อทนอยู่ได้และต่ำกว่าจุดที่เชื้อถูกทำลาย ทั้งนี้ก็เพื่อต้องการหาเวลาและอุณหภูมิที่สั้นที่สุดในการฆ่าเชื้อและทำให้อาหารนั้นปลอดภัย เส้นกราฟที่ลากได้ใหม่นี้จะเรียกว่า กราฟการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อน (thermal death time curve) หรือเรียกย่อๆว่า TDT curve

จากรูปที่ 6.8 จะทำให้สามารถทราบค่าที่มีความสำคัญต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารด้วยความร้อนเพิ่มขึ้นคือ ค่า Z ซึ่งได้จากค่าลบของเศษส่วนกลับของความลาดเอียงของกราฟ TDT เป็นค่าจำนวนขององศาฟาเรนไฮต์ที่เส้นกราฟผ่านหนึ่งวงจรของล็อกแสดงถึง การวัดความ



ภาพที่ 6.8 กราฟการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อน (thermal death time curve)

เปลี่ยนแปลงของ TDT curve และค่า F (thermal death time) หมายถึง จำนวนเวลาเป็นนาทีที่ทำลายจุลินทรีย์ได้ ณ อุณหภูมิที่กำหนด นิยมเขียนค่า F โดยมีอุณหภูมิที่ใช้กำกับไว้ด้านล่าง และค่า Z อยู่ทางด้านบนเช่น F_{14}^{180} คือ เวลาเป็นนาทีที่ใช้อุณหภูมิ 180°ฟ สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์จำนวนหนึ่งที่มีค่า Z เท่ากับ 14 ถ้าเขียนในรูป F_o จะหมายถึง จำนวนเวลาเป็นนาทีที่ 250°ฟ ซึ่งสามารถทำลายจุลินทรีย์จำนวนหนึ่งเมื่อค่า Z เท่ากับ 18 (F_{18}^{250}) ซึ่งปกติค่า Z เท่ากับ 18 อุณหภูมินี้จะเป็นค่า Z ของ *Cl.botulinum* ค่า F_o จะขึ้นกับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นก่อนการฆ่าเชื้อ คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและอุณหภูมิของประเทศที่ผลิตภัณฑ์นั้นจะถูกส่งไปจำหน่าย อาหารแต่ละชนิดจึงมีค่า F_o ไม่เท่ากันดังแสดงในตารางที่ 6.3

แต่การที่ทราบข้อมูลของความร้อนที่ใช้ทำลายเชื้อเพียงอย่างเดียวยังไม่สามารถนำข้อมูลนั้นไปใช้ในการผลิตอาหารกระป๋องได้ทันที ต้องนำข้อมูลนี้ไปรวมกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแผ่กระจายความร้อนเข้าไปในภาชนะบรรจุอาหาร เพื่อคำนวนความร้อนที่จะใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้ออาหารให้เก็บรักษาไว้ได้ การคำนวณความร้อนนี้ทำได้หลายวิธีแต่ที่นิยมกันทั่วไปคือ วิธีการทั่วไป (General method) เป็นวิธีที่มีการคำนวณโดยใช้กราฟซึ่งสามารถเข้าใจได้ง่ายแต่ใช้เวลามาก วิธีการใช้สูตร (Formula method) และวิธีการใช้โนโมแกรม (Nomogram) วิธีการเหล่านี้ มีหลักการ

ตารางที่ 6.3 ค่า F_o ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิด

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

คล้ายกันแต่ต่างกันในทางปฏิบัติซึ่งจะไม่ขออธิบายไว้ในที่นี้เพราะมีรายละเอียดค่อนข้างซับซ้อน

กล่าวโดยสรุปการใช้ความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อ (thermal process) คือการกำหนดเวลาและอุณหภูมิที่ใช้สำหรับอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนตามที่ได้คำนวณระดับของการสเทอริไลซ์ไว้ (degree of sterility) ซึ่งปลอดภัยต่อการบริโภค นอกจากนี้ยังช่วยรักษาคุณภาพอาหารจากการทำลายด้วยความร้อนโดยพยายามให้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยที่สุด รักษาเนื้อสัมผัสไม่ให้นิ่มเละเนื่องจากการได้รับความร้อนมากเกินไป ลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ไม่ต้องการในอาหาร รวมทั้งลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการอีกด้วย

บรรณานุกรม

Alstrand, D.V., Ecklund, O.F. 1952. The mechanic and interpretation of heat penetration tests in canned foods. J. Food Tech. 6(5):185.

