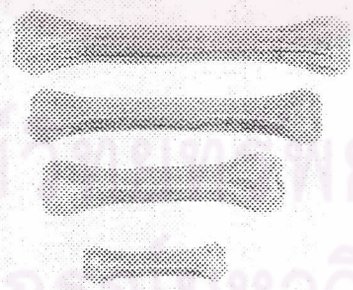
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยวสำหรับสุนัข

2.1.1 กระบวนการผลิตกระดูกอัด (Rawhide) [19]

เริ่มจากการนำวัตถุดิบที่เป็นหนังสัตว์ (โคและกระบือ) ชั้นใน (ระหว่างชั้นนอกที่นำไปทำเครื่องหนังกับชั้นไขมัน) ซึ่งจะมาใน 2 แบบ คือ แบบเปียกและแบบแห้ง เริ่มจากนำหนังมาตัดตามแบบที่จะผลิต จากนั้นสำหรับแบบแห้งต้องผ่านกระบวนการแช่น้ำก่อนเพื่อทำให้หนังมีความอ่อนนุ่มและง่ายต่อการขึ้นรูป แล้วหนังเปียกและหนังแห้งที่ผ่านการแช่น้ำจะผ่านกระบวนการขึ้นรูป โดยการขึ้นรูปด้วยแม่แบบ (Mold) ที่อัดด้วยแท่นไฮดรอลิก หลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการอบแห้ง หลังจากนั้นเมื่อกระดูกอัดได้ความชื้นตามมาตรฐาน (17.65 % Dry Basis) จะถูกอัดอีกครั้งเพื่อให้เข้ารูป เพราะหลังจากการอบแห้งผลิตภัณฑ์จะเกิดการคลายตัว แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพและบรรจุ สรุปได้ดังรูป ที่ 2.2

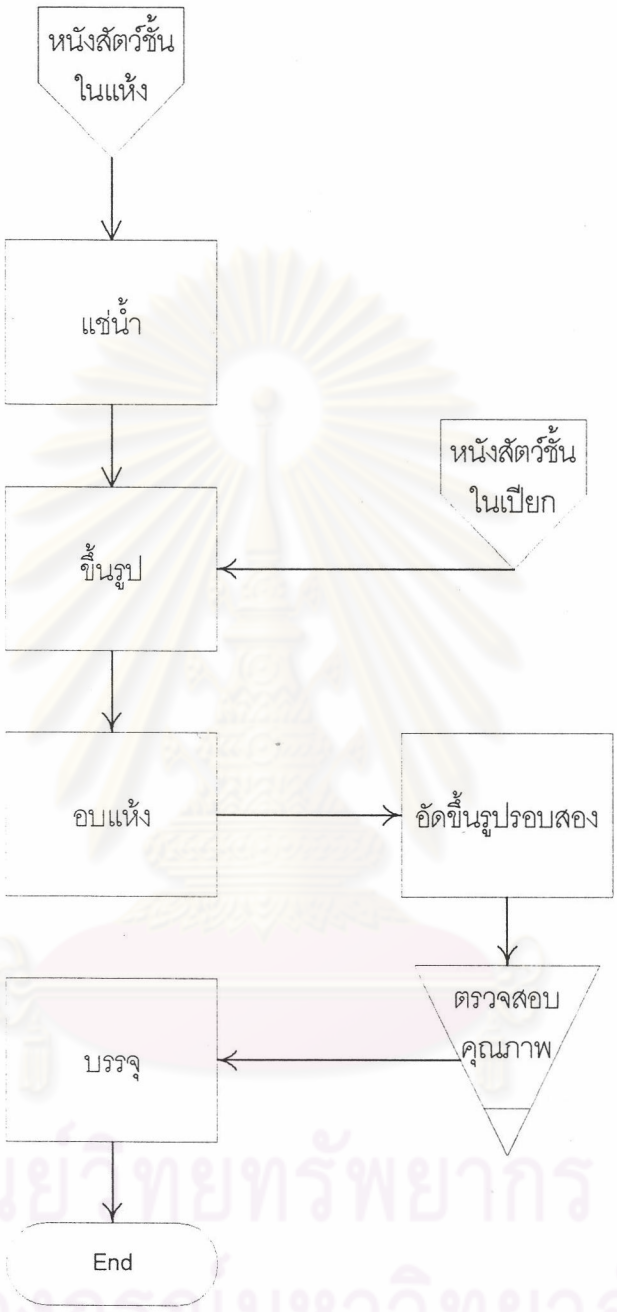


รูปที่ 2.1 รูปกระดูกอัดขนาดต่างๆ (Rawhide)

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของกระดูกอัด

	รายละเอียด
ชื่อ	กระดูกอัด
รายละเอียดที่สำคัญของผลิตภัณฑ์	ความชื้นไม่เกิน 18% Wet Basis
วิธีการใช้บริโภค	ให้สุนัขขบเคี้ยวและทานได้ทันที
ชนิดของภาชนะบรรจุ	ถุงพลาสติกตามที่ลูกค้ากำหนด เช่น ถุงPVC, PE
อายุการเก็บรักษา	3 ปี และเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง
ช่องทางการจำหน่าย	- ซุปเปอร์มาเก็ต - ดิพาสเมนต์สโตร์ - ผู้นำเข้าหรือตัวแทนจำหน่าย
ข้อแนะนำที่ฉลาก	วันที่ผลิต วันหมดอายุ ข้อแนะนำในการใช้
รายละเอียดการควบคุมพิเศษในการขนส่ง	ระมัดระวังไม่ให้เปียกน้ำ
กลุ่มผู้บริโภค	สุนัขทั่วไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.2 ผังกระบวนการผลิตกระดูกอัด (Rawhide)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 กระบวนการผลิตชิ้นขบเคี้ยว (Munchy)

กระบวนการในการผลิตจะมีขั้นตอน คือ เริ่มจากนำเศษที่เหลือจากการตัดแบบที่ทำกระดูกอัดนำมาบดย่อย จากนั้นนำหนังที่บดย่อยผสมกับแป้งมันที่ผ่านการต้มสุกและส่วนผสมอื่นๆ เช่น สี กลิ่น แล้วนำมาขึ้นรูปโดยชิ้นขบเคี้ยวแบบ 9-10 มิลลิเมตร และ 28-30 มิลลิเมตรจะขึ้นรูปโดยการใช้เครื่องฉีดแบบสกรู แต่ชิ้นขบเคี้ยวแบบวัฟเฟิลจะขึ้นรูปโดยใช้แม่แบบที่อัดด้วยแท่นไฮดรอลิก จากนั้นจะนำมาผ่านการอบแห้งแล้วผลิตภัณฑ์จะถูกนำไปตัดแต่ง ตรวจสอบคุณภาพและบรรจุต่อไป สรุปได้ดังรูปที่ 2.4

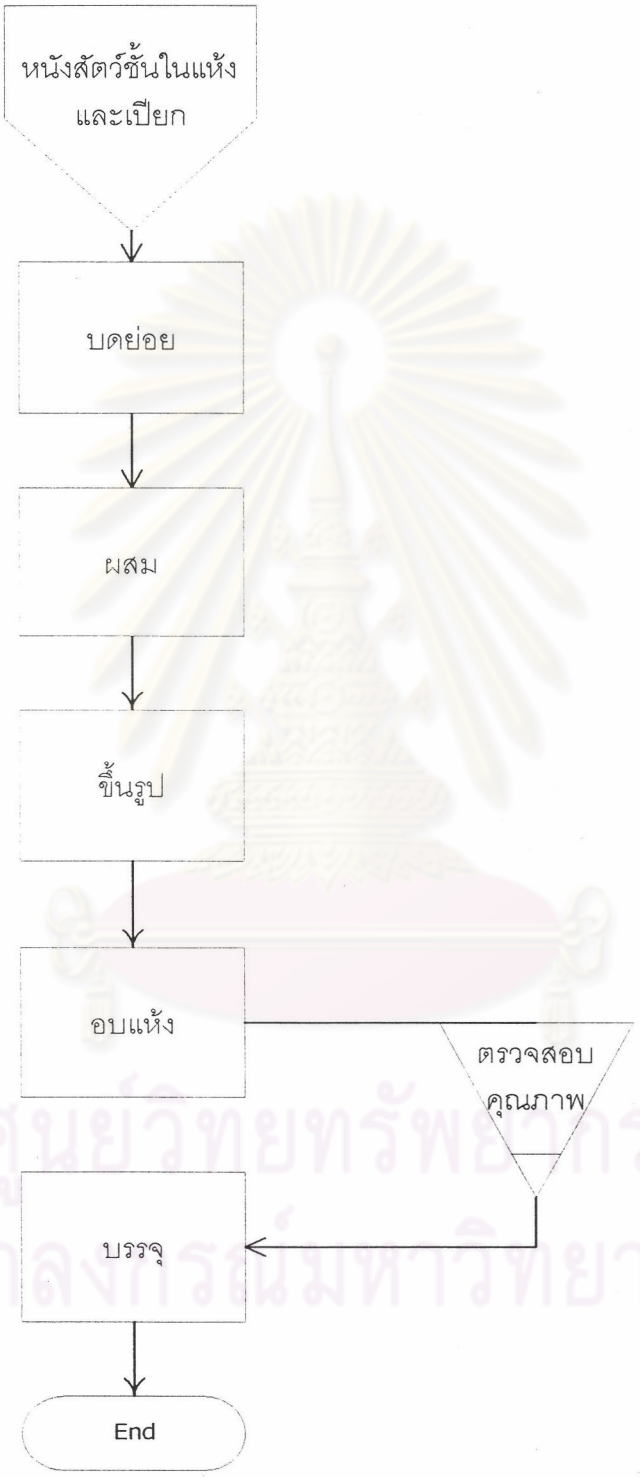
รูปที่ 2.3 ชิ้นขบเคี้ยวลักษณะต่างๆ (Munchy)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของชิ้นขบเคี้ยว

	รายละเอียด
ชื่อ	ชิ้นขบเคี้ยว
รายละเอียดที่สำคัญของผลิตภัณฑ์	ความชื้นไม่เกิน 15% Wet Basis
วิธีการใช้บริโภค	ให้สุนัขขบเคี้ยวและทานได้ทันที
ชนิดของภาชนะบรรจุ	ถุงพลาสติกตามที่ลูกค้ากำหนด เช่น ถุงPVC, PE
อายุการเก็บรักษา	3 ปี และเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง
ช่องทางการจำหน่าย	- ซุปเปอร์มาเก็ต - ดิพาสเมนต์สโตร์ - ผู้นำเข้าหรือตัวแทนจำหน่าย
ข้อแนะนำที่ฉลาก	วันที่ผลิต วันหมดอายุ ข้อแนะนำในการใช้
รายละเอียดการควบคุมพิเศษในการขนส่ง	ระมัดระวังไม่ให้เปียกน้ำ
กลุ่มผู้บริโภค	สุนัขทั่วไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 ผังกระบวนการผลิตชิ้นขบเคี้ยว (Munchy)

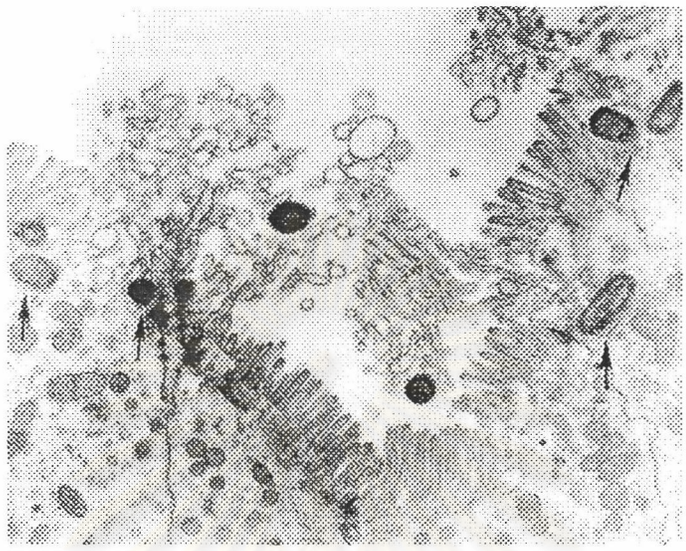
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 <u>ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเชื้อแบคทีเรีย Salmonella</u> [14]