Ball, C.O., Olson, F.C.W. 1957. Sterilization in Food Technology. McGraw-Hill, New York.

Bhowmik, S.R., Shin, S. 1991. Thermal sterilization of conduction-heated foods in plastic cylindrical cans using convective boundary condition. J. Food Sci. 56(3):827.

Brody, A.L. 1971. Food canning in rigid and flexible packages. CRC Critical Reviews in Food Technology.

Decrosier, N.W. 1970. The Technology of Food Preservation, 3rd edn. The AVI Publ. Co. Inc., Westport, Connecticut.

Ecklund, O.F. 1949. Apparatus for the measurement of the rate of heat penetration in canned foods. J. Food Tech. 3:231.

Fagerson, I.S., Esselen, W.B. 1950. Heat transfer in commercial glass containers during thermal processing. J. Food Tech. 4:411.

Feliciotti, E., Esselen, W.B. 1957. Thermal destruction rates of thiamine in puree meats and vegetables. J. Food Tech. 11:77.

Frazier, W.C. 1958. Food Microbiology. McGraw-Hill, New York. 472pp.

Goldblith, S.A. 1971. A condensed history of the science and technology of thermal processing, Part 1. J. Food Tech. 25:1256-1262.

Goldblith, S.A. 1972. A condensed history, Part 2. J. Food Tech. 26:64-69.

Goldblith, S.A., Joslyn, M.A. and Nickerson, J.T.R. 1961. An Introduction to the Thermal Processing of Foods. The AVI Publ.Co., Westport, Connecticut.

Haykawa, K. 1969. New paramenters for calculating mass average sterilizing values to estimate nutrients in thermally conductive food. J. Food Tech. 2:167.

Hersom, A.C., Hulland, E.D. 1964. Canned Foods-An Introduction to Their Microbiology, 5th edn. Chem. Publ. Co., New York. 291pp.

Hicks, E.W. 1951. On the evaluation of canning processes. J. Food Tech. 5:134.

Jen, Y., Manson, J.E., Stumbo, C.R. and Zahradnil, J.W. 1971. A procedure for estimating sterilization of and quality facter degradation in thermally processed foods. J. Food Sci. 36:692.

National Canners Association. 1968. Laboratory Mannual for Food Canners and Processors, vol 1. Microbiology and Processing, 3rd edn. The AVI Publ. Co., Westport, Connecticut.

Russell, A.D. 1971. The destruction of [illegible] spores. 451-612pp. Inhibition and Destruction of the Microbial Cell. Hugo, W.B. (Ed). Academic Press, New York.

Stumbo, C.R. 1953. New procedures for evaluation thermal processes for foods in cylindrical containers. J. Food Tech. 7:309.

Stumbo, C.R. 1965. Thermobacteriology in Food Processing. Academic Press, New York.

Stumbo, C.R. 1973. Thermobacteriology in Food Processing, 2nd edn. Academic Press, New York.

Stumbo, C.R. and Longley, R.E. 1966. New parameters for process calculation. J. Food Tech. 20:109.

Teixeira, A.A., Dixon, J.R., Zahradnik, J.W. and Sinsmeister, G.E. 1969. Computer optimization of nutrient retention in the thermal processing of conduction heated foods. J. Food Tech. 23:845.

Townsend, C.T., Somers, I.I., Lamb, F.C. and Olson, W.A. 1956. A Laboratory Manual for the Canning Industry, 2nd edn., National Canners Association Research Laboratories, Washington D.C.

Wang, J., Wolfe, R.R. and Hayakawa, K. 1991. Thermal process lethality variability in conduction-heated foods. J. Food Sci. 56(5):1424.

Yang, B.B., Nunes, R.V.and Swartzel, K.R. 1992. Lethality distribution within particles in the holding section of an aseptic processing system. J. Food Sci. 57(5):1258.