แบคทีเรียในกลุ่มนี้จัดได้ว่าเป็น Pathogens ที่พบได้ทุกหนทุกแห่ง และทั่วโลก โดยเข้ามามีบทบาทไม่เฉพาะแต่ใน คน และสัตว์เลี้ยงของคนเท่านั้นหากยังพบได้ในสัตว์ทั่วๆไป เช่น สัตว์เลื้อยคลาน นกและ แมลงต่างๆ เป็นแบคทีเรียกลุ่มใหญ่กลุ่มหนึ่งในสกุล Enterobacteriacae ซึ่งมีชื่อเรียกกันแต่เดิมว่า Paratyphoid Bacteria ส่วนชื่อสกุลตั้งให้เป็นเกียรติแก่ D.E. Salmon นักแบคทีเรียชาวอเมริกา ซึ่งได้ร่วมกับ Theobald Smith แยกเชื้อนี้ได้จากสุกรที่ป่วยโรคอหิวาต์ที่แยกได้คือ Salmonella Choleraesuis ใน ค.ศ. 1885 และในปี ค.ศ. 1888 Gartner แยกเชื้อ Salmonella Enteritidis ได้จากม้ามของผู้ป่วยที่ตายด้วยโรคอาหารเป็นพิษระบาดในประเทศเยอรมัน การค้นพบ Salmonella สายพันธุ์ใหม่ๆซึ่งแยกได้จากผู้ป่วยและสัตว์ที่ป่วยด้วยโรคต่างๆมีมากขึ้น ทำให้เกิดการยุ่งยากในการตั้งชื่อสายพันธุ์ใหม่ๆเหล่านี้ ซึ่งในปี ค.ศ. 1955 Kauffmann, Edwards และ Ewing ได้ร่วมมือกับอนุกรรมการจัดทำหนังสือ Kauffmann-White Schemaขึ้น เพื่อใช้แยกลักษณะทางแอนติเจนของ Salmonella การตั้งชื่อ Salmonella ได้กำหนดเป็นมาตรฐานตามข้อตกลงระหว่างชาติ โดยเห็นพ้องต้องกันใช้ชื่อนี้ และเริ่มใช้ชื่อนี้ทั่วไปตั้งแต่ปี ค.ศ. 1955 เป็นต้นมา

2.2.1 ลักษณะเชื้อแบคทีเรีย Salmonella

Salmonella เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน ไม่สร้างสปอร์ มีขนาด 0.7-1.5 ไมโครเมตร ยาว 2.0-5.0 ไมโครเมตร เจริญได้ทั้งในสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจน เคลื่อนที่ด้วยแฟลเจลลาที่ยาวและมีอยู่รอบๆเซลล์ ยกเว้นบางสายพันธุ์ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เช่น Salmonella Pullorum และ Salmonella Gallinarum ขนาดและความโปร่งแสงจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อุณหภูมิที่เจริญได้ 37-45^{0}C สำหรับอุณหภูมิที่เจริญได้ดีที่สุดคือ 42^{0}C เจริญได้ในช่วง pH 4.5-9.0 ความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญ ประมาณ 0.93-0.99 ภายใต้ อุณหภูมิและอาหารที่เหมาะสม ช่วงpHที่เหมาะสมต่อการเจริญประมาณ 6.5-7.0 จะแตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์และอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มเชื้อ ความทนความร้อนของเชื้อ Salmonella ถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิ 55^{0}C นาน 1 ชั่วโมง หรือ 60^{0}C นาน 15-20 นาที หรือที่ 62^{0}C นาน 4 นาที การใช้ความเย็น หรืออุณหภูมิต่ำไม่สามารถทำลาย Salmonella เพียงแต่ไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อเท่านั้น Salmonella จะหยุดการเจริญเมื่อช่วงpH สูงกว่า 9.0 หรือต่ำกว่า 4.0 ส่วนอุณหภูมิต่ำกว่า 5^{0}C หรือสูงกว่า 44-47^{0}C จะยับยั้งการเจริญของ Salmonellaบางชนิดได้ นอกจากนี้ยังสามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ดี เช่น ภาวะอุณหภูมิแช่แข็ง แต่เชื้อไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ และพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิหรือนำอาหารมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากเก็บในอุณหภูมิต่ำนานๆ จะทำให้เชื้อเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.5 เชื้อแบคทีเรีย Salmonella

2.2.2 โครงสร้างทางแอนติเจน [13]

การจำแนกเชื้อ Salmonella เป็น Serotypes ต่างๆนั้น อาศัยสมบัติของแอนติเจน ซึ่งมี 3 ชนิด ดังนี้

- O แอนติเจน (Somatic Antigen) เป็นแอนติเจนที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ ประกอบด้วยสารประเภทโพลีแซคคาไรด์ โปรตีน และฟอสโฟลิปิด O แอนติเจนของ Salmonella ถูกจัดแบ่งเป็นกลุ่มต่างๆตามแบบของ Kauffmann-White Schema แต่ละกลุ่มจะมี O แอนติเจน โดยใช้ชื่อเป็นเลขอาราบิค โดยเริ่มจาก Group A มี O แอนติเจน 1,2,12 ไปถึง Z ซึ่งตรงกับ O Group 50 ต่อจากนั้นจะเป็น O Group 51 จนไปถึงปัจจุบัน O Group 67

- H แอนติเจน (Flagella Antigen) เป็นส่วนประกอบของสารประเภทโปรตีน เชื้อ Salmonella ส่วนมากจะมี H แอนติเจน 2 เฟส ได้แก่ เฟส1 เรียกว่า จำเพาะ (Specific Phase) เป็นลักษณะจำเพาะของแต่ละสปีชีส์ ใช้อักษรตัวเล็ก a ถึง z (z1ถึง z_{59}) และเฟส2 เรียกว่า เฟสไม่จำเพาะ (Non Specific Phase) กำหนดด้วยหมายเลข โดยอาศัยสมบัติของ H แอนติเจนทำให้แบ่ง Salmonella ออกเป็น Serotypes ต่างๆ

- วิไอ แอนติเจน (Vi Antigen) เป็นเอนติเจนที่คลุมอยู่รอบนอก O แอนติเจน โดยปกติเชื้อ Salmonella ที่มีวิไอ แอนติเจน จะทำให้เกิดอาการของโรครุนแรงกว่าเชื้อที่ไม่มีวีไอ แอนติเจน ตัวอย่างเช่น Salmonella Typhi, Salmonella Paratyphi C และ Salmonella Dublin

2.2.3 การทำให้เกิดโรค [20]

เชื้อ Salmonella เป็นเชื้อที่พบได้ทั่วไป ได้แก่ ในสัตว์ปีก สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม รวมทั้งมนุษย์สามารถก่อให้เกิดโรคได้ดีในผู้ที่มีความต้านทานต่ำ อาการของโรคเกิดจาก Salmonella จำแนกเป็น 3 แบบ คือ

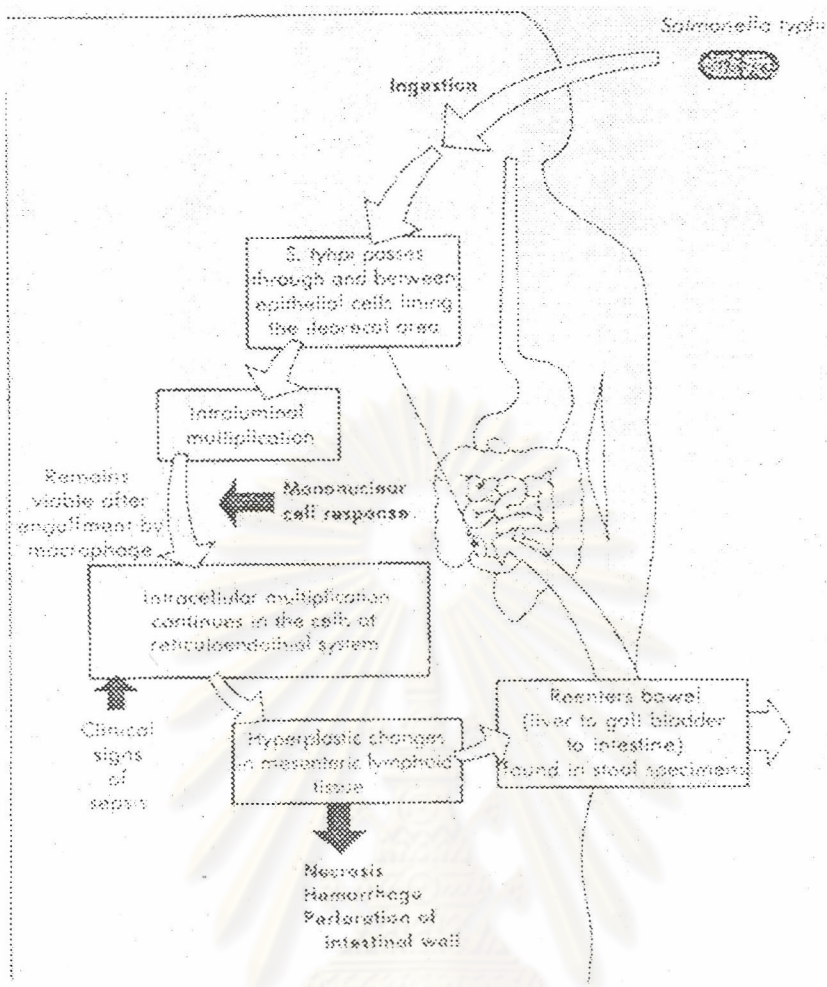
- **ไข้ไทฟอยด์และพาราไทฟอยด์ (Enteric Fevers: Typhoid and Paratyphoid)**

เป็นโรคที่ติดเชื้อ Salmonellaที่สำคัญที่สุด ไข้ไทฟอยด์มีสาเหตุจากเชื้อ Salmonella Typhi ส่วนพาราไทฟอยด์มีสาเหตุจากเชื้อ Salmonella Paratyphi A, B และC อาการของโรคคล้ายกัน แต่ไข้พาราไทฟอยด์มีความรุนแรงน้อยกว่า และมีอาการอ่อนกว่าไข้ไทฟอยด์ คือ พาราไทฟอยด์มีระยะฟักตัว 1-10 วัน มีอาการโลหิตเป็นพิษเนื่องจากเชื้อเข้ากระแสเลือดเกิดขึ้นในตอนแรก มักมีไข้อยู่ 1-3 สัปดาห์ ไม่ค่อยมีผื่น ส่วนไข้ไทฟอยด์มีระยะฟักตัว 10-14 วัน มีไข้สูงตลอด ปวดศีรษะ ท้องผูก อ่อนเพลียในสัปดาห์แรก อาจมีผื่นขึ้นตามลำตัว หัวใจเต้นช้ากว่าปกติ ปวดกล้ามเนื้อ ไข้จะสูงตลอดเวลา(39.5-40°C) เป็นเวลา 7-10 วัน และลดลงในสัปดาห์ที่ 3 หรือ 4 ตับและม้ามโต เม็ดเลือดขาวลดน้อยลง

<u>การทำให้เกิดโรค</u>

เกิดจาการกินเชื้อที่มีเชื้อปะปนอยู่กับอาหารหรือน้ำเข้าไป ทำให้เกิดการอักเสบของลำไส้ เชื้อจะผ่านเข้าเยื่อบุเมือก(Mucosa) เข้าต่อมน้ำเหลืองในลำไส้ (Mesenteric Lymph Node) ซึ่งเชื้อจะเพิ่มจำนวนขึ้น และผ่านเข้ากระแสเลือดโดยผ่านทางท่อน้ำเหลืองขนาดใหญ่ที่อก (Thoracic Duct) เชื้อกระจายเข้าตับ ถุงน้ำดี ม้าม ไต ไขกระดูก เชื้อบางส่วนจะถูกทำลายด้วยแอนติบอดีและคอมพลีเมนต์ ทำให้ปล่อยเอนโดทอกซินออกมา ทำให้มีไข้ และเกิดอาการรุนแรง จากถุงน้ำดีเชื้อจะกระจายเข้าเนื้อเยื่อนำเหลือง (Peyer's Patches) และอวัยวะน้ำเหลืองที่ลำไส้ เกิดการอักเสบเกิดการตายของเนื้อเยื่อและลอกออก จึงมีเลือดปนออกมาจากอุจจาระ และอาจทำให้ลำไส้ทะลุด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.6 การทำให้เกิดโรคเอนเทอริก (Enteric Fever) [21]

- ลำไส้อักเสบ (**Enterocolitis, Gastroenteritis)**

เกิดจากเชื้อ Salmonella หลาย Serotypes ด้วยกัน บางชนิดทำให้เกิดโรคในสัตว์เลือดอุ่นรวมทั้งมนุษย์ เชื้อที่สำคัญได้แก่ Salmonella Enteritidis และ Salmonella Typhimurium

ระยะฟักตัวของโรคประมาณ 12-24 ชั่วโมง หรือมีอาการหลังจากกินอาหารที่มีเชื้อปะปน 8-24 ชั่วโมง อาการของโรค คือ ปวดศีรษะรุนแรง คลื่นไส้อาเจียน อุจจาระร่วงรุนแรง ปวดท้อง มีไข้ต่ำ มักเป็นอยู่ 2-5 วัน เชื้อจะเจริญอยู่ในลำไส้เท่านั้น เมื่อเชื้อเข้าไปในผนังลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ อาจจะปล่อยเอนเทอโรทอกซีนออกมาทำให้อุจจาระเหลว มีมูกเลือด เม็ดเลือดขาวปนออกมา ไม่พบเชื้อในเลือดแต่พบในอุจจาระ

- โลหิตเป็นพิษ **(Septicemia)**

การติดเชื้อSalmonella ในกระแสเลือดมักเกิดจาก เชื้อ Salmonella Choleraesuis เป็นส่วนใหญ่ เมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายจะไปเจริญในกระแสเลือด เพิ่มจำนวนขึ้นจึงทำให้คนไข้มีไข้สูง หนาวสั่น เบื่ออาหาร น้ำหนักลด การแยกเชื้อจะพบในกระแสเลือดเท่านั้น มักไม่พบในอุจจาระ โรคนี้จะเป็นอยู่นาน

จนเรื้อรัง เชื้อในเลือดจะกระจายเข้าส่วนต่างๆของร่างกาย ทำให้เยื่อหุ้มสมองอักเสบ ปอดอักเสบ ไตอักเสบ เยื่อหุ้มหัวใจอักเสบ ไขกระดูกและกระดูก

2.2.4 การระบาดของโรค

แหล่งของการติดเชื้อ คือ อาหารและน้ำดื่มที่ปนเปื้อนเชื้อSalmonella ในลักษณะต่างๆ เช่น น้ำถูกปนเปื้อนกับอุจจาระ, นมและผลิตภัณฑ์นม เนื่องจากปนเปื้อนด้วยอุจจาระหรือผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่ไม่ดีพอที่จะทำให้เชื้อตายหมด, อาหารสดต่างๆ เช่นปลาหมึก ไข่แห้งหรือไข่แช่แข็ง ซึ่งเชื้อติดต่อจากสัตว์ปีกหรือปนเปื้อนในกระบวนการผลิต, เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ เช่น ไส้กรอก อาจติดเชื้อจากสัตว์ที่เป็นโรค, สัตว์เลี้ยงต่างๆ อาจเป็นพาหะ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างการระบาดของเชื้อ Salmonella ในสถานที่ต่างๆ [10]

Year	Country	Vehicle	Salmonella Serovar	No. Cases	No. Deaths
1973	Canada, USA	Chocolate	Eastbourne	217	0
1976	Spain	Egg Salad	Typhimurium	702	6
1981	Scotland	Raw Milk	Typhimurium	654	2
1984	USA	Salad Bars	Typhimurium	751	0
1988	Japan	Cuttlefish	Champaign	330	0
1993	Germany	Paprika Chips	Saint-paul Javiana Rubislaw	>670	0
1996	USA	Alfalfa Sprouts	Bovismorbificans	492	0
1999	Australia	Orange Juice	Typhimurium	427	0
1999	Canada	Alfalfa Sprouts	Paratyphi B	>53	0
2000	USA	Orange Juice	Enteritidis	>74	0

2.2.5 การป้องกันและการควบคุมโรค

การป้องกันการติดต่อของโรค กระทำได้โดย

1. กำจัดสิ่งโสโครก สิ่งขับถ่าย และรักษาแหล่งน้ำให้สะอาด
2. เก็บรักษาอาหารในตู้เย็น รวมทั้งน้ำนมและผลิตภัณฑ์จากนมต้องผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรเซชั่น

3. ห้ามผู้เป็นพาหะของโรคสัมผัสและประกอบอาหาร
4. ให้ความรู้เกี่ยวกับสุขอนามัยส่วนบุคคล หลีกเลี่ยงการอยู่ในที่ชุมชนแออัด

2.3 วิธีการตรวจวิเคราะห์เชื้อ Salmonellaในผลิตภัณฑ์สุดท้าย [20]

วิธีตรวจสอบเชื้อ Salmonella มีหลายวิธี แต่ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ วิธีแยกเชื้อโดยเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อหลายๆชนิด ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆดังต่อไปนี้

1. Pre-enrichment

เป็นขั้นตอนแรกในการตรวจสอบตัวอย่าง(ผลิตภัณฑ์สุดท้าย) จะถูกEnrich ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็น Non Selective Medium เพื่อช่วย Salmonella ที่บาดเจ็บให้กลับอยู่ในสภาพเดิมที่สมบูรณ์ และเจริญเติบโตได้ เนื่องจาก Salmonella ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่นำมาตรวจสอบนั้นต้องผ่านกระบวนการผลิตที่มีการทำให้เชื้อบาดเจ็บ เช่น ผ่านความร้อนสูง, คลอรีน เป็นต้น

2. Selective Enrichment (Secondary Enrichment)

ขั้นตอนนี้จะใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่ช่วยให้เชื้อ Salmonella เจริญได้ดี (Growth Promoting Medium) และมีสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อชนิดอื่นๆ (Selective Inhibitory Reagent) ที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่างที่เราต้องการตรวจสอบ ผลคือ เชื้อ Salmonella จะเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันเชื้ออื่นๆก็จะถูกยับยั้งไม่ให้เจริญเติบโต ทำให้เชื้อ Salmonella มีสัดส่วนมากกว่าเชื้อชนิดอื่นๆ

3. Selective Plating

เป็นขั้นตอนการแยกเชื้อ Salmonella ให้บริสุทธิ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งที่เป็นSelective Medium โดยจะเห็นลักษณะโคโลนีที่แตกต่างกันของ Salmonella กับเชื้อชนิดอื่นๆ ทำให้สามารถแยกเชื้อ Salmonella ออกจากเชื้อชนิดอื่นๆได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ดี โคโลนีที่ให้ลักษณะเหมือนกับโคโลนีของเชื้อ Salmonella (Typical Colony) นั้น เราไม่สามารถสรุปได้ทันทีว่า นั่นคือเชื้อ Salmonella เพราะบางครั้งเชื้ออื่นๆอาจให้ลักษณะโคโลนีที่เหมือนกับ Salmonella บนอาหารเลี้ยงเชื้อนั้น เราจำเป็นต้องตรวจสอบคุณสมบัติทางชีวเคมี (Biochemical Test) ของเชื้อที่เราสงสัยว่าใช่เชื้อ Salmonella ต่อไป

4. Biochemical Test

เป็นขั้นตอนการตรวจสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีของโคโลนีที่สงสัยว่าใช่เชื้อ Salmonella ออกจากเชื้ออื่นๆ ซึ่งมี Typical Colony เหมือน หรือคล้ายคลึงกับเชื้อ Salmonella บน Selective Plating Medium

5. Serotyping

เป็นการจำแนกชนิด (Species หรือ Serovar) ของเชื้อ Salmonella โดยวิธีทางซีโรวิทยาโดยอาศัยปฏิกิริยาการเกาะกลุ่มของเชื้อกับซีรัมจำเพาะ (Specific Antiserum)

2.4 หลักการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อน

การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นตัวก่อโรคเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแพร่กระจายของโรคติดต่อ กระบวนการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้สารเคมี การฉายรังสี การใช้ความร้อน เป็นต้น แต่กระบวนการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้แก่ การใช้ความร้อน เนื่องจากสะดวก ประหยัดค่าใช้จ่าย และควบคุมง่าย

ความร้อนที่ใช้ในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์สามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

2.4.1 การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้ความร้อนชื้น (Moist Heat)

เซลล์ของจุลลินทรีย์จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อได้รับความร้อน โปรโทพลาส์มของเซลล์ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนจะจับตัวกันเป็นก้อน โปรตีนภายในเซลล์เหล่านี้จะเปลี่ยนรูป (Denature) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อีกทั้งความร้อนอาจทำลายสารที่เกี่ยวข้องกับพันธุ์กรรม (RNA) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นก็จะทำลายไซโทพลาสมิก เมมเบรน ทำให้เซลล์ตายในที่สุด

หลักการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์โดยใช้ความร้อนชื้น เกิดจากปรากฏการณ์ที่ไอน้ำจะควบแน่น (Condensation) กลายเป็นหยดน้ำเมื่อกระทบผิวที่เย็นของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน โดยที่ความร้อนที่ได้รับจากการควบแน่นของไอน้ำนั้นเป็นความร้อนแฝง (Latent Heat) ซึ่งมีปริมาณมาก ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่าง Heat Content ของน้ำและไอน้ำ

Phase of water	Temperature (^{O}C)	Heat Content (kJ/kg)	
		Sensible Heat	Latent Heat
Liquid	100	419	0
Vapour	100	419	2257
Vapour	121	509	2199
Vapour	135	569	2160

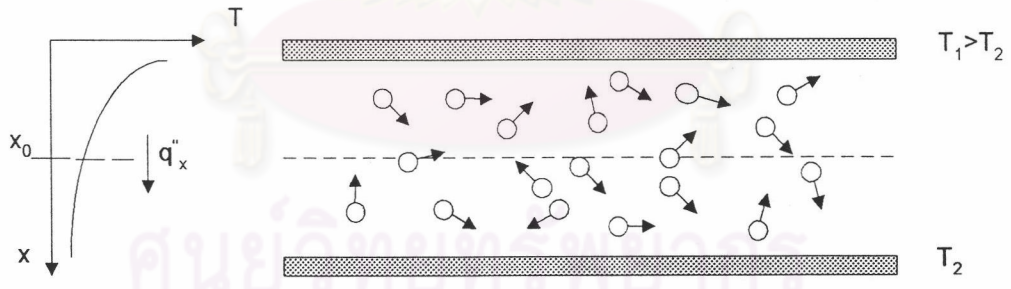
ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์มีเนื้อลักษณะเป็นรูพรุน ไอน้ำส่วนหนึ่งจะควบแน่น (Condensation) กลายเป็นหยดน้ำเมื่อกระทบผิวที่เย็นของผลิตภัณฑ์และเกิดการถ่ายเทความร้อนทำให้ผิวผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิสูงขึ้นและถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน (Conduction) เข้าไปภายในของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ไอน้ำบางส่วนจะถูกดูดซับเข้าไปภายในของผลิตภัณฑ์ และเกิดการควบแน่นภายในผลิตภัณฑ์นั้น จนกระทั่งถึงใจกลางผลิตภัณฑ์ จากนั้นจะไม่เกิดการควบแน่นเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะคงที่เท่ากับอุณหภูมิไอน้ำรอบนอก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในกรณีถ้าให้ความร้อนเพิ่มขึ้นแต่ความดันคงที่หรือความดันลดลงในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นไอนำที่เกิดจะเป็น Superheated Steam ซึ่งอุณหภูมิจะสูงกว่าจุดอิ่มตัวและไอน้ำจะไม่รวมตัวเป็นหยดน้ำทันที จึงทำให้ประสิทธิภาพไม่ดีเท่ากับการใช้ไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Steam)

<u>ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการนำความร้อน(Conduction)</u>

การนำความร้อนนั้นสามารถมองได้ว่าเป็นการส่งถ่ายพลังงานจากอนุภาคของสารที่มีพลังงานสูงกว่าไปยังอนุภาคที่มีพลังงานต่ำกว่าเมื่ออนุภาคทั้งสองมากระทบกัน กลไกทางกายภาพของการนำความร้อนสามารถอธิบายได้โดยการพิจารณาก๊าซจำนวนหนึ่ง ซึ่งแต่ละอนุภาคของก๊าซมีอุณหภูมิต่างกันสมมุติว่า ก๊าซนี้ไม่มีการเคลื่อนที่เป็นกลุ่มก้อน(No Bulk Motion) และก๊าซนี้อาจจะครอบคลุมบริเวณระหว่างพื้นผิวสองแห่งซึ่งมีอุณหภูมิต่างกัน เช่นดังในรูปที่ 2.7 ที่จุดใดๆในบริเวณดังกล่าวก๊าซจะมีอุณหภูมิค่าหนึ่งและโมเลกุลของก๊าซ ณ จุดนี้จะมีพลังงานอยู่จำนวนหนึ่ง พลังงานนี้สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ซึ่งไม่เป็นแบบแผน(Random Motion) และกับการสั่นสะเทือนของโมเลกุล โมเลกุลที่มีอุณหภูมิสูงจะมีพลังงานสูง การเคลื่อนที่ซึ่งไม่เป็นแบบแผนของโมเลกุลทำให้โมเลกุลของก๊าซกระทบกันอยู่เสมอ และเมื่อเกิดการกระทบกันก็จะเกิดการส่งถ่ายพลังงานระหว่างโมเลกุลขึ้น ถ้าโมเลกุลมีอุณหภูมิต่างกัน(Temperature Gradient) พลังงานที่ถูกส่งถ่ายนี้คือ พลังงานความร้อน และกระบวนการดังกล่าวนี้เรียกว่า "การนำความร้อน" สำหรับของเหลวก็จะเกิดปรากฏการณ์เดียวกัน เพียงแต่โมเลกุลของของเหลวนั้นอยู่ใกล้กันมากกว่า ส่วนในของแข็งนั้นโมเลกุลยิ่งอยู่ใกล้กันมากกว่า ดังนั้นการนำความร้อนจึงเกอดในของแข็งได้ง่ายกว่าของเหลวและก๊าซ



รูปที่ 2.7 การนำความร้อนมีลักษณะเป็นการแพร่กระจายพลังงานของโมเลกุล

การนำความร้อนเป็นการส่งถ่ายพลังงานซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature Gradient) ในตัวกลางที่อยู่กับที่

อัตราการถ่ายเทความร้อนสามารถคำนวณได้จากสมการอัตรา (Rate Equation) โดยสมการเหล่านี้จะใช้ในการคำนวณหาจำนวนพลังงานความร้อนที่ถูกส่งถ่ายต่อหน่วยเวลา สมการอัตราสำหรับการนำความร้อนมีชื่อเรียกว่า กฎของฟูเรียร์ (Four's Law) ดังสมการ 2.1

$$q = -k\nabla T \qquad (2.1)$$

เมื่อ q คือ Heat Flux (w/m^2)

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity , W/m.K)

∇T คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามแนวแกน (Temperature Gradient)

2.4.2 การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้ความร้อนแห้ง (Dry Heat)

การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้ความร้อนแห้ง จุลินทรีย์และสปอร์สามารถถูกทำลายได้ แต่ต้องทำที่อุณหภูมิสูงและเวลานาน การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีนี้ เป็นการดึงน้ำออกจากเซลล์(Dehydration) และทำให้กระบวนการ Oxidation ภายในเซลล์เปลี่ยนแปลงจนไม่สามารถจะดำเนินกิจกรรมได้ ทำให้เซลล์ตาย

การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้ความร้อนแห้ง (Dry Heat) มีวิธีหลายวิธีด้วยกัน ดังนี้

ก. การใช้ลมร้อน (Hot Air)

ความร้อนที่ได้รับเกิดจากการถ่ายเทความร้อนจากลมร้อนให้กับผลิตภัณฑ์ทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น โดยเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน (Convection) ที่ผิวของผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นความร้อนภายในกึ่งกลางผลิตภัณฑ์จะสูงขึ้นเนื่องจากเกิดถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน

<u>ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการพาความร้อน(Convection)</u>

การพาความร้อน(Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนระหว่างพื้นผิวและของไหลที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวนั้นซึ่งมีอุณหภูมิแตกต่างกับของไหล การพาความร้อนอาจแบ่งได้ตามธรรมชาติของการไหล โดยการเรียกการพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) เมื่อการไหลมีสาเหตุเนื่องจากการกระทำภายนอก เช่น โดยพัดลม ปั๊ม เป็นต้น ส่วนการพาความร้อนตามธรรมชาติ (Natural หรือ Free Convection) การเคลื่อนที่ของของไหลเกิดเนื่องจากแรงลอยตัวในของไหล แรงเหล่านี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากมีความแตกต่างอุณหภูมิในของไหล

สมการสำหรับการใช้คำนวณอัตราการพาความร้อนจะเขียนอยู่ในรูป

$$q = h(T_s - T_\infty) \qquad (2.2)$$

เมื่อ q คือ Convection Heat Flux (w/m^2)

T_S คือ อุณหภูมิของพื้นผิว (K)

T_α คือ อุณหภูมิของของไหล (K)

h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convection Heat Transfer Coefficient, $W/m^2.K$)

ข. การฉายรังสี (Radiation)

เป็นการใช้ประโยชน์จากการแผ่รังสีของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การฉายรังสีแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

- **Non-Ionizing Radiation**

เป็นรังสีของแถบแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ของคลื่นต่ำ แต่มีความยาวคลื่นสูง ได้แก่ ไมโครเวฟและอินฟราเรด ซึ่งสามารถทำให้เกิดพลังงานความร้อนได้กับสสารที่สามารถดูดซับคลื่นได้

- **Ionizing Radiation** เป็นรังสีของแถบแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าคลื่นแสงที่มองเห็นได้ (Visible Spectrum) และมีความถี่สูงมาก ได้แก่ รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ และรังสีแบตา ซึ่งในระดับความถี่ของคลื่นดังกล่าวจะก่อให้เกิดพลังงานสูงมากถึงขั้นทำให้โมเลกุลของน้ำในเซลล์เนื้อเยื่อจุลินทรีย์แตกตัวได้ โดยแหล่งรังสีไอโซโทปกัมมันตรังสีจะรังสีแกมมาซึ่งเกิดจากการสลายตัวของอะตอมในนิวเคลียสของสารกัมมันตรังสีที่นิยมใช้กันมากคือ โคบอลต์-60 และซีเซียม-137

<u>ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการแผ่รังสีความร้อน(Radiation)</u>

การแผ่รังสีความร้อน คือพลังงานความร้อนซึ่งแผ่ออกโดยสาร ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ การแผ่รังสีจะเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบอิเลคตรอนในอะตอมของสาร พลังงานของการแผ่รังสีจะถูกส่งออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) โดยไม่จำเห็นต้องมีตัวกลาง

รังสีความร้อนที่พื้นผิวใดๆสามารถแผ่ออกได้มากที่สุด (Maximum Flux,W/m^2) นั้นเป็นไปตามสมการ "Stefan-Boltzmann Law"

$$q = \sigma T_s^4 \qquad (2.3)$$

เมื่อ q คือ Maximum Flux(W/m^2)

σ คือ Stefan-Boltzmann Constant ($W/m^2.K^4$) เท่ากับ $5.67*10^{8}$

T_s คือ อุณหภูมิสมบูรณ์ (Absolute Temperature) ของพื้นผิว

การแผ่รังสีความร้อนมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของคลื่นอันได้แก่ ความถี่ (Frequency,υ) และความยาวคลื่น (Wavelength,λ) ซึ่งสัมพันธ์กันโดยสมการ

$$\lambda = \frac{c}{\upsilon} \qquad (2.4)$$

เมื่อ c คือ ความเร็วแสงในตัวกลาง สำหรับสุญญากาศ $c = 2.998*10^{8}$ m/s

และสามารถหาค่าพลังงาน(ε) ได้จากสมการ

$$\varepsilon = h\upsilon \qquad (2.5)$$

เมื่อ h คือ Planck's Constant เท่ากับ $6.624*10^{-27}$ erg sec.

2.4.3 รอบกระบวนการ Sterilization (Cycle of Sterilization)

กระบวนการ Sterilization ด้วยความร้อนประกอบด้วย 3 Phaseใหญ่ๆ คือ

1. Heating Phase

   เป็นช่วงที่ทำให้อุณหภูมิผลิตภัณฑ์สูงขึ้น จนถึงอุณหภูมิที่กำหนด

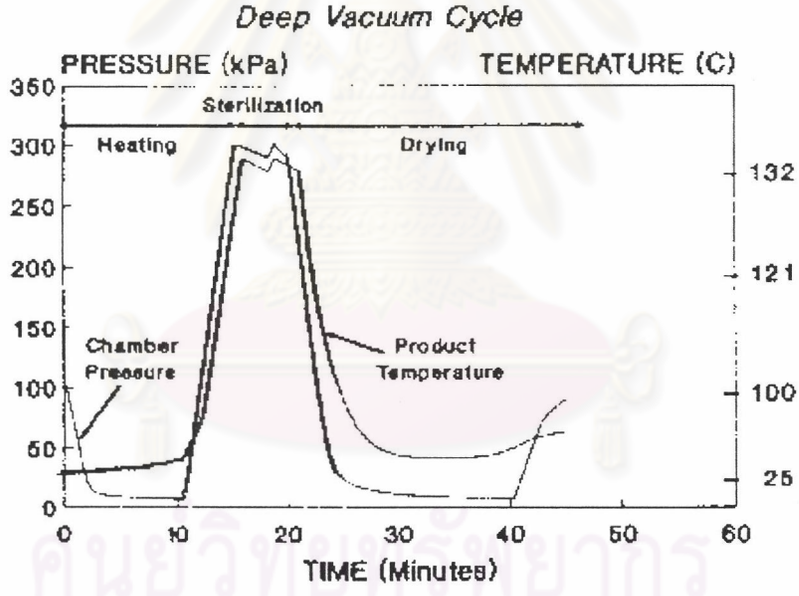
2. Sterilization Phase

   เป็นช่วงการฆ่าเชื้อ โดยจะควบคุมอุณหภูมิตามเวลาที่กำหนด

3. Drying Phase

   ช่วงการลดอุณหภูมิ และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลง

ช่วงเวลาต่างๆจะต้องคำนึงถึงผลิตภัณฑ์ด้วย เนื่องจาก ผลของอุณหภูมิ ความดัน และความชื้นอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ถูกทำลายได้ โดยรอบกระบวนการ Sterilization สามารถแสดงได้ดังกราฟรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 Deep Vacuum Cycle ของการ Sterilization ที่อุณหภูมิ 132^{0}C

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย