ADB TA-9993 THA: โครงการการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคเกษตรเพื่อเพิ่มการฟื้นตัวและความยั่งยืนในพื้นที่สูง

การปรับปรุงคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารและเพิ่มมูลค่า
คู่มือคำแนะนำ

From the People of Japan

TA 9993-THA: โครงการการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคเกษตรเพื่อเพิ่มการฟื้นตัวและความยั่งยืนในพื้นที่สูง

สื่อเผยแพร่

การปรับปรุงคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารและเพิ่มมูลค่า
คู่มือคำแนะนำ

ธันวาคม 2567

ชื่อโครงการ: โครงการการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคเกษตรเพื่อเพิ่มการฟื้นตัวและความยั่งยืนในพื้นที่สูง

รหัสโครงการ.: TA 9993-THA

เสนอต่อ: ธนาคารพัฒนาเอเชีย (ADB) และสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (OAE)

ประเภทเอกสาร: เอกสารเผยแพร่ (**Knowledge Product – KP7B)**

แก้ไขครั้งที่: 1

วันที่: 9 **ธันวาคม** 2567

ผู้เขียน: ดร.สุจิตรา เรืองรัศมี **(**Dr. Sujitta Raungrusmee**)**

รายงานของที่ปรึกษาฉบับนี้ไม่จำเป็นต้องสะท้อนมุมมองของธนาคารพัฒนาเอเชียหรือหน่วยงานรัฐบาลที่เกี่ยวข้อง และธนาคารพัฒนาเอเชียและหน่วยงานรัฐบาลไม่รับผิดชอบต่อเนื้อหาของรายงาน

สารบัญ

สารบัญ ก

กล่าวนำ ค

รายการตัวย่อ ง

1. การปรับปรุงคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารและเพิ่มมูลค่า ๑

1.1 ความนำ ๑

1.2 ความปลอดภัยอาหารและการเพิ่มมูลค่าเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ช่วยเพิ่มโอกาสทางเศรษฐกิจ ๔

1.3 การเพิ่มความปลอดภัยในการผลิตอาหาร: มาตรฐาน หลักการ และการประยุกต์ใช้สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ๖

2. หลักการด้านความปลอดภัยของอาหารและการประยุกต์ใช้ ๒๓

2.1 บทนำ ๒๓

2.2 สถานประกอบการ การออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวกและอุปกรณ์ ๒๔

2.3 มาตรการควบคุมเชิงปฏิบัติ ๒๕

2.4 การสุขาภิบาล ๒๗

2.5 การบำรุงรักษาและทำความสะอาด ๒๙

2.6 สุขลักษณะส่วนบุคคล ๓๐

2.7 การขนส่ง ๓๐

2.8 การฝึกอบรม ๓๑

2.9 ข้อมูลผลิตภัณฑ์และการตระหนักรู้ของผู้บริโภค ๓๒

3. บทสรุปการนำมาตรฐานความปลอดภัยอาหารไปปฏิบัติในโรงงานผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม ๓๔

4. การเพิ่มมูลค่าทางการเกษตร: ประโยชน์ เทคนิคการแปรรูป และกลยุทธ์บรรจุภัณฑ์สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ๓๖

4.1 บทนำ ๓๖

4.2 ประโยชน์ของการเพิ่มมูลค่าทางการเกษตร ๓๘

5. เทคนิคกระบวนการความร้อนเพื่อการถนอมอาหารและแปรรูปในโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อม ๔๐

5.1 บทนำ ๔๐

5.2 การทำให้แห้ง ๔๒

5.3 การทอด ๔๔

5.4 การรมควัน ๔๖
5.5 การอบ ๔๙
5.6 การพาสเจอไรซ์และการทำไร้เชื้อ ๕๑
5.7 กระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหย ๕๓

6. เทคนิคกระบวนการไม่ใช้ความร้อนเพื่อการถนอมอาหารและแปรรูปในโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อม ๕๕

6.1 บทนำ ๕๕
6.2 การหมัก ๕๖
6.3 การแช่เย็นและการแช่แข็ง ๕๙
6.4 บรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อการเพิ่มมูลค่า ๖๐

7. บทสรุปและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงคุณภาพและความปลอดภัย และการเพิ่มมูลค่าอาหาร ๖๓

8. เอกสารอ้างอิง ๖๕

กล่าวนำ

อุตสาหกรรมแปรรูปอาหารมีบทบาทสำคัญในการรักษาความมั่นคงด้านอาหารระดับโลก การพัฒนาเศรษฐกิจ และสาธารณสุข วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) กลายเป็นแรงขับเคลื่อนสำคัญของนวัตกรรม การเติบโต และความยั่งยืนในภาคส่วนนี้ อย่างไรก็ตาม วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม มักเผชิญกับ ความท้าทายที่ไม่เหมือนใครในการรักษาคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารให้ได้มาตรฐานสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องรักษาสมดุลระหว่างประสิทธิภาพด้านต้นทุนกับการนำมาตรการด้านความปลอดภัยที่เข้มงวดมาใช้คู่มือคำแนะนำ "การปรับปรุงคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารและการเพิ่มมูลค่าฉบับนี้จะสำรวจกลยุทธ์ที่สำคัญสำหรับการปรับปรุงแนวปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยของอาหาร การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในบริบทของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เนื่องจากความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารที่ปลอดภัย มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีคุณภาพสูงยังคงเพิ่มขึ้น วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมจึงต้องได้รับการจัดเตรียมเครื่องมือและความรู้ที่จำเป็นเพื่อตอบสนองความคาดหวังเหล่านี้ การนำแนวปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยของอาหารที่เข้มงวดมาใช้ จึงไม่ใช่เป็นทางเลือกอีกต่อไป แต่เป็นข้อกำหนดพื้นฐานในการสร้างความไว้วางใจจากผู้บริโภค การรักษาการเข้าถึงตลาด และการปฏิบัติตามมาตรฐานด้านกฎระเบียบ ในคู่มือแนะนำนี้ จะเจาะลึกถึงหลักการสำคัญต่างๆ เช่น การวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤต (HACCP) แนวทางปฏิบัติที่ดีในการผลิต (GMP) และระบบ การจัดการความปลอดภัยอื่น ๆ ที่สามารถช่วยให้วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมลดความเสี่ยงและเพิ่มความปลอดภัยและความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์อาหารของตนได้

นอกจากนี้ การเพิ่มมูลค่ายังเป็นโอกาสอันทรงพลังสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในการเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เพิ่มผลกำไร และลดของเสีย โดยการแปลงผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรดิบเป็นอาหารแปรรูปที่มีมูลค่าสูงขึ้น วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมสามารถเจาะตลาดใหม่ ขยายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ และมีส่วนสนับสนุนระบบอาหารที่ยั่งยืน เอกสารคู่มือเน้นย้ำถึงเทคนิคการแปรรูปที่สร้างสรรค์ เช่น การหมัก การอบแห้ง และการเสริมสารอาหาร ควบคู่ไปกับกลยุทธ์การบรรจุหีบห่อที่ช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์และดึงดูดผู้บริโภคที่ใส่ใจมากขึ้น ความสำคัญของการฝึกอบรมและการสร้างขีดความสามารถภายในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมนั้นไม่ถือว่าเป็นการกล่าวที่เกินเลย การเสริมพลังให้พนักงานมีความรู้และทักษะในการปฏิบัติตามแนวปฏิบัติความปลอดภัยของอาหารรับรู้ถึงอันตราย และมีส่วนร่วมในเทคนิคการแปรรูปที่มีมูลค่าเพิ่ม ถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับความสำเร็จและการเติบโตของวิสาหกิจขนาดกลางและ ขนาดย่อม แรงงานที่ได้รับการฝึกอบรมอย่างดีไม่เพียงแต่รับประกันการปฏิบัติตามความปลอดภัยของอาหารเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมวัฒนธรรมของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและนวัตกรรมภายในธุรกิจ คู่มือนี้จัดทำขึ้น เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลที่ครอบคลุมสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร โดยให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุด การแก้ปัญหาที่สร้างสรรค์ และคำแนะนำที่สามารถดำเนินการได้ เพื่อปรับปรุงคุณภาพ ความปลอดภัย และมูลค่าเพิ่มของอาหาร โดยการนำกลยุทธ์ที่ระบุไว้ ในรายงานนี้ไปใช้วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม จะสามารถเอาชนะความท้าทาย ตอบสนองความต้องการของตลาด และมีส่วนสนับสนุนระบบอาหารโลกที่ปลอดภัยและยั่งยืนมากขึ้น

รายการตัวย่อ

ADB	**Asian Development Bank** ธนาคารพัฒนาเอเชีย
AIT	**Asian Institute of Technology** สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย
CAC	**Codex Alimentarius Commission** คณะกรรมาธิการโครงการมาตรฐานอาหาร
CC	**Climate Change** การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
CCPs	**Critical Control Points** จุดควบคุมวิกฤติ
CDC	**Centers for Disease Control and Prevention** ศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคแห่งชาติ
CPO	**Certification Process Owner** เจ้าของกระบวนการรับรอง
DMS	**Department of Medical Sciences** กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
EFSA	**European Food Safety Authority** หน่วยงานความปลอดภัยด้านอาหารแห่งสหภาพยุโรป
EHEDG	**European Hygienic Engineering & Design Group** กลุ่มวิศวกรรมและการออกแบบที่ถูกสุขลักษณะแห่งสหภาพยุโรป
ERS	**Economic Research Service** บริการวิจัยเศรษฐกิจ
FAO	**Food and Agriculture Organization** องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ
FDA	**Food and Drug Administration** สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
FSIS	**Food Safety and Inspection Service** บริการด้านความปลอดภัยและการตรวจสอบอาหาร
FSMA	**Food Safety Modernization Act** กฎหมายว่าด้วยการปรับปรุงความปลอดภัยด้านอาหารให้ทันสมัย (สหรัฐ)
GFSI	**The Global Food Safety Initiative** โครงการริเริ่มความปลอดภัยด้านอาหารระดับโลก
GHP	**Good Hygiene Practices** แนวปฏิบัติที่ดีด้านสุขอนามัย
GMOs	**Genetically Modified Organisms** สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม
GMP	**Good Manufacturing Practices** แนวทางปฏิบัติที่ดีในการผลิต หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิต
GTIN	**Global Trade Item Number** หมายเลขสินค้าการค้าสากล
HACCP	**Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP)** การวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤต
HD	**Hygienic Design** การออกแบบที่ถูกสุขอนามัย
HPP	**High-pressure Processing** การแปรรูปด้วยแรงดันสูง
LAB	**Lactic acid bacteria** แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก
MAP	**Modified Atmosphere Packaging** บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ
MOPH	**Ministry of Public Health** กระทรวงสาธารณสุข
O3	**Ozone** โอโซน

OHS	**Occupational Health and Safety** อาชีวอนามัยและความปลอดภัย
PCR	**Post-consumer Recycled** ผลิตภัณฑ์แปรใช้ใหม่หลังการบริโภค
PEF	**Pulsed Electric Field** พัลส์สนามไฟฟ้า
PPE	**Personal Protective Equipment** อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล
PRPs	**Prerequisite Programs** มาตรการควบคุมที่ใช้จัดการกับกิจกรรมและสภาวะพื้นฐาน
QFD	**Quality Function Deployment** การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (สำหรับวางแผนและพัฒนาผลิตภัณฑ์)
R&D	**Research and Development** การวิจัยและพัฒนา
RFID	**Radio Frequency Identification** การระบุเอกลักษณ์ด้วยคลื่นวิทยุ
SFBs	**Small Food Businesses** ธุรกิจอาหารขนาดเล็ก
SMEs	**Small and Medium-sized Enterprises** วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม
SPS	**Sanitary and Phytosanitary** สุขอนามัย และสุขอนามัยพืชและสัตว์
TFDA	**Thai Food and Drug Administration** สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (ไทย)
TPM	**Total Productive Maintenance** การบำรุงรักษาทวีผล
UHT	**Ultra-High-Temperature** อุณหภูมิสูงพิเศษ
USDA	**U.S. Department of Agriculture** กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา
UV	**Ultraviolet** รังสีอัลตราไวโอเลต
WHO	**World Health Organization** องค์การอนามัยโลก
WTO	**World Trade Organization's** องค์การการค้าโลก

1. การปรับปรุงคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารและเพิ่มมูลค่า

1.1 ความนำ

ความปลอดภัยของอาหารเป็นประเด็นพื้นฐานด้านสาธารณสุขและจำเป็นต่อการรับประกันความมั่นคงทางอาหาร ความสำคัญของมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารที่เข้มงวดนั้นไม่เป็นการกล่าวที่เกินเลย เนื่องจากหลายประเทศเผชิญกับความท้าทายที่สำคัญในการกำหนดและบังคับใช้เกณฑ์ด้านจุลชีววิทยาที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร กลไกการบังคับใช้ที่ไม่มีประสิทธิภาพและการให้ความรู้แก่ผู้บริโภคเกี่ยวกับสุขอนามัยของอาหารที่ไม่เพียงพอทำให้ปัญหาเหล่านี้เลวร้ายลง โดยเฉพาะในประเทศที่ขาดแนวทางปฏิบัติด้านสุขอนามัย เพื่อนำมาตรฐานความปลอดภัยที่มีประสิทธิผลไปปฏิบัติและรักษาให้ คงอยู่ไว้ได้นั้น รัฐบาลต้องจัดสรรทรัพยากรที่เหมาะสม เสริมสร้างกรอบการกำกับดูแล และส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศเพื่ออำนวยความสะดวกในการแบ่งปันแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุด ประเทศกำลังพัฒนาเผชิญกับอุปสรรคมากมาย เช่น โครงสร้างพื้นฐาน ที่ไม่เพียงพอ ทรัพยากรทางการเงิน ที่จำกัด และขาดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัยด้านอาหาร (FDA et al., 2003) อย่างไรก็ตาม การนำมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารไปปฏิบัติสามารถลดอุบัติการณ์ของโรคจากอาหารได้อย่างมาก เพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้บริโภค และเปิดทางสู่ตลาดต่างประเทศ ในประเทศที่พัฒนาแล้ว การนำมาตรฐานเหล่านี้มาใช้ถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากจะช่วยเสริมสร้างความเชื่อมั่นของผู้บริโภคและส่งเสริมการค้าขาย ขณะเดียวกันก็มุ่งเป้าที่จะลดการแพร่ระบาดของโรคที่เกิดจากอาหารด้วย เอกสารเผยแพร่ฉบับนี้ จะเน้นที่ภาพรวมระดับโลกของคุณภาพ ความปลอดภัย และมูลค่าเพิ่มของอาหาร โดยตรวจสอบความซับซ้อนของการนำมาตรฐานความปลอดภัยของอาหารไปใช้ในบริบทต่าง ๆ (Grace, 2015b; Powell et al., 2011) ประเด็นสำคัญในการวิเคราะห์จะรวมถึงประสิทธิภาพของระบบการวิเคราะห์อันตรายและการควบคุมจุดวิกฤติ (HACCP) การปฏิบัติตามเกณฑ์ด้านจุลชีววิทยา ความสำคัญของแนวปฏิบัติด้านการผลิตที่ดี (GMP) และแนวปฏิบัติด้านสุขอนามัยที่ดี (GHP) และผลกระทบโดยรวมต่อสุขภาพของประชาชนและการค้า โดยการระบุทั้งกลยุทธ์ที่ประสบความสำเร็จและความท้าทาย ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เอกสารนี้จะเน้นย้ำถึงความต้องการที่สำคัญสำหรับแนวทางที่ครอบคลุมเพื่อความปลอดภัยของอาหารที่ชี้ให้เห็นถึงเกี่ยวเนื่องกับปัจจัย ทางเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และกฎระเบียบที่มีอิทธิพลต่อการดำเนินงานด้านอาหารทั่วโลก (Mendis & Rajapakse, 2009; Okpala & Korzeniowska, 2023; Owusu-Apenten & Vieira, 2022)

หลายประเทศไม่มีมาตรฐานด้านจุลชีววิทยาที่ครอบคลุมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร และแม้ว่าจะมีมาตรฐานดังกล่าวแล้วก็ตาม ก็มักจะไม่มีการบังคับใช้โดยถูกต้อง สุขอนามัยเป็นองค์ประกอบสำคัญของความปลอดภัยของอาหาร แต่ในหลายภูมิภาค ยังไม่มีการให้ความรู้เกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติด้านสุขอนามัยอาหารแก่สาธารณะอย่างเพียงพอ เพื่อให้แน่ใจว่ากฎระเบียบด้านความปลอดภัยอาหารได้รับการนำไปปฏิบัติและบังคับใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รัฐบาลจำเป็นต้องจัดสรรทรัพยากรที่เพียงพอ เสริมสร้างระบบการกำกับดูแล และส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศในการแบ่งปันข้อมูลและ แนวปฏิบัติที่ดีที่สุด (Hutter, 2011; Odipe et al., 2019) ประเทศกำลังพัฒนาเผชิญกับความท้าทายหลายประการในการนำมาตรฐานความปลอดภัยของอาหารมาใช้ เช่น โครงสร้างพื้นฐานที่ไม่ดี ทรัพยากรทางการเงินที่จำกัด และขาดความรู้เกี่ยวกับหลักการพื้นฐานด้านความปลอดภัยของอาหาร คำแนะนำที่สำคัญสำหรับการแก้ไขความท้าทายเหล่านี้ ได้แก่ การจัดสรรเงินทุนเพิ่มเติมสำหรับ การบังคับใช้ความปลอดภัยด้านอาหาร การเสริมสร้างกรอบการกำกับดูแล การฝึกอบรมบุคลากร การสร้างความ

ตระหนักรู้ของผู้บริโภคเกี่ยวกับสุขอนามัยและความปลอดภัย และการส่งเสริม ความร่วมมือระหว่างประเทศ ในประเทศกำลังพัฒนา การนำมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร ที่เข้มงวดมาใช้สามารถช่วยลดอุบัติการณ์ของโรคติดต่อจากอาหาร ปรับปรุงสุขภาพของประชาชน และอำนวยความสะดวกในการเข้าถึงตลาดส่งออกระหว่างประเทศ ในทำนองเดียวกัน ในประเทศอุตสาหกรรม มาตรฐานความปลอดภัยอาหารที่มีประสิทธิผลสามารถลดการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อ เพิ่มความมั่นใจของผู้บริโภค และส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ (S. Forsythe, 2012; Patil et al., 2005)

แม้ว่าหลายประเทศจะมีความคืบหน้าในการนำมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารไปปฏิบัติ แต่ยังคงมีอุปสรรคอยู่ อุปสรรคเหล่านี้ ได้แก่ การใช้ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤต (HACCP) และเกณฑ์ทางจุลชีววิทยาที่ไม่สอดคล้องกัน การศึกษาครั้งนี้ได้ตรวจสอบการนำมาตรฐาน ความปลอดภัยด้านอาหารที่มีการใช้ทั่วโลก โดยเน้นที่ 6 ด้านหลัก ได้แก่ มาตรฐานอาหารระบบ HACCP โปรแกรมข้อกำหนดเบื้องต้น เกณฑ์ทางจุลชีววิทยา สุขอนามัยอาหาร และการควบคุมกระบวนการ ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าแม้ว่าจะมีการนำมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารไปใช้ในหลายประเทศ แต่คุณภาพของการนำไปปฏิบัติและการบังคับใช้มีความแตกต่างกันอย่างมาก (Bacs et al., 2007; Kamboj et al., 2020) ระบบ HACCP ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเป็นส่วนสำคัญของความปลอดภัยด้านอาหาร แต่การขาดแคลนบุคลากรที่ผ่านการฝึกอบรมยังคงเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการใช้ HACCP อย่างมีประสิทธิภาพ การควบคุมด้านสุขอนามัยและกระบวนการยังมีความสำคัญต่อการรับรองความปลอดภัยของอาหาร การนำมาตรฐานความปลอดภัยของอาหารมาใช้ช่วยลด ความเสี่ยงของโรคติดเชื้อ ปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพิ่มความไว้วางใจของผู้บริโภค และเปิดช่องทางการเข้าถึงตลาดทั่วโลก รัฐบาลจึงควรลงทุนในการบังคับใช้และบังคับใช้มาตรฐานเหล่านี้ เสริมสร้างกรอบของระเบียบข้อบังคับให้เข้มแข็ง และฝึกอบรมบุคลากรที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเพื่อยึดมั่น ตามแนวทางความปลอดภัยด้านอาหาร มาตรฐานความปลอดภัยของอาหารซึ่งรวมถึงชุดของกฎ และแนวทางปฏิบัติ ถือเป็นสิ่งสำคัญในการรับรองว่าผลิตภัณฑ์อาหารมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภคของมนุษย์ (Kotsanopoulos & Arvanitoyannis, 2017; Webb, 2015)

ประเทศที่กำลังพัฒนาเผชิญกับความท้าทายที่สำคัญในเรื่องความปลอดภัยของอาหาร รวมถึงโครงสร้างพื้นฐานที่ไม่เหมาะสม ขาดน้ำสะอาด สิ่งอำนวยความสะดวกด้านสุขอนามัยที่ไม่เพียงพอ และทรัพยากรทางการเงินที่จำกัด (Grace, 2015a) แม้จะมีอุปสรรคเหล่านี้ การนำมาตรฐานความปลอดภัย ด้านอาหารไปปฏิบัติในประเทศเหล่านี้สามารถช่วยลดการเกิดโรค อันเนื่องมาจาก อาหารปรับปรุงสุขภาพโดยรวมของประชากร และเพิ่มการเข้าถึงตลาดส่งออกระหว่างประเทศได้ (Buzby & Roberts, 2009) ในทางกลับกัน ประเทศที่พัฒนาแล้ว ยังเผชิญกับความท้าทายของตนเอง เช่น กรอบการกำกับดูแลที่ซับซ้อนและทรัพยากรที่จำกัด อย่างไรก็ตาม เมื่อนำมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารไปปฏิบัติอย่างมีประสิทธิผลในประเทศพัฒนาแล้ว มาตรฐานดังกล่าวจะช่วยเพิ่มความมั่นใจของผู้บริโภค อำนวยความสะดวกในการค้าระหว่างประเทศ และลดการเกิดโรคติดต่อ ในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา โครงสร้างการค้าผลิตภัณฑ์เกษตรในประเทศที่กำลังพัฒนาได้เปลี่ยนแปลงไป โดยการส่งออกอาหาร ที่ไม่ผ่านการแปรรูปลดลงและการส่งออกอาหารแปรรูปเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากประเทศกำลังพัฒนาส่วนใหญ่ส่งออกไปยังประเทศพัฒนาแล้ว แต่การเข้าถึงตลาดเหล่านี้ก่อให้เกิดความท้าทายที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ ประเทศที่กำลังพัฒนาจำนวนมากต้องดิ้นรนเพื่อปฏิบัติตามกฎระเบียบ ด้านความปลอดภัยอาหารที่เข้มงวดยิ่งขึ้น ซึ่งบังคับใช้โดยประเทศที่พัฒนาแล้ว (Briones & Felipe, 2013; Jongwanich, 2009)

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหารได้ขยายวงกว้างออกไปนอกขอบเขตของพิษวิทยาและจุลชีววิทยาของอาหาร รวมไปจนถึงนักเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ ซึ่งกำลังตรวจสอบผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมที่กว้างขึ้นจากความปลอดภัยของอาหาร ความกังวลเหล่านี้เกิดจากอุบัติการณ์ของโรคที่เกิดจากอาหารที่เกิดขึ้นจริงและเพิ่มมากขึ้นทั่วโลก รวมถึง ความกังวลของผู้บริโภคเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหารที่บริโภค (Silbergeld et al., 2008) ความวิตก

กังวลนี้เด่นชัดเป็นพิเศษในประเทศอุตสาหกรรม ซึ่งสื่อมักจะรายงานถึงความกลัวเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหารมากขึ้น ประเด็นสำคัญอีกประการหนึ่งของความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหาร คือ กฎระเบียบมีผลกระทบต่อการค้าระหว่างประเทศในผลิตภัณฑ์อาหารและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอย่างไร (Adinolfi et al., 2016) แม้ว่าอุบัติการณ์ของโรคที่เกิดจากอาหารจะมีนัยสำคัญในทั้งประเทศอุตสาหกรรมและประเทศกำลังพัฒนา แต่ลักษณะของปัญหาก็แตกต่างกันไปในแต่ละบริบท บทความนี้เน้นย้ำถึงความแตกต่างและความคล้ายคลึงกันเหล่านี้ โดยมุ่งเน้นไปที่เศรษฐศาสตร์ของความปลอดภัยของอาหารในประเทศกำลังพัฒนา เป็นหลักในประเทศอุตสาหกรรม แหล่งอาหารโดยทั่วไปถือว่าปลอดภัย แต่โรคจากอาหารยังคงเป็นปัญหาที่แพร่หลาย ตัวอย่างเช่น มีเชื้อโรคมากกว่า 40 ชนิด ที่ทราบกันว่าทำให้เกิดโรคอันเนื่องจากอาหาร แม้ว่าการระบาดครั้งใหญ่จะเกิดขึ้นไม่บ่อยนัก แต่เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์นม สลัด หรืออาหารกระป๋องที่ปนเปื้อนก็ยังคงเกิดขึ้น และเมื่อเกิดขึ้น ผู้บริโภคก็เกิดความกังวล แม้ว่าจะมีผู้บริโภคเพียงไม่กี่รายเท่านั้นที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากเหตุการณ์เหล่านี้ แต่ความหวาดกลัวต่อความปลอดภัยของอาหารที่เกิดขึ้นอย่างแพร่หลายอาจทำให้เกิดความกลัวและความวิตกกังวลอย่างกว้างขวางผ่านกระบวนการที่เรียกว่า "การขยายผลทางสังคม" ซึ่งความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหารจะทวีความรุนแรงขึ้นในการอภิปราย ในที่สาธารณะ ในประเทศกำลังพัฒนาอุบัติการณ์ของโรคจากอาหารมีสูง แต่ข้อมูลที่เชื่อถือได้ ในการติดตามแนวโน้มหรือระบุสาเหตุที่ชัดเจนมักมีไม่เพียงพอ ในหลายประเทศเหล่านี้ โรคจากอาหารมีความเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับปัญหาด้านการพัฒนาเศรษฐกิจที่ล่าช้าและศักยภาพที่จำกัด ในการตรวจสอบและรับรองความปลอดภัยของอุปทานอาหาร นอกจากนี้ ความปลอดภัยของอาหารก็ไม่ได้แยกออกจากความท้าทายด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ระบบสุขาภิบาลที่ไม่เพียงพอ คุณภาพน้ำที่ต่ำ และที่อยู่อาศัยที่ไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งทั้งหมดนี้สามารถทำให้ความเสี่ยงของโรคจากอาหารเพิ่มมากขึ้นได้ (Akhtar et al., 2014; Grace, 2015b; Käferstein, 2003; Newell et al., 2010)

กฎระเบียบและกฎหมายด้านความปลอดภัยของอาหารได้รับการกำหนดขึ้นมานานแล้วจากปัจจัยต่าง ๆ มากมาย รวมถึงแรงกดดันทางเศรษฐกิจและสังคม ความต้องการของผู้บริโภค พลวัตทางการเมือง และ การพิจารณาทางกฎหมาย (Lang et al., 2009) ในช่วงตอนต้นศตวรรษที่ 20 ปัญหาด้านความปลอดภัยของอาหารที่สำคัญหลายประการได้เกิดขึ้น ซึ่งกระตุ้นให้เกิดการตระหนักรู้ของสาธารณชน สภาพสุขอนามัยที่เลวร้าย ในอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อสัตว์ ซึ่งถูกเปิดเผยโดยหนังสือ The Jungle ของ Upton Sinclair ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการผ่านพระราชบัญญัติการตรวจสอบเนื้อสัตว์ของรัฐบาลกลางในปี 1906 (Demme, 2023) ในทำนองเดียวกัน การปลอมปนอาหารอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีการเติมสารเคมีอันตรายลงในอาหาร รวมถึงการแพร่หลายของยาที่หลอกลวงและอาจเป็นอันตราย ได้กระตุ้นให้มีการตราพระราชบัญญัติอาหารและยาในปีเดียวกันนั้น เมื่อเวลาผ่านไปจนถึงศตวรรษที่ 21 ความปลอดภัยของอาหารยังคงเร่งด่วนและสำคัญที่สุดเช่นเดียวกับเมื่อกว่าศตวรรษที่ผ่านมา (Uzdavines, 2017) ความกังวลของประชาชนยังคงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการตอบสนองต่อ การระบาดของโรคจากอาหารที่มีการรายงานว่าเชื่อมโยงกับเชื้อก่อโรค เช่น ซัลโมเนลลา อีโคไล O157:H7 ลิสทีเรีย โมโนไซโทจีนส์ และอื่น ๆ เชื้อก่อโรคเหล่านี้ก่อให้เกิดความเสี่ยงอย่างมาก ทำให้เกิดปัญหาสุขภาพเฉียบพลันทันทีและภาวะแทรกซ้อนเรื้อรังในระยะยาว โดยเฉพาะในกลุ่มประชากร ที่เปราะบาง เช่น ผู้สูงอายุ เด็ก และผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง (Bolten et al., 2023) ยิ่งไปกว่านั้น ในปัจจุบัน การระบาดเกิดขึ้นในอาหารที่เคยถือว่ามีความเสี่ยงต่ำ เช่น น้ำผลไม้ ผลิตผลสด และเนื้อสัตว์แปรรูป ข้อตกลงด้านสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (SPS) ร่วมกับกลไกการแก้ไขข้อพิพาทขององค์การการค้าโลก (WTO) เป็นกรอบการทำงานเพื่อให้แน่ใจว่ามาตรฐานความปลอดภัยของอาหารจะไม่ถูกนำไปใช้เป็นรูปแบบหนึ่งของการกีดกันทางการค้า (Gruszczynski & Scott, 2023) แม้ว่ามาตรฐานเหล่านี้อาจมีการแก้ไขบ่อยครั้ง ซึ่งสะท้อนถึงความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องในการทำความเข้าใจ ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพและการพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร แต่การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้และจำเป็น ในความเป็นจริง การนำมาตรฐานความปลอดภัยอาหาร ที่เข้มงวดมาใช้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของตลาดได้ด้วยการลดต้นทุนธุรกรรมและลดความขัดแย้ง ทางมาตรฐานเหล่านี้ให้เกณฑ์มาตรฐานที่ชัดเจน

แก่ผู้ส่งออกในการตอบสนองความคาดหวังของผู้นำเข้าเกี่ยวกับคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ มีความกังวลเพิ่มขึ้นว่ามาตรฐานความปลอดภัยของอาหารบางครั้งถูกใช้เป็นเครื่องมือที่ไม่โปร่งใสและกีดกันทางการค้าแทนที่จะเป็นเครื่องมือที่แท้จริงที่ออกแบบมาเพื่อปกป้องสุขภาพของมนุษย์ พืช และสัตว์ ประเทศกำลังพัฒนาเผชิญกับความท้าทายที่สำคัญในการนำทางมาตรฐานที่เปลี่ยนแปลงเหล่านี้ การเข้าถึงเทคโนโลยีและความเชี่ยวชาญที่ล้ำสมัยอย่างจำกัดประกอบกับทรัพยากรที่ไม่เพียงพอ มักทำให้พวกเขาเสียเปรียบ นอกจากนี้ ความไม่เท่าเทียมที่รับรู้ได้ในระบบความปลอดภัยของอาหารระดับโลกยังทำให้ปัญหาเหล่านี้รุนแรงขึ้น ทำให้ประเทศเหล่านี้ยากขึ้น ในการนำไปปฏิบัติและปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของอาหารระหว่างประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ (P.-C. Athukorala & Jayasuriya, 2003; P. Athukorala & Jayasuriya, 2005)

1.2 ความปลอดภัยอาหารและการเพิ่มมูลค่าเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ช่วยเพิ่มโอกาสทางเศรษฐกิจ

ความปลอดภัยของอาหารเป็นประเด็นที่ซับซ้อนและมีหลายแง่มุม แม้จะมีการรณรงค์เพื่อให้การศึกษา โครงการริเริ่มด้านสาธารณสุข และความก้าวหน้าในการวิจัยด้านจุลชีววิทยามาหลายปีแล้ว แต่โรค ที่เกิดจากอาหารยังคงเป็นแหล่งที่มาสำคัญของโรคของมนุษย์ (Quinlan, 2013; Soon et al., 2011) เหตุการณ์ด้านความปลอดภัยของอาหารที่เกิดขึ้นเมื่อไม่นานมานี้ดึงดูดความสนใจอย่างมาก ทำให้เกิดความสับสนของสาธารณชน และลดความไว้วางใจ ทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและหน่วยงานกำกับดูแล (Hallman, Cuite และ Hooker, 2009b, 2009a) กรณีที่น่าสนใจกรณีหนึ่งเกิดขึ้นเมื่อเกือบสองทศวรรษก่อนเมื่อเกิดการระบาดของเชื้อ Escherichia coli O157:H7 ในแฮมเบอร์เกอร์จากเครือร้านฟาสต์ฟู้ด Jack-in-the-Box ในสหรัฐอเมริกา ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิต 4 ราย และเกิดการเจ็บป่วยหลายร้อยราย ทำให้ความปลอดภัยของอาหารจากจุลินทรีย์ได้รับความสนใจจากสาธารณชนโดยตรง แม้จะมีการตระหนักรู้เพิ่มขึ้น แต่การโน้มน้าวใจผู้ผลิตอาหาร ผู้แปรรูป ผู้ค้าปลีก ผู้ประกอบการบริการอาหาร และแม้แต่ผู้ปรุงอาหารตามบ้านให้ปฏิบัติตามแนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยของอาหารที่ผ่านการรับรองทางวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอยังคงเป็นความท้าทายอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อไม่มีการระบาดใด ๆ เกิดขึ้นในเร็วๆ นี้ ทำให้เกิดความละเลยที่จะให้ความสำคัญกับความปลอดภัย แนวคิดเรื่อง "วัฒนธรรมความปลอดภัยของอาหาร" ยังคงเกิดขึ้นใหม่ และยังไม่มีการสำรวจวิธีการที่มีประสิทธิผลในการปลูกฝังและรักษาวัฒนธรรมนี้ไว้ตลอดทั้งห่วงโซ่อุปทานอาหาร ไม่ว่าจะเป็นการผลิตทางการเกษตร โรงงานแปรรูป เครือข่ายการจัดจำหน่าย ร้านค้าปลีก ร้านอาหาร และครัวเรือน (Hallman, Cuite, Nucci, et al., 2009; Hallman & Cuite, 2009; Kinsey et al., 2009)

แนวคิดเรื่อง "อาหารปลอดภัย" อาจมีความหมายต่างกันไปในแต่ละกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มก็จะมีคำจำกัดความที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับมุมมองของแต่ละคน (Behrens et al., 2015) ผู้บริโภค หน่วยงานกำกับดูแล ผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรม กลุ่มผลประโยชน์เฉพาะ และนักวิชาการ ต่างก็มีมุมมองที่แตกต่างกันในการพิจารณาแนวคิดเรื่องความปลอดภัยของอาหาร ข้อมูลส่วนใหญ่ที่สาธารณชนได้รับเกี่ยวกับ ความปลอดภัยของอาหารนั้นได้รับการถ่ายทอดผ่านสื่อ ซึ่งมีบทบาทที่สำคัญในการสร้างการรับรู้ของสาธารณชนเกี่ยวกับความปลอดภัยของแหล่งอาหาร (Organization & others, 2010) ผู้บริโภค ในฐานะผู้เชื่อมโยงขั้นสุดท้ายในห่วงโซ่อุปทานอาหาร มักจะเป็นกลุ่มที่ถูกความพยายามที่จะทำให้เป็นผู้ให้เกิดความปลอดภัยของอาหาร แต่ความเข้าใจของพวกเขาเกี่ยวกับสิ่งที่ถือเป็น "อาหารปลอดภัย" นั้นมีความหลากหลายและได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น อายุ สุขภาพ พื้นเพทางวัฒนธรรม การศึกษา และการบริโภคสื่อ (Grace, 2016; King et al., 2017) เมื่อผู้บริโภคที่ได้รับการศึกษา ถูกขอให้กำหนดความหมายของอาหารปลอดภัย คำอธิบายของพวกเขาจะเน้นย้ำถึงองค์ประกอบสำคัญหลายประการ ได้แก่ อาหารที่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง รวมถึงการล้างปลา สัตว์ปีก และวัตถุดิบให้สะอาด อาหารที่ปรุงบนพื้นผิวที่สะอาดและภาชนะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และความสำคัญของการล้างมือระหว่างการเตรียมอาหาร ผู้บริโภคจำนวนมากยัง

ต้องย้ำถึงความจำเป็นในการหลีกเลี่ยงการใช้เสื้อผ้าหรือฟองน้ำที่สกปรกซ้ำระหว่างการจัดการอาหาร (Grace, 2015a; Isanovic et al., 2023; Nayak & Waterson, 2019)

สำหรับผู้บริโภคที่มีความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหารหลาย ๆ คน สามัญสำนึกมีบทบาทสำคัญในการทำความเข้าใจเรื่องความปลอดภัยของอาหาร ผู้บริโภคมองหาอาหารที่คงคุณค่าทางโภชนาการ ไว้ได้ แต่ปราศจากสารเคมีอันตราย เช่น ยาฆ่าแมลง และพวกเขาคาดหวังว่าอาหารจะต้องถูกจัดเก็บและจัดจำหน่ายภายใต้การควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อให้แน่ใจถึงความปลอดภัย ผู้บริโภคบางคนคุ้นเคยกับคำว่า "การปนเปื้อน" และนิยามอาหารปลอดภัยว่าเป็นอาหารที่ปราศจากสารปนเปื้อน สำหรับบางคนแนวคิดเรื่องอาหารปลอดภัยนั้นมีความชัดเจนและปฏิบัติได้จริงมากกว่า นั่นคือหมายถึงอาหารที่ไม่ทำให้พวกเขาป่วย สำหรับบุคคลเหล่านี้ อาหารปลอดภัยเกี่ยวข้องกับการซื้อสินค้า เช่น ไก่สดที่ปิดผนึกอย่างถูกต้องและไม่มีการรั่วไหล เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่เสียหายอาจทำให้เกิดความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ได้ (Frewer et al., 2009; Liang & Scammon, 2016; Wilcock & Ball, 2014) ผู้บริโภคมักจะใช้ประสาทสัมผัสของตนเองหากอาหารมีกลิ่นผิดปกติ พวกเขาคิดว่าอาหารนั้นไม่ปลอดภัยที่จะรับประทาน ที่น่าสนใจคือ ผู้บริโภคจำนวนน้อยรายที่กล่าวถึงฉลากอาหารอย่างชัดเจนว่าเป็นองค์ประกอบหลักของความปลอดภัยของอาหาร แต่พวกเขากลับเชื่อว่าพวกเขารู้วิธีจัดการกับอาหารเมื่ออาหารอยู่ในครอบครอง โดยถือว่าอาหารนั้นได้รับการรับรองความปลอดภัยแล้วก่อนที่อาหารจะถึงมือพวกเขา จากมุมมองทางวิชาการ คำจำกัดความของอาหารปลอดภัยนั้น มีความละเอียดอ่อนกว่าและครอบคลุมถึงสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่น ชีวเคมี จุลชีววิทยา พันธุศาสตร์ การแพทย์ และวิทยาศาสตร์การอาหาร เป็นต้น นักวิชาการมักเน้นที่สาขาการวิจัยเฉพาะและคำจำกัดความของอาหารปลอดภัยของนักวิชาการมักถูกกำหนดขึ้นโดยขอบเขตของสาขา ที่เกี่ยวข้อง การวัดความปลอดภัยของอาหารทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปอย่างหนึ่งคืออุบัติการณ์ของโรค ที่เกิดจากอาหาร ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของมาตรการด้านความปลอดภัยของอาหารและเป็นเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการประเมินความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับอาหารประเภทต่างๆ (Liang & Scammon, 2016; Nestle, 2010)

1.2.1 ความปลอดภัยทางอาหารในวัฒนธรรมองค์กร

วัฒนธรรมขององค์กรนั้นถูกกำหนดโดยค่านิยม ความเชื่อ และพฤติกรรมร่วมกันของพนักงานและผู้นำองค์กรในบริบทของความปลอดภัยด้านอาหาร วัฒนธรรมนี้หมายถึง วิธีที่องค์กรมีแนวทางด้านความปลอดภัยด้านอาหารทั้งในกรอบความคิดและการกระทำ และถือเป็นส่วนสำคัญของวัฒนธรรมองค์กรโดยรวม (Liggans & Kim, 2024; Yiannas, 2008) วัฒนธรรมด้านความปลอดภัยด้านอาหารนั้นไม่ได้จำกัดอยู่แค่ส่วนประกอบทางเทคนิคของระบบการจัดการความปลอดภัยด้านอาหารเท่านั้น ซึ่งรวมถึงการปฏิบัติตามกฎระเบียบ ขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐาน นโยบาย การฝึกอบรม และการตรวจสอบ นอกจากนี้ ยังเกี่ยวข้องกับความพยายามในการสื่อสาร ความเข้าใจที่ชัดเจนเกี่ยวกับบทบาทและ ความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่นของผู้บริหารที่แข็งแกร่ง และการยอมรับว่าองค์กรทั้งหมดทำงานเป็นระบบที่เชื่อมโยงกัน ซึ่งสามารถส่งผลต่อผลลัพธ์ด้านความปลอดภัยด้านอาหารได้ การสร้างวัฒนธรรม ด้านความปลอดภัยด้านอาหารนั้นต้องอาศัยการผสมผสานแนวทางปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่ดีที่สุดกับกลยุทธ์การจัดการที่มีประสิทธิภาพและระบบการสื่อสารที่แข็งแกร่ง (Liggans & Kim, 2024)

Griffith & Motarjemi (2023) ระบุปัจจัยสำคัญ 6 ประการที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยของอาหารภายในองค์กร ได้แก่ ความเป็นผู้นำ ระบบและรูปแบบการจัดการด้านความปลอดภัยของอาหาร ความมุ่งมั่นด้านความปลอดภัยของอาหาร สภาพแวดล้อมด้านความปลอดภัยของอาหาร การรับรู้ความเสี่ยง และการสื่อสาร ดังที่ Chris Griffith อดีตนักศึกษาที่ University of Wales Institute Cardiff กล่าวไว้ การพัฒนาค่านิยม ความเชื่อ และทัศนคติด้านความปลอดภัยของอาหารภายในองค์กรนั้นได้รับอิทธิพลอย่างมากจากความรู้ มาตรฐาน แรงจูงใจ และความเป็นผู้นำของ ผู้ที่รับผิดชอบ รวมถึงวิธีที่พวกเขาสื่อสารกับพนักงานจนได้รับความไว้วางใจ

ผู้นำภายในองค์กรมีบทบาทสำคัญในการกำหนดและปลูกฝังวัฒนธรรมความปลอดภัยด้านอาหาร ผู้นำสามารถจะได้รับการสนับสนุนอย่างกว้างขวางจากพนักงานได้ด้วยการแสดงให้เห็นถึงค่านิยมและพฤติกรรมที่พวกเขาต้องการเห็นในผู้อื่น ซึ่งสามารถทำได้โดยการตอบสนองต่อสถานการณ์ที่สำคัญ การเป็นแบบอย่าง การให้คำปรึกษา การจัดสรรทรัพยากร และการเสริมสร้างค่านิยมขององค์กร ผ่านพิธีกรรม เรื่องราว และพิธีการ ผู้นำยังมีอิทธิพลต่อวัฒนธรรมองค์กรด้วยวิธีการคัดเลือก เลื่อนตำแหน่ง และปลดพนักงานออก เพื่อให้วัฒนธรรมความปลอดภัยด้านอาหารก้าวหน้าขึ้น สิ่งสำคัญคือ ผู้ประกอบการต้องเข้าใจความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ของตนและวิธีจัดการ ความเสี่ยงเหล่านั้นอย่างมีประสิทธิผล การมีเจ้าหน้าที่ด้านเทคนิคที่คอยติดตามข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาความปลอดภัยด้านอาหารที่เกิดขึ้น ประเมินขั้นตอนต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ประเมินแนวทางปฏิบัติของ ผู้จัดหาสินค้าและบริการ และติดตามพฤติกรรมของพนักงานผู้ปฏิบัติงานอยู่แถวหน้า ถือเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยด้านอาหารที่แข็งแกร่ง ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคควรสามารถเข้าถึงการวิจัยล่าสุดและเรียนรู้จากการระบาดของโรคจากอาหารในอดีตเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจ (Kim, 2009; Mak & Kim, 2017)

ตัวอย่างของวัฒนธรรมความปลอดภัยด้านอาหารเชิงบวกสามารถเห็นได้ในสถานพยาบาลระยะยาว ผู้ประกอบการสถานพยาบาลอาจให้แนวทางที่ชัดเจนสำหรับการวางแผนเมนูอาหารเพื่อลดความเสี่ยงของ Listeria monocytogenes เช่น แนะนำให้หลีกเลี่ยงการให้บริการเนื้อที่ไม่ผ่านความร้อนให้กับ ผู้อยู่อาศัยที่มีความเปราะบางของร่างกาย และมีภูมิคุ้มกันบกพร่อง แนวทางดังกล่าวจะรวมถึง ไม่เพียงแต่ตัวเลือกและทางเลือกเมนูอาหารที่ปลอดภัยเท่านั้น แต่ยังรวมถึงคำแนะนำสำหรับผู้อยู่อาศัยเกี่ยวกับวิธีการจัดการอาหารที่นำออกจากห้องอาหารและนำกลับไปที่ห้องพักของพวกเขาอย่างถูกต้อง ในสถานการณ์นี้ ทุกคนที่เกี่ยวข้องกับระบบความปลอดภัยด้านอาหารของสถานพยาบาล ตั้งแต่พนักงานในครัวไปจนถึงผู้เชี่ยวชาญด้านการแพทย์ จะได้รับข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นปัจจุบันเกี่ยวกับความเสี่ยงของ Listeria monocytogenes และแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดในการลดความเสี่ยงเหล่านั้น (Coia et al., 2017; Darwin, 2011; Thomas et al., 2012)

1.3 การเพิ่มความปลอดภัยในการผลิตอาหาร: มาตรฐาน หลักการ และการประยุกต์ใช้สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

1.3.1 บทนำ

ในเศรษฐกิจยุคใหม่หลายแห่ง วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ถือเป็นกระดูกสันหลังของระบบเศรษฐกิจ โดยเป็นตัวแทนของธุรกิจส่วนใหญ่และการจ้างแรงงานจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น ในสหภาพยุโรป ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (ที่มีพนักงาน 1-50 คน) คิดเป็น 98.7% ของวิสาหกิจทั้งหมดและจ้างแรงงาน 50.2% ในขณะที่ธุรกิจขนาดกลางและขนาดใหญ่ (ที่มีพนักงานมากกว่า 50 คน) คิดเป็นเพียง 1.3% ของจำนวนธุรกิจทั้งหมด แต่จ้างแรงงานเกือบครึ่งหนึ่งของแรงงานทั้งหมด (Chetty et al., 2024; Randrianarivelo et al., 2022) รูปแบบนี้ยังพบเห็นได้ในประเทศ เช่น นิวซีแลนด์ ซึ่งธุรกิจ 97% จ้างแรงงาน 20 คนหรือน้อยกว่า และคิดเป็นประมาณ 30% ของการจ้างงานทั้งหมดในเมืองเล็ก ๆ และพื้นที่ชนบท วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม มีส่วนสนับสนุนการจ้างงานในท้องถิ่นอย่างมาก โดยคิดเป็นประมาณ 32% ของกำลังแรงงาน และคิดเป็นประมาณ 33% ของยอดขายและรายได้ของประเทศ (Legg et al., 2009; Twinokwikiriza, 2018) ซึ่งทำให้การจัดการความปลอดภัยและการสร้างระบบการทำงานที่ดีต่อสุขภาพในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมกลายเป็นประเด็นสำคัญสำหรับหลายประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อกฎระเบียบที่มีอยู่มักไม่สามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะ ที่วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมเผชิญได้ (Gamage et al., 2020; Kheni et al., 2010)

แม้จะมีความพยายามจากองค์กรในท้องถิ่น ระดับชาติ และระดับนานาชาติในการสนับสนุนการพัฒนาและการเติบโตของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม แต่ทรัพยากรและระบบสนับสนุนยังคง ไม่เพียงพอ การวิจัยได้ย้ำถึงความท้าทายที่เกิดขึ้น

ซ้ำ ๆ ที่นายจ้าง ลูกจ้าง หน่วยงานบังคับใช้กฎหมาย และนักวิจัยเผชิญเมื่อต้องพัฒนาและนำมาตรการด้านความปลอดภัยไปปฏิบัติในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ความท้าทายเหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องจากลักษณะเฉพาะของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เช่น เป็นธุรกิจขนาดเล็ก ทรัพยากรจำกัด และขาดความเชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยเฉพาะทาง ซึ่งสิ่งเหล่านี้มักขัดขวางการนำมาตรการด้านความปลอดภัยที่ปรับให้เหมาะกับองค์กรขนาดใหญ่ ไปปฏิบัติได้สำเร็จ มีข้อสรุปว่า รูปแบบการเข้าแทรกแซงด้านความปลอดภัยที่ออกแบบมาสำหรับธุรกิจขนาดใหญ่ไม่มีประสิทธิภาพในบริบทของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ความยากที่เกิดขึ้น คือ การเข้าถึงธุรกิจที่กระจัดกระจายทางภูมิศาสตร์ อายุการใช้งานที่มักจะสั้น และการขาดความเชี่ยวชาญด้านความปลอดภัย ทำให้วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมต้องจัดการความปลอดภัยของอาหารด้วยตนเอง อย่างไรก็ตาม มีความคืบหน้าบางประการที่เกิดขึ้นจากแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เรียบง่ายและ มีต้นทุนต่ำ ซึ่งมุ่งเป้าไปที่การควบคุมอันตรายเฉพาะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสสารเคมี (Pingault et al., 2017)

เพื่อรับมือกับความท้าทายเหล่านี้ จึงได้มีการพัฒนารูปแบบและวิธีการป้องกันต่าง ๆ ทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ สำหรับใช้กับวิสาหกิจขนาดเล็ก กลยุทธ์ทั่วไป ได้แก่ การใช้รายการตรวจสอบ (checklists) ระบบการจัดการความปลอดภัยอาหาร และโปรแกรมป้องกันอื่นๆ (Legg et al., 2015) การแทรกแซงเพื่อหนุนเสริมเหล่านี้ไม่เพียงแต่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มความปลอดภัยเท่านั้น แต่ยังช่วยให้เจ้าของธุรกิจสามารถรักษาเอกลักษณ์ของตนในฐานะนายจ้างที่มีความรับผิดชอบได้อีกด้วย การทำเช่นนี้จะช่วยให้พวกเขาหลีกเลี่ยงการวิพากษ์วิจารณ์เชิงลบ ปรับปรุงความพึงพอใจของพนักงาน กำหนดมาตรฐานที่ยอมรับในอุตสาหกรรมสำหรับสภาพการทำงานที่ยอมรับได้ และเพิ่มความชอบธรรมในภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง Masi et al. (2014) ระบุปัจจัยสำคัญหลายประการที่ผลักดันประสิทธิภาพ ด้านความปลอดภัยในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม รวมถึงทัศนคติเชิงบวกต่อสุขภาพและ ความปลอดภัย ความพร้อมของแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน การมีส่วนร่วมของผู้บริหารที่กระตือรือร้น การเข้าถึงทรัพยากรทางเศรษฐกิจ การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ และการมีอยู่ของสมาคมหรือที่ปรึกษาในอุตสาหกรรม (Masi et al., 2014) เมื่อพิจารณาจากจำนวนมหาศาล การกระจายทางภูมิศาสตร์ และความหลากหลายของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม การเข้าถึงวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมด้วยการแทรกแซงด้านความปลอดภัยยังคงเป็นความท้าทายที่สำคัญ รูปแบบที่เสนอเพื่อปรับปรุงอาชีวอนามัยและความปลอดภัย (OHS) ในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ควรสร้างขึ้นบนหลักการพื้นฐาน สองประการ ได้แก่ การรับรองมาตรฐานสูงสำหรับสภาพการทำงานที่ยอมรับได้ และการจัดให้มีระบบสนับสนุนที่มีประสิทธิภาพ (M. D. Oliveira et al., 2018; Ulu & Birgün, 2022)

มาตรฐานด้านความปลอดภัยต้องได้รับการกำหนดและสื่อสารอย่างชัดเจนผ่านกฎระเบียบ ซึ่งรวมถึงการตรวจสอบที่มุ่งเป้าไปที่ปัญหาสุขภาพและความปลอดภัยโดยเฉพาะ นำเสนอวิธีแก้ปัญหาที่เป็นรูปธรรม และอำนวยความสะดวกในการแลกเปลี่ยนอย่างเปิดเผยระหว่างหน่วยงานกำกับดูแลและเจ้าของกิจการ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่พันธมิตรทางสังคมในอุตสาหกรรม เช่น สหภาพแรงงานและสมาคม ภาคส่วนต่าง ๆ จะต้องเข้ามามีส่วนร่วมเพื่อให้แน่ใจว่ามาตรฐานความปลอดภัยนั้นมีความเป็นรูปธรรมและบรรลุผลได้ ระบบสนับสนุนควรเสนอเครื่องมือที่เป็นรูปธรรม ซึ่งบูรณาการเข้ากับกลยุทธ์ทางธุรกิจและส่งมอบโดยคนกลางที่มีการติดต่อโดยตรงกับเจ้าของกิจการและเข้าใจบริบททางธุรกิจอย่างดี การวิจัยล่าสุดได้สำรวจพบว่า คนกลางประเภทต่าง ๆ สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างไรเพื่อ ช่วยให้วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมปรับใช้และนำแนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัยของอาหารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Legg et al., 2015)

ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในอุตสาหกรรมอาหาร ถึงจะมีบทบาทสำคัญ ในการผลิต แต่มักได้รับอิทธิพลจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งภายนอกและภายใน เช่น หน่วยงานกำกับดูแล ผู้ตรวจสอบ และกลุ่มอุตสาหกรรม แม้ว่าความปลอดภัยของอาหารจากจุลินทรีย์จะไม่ได้เกิดขึ้น โดยธรรมชาติในวิธีการที่องค์กรขนาดเล็กเหล่านี้ใช้ แต่หลายองค์กรยังคงต้องพึ่งพาคำแนะนำของรัฐบาลและการกำกับดูแลจากบุคคลภายนอกเพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์ของตนเป็นไปตามมาตรฐานความ

ปลอดภัย (Humphrey, 2012) อย่างไรก็ตาม การระบาดของโรคจากอาหารสามารถตรวจสอบย้อนกลับไปยังแหล่งผลิตทางเกษตรกรรม ผู้แปรรูป และผู้ค้าปลีกที่ได้รับการรับรอง ซึ่งเป็นการย้ำว่าการรับรองเพียงอย่างเดียวไม่สามารถรับประกันความปลอดภัยได้ รายงานในปี 2551 (ค.ศ.2008) ของสำนักงานตรวจสอบอิสระของรัฐสภา ประเทศสหรัฐอเมริกาเน้นย้ำว่า แม้ว่าผู้ตรวจสอบจะมีบทบาทสำคัญในการติดตามการปฏิบัติตาม แต่ความรับผิดชอบหลักด้านความปลอดภัยของอาหารก็ยังตกอยู่ที่ผู้ผลิตอาหาร (Powell et al., 2013) Frank Yiannas อดีตประธานสมาคมระหว่างประเทศเพื่อ การคุ้มครองอาหาร (International Association for Food Protection) โต้แย้งไว้ในหนังสือของเขาเรื่อง “วัฒนธรรมความปลอดภัยด้านอาหาร: การสร้างระบบการจัดการความปลอดภัยด้านอาหาร ตามพฤติกรรม” (Food Safety Culture: Creating a Behavior-based Food Safety Management System) ว่า ระบบความปลอดภัยด้านอาหารขององค์กรจะต้องบูรณาการเข้ากับวัฒนธรรมขององค์กรอย่างลึกซึ้ง (Yiannas, 2008) เขาเน้นย้ำว่าการบรรลุความสำเร็จด้านความปลอดภัยด้านอาหารต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงจากวิธีการฝึกอบรม การทดสอบ และการตรวจสอบแบบเดิม ๆ แต่ควรจะไปเน้นความปลอดภัยของอาหารที่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม โดย Yiannas กล่าวว่า "ความปลอดภัยของอาหารเท่ากับพฤติกรรม" มุมมองนี้สอดคล้องกับการระบุปัจจัยหลัก 5 ประการขององค์การอนามัยโลก (2006) ที่ก่อให้เกิดโรคจากอาหาร ได้แก่ การปรุงอาหารที่ไม่เหมาะสม การใช้อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมระหว่างการจัดเก็บ สุขอนามัยที่ไม่ดีของผู้จัดการอาหาร การปนเปื้อนข้ามระหว่างอาหารดิบและอาหารพร้อมรับประทาน และการจัดหาอาหารจากผู้จัดหาที่ไม่ปลอดภัย พฤติกรรมเหล่านี้สามารถได้รับอิทธิพลและเปลี่ยนแปลงได้โดยการเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมองค์กร ซึ่งเน้นย้ำถึงความสำคัญของ การส่งเสริมวัฒนธรรมความปลอดภัยด้านอาหารที่เข้มแข็งในทุกส่วนของการผลิตอาหารและห่วงโซ่อุปทาน (Isanovic et al., 2023; Yiannas, 2015)

1.3.2 ความสำคัญของความปลอดภัยของอาหารในการผลิตอาหาร

แนวคิดเรื่อง "อาหารปลอดภัย" เป็นแนวคิดที่ซับซ้อนและมีหลายแง่มุม ซึ่งถูกกำหนดโดยมุมมองและ คำจำกัดความของกลุ่มต่างๆ รวมถึงผู้บริโภค กลุ่มมีผลประโยชน์เฉพาะ นักวิชาการ หน่วยงานกำกับดูแล และอุตสาหกรรมอาหาร ความพยายามใด ๆ ในการกำหนดอาหารปลอดภัยในแง่ที่ง่าย ย่อมล้มเหลวอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากความปลอดภัยของอาหารครอบคลุมปัจจัยต่าง ๆ มากมาย จากการประชุมเชิงปฏิบัติการด้านความปลอดภัยอาหารของสถาบันจุลชีววิทยาแห่งอเมริกาในปี 1998 ระบุว่า อาหารปลอดภัย คือ อาหารที่เมื่อจัดการอย่างถูกต้องในทุกขั้นตอนตั้งแต่การผลิตจนถึง การบริโภคแล้ว มีโอกาสน้อยมากที่จะทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยหรืออันตราย แม้ว่าเป้าหมายของ การจัดหาอาหารปลอดภัยจะเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป แต่เกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดว่าอาหาร "ปลอดภัย" กำลังพัฒนาและมีความละเอียดอ่อนมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามมาตรฐานความปลอดภัยที่ปรับปรุงขึ้น อย่างไรก็ตาม ความท้าทายเกิดขึ้นเมื่อความเสี่ยงที่รับรู้ได้ซึ่งมักได้รับแรงผลักดันจากการรายงานข่าวสารมีอิทธิพลต่อความคิดเห็นของสาธารณะ และนำไปสู่การจัดสรรทรัพยากรที่ไม่สมดุล เพื่อตอบสนองต่อความกังวลเหล่านั้น การรับรู้ว่าอาหารไม่ปลอดภัยอาจแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนักการเมืองและหน่วยงานกำกับดูแลเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ปัญหาในความคิดของสาธารณชนยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น (Bazzan, 2019; Eruaga, 2024; Paul, 2009)

ตัวอย่างที่ดีของแนวทางการพัฒนาด้านความปลอดภัยของอาหารสามารถเห็นได้จากการใช้มาตรฐานการปฏิบัติงานสำหรับเชื้อก่อโรค เช่น Salmonella และ Escherichia coli ในแหล่งอาหารของประเทศสหรัฐอเมริกา มาตรฐานเหล่านี้ซึ่งอิงตามจำนวนจุลินทรีย์และข้อมูลการแพร่ระบาด สะท้อนถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในหมู่หน่วยงานกำกับดูแลในการวัดปริมาณความปลอดภัยของอาหาร อย่างไรก็ตาม ผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยอาหารมีความเห็นพ้องต้องกันว่าการทดสอบจุลินทรีย์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถรับประกันความปลอดภัยของอาหารได้ การสุ่มตัวอย่างตามปกติเผยให้เห็นข้อจำกัดของ การทดสอบในฐานะเครื่องมือที่ชัดเจนในการรับรองความปลอดภัย ตัวอย่างเช่น เชื้อก่อโรค เช่น E. coli O157:H7 ในเนื้อบดหรือ Listeria

monocytogenes ในอาหารที่ปรุงสุก มักพบในความเข้มข้นต่ำมาก โดยทั่วไปต่ำกว่า 0.1% แม้จะทดสอบอย่างละเอียดถี่ถ้วนแล้ว (เช่น 60 ตัวอย่างต่อล็อต) โอกาสในการตรวจพบเชื้อก่อโรคเหล่านี้ยังคงต่ำกว่า 10% (Ehuwa et al., 2021; Lammie & Hughes, 2016; Todd, 2004) บริษัทเอกชนส่วนใหญ่มักทำการทดสอบน้อยกว่า (โดยมากจะทำ 3-5 ครั้งต่อล็อต) เพื่อยืนยันว่าระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤต (HACCP) ทำงานได้อย่างถูกต้อง แต่แนวทางนี้ยังคงทำให้เกิดความไม่แน่นอนอย่างมากเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหาร นอกจากนี้ เชื้อก่อโรคอาจไม่กระจายตัวอย่างเท่าเทียมกันในอาหารที่ปนเปื้อน ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของ การทดสอบเพื่อรับประกันความปลอดภัยมีจำกัดยิ่งขึ้น ความแตกต่างในวิธีการตัดสินความปลอดภัยของอาหารทั่วโลกก็มีแนวโน้มที่จะยังคงมีอยู่ต่อไป ตัวอย่างเช่น ยังคงมีความขัดแย้งระหว่างสหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรปเกี่ยวกับความปลอดภัยของการใช้ฮอร์โมนในเนื้อวัวและสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (GMO) ความแตกต่างเหล่านี้ยังคงมีอยู่แม้จะมีกลไก เช่น ระบบการระงับข้อพิพาทขององค์การการค้าโลก (WTO) เพื่อแก้ไขข้อขัดแย้งดังกล่าว โดยทั่วไป แนวทางด้านความปลอดภัยอาหารของยุโรปและอเมริกามีความแตกต่างกันอย่างมาก ปัจจัยทางวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์มักมีบทบาทในการตัดสินใจมากพอ ๆ กับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (Anyshchenko & Yarnold, 2021; Carlarne, 2007; Fabrizi, 2021; Quintillhn, 1999)

อุตสาหกรรมอาหารโลกดำเนินงานในสภาพแวดล้อมที่นโยบาย ระเบียบ ข้อบังคับ แนวทาง และความคิดริเริ่มด้านการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของอาหารได้รับการปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การปรับปรุงเหล่านี้อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของห่วงโซ่อุปทานอาหาร หรือหากไม่ได้รับการปรับให้สอดคล้องกันทั่วโลกและสื่อสารให้ผู้บริโภคทราบอย่างชัดเจน อาจทำให้เกิดความซับซ้อนและความสับสนมากขึ้น ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งของความท้าทายด้านความปลอดภัยของอาหารในทศวรรษหน้า คือ ความต้องการอาหารทั่วโลกและการค้าระหว่างประเทศที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า การเติบโตดังกล่าวคาดว่าจะเพิ่มความเสี่ยงของโรคที่เกิดจากอาหารอย่าง มีนัยสำคัญ (Quested et al., 2010; Van Boxstael et al., 2013) ปัจจัยอื่นๆ ที่เป็นความท้าทาย ที่สำคัญต่อความปลอดภัยของอาหาร ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเกิดขึ้นของเชื้อโรคและสารพิษใหม่ ประชากรสูงอายุ และผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่องที่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงความต้องการของผู้บริโภค เช่น ความต้องการอาหารสดและอาหารแปรรูปน้อยที่สุดที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความพยายามด้านความปลอดภัยของอาหารมีความซับซ้อนมากขึ้น (Dong et al., 2015; King et al., 2017)

เทคโนโลยีใหม่ ๆ มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงการผลิต การแปรรูป และบรรจุภัณฑ์อาหาร แต่ความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยและการรับรู้ของสาธารณชนยังคงเป็นความท้าทายสำหรับทั้งอุตสาหกรรมอาหารและหน่วยงานกำกับดูแล ขนาดของการเปลี่ยนแปลงจำเป็นที่จะต้องชี้ให้เห็นความท้าทาย ในการแก้ไขปัญหาที่เชื่อมโยงกันเหล่านี้เทียบกับการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ในช่วงการปฏิวัติเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในอดีต เช่น การปฏิวัติอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมในศตวรรษที่ 18 และ 19 และการปฏิวัติสีเขียวในศตวรรษที่ 20 (Dutta et al., 2023; Hecht, 2014) ในขณะที่การค้าอาหารทั่วโลกขยายตัว ความปลอดภัยของอาหารจึงกลายเป็นปัญหาสำคัญสำหรับทั้งประเทศพัฒนาแล้วและกำลังพัฒนา นอกเหนือจากผลกระทบที่ชัดเจนต่อสุขภาพและชีวิตแล้ว โรคอันเนื่องมาจากอาหารยังส่งผลกระทบเชิงลบต่อเศรษฐกิจ การค้า และอุตสาหกรรมอีกด้วย ต้นทุนของการระบาดของโรคจากอาหารอาจสูงมาก รวมถึงค่าใช้จ่ายทางการแพทย์ การสูญเสียผลผลิต ต้นทุนต่อธุรกิจที่ได้รับผลกระทบ (เช่น การเรียกคืนสินค้าและความเสียหายต่อตราสินค้า) และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากหน่วยงานสาธารณสุข ในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาค และระดับประเทศ (Dhurandhar et al., 2015; Kassebaum et al., 2017) แม้ว่าความมั่นคงด้านอาหารจะเป็นปัญหาที่ทั้งประเทศผู้นำเข้าและส่งออกต่างกังวลร่วมกัน แต่หลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศที่มีระบบความปลอดภัยด้านอาหารที่พัฒนาน้อยกว่าก็ขาดกลไกการเฝ้าระวังและการรายงานที่จำเป็นในการติดตามและจัดการโรคจากอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ การบังคับใช้มาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารที่เข้มแข็งควบคู่ไปกับเครือข่ายการเฝ้าระวังที่แข็งแกร่งถือเป็นสิ่งจำเป็นในระดับชาติ ระดับภูมิภาค และระดับโลก เพื่อจัดการกับความเสี่ยงเหล่านี้ (Faour-Klingbeil & CD Todd, 2020;

King et al., 2017) ในธุรกิจอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมยังคงมีช่องว่าง ที่สำคัญในด้านความรู้ด้านความปลอดภัยด้านอาหาร งานวิจัยแสดงให้เห็นว่าเจ้าของธุรกิจอาหาร ร้อยละ 62 ในองค์กรเหล่านี้ขาดความรู้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการปฏิบัติตามกฎระเบียบ ซึ่งตอกย้ำ ผลการศึกษาก่อนหน้านี้เกี่ยวกับกฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อมในธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เจ้าของธุรกิจขนาดเล็กจำนวนมากไม่มั่นใจเกี่ยวกับความเกี่ยวข้องและความสำคัญของกฎระเบียบด้าน ความปลอดภัยของอาหารบางประเภท ซึ่งมักส่งผลให้ระดับการปฏิบัติตามกฎระเบียบต่ำ ในกรณีศึกษาธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เจ้าของธุรกิจร้อยละ 83 แสดงความไม่ไว้วางใจในข้อกำหนด ทางกฎหมายที่ควบคุมความปลอดภัยของอาหาร (Ahinful, 2018; Fairman & Yapp, 2004)

1.3.3 มาตรฐานอาหารนานาชาติและแนวปฏิบัติทั่วไปด้านอาหาร

ตามข้อมูลขององค์การอนามัยโลก (WHO) โรคที่เกิดจากอาหารส่งผลกระทบต่อประชากรโลกจำนวนมาก โดยมีประชากรประมาณ 600 ล้านคน ล้มป่วยในแต่ละปี ส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตประมาณ 420,000 ราย ประเทศกำลังพัฒนาได้รับผลกระทบจากโรคเหล่านี้อย่างไม่สมดุล เนื่องจากมักขาดโครงสร้างพื้นฐานและทรัพยากรที่จำเป็นในการจัดการความปลอดภัยของอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ การเรียกคืนอาหารเกิดขึ้นเมื่อพบว่าผลิตภัณฑ์ไม่ปลอดภัย ซึ่งมักเกิดจากการปนเปื้อนหรืออันตรายอื่น ๆ และอาจเริ่มต้นโดยผู้ผลิต หน่วยงานของรัฐ หรือผ่านการร้องเรียนของผู้บริโภคในประเทศพัฒนาแล้ว ระบบการกำกับดูแลและหน่วยงานตรวจสอบที่เข้มแข็ง เช่น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาและหน่วยงานความปลอดภัยด้านอาหารแห่งสหภาพยุโรป จะมีการดำเนินการเพื่อให้มั่นใจว่าอาหารมีความปลอดภัย (Brown & Chan, 2010; Buckley & Riviere, 2012) อย่างไรก็ตาม ในประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศ ระบบความปลอดภัยของอาหารอาจยังไม่ได้รับการพัฒนา ทำให้มีอัตราการเจ็บป่วยจากอาหารสูงขึ้นและมีการเรียกคืนผลิตภัณฑ์บ่อยขึ้น การเรียกคืนอาหารล่าสุด รวมถึงกรณีการปนเปื้อนของเชื้อ Salmonella ในขนมสัตว์เลี้ยง หัวหอม และลูกพีชในสหรัฐอเมริกา ปัญหาเชื้อ Listeria ในชีสและผลิตภัณฑ์เนื้อหมูในยุโรป แป้งสาลีปนเปื้อนด้วยเศษโลหะในอินเดีย และการปนเปื้อนของเชื้อ Salmonella ที่อาจเกิดขึ้นในนมผงในไนจีเรีย (Lee et al., 2023) กรณีเหล่านี้ได้เน้นถึง ความจำเป็นอย่างยิ่งในการใช้มาตรการด้านความปลอดภัยของอาหารที่เข้มงวดและระบบตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพเพื่อป้องกันและแก้ไขความเสี่ยงจากการปนเปื้อนทั่วโลก แม้จะมีทรัพยากรต่าง ๆ มากมายที่มุ่งหวังที่จะปรับปรุงความปลอดภัยของอาหาร รวมถึงกฎหมาย นโยบาย มาตรฐาน แนวทางปฏิบัติสำหรับการนำระบบความปลอดภัยของอาหาร โปรแกรมการฝึกอบรมพนักงาน และการตรวจสอบไปใช้ แต่โรคจากอาหารยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและน่าตกใจ, 2011; Lufu et al., 2020) การระบาดเหล่านี้ทำให้เกิดวิกฤตด้านสาธารณสุขที่สำคัญ การเรียกคืนสินค้าที่มีต้นทุนสูง และการสูญเสียความไว้วางใจของผู้บริโภคที่มีต่อทั้งผู้ผลิตและตราสินค้าของอาหาร ระบบการจัดการความปลอดภัยของอาหารเป็นแนวทางที่มีโครงสร้างที่ออกแบบมาเพื่อจัดการและบรรเทาความเสี่ยงด้านความปลอดภัยของอาหารภายในสถานประกอบการอาหารเพื่อให้แน่ใจว่าอาหารที่ผลิตขึ้นนั้นปลอดภัยสำหรับการบริโภค ธุรกิจอาหารทั้งหมดจำเป็นต้องจัดตั้ง นำไปปฏิบัติ และบำรุงรักษาระบบการจัดการความปลอดภัยของอาหารโดยยึดตามหลักการของการวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤต (HACCP)

หน่วยงานที่กำกับดูแลการผลิตอาหารจะเน้นที่ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ เช่น สารเคมีทางการเกษตร ฮอร์โมนสัตว์ สารปนเปื้อนในอาหาร และยาปฏิชีวนะในการกำหนดความปลอดภัยของอาหาร ในสภาพแวดล้อมการแปรรูป หน่วยงานเหล่านี้มักจะจัดการกับอันตรายทางจุลชีววิทยา เคมี และกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาหาร คำจำกัดความของหน่วยงานกำกับดูแลสำหรับอาหารปลอดภัยมักอิงตามมาตรฐานที่กำหนดโดยองค์กรระดับโลก เช่น องค์การอนามัยโลก (WHO) คณะกรรมาธิการยุโรป และสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา รวมถึงกฎระเบียบการค้าระหว่างประเทศ ตัวอย่างเช่น มาตรฐานความปลอดภัยของอาหารที่กำหนดโดยคณะกรรมาธิการมาตรฐาน Codex Alimentarius

ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (CAC) ใช้เป็นแนวทางปฏิบัติระหว่างประเทศที่ใช้ในการแก้ไขข้อพิพาททางการค้า ปัจจุบัน หน่วยงานกำกับดูแลบางแห่งยังใช้ การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณเพื่อกำหนดความปลอดภัยของอาหารและกำหนดกลยุทธ์ การแทรกแซงที่มีประสิทธิผลที่สุดอีกด้วย การประเมินความเสี่ยงทางวิทยาศาสตร์กลายเป็นศูนย์กลางของแนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัยของอาหารทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังจากที่องค์การการค้าโลก (WTO) นำข้อตกลงว่าด้วยการบังคับมาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืชมาใช้ (Fink, 2023; Fortin, 2023; Halabi, 2015) ในระดับเริ่มต้นของการผลิตอาหาร เกษตรกรและเจ้าของคอกปศุสัตว์มีบทบาทสำคัญในการกำหนดความปลอดภัยของอาหาร แนวทางปฏิบัติของเกษตรกร เช่น การใช้สารเคมีในการปรับปรุงดินหรือฮอร์โมนในการผลิตสัตว์ ถือเป็นหัวใจสำคัญในการรักษาความปลอดภัยของอาหารในขั้นตอนนี้ อาหารที่ปลอดภัยสำหรับผู้ผลิตเหล่านี้หมายถึง การใช้วิธีการผลิตในทางปฏิบัติที่สร้างสมดุลระหว่างแรงกดดันทางเศรษฐกิจกับความจำเป็นในการควบคุมอันตราย โดยมักจะต้องพึ่งพาสารเคมีที่ได้รับการอนุมัติจากรัฐบาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สูงสุด แม้ว่าความปลอดภัยทางจุลชีววิทยาจะได้รับการเน้นย้ำในระดับนี้น้อยกว่าในอดีต แต่ก็มีการยอมรับมากขึ้นถึงความสำคัญของเกษตรกรและเจ้าของคอกปศุสัตว์ในการรับรองความปลอดภัยของอาหารผ่านแนวทางปฏิบัติของพวกเขาในอุตสาหกรรมอาหารที่กว้างขึ้น ความปลอดภัยของอาหารถูกกำหนดโดยแนวทางปฏิบัติเฉพาะสำหรับวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป มาตรฐานอุตสาหกรรมเหล่านี้ระบุขีดจำกัดที่ยอมรับได้สำหรับสารปนเปื้อนทางเคมี เช่น ยาฆ่าแมลงและฮอร์โมน อันตรายทางกายภาพ เช่น กระดูกหรือเศษโลหะ และความเสี่ยงทางจุลชีววิทยา เช่น ลิสทีเรีย โมโนไซโทจีนส์ และซัลโมเนลลา (Listeria monocytogenes and Salmonella) (Mansour, 2011)

อุตสาหกรรมอาหารยังกำหนดนิยามของอาหารที่ปลอดภัยผ่านกลยุทธ์ที่ใช้เพื่อลดเชื้อโรคในระหว่าง การแปรรูป ไม่ว่าจะผ่านวิธีการที่ได้รับการยอมรับแล้ว เช่น การพาสเจอร์ไรเซชัน หรือเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น การฉายแสงพลังงานสูงแบบพัลส์ ความปลอดภัยของอาหารในส่วนนี้จะครอบคลุมทุกขั้นตอนของห่วงโซ่อุปทานอาหาร ตั้งแต่การผลิตและการแปรรูป ไปจนถึงการจัดจำหน่าย การค้าปลีก และบริการด้านอาหาร รวมถึงอุตสาหกรรมที่สนับสนุนการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ และการใช้ผลพลอยได้เพื่อวัตถุประสงค์ที่ไม่ใช่เป็นอาหาร เช่น การดูแลสุขภาพและเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม (A. K. Das et al., 2019) บริษัทเทคโนโลยีขนาดเล็กหลายแห่งได้พัฒนาแนวทางแก้ปัญหาเฉพาะผลิตภัณฑ์สำหรับการตรวจสอบย้อนกลับ โดยผู้ค้าปลีกบางรายประสบความสำเร็จจากการนำวิธีการเหล่านี้ไปใช้กับผลิตภัณฑ์แต่ละรายการ เช่น มะม่วงหรือเนื้อหมู อย่างไรก็ตาม การมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่จากทุกฝ่ายในห่วงโซ่อุปทานเป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อให้แน่ใจว่ามีการป้อนข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วน ซึ่งยังคงเป็นความท้าทายที่สำคัญในการทำให้การตรวจสอบย้อนกลับ (ไม่ว่าจะผ่านบล็อกเชนหรือวิธีการอื่น ๆ) เป็นแนวปฏิบัติมาตรฐาน ผู้ค้าปลีกบางรายดำเนินการท้าทายการตรวจสอบย้อนกลับสำหรับผลิตภัณฑ์เฉพาะเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบที่ตนมีอยู่ ความท้าทายเหล่านี้ยังช่วยรักษาความสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องกับ ผู้จัดหาสินค้าและองค์ความรู้ที่ต่อเนื่องเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต (Khaliq et al., 2023)

ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับลูกค้าและผู้บริโภคโดยทั่วไปจะอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบร่วมกันของแผนกการตลาดและแผนกวิจัยและพัฒนา (R&D) แม้ว่าในร้านค้าปลีกและแผนกบริการอาหาร ฝ่ายประกันคุณภาพมักจะรับหน้าที่ด้านการวิจัยและพัฒนาแทนวิธีการต่าง ๆ ในการรับรองความเกี่ยวข้องกับผู้บริโภคนั้นสามารถแตกต่างกันไปตั้งแต่การทดสอบผลิตภัณฑ์ภายในองค์กรแบบง่าย ๆ โดยใช้ตัวอย่างที่จัดหาจากภายนอก ไปจนถึงเทคนิคการออกแบบผลิตภัณฑ์ขั้นสูงและคณะผู้เชี่ยวชาญ ในบางกรณี การพัฒนาผลิตภัณฑ์จะดำเนินการร่วมกับลูกค้าเพื่อให้เข้าใจถึงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งในสภาพแวดล้อมในครัวและที่บ้านได้ดียิ่งขึ้น แนวทางเชิงโครงสร้างที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร แม้ว่าจะไม่ได้นำไปใช้กันอย่างแพร่หลายก็คือการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment หรือ QFD) โดยใช้ข้อมูลของลูกค้าหรือผู้บริโภคมาใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ วิธีการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อแปล "เสียงของลูกค้า" ให้เป็นลักษณะเฉพาะของการออกแบบผลิตภัณฑ์ รวมถึงวัตถุดิบ การแปรรูป บรรจุภัณฑ์ การจัดจำหน่าย และการนำเสนอผ่านขั้นตอนต่างๆ แม้ว่า QFD จะพิจารณาปฏิสัมพันธ์

ระหว่างองค์ประกอบการออกแบบโดยใช้ "หลังคา" ของ "บ้านแห่งคุณภาพ" แต่ความซับซ้อนของ QFD ก็จำกัดการใช้งานอย่างแพร่หลาย กล่าวได้ว่าผู้ผลิตสินค้ารายใหญ่ที่มีทรัพยากรมากขึ้นได้มีการใช้ QFD อย่างประสบความสำเร็จ โดยมองว่าเป็นการลงทุนที่จำเป็นต่อการเติบโตของตราสินค้าของตน (Arcidiacono et al., 2024; Megel, 2011)

เมื่อผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด ระบบการรับข้อเสนอแนะจากลูกค้าจะถูกใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อติดตามข้อร้องเรียน ข้อเรียกร้องและการให้ความคิดเห็นที่เป็นระบบ คำตอบเหล่านี้จะให้ข้อมูลเชิงลึกอันมีค่าสำหรับธุรกิจ แม้ว่าความซับซ้อนของระบบการรวบรวม การวิเคราะห์ และระบบการตอบสนองข้อมูลจะแตกต่างกันอย่างมาก ความท้าทาย คือ การวิเคราะห์แนวโน้มโดยอิงจากคำตอบต่อหน่วยสินค้า ที่ขายไป ซึ่งผู้ผลิตอาจติดตามได้ยาก เนื่องจากไม่ทราบว่าผลิตภัณฑ์ถูกขายให้กับผู้บริโภคปลายทางเมื่อใด มีความพยายามจะประมาณระยะเวลาหน่วงเฉลี่ยระหว่างการผลิตและการใช้งานของผู้บริโภค แต่แนวทางนี้ก็ให้ค่าที่ไม่แม่นยำ นอกจากนี้ พฤติกรรมการร้องเรียนยังแตกต่างกันไปในแต่ละภูมิภาค ตัวอย่างเช่น ในยุโรป อัตราการร้องเรียนมักมีสูงที่สุดในสหราชอาณาจักร และต่ำกว่ามากในประเทศแถบเมดิเตอร์เรเนียน ในทั่วโลก อัตราการร้องเรียนอาจแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างประเทศต่าง ๆ เช่น สหรัฐอเมริกาเทียบกับคอสตาริกาหรือฟิลิปปินส์ แม้ว่าจะเป็นการขายผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันก็ตาม (Beneria et al., 2012) ความแตกต่างเหล่านี้บ่งชี้ว่า อัตราการร้องเรียนไม่ได้สะท้อนเพียงอัตราความล้มเหลวของผลิตภัณฑ์เท่านั้น แต่ยังสะท้อนถึงความแตกต่างทางวัฒนธรรมและพฤติกรรม ในการตอบสนองของผู้บริโภคต่อปัญหาของผลิตภัณฑ์อีกด้วย ที่น่าสนใจ คือ ผู้บริโภคในประเทศที่มีอัตราการร้องเรียนต่ำกว่าอาจมีแนวโน้มที่จะไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ซ้ำหลังจากประสบการณ์เชิงลบเช่นเดียวกับ ผู้บริโภคในประเทศที่มีอัตราการร้องเรียนสูงกว่า

การรับรองระบบคุณภาพ เช่น ISO 9001 มักกำหนดให้บริษัทต่าง ๆ ต้องใช้ระบบติดตามความพึงพอใจของลูกค้าที่ไม่ใช่แค่การยอมรับการออกแบบและบันทึกข้อร้องเรียนเท่านั้น แต่ยังต้องมีการติดตามและเปรียบเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรมและความคาดหวังของผู้บริโภคอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งดำเนินการติดตามที่เหมาะสม แม้ว่าประเด็นต่าง ๆ เช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์ ข้อเสนอแนะจากลูกค้า และ การติดตามข้อร้องเรียน จะมีความสำคัญ แต่ก็ไม่ได้เป็นเครื่องมือมาตรฐานในโครงการรับรองเสมอไป อย่างไรก็ตาม มาตรฐานของโครงการริเริ่มความปลอดภัยด้านอาหารระดับโลก (Global Food Safety Initiative - GFSI) กำหนดให้บริษัทต่าง ๆ ต้องเน้นที่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่และข้อเสนอแนะ จากลูกค้าบริษัทต่างๆ ที่นำระบบการจัดการคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารไปใช้ต้องสร้างแนวทางของตนเอง โดยผสมผสานองค์ประกอบเหล่านี้ในลักษณะที่เหมาะสมกับการดำเนินงานของตน ความโปร่งใสและความรับผิดชอบเป็นสิ่งสำคัญในการรับรองความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์และวัสดุ ตลอดห่วงโซ่คุณค่าของอาหาร ซึ่งหมายความว่าบริษัทต่าง ๆ จะต้องให้ข้อมูลที่ชัดเจนและเข้าถึงได้เกี่ยวกับปัจจัยและเงื่อนไขที่ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของอาหาร คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และการตรวจสอบย้อนกลับในแต่ละชุดของการผลิต โครงการรับรองจำนวนมากได้รับการออกแบบมาเพื่อช่วยตอบสนองข้อกำหนดด้านความโปร่งใสนี้ ตัวอย่างเช่น การรับรองที่ได้รับการยอมรับจาก GFSI มักถูกมองว่าเป็นตัวบ่งชี้ความมุ่งมั่นของบริษัทที่มีต่อคุณภาพ ความปลอดภัย และสุขอนามัย แม้ว่ากระบวนการตรวจสอบหรือการรับรองจะไม่สามารถรับประกันได้ว่าเงื่อนไขของผลิตภัณฑ์แต่ละชุดของการผลิตนั้นสมบูรณ์แบบ แต่ความถี่ของการตรวจสอบและการตรวจสอบด้วยตนเองในกระบวนการรับรองนั้นให้ระดับสร้างความมั่นใจที่สมเหตุสมผลได้ (Crandall et al., 2012; Gerardi, 2023)

อย่างไรก็ตาม เมื่อจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยอย่างแม่นยำ ลูกค้าจะคาดหวังข้อมูลที่มีรายละเอียดมากขึ้น ระดับความโปร่งใสที่จำเป็นนั้นขึ้นอยู่กับระดับของการบูรณาการในห่วงโซ่อุปทาน ตัวอย่างเช่น ในการดำเนินการที่บูรณาการในแนวตั้งอย่างสมบูรณ์ ผู้ขายขั้นสุดท้ายจะเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่อุปทานที่มีการควบคุม ซึ่งเงื่อนไขและปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดเป็นที่ทราบและสามารถบันทึกเป็น ส่วนหนึ่งของประวัติผลิตภัณฑ์ได้ ในกรณีนี้ การทดสอบการยอมรับโดยทั่วไปไม่จำเป็น เนื่องจากบันทึกมีรายละเอียดที่จำเป็นทั้งหมด เช่น การใช้สารเคมีบางชนิดกับพืชผลหรือไม่ หากไม่มีการใช้ยาฆ่าแมลงที่มีคลอรีนก็จะไม่

จำเป็นต้องทดสอบในภายหลัง ในทางตรงกันข้าม ในกรณีที่มีตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ (เช่น ระดับปรอทในปลาที่จับได้จากธรรมชาติ) การทดสอบอาจดำเนินการในช่วงต้นของห่วงโซ่อุปทาน แต่เพียงครั้งเดียวเท่านั้น สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ซื้อในตลาดเปิดมักจะสูญเสียการตรวจสอบย้อนกลับ ทำให้ยากที่จะทราบว่าผลิตภัณฑ์แต่ละชุดมีการผลิตภายใต้เงื่อนไขเดียวกันหรือไม่ ในกรณีดังกล่าว การทดสอบการยอมรับจะกลายเป็นวิธีหลักในการรับรองความปลอดภัยและคุณภาพในแต่ละขั้นตอนของห่วงโซ่อุปทาน ตัวอย่างเช่น เมื่อซื้อน้ำมันพืชในตลาดโลก การตรวจสอบย้อนกลับอาจเป็นเรื่อง ท้าทาย แต่กฎระเบียบระหว่างประเทศกำหนดให้เรือที่บรรทุกน้ำมันพืชต้องบันทึกสินค้าที่บรรทุกก่อนหน้านี้ ขั้นตอนการทำความสะอาด และการทดสอบการยอมรับ การทดสอบในกรณีนี้ทำได้ง่ายขึ้น เนื่องจากสารปนเปื้อนมักกระจายตัวสม่ำเสมอในน้ำมัน และเทคนิคขั้นสูง เช่น โครมาโทกราฟี (chromatography) และแมสสเปกโตรเมทรี (mass spectrometry) สามารถคัดกรองสิ่งเจือปนได้อย่างรวดเร็วและครอบคลุม (Jennings et al., 2016; Shepherd et al., 2017)

โครงการริเริ่มความปลอดภัยด้านอาหารระดับโลก (GFSI) เป็นแพลตฟอร์มที่ขับเคลื่อนโดยธุรกิจซึ่งมุ่งที่จะปรับปรุงระบบการจัดการความปลอดภัยของอาหารทั่วโลก GFSI รวบรวมผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยอาหารจากทั่วโลกเพื่อกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของอาหารในห่วงโซ่อุปทาน เปรียบเทียบระบบความปลอดภัยอาหารต่าง ๆ สร้างขีดความสามารถของธุรกิจขนาดเล็ก และมุ่งเน้นที่การเพิ่มขีดความสามารถของผู้ตรวจสอบ เป้าหมายคือ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในความปลอดภัยของอาหารทั่วโลก (ดูเว็บไซต์ของ GFSI)

มาตรฐานที่ได้รับการยอมรับจาก GFSI ได้รับการพัฒนาเพื่อการรับรองโดย:

(1) มาตรฐานสมาคมค้าปลีกอังกฤษ BRC Global Standards: https://www.brcgs.com/
(2) มาตรฐานการผลิตผลไม้และพืชผักของประทศแคนาดา CANADAGAP: https://www.canadagap.ca/
(3) มาตรฐานการรับรองความปลอดภัยสำหรับการผลิตอาหาร Food Safety System Certification 22000: https://www.fssc22000.com/ และ https://www.fssc22000.com/developmentprogram/
(4) มาตรฐานการแปรรูปอาหารทะเลของกลุ่มพันธมิตรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำระดับโลก Global Aquaculture Alliance Seafood Processing Standard: https://www.aquaculturealliance.org/ และ Global GAP: https://www.globalgap.org/uk_en/
(5) แนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมของอาหารระดับ GFSI
GLOBALG.A.P. Harmonized Produce Safety Standard เป็นมาตรฐานแยกต่างหาก ซึ่งครอบคลุมความปลอดภัยของอาหารและการตรวจสอบย้อนกลับที่จำเป็นสำหรับผักและผลไม้ HPSS คล้ายกับการตรวจสอบ GAP ในตลาดสหรัฐอเมริกาและเป็น GFSI ออกแบบมาสำหรับผู้ผลิตที่ขายภายในหรือในสหรัฐอเมริกา
GLOBALG.A.P. Produce Handling Assurance Standard คือการตรวจสอบสิ่งอำนวยความสะดวกที่สามารถดำเนินการเป็นการตรวจสอบแบบสแตนด์อโลนหรือร่วมกับการตรวจสอบ IFA หรือ HPSS เพื่อประเมินโรงบรรจุ
GLOBALG.A.P. GRASP เป็นเครื่องมือการจัดการทางสังคม/แรงงานระดับฟาร์มโดยสมัครใจสำหรับห่วงโซ่อุปทานทั่วโลก เพื่อใช้ร่วมกับ Integrated Farm Assurance (IFA)
(6) มาตรฐานเนื้อแดงระดับโลก Global Red Meat Standard: https://www.grms.org/
(7) มาตรฐานความปลอดภัยและคุณภาพอาหารสำหรับผู้ค้าปลีก International Featured Standards: https://www.ifs-certification.com/index.php/en/

(8) มาตรฐานอาหารปลอดภัย SQF สำหรับผู้ค้าปลีกและผู้ให้บริการ Safe Quality Food: https://www.sqfi.com/

(9) มาตรฐาน Primus GFS: http://primusgfs.com/

(10) มาตรฐานสมาคมการจัดการความปลอดภัยอาหารแห่งประเทศญี่ปุ่น Japan Food Safety Management Association: https://www.jfsm.or.jp/eng/

(11) มาตรฐานการผลิตสำหรับผักผลไม้สดในภูมิภาคอาเซียน Asia gap: https://jgap.asia/en/certification-program-2/

(12) มาตรฐานรับรองคุณภาพในฟาร์มที่ไม่แสวงหากำไร ประเทศออสเตรเลีย Fresh care: https://www.freshcare.com.au/about/

(13) มาตรฐานการวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤติแห่งประเทศจีน China HACCP – GFSI: https://mygfsi.com/news_updates/china-focus-day-2019

การวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤต (HACCP) เป็นระบบความปลอดภัยของอาหาร ที่พัฒนาขึ้นในสหรัฐอเมริกา และเมื่อเวลาผ่านไป ระบบดังกล่าวก็กลายมาเป็นมาตรฐานที่ได้รับ การยอมรับทั่วโลกในการรับรองความปลอดภัยของอาหาร ปัจจุบัน ระบบดังกล่าวถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของกฎระเบียบด้านความปลอดภัยของอาหารในสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา และประเทศอื่น ๆ อีกหลายประเทศ คณะกรรมาธิการโครงการมาตรฐานอาหาร Codex Alimentarius ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดแนวทางปฏิบัติสำหรับการนำระบบ HACCP มาใช้การรับรอง HACCP มีให้บริการอย่างแพร่หลายผ่านหน่วยงานรับรอง โดยทั่วไปอยู่ภายใต้กรอบงาน ISO 22000 หรือการรับรอง FSSC 22000 ที่ได้รับการรับรอง โดย GFSI ซึ่งรวม ISO 22000 เข้ากับโปรแกรมเบื้องต้น (ตามที่ระบุไว้ใน ISO/TS 22002-1) (Pop et al., 2018) ในสหรัฐอเมริกา พระราชบัญญัติการปรับปรุงความปลอดภัยด้านอาหารให้ทันสมัย (FSMA) ได้นำการวิเคราะห์อันตรายและการควบคุมเชิงป้องกันตามความเสี่ยง (HARPC) มาใช้ ซึ่งเป็นวิวัฒนาการของระบบ HACCP หลักการ HACCP ของ Codex Alimentarius ถือเป็นเครื่องมือระดับโลกที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับความปลอดภัยด้านอาหาร และเป็นข้อบังคับในหลายประเทศ หลักการเหล่านี้เป็นพื้นฐานของมาตรฐานการจัดการความปลอดภัยด้านอาหารโดยสมัครใจต่าง ๆ รวมถึงมาตรฐาน ISO 22000, BRC และ IFS แนวทางตาม HACCP ยังถูกนำไปใช้ในเครื่องมือต่าง ๆ เช่น ชุด Safer Food, Better Business และไดอะแกรม T-matrix (Dlamini & Adetunji, 2023; Dzwolak & Anim, 2025) แม้ว่าจะมีการนำหลักการ HACCP และระบบการจัดการความปลอดภัยด้านอาหาร (FSMS) มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพมาหลายทศวรรษแล้ว แต่ยังคงมีอุปสรรคต่อการใช้หลักการ HACCP และระบบการจัดการความปลอดภัยด้านอาหาร (FSMS) อย่างมีประสิทธิภาพ อุปสรรคเหล่านี้ ได้แก่ อุปสรรคทางการเงิน เทคนิค การจัดการ องค์กร การศึกษา และจิตวิทยา ธุรกิจอาหารขนาดเล็ก มักประสบปัญหาอย่างมากในการใช้หลักการ HACCP เนื่องจากข้อจำกัดทางการเงิน ขาดความเชี่ยวชาญด้านเทคนิค และทรัพยากรที่มีจำกัด แผน HACCP เป็นเอกสารสำคัญในระบบการจัดการอาหารปลอดภัยที่มีโครงสร้าง และมีความจำเป็นในการรับรองความปลอดภัยของอาหาร แม้ว่าความท้าทายเหล่านี้อาจขัดขวางการนำไปปฏิบัติอย่างเต็มรูปแบบก็ตาม (Dzwolak, 2019; Nguyen & Li, 2022; Panghal et al., 2018)

ระบบการจัดการคุณภาพ ISO 9001 เป็นมาตรฐานระดับโลกสำหรับระบบการจัดการคุณภาพ ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง แต่ข้อกำหนดของมาตรฐานดังกล่าวมีขอบเขตกว้างและไม่ได้ออกแบบมาเฉพาะสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร ดังนั้น การรับรองมาตรฐาน ISO 9001 เพียงอย่างเดียวจึงมักไม่ถือเป็นหลักฐานที่เพียงพอสำหรับแนวทางปฏิบัติที่ดีด้านความปลอดภัยของอาหาร อย่างไรก็ตาม หลักการจัดการที่ระบุไว้ใน ISO 9001 จะรวมอยู่ในมาตรฐานคุณภาพเฉพาะด้านอาหาร (Hoyle, 2017)

มาตรฐาน ISO 22000 เป็นมาตรฐานการจัดการความปลอดภัยอาหารจากองค์กรระหว่างประเทศ ว่าด้วยการมาตรฐาน (ISO) ได้รับการออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับองค์กรในห่วงโซ่อุปทานอาหาร ISO 22000 มาตรฐานในฉบับปี 2018 มีการจัดทำเค้าโครงของกรอบการทำงานสำหรับการจัดการ ความปลอดภัยอาหารแต่ไม่มีโปรแกรมเบื้องต้น (PRP) ที่จำเป็นสำหรับระบบโปรแกรมเหล่านี้ครอบคลุมอยู่ในชุด ISO/TS 22002 สำหรับ FSSC 22000 ซึ่งเป็นโครงการรับรองที่ได้รับการยอมรับจาก GFSI จะรวม ISO 22000 เข้ากับ PRP ที่เกี่ยวข้อง ทำให้ได้ระบบการจัดการความปลอดภัยอาหารที่ครอบคลุม (Chen et al., 2020; Gil et al., 2017)

ซิกส์ซิกมา Six Sigma เป็นวิธีการที่ออกแบบมาเพื่อลดความแปรปรวนในทั้งผลิตภัณฑ์และกระบวนการ โดยมุ่งที่จะมีอัตราความล้มเหลวเกือบสมบูรณ์แบบที่ 0.0003% โดยอาศัยการวิเคราะห์ทางสถิติอย่างมากในห้าขั้นตอนหลัก ได้แก่ กำหนด วัด วิเคราะห์ ปรับปรุง และควบคุมเดิม ระบบ Six Sigma ได้รับการพัฒนาขึ้นในภาคส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และต่อมาได้มีการนำไปปรับใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่นกัน แม้ว่าบริษัทต่าง ๆ จะสามารถนำหลักการ Six Sigma ไปใช้ แต่โดยทั่วไปแล้ว การรับรองจะมอบให้กับบุคคล ไม่ใช่กับองค์กร โดยมีระดับ "เข็มขัด" ที่แตกต่างกันซึ่งแสดงถึงความเชี่ยวชาญ (Costa et al., 2018)

กลุ่มการออกแบบด้านสุขอนามัยและวิศวกรรมแห่งยุโรป European Hygienic Engineering & Design Group (EHEDG) กลุ่มการออกแบบด้านสุขอนามัยและวิศวกรรมแห่งยุโรป (EHEDG) เป็นกลุ่มที่ทำงานเพื่อส่งเสริมการผลิตอาหารที่ปลอดภัยโดยให้แน่ใจว่าอุปกรณ์การผลิตอาหารได้รับ การออกแบบอย่างถูกสุขลักษณะ EHEDG เป็นกลุ่มพันธมิตรระดับโลกที่ประกอบด้วยผู้ผลิตอุปกรณ์ บริษัทอาหาร หน่วยงานวิจัย และหน่วยงานภาครัฐ ซึ่งให้การฝึกอบรมและพัฒนาแนวทางปฏิบัติ แม้ว่าจะเริ่มต้นในยุโรป แต่ปัจจุบัน EHEDG มีสาขาที่ดำเนินการอยู่ทั่วโลก โดยมีแนวทางปฏิบัติในหลายภาษา (see http://www.ehedg.org/)

มาตรการควบคุมที่ใช้จัดการกับกิจกรรมและสภาวะพื้นฐาน Prerequisite Programs (PRPs) คือ มาตรการควบคุมที่ใช้จัดการกับกิจกรรมและสภาวะพื้นฐาน จะอ้างถึงเงื่อนไขการปฏิบัติงานที่จำเป็นสำหรับโปรแกรม HACCP ที่มีประสิทธิภาพ เงื่อนไขเหล่านี้ครอบคลุมหลายด้าน เช่น สุขอนามัย ในโรงงาน การบำรุงรักษาอุปกรณ์ การควบคุมศัตรูพืช สุขอนามัยของบุคลากร และการจัดการสารเคมี ในอุตสาหกรรมอาหาร PRP เหล่านี้จำนวนมากจะปรับปรุงมาจาก Codex Alimentarius มาตรฐาน ISO/TS 22002-1:2009 จะระบุข้อกำหนดสำหรับการจัดตั้งและการบำรุงรักษา PRP ซึ่งมักจะนำไปใช้ร่วมกับการรับรอง ISO 22000 เพื่อควบคุมอันตรายที่มีผลต่อความปลอดภัยของอาหาร (Pop et al., 2018)

5ส หรือ 5S เป็นวิธีการจัดองค์กรในที่ทำงานที่มีต้นกำเนิดในญี่ปุ่น โดยมุ่งเน้นที่ (1) การกำจัดสิ่งของ ที่ไม่จำเป็น (2) การจัดสรรสถานที่ถาวรสำหรับสิ่งของที่เหลือ (3) การทำความสะอาดพื้นที่ทำงาน (4) การกำหนดมาตรฐานงานทั่วไป และ (5) การรักษาและปรับปรุงแนวทางปฏิบัติเหล่านี้ แม้ว่า 5S จะเกินข้อกำหนดของ PRP ในอุตสาหกรรมอาหาร แต่ก็สามารถเสริมข้อกำหนดเหล่านี้ได้ โดยสร้าง การทำงานร่วมกันระหว่างหลักการด้านความปลอดภัยของอาหารและแนวทางที่มีโครงสร้างของ 5S แม้ว่าที่ปรึกษาหลายคนจะเสนอการฝึกอบรมเกี่ยวกับ 5S แต่ก็ไม่มีโครงการรับรองอย่างเป็นทางการเช่นเดียวกับที่กล่าวถึงในบทนี้ (ดู 5S: https://www.5stoday.com/what-is-5s/)

การบำรุงรักษาทวีผล Total Productive Maintenance (TPM) เป็นแนวทางแบบมีส่วนร่วม ซึ่งคนงานการผลิตมีหน้าที่รับผิดชอบในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและเชิงแก้ไขของอุปกรณ์ที่ตนใช้ เป้าหมายคือลดการสูญเสียในรูปแบบต่างๆ รวมถึงเวลาหยุดทำงาน การผลิตนอกมาตรฐาน อันตรายด้านความปลอดภัย และต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสต๊อก ความไม่แน่นอนของการวางแผน และขวัญกำลังใจ แม้ว่า TPM จะได้รับการนำมาใช้โดยบริษัทต่างๆ มากมาย แต่ก็ไม่ได้เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการรับรองเฉพาะใดๆ (ดู http://en.wikipedia.org/wiki/Total_productive_ maintenance)

GS1 เป็นองค์กรที่พัฒนาและดูแลมาตรฐานห่วงโซ่อุปทานระดับโลกที่มุ่งหวังที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพและความชัดเจน ระบบขององค์กรซึ่งใช้ทั่วโลกในหลายภาคส่วนนั้นรวมถึงหมายเลขสินค้าการค้า ระดับโลก (GTIN) ซึ่งเป็นตัวระบุเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์และบริการตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่คลังสินค้าไปจนถึงการชำระเงินของร้านค้าปลีก ประโยชน์หลักประการหนึ่งของมาตรฐาน GS1 คือ ช่วยให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ตลอดห่วงโซ่อุปทาน (ดู http://www.gs1.org)

RFID (Radio Frequency Identification) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้คลื่นวิทยุในการติดตามและระบุวัตถุผ่านไมโครชิปและเสาอากาศที่ฝังไว้ ป้าย RFID เหล่านี้ส่งข้อมูลการระบุตัวตนไปยังเครื่องอ่าน โดยไม่ต้องสัมผัสโดยตรงหรืออยู่ในแนวสายตา ซึ่งแตกต่างจากระบบบาร์โค้ดแบบเดิม ป้าย RFID สามารถนำไปใช้กับวัตถุต่าง ๆ เช่น ปศุสัตว์ ซึ่งช่วยให้ระบุสัตว์ได้อย่างแม่นยำ เทคโนโลยีนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายในห่วงโซ่อุปทานเพื่อการติดตามแบบทันที (real time) (ดู http://www.rfid.org/)

1.3.4 กฎหมาย กฎระเบียบ และข้อบังคับด้านความปลอดภัยอาหารระดับชาติ

กฎหมาย กฎระเบียบ และข้อบังคับด้านความปลอดภัยอาหารของประเทศไทยมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการปกป้องสุขภาพของประชาชนและการรับรองความปลอดภัยและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ที่บริโภคโดยประชากร แนวทางของประเทศต่อความปลอดภัยของอาหารเป็นความพยายามหลายแง่มุม ที่เกี่ยวข้องกับกรอบกฎหมาย หน่วยงานของรัฐ และความพยายามร่วมกันของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่าง ๆ ในห่วงโซ่การผลิตและการจัดจำหน่ายอาหาร กฎหมายด้านความปลอดภัยอาหารของประเทศไทย อยู่ภายใต้การควบคุมของพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เป็นหลัก ซึ่งกำหนดพื้นฐานทางกฎหมายสำหรับมาตรฐานความปลอดภัยอาหารและการกำกับดูแล พระราชบัญญัตินี้กำหนดให้กระทรวงสาธารณสุขผ่านสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) กำกับดูแลผลิตภัณฑ์อาหาร โดย อย. มีหน้าที่บังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของอาหาร รวมถึงการติดฉลาก สุขอนามัย และคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยได้ตราพระราชบัญญัติความปลอดภัยอาหารซึ่งมุ่งเป้าไปที่การปรับปรุงการจัดการด้านความปลอดภัยอาหาร ซึ่งครอบคลุมทั้งแนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัยอาหารในประเทศและผลิตภัณฑ์อาหารนำเข้า (Bassetti et al., 2023)

หน่วยงานกำกับดูแล

หน่วยงานหลายแห่งมีบทบาทที่แตกต่างกันในการควบคุมความปลอดภัยอาหารในประเทศไทย:

(1) **กระทรวงสาธารณสุข (MOPH)**: กระทรวงสาธารณสุข มีหน้าที่กำกับดูแลกฎระเบียบและนโยบายด้านความปลอดภัยของอาหารเพื่อปกป้องสุขภาพของประชาชน ดำเนินการริเริ่ม ด้านสุขภาพต่าง ๆ และกำกับดูแลให้แน่ใจว่าอาหารมีความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค

(2) **สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (TFDA)**: ในฐานะหน่วยงานหนึ่งของกระทรวงสาธารณสุข TFDA มีหน้าที่หลักในการขึ้นทะเบียนและอนุมัติผลิตภัณฑ์อาหาร รวมถึงอาหารเสริมและยา นอกจากนี้ ยังดูแลการปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยอาหาร

(3) **กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (DMS)**: หน่วยงานนี้ดำเนินการวิจัยและทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อประเมินความปลอดภัยของอาหาร ตลอดจนสนับสนุนกระบวนการกำกับดูแลโดยให้คำแนะนำทางวิทยาศาสตร์

(4) **หน่วยงานในระดับท้องถิ่น**: หน่วยงานท้องถิ่นมีหน้าที่บังคับใช้กฎระเบียบด้านความปลอดภัยของอาหารในระดับชุมชน ดำเนินการตรวจสอบและดูแลให้สถานประกอบการอาหารปฏิบัติตามมาตรฐานด้านสุขภาพ

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (ACFS หรือ มกอช.) ประเทศไทยได้เข้าเป็นสมาชิกผู้ก่อตั้งองค์การการค้าโลก (WTO) เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2537 ร่วมกับประเทศอื่น ๆ อีก 80 ประเทศ การเข้าร่วมของไทยทำให้ประเทศไทย

มุ่งมั่นที่จะลดภาษีศุลกากรและอุปสรรคทางการค้าอื่น ๆ เพื่อให้แน่ใจว่าจะมีส่วนร่วมในการค้าระหว่างประเทศด้านเกษตรและอาหารอย่างแข็งขันในขณะที่ปฏิบัติตามพันธกรณีของ WTO ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องมีกลไกใหม่ สำนักงานมาตรฐานและตรวจสอบสินค้าเกษตร ก่อตั้งขึ้นโดยเป็นส่วนหนึ่งของการปรับโครงสร้างกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เมื่อปี พ.ศ. 2540 โดยอยู่ภายใต้สำนักงานปลัดกระทรวง สำนักงานนี้มีหน้าที่ในการจัดการกับอุปสรรคทางการค้าที่ไม่ใช่ภาษีศุลกากร ทำหน้าที่เป็นจุดศูนย์กลางระดับชาติในการประสานงานกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งในประเทศและต่างประเทศ และพัฒนามาตรฐานสินค้าเกษตรระดับชาติให้สอดคล้องกับมาตรฐานระดับโลก อุปสรรคทางการค้าที่ไม่ใช่ภาษีศุลกากรหลักในภาคเกษตรกรรมและการค้าอาหารอยู่ภายใต้ข้อตกลงด้านสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (SPS) และอุปสรรคทางเทคนิคต่อการค้า (TBT) เพื่อให้บริการประสานงานที่ดีและมีคุณภาพสูงแก่ภาคอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร สำนักงานได้ร่วมมืออย่างใกล้ชิดกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ในปี 2002 การปรับโครงสร้างรัฐบาลครั้งใหญ่ส่งผลให้มีการจัดตั้งสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (ACFS) ขึ้นมาแทนที่สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและการตรวจสอบ มกอช. ทำหน้าที่เป็นหน่วยงานกลางในการควบคุมผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร อาหาร และสินค้าเกษตรแปรรูป โดยบังคับใช้มาตรฐานทั่วทั้งห่วงโซ่อุปทานอาหาร นอกจากนี้ มกอช. มีหน้าที่รับผิดชอบในการรับรองหน่วยงานรับรองสินค้าเกษตรและอาหาร เจรจากับคู่ค้าระหว่างประเทศเพื่อลดอุปสรรคทางการค้าที่ไม่ใช่ภาษีศุลกากร และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารของไทยในตลาดโลก

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) มุ่งมั่นที่จะเป็นผู้นำด้านการกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารระดับโลก โดยมุ่งมั่นที่จะทำให้มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารของประเทศไทยสอดคล้องกับแนวปฏิบัติที่ดีที่สุดระดับสากล เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศในตลาดโลก

เพื่อให้บรรลุวิสัยทัศน์ดังกล่าว มกอช. ได้กำหนดภารกิจที่ชัดเจนและมีโครงสร้างชัดเจนโดยเน้นที่ 6 ด้านหลัก ประการแรก หน่วยงานมีเป้าหมายที่จะเสริมสร้างการพัฒนามาตรฐานสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์อาหารให้สอดคล้องกับความต้องการในประเทศและแนวทางปฏิบัติระดับสากล โดย มกอช. มุ่งมั่นที่จะยกระดับคุณภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืนของสินค้าเกษตรส่งออกของไทย

ประการที่สอง มกอช. มุ่งมั่นที่จะปรับปรุงระบบการตรวจสอบและการรับรองสำหรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอาหาร ความพยายามเหล่านี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ ส่งเสริมความไว้วางใจของผู้บริโภคและอำนวยความสะดวกให้ความสัมพันธ์ทางการค้าราบรื่นยิ่งขึ้น

ประการที่สาม หน่วยงานเน้นย้ำถึงการบังคับใช้มาตรฐานตลอดห่วงโซ่การผลิต ซึ่งรวมถึงการใช้กลยุทธ์ด้านความปลอดภัยอาหารเพื่อรับประกันว่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอาหารจะคงคุณภาพสูงตั้งแต่การผลิตจนถึงการบริโภค

ภารกิจที่สำคัญอีกประการหนึ่งของ มกอช. คือการเสริมสร้างตำแหน่งของประเทศไทยในการเจรจาระหว่างประเทศเกี่ยวกับมาตรฐาน ตลอดจนมาตรการด้านสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช โดยการมีส่วนร่วมอย่างแข็งขันในการอภิปรายเหล่านี้ หน่วยงานจะช่วยปกป้องผลประโยชน์ของผู้ผลิตสินค้าเกษตรของไทยและรับรองการปฏิบัติทางการค้าที่เป็นธรรม

นอกจากนี้ มกอช. ยังมีหน้าที่ดูแลและบังคับใช้พระราชบัญญัติมาตรฐานการเกษตร พ.ศ. 2551 โดยผ่านมาตรการติดตามและควบคุมที่เข้มงวด เพื่อให้มั่นใจได้ว่ามาตรฐานการเกษตรได้รับการนำไปปฏิบัติอย่างมีประสิทธิผลและปฏิบัติตามทั่วทั้งอุตสาหกรรม

สุดท้ายนี้ มกอช. มุ่งมั่นที่จะเป็นศูนย์กลางข้อมูลระดับชาติเกี่ยวกับสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์อาหาร ด้วยการทำหน้าที่เป็นแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้และครอบคลุม หน่วยงานจึงสนับสนุนผู้กำหนดนโยบาย ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในอุตสาหกรรม และผู้บริโภคในการตัดสินใจอย่างรอบรู้

โดยสรุปแล้ว มกอช. มีบทบาทสำคัญในการกำหนดทิศทางของอุตสาหกรรมการเกษตรและอาหารของประเทศไทย ด้วยความมุ่งมั่นในการสร้างมาตรฐาน การรับรองคุณภาพ และความร่วมมือระหว่างประเทศ หน่วยงานนี้จึงสามารถยกระดับชื่อเสียงระดับโลกของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรของไทยได้อย่างต่อเนื่อง ขณะเดียวกันก็ปกป้องสุขภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภค

ขอบเขตการรับรองของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) มีบทบาทสำคัญในการรับรองคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอาหารของประเทศไทยผ่านบริการรับรอง โดยให้การรับรองแก่หน่วยงานรับรอง (CBs) และหน่วยงานตรวจสอบ (IBs) เพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์และกระบวนการต่าง ๆ เป็นไปตามมาตรฐานระดับชาติและระดับนานาชาติ

การรับรองสำหรับหน่วยงานรับรอง (CBs)[1]

ปัจจุบัน มกอช. รับรองหน่วยงานรับรองภายใต้ขอบเขตหลัก 7 ประการ ประการแรก หลักเกณฑ์การผลิตที่ดี (GMP) และขอบเขตการวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤต (HACCP) รับรองว่ากระบวนการผลิตอาหารปฏิบัติตามมาตรฐานด้านสุขอนามัยและความปลอดภัยที่เข้มงวด ประการที่สอง การควบคุมเชิงป้องกันสำหรับอาหารของมนุษย์ (PCHF) และการควบคุมเชิงป้องกันสำหรับอาหารสัตว์ (PCAF) มุ่งเน้นไปที่มาตรการเชิงรุกเพื่อป้องกันการปนเปื้อนและรับรองความปลอดภัยของอาหารสำหรับการบริโภคของมนุษย์และสัตว์

นอกจากนี้ ขอบเขตของระบบการจัดการความปลอดภัยอาหาร (FSMS) ยังช่วยให้มั่นใจได้ว่าแนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัยอาหารภายในอุตสาหกรรมจะได้รับการดูแลอย่างครอบคลุม ขอบเขตของแนวทางปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) และ GAP ทั่วโลกกำหนดมาตรฐานสำหรับแนวทางปฏิบัติทางการเกษตรที่ปลอดภัยและยั่งยืน นอกจากนี้ ขอบเขตของเกษตรอินทรีย์ยังตรวจสอบการปฏิบัติตามกฎระเบียบการเกษตรอินทรีย์เพื่อส่งเสริมการผลิตทางการเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและปราศจากสารเคมี

นอกจากนี้ มกอช. ยังให้การรับรองสำหรับขอบเขตผลิตภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ซึ่งรับประกันคุณภาพและความปลอดภัยของสินค้าเกษตรดิบ สุดท้าย ขอบเขตผลิตภัณฑ์สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) ปกป้องและรับรองผลิตภัณฑ์ตามแหล่งกำเนิดในภูมิภาคเฉพาะตัวของสินค้า ช่วยรักษามรดกทางการเกษตรที่หลากหลายของประเทศไทย

การรับรองสำหรับหน่วยงานตรวจสอบ (IBs)

นอกจากการรับรอง CBs แล้ว มกอช. ยังรับรองหน่วยงานตรวจสอบในสี่ขอบเขต ขอบเขตแรกคือหลักเกณฑ์การผลิตที่ดี (GMP) และขอบเขตการวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤต (HACCP) ซึ่งรับรองว่าขั้นตอนการตรวจสอบจะรักษา

[1] For more information on the list of accredited Certification Bodies (CBs) and Inspection Bodies (IBs), please visit the official website: https://www.acfs.go.th/#/

มาตรฐานความปลอดภัยของอาหารที่เข้มงวด ขอบเขตที่สองคือหลักเกณฑ์การเกษตรที่ดี (GAP) เน้นที่การตรวจสอบเทคนิคการเกษตรที่ปลอดภัยและยั่งยืน

ขอบเขตการรับรองที่สาม คือ เกษตรอินทรีย์ ซึ่งรับรองว่าหน่วยงานตรวจสอบจะประเมินการปฏิบัติตามมาตรฐานการผลิตอินทรีย์ สุดท้าย ขอบเขตผลิตภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรจะรับรองการประเมินสินค้าเกษตรใด ๆ ที่อยู่ในสภาพดั้งเดิมหรือเป็นธรรมชาติ เพื่อรับประกันคุณภาพและความปลอดภัย

1.3.5 มาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร

มาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารของประเทศไทยมีความครอบคลุมตั้งแต่การผลิตจนถึงการบริโภค กฎระเบียบดังกล่าวจะกล่าวถึงประเด็นต่าง ๆ เช่น:

(1) **แนวทางปฏิบัติด้านสุขอนามัย**: สถานประกอบการในอุตสาหกรรมบริการอาหารต้องรักษาระดับความสะอาดและสุขอนามัยให้สูงเพื่อป้องกันการปนเปื้อน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบและปฏิบัติตามแนวทางเกี่ยวกับการจัดการอาหาร ความสะอาดของอุปกรณ์ และการกำจัดขยะเป็นประจำ

(2) **การติดฉลากและบรรจุภัณฑ์**: ผลิตภัณฑ์อาหารต้องมีฉลากที่ชัดเจน ซึ่งให้ข้อมูลที่สำคัญแก่ผู้บริโภค เช่น ส่วนผสม สารก่อภูมิแพ้ วันหมดอายุ และคุณค่าทางโภชนาการ

(3) **สารตกค้างของยาฆ่าแมลงและสารเคมี**: รัฐบาลควบคุมระดับสารตกค้างของยาฆ่าแมลงที่อนุญาตให้มีในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อให้แน่ใจว่าไม่เกินขีดจำกัดที่ปลอดภัย ซึ่งมีความสำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภคและการป้องกันโรคที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี

(4) **การนำเข้าและส่งออกอาหาร**: ประเทศไทยตรวจสอบผลิตภัณฑ์อาหารที่นำเข้ามาในประเทศอย่างใกล้ชิด เพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยก่อนเข้าสู่ตลาด กลยุทธ์นี้ขยายไปถึงผลิตภัณฑ์ส่งออก ช่วยรักษาชื่อเสียงของประเทศในฐานะผู้จัดหาผลิตภัณฑ์อาหารที่เชื่อถือได้ทั่วโลก

แม้จะมีกรอบการกำกับดูแลอยู่แล้ว แต่ประเทศไทยยังเผชิญกับความท้าทายหลายประการในการบังคับใช้กฎระเบียบด้านความปลอดภัยของอาหาร รวมถึงทรัพยากรสำหรับการตรวจสอบที่มีจำกัดมีภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับอาหารที่ไม่เป็นทางการ มีขนาดใหญ่ และมีระดับการปฏิบัติตามมาตรฐานที่มี ความแตกต่างกันในหมู่ผู้ผลิตอาหารมาก การเพิ่มขึ้นของการขายสินค้าหรือบริการบนอินเทอร์เน็ต (e-Commerce) และบริการจัดส่งอาหารออนไลน์ยังทำให้เกิดความซับซ้อนใหม่ ๆ เกี่ยวกับการบังคับใช้ด้านความปลอดภัยของอาหาร เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ รัฐบาลไทยได้ดำเนินการปรับปรุงกฎหมายหลายด้าน เช่น การบังคับใช้กฎหมายทางด้านความปลอดภัยของอาหารอย่างเข้มงวด การส่งเสริม การรณรงค์สร้างความตระหนักรู้ของสาธารณชนเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหาร และเพิ่มการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานด้านความปลอดภัยของอาหาร ความร่วมมือกับองค์กรระหว่างประเทศ เช่น องค์การอนามัยโลก (WHO) และองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ยังมีบทบาทสำคัญในการนำแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดมาใช้และปรับปรุงมาตรฐาน กฎระเบียบด้านความปลอดภัยของอาหารในประเทศไทยมีความจำเป็นสำหรับการปกป้องสุขภาพของประชาชนและการรับรอง ความสมบูรณ์ของอุปทานอาหาร ประเทศไทยมีเป้าหมายที่จะยกระดับมาตรฐานความปลอดภัย ด้านอาหารโดยใช้กฎหมาย การกำกับดูแลตามกฎระเบียบ และการมีส่วนร่วมของชุมชน การปรับปรุงและปรับตัวอย่างต่อเนื่องเป็นสิ่งจำเป็นในการเอาชนะความท้าทายและก้าวทันภูมิทัศน์ด้านอาหาร ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมุ่งหวังให้มีระบบอาหารที่ปกป้องทั้งผู้บริโภคและผู้ผลิตในที่สุด ในขณะที่ประเทศไทยยังคงพัฒนากฎระเบียบด้านความปลอดภัยด้านอาหาร การส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งความปลอดภัยและการตระหนักรู้จะยังคงเป็นพื้นฐานในการบรรลุเป้าหมายเหล่านี้ (Organization & others, 2010, 2022)

1.3.6 ข้อดีของการดำเนินการด้านความปลอดภัยอาหาร

การนำระบบความปลอดภัยของอาหารมาใช้มีประโยชน์สำคัญหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในบริบทของการกำหนดลักษณะของอันตรายและการประเมินความเสี่ยง ข้อดีประการหนึ่ง คือ การระบุและประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดลักษณะของอันตราย การทำความเข้าใจว่าอันตรายนั้นส่งผลต่อร่างกายอย่างไร และการวัดความรุนแรงของผลกระทบในระดับการสัมผัสที่แตกต่างกัน กระบวนการนี้มีความจำเป็นในการระบุอันตรายที่ก่อให้เกิดภัยคุกคามมากที่สุด และช่วยเตรียมความพร้อมสำหรับการตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างรอบรู้ ตัวอย่างเช่น ในกรณีของอันตรายจากสารเคมี ระบบความปลอดภัยของอาหารใช้แบบจำลองปริมาณ-การตอบสนองเพื่อคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพของมนุษย์ แม้ว่าสารเคมีจะมีอยู่ ในอาหารในระดับที่ต่ำมากก็ตาม แบบจำลองเหล่านี้แม้จะมีความไม่แน่นอน แต่ก็มีความสำคัญต่อ การทำความเข้าใจว่าสารอาจส่งผลต่อบุคคลอย่างไร และในการกำหนดนโยบายด้านสาธารณสุข ในทำนองเดียวกัน เมื่อต้องจัดการกับสารชีวภาพหรือสารทางกายภาพ การประเมินปริมาณ- การตอบสนองมีความสำคัญต่อการทำความเข้าใจผลกระทบของเชื้อก่อโรคในอาหาร แม้ว่าการประเมินเหล่านี้จะทำได้ก็ต่อเมื่อมีข้อมูลเพียงพอ (Buchanan et al., 2000, 2009)

แม้จะมีความท้าทาย ระบบความปลอดภัยของอาหารเหล่านี้ช่วยเชื่อมช่องว่างระหว่างการศึกษากับสัตว์และการสัมผัสของมนุษย์โดยการใช้ปัจจัยด้านความปลอดภัย ตัวอย่างเช่น แม้ว่าการศึกษากับสัตว์ ในปริมาณสูงมักใช้เพื่อประเมินผล แต่การประมาณผลเหล่านี้ไปยังมนุษย์ยังคงเป็นเรื่องยาก โดยเฉพาะในปริมาณที่น้อยกว่า การเผาผลาญสารเคมีอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับปริมาณและผลเสียในปริมาณ ที่สูงกว่าอาจไม่เกี่ยวข้องหรือแสดงผลในปริมาณที่น้อยกว่า ลักษณะเช่นนี้ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกับการตอบสนองมีความซับซ้อนในการสร้างแบบจำลอง (Slikker Jr et al., 2004) แหล่งที่มาหลักของความไม่แน่นอนในการกำหนดลักษณะของอันตรายอย่างหนึ่ง คือ ความแปรปรวนในแต่ละบุคคล เช่น สัตว์หรือมนุษย์ที่แตกต่างกันอาจตอบสนองต่อสารในปริมาณเดียวกันอย่างแตกต่างกัน ความแปรปรวนนี้อาจทำให้ยากต่อการคาดเดาผลกระทบต่อสุขภาพที่แน่นอนจากการสัมผัสสาร ในปริมาณต่ำ และนักพิษวิทยามักจะพึ่งพาระดับเกณฑ์ซึ่งเป็นขีดจำกัดขั้นต่ำในการประเมินความเสี่ยง ที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง สำหรับสารเคมีที่มีผลกระทบในระยะยาว เช่น สารก่อมะเร็ง การทำเช่นนี้จะยิ่งท้าทายมากขึ้น เนื่องจากสารบางชนิดอาจทำให้เกิดการกลายพันทางพันธุกรรม อย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งนำไปสู่มะเร็ง เพื่อจัดการกับความไม่แน่นอนนี้ มักใช้แบบจำลองเชิงอนุรักษ์นิยมและใช้ปัจจัยด้านความปลอดภัยในระบบความปลอดภัยของอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอันตรายทางชีวภาพ ซึ่งคาดเดาได้ยากกว่า (Havelaar et al., 2010) แม้ว่าแนวทางนี้จะไม่รับประกันความปลอดภัยโดยสมบูรณ์ แต่ก็ให้ระดับการป้องกันที่เหมาะสมด้วยการระบุระดับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ และรับรองว่าผลิตภัณฑ์อาหารเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยที่เข้มงวด ในกรณี ที่ข้อมูลไม่เพียงพอ อาจใช้ปริมาณมาตรฐานเพื่อเน้นที่ระดับความเสี่ยงที่ต่ำกว่าและแม่นยำกว่า ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำของการคาดการณ์เกี่ยวกับความเสี่ยงจากปริมาณต่ำ โดยรวมแล้ว ระบบ ความปลอดภัยของอาหารมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประเมินอันตราย ทั้งทางเคมีและทางชีวภาพ ช่วยให้สามารถจัดการความเสี่ยงได้ดีขึ้น และช่วยให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยสำหรับ การบริโภค โดยการระบุความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นและบรรเทาความเสี่ยงเหล่านั้นด้วยมาตรการ ความปลอดภัยที่ได้รับการสนับสนุนจากวิทยาศาสตร์ (Fung et al., 2018)

1.4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1.4.1 บทสรุป

การดำเนินการตามมาตรฐานความปลอดภัยอาหารในโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดเล็กในประเทศไทยถือเป็นสิ่งสำคัญเพื่อการดูแลสุขภาพของประชาชน การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดในประเทศและต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม โรงงานเหล่านี้มักเผชิญกับความท้าทาย เช่น ทรัพยากรทางการเงินที่จำกัด ความรู้ทางเทคนิคที่ไม่เพียงพอ และการเข้าถึงโครงสร้างพื้นฐานและเทคโนโลยีที่ไม่เพียงพอ การแก้ไขความท้าทายเหล่านี้ต้องอาศัยความพยายามร่วมกันจากภาครัฐ ภาคเอกชน และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในอุตสาหกรรม ในการให้การสนับสนุนในรูปแบบของการฝึกอบรม ทรัพยากร และแรงจูงใจ

ด้วยการนำมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหาร เช่น แนวทางปฏิบัติที่ดีในการผลิต (GMP) การวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤติ (HACCP) และแนวทางปฏิบัติด้านการเกษตรที่ดี (GAP) มาใช้ โรงงานเหล่านี้จึงสามารถสร้างกระบวนการผลิตที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การปฏิบัติตามมาตรฐานดังกล่าวไม่เพียงแต่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคเท่านั้น แต่ยังเปิดประตูสู่โอกาสในการส่งออกและการเติบโตทางธุรกิจในระยะยาวอีกด้วย

1.4.2 คำแนะนำ

การสนับสนุนและสิ่งจูงใจจากรัฐบาล

(1) ให้ความช่วยเหลือทางการเงิน เช่น เงินอุดหนุน เงินช่วยเหลือพิเศษ หรือเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำ เพื่อช่วยให้โรงงานอาหารขนาดเล็กและขนาดกลางปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกและนำระบบความปลอดภัยด้านอาหารมาใช้

(2) ลดความซับซ้อนของข้อกำหนดด้านกฎระเบียบ และสร้างแนวทางที่เป็นมิตรกับผู้ใช้ซึ่งเหมาะกับ SMEs

(3) กรมชลประทานมีบทบาทสำคัญในการช่วยให้เกษตรกรรายย่อยและขนาดกลางปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมุ่งเน้นไปที่การจัดการน้ำอย่างยั่งยืนเป็นพิเศษ โครงการริเริ่มที่สำคัญ ได้แก่ การให้การฝึกอบรม อุปกรณ์ และการให้คำปรึกษาเพื่อให้ความรู้แก่เกษตรกรเกี่ยวกับการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เทคนิคการชลประทานแบบประหยัดน้ำ และการบำรุงรักษาระบบชลประทาน เพื่อเพิ่มการใช้น้ำให้มากขึ้น กรมฯ จึงได้พัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก เช่น การขุดบ่อน้ำและปรับปรุงแหล่งน้ำธรรมชาติ นอกจากนี้ ยังส่งเสริมให้เกษตรกรนำระบบเก็บน้ำฝน เช่น สระเก็บน้ำและเขื่อนกั้นน้ำ มาใช้เป็นแหล่งน้ำเสริมในช่วงฤดูแล้ง นอกจากนี้ กรมฯ ยังเน้นย้ำถึงความสำคัญของการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการวางแผนและจัดการทรัพยากรน้ำ แนวทางการทำงานร่วมกันนี้ช่วยให้ใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและเท่าเทียมกัน ส่งผลให้การผลิตอาหารยั่งยืนและทนต่อสภาพอากาศ

การเสริมสร้างศักยภาพและการฝึกอบรม

(1) จัดทำโครงการฝึกอบรมระดับประเทศเพื่อให้ความรู้แก่เจ้าของโรงงานและคนงานเกี่ยวกับมาตรฐานและแนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัยอาหาร

(2) ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยและสถาบันเทคนิคในการเปิดหลักสูตรเฉพาะด้านการจัดการความปลอดภัยอาหารสำหรับเจ้าของธุรกิจ SME

การเข้าถึงทรัพยากรและเทคโนโลยี

(1) ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีราคาไม่แพงและใช้งานง่าย เช่น แอปบนมือถือสำหรับการบันทึกข้อมูล หรือระบบตรวจสอบต้นทุนต่ำเพื่อความปลอดภัยของอาหาร

(2) ส่งเสริมการจัดตั้งสถานที่แปรรูปที่ใช้ร่วมกันซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานที่สอดคล้องกับความปลอดภัยด้านอาหาร

การเสริมสร้างการตรวจสอบและการรับรอง

(1) ดูแลให้มีการตรวจสอบ SMEs อย่างสม่ำเสมอและสม่ำเสมอ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะและแนวทางที่สร้างสรรค์เพื่อการปรับปรุง

(2) จัดทำกระบวนการรับรองราคาประหยัดสำหรับโรงงานขนาดเล็กเพื่อสนับสนุนการปฏิบัติตามมาตรฐาน GMP, HACCP หรือมาตรฐานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ความร่วมมือและการสร้างเครือข่าย

(1) ส่งเสริมเครือข่ายระหว่างผู้ผลิตอาหารรายย่อยและขนาดกลางเพื่ออำนวยความสะดวกในการแบ่งปันทรัพยากร การแลกเปลี่ยนแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุด และการสนับสนุนซึ่งกันและกันในการดำเนินการด้านความปลอดภัยของอาหาร

(2) สร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชนเพื่อขับเคลื่อนการลงทุนในโครงการสร้างศักยภาพของ SME

การรับรู้ของผู้บริโภคและการเข้าถึงตลาด

(1) ให้ความรู้ผู้บริโภคเกี่ยวกับความสำคัญของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการรับรองเพื่อสร้างความต้องการของตลาดสำหรับสินค้าที่เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัย

(2) ช่วยเหลือ SMEs ในการตอบสนองข้อกำหนดในการส่งออกโดยให้ข้อมูลตลาดและการสนับสนุนให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยอาหารระหว่างประเทศ

โดยการนำคำแนะนำเหล่านี้ไปใช้ โรงงานอาหารขนาดเล็กและขนาดกลางของประเทศไทยสามารถเอาชนะความท้าทาย ตอบสนองความต้องการของกฎระเบียบและตลาด และมีส่วนสนับสนุนห่วงโซ่อุปทานอาหารที่ปลอดภัยและเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น

2. หลักการด้านความปลอดภัยของอาหารและการประยุกต์ใช้

2.1 บทนำ

ธุรกิจอาหารทั่วโลกจำเป็นต้องพัฒนาและบำรุงรักษาระบบการจัดการอาหารที่มีประสิทธิภาพ "ระบบ" เหล่านี้ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือการจัดการที่ช่วยนำหลักการด้านความปลอดภัยของอาหารที่สำคัญ ไปปฏิบัติได้ โดยพื้นฐานแล้ว ระบบจะเลือกวิธีการ เทคนิค และความรู้ที่จำเป็นที่สุดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์เฉพาะ ทำให้มีความเป็นรูปธรรม วัดผลได้ และดำเนินการได้ นอกจากนี้ ยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อกำหนดจุดสิ้นสุดที่ชัดเจนเพื่อบรรลุเป้าหมาย ตัวอย่างเช่น 6 Sigma เป็นระบบการจัดการที่ออกแบบมาเพื่อให้แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกัน โดยให้ขั้นตอนที่มีโครงสร้าง วิธีการเฉพาะ และเป้าหมายที่กำหนดไว้ ในทำนองเดียวกัน โครงการรับรองที่ได้รับการรับรองจาก GFSI (Global Food Safety Initiative) ก็ใช้แนวทางที่คล้ายคลึงกัน (Crandall et al., 2012). โดยทั่วไปแล้ว แผนงานเหล่านี้ประกอบด้วยข้อกำหนดการจัดการคุณภาพทั่วไปตามมาตรฐาน ISO 9001 โมดูล HACCP (ตามแนวทางของ Codex Alimentarius) และโปรแกรมพื้นฐานและกิจกรรมที่จำเป็นต่าง ๆ (PRP) ที่เน้นที่แนวทางปฏิบัติด้านสุขอนามัย ข้อดีของแผนงานเหล่านี้ คือ มีแนวทางที่ครอบคลุมและ มีโครงสร้างชัดเจนในการจัดการคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร การรับรองของแผนงานเหล่านี้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางจากผู้เล่นในอุตสาหกรรมและหน่วยงานกำกับดูแล ทำให้มีความน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ แผนงานเหล่านี้ยังสามารถปรับให้เป็นปัจจุบันหรือขยายได้ตามต้องการ โดยมีข้อมูลจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่าง ๆ เพื่อให้แน่ใจว่าแผนงานเหล่านี้ยังคงมีความเกี่ยวข้องและ มีประสิทธิผลตลอดเวลา (Overbosch & Blanchard, 2023; Pop et al., 2018)

สุขอนามัยโดยทั่วไป หมายถึง การรักษาความสะอาดเพื่อป้องกันการเจ็บป่วยและการแพร่กระจายของโรค อย่างไรก็ตาม สำหรับวัตถุประสงค์ในที่นี้ สุขอนามัยมีขอบเขตกว้างกว่านั้น และยังรวมถึง การป้องกันสิ่งแปลกปลอมในอาหาร การปฏิบัติตามกฎการดูแลความสะอาดพื้นฐาน และการจัดการสารเคมี เช่น ยาฆ่าแมลงและสารหล่อลื่น โดยทั่วไปแล้ว ประเด็นเหล่านี้จะได้รับการจัดการผ่านสิ่งที่เรียกว่า โปรแกรมเบื้องต้น (PRP) ที่เป็นพื้นฐานและกิจกรรมที่จำเป็นต่าง ๆ ในบริบทของ HACCP (Mortimore & Wallace, 2013) สุขอนามัยเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะรับประกันความปลอดภัยของอาหารหรือป้องกันโรค จำเป็นต้องมีระบบที่ครอบคลุมเพื่อจัดการความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น เช่น การปนเปื้อนข้าม (Cross-contamination) และเพื่อให้แน่ใจว่ามีการติดฉลากอย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่น หลายประเทศกำหนดให้ต้องระบุสารก่อภูมิแพ้บนบรรจุภัณฑ์อาหาร เมื่อออกแบบระบบการจัดการด้านสุขอนามัย สิ่งสำคัญ คือ ต้องพิจารณาความต้องการด้านสุขอนามัยที่เฉพาะเจาะจงของสถานการณ์นั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ข้อกำหนดที่ผู้จัดอาหารต้องสวมหมวกคลุมผมอาจไม่ใช้กับคนงานที่เก็บเกี่ยวผักกาดหอมด้วยมือ เนื่องจากผักกาดหอมจะถูกทำความสะอาดในภายหลังด้วยวิธีที่ไม่เพียงแต่ เอาผมออกเท่านั้น แต่ยังเอาสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ออกด้วย อย่างไรก็ตาม แนวทางปฏิบัติด้านสุขอนามัย อื่น ๆ เช่น การควบคุมการปนเปื้อนในสภาพแวดล้อมที่กำลังเติบโต (เช่น การป้องกันแบคทีเรีย เช่น Enterohemorrhagic Escherichia coli จากปุ๋ยที่ไม่ได้รับการบำบัดหรือน้ำที่ปนเปื้อน) ถือเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการแปรรูปอาหารในภายหลังอาจไม่สามารถกำจัดเชื้อโรคที่เป็นอันตรายทั้งหมดได้ ในแง่นี้ ระบบการจัดการด้านสุขอนามัยจะช่วยเสริม HACCP โดยจัดการกับความเสี่ยงที่สามารถป้องกันหรือบรรเทาได้อย่างง่ายดาย การปรับกระบวนการให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ก่อนที่จะมุ่งเน้นไปที่อันตรายที่ซับซ้อนกว่า ซึ่งจำเป็นต้องมีการแทรกแซง HACCP เฉพาะแหล่งข้อมูลสำคัญสำหรับมาตรฐานด้านสุขอนามัย คือ Codex Alimentarius ซึ่งให้แนวทางปฏิบัติด้านสุขอนามัยที่

ได้รับ การยอมรับในระดับสากลมากมาย แม้ว่า Codex จะทำหน้าที่เป็นรากฐานสำหรับระบบความปลอดภัยด้านอาหารหลาย ๆ ระบบ แต่ตัว Codex เองก็ไม่ใช่ระบบการรับรอง และไม่มีโครงการรับรองระดับโลกที่อิงตาม Codex โดยตรง (Ripolles-Avila et al., 2020)

ในขอบข่ายของการจัดการด้านสุขอนามัย วิธีการ 5ส เป็นแนวทางที่สำคัญที่ควรพิจารณา 5ส ได้รับ การพัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่นในตอนแรก โดยมุ่งเน้นที่การจัดระเบียบสถานที่ทำงานโดยการกำจัดของเสียในรูปแบบต่าง ๆ เช่น เครื่องมือ ชิ้นส่วน และคำแนะนำที่ไม่จำเป็น และการกำจัดสิ่งสกปรกและความยุ่งเหยิง เป้าหมาย คือ การสร้างพื้นที่ทำงานที่ได้มาตรฐานสะอาด มีประสิทธิภาพ และ เป็นระเบียบเรียบร้อยอยู่เสมอ ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับวิธีการนำไปปฏิบัติในพื้นที่ 5ส ยังอาจช่วยส่งเสริมความปลอดภัย ความพึงพอใจของพนักงาน และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย แม้ว่า 5ส จะมีต้นกำเนิดมาจากนอกอุตสาหกรรมอาหาร แต่ก็สามารถปรับใช้ได้อย่างง่ายดายเพื่อรองรับการจัดการด้านสุขอนามัยและปรับปรุงความน่าเชื่อถือในการดำเนินงาน องค์กรหลายแห่งใช้ 5ส เป็นรากฐานสำหรับโปรแกรมการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง สำหรับระบบการจัดการด้านสุขอนามัยที่กว้างขึ้น มีแผนการรับรอง ที่ได้รับการยอมรับทั่วโลก เช่น แผนภายใต้ Global Food Safety Initiative (GFSI) ตัวอย่างเช่น มาตรฐาน FSSC 22000 ประกอบด้วย มาตรฐานโปรแกรมข้อกำหนดเบื้องต้นเฉพาะ ISO/TS 22002-1:2009 (ปรับปรุงในปี 2020) ซึ่งช่วยเสริมระบบการจัดการความปลอดภัยอาหาร ISO 22000 เพื่อให้นำเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่ครอบคลุม มีกรอบงานที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การรับรองของ American Institute of Baking (AIB) ซึ่งเน้นย้ำอย่างมากต่อสุขอนามัยในการผลิตอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกรณีที่กระบวนการอบที่ให้การควบคุมความเสี่ยงทางจุลชีววิทยาอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังมีมาตรฐานในท้องถิ่นจำนวนมาก ซึ่งมักจะปรับให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเฉพาะและข้อกำหนดด้านความปลอดภัยเฉพาะของผลิตภัณฑ์นั้นๆ (Bomba & Susol, 2020; Lokunarangodage et al., 2016)

2.2 สถานประกอบการ การออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวกและอุปกรณ์

ในปี 2563 การออกแบบที่ถูกสุขอนามัย (Hygienic Design: HD) ได้ถูกเพิ่มเข้าไปในขอบเขตของ ข้อกำหนดการเปรียบเทียบมาตรฐาน GFSI โดยเฉพาะ ในสองด้าน ได้แก่ J1 (การออกแบบที่ถูกสุขอนามัยของอาคารและอุปกรณ์แปรรูปอาหารสำหรับผู้สร้างอาคารและผู้ผลิตอุปกรณ์) และ J2 (การออกแบบที่ถูกสุขอนามัยของอาคารและอุปกรณ์แปรรูปอาหารสำหรับผู้ใช้อาคารและอุปกรณ์) การออกแบบที่ถูกสุขอนามัยมุ่งเน้นไปที่การสร้างโรงงานและอุปกรณ์แปรรูปอาหารที่สามารถทำความสะอาดได้ง่าย ทนทาน และให้การป้องกันอันตรายที่มีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้ HD จึงถือเป็นโปรแกรมที่จำเป็นเบื้องต้น (PRP) ภายในกรอบ HACCP ณ เวลาที่เขียนเอกสารฉบับนี้ ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานเจ้าของกระบวนการรับรอง (CPO) ที่ได้รับการรับรองจาก GFSI สำหรับข้อกำหนด HD เหล่านี้ อย่างไรก็ตาม หลักการของการป้องกันและลดความเสี่ยง โดยทั่วไปถือเป็นขอบเขตเฉพาะของระบบ HACCP โดย HACCP ได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยบริษัท Pillsbury ในช่วงทศวรรษ 1960 (ช่วงประมาณปี 2503) และถูกทำให้เป็นทางการโดย Codex ในปี 2536 เนื่องจาก Codex Alimentarius ทำหน้าที่เป็นรากฐานของกฎหมายความปลอดภัยอาหารระดับชาติและการค้าระหว่างประเทศ หลายประเทศ จึงได้นำ HACCP มาใช้เป็นข้อกำหนดทางกฎหมาย ส่วน ISO 22000 เป็นมาตรฐานสากลชั้นนำสำหรับการรับรองระบบ HACCP แต่ไม่ได้กล่าวถึงเงื่อนไขด้านสุขอนามัยที่จำเป็น (PRP) โดยเฉพาะ นี่เป็นจุดที่กรอบงานต่าง ๆ เช่น แผนการรับรอง GFSI เข้ามามีบทบาท ซึ่งเน้นที่สุขอนามัยและข้อกำหนดเบื้องต้นอื่น ๆ ที่ไม่ได้ครอบคลุมอยู่ใน ISO 22000 (Overbosch & Blanchard, 2023)

ที่สำคัญ มาตรฐานหรือแผนการที่กล่าวถึงไม่ได้ระบุถึงอันตรายที่ต้องแก้ไขหรือลดลง แต่ขึ้นอยู่กับความเชี่ยวชาญของผู้ที่ออกแบบ นำไปปฏิบัติ และตรวจสอบระบบ HACCP เพื่อระบุอันตรายที่เกี่ยวข้องและกำหนดวิธีบรรเทาอันตรายเหล่านั้น ผู้ตรวจสอบมีบทบาทสำคัญในการประเมินว่าระบบเป็นไปตามมาตรฐาน ที่กำหนดหรือไม่ ผู้ผลิตอาหารรายใหญ่บางรายได้พัฒนาระบบสองชั้น โดยแต่ละหมวดหมู่ผลิตภัณฑ์ (เช่น สับปะรดกระป๋อง ผักแช่แข็ง หรือไส้กรอกรมควัน) จะมีขั้นตอนกระบวนการโดย

ละเอียดและมาตรการควบคุมอันตรายที่เฉพาะเจาะจง จากนั้นจึงเป็นความรับผิดชอบของโรงงานผลิตแต่ละแห่ง ในการดำเนินการตามแผนและเพิ่มการควบคุมเพิ่มเติมตามความจำเป็นสำหรับอันตรายในพื้นที่ แม้ว่าแนวทางนี้จะได้ผลโดยทั่วไป แต่ต้องใช้ความเชี่ยวชาญระดับสูงในการดำเนินการอย่างเหมาะสม ข้อกำหนดทางกฎหมายที่แพร่หลายสำหรับ HACCP ตลอดทั้งห่วงโซ่อุปทานทำให้ในบางกรณีมี การนำไปใช้อย่างไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น ธุรกิจที่จัดการเฉพาะอาหารบรรจุหีบห่อล่วงหน้าที่สามารถเก็บไว้ได้ในอุณหภูมิห้องอาจรู้สึกกดดันที่จะต้องสร้างจุดควบคุมวิกฤต (CCP) ของตนเอง แม้ว่าอาจไม่จำเป็นก็ตาม ในการจัดการกับความซับซ้อนนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องจัดการกับผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย มักใช้เมทริกซ์ความเสี่ยง โดยเมทริกซ์เหล่านี้จะประเมินปัจจัยต่าง ๆ รวมถึงความเสี่ยงโดยธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ (เช่น ความสามารถในการรองรับการเติบโตของเชื้อโรคตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น ค่าแอคติวิตี้ของน้ำหรือค่าความเป็นกรด-ด่าง) ความเป็นไปได้ของการปนเปื้อนทางเคมี และความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับผู้จัดหาสินค้าหรือแหล่งกำเนิดสินค้า นอกจากนี้ การสร้างแบบจำลองทางจุลชีววิทยายังถูกนำมาใช้มากขึ้นเพื่อรองรับเมทริกซ์ความเสี่ยง การสร้างแบบจำลองนี้ต้องพิจารณาถึงอัตราการเติบโตและ การตายของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องภายใต้เงื่อนไขในโลกแห่งความเป็นจริง โดยพิจารณาถึงลักษณะของผลิตภัณฑ์ (เช่น ประเภทบรรจุภัณฑ์) เงื่อนไขการประมวลผล ปัจจัยการจัดเก็บ (อุณหภูมิ เวลา ความชื้น) และการจัดการและการเตรียมอาหารที่คาดหวังของผู้บริโภค ข้อมูลนี้ช่วยในการปรับปรุง การประเมินความเสี่ยงและรับรองว่ามาตรการด้านความปลอดภัยของอาหารนั้นทั้งแม่นยำและใช้งานได้จริง (Abate Reta & Hailu Addis, 2015; S. J. Forsythe, 2008)

2.3 มาตรการควบคุมเชิงปฏิบัติ

ความปลอดภัยเป็นประเด็นพื้นฐานของการดำเนินการด้านอาหาร โดยต้องให้เกิดความมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์อาหารมีความปลอดภัย มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีคุณภาพสูงสำหรับผู้บริโภค การควบคุมการดำเนินการด้านอาหารอย่างมีประสิทธิผลจะเกี่ยวข้องกับแนวทางปฏิบัติ นโยบาย และขั้นตอนที่ครอบคลุม ซึ่งทำงานร่วมกันเพื่อลดความเสี่ยงของโรคจากอาหารและการปนเปื้อนตลอดห่วงโซ่อุปทานอาหารทั้งหมด ตั้งแต่แหล่งผลิตจนถึงโต๊ะอาหาร หัวใจสำคัญของการควบคุมการดำเนินการด้านอาหาร คือ การใช้หลักการการวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤต (HACCP) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีโครงสร้างสำหรับการระบุ ประเมิน และจัดการอันตรายต่อความปลอดภัยของอาหาร ระบบ HACCP เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์อันตรายอย่างละเอียดถี่ถ้วนเพื่อระบุอันตรายทางชีวภาพ เคมี และกายภาพที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการผลิต การแปรรูป และการเตรียมอาหาร เมื่อระบุอันตรายเหล่านี้ได้แล้ว จุดควบคุมวิกฤต (CCP) จะถูกกำหนดขึ้นในขั้นตอนเฉพาะในการดำเนินการด้านอาหาร ซึ่งสามารถใช้มาตรการควบคุมเพื่อป้องกันหรือลดความเสี่ยงที่ระบุได้ ตัวอย่างของ CCP อาจรวมถึงการตรวจสอบอุณหภูมิในการปรุงอาหาร เวลาในการแช่เย็น หรือการตรวจสอบเงื่อนไขการจัดเก็บที่เหมาะสม (Panisello & Quantick, 2001)

เพื่อให้แน่ใจว่ามาตรการควบคุมเหล่านี้มีประสิทธิผล ผู้ประกอบการด้านอาหารจึงพัฒนากระบวนการตรวจสอบที่ติดตามการปฏิบัติตามมาตรฐานที่กำหนด การตรวจสอบเป็นประจำช่วยให้ตรวจพบ การเบี่ยงเบนใด ๆ จากมาตรฐานได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถดำเนินการแก้ไขก่อนที่อาหาร ที่ไม่ปลอดภัยจะถึงมือผู้บริโภค นอกเหนือจาก HACCP แล้ว การฝึกอบรมและการศึกษาก็ถือเป็น สิ่งสำคัญในการสร้างวัฒนธรรมด้านความปลอดภัยของการดำเนินงานด้านอาหาร สิ่งสำคัญ คือ พนักงานทุกคน ตั้งแต่ฝ่ายบริหารไปจนถึงพนักงานในครัวต้องเข้าใจบทบาทของตนในการรักษาความปลอดภัยของอาหาร โปรแกรมการฝึกอบรมควรครอบคลุมหัวข้อสำคัญ เช่น สุขอนามัยส่วนบุคคล การป้องกัน การปนเปื้อนข้าม แนวทางปฏิบัติด้านการจัดการอาหารที่ถูกต้อง และความสำคัญของการควบคุมอุณหภูมิ การให้ความรู้และทักษะที่จำเป็นแก่พนักงาน การดำเนินงานด้านอาหารสามารถลดความเสี่ยงจากข้อผิดพลาดของมนุษย์ได้อย่างมาก ซึ่งมักเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความปลอดภัยของอาหารล้มเหลว การสื่อสารที่ชัดเจนเกี่ยวกับโปรโตคอลด้านความปลอดภัยของอาหารและความรับผิดชอบของแต่ละบุคคลช่วยให้มั่นใจได้ว่า

สมาชิกในทีมทุกคนจะยึดมั่นในมาตรฐานความปลอดภัยอย่างสม่ำเสมอ การบันทึกข้อมูลถือเป็นองค์ประกอบสำคัญอีกประการหนึ่งในการควบคุมการดำเนินงานด้านอาหาร บันทึกข้อมูลที่ถูกต้องจะช่วยให้สามารถบันทึกแนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัยของอาหารและ การตัดสินใจต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการจัดการอาหาร ซึ่งจะช่วยให้มั่นใจได้ว่าเป็นไปตามกฎระเบียบและเป็นแหล่งข้อมูลอันมีค่าสำหรับการระบุแนวโน้มหรือประเด็นที่จะต้องปรับปรุง การบันทึกข้อมูล สำหรับสิ่งต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิของอาหาร ตารางการทำความสะอาด และตารางช่วงเวลาของการฝึกอบรม จะช่วยสร้างความรับผิดชอบและความโปร่งใสในการดำเนินงานด้านความปลอดภัยของอาหาร สุดท้าย การตรวจสอบและการตรวจสอบภายในเป็นประจำ เป็นมาตรการเชิงรุกที่ช่วยระบุจุดอ่อน ที่อาจเกิดขึ้นในระบบความปลอดภัยของอาหารก่อนที่จะนำไปสู่การปนเปื้อนหรือความเจ็บป่วย การตรวจสอบเหล่านี้ทำหน้าที่ เป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของการควบคุมความปลอดภัยของอาหาร และเพื่อให้แน่ใจว่ามีการปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยของอาหารอย่างสม่ำเสมอ (De Silva, 2007; Dlamini & Adetunji, 2023; Panisello & Quantick, 2001)

ความร่วมมือกับผู้จัดหาสินค้า ยังมีความสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมการดำเนินงานด้านอาหาร เนื่องจากความปลอดภัยของอาหารเริ่มต้นก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะถึงครัว การสร้างความสัมพันธ์อันแน่นแฟ้นกับผู้จัดหาสินค้าจะช่วยให้เกิดความมั่นใจได้ว่าผู้จัดหาสินค้าปฏิบัติตามมาตรฐานและแนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัยที่เข้มงวด ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมไปจนถึงบรรจุภัณฑ์ ผู้ประกอบการด้านอาหารควรดำเนินการอย่างรอบคอบเมื่อคัดเลือกผู้จัดหาสินค้า รวมถึงตรวจสอบใบรับรองและแนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัยของอาหาร การสื่อสารและความร่วมมืออย่างสม่ำเสมอกับผู้จัดหาสินค้าจะช่วยส่งเสริมความรับผิดชอบร่วมกันด้านความปลอดภัยของอาหารและช่วยให้แน่ใจว่ามี เฉพาะส่วนผสมที่ปลอดภัยและมีคุณภาพสูงเท่านั้นที่เข้าสู่การดำเนินงาน เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในการเพิ่มความปลอดภัยของอาหารในการควบคุมการดำเนินงาน ความก้าวหน้าในเทคโนโลยีด้านความปลอดภัยของอาหาร เช่น อุปกรณ์ตรวจสอบอุณหภูมิ ระบบการจัดการความปลอดภัยอาหารแบบดิจิทัล และเครื่องมือตรวจสอบย้อนกลับ ได้ปรับปรุงความสามารถในการตรวจสอบและจัดการแนวทางปฏิบัติด้านความปลอดภัยของอาหารที่สามารถตรวจสอบข้อมูลได้ทันทีตามเวลาจริง นวัตกรรมเหล่านี้ สามารถแจ้งเตือนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือการเบี่ยงเบนจากเกณฑ์วิธีด้านความปลอดภัย เพื่อให้สามารถดำเนินการแก้ไขได้ทันที นอกจากนี้ เทคโนโลยียังสามารถทำให้กระบวนการจัดทำเอกสารและบันทึกข้อมูลง่ายขึ้น ทำให้ผู้ประกอบการด้านอาหารปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยของอาหารได้สะดวกขึ้น การดำเนินการเรื่องเหล่านี้ จำเป็นต้องปลูกฝังวัฒนธรรมความปลอดภัย ด้านอาหารเชิงบวกภายในองค์กร วัฒนธรรมดังกล่าวควรเน้นย้ำถึงความรับผิดชอบร่วมกันของพนักงานทุกคนในการรักษาความปลอดภัยด้านอาหาร โดยตระหนักว่าการกระทำของพนักงานส่งผลโดยตรงต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและสุขภาพของประชาชน ฝ่ายบริหารควรเป็นผู้นำ โดยการเป็นตัวอย่างแสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่นต่อความปลอดภัยของอาหารผ่านการกระทำและการตัดสินใจของพนักงาน การส่งเสริมการสนทนาแลกเปลี่ยนอย่างเปิดเผยเกี่ยวกับความท้าทายและความสำเร็จด้านความปลอดภัยของอาหารระหว่างพนักงานยังช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วมและการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องภายในการควบคุม การดำเนินงานด้านอาหารได้อีกด้วย การดำเนินการด้านอาหารสามารถลดความเสี่ยงของโรคที่เกิดจากอาหารได้อย่างมาก และช่วยให้แน่ใจถึงความปลอดภัยและคุณภาพของอาหารที่บริโภค โดยการนำหลักการ HACCP มาใช้ การให้การฝึกอบรมและการศึกษาอย่างต่อเนื่อง การบันทึกข้อมูลอย่างละเอียด การร่วมมือกับผู้จัดหาสินค้า การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี และการส่งเสริมวัฒนธรรมความปลอดภัยด้านอาหารที่เข้มแข็ง ความพยายามเหล่านี้มีความสำคัญไม่เพียงแต่เพื่อปกป้องผู้บริโภคเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการสร้างความไว้วางใจและรักษาความสมบูรณ์และชื่อเสียงของธุรกิจอาหารในอุตสาหกรรมอาหารที่มีการแข่งขันอีกด้วย (Gereffi & Lee, 2009; B. G. Smith, 2008; Trienekens & Zuurbier, 2008).

2.4 การสุขาภิบาล

การสุขาภิบาลอาหารเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของความปลอดภัยของอาหารในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ครอบคลุมถึงแนวทางปฏิบัติและขั้นตอนที่ป้องกันการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์อาหาร ในทุกขั้นตอนการผลิต ตั้งแต่การจัดการวัตถุดิบไปจนถึงการบรรจุอาหารขั้นสุดท้าย การสุขาภิบาลอาหารที่มีประสิทธิภาพช่วยให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยต่อการบริโภค ปราศจากเชื้อโรค และเป็นไปตามกฎระเบียบด้านสุขภาพและความปลอดภัย เนื่องจากการผลิตอาหารมีความซับซ้อน การสุขาภิบาลจึงไม่ใช่แค่เรื่องของความสะอาดเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการป้องกันโรคจากอาหาร การรักษาคุณภาพ และการปฏิบัติตามกฎระเบียบด้วย การสุขาภิบาลอาหารในกระบวนการแปรรูปอาหารเป็นแนวคิดหลายแง่มุมที่ขยายขอบเขตไปไกลกว่าแค่ความสะอาดเพียงอย่างเดียว โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากทั้งจุลินทรีย์และสารเคมี ลดการปนเปื้อนข้ามในระหว่างกระบวนการผลิต และรักษาสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยโดยรวมสำหรับการผลิตอาหาร การสุขาภิบาลที่ไม่เพียงพออาจนำไปสู่การปนเปื้อน โรคจากอาหาร หรือการเน่าเสีย ซึ่งอาจส่งผลกระทบอย่างสำคัญต่อทั้งผู้บริโภคและผู้ผลิต โรคที่เกิดจากอาหารปนเปื้อนถือเป็นปัญหาสุขภาพของประชาชนที่ร้ายแรง ตามข้อมูลของศูนย์ควบคุมโรคติดต่อแห่งสหรัฐอเมริกา (CDC) ประชากรประมาณ 48 ล้านคน ในสหรัฐอเมริกาต้องทนทุกข์ทรมานจากโรคที่เกิดจากอาหารทุกปี ส่งผลให้ต้องเข้ารับการรักษา ในโรงพยาบาล 128,000 รายและเสียชีวิต 3,000 ราย (Ikpe, 2021; Kassem, 2018) เชื้อก่อโรค เช่น ซัลโมเนลลา อีโคไล (E. coli) ลิสทีเรีย และแคมไพโลแบคเตอร์ เป็นสาเหตุทั่วไปของโรคเหล่านี้ และเชื้อก่อโรคจำนวนมากแพร่กระจายผ่านแนวทางปฏิบัติด้านสุขอนามัยที่ไม่เหมาะสมระหว่างการแปรรูปอาหาร การสุขาภิบาลอาหารที่เหมาะสมจะช่วยบรรเทาความเสี่ยงเหล่านี้ได้โดยการทำให้แน่ใจว่าอาหารได้รับการจัดการเตรียมและจัดเก็บในสภาพแวดล้อมที่ถูกสุขอนามัย ในบริบทของการแปรรูปอาหาร การสุขาภิบาลไม่เพียงแต่จำเป็นสำหรับความปลอดภัยของผู้บริโภคเท่านั้น แต่ยังจำเป็นต่อ การรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารอีกด้วย สภาพแวดล้อมและอุปกรณ์ ที่สะอาดมีส่วนช่วยให้คุณภาพของอาหารดีขึ้น ป้องกันการเน่าเสีย รสชาติที่ผิดเพี้ยน และการเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ (Akbar & Anal, 2011)

การสุขาภิบาลอาหารถูกควบคุมโดยกฎระเบียบมากมายซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศแต่ได้รับ การออกแบบมาเพื่อปกป้องผู้บริโภคและรักษามาตรฐานความปลอดภัยของอาหารในสหรัฐอเมริกา มีหน่วยงานกำกับดูแลหลายแห่งบังคับใช้แนวทางด้านสุขอนามัยและความปลอดภัยของอาหาร เช่น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (FDA) บังคับใช้มาตรฐานด้านสุขอนามัยสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่อยู่ในเขตอำนาจของหน่วยงาน รวมถึงอาหารแปรรูป เครื่องดื่ม และอาหารเสริม ประมวลกฎหมายอาหารของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (FDA) จัดทำแนวทางที่ครอบคลุมเกี่ยวกับสุขอนามัยในสถานประกอบการอาหาร รวมถึงการทำความสะอาด การควบคุมอุณหภูมิ และแนวทางปฏิบัติด้านสุขอนามัย (Marriott et al., 2006) นอกจากนี้ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (FDA) ยังดำเนินการตรวจสอบและตรวจสอบโรงงานแปรรูปอาหารเพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามข้อกำหนด กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA) กำกับดูแลมาตรฐานด้านสุขอนามัยสำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ สัตว์ปีก และไข่ หน่วยบริการด้านความปลอดภัยและตรวจสอบอาหาร (FSIS) ซึ่งเป็นหน่วยงานย่อยของกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา กำหนดมาตรฐานด้านสุขอนามัยอาหารในโรงงานแปรรูปเนื้อสัตว์และสัตว์ปีก แนวทางของ FSIS ได้แก่ ข้อบังคับเกี่ยวกับการควบคุมเชื้อโรค การติดตามอุณหภูมิ และขั้นตอนการทำความสะอาด แม้ว่ามาตรฐานของสำนักงานบริหารความปลอดภัยและ อาชีวอนามัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (OSHA) จะเน้นที่ความปลอดภัยของคนงานเป็นหลัก แต่ข้อบังคับของ OSHA ยังส่งผลต่อสุขอนามัยอาหารด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการรับรองว่าคนงานได้รับการปกป้องจากอันตราย เช่น สารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาดและสุขอนามัย OSHA กำหนดให้โรงงานแปรรูปอาหารต้องจัดให้มีการฝึกอบรมที่เหมาะสม อุปกรณ์ป้องกัน และขั้นตอนการจัดการสารเคมีทำความสะอาดอย่างปลอดภัย สำหรับในระดับโลก องค์กรต่างๆ เช่น Codex Alimentarius Commission (Codex) ซึ่งก่อตั้งโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) และ

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) กำหนดมาตรฐานและแนวทางปฏิบัติระดับสากลสำหรับความปลอดภัยของอาหาร รวมถึงสุขอนามัย โดย Codex ให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติด้านสุขอนามัย รวมถึงขั้นตอนการทำความสะอาด การฆ่าเชื้อ และการจัดการสำหรับผู้แปรรูปอาหาร การฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการแปรรูปอาหารต้องอาศัยการนำแนวทางปฏิบัติเฉพาะมาใช้ในขั้นตอน การผลิตที่แตกต่างกัน (Commission et al., 2007)

2.4.1 อุปกรณ์ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ

การทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออุปกรณ์และพื้นผิวเป็นหนึ่งในด้านที่สำคัญที่สุดของการสุขาภิบาลอาหาร อุปกรณ์ เครื่องจักร เครื่องมือ และภาชนะที่สัมผัสกับอาหารโดยตรงจะต้องได้รับการทำความสะอาดอย่างทั่วถึงเพื่อขจัดสิ่งสกปรก ไขมัน เศษอาหาร และสิ่งปนเปื้อนใด ๆ การทำความสะอาดที่ไม่เพียงพออาจทำให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์แบคทีเรียและเชื้อโรคอื่น ๆ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารปนเปื้อน การทำความสะอาดโดยทั่วไปเกี่ยวข้องกับการกำจัดเศษที่มองเห็นได้ ในขณะที่การฆ่าเชื้อมีจุดมุ่งหมายเพื่อ ฆ่าจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของอาหาร สารฆ่าเชื้อประเภทต่าง ๆ (เช่น สารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียมที่มีคลอรีน ไอโอดีน) ใช้เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ความถี่ในการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารที่กำลังแปรรูป ลักษณะของอุปกรณ์ และความเสี่ยงเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมการผลิต (Yemics & Harmanci, 2020)

2.4.2 สุขอนามัยและการฝึกอบรมของพนักงาน

พนักงานมีบทบาทสำคัญในการสุขาภิบาลอาหาร การดูแลสุขอนามัยส่วนบุคคลให้เหมาะสมเป็น สิ่งสำคัญเพื่อลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนอาหาร พนักงานต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการล้างมืออย่างเคร่งครัด สวมเสื้อผ้าป้องกัน เช่น ถุงมือ ผ้ากันเปื้อน และหมวกคลุมผม และหลีกเลี่ยงการสัมผัสอาหารหรือพื้นผิวที่สัมผัสอาหารด้วยมือเปล่า จำเป็นต้องมีโปรแกรมการฝึกอบรมเป็นประจำเพื่อสอนพนักงานเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติในการจัดการอาหารที่ถูกต้อง ความสำคัญของสุขอนามัย และวิธีการรับรู้และป้องกันความเสี่ยงจากการปนเปื้อน นอกจากนี้ ผู้แปรรูปอาหารยังต้องบังคับใช้นโยบายที่เกี่ยวข้องกับการรายงานการเจ็บป่วย เพื่อให้แน่ใจว่าพนักงานที่ป่วย โดยเฉพาะผู้ที่มีอาการเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร จะถูกยกเว้นจากหน้าที่ในการจัดการอาหาร ซึ่งจะช่วยป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค โดยเฉพาะจากพนักงานไปยังผลิตภัณฑ์อาหาร (Todd et al., 2010)

2.4.3 การควบคุมอุณหภูมิ

การควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญในการป้องกันการเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อโรคที่เป็นอันตราย "เขตอันตราย (Danger Zone)" สำหรับความปลอดภัยของอาหารอยู่ระหว่าง 40°F (4°C) และ 140°F (60°C) ซึ่งเป็นช่วงที่แบคทีเรียจะขยายพันธุ์ได้รวดเร็วที่สุด ในระหว่างการแปรรูปอาหาร สิ่งสำคัญคือต้องรักษาการควบคุมอุณหภูมิอย่างเคร่งครัดในทุกขั้นตอน ไม่ว่าจะเป็นในขั้นตอนการแช่เย็น การแช่แข็ง การปรุงอาหาร หรือการเก็บรักษา ตัวอย่างเช่น ควรเก็บสินค้าที่เน่าเสียง่ายไว้ในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 40°F (4°C) หรือต่ำกว่าระหว่างการแปรรูปและการจัดเก็บ ควรปรุงอาหารในอุณหภูมิที่สูงพอที่จะฆ่าเชื้อโรคได้ (เช่น 165°F หรือ 74°C สำหรับสัตว์ปีก) ในทำนองเดียวกัน อาหารที่ร้อนจะต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 140°F (60°C) ขึ้นไปเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Mutton, 2009)

2.4.4 การควบคุมสัตว์รบกวน

การควบคุมศัตรูพืช เช่น หนู แมลง และนก ถือเป็นส่วนสำคัญของสุขอนามัยอาหาร สัตว์รบกวนเหล่านี้สามารถปนเปื้อนผลิตภัณฑ์อาหารได้โดยตรงหรือโดยอ้อมผ่านมูล ปัสสาวะ หรือรังของมัน โปรแกรมควบคุมสัตว์รบกวนที่มีประสิทธิภาพเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบและบำรุงรักษาสถานที่เป็นประจำ ปิดทางเข้า และใช้กับดักหรือระบบเหยื่อล่อ สภาพแวดล้อมที่

สะอาดมีความจำเป็นในการลดการระบาดของสัตว์รบกวนที่มักถูกดึงดูดไปยังบริเวณที่มีเศษอาหารและของเสียสะสม ดังนั้น การรักษาความสะอาดจึงเป็นมาตรการป้องกันที่สำคัญ (Trematerra & Fleurat-Lessard, 2015)

2.4.5 การป้องกันการปนเปื้อนข้าม

การปนเปื้อนข้ามเกิดขึ้นเมื่อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายหรือสารก่อภูมิแพ้ถูกถ่ายโอนจากอาหารหรือพื้นผิวหนึ่งไปยังอีกพื้นผิวหนึ่ง สิ่งนี้สามารถเกิดขึ้นได้จากการสัมผัสโดยตรงระหว่างอาหารที่ปนเปื้อนกับอาหารที่ไม่มีการปนเปื้อน หรือโดยอ้อมผ่านพื้นผิวที่สัมผัสอาหาร อุปกรณ์ หรือมือของพนักงาน การป้องกันการปนเปื้อนข้ามเป็นส่วนสำคัญของสุขอนามัยในกระบวนการแปรรูปอาหาร แนวทางปฏิบัติเพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้าม ได้แก่ การใช้เครื่องมือแยกกันสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่แตกต่างกัน (เช่น เนื้อดิบกับอาหารพร้อมรับประทาน) โดยการใช้รหัสสีกับภาชนะและเขียง และการรักษาการแยกระหว่างอาหารดิบและอาหารปรุงสุกอย่างชัดเจนตลอดกระบวนการผลิต (Starovoytova, 2019)

2.4.6 การจัดการขยะ

การกำจัดขยะอย่างเหมาะสมเป็นองค์ประกอบสำคัญของสุขอนามัยอาหาร ขยะอาหาร วัสดุบรรจุภัณฑ์ และขยะอื่นๆ ควรเก็บรวบรวม จัดเก็บ และกำจัดอย่างถูกสุขอนามัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ควรเก็บขยะอินทรีย์ให้ห่างจากบริเวณแปรรูปอาหารเพื่อลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนและการดึงดูดแมลง นอกจากนี้ ควรทิ้งและทำความสะอาดถังขยะเป็นประจำเพื่อป้องกันกลิ่นและการปนเปื้อน (Schuler et al., 1999)

2.5 การบำรุงรักษาและทำความสะอาด

นอกจากการทำความสะอาดอุปกรณ์และเครื่องมือแล้ว การรักษาความสะอาดของโรงงานทั้งหมดก็มีความสำคัญเช่นกัน พื้น ผนัง เพดาน และระบบระบายอากาศของโรงงานแปรรูปอาหารจะต้องสะอาดและปราศจากแหล่งปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นได้ นอกจากนี้ ควรฆ่าเชื้อบริเวณที่มีการสัมผัสบ่อยครั้ง เช่น ลูกบิดประตู สวิตช์ไฟ และสิ่งอำนวยความสะดวกในห้องน้ำเป็นประจำ (Resendiz et al., 2023) การไม่ปฏิบัติตามแนวทางสุขอนามัยที่เหมาะสมอาจส่งผลร้ายแรงต่อทั้งผู้ผลิตอาหารและผู้บริโภค ความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับสุขอนามัยที่ไม่เพียงพอ ได้แก่ แนวทางสุขอนามัยที่ไม่ดีอาจนำไปสู่การระบาดของโรคจากอาหาร แบคทีเรีย ไวรัส และปรสิตที่สามารถเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่ไม่ถูกสุขอนามัย ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารปนเปื้อนและทำให้ผู้บริโภคป่วยได้ ในบางกรณีที่รุนแรง การระบาดของโรคจากอาหารอาจนำไปสู่การเข้าโรงพยาบาลหรือเสียชีวิต บริษัทแปรรูปอาหารที่พบว่า มีความผิดฐานปฏิบัติสุขอนามัยที่ไม่ดีอาจได้รับความเสียหายต่อชื่อเสียงที่ไม่สามารถแก้ไขได้ข่าวเกี่ยวกับเหตุการณ์ปนเปื้อนหรือการระบาดของโรคจากอาหารอาจแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว ทำลายความไว้วางใจของผู้บริโภคและส่งผลให้ยอดขายลดลงอย่างมาก การละเมิดความปลอดภัยของอาหารอาจนำไปสู่ การฟ้องร้อง เสียค่าปรับ การเรียกคืนสินค้า และแม้แต่การปิดโรงงาน บริษัทต่าง ๆ อาจต้องเผชิญกับการดำเนินการทางกฎหมายที่นำไปสู่การสูญเสียใบอนุญาตประกอบการหรือความรับผิดทางกฎหมายสำหรับความเสียหายที่เกิดจากการปนเปื้อน การสุขาภิบาลที่ไม่ดี นำไปสู่ต้นทุนการดำเนินงานที่สูงขึ้น ต้นทุนเหล่านี้อาจรวมถึงการสูญเสียผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการปนเปื้อน ต้นทุนการควบคุมสัตว์รบกวนที่เพิ่มสูงขึ้น และต้นทุนในการทำความสะอาดเหตุการณ์การปนเปื้อน การสุขาภิบาลอาหารเป็นรากฐานสำคัญของความปลอดภัยด้านอาหารในกระบวนการแปรรูปอาหาร การปฏิบัติด้านสุขาภิบาล ที่เหมาะสมมีความจำเป็นเพื่อป้องกันการปนเปื้อน ปกป้องสุขภาพของประชาชน รักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และรับรองการปฏิบัติตามกฎระเบียบ ด้วยการยึดมั่นตามมาตรการด้านสุขาภิบาลที่เข้มงวด ผู้แปรรูปอาหารสามารถลดความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับโรคและการปนเปื้อนจากอาหาร ปกป้องชื่อเสียง และมีส่วนสนับสนุนให้เกิดแหล่งอาหารที่ปลอดภัยและมีสุขภาพดียิ่งขึ้น ในขณะที่ความต้องการของผู้บริโภคสำหรับอาหารที่มีคุณภาพสูงและปลอดภัยยังคงเพิ่มขึ้น ความสำคัญของสุขาภิบาล ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารก็เพิ่มขึ้น

เช่นกัน การสุขาภิบาลที่มีประสิทธิภาพไม่เพียงแต่ช่วยลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมวัฒนธรรมด้านความปลอดภัยของอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อ ทุกคนในห่วงโซ่อุปทานอาหารอีกด้วย (Madilo et al., 2024; Sousa, 2008; Yapp & Fairman, 2006).

2.6 สุขลักษณะส่วนบุคคล

สุขลักษณะส่วนบุคคลในการแปรรูปอาหารเป็นประเด็นสำคัญในการรักษาความปลอดภัยของอาหารและการดูแลสุขภาพของผู้บริโภค ซึ่งหมายถึงแนวทางปฏิบัติที่ผู้จัดการอาหารและคนงานต้องปฏิบัติตามเพื่อป้องกันการปนเปื้อนและเพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์อาหารยังคงปลอดภัย มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีคุณภาพสูง (Okpala & Korzeniowska, 2023) เนื่องจากสภาพแวดล้อมในการแปรรูปอาหาร มักเป็นพื้นที่เสี่ยงสูงต่อการปนเปื้อนเนื่องจากลักษณะของวัตถุดิบ อุปกรณ์ และเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง การรักษามาตรฐานสุขลักษณะส่วนบุคคลที่เข้มงวดจึงมีความจำเป็นในการป้องกันโรคจากอาหารและการปฏิบัติตามกฎระเบียบด้านความปลอดภัยของอาหาร ผู้ที่ทำงานสัมผัสอาหารมีบทบาทโดยตรง ในการปกป้องความปลอดภัยของอาหาร เนื่องจากต้องสัมผัสใกล้ชิดกับวัตถุดิบ อุปกรณ์ เครื่องจักรแปรรูป และผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย สิ่งแรกและสำคัญที่สุดของสุขลักษณะส่วนบุคคลคือการล้างมือเป็นประจำ ซึ่งมีความสำคัญในการกำจัดแบคทีเรีย ไวรัส และสิ่งสกปรกออกจากมือก่อนและหลังสัมผัสอาหาร โดยเฉพาะอาหารดิบ เช่น เนื้อสัตว์ ผัก หรือไข่ จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ปฏิบัติงานจะต้องล้างมือให้สะอาดด้วยสบู่และน้ำเป็นเวลาอย่างน้อย 20 วินาที โดยต้องใส่ใจบริเวณต่าง ๆ เช่น เล็บ ระหว่างนิ้ว และข้อมือ เนื่องจากบริเวณเหล่านี้มักเป็นแหล่งสะสมของแบคทีเรีย นอกจากนี้ ผู้ปฏิบัติงานควรใช้เจลล้างมือหากไม่มีอุปกรณ์ล้างมือในทันที (Bloomfield et al., 2012; Redmond & Griffith, 2003)

นอกจากสุขอนามัยของมือแล้ว ผู้ปรุงหรือสัมผัสอาหารจะต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) ที่เหมาะสม เช่น ถุงมือ ผ้ากันเปื้อน หน้ากาก หมวกคลุมผม และรองเท้าหัวปิด เพื่อลดความเสี่ยงในการปนเปื้อน หมวกคลุมผมและหมวกช่วยป้องกันไม่ให้ผมตกลงไปในอาหาร ในขณะที่ถุงมือช่วยปกป้อง ทั้งผู้ปฏิบัติงานและผลิตภัณฑ์จากการสัมผัสโดยตรง ควรเปลี่ยนถุงมือเป็นประจำและใช้ให้ถูกวิธีเพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนข้ามระหว่างอาหารประเภทต่าง ๆ ควรทำความสะอาดและบำรุงรักษา PPE เป็นประจำ และควรเปลี่ยนทันทีหากสกปรกหรือชำรุด ผู้สัมผัสอาหารจะต้องดูแลให้เสื้อผ้าและรองเท้าของตนสะอาดอยู่เสมอ เนื่องจากสิ่งสกปรกหรือสิ่งปนเปื้อนอาจถ่ายโอนจากพวกเขาไปยังอาหารได้ ไม่ควร สวมใส่สิ่งของส่วนตัว เช่น เครื่องประดับ นาฬิกา หรือใช้งานสมาร์ทโฟนในพื้นที่แปรรูปอาหาร เนื่องจากสิ่งของเหล่านี้อาจมีแบคทีเรียทำให้เกิดการปนเปื้อนได้ นอกจากสุขอนามัยทางกายภาพแล้ว พนักงานจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการรายงานอาการป่วยที่ถูกต้อง พนักงานที่ป่วย โดยเฉพาะมีอาการทางระบบทางเดินอาหาร เช่น อาเจียนหรือท้องเสีย ควรแยกออกจากงานจัดการอาหารจนกว่าจะหายดี เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของโรคติดเชื้อ (Organization & others, 2020; Sarkar et al., 2020)

2.7 การขนส่ง

การขนส่งอาหารเป็นขั้นตอนสำคัญในห่วงโซ่อุปทานอาหารซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความปลอดภัยและคุณภาพของอาหาร การรับรองว่าผลิตภัณฑ์อาหารได้รับการขนส่งในสภาพที่รักษาความสมบูรณ์ ป้องกันการปนเปื้อน และรักษาความสดใหม่ในระดับที่เหมาะสมถือเป็นสิ่งสำคัญในการปกป้องสุขภาพของผู้บริโภคและปฏิบัติตามกฎระเบียบด้านความปลอดภัยของอาหาร ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งวัตถุดิบจากฟาร์มไปยังโรงงานแปรรูปหรือสินค้าสำเร็จรูปจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังผู้ค้าปลีก การจัดการ ที่เหมาะสม การควบคุมอุณหภูมิ และการสุขาภิบาลระหว่างการขนส่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพ ความปลอดภัย และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย ปัจจัยที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งในการขนส่งอาหารอย่างปลอดภัยคือการควบคุมอุณหภูมิ อาหารหลายชนิด โดยเฉพาะสินค้าที่เน่าเสียง่าย เช่น เนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์นม ผลไม้ และผัก ต้องมีช่วงอุณหภูมิ

ที่เฉพาะเจาะจงเพื่อให้ปลอดภัยต่อการบริโภคและรักษาคุณค่าทางโภชนาการ เนื้อสัมผัส และรสชาติ ตัวอย่างเช่น อาหารแช่เย็นควรขนส่งในรถแช่เย็นที่เรียกว่ารถตู้เย็น ซึ่งติดตั้งระบบทำความเย็นที่รักษาอุณหภูมิให้คงที่ อุณหภูมิต้องได้รับการตรวจสอบอย่างระมัดระวังเพื่อหลีกเลี่ยงความผันผวนที่อาจนำไปสู่การเจริญเติบโตของแบคทีเรียหรือการเน่าเสีย สำหรับผลิตภัณฑ์แช่แข็ง สิ่งสำคัญคืออุณหภูมิในการขนส่งจะต้องอยู่ต่ำกว่า -18°C (0°F) เพื่อป้องกันการละลายและแช่แข็งซ้ำ ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ในทำนองเดียวกัน อาหารที่ไม่เน่าเสียง่าย แม้ว่าจะอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้อยกว่า แต่ก็ควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อป้องกันความเสียหายต่อบรรจุภัณฑ์หรือการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้น (Aung & Chang, 2014; Haji et al., 2022)

สุขาภิบาลและสุขอนามัยในระหว่างการขนส่งยังเป็นสิ่งสำคัญยิ่งในการป้องกันการปนเปื้อน ยานพาหนะขนส่งอาหารทุกคันต้องได้รับการทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออย่างทั่วถึงก่อนใช้งานเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก เชื้อโรค และสารก่อภูมิแพ้ การทำความสะอาดและฆ่าเชื้อยานพาหนะเป็นประจำจะช่วยหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนข้ามระหว่างผลิตภัณฑ์อาหารที่แตกต่างกัน (Moerman, 2017) ตัวอย่างเช่น การขนส่งเนื้อดิบในยานพาหนะเดียวกับผลิตผลสดอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนข้ามซึ่งเป็นอันตรายและเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของโรคจากอาหาร ผู้ขนส่งควรตรวจสอบให้แน่ใจว่าอาหารได้รับการบรรจุและยึดให้แน่นเพื่อลดการเคลื่อนตัวระหว่างการขนส่งที่อาจทำให้เกิดความเสียหายทางกายภาพ การปนเปื้อน หรือการเน่าเสีย ภาชนะหรือแทนวางสินค้าระหว่างขนย้าย (pallets) ที่ปิดสนิทสามารถป้องกันการสัมผัสโดยตรงระหว่างผลิตภัณฑ์อาหารและยานพาหนะขนส่ง ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนได้อีกด้วย การตรวจสอบย้อนกลับและการจัดทำเอกสารเป็นประเด็นสำคัญของการขนส่งอาหารที่ช่วยรักษาความปลอดภัยและคุณภาพของอาหาร (Bryan, 1988; Carrasco et al., 2012) เอกสารที่ถูกต้องจะช่วยให้สามารถติดตามอาหารได้จนถึงแหล่งที่มา ทำให้มีความโปร่งใสในกรณีที่เกิดปัญหาความปลอดภัยของอาหาร เช่น การเรียกคืนผลิตภัณฑ์ ผู้ขนส่งควรเก็บบันทึกอุณหภูมิ เวลา และเงื่อนไขในการขนส่งอาหาร รวมถึงตารางการทำความสะอาดและบำรุงรักษายานพาหนะ บันทึกเหล่านี้มีความสำคัญทั้งต่อการปฏิบัติตามข้อบังคับและเพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคว่าอาหารที่ซื้อไปได้รับการจัดการตามมาตรฐานความปลอดภัย ข้อควรพิจารณาที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือความตรงต่อเวลาของการขนส่ง ความเร็วเป็นสิ่งสำคัญในการลดเวลาที่อาหารใช้ในการขนส่ง ลดโอกาสที่อาหารจะเน่าเสีย และรักษาความสดใหม่ ผลิตภัณฑ์ที่เน่าเสียง่ายควรจัดส่งไปยังปลายทางโดยเร็วที่สุดเพื่อให้แน่ใจว่าจะถึงมือ ผู้ค้าปลีกหรือผู้บริโภคภายในอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมที่สุด ระบบโลจิสติกส์ในการขนส่งที่มีประสิทธิภาพและเป็นระบบซึ่งใช้เทคโนโลยีการติดตามแบบตามเวลาจริงและการปรับปรุงเส้นทางสามารถช่วยลดความล่าช้าและทำให้มั่นใจว่าจะส่งมอบสินค้าได้ตรงเวลา นอกจากนี้ ระบบบำรุงรักษาและตรวจสอบยานพาหนะยังมีความจำเป็นเพื่อให้แน่ใจว่าสภาพการขนส่งยังคงเสถียรตลอดการเดินทาง ควรนำยานพาหนะเข้ารับบริการเป็นประจำเพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องทำความเย็น ระบบปรับอากาศ และกลไกควบคุมอุณหภูมิอื่น ๆ ทำงานได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ การใช้การติดตามด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) และเซ็นเซอร์อุณหภูมิภายในยานพาหนะยังช่วยให้สามารถตรวจสอบได้ อย่างต่อเนื่อง โดยให้ข้อมูลที่ตรงตามเวลาจริงเกี่ยวกับตำแหน่งและสภาพอุณหภูมิ ซึ่งช่วยระบุปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ก่อนที่จะกลายเป็นปัญหาใหญ่ (Robinson et al., 2013; Sharma et al., 2024)

2.8 การฝึกอบรม

การฝึกอบรมด้านความปลอดภัยของอาหารเป็นองค์ประกอบสำคัญในการรับรองการผลิตอาหารที่ปลอดภัยในอุตสาหกรรมแปรรูป เมื่อพิจารณาถึงความซับซ้อนของการผลิตอาหารสมัยใหม่ ตั้งแต่ การจัดหาวัตถุดิบไปจนถึงการบรรจุหีบห่อและการจัดจำหน่าย การฝึกอบรมที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้มั่นใจได้ว่าผู้ปฏิบัติงานในทุกขั้นตอนของกระบวนการมีความเข้าใจและปฏิบัติตามมาตรฐาน ความปลอดภัยที่เข้มงวด การฝึกอบรมนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการลดความเสี่ยงของการปนเปื้อน ป้องกันโรคจากอาหาร และเพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์อาหารเป็นไปตามความคาดหวังด้านคุณภาพของผู้บริโภคและหน่วยงาน

กำกับดูแล ด้วยห่วงโซ่อุปทานอาหารที่มีการครอบคลุมทั่วโลกมากขึ้นเรื่อย ๆ และความคาดหวังของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นสำหรับอาหารที่ปลอดภัยและมีคุณภาพสูง การฝึกอบรมด้านความปลอดภัยของอาหารจึงมีความสำคัญมากกว่าที่เคย หัวใจสำคัญของการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยของอาหาร คือ การวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤติ (HACCP) ซึ่งเป็นแนวทางเชิงป้องกันต่อความปลอดภัยของอาหารที่ระบุถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนสำคัญของกระบวนการผลิต ผู้ปฏิบัติงานจะต้องได้รับการฝึกอบรมให้เข้าใจและนำหลักการ HACCP ไปใช้ โดยต้องรู้จักอันตราย เช่น สารปนเปื้อนทางชีวภาพ เคมี และกายภาพ ที่อาจส่งผลต่อความปลอดภัยของอาหาร พนักงานจะได้เรียนรู้ที่จะระบุจุดควบคุมวิกฤต (CCP) ในกระบวนการผลิตที่มีความเสี่ยงสูงที่สุด และเรียนรู้ที่จะตรวจสอบจุดเหล่านี้เพื่อให้แน่ใจว่าอาหารปลอดภัย โดยการเข้าใจบทบาทของตนในระบบนี้ พนักงานจะมีอำนาจในการดำเนินการแก้ไขเมื่อจำเป็น ซึ่งจะช่วยลดโอกาสในการปนเปื้อน (Adesokan et al., 2015; McFarland et al., 2019; Park et al., 2010)

นอกจากระบบ HACCP แล้ว โปรแกรมการฝึกอบรมในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารยังครอบคลุมถึงหลักเกณฑ์การปฏิบัติที่ดีในการผลิต (GMP) ซึ่งเน้นที่การรักษาความสะอาด สุขอนามัย และการจัดการวัตถุดิบอาหารอย่างถูกต้อง การฝึกอบรมเน้นย้ำถึงความสำคัญของสุขอนามัยส่วนบุคคล เช่น การล้างมือเป็นประจำ การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) ที่เหมาะสม และการรักษาสภาพแวดล้อมการทำงานที่สะอาด การปนเปื้อนอาจเกิดขึ้นได้ง่ายหากผู้ปฏิบัติงานไม่ปฏิบัติตามหลักปฏิบัติสุขอนามัยพื้นฐานเหล่านี้ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ปฏิบัติงานจะต้องเข้าใจถึงความรับผิดชอบของตนในการป้องกัน การปนเปื้อนข้าม และการทำให้แน่ใจว่าอาหารยังคงปลอดภัยตลอดกระบวนการผลิต ผู้ปฏิบัติงานจะต้องได้รับการศึกษาเกี่ยวกับความเสี่ยงของการเจ็บป่วย โดยเฉพาะเชื้อก่อโรคที่ติดต่อทางอาหาร เช่น ซัลโมเนลลาหรืออีโคไล และความสำคัญของการรายงานการเจ็บป่วยหรือการบาดเจ็บเพื่อป้องกัน การปนเปื้อน อีกด้านที่สำคัญของการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยของอาหารคือการควบคุมอุณหภูมิ ผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด โดยเฉพาะสินค้าที่เน่าเสียง่าย จำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิอย่างเข้มงวด เพื่อป้องกันการเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นอันตรายและเพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องได้รับการฝึกอบรมให้ตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิตลอดห่วงโซ่การผลิตอาหาร ไม่ว่าจะเป็นระหว่างการจัดเก็บ การขนส่ง หรือการปรุงอาหาร ต้องมีการบันทึกอุณหภูมิ และต้องสามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็วหากเกิดการเบี่ยงเบนของอุณหภูมิ ซึ่งอาจส่งผลต่อความปลอดภัยของอาหาร ในท้ายที่สุด การฝึกอบรมด้านความปลอดภัยของอาหารเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่อง การทบทวนและการฝึกอบรมที่ปรับปรุงเกี่ยวกับกฎระเบียบ เทคโนโลยี และความเสี่ยงที่เกิดขึ้นใหม่ให้ทันสมัยเป็นประจำ ถือเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้แน่ใจว่าผู้ปฏิบัติงานยังคงตระหนักถึงแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุด การลงทุนในการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยของอาหารอย่างครอบคลุมช่วยให้ภาคอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารสามารถป้องกันการปนเปื้อน รักษาความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ และปกป้องสุขภาพของผู้บริโภคได้ ขณะเดียวกัน ก็หลีกเลี่ยงการเรียกคืนสินค้าที่มีค่าใช้จ่ายสูงและความเสียหายต่อชื่อเสียง (C. A. F. De Oliveira et al., 2016; Meghwal et al., 2017; Mendis & Rajapakse, 2009)

2.9 ข้อมูลผลิตภัณฑ์และการตระหนักรู้ของผู้บริโภค

ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร ข้อมูลผลิตภัณฑ์และการตระหนักรู้ของผู้บริโภคมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการรับรองความปลอดภัยของอาหารและส่งเสริมความไว้วางใจระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภค เมื่อผู้บริโภคใส่ใจและมีความรู้เรื่องสุขภาพมากขึ้น พวกเขาก็จะแสวงหาความโปร่งใสเกี่ยวกับอาหาร ที่ซื้อมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องความปลอดภัย ส่วนผสม คุณค่าทางโภชนาการ และแหล่งที่มา (W. Wu et al., 2021) ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ชัดเจนและถูกต้องมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากช่วยให้ผู้บริโภคสามารถตัดสินใจได้อย่างรอบรู้ ในขณะเดียวกันก็มั่นใจได้ว่าปฏิบัติตามกฎระเบียบ ด้านความปลอดภัยของอาหาร ผู้แปรรูปอาหารมีหน้าที่ไม่เพียงแค่จัดทำฉลากผลิตภัณฑ์โดยละเอียดเท่านั้น แต่ยังต้องให้ความรู้แก่ผู้บริโภคเกี่ยวกับแนวทางการจัดการ การเตรียม และการจัดเก็บอาหาร ที่ปลอดภัยอีกด้วย ฉลากผลิตภัณฑ์มีบทบาทสำคัญในด้านความปลอดภัยของอาหาร

โดยให้ข้อมูล ที่จำเป็นเพื่อช่วยให้ผู้บริโภคเข้าใจว่าพวกเขากำลังบริโภคอะไรและจะจัดการผลิตภัณฑ์อย่างปลอดภัยได้อย่างไร (Aung & Chang, 2014) ตามข้อบังคับด้านความปลอดภัยของอาหารในหลายประเทศ ฉลากต้องมีข้อมูลสำคัญ เช่น รายการส่วนผสม ข้อมูลโภชนาการ คำเตือนเกี่ยวกับสารก่อภูมิแพ้ วันหมดอายุ คำแนะนำในการจัดเก็บ และประเทศต้นกำเนิด ข้อมูลเหล่านี้ช่วยให้ผู้บริโภคหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์ที่อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพเนื่องจากอาการแพ้ ความไวต่อสิ่งเร้า หรือข้อจำกัด ด้านอาหาร ตัวอย่างเช่น การติดฉลากสารก่อภูมิแพ้กลูเตน ถั่ว หรือผลิตภัณฑ์นมอย่างชัดเจนถือเป็น สิ่งสำคัญสำหรับผู้ที่มีอาการแพ้อาหาร เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ นอกจากนี้ ฉลากควรระบุวันหมดอายุ ซึ่งช่วยให้ผู้บริโภคหลีกเลี่ยงการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของอาหาร คำแนะนำในการจัดเก็บที่เหมาะสมบนฉลาก เช่น ควรเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในตู้เย็นหรือแช่แข็ง จะช่วยรักษาคุณภาพอาหารและป้องกัน การปนเปื้อนหรือ การเน่าเสียได้อีกด้วย (Cordeiro et al., 2024)

นอกเหนือจากข้อกำหนดการติดฉลากที่บังคับใช้แล้ว การตรวจสอบย้อนกลับยังเป็นอีกประเด็นสำคัญในข้อมูลผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัยของอาหาร ผู้แปรรูปอาหารต้องมั่นใจว่าสามารถติดตามผลิตภัณฑ์ของตนกลับไปยังแหล่งกำเนิดได้ผ่านเอกสารที่ชัดเจนเกี่ยวกับแหล่งที่มา การแปรรูป และวิธีการจัดจำหน่าย ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในกรณีที่เกิดการระบาดของโรคจากอาหารหรือการเรียกคืนสินค้าเนื่องจากการปนเปื้อน การตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์ที่โปร่งใสช่วยให้ผู้บริโภคเชื่อได้ว่าอาหารที่ตนบริโภคได้รับการจัดการอย่างปลอดภัยในทุกขั้นตอนของห่วงโซ่อุปทาน นอกจากนี้ยังช่วยให้ตอบสนองได้อย่างรวดเร็วในกรณีที่มีปัญหาความปลอดภัย ช่วยลดความเสี่ยงต่อผู้บริโภคและทำให้ผู้ผลิตสามารถจัดการการเรียกคืนสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Aung & Chang, 2014) ในส่วนของการตระหนักรู้ของผู้บริโภคก็มีความสำคัญเท่าเทียมกันสำหรับความปลอดภัยของอาหาร เนื่องจากเป็นการให้ความรู้ที่จำเป็นแก่สาธารณชนในการจัดการและเตรียมอาหารอย่างปลอดภัยที่บ้าน โรคจากอาหารจำนวนมากเกิดขึ้นเนื่องจากการจัดการอาหารที่ไม่ถูกต้อง เช่น การปนเปื้อนข้าม การปรุงอาหารไม่เพียงพอ หรือการจัดเก็บที่ไม่เหมาะสม ดังนั้น ผู้แปรรูปอาหารและหน่วยงานกำกับดูแลต้องมีบทบาทสำคัญในการให้ความรู้แก่ผู้บริโภคเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยของอาหารที่เหมาะสม ซึ่งอาจรวมถึงอุณหภูมิในการปรุงอาหารที่ปลอดภัย ความสำคัญของการล้างมือและทำความสะอาด พื้นผิวสัมผัสอาหาร และวิธีการจัดเก็บอาหารอย่างถูกต้อง เพื่อหลีกเลี่ยงการเน่าเสียหรือการปนเปื้อน ผู้ผลิตอาหารและผู้ค้าปลีกสามารถส่งเสริมการศึกษาของผู้บริโภคผ่านการรณรงค์ เว็บไซต์ และสื่อข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการและจัดเก็บอาหารอย่างปลอดภัย ตลอดจนให้คำแนะนำที่ชัดเจนในการเตรียมอาหารบนฉลากผลิตภัณฑ์ (Charan & Panghal, 2018; Dabbene et al., 2014)

นอกจากนี้ ผู้แปรรูปอาหารยังมีการใช้แพลตฟอร์มออนไลน์และโซเชียลมีเดียมากขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อสื่อสารกับผู้บริโภคโดยตรง บริษัทผู้ผลิตอาหารสามารถสร้างความเชื่อมั่นและความสัมพันธ์ที่แน่นแฟ้นยิ่งขึ้นให้กับผู้บริโภคได้ด้วยการให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเพิ่มเติมข้อมูลเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหาร รวมถึงมาตรฐานความปลอดภัยใหม่ การจัดหาส่วนผสม และกระบวนการผลิต นอกจากนี้ โซเชียลมีเดียยังสามารถเป็นช่องทางในการตอบคำถามและตอบข้อกังวลของผู้บริโภคเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหาร ซึ่งจะทำให้กระบวนการผลิตอาหารมีความโปร่งใสมากขึ้น สุดท้าย การฝึกอบรมด้านความปลอดภัยของอาหารสำหรับผู้บริโภคไม่ควรจำกัดอยู่แค่ฉลากผลิตภัณฑ์เท่านั้น ความร่วมมือระหว่างผู้แปรรูปอาหาร รัฐบาล และองค์กรผู้บริโภคสามารถช่วยพัฒนาโครงการด้านการศึกษาที่สร้างความตระหนักรู้เกี่ยวกับแง่มุมที่กว้างขึ้นของความปลอดภัยของอาหารได้ โปรแกรมที่มุ่งสอนผู้บริโภคเกี่ยวกับการจัดการอาหารอย่างมีความรับผิดชอบและตระหนักถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น เช่น เชื้อโรคหรือสารปนเปื้อน ในอาหาร ถือเป็นสิ่งสำคัญในการลดอุบัติการณ์ของปัญหาความปลอดภัยของอาหารในระดับผู้บริโภค (Bendeković et al., 2015; King et al., 2017; Lam et al., 2020)

3. บทสรุปการนำมาตรฐานความปลอดภัยอาหารไปปฏิบัติในโรงงานผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม

การปฏิบัติตามขั้นตอนและแนวทางปฏิบัติที่กำหนดโดยอุตสาหกรรมจะมีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อหน่วยงานกำกับดูแลมีการสื่อสารอย่างสม่ำเสมอเกี่ยวกับสิ่งที่จำเป็นในการปกป้องสุขภาพของประชาชนว่าเหตุใดจึงมีความสำคัญ และวิธีการปฏิบัติตามทางเลือกใดที่อาจยอมรับได้ รหัสจำลองทำหน้าที่เป็นกรอบ ในการพิจารณาว่าสิ่งใดจำเป็น ประมวลแบบจำลองของหลักการปฏิบัติมีประโยชน์สำหรับธุรกิจ โดยนำเสนอกรอบการทำงานของมาตรฐานที่กำหนดไว้ซึ่งสามารถใช้ในการฝึกอบรมและโปรแกรมการรับรองคุณภาพ นอกจากนี้ยังช่วยให้หน่วยงานในท้องถิ่น หน่วยงานภาครัฐ และรัฐบาลสามารถพัฒนาหรือปรับปรุงระเบียบข้อบังคับของตนเองได้ ตัวอย่างเช่น ประมวลแบบจำลองของหลักการปฏิบัติด้านอาหาร ก็จะให้แนวทางที่ชัดเจนเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหาร สุขอนามัย และแนวทางปฏิบัติทางจริยธรรมที่สามารถนำไปใช้อย่างเท่าเทียมกันในภาคส่วนการค้าปลีกอาหาร ประมวลแบบจำลองนี้สะท้อนถึงความคิดเห็นร่วมกันของบุคคล หน่วยงาน และองค์กรที่มีประสบการณ์มากมาย ซึ่งดึงเอาประสบการณ์จริงหลายปีจากรุ่นก่อน ๆ มาใช้ (Fortin, 2022; Kotsanopoulos & Arvanitoyannis, 2017)

ประมวลหลักการปฏิบัตินี้ยอมรับว่าคุณภาพชีวิต สุขภาพของประชาชน และสวัสดิการโดยทั่วไปมีความเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับวิธีที่ใช้ผลิตและปกป้องอาหารอย่างปลอดภัย ข้อกำหนดของประมวลหลักการปฏิบัตินี้จะสอดคล้องกับมาตรฐานการปฏิบัติงานของหน่วยงานรัฐบาลสำหรับผลิตภัณฑ์และกระบวนการอาหารด้วย มาตรฐานของรัฐบาลเหล่านี้จะกำหนดผลลัพธ์ด้านความปลอดภัยที่คาดหวังสำหรับผลิตภัณฑ์ โดยมักจะเป็นในแง่ของการลดจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย การเน้นที่มาตรฐานการปฏิบัติงานเป็นเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการปฏิบัติตามกฎระเบียบ ทำให้ธุรกิจสามารถนำวิธีการ ที่สร้างสรรค์มาใช้เพื่อให้แน่ใจว่าอาหารปลอดภัย แทนที่จะถูกจำกัดให้ใช้เทคนิคแบบดั้งเดิม เช่น เวลาหรืออุณหภูมิในการปรุงอาหารที่เฉพาะเจาะจง สถานประกอบการที่ได้รับการตรวจสอบจากหน่วยงานรัฐบาลจะแสดงให้เห็นถึงการปฏิบัติตามมาตรฐานเหล่านี้ผ่านแผน HACCP ที่ได้รับการออกแบบและผ่านการตรวจสอบอย่างถูกต้อง ในทำนองเดียวกัน ผู้แปรรูปแบบค้าปลีกสามารถยื่นขอผ่อนผันเพื่อใช้มาตรฐานประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยของอาหารของรัฐบาลเป็นทางเลือกแทนข้อกำหนดทั่วไป ในประมวลกฎหมายทางด้านอาหารได้ โดยต้องแสดงให้เห็นว่าวิธีการแปรรูปของตนเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยที่จำเป็น เพื่อให้ได้การผ่อนผันดังกล่าว ผู้แปรรูปแบบค้าปลีกจะต้องนำเสนอแผน HACCP ที่ผ่านการตรวจสอบ และรักษาบันทึกและการตรวจสอบที่เหมาะสม เช่นเดียวกับธุรกิจ ที่ได้รับการตรวจสอบจากหน่วยงานรัฐบาล (Hubbard, 2012; Humphrey, 2012)

สรุปได้ว่า การนำมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารมาปฏิบัติในโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม ถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการรับรองการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณภาพสูงและปลอดภัย โดยการนำกรอบความปลอดภัยด้านอาหารที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล เช่น HACCP มาใช้ธุรกิจเหล่านี้สามารถระบุ ควบคุม และบรรเทาอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงของ การปนเปื้อนและโรคที่เกิดจากอาหาร นอกจากนี้ การฝึกอบรมพนักงานอย่างสม่ำเสมอ การจัดการด้านสุขอนามัยที่เหมาะสม และการติดตามจุดควบคุมที่สำคัญอย่างสม่ำเสมอถือเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาวัฒนธรรมด้านความปลอดภัยด้านอาหาร โรงงานอาหารขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถได้รับประโยชน์จากโครงสร้างและความชัดเจน

ของมาตรฐานความปลอดภัยอาหาร ซึ่งไม่เพียงแต่รับประกันการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านกฎระเบียบเท่านั้น แต่ยังเพิ่มความไว้วางใจของผู้บริโภคและความสามารถในการทำตลาดอีกด้วย มีข้อแนะนำให้ธุรกิจเหล่านี้ลงทุนในทรัพยากรที่จำเป็น เช่น โปรแกรมการฝึกอบรม ระบบสุขอนามัย และแนวทางปฏิบัติในการเก็บบันทึกข้อมูล เพื่อสร้างระบบ การจัดการความปลอดภัยอาหารที่เข้มแข็ง นอกจากนี้ การแสวงหาการรับรองผ่านโปรแกรมที่ได้รับ การยอมรับ เช่น GFSI สามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือและข้อได้เปรียบในการแข่งขันในอุตสาหกรรมได้ ด้วยความมุ่งมั่นที่ถูกต้องต่อความปลอดภัยอาหาร โรงงานอาหารขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถเติบโตได้ในขณะที่ปกป้องสุขภาพของประชาชนไปพร้อม ๆ กัน (Demmler, 2020; Mayett-Moreno & López Oglesby, 2018; Organization & others, 2022).

4. การเพิ่มมูลค่าทางการเกษตร: ประโยชน์ เทคนิคการแปรรูป และกลยุทธ์บรรจุภัณฑ์สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

4.1 บทนำ

การเพิ่มมูลค่าทางการเกษตรเป็นกลยุทธ์หลักในการเพิ่มโอกาสทางเศรษฐกิจของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ในภาคการแปรรูปอาหาร ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบ ทางการเกษตรเป็นสินค้าสำเร็จรูปหรือกึ่งสำเร็จรูปผ่านกระบวนการต่าง ๆ การเพิ่มคุณภาพ ความน่าดึงดูดใจ และมูลค่าทางการตลาดให้กับผลิตภัณฑ์เหล่านี้ สำหรับผู้ประกอบการธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ซึ่งมักเผชิญกับความท้าทาย เช่น การเข้าถึงทรัพยากร เทคโนโลยี และตลาดที่จำกัด การเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเป็นวิธีที่มีแนวโน้มดีในการปรับปรุงผลกำไร ยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว และเข้าถึงตลาดที่ใหญ่ขึ้นและหลากหลายมากขึ้น ประโยชน์จากการเพิ่มมูลค่าทางการเกษตรนั้นมีมากมายมหาศาล ไม่เพียงแต่จะช่วยเพิ่มรายได้และ ผลกำไรให้กับเกษตรกรและวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมเท่านั้น แต่ยังมีบทบาทสำคัญ ในการพัฒนาชนบท การลดความยากจน และเพิ่มความมั่นคงทางอาหารอีกด้วย ธุรกิจต่าง ๆ สามารถขยายการใช้งานผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้ บรรเทาภาวะล้นตลาดหรือขาดแคลนตามฤดูกาล และสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มหลากหลายที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไปได้ โดยการแปรรูปวัตถุดิบทางการเกษตรให้เป็นสินค้า แนวทางนี้ไม่เพียงแต่ให้รายได้ที่มั่นคงแก่ผู้ผลิต ทางการเกษตรเท่านั้น แต่ยังเปิดประตูสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและการตลาด ซึ่งมีส่วนสนับสนุนความยั่งยืนของทั้ง วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมและอุตสาหกรรมการเกษตร (Chambo, 2009; Fan et al., 2013; Moyo, 2016)

การเพิ่มมูลค่าทางการเกษตรนำมาซึ่งข้อดีมากมายทั้งต่อวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมและเศรษฐกิจการเกษตรโดยรวม ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดที่สุดคือศักยภาพในการเพิ่มผลกำไรของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร สินค้าที่เป็นวัตถุดิบทางการเกษตรมักจะขายในราคาที่ต่ำกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีอุปทานล้นตลาดหรือเมื่อผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวสูงสุด การเพิ่มมูลค่าผ่านการแปรรูปช่วยให้วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมสามารถเปลี่ยนวัตถุดิบเหล่านี้ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ขายได้มากขึ้น มีราคาสูงขึ้น และเพิ่มผลกำไร นอกจากศักยภาพในการสร้างรายได้ที่สูงขึ้นแล้ว การเพิ่มมูลค่ายังช่วยให้วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแยกแยะผลิตภัณฑ์ของตนในตลาดที่มีการแข่งขันได้ โดยการเสนอสินค้าแปรรูปและสินค้าบรรจุหีบห่อที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในด้านคุณภาพ ความสะดวกสบาย และคุณสมบัติพิเศษที่วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมสามารถสร้างตลาดเฉพาะได้ (Bennett & Smith, 2002; Ensari & Karabay, 2014; O. Jones & Tilley, 2009)

ตลาดเหล่านี้อาจรวมถึงอาหารอินทรีย์ ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์พิเศษที่ได้รับแรงบันดาลใจจากท้องถิ่น ผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มยังมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานกว่าผลิตภัณฑ์สด ช่วยลดความเสี่ยงของการเน่าเสียและการสิ้นเปลือง ซึ่งมีความสำคัญโดยเฉพาะในภูมิภาคที่มีปัญหาในเรื่องความมั่นคงทางอาหาร นอกจากนี้ การเพิ่มมูลค่ายังช่วยสร้างการจ้างงานโดยเฉพาะในพื้นที่ชนบทที่มักจะเป็นฐานของธุรกิจของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมด้านการเกษตร การแปรรูป บรรจุภัณฑ์ และการตลาดของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรต้องการแรงงานที่มีทักษะและสร้างโอกาสในการทำงานตลอดห่วงโซ่คุณค่า

งานเหล่านี้สามารถส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อเศรษฐกิจในท้องถิ่น โดยให้แหล่งรายได้ ที่มั่นคงแก่บุคคลที่อาจต้องพึ่งพาการเกษตรขั้นพื้นฐานเพียงอย่างเดียวโดยการแปรรูปวัตถุดิบ ทางการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์ วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ยังช่วยแก้ไขปัญหาความมั่นคง ทางอาหารอีกด้วย ผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มมักมีความทนทานและจัดเก็บได้ดีกว่า ซึ่งช่วยให้มั่นใจได้ว่าจะมีอาหารเพียงพอตลอดทั้งปี แม้ในช่วงนอกฤดูกาล นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถกระจายได้ ในระยะทางไกลขึ้น รวมถึงตลาดต่างประเทศ ซึ่งจะช่วยเสริมความแข็งแกร่งให้กับห่วงโซ่อุปทานและส่งเสริมการค้าอาหาร (Gereffi et al., 2008; Minor et al., 2020)

เทคนิคการแปรรูปถือเป็นกระดูกสันหลังของการเพิ่มมูลค่าทางการเกษตร และจะมีความแตกต่างกันอย่างมากขึ้นอยู่กับประเภทของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ วิธีการแปรรูปที่ถูกต้องไม่เพียงแต่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ อายุการเก็บรักษา และความสามารถในการทำตลาดอีกด้วย รูปแบบการเพิ่มมูลค่าที่พบได้ทั่วไปและง่ายที่สุดรูปแบบหนึ่งคือการทำให้แห้ง ซึ่งช่วยลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเสถียรภาพมากขึ้นและไวต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์น้อยลง เทคนิคการทำให้แห้งแตกต่างกันไปตั้งแต่ การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ไปจนถึงการใช้เครื่องอบแห้งแบบทั่วไป ผลไม้ ผัก และสมุนไพรแห้ง เป็นตัวอย่างที่เป็นที่นิยมของผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่ม ซึ่งสามารถขายได้ในราคาที่สูงขึ้นเนื่องจากมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานและสะดวก การหมักเป็นวิธีการถนอมอาหารที่ได้รับการพิสูจน์แล้วตามกาลเวลา ซึ่งช่วยเพิ่มรสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อีกด้วย อีกทั้งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการผลิตผลิตภัณฑ์นม เครื่องดื่ม (เช่น โยเกิร์ต นมหมัก (Kefir) และคอมบูชา) และอาหารหมัก เช่น กะหล่ำปลีดอง กิมจิ และผักดอง สำหรับ ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม การหมักเป็นโอกาสในการสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่หลากหลาย เนื่องจากอาหารหมักเป็นที่รู้จักกันว่ามีประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ที่มีชีวิต (Press, 2015)

การสีเมล็ดพืชให้เป็นแป้งเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่ใช้กันมาหลายศตวรรษ เทคนิคนี้ทำให้สามารถแปรรูปเมล็ดพืชดิบ เช่น ข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าว ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ใช้ในการอบและทำอาหารได้ โรงสีขนาดเล็กสามารถผลิตแป้งชนิดพิเศษ เช่น แป้งไร้กลูเตนหรือแป้งโฮลเกรน เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในยุคใหม่ สำหรับผลไม้ ผัก และเมล็ดพืช จะใช้เทคนิค การสกัดเย็นและสกัดเพื่อผลิตน้ำผลไม้ น้ำมัน และสารเข้มข้น การสกัดเย็นจะรักษาสารอาหารและรสชาติของวัตถุดิบไว้ และเป็นที่นิยมอย่างยิ่งในการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพและน้ำมัน เช่น น้ำมันมะกอก น้ำมันอะโวคาโด และน้ำผลไม้ สำหรับผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เทคนิคนี้ถือเป็นโอกาสในการตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับอาหารธรรมชาติที่ผ่านการแปรรูปน้อยที่สุด (J. M. Jones et al., 2015; Pinheiro Pantoja et al., 2024)

การบรรจุกระป๋องเป็นเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการปิดผนึกอาหารในภาชนะและให้ความร้อนเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย วิธีการนี้ใช้มานานแล้วสำหรับการถนอมผลไม้ ผัก เนื้อสัตว์ และอาหารทะเล ธุรกิจที่เป็นวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม สามารถใช้การบรรจุกระป๋องเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ เช่น แยม ผักดอง ซอส และซุป ที่สามารถขายได้ทั้งในตลาดในประเทศและต่างประเทศ การลวกเกี่ยวข้องกับการนำผลิตภัณฑ์ เช่น ผัก ไปอุ่นเป็นเวลาสั้น ๆ ก่อนที่จะทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่การพาสเจอร์ไรเซชันคือการให้ความร้อนเพื่อทำลายเชื้อโรคที่เป็นอันตราย ทั้งสองวิธีช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สดในขณะที่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการและความปลอดภัย เทคนิคเหล่านี้มักใช้ในการผลิตอาหารพร้อมรับประทาน ซุป และซอส บรรจุภัณฑ์มีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีมูลค่าเพิ่ม บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่ป้องกันและเป็นเครื่องมือทางการตลาด (Mohan et al., 2015; Rabiepour et al., 2024) บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมช่วยให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์ยังคงความสด ปลอดภัย และดึงดูดผู้บริโภค สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม การใช้กลยุทธ์บรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการยืดอายุผลิตภัณฑ์ให้สูงสุด ปฏิบัติตามกฎระเบียบ และดึงดูดลูกค้า บรรจุ

ภัณฑ์ช่วยปกป้องผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มจากความเสียหายทางกายภาพ การปนเปื้อน ความชื้น และออกซิเจน ซึ่งทั้งหมดนี้สามารถนำไปสู่การเน่าเสียได้ ถุงสุญญากาศ บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ (MAP) และภาชนะที่ปิดสนิทเป็นวิธีการบรรจุที่สามารถช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์ได้ โดยเฉพาะในกรณีของผลิตผลสด ผลิตภัณฑ์นม และเนื้อสัตว์ (Opara & others, 2013)

ด้วยความที่ผู้บริโภคมีความกังวลมากขึ้นเกี่ยวกับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงกลายเป็นจุดขายสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งผู้ประกอบการวิสาหกิจ ขนาดกลางและขนาดย่อม สามารถนำวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ นำมาแปรใช้ใหม่ (recycle) หรือทำปุ๋ยหมักได้ มาใช้ เพื่อดึงดูดผู้บริโภคที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อม กลยุทธ์นี้สอดคล้องกับแนวโน้มความยั่งยืนระดับโลก และสามารถเสริมสร้างชื่อเสียงของตราสินค้าในตลาด บรรจุภัณฑ์ยังมีบทบาทสำคัญ ในการตลาดอีกด้วย บรรจุภัณฑ์ที่ชัดเจน น่าดึงดูด และให้ข้อมูลสามารถช่วยให้ผลิตภัณฑ์โดดเด่น บนชั้นวางและสื่อสารคุณภาพ แหล่งที่มา และคุณสมบัติเฉพาะให้ผู้บริโภคทราบ วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมสามารถใช้ฉลากเพื่อเน้นย้ำถึงประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ เช่น การรับรองผลิตภัณฑ์อินทรีย์ ประโยชน์ต่อสุขภาพ หรือการใช้วัตถุดิบหรือวัสดุในท้องถิ่น นวัตกรรมบรรจุภัณฑ์ที่เพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้บริโภค เช่น ถุงซิปล็อค บรรจุภัณฑ์แบบแบ่งส่วน และผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน สามารถเพิ่มความน่าดึงดูดใจให้กับผลิตภัณฑ์ได้ โดยการเน้นความสะดวกสบาย วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมสามารถตอบสนองวิถีชีวิตที่เร่งรีบของผู้บริโภคในยุคปัจจุบันและต้องการตัวเลือกอาหารที่รวดเร็วและ ใช้งานง่าย การเพิ่มมูลค่าทางการเกษตรเป็นโอกาสที่น่าตื่นเต้นสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ที่จะปรับปรุงผลกำไร ความยั่งยืน และความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจของตน ด้วยเทคนิคการแปรรูปที่สร้างสรรค์ ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมสามารถแปลงวัตถุดิบ ทางการเกษตรเป็นสินค้าที่มีมูลค่าสูงที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและตลาดได้ ด้วยการใช้ กลยุทธ์การบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมสามารถรับประกันความคงทน ปลอดภัย และความน่าดึงดูดใจของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้ ขณะเดียวกันก็ส่งเสริมความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม การเพิ่มมูลค่าไม่เพียงแต่เป็นประโยชน์ต่อธุรกิจแต่ละรายเท่านั้น แต่ยังเป็นประโยชน์ต่อภาคการเกษตรโดยรวมอีกด้วย โดยมีส่วนสนับสนุนการพัฒนาชนบท การสร้างงาน และความมั่นคง ทางอาหาร ในขณะที่ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณภาพและหลากหลายยังคงเพิ่มขึ้น วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในภาคเกษตรมีศักยภาพที่จะเติบโตได้โดยนำการเพิ่มมูลค่ามาใช้เป็นกลยุทธ์ทางธุรกิจหลัก (Grayna et al., 2022; Kutkaitis & Hlasha Al Sibai, 2024; Wandosell et al., 2021).

4.2 ประโยชน์ของการเพิ่มมูลค่าทางการเกษตร

แนวคิดเรื่องการถนอมอาหารได้พัฒนามาอย่างมากในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ในช่วงแรกนั้น เป้าหมายหลักของแนวคิดนี้คือการยืดอายุการเก็บรักษาและรับรองความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อาหาร อย่างไรก็ตาม ความต้องการของผู้บริโภคได้เปลี่ยนไปและความคาดหวังในปัจจุบันก็ไปไกลกว่า ความปลอดภัยและความคงทนเท่านั้น ผู้บริโภคแสวงหาอาหารที่ยังคงคุณสมบัติเหมือนอาหารสด เช่น สารอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระในระดับสูง โดยยังคงมาตรฐานความปลอดภัยของอาหารไว้ด้วยวิธีการดั้งเดิม เช่น การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนและการพาสเจอร์ไรซ์ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย มักส่งผลให้สูญเสียสารอาหารที่ไวต่อความร้อน และส่งผลกระทบเชิงลบต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ฟิสิกส์เคมี และโภชนาการของอาหาร (Chiozzi et al., 2022) ตลาดการเกษตร ทั่วโลกมีความซับซ้อนมากขึ้นเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การพัฒนามาตรฐานความปลอดภัยและคุณภาพของอาหาร และการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของอุตสาหกรรมอาหารตลอดห่วงโซ่คุณค่าทั้งหมด ส่งผลให้ราคาสุดท้ายที่ผู้บริโภคจ่ายสำหรับอาหารส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วงแปรรูปหลังการผลิตจากแปลงไร่นาของห่วงโซ่อุปทาน แทนที่ จะเกิดขึ้นในระดับการผลิตในแปลงไร่นา ปัจจุบัน ขั้นตอนของปัจจัยการผลิตและกระบวนการผลิตมีส่วนสนับสนุนราคาสุดท้ายของอาหารประมาณ 16% ในขณะที่ 84% ที่เหลือมาจากการแปรรูป การจัดจำหน่าย และการตลาด (Weis, 2007) การเปลี่ยนแปลงในการกระจาย

มูลค่าตลอดห่วงโซ่คุณค่าของอาหารนี้เน้นถึงความสำคัญที่เพิ่มมากขึ้นของการเพิ่มมูลค่าในส่วนของอุตสาหกรรมการแปรรูปหลังออกมาจากการผลิตในแปลงไร่นาของภาคเกษตรกรรม

Food Dollar Series เป็นเครื่องมือที่พัฒนาโดย Economic Research Service (ERS) เพื่อติดตามว่าผู้บริโภคใช้เงินดอลลาร์สหรัฐไปเท่าใดในแต่ละขั้นตอนของห่วงโซ่คุณค่าของอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องมือนี้ถูกนักวิจัยและผู้กำหนดนโยบายใช้มาตั้งแต่ทศวรรษ 1940 เพื่อทำความเข้าใจพลวัต ทางเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมอาหารได้ดียิ่งขึ้น (Jantjies, 2024) ตามการวิเคราะห์ข้อมูลจาก Food Dollar Series มักมีข้อกังวลว่าเกษตรกรอาจสร้างมูลค่ามากกว่าที่ตนได้รับ โดยผู้กำหนดนโยบายบางคนสงสัยว่าอิทธิพลของแรงต่อต้านการแข่งขันตลอดห่วงโซ่คุณค่าอาจเกิดจากปัจจัยเหล่านี้ (Howard, 2021) แม้ว่าการสร้างมูลค่าและการยึดครองมูลค่าจะมีความเกี่ยวข้องกันในธุรกิจเกษตร แต่แนวคิดเรื่องมูลค่าไม่ได้ถูกกำหนดไว้อย่างชัดเจนหรือวัดได้อย่างสม่ำเสมอในเอกสารทางวิชาการและการจัดการ การศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่ายังขาดฉันทามติเกี่ยวกับวิธีการกำหนดหรือวัด "มูลค่า" อย่างชัดเจนในบริบทของห่วงโซ่มูลค่าทางการเกษตรและอาหาร (Toussaint et al., 2022)

ในอดีต อุตสาหกรรมเกษตรกรรมมุ่งเน้นที่รูปแบบสินค้าโภคภัณฑ์เป็นหลัก โดยให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน และการประหยัดต่อขนาดบริษัทต่าง ๆ สามารถทำกำไรได้ โดยไม่ต้องเน้นที่การสร้างมูลค่ามากนัก เนื่องจากบริษัทเหล่านี้พึ่งพาปัจจัยต่าง ๆ เช่น ช่องทางการจัดจำหน่ายที่มีการควบคุม ตลาดที่มีการควบคุม การเข้าซื้อกิจการที่มีผลงานต่ำกว่ามาตรฐาน หรือทรัพยากรที่มีจำกัด แม้ว่าตลาดเหล่านี้จะประสบความสำเร็จในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณมาก แต่ความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไปนั้นมุ่งไปที่ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยกว่า คุณภาพสูงกว่า และสะดวกสบายกว่า ร่วมกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการแข่งขันที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดความต้องการผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างหลากหลายมากขึ้น ดังนั้นจึงส่งผลให้ธุรกิจต้องเน้นกิจกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้นเพื่อตอบสนองความคาดหวังของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไปและใช้ประโยชน์จากโอกาสใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในภาคธุรกิจเกษตร ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา การสร้างมูลค่าและการเพิ่มมูลค่าได้กลายเป็นกลยุทธ์สำคัญสำหรับการอยู่รอดของธุรกิจในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร (Ba & others, 2016; Baffes & Nagle, 2022; Webber & Labaste, 2009)

ในบริบทของธุรกิจเกษตร การสร้างมูลค่าหรือ "การเพิ่มมูลค่า" หมายถึงกระบวนการที่บริษัทปรับเปลี่ยนสถานที่ เวลา และรูปแบบของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผู้บริโภคในตลาดมีความต้องการหรือเกิดความชอบในผลิตภัณฑ์นั้นมากขึ้น ในอดีต การสร้างมูลค่าและการเพิ่มมูลค่าถือว่ามีความหมายเดียวกัน และแนวคิดเรื่องการเพิ่มมูลค่ามีประโยชน์อย่างยิ่งในการวิเคราะห์ผลกำไรจากการเกษตร (Kumar & Reinartz, 2016) ร่างพระราชบัญญัติการเกษตรของสหรัฐอเมริกาปี 2002 (พ.ศ.2545) ให้คำจำกัดความของการเพิ่มมูลค่าว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในสภาพทางกายภาพของสินค้าเกษตรผ่าน การแปรรูปหรือการจัดการที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการทำตลาด (MacDonald et al., 2004) กระบวนการนี้ขยายฐานลูกค้าที่มีศักยภาพสำหรับผลิตภัณฑ์และเพิ่มรายได้ที่ได้รับจากการตลาด การแปรรูป หรือการแยกผลิตภัณฑ์โดยผู้ผลิต ตั้งแต่ปี พ.ศ.2552 กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA) ได้ให้เงินช่วยเหลือผู้ผลิตที่มีมูลค่าเพิ่มแล้ว 863 รายการ รวมเป็นเงิน 108 ล้านดอลลาร์ เพื่อช่วยเหลือธุรกิจในการแปลงสินค้าที่เป็นวัตถุดิบทางการเกษตรไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น เงินช่วยเหลือเหล่านี้ย้ำถึงความสำคัญของการเพิ่มมูลค่าในฐานะส่วนสำคัญของกลยุทธ์ทางธุรกิจการเกษตร (Olayemi & Olatidoye, 2024)

5. เทคนิคกระบวนการความร้อนเพื่อการถนอมอาหารและแปรรูปในโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อม

5.1 บทนำ

การแปรรูปและการถนอมอาหารด้วยความร้อนมีบทบาทสำคัญที่ช่วยในการยืดอายุอาหาร และช่วย ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ รวมทั้งรักษาความปลอดภัย รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร สำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม กระบวนการนี้เป็นสิ่งจำเป็นในการผลิตผลิตภัณฑ์ ที่สามารถแข่งขันในเชิงพาณิชย์ได้ ในขณะที่ต้องปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหาร และควบคุมต้นทุนการดำเนินงานให้เหมาะสม การแปรรูปด้วยความร้อนรวมถึงเทคนิคต่าง ๆ เช่น การพาสเจอไรซ์ การทำให้ปราศจากเชื้อ และการลวก ใช้หลักการให้ความร้อนแก่อาหารเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ เชื้อรา และเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย และก่อให้เกิดโรคที่มาจากอาหาร (Deak & Mohácsi-Farkas, 2023) เป้าหมายหลักของการแปรรูปด้วยความร้อนคือการทำลายจุลินทรีย์ให้ได้มากที่สุด ในขณะที่ต้องรักษาคุณภาพของอาหารให้สูญเสียน้อยที่สุด การให้ความร้อนสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ความร้อนโดยตรงหรือทางอ้อม ขึ้นอยู่กับประเภทของอาหารและผลลัพธ์ที่ต้องการ ในกระบวนการพาสเจอไรซ์ อาหารจะถูกให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C เป็นระยะเวลาหนึ่ง ในขณะที่การทำให้ปราศจากเชื้อต้องใช้ความร้อนที่สูงกว่า 100°C เพื่อทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดส่วนการลวกเป็นการนำอาหาร เช่น ผัก ไปผ่านน้ำเดือดหรือไอน้ำในระยะเวลาสั้น ๆ เพื่อทำลายเอนไซม์ที่ทำให้คุณภาพของอาหารเสื่อมลง โดยเฉพาะอาหารที่ต้องการแช่แข็ง สำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม การเลือกใช้วิธีการแปรรูปด้วยความร้อนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ประเภทของอาหาร อายุการเก็บรักษาที่ต้องการ ปริมาณการผลิต และอุปกรณ์ที่มีอยู่ (Sruthy et al., 2022)

หนึ่งในปัจจัยสำคัญในการแปรรูปด้วยความร้อน คืออัตราการส่งผ่านความร้อน เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารบางประเภทอาจมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อความสม่ำเสมอ และความเร็วของ การกระจายความร้อนของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอาหารที่มีความหนา หรือมีความหนาแน่นสูง เช่น เนื้อสัตว์ ซุป หรือซอส อาจต้องใช้เครื่องมือเฉพาะทาง เช่น เครื่องรีทอร์ท (retort) หรือเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) เพื่อให้แน่ใจว่าความร้อนกระจายได้อย่างทั่วถึงนอกจากนี้ ระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนก็สำคัญ หากให้ความร้อนมากเกินไป อาหารอาจสูญเสียรสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่า ทางโภชนาการ ในขณะที่หากให้ความร้อนน้อยเกินไป อาจทำให้จุลินทรีย์บางชนิดยังคงอยู่ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค สำหรับธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม การสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพ และคุณภาพเป็นสิ่งที่สำคัญ (Manzoor et al., 2022) เนื่องจากธุรกิจเหล่านี้มักต้องเผชิญกับข้อจำกัดด้านทรัพยากรทางการเงิน และความเชี่ยวชาญทางด้านเทคนิค ดังนั้น การเลือกใช้เทคโนโลยีการแปรรูปด้วยความร้อนที่เหมาะสมจึงไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของอาหาร และผลิตภัณฑ์เท่านั้น แต่ยังต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจอีกด้วย

โรงงานขนาดเล็กอาจเลือกใช้ระบบการแปรรูปแบบเป็นชุด (batch processing) เช่น การพาสเจอร์ไรซ์แบบเป็นชุด (batch pasteurizers) ซึ่งมีต้นทุนต่ำกว่าและใช้งานง่าย แต่ก็มีประสิทธิภาพต่ำกว่า สำหรับการผลิตปริมาณมาก ในขณะที่วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมที่มีความต้องการผลิตสูงขึ้น อาจลงทุนในระบบการแปรรูปแบบต่อเนื่อง (continuous processing) เพื่อให้สามารถผลิตได้ อย่างสม่ำเสมอ และรวดเร็ว นอกจากนี้การลงทุนในอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานก็เป็น สิ่ง

สำคัญ เนื่องจากการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนต้องใช้พลังงานสูง การลดการใช้พลังงานโดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จึงเป็นความท้าทายที่สำคัญสำหรับโรงงานขนาดเล็ก ซึ่งมักใช้วิธีดั้งเดิมหรืออุปกรณ์เก่าที่อาจมีต้นทุนการดำเนินงานสูงกว่า (Singh et al., 2023) การถนอมอาหารด้วย ความร้อนยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำให้เย็นลง หรือแช่เย็นหลังจากให้ความร้อนเพื่อ ป้องกัน การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ตัวอย่างเช่น หลังจากการพาสเจอร์ไรซ์ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น น้ำผลไม้ ผลิตภัณฑ์นม และอาหารแปรรูปพร้อมรับประทาน มักถูกทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วเพื่อให้อาหารอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อรักษารสชาติและเนื้อสัมผัสของอาหาร อีกแง่มุมที่สำคัญของการแปรรูปอาหารด้วยความร้อน คือผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร เพราะการใช้ ความร้อนอาจทำให้วิตามิน แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดในอาหารลดลง โดยเฉพาะสารอาหารที่ไวต่อความร้อน เช่น วิตามินซี และวิตามินบีบางชนิด (Ottaway, 2012)

ผู้ประกอบการแปรรูปอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมจึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงความสมดุลระหว่างประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ และการคงไว้ซึ่งสารอาหาร การนำเทคนิคที่ก้าวหน้ามากขึ้นมาใช้ เช่น การแปรรูปด้วยแรงดันสูง (High-Pressure Processing: HPP) หรือการปรุงแบบซูวี (Sous-vide) ที่กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นในบางภาคส่วน เนื่องจากวิธีการเหล่านี้สามารถกำจัดจุลินทรีย์ได้โดยไม่ต้องใช้ความร้อนสูงเกินไป ทั้งช่วยรักษาทั้งคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวต้องใช้เงินลงทุนสูง ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคสำหรับธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม นอกจากนี้ เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ยังมีบทบาทสำคัญในการถนอมอาหารด้วยความร้อนอีกด้วย การบรรจุสุญญากาศ (Vacuum Sealing) การบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging: MAP) และเทคนิคบรรจุภัณฑ์ขั้นสูงอื่น ๆ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้โดยสร้างสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และลดการเกิดออกซิเดชัน เมื่อใช้ร่วมกับกระบวนการถนอมอาหารด้วยความร้อน เทคโนโลยีเหล่านี้ช่วยให้สามารถรักษาคุณภาพของอาหารได้อย่างครอบคลุม และสามารถปรับให้เหมาะสมกับความต้องการเฉพาะของผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละประเภทได้

นอกจากนี้ การปฏิบัติตามกฎระเบียบก็เป็นปัจจัยสำคัญที่โรงงานแปรรูปอาหารขนาดกลางและ ขนาดย่อมต้องคำนึงถึง เนื่องจากต้องปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับสากล (Amit et al., 2017) กฎระเบียบเหล่านี้มักกำหนดให้มีการจัดทำเอกสารขั้นตอนปฏิบัติ และศึกษาการตรวจสอบเพื่อยืนยันว่า กระบวนการให้ความร้อนที่ใช้สามารถรับประกันความปลอดภัยของอาหารได้ อย่างไรก็ตามธุรกิจขนาดกลาง และขนาดเล็กหลายแห่งอาจไม่มีทรัพยากรเพียงพอ ในการดำเนินการวิจัย หรือทดสอบที่มีค่าใช้จ่ายสูงภายในองค์กรของตนเอง ซึ่งทำให้การปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารเป็นเรื่องที่ท้าทายมากขึ้น ดังนั้น การร่วมมือกับห้องปฏิบัติการภายนอก ที่ปรึกษาด้านความปลอดภัยอาหาร หรือมหาวิทยาลัย อาจเป็นสิ่งจำเป็นในการตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการให้ความร้อนที่ใช้ นอกจากนี้ด้วยความต้องการที่เพิ่มขึ้นของผู้บริโภคสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่ดีต่อสุขภาพ และเป็นธรรมชาติทำให้โรงงานแปรรูปอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมต้องเผชิญกับแรงกดดันจากผู้บริโภคให้ใช้กระบวนการให้ความร้อนที่สามารถรักษาคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของอาหาร เช่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และสี โดยหลีกเลี่ยงการใช้วัตถุกันเสียทางเคมี (Lisboa et al., 2024) แนวโน้มนี้ก่อให้เกิด "ฉลากอาหารสะอาด" (Clean Label) ซึ่งเน้นลดกระบวนการแปรรูปอาหาร และใช้สารเติมแต่งให้น้อยที่สุด ที่กำลังผลักดันให้ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแสวงหาเทคโนโลยีการให้ความร้อนที่เป็นนวัตกรรมใหม่ เพื่อลดผลกระทบด้านลบต่อคุณภาพของอาหาร การเลือกใช้เทคโนโลยี อุปกรณ์ และกระบวนการที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญในการรักษา ความปลอดภัยของอาหาร คงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และตอบสนองความคาดหวังของผู้บริโภค โดยการสร้างสมดุลระหว่างต้นทุน คุณภาพและความปลอดภัย ธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม สามารถสร้างความสามารถในการแข่งขันในตลาดอาหารระดับโลกได้พร้อมทั้งตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการอาหารที่มีคุณภาพสูง ปลอดภัย และมีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น (Nguyen, 2023)

5.2 การทำให้แห้ง

การทำแห้งเป็นหนึ่งในวิธีการถนอมอาหารที่เก่าแก่และใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับโรงงานแปรรูปอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมที่ต้องการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เพิ่มเสถียรภาพในการจัดเก็บ และลดการพึ่งพาการแช่เย็นหรือแช่แข็ง กระบวนการทำแห้งเป็นเทคนิคการถนอมอาหารที่ทำโดยการกำจัดความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งช่วยยับยั้งการเติบโตของจุลินทรีย์และป้องกันการเสื่อมสภาพจากกระบวนการออกซิเดชัน และการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (Amit et al., 2017) สำหรับธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในอุตสาหกรรมอาหาร การทำแห้งเป็นวิธีที่มีความหลากหลายและคุ้มค่าต่อการลงทุน สามารถนำไปใช้กับอาหารได้หลากหลายประเภท ตั้งแต่ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ไปจนถึงสมุนไพร เครื่องเทศ และอาหารพร้อมรับประทาน กระบวนการทำแห้งช่วยลดค่าแอคติวิตี้ของน้ำ (Water Activity) ในอาหาร ทำให้เป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย เชื้อรา และยีสต์ ซึ่งมักเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีความชื้นสูง นอกจากนี้การกำจัดน้ำออกยังช่วยทำให้รสชาติ สารอาหาร และน้ำตาลในอาหาร มีความเข้มข้นมากขึ้น ซึ่งอาจช่วยเพิ่มรสชาติ และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในอุตสาหกรรมขนมขบเคี้ยว ผลไม้อบแห้ง และผลิตภัณฑ์อาหารผง (Ogwu & Ogunsola, 2024)

มีวิธีการทำแห้งหลายประเภทที่ใช้ในโรงงานแปรรูปอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมโดยแต่ละวิธี มีทั้งข้อดี และข้อจำกัดที่แตกต่างกัน เช่น การอบแห้งด้วยอากาศ (Air Drying), การตากแห้งด้วยแสงแดด (Sun Drying), การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Drying), การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying), และการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบอุโมงค์ (Tunnel Drying) การเลือกใช้วิธีการทำแห้งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ประเภทของอาหาร ประสิทธิภาพด้านพลังงาน ต้นทุน และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ การอบแห้งด้วยอากาศเป็นหนึ่งในวิธีที่ง่ายและเข้าถึงได้มากที่สุด โดยอาศัยการไหลเวียนของอากาศร้อนรอบผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อกำจัดความชื้น วิธีนี้สามารถใช้กับอาหารหลายประเภท เช่น ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ ในการดำเนินงานขนาดเล็กมักใช้เครื่องอบแห้งขนาดเล็กที่มีต้นทุนต่ำ ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และการไหลของอากาศได้ทั้งแบบควบคุมด้วยมือ และแบบอัตโนมัติ แม้ว่าวิธีนี้จะประหยัดพลังงานแต่ก็อาจทำให้เกิดปัญหาการอบแห้งที่ไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะเมื่อใช้กับอาหารที่มีขนาดใหญ่หรือหนา ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (Snyder, 2017)

นอกจากนี้ การอบแห้งด้วยอากาศยังมีข้อจำกัดที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และอาจไม่เหมาะสำหรับอาหารที่มีความชื้นสูง ซึ่งอาจต้องใช้เทคนิคการทำแห้งที่มีความเฉพาะทางมากขึ้น การตากแห้งด้วยแสงแดดเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ใช้กันมานาน และมีต้นทุนต่ำ เหมาะสำหรับโรงงานแปรรูปอาหารขนาดกลาง และขนาดย่อมในพื้นที่ที่มีแสงแดดมาก และสภาพอากาศแห้ง วิธีนี้ทำโดยการกระจายอาหาร เช่น มะเขือเทศ ผลไม้ หรือสมุนไพร ไว้ภายใต้ความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นระยะเวลานานข้อดีของการตากแห้งด้วยแสงแดดคือเป็นการใช้พลังงานจากธรรมชาติ ช่วยลดต้นทุนการดำเนินงาน และเป็นกระบวนการที่ง่ายต่อการนำไปใช้ (Snyder & Worobo, 2018) อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีข้อเสียหลายประการ เช่น ความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากฝุ่น, แมลง และสัตว์ รวมถึงความไม่แน่นอนของกระบวนการทำแห้งเนื่องจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งด้วยแสงแดดมักมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าวิธีการทำแห้งที่ควบคุมได้ ในทางตรงกันข้ามการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งหรือไลโอฟิไลเซชัน (Freeze Drying หรือ Lyophilization) เป็นวิธีที่มีความก้าวหน้าแต่อาจจะต้องใช้เงินลงทุนที่สูง กระบวนการนี้เริ่มต้นด้วยการแช่แข็งอาหาร จากนั้นน้ำที่เป็นของแข็งจะถูกเปลี่ยนเป็นไอผ่านกระบวนการระเหิดภายใต้สภาวะสุญญากาศ วิธีนี้ช่วยรักษาโครงสร้าง รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารได้ดีกว่าวิธีการทำแห้งอื่น ๆ และให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสเบา และโปร่ง อาหารที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งสามารถคืนสภาพได้อย่างรวดเร็วเมื่อ

เติมน้ำ ทำให้เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูป, อาหารสำหรับนักเดินทาง และอาหารสำรองฉุกเฉิน (Hayashi, 1989; Inyang et al., 2017)

อย่างไรก็ตาม สำหรับโรงงานแปรรูปอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม ต้นทุนที่สูงของอุปกรณ์ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง รวมถึงความต้องการพลังงานในกระบวนการที่มากอาจเป็นอุปสรรคต่อการนำมาใช้ โดยเฉพาะสำหรับธุรกิจที่มีงบประมาณจำกัด ในทางกลับกันการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying) เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมนม(ผง), กาแฟ(ผง), และอาหารผง โดยกระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการพ่นละอองของผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นของเหลวเข้าไปในกระแสลมร้อน ซึ่งทำให้ความชื้นระเหยอย่างรวดเร็ว เหลือไว้เฉพาะผลิตภัณฑ์ในรูปแบบผงแห้ง การทำแห้งแบบพ่นฝอย จึงมีประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของเหลว เช่น น้ำผลไม้ นม และซุป เนื่องจากสามารถผลิตผงละเอียดที่ยังคงรสชาติ สี และคุณค่าทางโภชนาการดั้งเดิมไว้ได้เป็นอย่างดี (Bhandari et al., 2008; Schuck et al., 2016)

อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ต้องใช้เครื่องมือเฉพาะทางที่มีต้นทุนสูง และกระบวนการทำแห้งต้องได้รับ การควบคุมอย่างรอบคอบ เพื่อหลีกเลี่ยงการเสื่อมสภาพของสารประกอบที่ไวต่อความร้อน เช่น วิตามิน และสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนี้ การทำแห้งแบบพ่นฝอยยังอาจทำให้เกิดการสูญเสียสารประกอบระเหยง่ายบางชนิด เช่น สารให้กลิ่นในสมุนไพรหรือเครื่องเทศ และอาจไม่เหมาะสำหรับอาหารที่มีความชื้นสูง เช่น เนื้อสัตว์หรือผักใบเขียว การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบอุโมงค์ (Tunnel Drying) ซึ่งมักใช้ในการผลิตขนาดใหญ่ เป็นกระบวนการที่ให้อาหารผ่านอุโมงค์ที่มีอากาศร้อนหมุนเวียนรอบผลิตภัณฑ์ในกระบวนการอย่างต่อเนื่อง วิธีนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำแห้งผลไม้, ผัก และสมุนไพร และเหมาะสำหรับการผลิตในปริมาณปานกลางถึงขนาดใหญ่ สำหรับโรงงานแปรรูปอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์อาจเป็นตัวเลือกที่ดีหากสามารถจัดการกับวัตถุดิบจำนวนมากได้ เนื่องจากช่วยให้สามารถควบคุมกระบวนการทำแห้งให้มีความสม่ำเสมอระหว่างแต่ละรอบการผลิตได้ (Banozic et al., 2023)

อย่างไรก็ตาม เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์มีต้นทุนที่สูงกว่าและต้องใช้พื้นที่มากกว่าวิธีการทำแห้งอื่น ๆ นอกจากนี้ ยังต้องมีการปรับอุณหภูมิ และความชื้นอย่างแม่นยำ เพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอ และไม่ถูกทำให้แห้งจนเกินไป ซึ่งอาจทำให้เกิดการหดตัวของผลิตภัณฑ์, การสูญเสียรสชาติ และการลดลงของคุณค่าทางโภชนาการ ในการเลือกวิธีการทำแห้งที่เหมาะสม โรงงานแปรรูปอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ เช่น การใช้พลังงาน , ความสามารถในการขยายขนาดการผลิต และผลกระทบของกระบวนการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้พลังงานเป็นประเด็นสำคัญ เนื่องจากกระบวนการทำแห้งอาจใช้พลังงานสูง โดยเฉพาะวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งหรือพ่นฝอย ธุรกิจขนาดเล็กที่มีงบประมาณจำกัดอาจเลือกใช้วิธี ที่มีต้นทุนเริ่มต้นต่ำ และใช้พลังงานน้อย เช่น การอบแห้งด้วยอากาศหรือการตากแดด แม้ว่าวิธีเหล่านี้อาจไม่ให้ความสม่ำเสมอหรืออายุการเก็บรักษาที่ยาวเทียบเท่ากับวิธีที่ก้าวหน้ากว่า (El-Abidi et al., 2024; Ioannou Sartzi et al., 2024; Jangam, 2011) นอกจากนี้ กระบวนการทำแห้งยังส่งผลต่อเนื้อสัมผัสสี และคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร โรงงานแปรรูปขนาดเล็กต้องหาสมดุลระหว่างต้นทุนและประสิทธิภาพของกระบวนการทำแห้งกับคุณภาพ และความน่าดึงดูดของผลิตภัณฑ์สุดท้าย บ่อยครั้งที่ผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม อาจต้องลงทุนในอุปกรณ์ที่สามารถรักษาประสิทธิภาพด้านพลังงาน พร้อมกับการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการใช้กลยุทธ์เสริม เช่น การลวกก่อนทำแห้ง (Blanching) การใช้สารต้านอนุมูลอิสระ หรือกรดอินทรีย์ ที่ช่วยรักษาสี เนื้อสัมผัส และรสชาติของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการทำแห้ง นอกจากบรรจุภัณฑ์แบบดั้งเดิมแล้ว ยังมี แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นนวัตกรรมใหม่ เช่น ฟิล์มชีวภาพที่ย่อยสลายได้ (Biodegradable Films) บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะที่มีตัวดูดซับออกซิเจน หรือซองดูดซับความชื้น ซึ่งกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น โดยเฉพาะในตลาดที่ให้ความสำคัญกับความยั่งยืน และสุขภาพของผู้บริโภค (T. Das et al., 2024; Mediani et al., 2022; Sethupathy & Anandharamakrishnan, 2025).

ด้วยความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับอาหารอินทรีย์ อาหารธรรมชาติ และอาหารที่ผ่านกระบวนการ แปรรูปน้อย โรงงานแปรรูปอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมต้องเผชิญกับแรงกดดันที่เพิ่มขึ้น ในการผลิตผลิตภัณฑ์อบแห้งโดยไม่ใช้สารกันบูด สี หรือวัตถุเจือปนอาหารเทียม แนวโน้มนี้เป็นปัจจัยที่กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีการทำแห้งใหม่ ๆ ที่ช่วยลดผลกระทบต่อรสชาติ สี และคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ขณะเดียวกันยังต้องสามารถควบคุมจุลินทรีย์และถนอมอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากอุตสาหกรรมอาหารทั่วโลกมีการแข่งขันสูงขึ้น ผู้ผลิตขนาดกลางและขนาดย่อมจึงมองหาวิธีสร้างความแตกต่างให้กับผลิตภัณฑ์อาหารแห้งของตน โดยมุ่งเน้นไปที่คุณภาพ ความเป็นเอกลักษณ์ และความยั่งยืน ซึ่งสามารถทำได้ผ่านการรับรองผลิตภัณฑ์อินทรีย์ การใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น หรือการพัฒนาข้อมูลที่แสดงลักษณะเฉพาะ (profile) ของรสชาติที่เป็นนวัตกรรมใหม่ สุดท้ายกระบวนการทำแห้งเพื่อการถนอมอาหารในโรงงานขนาดกลาง และขนาดย่อมยังต้องปฏิบัติตามระเบียบข้อบังคับด้านความปลอดภัยอาหารและมาตรฐานการควบคุมคุณภาพอีกด้วย ผู้ผลิตต้องมั่นใจว่ากระบวนการทำแห้งของตนนั้นมีความสม่ำเสมอ และเชื่อถือได้ เนื่องจากการทำแห้งที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้การกำจัดความชื้นไม่สมบูรณ์ ซึ่งอาจไม่สามารถยับยั้งการเติบโตของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดการเน่าเสียหรืออันตรายจากโรคที่เกิดจากอาหาร หน่วยงานที่กำกับดูแล ในหลายประเทศได้กำหนดให้ผู้ผลิตต้องจัดทำเอกสาร และตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการทำแห้ง ดำเนินการทดสอบค่าความชื้นเป็นประจำ และปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านจุลชีววิทยา และ การทดสอบอายุการเก็บรักษา เพื่อแสดงให้เห็นถึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ สำหรับธุรกิจขนาดเล็กที่ไม่มีห้องปฏิบัติการภายในหรือทรัพยากรที่เพียงพอ การร่วมมือกับผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยอาหารภายนอก หรือห้องปฏิบัติการทดสอบของบุคคลที่สาม อาจมีความสำคัญในการรับรองการปฏิบัติตามกฎระเบียบ และรักษาความไว้วางใจของผู้บริโภค ขณะที่โรงงานแปรรูปอาหารในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมยังคงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง บทบาทของการทำแห้งในฐานะเทคนิคการถนอมอาหารจะยังคงเป็นรากฐานสำคัญของอุตสาหกรรม โดยมอบโอกาสมากมายสำหรับการสร้างนวัตกรรม การเพิ่มประสิทธิภาพ และการสร้างความแตกต่างให้กับผลิตภัณฑ์ (Lisboa et al., 2024; Tkaczewska, 2020)

5.3 การทอด

การทอดอาหารเป็นหนึ่งในวิธีการถนอมอาหารที่สำคัญในโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม ที่ช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์, เพิ่มรสชาติ, เนื้อสัมผัส และความน่าดึงดูด ทั้งยังรักษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส และความปลอดภัยของอาหารอีกด้วย กระบวนการทอด คือ การนำอาหารลงในน้ำมันหรือไขมันที่ร้อน ซึ่งจะทำให้ความร้อนถูกดูดซึมอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ความชื้นภายในอาหารระเหยออกไป และลดปริมาณของน้ำที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา และยีสต์ ที่เป็นสาเหตุหลักของการเน่าเสียของอาหาร กล่าวได้ว่าการทอดเป็นรูปแบบหนึ่งของการลดความชื้น ทั้งยังช่วยสร้างเกราะป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ทำให้อาหารคงสภาพได้นานขึ้นเมื่อเทียบกับอาหารสดที่ยังไม่ผ่านการปรุง สำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม การทอดเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้กับอาหารได้หลากหลายประเภท เช่น ขนมขบเคี้ยว, ผัก, เนื้อสัตว์, และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ นอกจากนี้การทอดยังช่วยเพิ่มคุณลักษณะที่ผู้บริโภคชื่นชอบ เช่น ความกรอบ และสีเหลืองทอง อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการทอดจะช่วยในการถนอมอาหาร แต่ก็มีความท้าทายที่โรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมต้องบริหารจัดการ เช่น การควบคุมปัจจัยในการทอด, การจัดการคุณภาพน้ำมัน การควบคุมคุณภาพ และ การปฏิบัติตามกฎระเบียบ ซึ่งทั้งหมดนี้ส่งผลต่อความปลอดภัย ความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ และต้นทุนการผลิต (Abate Reta & Hailu Addis, 2015; Man, 2002; Saguy & Sirotinskaya, 2014; Siddiqui et al., 2024)

ในกระบวนการผลิตอาหารของโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อม ข้อได้เปรียบที่สำคัญของการทอด คือความสามารถในการถนอมอาหารได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้เงินลงทุนต่ำเมื่อเทียบกับวิธีการถนอมอาหารอื่น ๆ เช่น การแช่แข็งหรือการทำแห้งแบบ

เยือกแข็ง ซึ่งต้องใช้เครื่องจักรที่ซับซ้อน และมีต้นทุนที่สูง อุปกรณ์พื้นฐานสำหรับการทอด เช่น หม้อทอดไฟฟ้า, หม้อทอดแบบก้นลึก หรือหม้อทอดแบบก้นตื้น ที่มีจำหน่ายทั่วไปในราคาที่ไม่แพงเมื่อเทียบกับเครื่องจักรแปรรูปอาหารประเภทอื่น ทำให้เป็นตัวเลือกที่น่าสนใจสำหรับผู้ประกอบการที่มีงบประมาณจำกัด การทอดยังช่วยให้สามารถผลิตอาหารได้ในปริมาณมากภายในระยะเวลาอันสั้น เหมาะสำหรับการผลิตที่ต้องรองรับความต้องการสูง อย่างไรก็ตามความท้าทายหลักของการทอดเพื่อการถนอมอาหารคือการหาสมดุลระหว่างการลดความชื้น, การดูดซับน้ำมัน, และ การรักษาคุณภาพของอาหาร ความร้อนที่ใช้ในการทอดทำให้ชั้นนอกของอาหารเกิดเปลือกกรอบสีทอง ซึ่งทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันการสูญเสียความชื้นเพิ่มเติม และช่วยรักษาคุณภาพของอาหาร เปลือกชั้นนอกนี้ไม่เพียงแต่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา แต่ยังเพิ่มลักษณะทางประสาทสัมผัส เช่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความรู้สึกในปาก (Frakolaki et al., 2023; Oke et al., 2018)

ความเร็วของกระบวนการทอดก็เป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากการทอดที่นานเกินไปอาจทำให้เกิด การดูดซับน้ำมันมากเกินไป ส่งผลให้อาหารมันเยิ้มไม่น่ารับประทาน และอาจมีการก่อตัวของไขมัน ทรานส์หากน้ำมันถูกให้ความร้อนซ้ำ ๆ นอกจากนี้ อุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้สารอาหารในอาหารสลายตัว โดยเฉพาะสารอาหารที่ไวต่อความร้อน เช่น วิตามินเอและวิตามินอี รวมถึงการก่อตัวของสารที่ไม่พึงประสงค์ เช่น อะคริลาไมด์ ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่เกิดขึ้นเมื่อทอดอาหารที่มีแป้งในอุณหภูมิสูง โดยทั่วไปอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดอยู่ระหว่าง 160°C ถึง 190°C (320°F ถึง 375°F) ขึ้นอยู่กับประเภทอาหาร เนื้อสัมผัสที่ต้องการ และชนิดของน้ำมันที่ใช้ อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ความชื้นระเหยออกได้เร็วขึ้น ส่งผลให้อาหารมีความกรอบและถนอมอาหารได้เร็วขึ้น แต่หากอุณหภูมิสูงเกินไปอาจทำให้อาหารไหม้หรือเกิดรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอ โรงงานขนาดกลางและขนาดย่อมควรลงทุนในอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำ รวมถึงระบบที่สามารถตรวจสอบ และปรับกระบวนการทอดได้แบบเรียลไทม์ด้วยเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น ระบบเซ็นเซอร์ควบคุมอุณหภูมิและระบบคอมพิวเตอร์ช่วยให้การควบคุมการทอดมีความแม่นยำมากขึ้น แม้แต่ในโรงงานขนาดเล็ก (Kerr, 2017; Liu, 2020)

การจัดการน้ำมันเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญของกระบวนการทอด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของการถนอมอาหาร น้ำมันที่ใช้ทอดสามารถเสื่อมสภาพได้เนื่องจากอุณหภูมิสูง การสะสมของเศษอาหาร และ การสลายตัวของไขมัน ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ ตลอดจนลดคุณภาพของอาหารลง ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องทอดที่มีระบบกรองและการนำน้ำมันกลับมาใช้ที่ช่วยลดของเสีย เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร และลดต้นทุนการดำเนินงาน นอกจากนี้ ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอด ยังส่งผลต่อคุณภาพและความเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผลิตภัณฑ์ น้ำมันที่มีไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง เช่น น้ำมันมะกอกหรือน้ำมันคาโนลา มักได้รับความนิยมเนื่องจากมีระดับไขมันอิ่มตัวต่ำและมีคุณสมบัติด้านสุขภาพที่ดีกว่า ขณะที่น้ำมันที่มีความเสถียรต่ออุณหภูมิสูง เช่น น้ำมันปาล์ม อาจถูกนำมาใช้ ในกระบวนการทอดที่ต้องการรอบการใช้งานที่ยาวนานกว่าในโรงงานขนาดใหญ่ (Zhang et al., 2020) การเลือกน้ำมันทอดที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ประเภทของผลิตภัณฑ์อาหาร ที่ต้องการ รสชาติที่ต้องการ ต้นทุน และแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคที่มองหาทางเลือกที่ดีต่อสุขภาพและยั่งยืนมากขึ้น นอกจากนี้ อีกหนึ่งปัจจัยสำคัญของกระบวนการทอดอาหาร คือ ระบบ ทำความเย็นและการจัดเก็บหลังการทอด ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการรักษาความปลอดภัยของอาหารและยืดอายุการเก็บรักษา อาหารทอดบางประเภท เช่น มันฝรั่งทอด แผ่นขนมทอด หรือของขบเคี้ยวแบบทอด จะได้ประโยชน์จากการบรรจุในถุงที่มีการเติมก๊าซเฉื่อย (gas-flushed) หรือสุญญากาศ เพื่อป้องกันการสัมผัสกับอากาศ ซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดกลิ่นหืนหรือเสื่อมคุณภาพ ในแง่ของอายุการเก็บรักษา อาหารทอดมักจะมีอายุยาวนานกว่าอาหารสด เนื่องจากมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม อายุของผลิตภัณฑ์ทอดยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ อุณหภูมิที่ใช้ในการทอด และสภาพแวดล้อมในการจัดเก็บอาหารทอดหลังการผลิต สำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายยังคงมีความปลอดภัยและดึงดูดใจผู้บริโภคได้อย่างต่อเนื่อง (Cui et al., 2024; Sukaew, 2024)

แม้ว่าการทอดจะมีประโยชน์มากมายในฐานะวิธีการถนอมอาหารสำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมแต่ก็ยังเผชิญกับความท้าทายที่สำคัญหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้สูง ในขณะที่ต้องควบคุมต้นทุนการผลิตให้ต่ำ หนึ่งในความท้าทายเหล่านี้ คือ การสร้างสมดุลระหว่างการผลิตอาหารที่มีความกรอบและรสชาติดี กับความต้องการที่เพิ่มขึ้นของผู้บริโภคที่มองหาตัวเลือกอาหารที่มีไขมันต่ำและดีต่อสุขภาพมากขึ้น ความกังวลเกี่ยวกับผลกระทบด้านสุขภาพของอาหารทอดได้นำไปสู่ความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับทางเลือกที่ใช้น้ำมันน้อยลง หรือ ใช้น้ำมันที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีกว่า ตัวอย่างเช่น การทอดด้วยลมร้อน (Air frying) ได้กลายเป็นวิธีการปรุงอาหารที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากใช้การหมุนเวียนของอากาศร้อน เพื่อทำให้อาหารสุกโดยใช้น้ำมันเพียงเล็กน้อยหรือแทบไม่มีเลย ส่งผลให้ปริมาณไขมันในอาหารลดลง อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีการทอดด้วยลมร้อนมักต้องใช้เครื่องจักรเฉพาะทางที่มีราคาสูง ซึ่งอาจยังไม่เหมาะสมกับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมในปัจจุบัน แนวโน้มตลาดสำหรับอาหารทอดที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้นยังนำไปสู่การพัฒนาน้ำมันทอดสูตรใหม่ ๆ ที่ออกแบบมาให้สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้ โดยไม่สลายตัวหรือก่อให้เกิดสารที่เป็นอันตราย (Zaghi et al., 2019)

ผู้ผลิตบางรายอาจเลือกใช้น้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวในปริมาณสูง หรือแม้แต่น้ำมันที่ได้จากแหล่งที่ไม่ใช่แบบดั้งเดิม เช่น น้ำมันอะโวคาโดหรือน้ำมันมะพร้าว ซึ่งมักถูกทำตลาดว่าเป็นทางเลือกที่ดีต่อสุขภาพมากกว่า นวัตกรรมเหล่านี้เป็นการตอบสนองต่อความตระหนักที่เพิ่มขึ้นของผู้บริโภคเกี่ยวกับความเสี่ยงด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคอาหารทอดในปริมาณมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในเรื่องของโรคหัวใจ โรคอ้วน และโรคเรื้อรังอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอาหารที่มีไขมันสูงนอกจากข้อกังวล ด้านสุขภาพแล้ว ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการทอด ก็เป็นอีกหนึ่งความท้าทายสำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมปัจจุบัน อุตสาหกรรมอาหารให้ความสำคัญกับความยั่งยืน (sustainability) มากขึ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีการทอดที่ช่วยลดการใช้พลังงานและ เพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ อุปกรณ์ทอดบางประเภทในปัจจุบันถูกออกแบบให้มี คุณสมบัติประหยัดพลังงาน เช่น ระบบกู้คืนความร้อน (heat recovery systems) ซึ่งช่วยในการดักจับและ นำพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทอดกลับมาใช้ใหม่ วิธีนี้ช่วย ลดการใช้พลังงานโดยรวม และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิต (Nantapo et al., 2015)

5.4 การรมควัน

การรมควันอาหารเป็นวิธีการถนอมอาหารที่ถูกใช้งานมานานหลายศตวรรษ โดยมีต้นกำเนิดย้อนกลับไปถึงอารยธรรมโบราณที่ค้นพบว่าควันไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มรสชาติให้กับอาหาร แต่ยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้อีกด้วย (Joardder et al., 2019) สำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมการรมควันยังคงเป็นวิธีการถนอมอาหารที่ได้รับความนิยม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับ เนื้อสัตว์ ปลา ชีส และผักบางชนิด เพราะนอกจากจะช่วยสร้างเอกลักษณ์ในด้านรสชาติ, เนื้อสัมผัส, และสีสันแล้ว ควันยังมีคุณสมบัติต่อต้านจุลชีพ และอนุมูลอิสระ ซึ่งช่วยชะลอการเน่าเสียและยับยั้งการเติบโตของแบคทีเรีย (Akharume et al., 2021) กระบวนการรมควัน เกิดจากการทำให้อาหารสัมผัสกับควันที่มาจากการเผาไหม้หรือการคุกรุ่นของไม้ โดยทั่วไปจะดำเนินการในสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุม เช่น โรงรมควัน (smokehouse) หรือเครื่องรมควัน (smoker) ซึ่งอาหารอาจถูกแขวนลอยไว้ในอากาศหรือวางบนชั้นตะแกรงเพื่อให้ดูดซับสารประกอบที่เกิดจากการเผาไหม้ของไม้ สารประกอบจากควัน เช่น ฟีนอล (phenols), อัลดีไฮด์ (aldehydes), และกรด (acids) จะถูกสะสมอยู่บนพื้นผิวของอาหาร ซึ่งช่วยส่งเสริมกลิ่นและรสเฉพาะตัว รวมถึงกระบวนการถนอมอาหาร โดยสารฟีนอลในควันมี ฤทธิ์ต้านจุลชีพ ที่ช่วยฆ่าหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และเชื้อรา ในขณะที่ระดับความชื้นที่ลดลงและความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้น ในอาหารที่ผ่านการรมควันจะช่วยเสริมความสามารถในการป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ (Kaloti, 2022)

นอกจากนี้ สารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในควัน เช่น สารประกอบฟีนอลบางชนิด และสารอินทรีย์ระเหย ยังช่วยชะลอกระบวนการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (oxidative rancidity) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญ ในการรักษาคุณภาพของไขมันในอาหารประเภทเนื้อรมควันหรือปลารมควัน สำหรับผู้ผลิตอาหาร ขนาดกลางและขนาดย่อม การรมควันอาหารทำให้ข้อได้เปรียบที่สำคัญหลายประการ เช่น ต้นทุน ที่ค่อนข้างต่ำ ความสามารถในการขยายกำลังการผลิต และการเพิ่มคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของอาหาร ทำให้เป็นตัวเลือกที่น่าสนใจในอุตสาหกรรมอาหารที่มีการแข่งขันสูง การรมควันยังช่วยสร้างความแตกต่างให้กับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอาหารรมควันมักถูกมองว่าเป็น สินค้าพรีเมียม ที่สะท้อนถึงงานฝีมือแบบดั้งเดิมและรสชาติอันเป็นเอกลักษณ์ ซึ่งสามารถดึงดูดตลาดเฉพาะกลุ่ม (niche markets) รวมถึงกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพและมองหาทางเลือกที่เป็นธรรมชาติมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปทางเคมี แม้ว่าวิธีการรมควันแบบดั้งเดิม เช่น รมควันเย็น (cold smoking) รมควันร้อน (hot smoking) และการย่างด้วยควัน (smoke roasting) จะถูกใช้งานมาเป็นเวลาหลายศตวรรษ แต่โรงงานผลิตอาหารขนาดเล็กและขนาดกลางในปัจจุบันสามารถปรับใช้เทคนิคเหล่านี้ร่วมกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆ เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ยังคงรักษาคุณลักษณะเชิงศิลปะของผลิตภัณฑ์รมควันเอาไว้ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้การรมควันจะมีข้อดีหลายประการ แต่ก็มีความท้าทายสำคัญที่ผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมต้องรับมือ ไม่ว่าจะเป็น การควบคุมคุณภาพ (quality control) การปฏิบัติตามกฎระเบียบด้านความปลอดภัยอาหาร (regulatory compliance), ต้นทุนของอุปกรณ์ และกระบวนการที่ใช้แรงงานเข้มข้น ซึ่ง ล้วนต้องได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม เพื่อให้แน่ใจว่า ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความปลอดภัยต่อการบริโภค และตรงตามความคาดหวังของผู้บริโภคทั้งในด้านรสชาติ และรูปลักษณ์ (Eze & Mena, 2024; Maga, 2018)

กลไกหลักที่ทำให้การรมควันสามารถถนอมอาหารได้คือกระบวนการทำให้อาหารแห้ง ซึ่งเกิดขึ้น เมื่ออาหารสัมผัสกับควันในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน กระบวนการทำให้แห้งนี้คล้ายกับการคายน้ำ (dehydration) ที่ช่วยลดค่าแอคติวิตี้ของน้ำ (water activity) ในอาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญ ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Andrés et al., 2007) ค่าแอคติวิตี้ของน้ำที่ต่ำ ทำให้แบคทีเรีย เชื้อรา และยีสต์ไม่สามารถเติบโตได้ ส่งผลให้อาหารรมควันมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น ในวิธีการรมควันแบบดั้งเดิม เช่น การรมควันเย็น (cold smoking) อุณหภูมิจะถูกควบคุมให้อยู่ต่ำกว่า 30°C (86°F) ซึ่งแม้ว่าอุณหภูมินี้จะไม่ทำให้อาหารสุก แต่ก็ช่วยให้เกิดกระบวนการทำแห้งและสัมผัสกับควันได้ การรมควันเย็นมักใช้กับผลิตภัณฑ์ เช่น ไส้กรอก แฮม ชีส และปลา โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ เพิ่มรสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณสมบัติในการถนอมอาหาร (Ledesma et al., 2017) สำหรับเนื้อสัตว์และปลา การรมควันเย็นมักจะทำหลังจากกระบวนการหมักเกลือ (curing) หรือการใส่เกลือ (salting) ซึ่งช่วยดึงความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์และเพิ่มประสิทธิภาพในการถนอมอาหาร การรมควันเย็นที่ใช้ระยะเวลานานยังช่วยสร้างชั้นของสารประกอบป้องกันบนพื้นผิวของอาหาร ทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (Ledesma et al., 2017) แม้ว่าการรมควันเย็น จะมีประสิทธิภาพสูงในการถนอมอาหาร แต่ เป็นกระบวนการที่ใช้เวลานาน โดยอาจต้องใช้ เวลาหลายวันหรือหลายสัปดาห์ กว่าจะได้รสชาติและผลการถนอมอาหารที่ต้องการ ในทางกลับกัน การรมควันร้อน (hot smoking) เป็นที่นิยมสำหรับผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ไก่รมควัน ซี่โครง และปลาบางชนิด และเป็นที่ชื่นชอบของ ผู้ผลิตรายย่อยที่ต้องการวิธีการถนอมอาหารที่มีประสิทธิภาพและสามารถกระจายสินค้าได้อย่างรวดเร็วการรมควันร้อนยังสามารถใช้ร่วมกับกระบวนการถนอมอาหารอื่นๆ เช่น การหมักในน้ำเกลือ (brining) หรือการหมักในซอส (marinating) เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและเสริมสร้างรสชาติของผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น (Rabiepour et al., 2024)

การย่างรมควัน (Smoke Roasting) เป็นอีกหนึ่งรูปแบบของการรมควันอาหารที่ใช้ในโรงงานผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม โดยเฉพาะสำหรับเนื้อสัตว์ และสัตว์ปีก ในกระบวนการนี้ อาหารจะถูกปรุงในห้องรมควันที่เต็มไปด้วยควัน ซึ่งเป็นการผสานกันระหว่างควัน และความร้อน ทำให้เกิดเนื้อสัมผัส, รสชาติ, และคุณสมบัติในการถนอมอาหารตามที่ต้องการ อุณหภูมิในการอบรมควันมักอยู่ในช่วง 120°C ถึง 150°C (248°F ถึง 302°F) ซึ่งช่วยให้เนื้อสัตว์และอาหารอื่น ๆ ได้รับการรมควัน

พร้อมกับการปรุงให้สุกจนถึงอุณหภูมิที่ปลอดภัย ทำให้วิธีนี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการกระบวนการผลิตที่รวดเร็ว เช่น อาหารพร้อมรับประทาน (ready-to-eat meals) หรือเนื้อสัตว์ปรุงสุกสำเร็จรูป (Kubiak & Polak-Sliwinska, 2015) ความเร็วของกระบวนการอบรมควันช่วยให้ผู้ผลิตสามารถผลิตอาหารรมควันได้อย่างสม่ำเสมอและรวดเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับการรมควันเย็น อย่างไรก็ตาม วิธีนี้จำเป็นต้องมี การควบคุมอุณหภูมิอย่างแม่นยำ เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารถูกปรุงจนเกินไปหรือสูญเสียคุณภาพที่ต้องการ ด้วยเทคนิคนี้ โรงงานอาหารขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถผลิตอาหารรมควันในปริมาณมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ยังคงรักษาคุณสมบัติของสี กลิ่นรส และคุณประโยชน์ในการถนอมอาหารที่ได้รับจากวิธีการรมควันแบบดั้งเดิม (Weber, 2012) หนึ่งในปัจจัยสำคัญของกระบวนการรมควัน ไม่ว่าจะเป็นการรมควันเย็น (cold smoking), รมควันร้อน (hot smoking) หรือการอบรมควัน (smoke roasting) คือ ชนิดของไม้ที่ใช้ในการสร้างควัน เนื่องจากไม้ที่แตกต่างกันจะให้กลิ่นรสและความหอมที่แตกต่างกันในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ไม้เนื้อแข็ง (hardwood) เช่น ฮิคคอรี (hickory) โอ๊ก (oak) เมสกีต (mesquite), และแอปเปิลวูด (applewood) เป็นไม้ที่นิยมใช้ในการรมควัน เนื่องจากสามารถสร้างควันที่หนาแน่นและให้กลิ่นรมควันที่เข้มข้นและหอมอร่อย โรงงานผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมมักทดลองใช้ไม้ประเภทต่าง ๆ เพื่อสร้างเอกลักษณ์ให้กับผลิตภัณฑ์ของตน หรือเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดเฉพาะกลุ่ม (Shanley et al., 2015) ตัวอย่างเช่น ไม้โอ๊ก มักถูกเลือกใช้เพื่อให้รสชาติที่เข้มข้นและหนักแน่น ในขณะที่ ไม้ผล (fruitwood) อย่าง แอปเปิลวูดหรือเชอร์รี่วูด (cherrywood) มักใช้ในการรมควันอาหารที่ต้องการกลิ่นรสที่นุ่มนวลและเบากว่า นอกจากนี้ การใช้ ขี้เลื่อย (sawdust) เศษไม้ (wood chips) หรือท่อนไม้ (logs) ยังช่วยให้เกิดนวัตกรรมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์รมควัน ซึ่งช่วยให้ผู้ผลิตสามารถสร้างความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ในตลาดที่มีการแข่งขันสูง อย่างไรก็ตาม การจัดหาไม้รมควันที่มีคุณภาพสูงอาจเป็นความท้าทาย โดยเฉพาะสำหรับโรงงานขนาดเล็ก เนื่องจาก ต้นทุนและความพร้อมของไม้ที่แตกต่างกันไป ตามแหล่งผลิต และผู้จัดหาสินค้า ที่อาจจะมีคุณภาพ และราคาที่แตกต่างกัน (Jahnke, 2012)

แม้ว่าการรมควันอาหารจะมีข้อดีมากมายในการถนอมอาหาร แต่โรงงานผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมยังคงต้องเผชิญกับความท้าทายหลายประการที่เกี่ยวข้องกับความสม่ำเสมอ ความปลอดภัย และความสามารถในการขยายกระบวนการ หนึ่งในความท้าทายหลักของการรมควันอาหาร คือ การรักษาระดับการซึมผ่านของควัน และการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดทั้งกระบวนการรมควัน สิ่งนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินงานในระดับเล็กที่อาจใช้เครื่องรมควันแบบดั้งเดิมหรือกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งมักมีแนวโน้มที่จะเกิดความผันผวนของอุณหภูมิ, การกระจายควันที่ไม่สม่ำเสมอ, หรือใช้ระยะเวลาการรมควันที่ยาวนานขึ้น (Michel et al., 2024) ความสม่ำเสมอเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้มั่นใจว่าอาหารรมควันแต่ละชุดมีรสชาติ, เนื้อสัมผัส, และคุณสมบัติในการถนอมอาหารตามที่ต้องการ ดังนั้นผู้ผลิตรายย่อยจึงจำเป็นต้องลงทุนในอุปกรณ์ที่ช่วยรักษาความสม่ำเสมอของกระบวนการรมควันได้ โรงรมควันแบบอัตโนมัติหรือควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถกำหนดอุณหภูมิ ความชื้น และการไหลของควันได้อย่างแม่นยำ อาจช่วยแก้ไขปัญหาบางประการและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการรมควันได้ อย่างไรก็ตาม การลงทุนในอุปกรณ์ดังกล่าวอาจมีต้นทุนสูงจนเป็นอุปสรรคสำหรับธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (Barbut, 2020) เพื่อแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการรมควัน ผู้ผลิตหลายรายจึงนำมาตรการควบคุมคุณภาพที่เข้มงวดมาใช้ ซึ่งรวมถึงการตรวจสอบอุณหภูมิในการรมควัน ระดับความชื้น และความหนาแน่นของควันอย่างสม่ำเสมอ ตลอดจนการสุ่มตัวอย่างอาหารรมควันเพื่อตรวจสอบด้านจุลชีววิทยาเป็นประจำ เพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อาหารรมควัน

นอกเหนือจากการรักษาความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์แล้ว ความปลอดภัยยังเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ในการรมควันอาหาร ความเสี่ยงของการเกิดโรคจากอาหาร โดยเฉพาะจากเชื้อก่อโรค เช่น Listeria, Salmonella และ Clostridium botulinum ถือเป็นปัญหาสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารรมควัน โดยเฉพาะอาหารที่สามารถบริโภคได้โดยไม่ต้องผ่านการปรุงสุกเพิ่มเติม ในอดีตวิธีหลักในการรับรองความปลอดภัยของอาหารรมควันคือการใช้เกลือ ซึ่งช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แต่กระบวนการรมควันในปัจจุบันมักใช้ร่วมกับวิธีการถนอมอาหารอื่น ๆ เช่น การบ่ม การแช่เกลือ หรือการบรรจุสุญญากาศ เพื่อ

เพิ่มความปลอดภัยของอาหาร (Jain & Anal, 2017) สำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมการปฏิบัติตามกฎระเบียบด้านความปลอดภัยของอาหารเป็นสิ่งสำคัญ ในการลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนและการเน่าเสีย ซึ่งรวมถึงข้อกำหนดที่กำหนดโดยหน่วยงานต่าง ๆ เช่น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (FDA) หน่วยงานความปลอดภัยด้านอาหารแห่งสหภาพยุโรป (EFSA) หรือหน่วยงานทางด้านสาธารณสุขในแต่ละประเทศ กฎระเบียบเหล่านี้มักกำหนดให้มีการทดสอบพารามิเตอร์ของกระบวนการรมควันอย่างเข้มงวด การติดฉลากผลิตภัณฑ์ ที่เหมาะสม และการจัดทำเอกสารเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติที่ปลอดภัยในการผลิตอาหารรมควัน (Groenleer, 2014)

5.5 การอบ

การอบเป็นวิธีการแปรรูปและถนอมอาหารที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารมา อย่างยาวนาน โดยมีการประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อบที่หลากหลาย เช่น ขนมปัง เค้ก คุกกี้ เพสทรี (pastries) และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่เป็นรากฐานของโรงงานผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมทั่วโลก (Augustin et al., 2016) ความสำคัญของการอบในธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลางไม่อาจมองข้ามได้ เนื่องจากไม่เพียงแต่ช่วยสร้างผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค แต่ยังเป็นวิธีการถนอมอาหารที่สำคัญ โดยช่วยลดปริมาณความชื้น เพิ่มรสชาติ และยืดอายุการเก็บรักษาผ่านการใช้ความร้อนเวลา และส่วนผสมในสัดส่วนที่เหมาะสม (W. Zhou et al., 2014) กระบวนการอบโดยทั่วไปเกี่ยวข้องกับการใช้ความร้อนแห้งภายในเตาอบ ซึ่งทำให้ส่วนผสมเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพจนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัส สี และรสชาติที่ต้องการ ความร้อนแห้งนี้ทำงานผ่านกระบวนการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี ส่งผลให้น้ำในแป้งหรือเนื้อแป้งระเหยออกไป ลดค่ากิจกรรมของน้ำ และทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเสถียรต่อการเก็บรักษา ลดความเสี่ยงต่อ การเติบโตของจุลินทรีย์ การลงทุนในอุปกรณ์อบขนมที่มีความหลากหลายและมีต้นทุนไม่สูงมาก เมื่อเทียบกับวิธีการผลิตอื่น ๆ ทำให้การอบเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจและเป็นไปได้สำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมในอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันสูง (Cappelli et al., 2021)

ตั้งแต่การผลิตขนมปังและขนมปังก้อนที่เป็นอาหารหลัก ไปจนถึงผลิตภัณฑ์พิเศษ เช่น เพสทรีที่ทำด้วยความพิถีพิถัน (artisanal pastries) คุกกี้ และอาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพ เช่น อาหารปราศจากกลูเตนหรืออาหารมังสวิรัติ การอบช่วยให้ผู้ผลิตสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองต่อรสนิยมที่หลากหลายของผู้บริโภค ขณะเดียวกันยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ทำให้เหมาะสำหรับการจัดจำหน่ายและการเก็บรักษา (Siddiqui et al., 2022) นอกจากนี้ การอบยังช่วยเสริมคุณสมบัติ ทางประสาทสัมผัสของอาหาร เช่น กลิ่น, รสชาติ, เนื้อสัมผัส, และรูปลักษณ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เพียงตอบสนองความต้องการทางโภชนาการของผู้บริโภค แต่ยังช่วยเพิ่มประสบการณ์ในการรับประทานอาหารด้วย คุณลักษณะเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อธุรกิจอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม ที่ต้องการสร้างความแตกต่างในตลาดที่มีการแข่งขันสูง โดยเฉพาะเมื่อพฤติกรรมของผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา และมีความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับอาหารที่สะดวก อร่อย และ มีคุณภาพสูงในชีวิตประจำวัน (Mesly & Réthoré, 2024) กระบวนการอบเพื่อการถนอมอาหารมีประสิทธิภาพเป็นพิเศษ เนื่องจากช่วยลดปริมาณความชื้นในอาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย (Saranraj & Geetha, 2012) การลดความชื้นนี้ช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย รา และยีสต์ ที่มักเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีน้ำสูง

กระบวนการเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการสร้างโครงสร้างและเนื้อสัมผัสเฉพาะของผลิตภัณฑ์อบ โดยความร้อนจากเตาทำให้แป้งหรือเนื้อแป้งขยายตัว ฟูขึ้น และแข็งตัวเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย นอกจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพแล้ว ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และปฏิกริยาการเกิดคาราเมล (Caramelization) ยังช่วยเพิ่มสีสันที่เป็นสีน้ำตาลทอง และพัฒนารสชาติที่ซับซ้อนระหว่างกระบวนการอบ (Panghal & Khatkar, 2007) การลดความชื้นนี้ เมื่อรวมกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระหว่างการอบ ยังสร้างเกราะป้องกันที่ช่วยถนอมอาหารโดยจำกัดการมีอยู่ของน้ำที่จุลินทรีย์สามารถใช้ได้ แม้ว่า

เวลาและอุณหภูมิในการอบจะแตกต่างกันไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต แต่ช่วงอุณหภูมิโดยทั่วไปสำหรับการอบอาหารมักอยู่ระหว่าง 160°C ถึง 220°C (320°F ถึง 430°F) (Sarion et al., 2021) ในช่วงอุณหภูมินี้ ความชื้นในอาหารจะระเหยอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเสถียรมากขึ้น ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมที่ต้องการยืดอายุผลิตภัณฑ์โดยไม่ต้องพึ่งพาสารกันเสียหรือการแช่เย็น นอกจากนี้ ความหลากหลายของการอบยังช่วยให้สามารถใช้เทคนิคการถนอมอาหารอื่น ๆ ควบคู่ไปกับการใช้ความร้อน เช่น การใช้สารกันเสียตามธรรมชาติอย่างเกลือ น้ำตาล น้ำส้มสายชู และกรดบางชนิด ซึ่งช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการถนอมอาหารของผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Ogwu & Ogunsola, 2024) ผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม สามารถเพิ่มอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อบโดยการใช้ส่วนผสมบางประเภท เช่น อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) สารปรับสภาพแป้ง และสารคงตัว ซึ่งช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส การกักเก็บความชื้น และความสดใหม่ของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงมีความน่ารับประทานเป็นระยะเวลานานขึ้น

ในโรงงานผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม กระบวนการอบมักดำเนินการโดยใช้เตาอบหลากหลายประเภท ซึ่งแต่ละแบบมีข้อดีเฉพาะตัว ขึ้นอยู่กับขนาดของการผลิต ประเภทของอาหารที่ผลิต และผลลัพธ์ที่ต้องการ สำหรับธุรกิจขนาดเล็กที่ผลิตในปริมาณน้อย เตาอบแบบตั้งโต๊ะ (countertop ovens), เตาอบลมร้อน (convection ovens) หรือเตาอบหิน (deck ovens) เป็นตัวเลือกที่พบได้บ่อย เนื่องจากช่วยให้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในการอบได้ดี และเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้ความพิถีพิถันหรือทำด้วยมือ (artisanal baked goods) (Bramsiepe et al., 2012) เตาอบลมร้อน ซึ่งใช้พัดลมหมุนเวียนอากาศร้อน มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการผลิตขนมอบที่ต้องการความร้อนสม่ำเสมอ เช่น คุกกี้ เค้ก และเพสทรี เนื่องจากช่วยให้ผลิตภัณฑ์สุกอย่างทั่วถึง เตาอบประเภทนี้มักมีประสิทธิภาพด้านพลังงานมากกว่าเตาอบแบบดั้งเดิม และช่วยให้ผู้ผลิตอาหารขนาดเล็กสามารถผลิตสินค้าได้ในปริมาณมากขึ้น โดยลดความเสี่ยงของการอบที่ไม่สม่ำเสมอ (Konur et al., 2023) ในทางกลับกัน เตาอบหิน ซึ่งมักใช้สำหรับการอบแบบดั้งเดิมหรือขนมปังงานฝีมือ (artisanal baking) ให้ความร้อนโดยตรงจากพื้นหินหรือเซรามิก ทำให้ได้เนื้อสัมผัสที่กรอบและมีลักษณะเฉพาะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับขนมปัง พิซซ่า และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยีสต์ สำหรับการผลิตในระดับที่ใหญ่ขึ้น โรงงานอาหารขนาดใหญ่ขึ้น มักใช้เตาอบแบบหมุน (rotating rack ovens) หรือเตาอบแบบอุโมงค์ (tunnel ovens) ซึ่งช่วยให้สามารถอบสินค้าได้ต่อเนื่องและมีความสม่ำเสมอสูง เหมาะสำหรับการผลิตขนมปัง ขนมปังก้อนและเค้กในปริมาณมาก

เตาอบเหล่านี้ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับปริมาณการผลิตที่มากขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงขึ้นทั้งในด้านเวลาและการใช้พลังงาน ซึ่งมีความสำคัญต่อการตอบสนองความต้องการในระดับการผลิตขนาดใหญ่ แม้ว่าเตาอบขนาดใหญ่เหล่านี้จะมีต้นทุนสูงและมีความซับซ้อนมากกว่า แต่ความสามารถในการรองรับกำลังการผลิตที่สูงขึ้นโดยใช้แรงงานน้อยลง ทำให้เหมาะสมสำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางที่ต้องการขยายธุรกิจโดยยังคงรักษาคุณภาพและความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ (Masanet et al., 2012) ไม่ว่าเตาอบจะมีขนาดใดหรือการผลิตจะอยู่ในระดับใด กระบวนการอบยังคงอาศัยหลักการพื้นฐานของ การถ่ายเทความร้อนและการลดความชื้น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญทั้งในแง่ของการถนอมอาหารและการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะตามต้องการ การอบในโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อมช่วยให้สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสที่หลากหลาย ซึ่งช่วยเพิ่มความดึงดูดใจให้กับผู้บริโภค อุณหภูมิที่สูงในการอบมีบทบาทสำคัญในการทำให้พื้นผิวของขนมปัง ขนมปังก้อน และเพสทรีกรอบขึ้น ในขณะที่ช่วยให้ด้านในยังคงความนุ่มและมีโครงสร้างที่เบาและโปร่ง ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญและเป็นจุดขายที่สำคัญของขนมอบ (Davidson, 2024) กระบวนการอบไม่ได้เป็นเพียงแค่การผลิตสินค้าที่มีเนื้อสัมผัสและรสชาติที่พึงประสงค์เท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับความท้าทายและข้อควรพิจารณาต่าง ๆ เช่น ความปลอดภัยของอาหาร ความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ และการควบคุมคุณภาพ

ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการรับรองความปลอดภัยและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อบ คือ การควบคุมสภาพแวดล้อมภายในเตาอบ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น หรือการไหลเวียนของอากาศ อาจทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ เช่น การเกิดสีน้ำตาลที่ไม่สม่ำเสมอ การขึ้นฟูที่ผิดปกติ หรือเนื้อสัมผัสที่ไม่พึงประสงค์ (J. P. Smith et al., 2004)เพื่อลดปัญหาเหล่านี้ ผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมจำเป็นต้องลงทุนในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ให้เหมาะสม รวมถึงใช้มาตรการตรวจสอบและควบคุมสภาพภายในเตาอบอย่างเคร่งครัด นอกจากนี้ความสม่ำเสมอของส่วนผสมก็มีบทบาทสำคัญในการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพ แม้แต่ความแตกต่างเพียงเล็กน้อยในปริมาณหรือคุณสมบัติของส่วนผสม เช่น คุณภาพของแป้ง ปริมาณความชื้น หรือการทำงานของยีสต์ ก็สามารถส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นผู้ผลิตอาหารจำเป็นต้องกำหนดมาตรฐาน ในการคัดเลือกวัตถุดิบและใช้กระบวนการควบคุมคุณภาพที่เข้มงวด เพื่อให้มั่นใจว่าส่วนผสมที่ใช้ตรงตามข้อกำหนดที่กำหนดไว้ และสามารถให้ผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอในทุก ๆ รอบการผลิต (W. B. Zhou & Therdthai, 2007)

5.6 การพาสเจอไรซ์และการทำไร้เชื้อ

การฆ่าเชื้อวิธีปาสเตอร์หรือการพาสเจอไรซ์ (pasteurization) และการทำไร้เชื้อ (sterilization) เป็นสองกระบวนการสำคัญของการใช้ความร้อนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ในขณะที่ยังคงรักษาความปลอดภัยและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไว้ กระบวนการเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อโรงงานผลิตอาหาร ขนาดกลางและขนาดย่อมเนื่องจากช่วยให้สามารถผลิตอาหารในปริมาณมากได้ เช่น ผลิตภัณฑ์นม เครื่องดื่ม ซุป ซอส แยม อาหารกระป๋อง และอาหารพร้อมรับประทาน (Slavov et al., 2019) ทั้งการพาสเจอไรซ์และการทำให้ปราศจากเชื้อทำงานโดยใช้ความร้อนในการทำลายหรือยับยั้งจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ รา และไวรัส ซึ่งอาจก่อให้เกิดการเน่าเสียหรือโรคที่เกิดจากอาหาร อย่างไรก็ตาม ทั้งสองวิธีนี้มีความแตกต่างกันในแง่ของอุณหภูมิ ระยะเวลา และระดับของการกำจัดจุลินทรีย์ที่สามารถทำได้ การพาสเจอไรซ์เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนในระดับที่ต่ำกว่า 100°C (212°F) โดยมีเป้าหมายเพื่อกำจัดเชื้อโรคที่เป็นอันตราย แต่ยังคงรักษารสชาติ เนื้อสัมผัส และสารอาหารของอาหารให้มากที่สุด วิธีนี้นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความสมดุลระหว่างความปลอดภัยและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น นม น้ำผลไม้ เบียร์ ผักกระป๋อง และเนื้อสัตว์บางชนิด (Chiozzi et al., 2022)

ในทางกลับกัน การทำให้ไร้เชื้อเป็นกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100°C และมักใช้กับผลิตภัณฑ์ ที่ต้องการความปลอดภัยทางจุลชีววิทยาอย่างสมบูรณ์ เช่น อาหารกระป๋อง ซอส และอาหารสำเร็จรูปบางประเภท ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความร้อนที่สูงกว่าเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่หลากหลาย รวมถึงสปอร์ของแบคทีเรียที่สามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำกว่าได้ความท้าทายสำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม คือ กระบวนการพาสเจอไรซ์และการทำให้ปราศจากเชื้อเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งต้องการ การควบคุมที่แม่นยำของอุณหภูมิ ความดัน และระยะเวลาในการให้ความร้อน เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัย มีคุณภาพ และสามารถเก็บรักษาได้นาน (Huang et al., 2019) ผู้ผลิตขนาดเล็กมักไม่มีทรัพยากรเพียงพอที่จะลงทุนในอุปกรณ์การแปรรูปด้วยความร้อนที่มีระบบอัตโนมัติสูงหรือขนาดใหญ่เช่นเดียวกับบริษัทขนาดใหญ่ ดังนั้น พวกเขาจึงต้องใช้วิธีการที่มีต้นทุนต่ำกว่าแต่ยังคงสามารถปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยทางอาหารที่เข้มงวดได้ โดยไม่ลดทอนคุณภาพของผลิตภัณฑ์

สำหรับโรงงานผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม การตัดสินใจเลือกระหว่างการพาสเจอไรซ์ และการทำให้ปราศจากเชื้อมักขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาที่ต้องการ การพาสเจอไรซ์ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส หลุยส์ ปาสเตอร์ (Louis Pasteur) ในศตวรรษที่ 19 เป็นกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิระหว่าง 60°C ถึง 85°C (140°F ถึง 185°F) เป็นระยะเวลาที่กำหนด (Mouritsen & Styrbæk, 2017) วิธีนี้ไม่ได้ทำให้อาหารสุก แต่มีเป้าหมายเพื่อกำจัดหรือลดปริมาณแบคทีเรียและเชื้อโรคที่เป็นอันตรายซึ่งอาจทำให้อาหารเน่าเสียหรือก่อให้เกิดโรค เช่น Salmonella, E. coli และ Listeria monocytogenes เนื่องจากการพาสเจอไรซ์มีความร้อนน้อยกว่าการทำให้ปราศจากเชื้อ

จึงช่วยรักษารสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไว้ได้มากกว่า ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความไวต่อความร้อน เช่น นม น้ำผลไม้ โยเกิร์ต และอาหารอื่นๆ (Raut et al., 2023) นอกจากนี้ การพาสเจอไรซ์ยังช่วยรักษาวิตามินและแร่ธาตุในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ โดยเฉพาะวิตามินที่ไวต่อความร้อน เช่น วิตามินซี ในโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม การพาสเจอไรซ์สามารถทำได้โดยใช้กระบวนการแบบเป็นชุดหรือแบตช์ (Batch) หรือกระบวนการต่อเนื่อง (Continuous) ในการพาสเจอไรซ์แบบเป็นชุด อาหารจะถูกบรรจุลงในถังหรือภาชนะขนาดใหญ่และให้ความร้อนตามระยะเวลาที่กำหนดเพื่อให้ถึงอุณหภูมิที่ต้องการ เมื่อกระบวนการพาสเจอไรซ์เสร็จสิ้น อาหารจะถูกทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วเพื่อหยุดการเสื่อมสภาพทางความร้อน (Ottaway, 2010) วิธีนี้มักใช้กับการผลิตขนาดเล็ก เนื่องจากช่วยให้สามารถควบคุมกระบวนการพาสเจอไรซ์ได้อย่างแม่นยำ ทำให้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์เชิงหัตถกรรม หรือผลิตภัณฑ์พิเศษที่ต้องการการดูแลเป็นพิเศษ ในทางกลับกัน การพาสเจอไรซ์แบบต่อเนื่องใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหรือระบบอัตโนมัติอื่น ๆ เพื่อให้ความร้อนและทำให้อาหารเย็นลงอย่างรวดเร็วในขณะที่เคลื่อนผ่านท่อหรือสายพานลำเลียง ระบบนี้เหมาะสำหรับการผลิตในปริมาณมากกว่า ทำให้โรงงานขนาดกลางและขนาดย่อมสามารถแปรรูปอาหารในปริมาณที่มากขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพในขณะที่ยังคงรักษามาตรฐานความปลอดภัยและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ (Ramesh, 2020)

แม้ว่าการพาสเจอร์ไรซ์จะเพียงพอสำหรับอาหารหลายชนิด แต่ยังมีผลิตภัณฑ์บางชนิด โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นหรือมีแนวโน้มที่จะปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ทนความร้อนได้ ซึ่งจำเป็นต้องใช้กระบวนการแปรรูปที่เข้มข้นกว่า นั่นคือ การฆ่าเชื้อ หรือทำให้ไร้เชื้อ การฆ่าเชื้อเกี่ยวข้องกับการใช้ความร้อนที่สูงกว่ามาก โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 115°C ถึง 135°C (239°F ถึง 275°F) เป็นระยะเวลานานขึ้น (Widmer & Frei, 2011) อุณหภูมิที่สูงขึ้นและระยะเวลาในการสัมผัสกับความร้อนที่นานขึ้นในกระบวนการฆ่าเชื้อมีความจำเป็นเพื่อฆ่าสปอร์แบคทีเรียที่ทนความร้อน เช่น สปอร์แบคทีเรียที่ผลิตโดยเชื้อ Clostridium botulinum ซึ่งสามารถทำให้เกิดโรคโบทูลิซึม ซึ่งเป็นโรคอาหารเป็นพิษที่อาจถึงแก่ชีวิตได้ ดังนั้นการฆ่าเชื้อจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับอาหารที่มีความเสี่ยงสูงต่อการปนเปื้อนจากสปอร์ดังกล่าว รวมถึงผักกระป๋อง เนื้อสัตว์ สัตว์ปีก และอาหารพร้อมรับประทาน ตลอดจนซอสและน้ำเกรวี่บางชนิด (Anderson et al., 2011)

สำหรับระบบรีทอร์ทแบบเป็นชุด (batch retort systems) ภาชนะบรรจุอาหาร เช่น กระป๋องหรือขวด จะถูกบรรจุเข้าไปในเครื่องฆ่าเชื้อภายใต้อุณหภูมิและแรงดัน (retort) ซึ่งจะถูกให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการเป็นระยะเวลาที่กำหนดก่อนที่จะถูกทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว ในทางตรงกันข้าม รีทอร์ทแบบต่อเนื่อง (continuous retorts) ใช้ระบบสายพานลำเลียงอาหารผ่านโซนอุณหภูมิต่าง ๆ ทำให้สามารถดำเนินกระบวนการได้อย่างต่อเนื่องและเพิ่มปริมาณการผลิต รีทอร์ทได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อมเนื่องจากสามารถขยายขนาดการผลิตได้และมีความยืดหยุ่นสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายประเภท อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีข้อดีหลายประการ แต่การทำให้ปลอดเชื้อด้วยรีทอร์ทอาจมีความท้าทายเกี่ยวกับต้นทุน การใช้พลังงาน และความเสี่ยงที่อาจทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เสื่อมลงหากไม่ได้รับการควบคุมอย่างเหมาะสม (Awuah et al., 2007) การให้ความร้อนมากเกินไประหว่างกระบวนการฆ่าเชื้ออาจทำให้สี เนื้อสัมผัส และรสชาติของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญโดยเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการรักษาลักษณะและรสชาติให้ใกล้เคียงกับอาหารสด เช่น อาหารพร้อมรับประทาน ซุป หรือซอส ดังนั้น โรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม จำเป็นต้องปรับเทียบกระบวนการฆ่าเชื้ออย่างรอบคอบเพื่อสร้างสมดุลระหว่าง ความปลอดภัยทางจุลชีววิทยาและการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Ramesh, 2020)

หนึ่งในความท้าทายที่สำคัญที่สุดที่ผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมต้องเผชิญในกระบวนการ พาสเจอไรซ์ และการทำให้ปลอดเชื้อ คือ ความสามารถในการควบคุมการให้ความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพและรักษาความสม่ำเสมอของกระบวนการในแต่ละรอบการผลิต ซึ่งไม่เพียงแต่ต้องทำให้อาหารถึงอุณหภูมิที่ถูกต้องในช่วงเวลาที่กำหนด แต่ยังต้องมั่นใจว่าอุณหภูมิแผ่

กระจายทั่วทั้งมวลของอาหารได้อย่างเหมาะสมอีกด้วย การให้ความร้อนที่ไม่สม่ำเสมออาจทำให้บางส่วนของผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับการฆ่าเชื้ออย่างเพียงพอ ทำให้เชื้อโรคยังคงอยู่ หรืออาจเกิดการให้ความร้อนมากเกินไปในบางจุด ส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง สำหรับโรงงานขนาดเล็กที่มีทรัพยากรจำกัด มักต้องพึ่งพา การตรวจสอบด้วยตนเองและการทดสอบบ่อยครั้งเพื่อให้แน่ใจว่ากระบวนการทำงานได้อย่างถูกต้อง โรงงานเหล่านี้มักใช้อุปกรณ์ที่เรียบง่ายแต่มีประสิทธิภาพ เช่น เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เพื่อให้สามารถติดตามกระบวนการได้แบบตามเวลาจริงในขณะทำงาน นอกจากนี้ การเทียบมาตรฐานอุปกรณ์และการบำรุงรักษาเครื่องมือสำหรับพาสเจอไรซ์และการฆ่าเชื้ออย่างสม่ำเสมอเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้มั่นใจว่าผลลัพธ์มีความสม่ำเสมอ ตัวอย่างเช่น การใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ หัวฉีดไอน้ำ และเกจวัดความดันในรีทอร์ท สามารถช่วยให้การควบคุมกระบวนการแม่นยำขึ้นและลดโอกาสเกิดข้อผิดพลาด ทำให้ผลิตภัณฑ์ปลอดภัยและมีคุณภาพดีขึ้น ในระบบพาสเจอไรซ์ การใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นหรือแบบท่อร่วมกับระบบควบคุมการไหลและอุณหภูมิอัตโนมัติ สามารถช่วยให้กระบวนการพาสเจอไรซ์มีประสิทธิภาพและให้ผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอในทุกชุดการผลิต ด้วยความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณภาพและความปลอดภัยสูง ผู้ผลิตขนาดกลางและขนาดย่อมจำนวนมากจึงเริ่มสำรวจระบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดการพึ่งพาแรงงานคน แต่ยังช่วยปรับปรุงคุณภาพและความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์อีกด้วย (Saravacos et al., 2002; Skjöldebrand, 2013)

5.7 กระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหย

การสกัดน้ำมันหอมระเหยเป็นกระบวนการที่สำคัญในการผลิตน้ำมันธรรมชาติคุณภาพสูง ซึ่งมักใช้ ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และเภสัชกรรม และยังมีบทบาทสำคัญเพิ่มขึ้นในโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมน้ำมันเหล่านี้ได้จากพืช ผ่านกระบวนการกลั่นด้วยไอน้ำ การสกัดเย็น หรือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย ซึ่งเป็นที่ต้องการสูงในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ตลอดจน ในการพัฒนาเครื่องปรุงและน้ำหอมจากธรรมชาติ (Pandey et al., 2023) กระบวนการสกัดเกี่ยวข้องกับการแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากวัตถุดิบพืช เช่น ใบ ดอก ราก หรือเปลือก เพื่อให้ได้น้ำมันเข้มข้นที่ยังคงรักษาสารให้กลิ่นของพืชไว้ได้ สำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมน้ำมันหอมระเหยมักถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเป็นสารเพิ่มรสชาติจากธรรมชาติ สารกันเสีย หรือส่วนผสมที่มีคุณสมบัติพิเศษ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร จากธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์อินทรีย์ และผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพองค์รวม น้ำมันหอมระเหยสามารถเพิ่มรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์และเข้มข้นให้กับผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภท ตั้งแต่ขนมหวาน ขนมอบ เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์นม ไปจนถึงซอสหมัก และอาหารพร้อมรับประทาน (Parvin et al., 2023) นอกจากนี้ยังนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อคุณสมบัติต้านจุลชีพ การยืดอายุการเก็บรักษา และเพื่อให้ประสบการณ์การรับประทานอาหารที่ "เป็นธรรมชาติ" มากขึ้น ปราศจากสารแต่งกลิ่นและสารเติมแต่งสังเคราะห์ อย่างไรก็ตาม กระบวนการสกัดน้ำมันหอมระเหยเองก็นำมาซึ่งความท้าทาย โดยเฉพาะสำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและย่อมที่ขาดทรัพยากรและเครื่องจักรขนาดใหญ่ที่มี ในโรงงานขนาดใหญ่ ผู้ผลิตขนาดเล็กต้องคำนึงถึงต้นทุนการสกัด ควบคู่ไปกับคุณภาพ ขนาดของ การผลิต และประสิทธิภาพ ซึ่งมักต้องเผชิญกับอุปสรรคทางการเงินและการจัดการโลจิสติกส์ ในการขนส่งเพื่อให้สามารถแข่งขันในตลาดที่มีการแข่งขันสูงขึ้นได้ (Mollik & Ananna, 2024) นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยมีความผันแปรสูงในด้านความเข้มข้นและองค์ประกอบ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น แหล่งที่มาของพืช สภาพแวดล้อม และวิธีการเก็บเกี่ยว สิ่งนี้ทำให้การควบคุมคุณภาพและความสม่ำเสมอในผลิตภัณฑ์อาหารเป็นเรื่องที่ท้าทาย

วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยที่ใช้กันมากที่สุดคือ การกลั่นด้วยไอน้ำ ซึ่งได้รับความนิยมทั้งในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง ต้นทุนไม่สูงมาก และสามารถผลิตน้ำมันคุณภาพสูงได้ วิธีการนี้ทำงานโดยให้ไอน้ำผ่านพืชที่เป็นวัตถุดิบ ซึ่งจะทำให้เซลล์พืชแตกออกและปล่อยไอน้ำมันหอมระเหยออกมา จากนั้นไอจะถูกควบแน่นกลับเป็นของเหลว

และแยกน้ำมันออกจากน้ำ กระบวนการนี้มักดำเนินการในอุปกรณ์กลั่นที่ประกอบด้วย หม้อต้มไอน้ำ ถังกลั่น ตัวควบแน่น และเครื่องแยกน้ำมัน (Rao et al., 2021) สำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม มีอุปกรณ์กลั่นให้เลือกหลายขนาด ตั้งแต่อุปกรณ์ขนาดเล็กในห้องทดลองที่เหมาะสำหรับการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ไปจนถึงเครื่องกลั่นอุตสาหกรรมที่สามารถสกัดน้ำมันจากวัตถุดิบจำนวนมากได้ ระบบเหล่านี้มีต้นทุน ที่ไม่สูงเกินไปและใช้งานได้ง่าย ทำให้ผู้ผลิตขนาดเล็กสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยเพื่อใช้ในอาหารได้ง่ายขึ้น (Kholiya et al., 2023) อย่างไรก็ตาม พืชที่เป็นวัตถุดิบต้องมีคุณภาพสูง ปราศจากสารปนเปื้อน เช่น ยาฆ่าแมลงหรือเชื้อโรค เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้มีความบริสุทธิ์และปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Prosche & Stappen, 2024)

นอกเหนือจากการกลั่นด้วยไอน้ำ การสกัดเย็น (Cold-press extraction) เป็นอีกวิธีที่นิยมใช้ โดยเฉพาะในการสกัดน้ำมันจากผลไม้ตระกูลส้ม เช่น ส้ม มะนาว และเกรปฟรุต ซึ่งน้ำมันอยู่ที่เปลือก วิธีการนี้ใช้แรงดันทางกลเพื่อสกัดน้ำมันออกมาโดยไม่ใช้ความร้อน จึงสามารถรักษากลิ่นของน้ำมันได้ดี วิธีนี้เหมาะสำหรับการผลิตน้ำมันหอมระเหยจากผลไม้รสเปรี้ยว ซึ่งมีรสชาติสดชื่นและมักนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารที่ต้องการรักษาข้อมูลรักษาเฉพาะด้านรสชาติของน้ำมัน (Cakaloglu et al., 2018) กระบวนการนี้ใช้เครื่องจักรที่เรียกว่า decanter หรือ citrus press ซึ่งออกแบบมาเพื่อแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากน้ำผลไม้และเนื้อเปลือก สำหรับโรงงานขนาดเล็ก มีทั้งเครื่องบีบแบบระบบควบคุมด้วยมือและระบบอัตโนมัติ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความสม่ำเสมอในการผลิต อย่างไรก็ตาม วิธีการสกัดเย็นมีข้อจำกัด เช่น ใช้ไม่ได้กับพืชส่วนใหญ่ และได้ปริมาณน้ำมันต่ำกว่าวิธีอื่น เช่น การกลั่นด้วย ไอน้ำ นอกจากนี้ น้ำมันที่ได้จากการสกัดเย็นมักไวต่อการเกิดออกซิเดชัน ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง เพื่อแก้ปัญหานี้ ผู้ผลิตอาหารขนาดเล็กมักเติมสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี หรือสารสกัดโรสแมรี่ ลงในน้ำมันหรือตัวผลิตภัณฑ์เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา (Ferhat et al., 2007; Pinheiro Pantoja et al., 2024) อีกหนึ่งความท้าทายของการสกัดเย็นคือปริมาณวัตถุดิบที่ต้องใช้มากเพื่อให้ได้น้ำมัน ในปริมาณที่เหมาะสมต่อเชิงพาณิชย์

สำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเมื่อใช้ น้ำมันหอมระเหยในอาหาร คือความปลอดภัยและการปฏิบัติตามกฎระเบียบด้านอาหาร น้ำมันหอมระเหยมีความเข้มข้นสูง จึงต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสม มิฉะนั้นอาจทำให้รสชาติของอาหารแรงเกินไปหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น น้ำมันออริกาโน อบเชย หรือกานพลู มีสารออกฤทธิ์ที่อาจเป็นพิษหากบริโภคในปริมาณมาก ดังนั้นผู้ผลิตขนาดเล็กมักต้องทำงานร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยอาหารและหน่วยงานกำกับดูแล เช่น องค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (FDA) หรือ หน่วยงานความปลอดภัยด้านอาหารแห่งสหภาพยุโรป (EFSA) เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำมันที่ใช้มีความปลอดภัย และติดฉลากถูกต้อง (Hasnan et al., 2022) ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการทดสอบน้ำมันหอมระเหยในด้านความบริสุทธิ์ ความแรง และ การปนเปื้อน ตลอดจนการตรวจสอบให้แน่ใจว่าเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางเคมี การจัดเก็บ และการจัดการ นอกจากนี้ เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยเป็นสารระเหย จึงอาจเสื่อมสภาพลงเมื่อเวลาผ่านไปเมื่อสัมผัสกับความร้อน แสง หรืออากาศ ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อ ทั้งรสชาติและกลิ่น ดังนั้น ผู้ผลิตขนาดกลางและขนาดย่อมจึงต้องระมัดระวังในการจัดเก็บน้ำมันหอมระเหยโดยต้องเก็บในที่มืดและเย็น และใช้ภาชนะที่ปิดสนิทเพื่อรักษาความสมบูรณ์ของน้ำมันหอมระเหย การบรรจุหีบห่อและการติดฉลากที่เหมาะสมมีความจำเป็นต่อการรักษาคุณภาพและ ความปลอดภัยของน้ำมันหอมระเหยในผลิตภัณฑ์อาหาร ตลอดจนการสร้างความโปร่งใสให้กับผู้บริโภคที่สนใจมากขึ้นในการทราบแหล่งที่มาและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่บริโภค (Konudula & Kuruvanparamb Krishnan, 2024)

6. เทคนิคกระบวนการไม่ใช้ความร้อนเพื่อการถนอมอาหารและแปรรูปในโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อม

6.1 บทนำ

เทคโนโลยีการแปรรูปอาหารแบบไม่ใช้ความร้อนได้กลายเป็นนวัตกรรมสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมซึ่งช่วยให้สามารถแปรรูปอาหาร โดยคงไว้ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการ รสชาติ และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส อีกทั้งยังช่วยยืดอายุ การเก็บรักษาโดยไม่ต้องใช้ความร้อนสูง เทคโนโลยีการแปรรูปแบบไม่ใช้ความร้อนมีความสำคัญเป็นพิเศษสำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดเล็ก เนื่องจากความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณภาพสูง สดใหม่ และปลอดภัยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อแข่งขันในตลาดที่เติบโตขึ้น วิธีการที่เป็นนวัตกรรมเหล่านี้ช่วยให้ผู้ผลิตสามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ลดการเสียของอาหาร และเพิ่มความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ โดยยังคงรักษาสารอาหารสำคัญที่อาจถูกทำลายจากกระบวนการให้ความร้อน นอกจากนี้ เทคโนโลยีเหล่านี้ยังช่วยให้โรงงานอาหารขนาด กลางและขนาดย่อม สามารถพัฒนาและกระจายผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย เช่น น้ำผลไม้ ผลิตภัณฑ์นม เนื้อสัตว์ อาหารพร้อมรับประทาน และขนมขบเคี้ยว เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป (Khouryieh, 2021)

หนึ่งในเทคโนโลยีการแปรรูปแบบไม่ใช้ความร้อนที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ การใช้ความดันสูง (High Pressure Processing - HPP) ซึ่งเป็นกระบวนการที่นำอาหารไปอยู่ภายใต้แรงดันสูงมาก (400-600 MPa) ในห้องที่เต็มไปด้วยน้ำ แรงดันนี้ถูกใช้เป็นระยะเวลาที่กำหนดตั้งแต่ไม่กี่วินาทีไปจนถึงหลายนาที และสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ รา และไวรัส ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่กระทบต่อสี เนื้อสัมผัส และรสชาติของอาหาร กระบวนการ HPP ถือ เป็นเทคนิคการพาสเจอไรซ์แบบเย็น (cold pasteurization) เพราะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่ม ความปลอดภัยของอาหารได้โดยไม่ต้องใช้ความร้อนสูง สำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม กระบวนการ HPP เป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลาย เช่น น้ำผลไม้ อาหารพร้อมรับประทาน ซอส เนื้อสัตว์ อาหารทะเล และผลไม้สด อย่างไรก็ตาม อุปสรรคหลักของ HPP คือ ต้นทุนเริ่มต้นที่สูง เนื่องจากเครื่องจักรมีราคาสูงและต้องการการบำรุงรักษา แม้ว่าปัจจุบันเทคโนโลยีจะมีการพัฒนาให้มีขนาดกะทัดรัดและประหยัดพลังงานมากขึ้น แต่ต้นทุนเริ่มต้นก็ยังคงเป็นอุปสรรคสำคัญ นอกจากนี้ ยังต้องใช้บรรจุภัณฑ์เฉพาะที่สามารถทนต่อแรงดันสูงได้ ซึ่งเพิ่มความซับซ้อนและต้นทุนของกระบวนการ อย่างไรก็ตาม สำหรับผู้ผลิตที่สามารถลงทุนได้ HPP ถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยตอบสนองความต้องการของตลาดที่ต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่ปลอดภัย มีคุณภาพสูง และผ่านการแปรรูปน้อยที่สุด (Elamin et al., 2015).

อีกเทคโนโลยีที่มีศักยภาพสูง คือ การใช้เทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า (Pulsed Electric Field - PEF) ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าแรงสูงในช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อสร้างสนามไฟฟ้าที่สามารถทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้พวกมันไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และไม่กระทบต่อรสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ในกระบวนการ PEF อาหารจะถูกกระตุ้นด้วยพัลส์ไฟฟ้าในสถานะของเหลวหรือ กึ่งของเหลว ซึ่งทำให้เกิดกระบวนการ อิเล็กโทรโพเรชัน (electroporation) หรือการสร้างรูในเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์จนกระทั่งมันตาย เทคนิค PEF เหมาะสำหรับอาหารเหลว เช่น น้ำผลไม้ สมูทตี้ และนม และยังสามารถใช้

กับอาหารบางประเภท เช่น ผักและเนื้อสัตว์ได้ ข้อดีของ PEF คือ สามารถรักษาสี กลิ่น และรสชาติของอาหารได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังเป็นเทคโนโลยีที่มีต้นทุนต่ำกว่าการใช้ความดันสูง (HPP) ทำให้เป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับผู้ผลิตขนาดเล็ก อย่างไรก็ตาม ความสามารถ ในการขยายขนาดของ PEF ยังคงเป็นความท้าทาย เพราะระบบไฟฟ้าแรงสูงที่ใช้ในการแปรรูปอาหารในปริมาณมากยังคงต้องการการลงทุนที่สูง ทั้งด้านเงินทุนและพลังงาน อย่างไรก็ตาม หากเทคโนโลยี มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง อาจนำไปสู่ระบบ PEF ที่มีความสามารถในการผลิตในระดับที่กว้างขึ้นและสามารถนำมาใช้กับโรงงานขนาดกลางและขนาดย่อมได้มากขึ้น (Niu et al., 2020)

การใช้แสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet - UV) ในการฆ่าเชื้อ ก็เป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่ได้รับความนิยมในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม เช่น น้ำผลไม้ นม และน้ำดื่ม ในกระบวนการนี้ อาหารจะถูกฉายรังสี UV ที่ช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 200-300 นาโนเมตร ซึ่งสามารถทำลาย DNA และ RNA ของจุลินทรีย์ ทำให้มันไม่สามารถแพร่พันธุ์ได้ เทคโนโลยีนี้ยังสามารถใช้กับซอส ซัลซ่า และผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลวอื่น ๆ ได้ ข้อดีของ UV คือเป็นวิธีที่ไม่ต้องใช้สารกันเสีย ทำให้เหมาะกับผู้ผลิตที่ต้องการผลิตอาหาร "ฉลากอาหารสะอาด" (Clean Label) อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดหลักของการใช้ UV คือความสามารถในการทะลุผ่านของแสง เนื่องจาก UV มีประสิทธิภาพสูงสุดบนพื้นผิวของของเหลวหรืออาหาร ดังนั้น อาหารที่มีความหนาหรือโครงสร้างที่ซับซ้อนอาจต้องใช้ระยะเวลาฉายรังสีที่นานขึ้น หรืออาจต้องใช้เทคโนโลยี UV ที่ก้าวหน้าขึ้น เช่น แสง UV แบบพัลส์ (pulsed UV) หรือแสง UV-C เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ นอกจากนี้ UV อาจไม่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ บางประเภท เช่น สปอร์ของเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม UV ยังคงเป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพสูงสำหรับโรงงานอาหารขนาดเล็ก โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการการฆ่าเชื้อในระดับเบาโดยไม่ทำให้คุณภาพของอาหารเสียหาย (Koutchma, 2009)

อีกหนึ่งเทคโนโลยีการแปรรูปแบบไม่ใช้ความร้อนที่น่าสนใจคือ การใช้โอโซน (Ozone - O_3) ในการฆ่าเชื้อ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ก๊าซโอโซนในการกำจัดจุลินทรีย์ในน้ำ บนพื้นผิวอาหาร หรือในอากาศ โอโซนเป็นรูปแบบออกซิเจนที่มีความไวต่อปฏิกิริยาสูง และเป็นสารต้านจุลชีพที่มีประสิทธิภาพ สามารถใช้ฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์อาหาร พื้นผิวสัมผัสอาหาร และสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิตอาหาร การใช้โอโซนได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย เช่น ผัก เนื้อสัตว์ และอาหารทะเล โอโซนทำงานโดยการทำลายผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ รวมถึงแบคทีเรีย ไวรัส ยีสต์ และรา ข้อดีของการใช้โอโซน คือ ไม่ทิ้งสารตกค้างทางเคมี บนอาหาร ทำให้เป็นตัวเลือกที่เหมาะสำหรับผู้ผลิตที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลิตภัณฑ์อินทรีย์หรือมีฉลากอาหารสะอาด (Clean Label) นอกจากนี้ กระบวนการใช้โอโซนสามารถดำเนินการได้ที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งช่วยรักษารสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม สามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีนี้ได้ เนื่องจากเป็น เทคโนโลยีที่มีต้นทุนไม่สูงมาก และสามารถผสานเข้ากับกระบวนการผลิตอาหารได้โดยไม่ต้องลงทุนสูงมาก โอโซนยังเป็นเทคโนโลยีที่ มีความหลากหลายในการใช้งาน สามารถใช้ได้ทั้งในการล้างอาหาร การฆ่าเชื้อ และการควบคุมการเน่าเสียระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของการใช้โอโซนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความเข้มข้นของโอโซน ระยะเวลา ในการสัมผัส และชนิดของอาหารที่นำมาผ่านกระบวนการ ความท้าทายสำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม คือ การควบคุมการใช้โอโซนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เนื่องจากการใช้โอโซนมากเกินไปอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่พึงประสงค์ในคุณภาพของอาหาร เช่น การเปลี่ยนแปลงของรสชาติหรือเนื้อสัมผัส (Prabha et al., 2015)

6.2 การหมัก

การหมักอาหารเป็นหนึ่งในวิธีการถนอมและเพิ่มคุณค่าของอาหารที่เก่าแก่และแพร่หลายที่สุด และปัจจุบันมีการนำมาใช้มากขึ้นในโรงงานผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมเนื่องจากผู้บริโภคมีความต้องการอาหารที่เป็นธรรมชาติ อุดมไปด้วยโปร

ไบโอติก และมีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์มากขึ้น การหมักเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรต (เช่น น้ำตาล) ให้เป็นแอลกอฮอล์ ก๊าซ และกรด โดยจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และรา ซึ่งไม่เพียงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารเท่านั้น แต่ยังช่วยเสริมรสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารอีกด้วย (Shakya et al., 2024) การหมักอาหารมีประวัติยาวนานหลายพันปี และในปัจจุบันยังคงเป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการผลิตอาหารหลากหลายประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์จากนมอย่างโยเกิร์ตและชีส ผักหมัก เช่น กิมจิ และกะหล่ำปลีดองเปรี้ยว (sauerkraut) เครื่องดื่มอย่างเบียร์และไวน์ และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น ขนมปังซาวโดว์ สำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม การหมักเป็นวิธีที่น่าสนใจในการผลิตผลิตภัณฑ์คุณภาพสูงที่มีรสชาติและเนื้อสัมผัสเป็นเอกลักษณ์ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่นิยมอาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปน้อยและมีคุณค่าทางสุขภาพ ความต้องการโปรไบโอติก ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพเมื่อบริโภคในปริมาณที่เหมาะสม ได้ส่งเสริมให้ตลาดอาหารหมักเติบโตขึ้น การหมักไม่เพียงเป็นวิธีถนอมอาหาร แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่ส่งเสริมสุขภาพอีกด้วย (Anagnostopoulos & Tsaltas, 2019) อาหารหมักมักเชื่อมโยงกับสุขภาพของลำไส้ ภูมิคุ้มกัน และสุขภาพโดยรวม โดยเฉพาะแบคทีเรียบางสายพันธุ์ เช่น Lactobacillus และ Bifidobacterium ที่ช่วยรักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้และส่งเสริมสุขภาพทางเดินอาหาร นอกจากนี้การหมักยังช่วยเพิ่มการดูดซึมสารอาหารโดยการย่อยสลายสารที่อาจขัดขวางการดูดซึม เช่น ไฟเตต (phytates) ในธัญพืชและพืชตระกูลถั่ว รวมถึงสามารถสังเคราะห์วิตามินที่จำเป็น เช่น วิตามินบี ในระหว่างกระบวนการหมักได้อีกด้วย สำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม การหมักเป็นโอกาสในการสร้างผลิตภัณฑ์ระดับพรีเมียมที่สอดคล้องกับแนวโน้มด้านสุขภาพในปัจจุบัน และช่วยสร้างความแตกต่างในตลาดที่มีการแข่งขันสูง (Thanzami & Lalhlenmawia, 2020; Todorov & Holzapfel, 2015)

หนึ่งในประโยชน์ที่สำคัญที่สุดของกระบวนการหมักสำหรับโรงงานผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม คือ ความสามารถในการยืดอายุการเก็บรักษาและถนอมอาหารโดยไม่จำเป็นต้องใช้วัตถุกันเสียสังเคราะห์หรือกระบวนการให้ความร้อน เช่น พาสเจอไรซ์ ซึ่งต้องอาศัยการใช้ความร้อน การหมักแตกต่างออกไปเพราะอาศัยการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการผลิตกรดอินทรีย์ (เช่น กรดแลคติก) แอลกอฮอล์ หรือก๊าซ ซึ่งช่วยยับยั้งการเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (Anand & Sati, 2013) แบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria: LAB) เป็นจุลินทรีย์หลักที่เกี่ยวข้องกับการหมักผลิตภัณฑ์จากนม ผัก และเนื้อสัตว์ โดยมีบทบาทสำคัญในการสร้างรสเปรี้ยวที่เป็นเอกลักษณ์ของอาหารหมักหลายชนิด นอกจากนี้ LAB ยังช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียก่อโรคโดยลดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของอาหาร ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ที่เป็นอันตราย สำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม วิธีการถนอมอาหารตามธรรมชาตินี้ ช่วยลดความจำเป็นในการใช้สารเติมแต่งทางเคมี ทำให้อาหารหมักเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่มี "ฉลากอาหารสะอาด" (clean label) และผ่านกระบวนการแปรรูปน้อย (Ashaolu et al., 2023) นอกจากนี้การหมักยังช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของอาหาร (organoleptic qualities) โดยทำให้เกิดรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นเรื่องยากในการเลียนแบบด้วยกระบวนการแปรรูปอื่น ๆ การผลิตอาหารหมักยังต้องการอุปกรณ์ที่ค่อนข้างเรียบง่ายและมีต้นทุนต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีแปรรูปอาหารขั้นสูง เช่น การใช้ความดันสูง (High-Pressure Processing: HPP) หรือการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิสูงพิเศษ (Ultra-High-Temperature Pasteurization: UHT) สำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดเล็ก ความสามารถในการหมักอาหารโดยใช้อุปกรณ์เพียงเล็กน้อย เช่น ถังหมัก เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง และตู้อบ (incubators) ทำให้เป็นกระบวนการที่สามารถปรับขนาดการผลิตได้อย่างยืดหยุ่น และเข้าถึงได้ง่าย การหมักสามารถนำมาใช้ได้กับการผลิตทั้งในระดับขนาดเล็ก เช่น กะหล่ำปลีดองแบบโฮมเมด ไปจนถึงการผลิตเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่ของผลิตภัณฑ์นมหมัก ดังนั้นกระบวนการนี้จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ผลิตที่มีขนาดและความสามารถในการผลิตที่แตกต่างกัน (Mujahid et al., 2024; Senanayake et al., 2023)

ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม กระบวนการหมักมีบทบาทสำคัญในการสร้างผลิตภัณฑ์ยอดนิยมหลากหลายชนิด เช่น โยเกิร์ต เคเฟียร์ (kefir) และชีส ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มักผ่านการหมักโดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียเฉพาะสายพันธุ์ เช่น Lactobacillus bulgaricus และ Streptococcus thermophilus ในโยเกิร์ต หรือ Lactobacillus และ Bifidobacterium ในเคเฟียร์ ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสในนมให้กลายเป็นกรดแลคติก ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความข้นขึ้นและเกิด รสเปรี้ยวที่เป็นเอกลักษณ์ สำหรับผู้ผลิตผลิตภัณฑ์นมขนาดกลางและขนาดย่อม กระบวนการหมักมีคุณค่าอย่างยิ่ง เนื่องจากไม่เพียงแต่ช่วยถนอมผลิตภัณฑ์นม แต่ยังช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยการเพิ่มความสามารถในการดูดซึมแคลเซียมและแร่ธาตุอื่น ๆ ในร่างกาย (Maicas, 2020) โยเกิร์ตและเคเฟียร์ยังอุดมไปด้วยโปรไบโอติก ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของลำไส้ ทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ ความต้องการผลิตภัณฑ์ที่ อุดมด้วยโปรไบโอติกส่งผลให้ผลิตภัณฑ์นมหมักเป็นที่ต้องการมากขึ้น เปิดโอกาสให้ผู้ผลิตรายเล็กสามารถตอบสนองตลาดเฉพาะกลุ่มนี้ได้ กระบวนการหมักผลิตภัณฑ์นมสามารถควบคุมได้อย่างละเอียดเพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสและรสชาติที่ต้องการ ช่วยให้ผู้ผลิตขนาดเล็กสามารถสร้างผลิตภัณฑ์แบบพื้นบ้านดั้งเดิม (artisanal) ที่มีความโดดเด่นในตลาด เช่น การใช้หัวเชื้อแบบดั้งเดิม การยืดระยะเวลาการหมัก หรือการเลือกใช้สายพันธุ์แบคทีเรียเฉพาะเพื่อสร้างรสชาติที่แตกต่าง ซึ่งสามารถดึงดูดผู้บริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นเอกลักษณ์หรือรสชาติแบบ gourmet สำหรับผู้ชื่นชอบกับรสชาติอาหารที่เป็นเอกลักษณ์ (Popa et al., 2019)

อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของผลิตภัณฑ์นมหมักขึ้นอยู่กับการควบคุมอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และความชื้นในระหว่างกระบวนการหมักอย่างแม่นยำ ซึ่งอาจเป็นความท้าทายสำหรับผู้ผลิตขนาดเล็กที่มีทรัพยากรจำกัด ความจำเป็นในการรักษาสภาวะการหมักที่สม่ำเสมอหมายความว่าการควบคุมคุณภาพและการตรวจสอบเป็นสิ่งสำคัญ ผู้ผลิตอาหารขนาดเล็กอาจต้องลงทุนในอุปกรณ์เฉพาะทาง เช่น ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ (temperature-controlled incubators) หรือถังหมักแบบอัตโนมัติ (automated fermentation tanks) เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอและปลอดภัย นอกจากนี้ ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์นมขนาดเล็กอาจเผชิญความท้าทายในการขยายกระบวนการหมักให้รองรับปริมาณการผลิตที่มากขึ้น ในขณะที่ยังคงรักษาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ ซึ่งต้องอาศัยการวางแผนอย่างรอบคอบและความใส่ใจในรายละเอียดของกระบวนการผลิต (Tamang et al., 2020)

ผักหมักเป็นอีกหนึ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์สำคัญที่ได้รับประโยชน์จากกระบวนการหมัก ผลิตภัณฑ์ เช่น กะหล่ำปลีดองเปรี้ยว (sauerkraut), กิมจิ (kimchi), ผักดอง (pickles) และผักหมักชนิดอื่น ๆ อาศัยการทำงานของแบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria; LAB) เช่น Lactobacillus plantarum และ Leuconostoc mesenteroides เพื่อช่วยในการถนอมอาหารและสร้างรสเปรี้ยวที่เป็นเอกลักษณ์ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้รับความนิยมอย่างมากในกลุ่มผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม เนื่องจากตรงกับแนวโน้มของผู้บริโภคที่ให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์อาหารที่มาจากพืช (plant-based) อาหารที่อุดมไปด้วยโปรไบโอติก และอาหารที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพของลำไส้และความเป็นอยู่ที่ดีโดยรวม (Varzakas et al., 2017) กระบวนการหมักผักโดยทั่วไปเริ่มจากการนำผักดิบแช่ในน้ำเกลือ (brine solution) ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้แบคทีเรียที่มีอยู่ตามธรรมชาติเข้าสู่กระบวนการหมัก ความเข้มข้นของเกลือ ในน้ำเกลือจะช่วยดึงความชื้นออกจากผัก ทำให้เกิดสภาวะที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ ขณะเดียวกันก็ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย นอกจากช่วยถนอมอาหารแล้ว การหมักยังช่วยเพิ่มรสชาติ เนื้อสัมผัส และความสามารถในการย่อยของผัก อีกทั้งยังช่วยเพิ่มสารอาหารที่เป็นประโยชน์ เช่น วิตามินบีและกรดอินทรีย์ สำหรับผู้ผลิตขนาดเล็ก การหมักผักเป็นกระบวนการที่สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อน เช่น โถหมัก ขวดโหล หรือถังหมักขนาดเล็ก ทำให้เป็นตัวเลือกที่น่าสนใจในการผลิตผลิตภัณฑ์แบบงานฝีมือ (artisanal) ที่เน้นวัตถุดิบจากแหล่งท้องถิ่น ผู้ผลิตขนาดเล็กสามารถทดลองใช้วัตถุดิบที่หลากหลาย ระยะเวลาการหมักที่แตกต่างกัน และการปรุงแต่งรสชาติด้วยส่วนผสมเพิ่มเติม เช่น กระเทียม ขิง หรือพริก เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีเอกลักษณ์และตอบสนองความ

ต้องการของผู้บริโภคที่มองหาอาหารหมักที่มีความหลากหลายอย่างไรก็ตาม เช่นเดียวกับการหมักผลิตภัณฑ์นม การรักษาสภาวะการหมักที่สม่ำเสมอเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้มั่นใจ ในคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิตขนาดเล็กอาจต้องลงทุนในมาตรการควบคุมคุณภาพ เช่น การตรวจสอบความเข้มข้นของเกลือ อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ตลอดกระบวนการหมัก (Taormina, 2010)

6.3 การแช่เย็นและการแช่แข็ง

การแช่เย็นและการแช่แข็ง เป็นเทคนิคที่สำคัญในการรักษาคุณภาพ ความปลอดภัย และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารที่เน่าเสียง่าย โดยเฉพาะในโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม ซึ่งความสดของผลิตภัณฑ์และความสะดวกสบายของผู้บริโภคเป็นปัจจัยสำคัญ แม้ว่าวิธีการทั้งสองจะมีความแตกต่างกันในด้านช่วงอุณหภูมิและกระบวนการ แต่ต่างก็อาศัยหลักการลดอุณหภูมิของอาหารเพื่อลดการทำงานของจุลินทรีย์ เอนไซม์ และปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้อาหารเสื่อมสภาพ (James & James, 2023) การแช่เย็นหรือการทำให้เย็น (Chilling) หมายถึงการลดอุณหภูมิของอาหารให้อยู่เหนือจุดเยือกแข็งเล็กน้อย (0°C ถึง 5°C) ในขณะที่การแช่แข็ง (Freezing) หมายถึงการลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (ปกติระหว่าง -18°C ถึง -30°C หรือต่ำกว่า) ซึ่งทำให้น้ำในอาหารกลายเป็นน้ำแข็ง สำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม การทำให้เย็นและการแช่แข็งมีข้อดีหลายประการ ในการถนอมอาหาร เช่น การยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารสด ลดของเสีย และช่วยให้สามารถขนส่งสินค้าเน่าเสียง่ายไปยังระยะทางไกลได้ นอกจากนี้ วิธีการเหล่านี้ยังช่วยรักษาคุณสมบัติด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคและความปลอดภัยของอาหาร (Kader, 2013)

การทำให้เย็น มักใช้ในการเก็บรักษา และกระจายสินค้าประเภทอาหารสด เช่น ผัก, ผลไม้, เนื้อสัตว์, สัตว์ปีก, ผลิตภัณฑ์นม, และอาหารพร้อมรับประทาน โดยช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ ทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้คงความสดได้นานขึ้น สำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม การทำให้เย็นสามารถใช้ได้ทั้งในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการจัดจำหน่าย เพื่อให้แน่ใจว่าอาหารยังคงปลอดภัยต่อการบริโภค พร้อมคงรสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ อย่างไรก็ตาม การทำให้เย็นเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอที่จะหยุดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด โดยเฉพาะอาหารที่เน่าเสียง่าย เช่น อาหารทะเลสดหรือเนื้อสัตว์ดิบ ซึ่งแม้จะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำก็ยังมีอายุการเก็บรักษาที่จำกัด ถึงแม้ว่าการทำให้เย็นจะมีข้อจำกัด แต่ก็มักถูกมองว่าเป็นวิธีที่มีต้นทุนต่ำกว่าและใช้พลังงานน้อยกว่าการแช่แข็ง เนื่องจากไม่ต้องใช้พลังงานมากในการรักษาอุณหภูมิ และไม่มีความซับซ้อนจากการก่อตัวของผลึกน้ำแข็งหรือกระบวนการละลายน้ำแข็ง โรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมมักใช้เครื่องทำความเย็นแบบเป่าลมเย็น (Blast Chillers) ห้องเก็บความเย็น หรือรถบรรทุกควบคุมอุณหภูมิ เพื่อช่วยลดอุณหภูมิของอาหารอย่างรวดเร็ว ป้องกัน การเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์และรักษาคุณภาพอาหารในระหว่างการแปรรูปและการขนส่ง ความเร็วในการทำให้เย็นมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากหากกระบวนการทำให้เย็นเกิดขึ้นช้าเกินไป อาจทำให้เกิดความเย็นที่ไม่สม่ำเสมอ และบางส่วนของอาหารอาจยังคงอยู่ในอุณหภูมิที่สูงเกินไป ซึ่งเสี่ยงต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ดังนั้น สำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดเล็ก จำเป็นต้องมีการควบคุมและเฝ้าระวังกระบวนการทำให้เย็นโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ระบบอัตโนมัติ และอุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพคงที่และปลอดภัยต่อการบริโภค (Drummond & Sun, 2010; James & James, 2023)

ในทางกลับกัน การแช่แข็งเป็นวิธีการถนอมอาหารที่เข้มข้นกว่า และถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน การแช่แข็งทำให้อุณหภูมิของอาหารลดลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ส่งผลให้น้ำในอาหารกลายเป็นน้ำแข็ง ซึ่งช่วยหยุดการทำงานของจุลินทรีย์และชะลอกระบวนการทางเคมีที่ทำให้อาหารเสื่อมสภาพ สำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม การแช่แข็งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ เช่น เนื้อสัตว์ สัตว์ปีก ปลา ผัก ผลไม้ และอาหารสำเร็จรูป การแช่แข็งอาหารในช่วงที่มีความสดสูงสุดช่วยให้ผู้ผลิตสามารถนำเสนอผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง รักษารสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการได้ใกล้เคียงกับของสด นอกจากนี้ การแช่แข็งยังช่วยให้สามารถผลิตอาหารที่ไม่มีจำหน่ายตลอดทั้งปี เช่น ผักและผลไม้ตามฤดูกาล ซึ่งทำให้ผู้ผลิตสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้ตลอดปี ตัวอย่างเช่น ผู้ผลิตอาหารขนาดเล็กที่เชี่ยวชาญด้านผลไม้หรือผักแช่แข็งสามารถจัดหาวัตถุดิบในช่วงฤดูกาลที่ราคาถูกและมีคุณภาพดี แล้วนำมาแช่แข็งเพื่อจำหน่ายตลอดทั้งปี นอกจากนี้ ร้านเบเกอรี่ขนาดเล็ก สามารถแช่แข็งแป้งโดว์หรือผลิตภัณฑ์ขนมปังสำเร็จรูปเพื่อยืดอายุ การขายและตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปของลูกค้า ในกรณีเหล่านี้ การแช่แข็งช่วยให้ผู้ผลิตอาหารสามารถรักษาความสม่ำเสมอของสินค้าคุณภาพสูง แม้ว่าในบางช่วงเวลาจะไม่มีวัตถุดิบสดให้ใช้งาน (Amit et al., 2017; X.-F. Wu et al., 2017)

ในบริบทของโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม การแช่แข็งมีข้อได้เปรียบในการดำเนินงานหลายประการ โดยเฉพาะในแง่ของความสามารถในการขยายขนาดและความยืดหยุ่นในการจัดเก็บ ต่างจากผลิตภัณฑ์ที่แช่เย็นซึ่งต้องจำหน่ายหรือบริโภคภายในระยะเวลาอันสั้น ผลิตภัณฑ์แช่แข็งมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานกว่ามาก ซึ่งช่วยให้มีความยืดหยุ่นในการวางแผนการผลิตและการกระจายสินค้า ผู้ผลิตอาหารรายย่อยสามารถผลิตสินค้าแช่แข็งเป็นล็อตและเก็บไว้ในห้องแช่แข็งจนกว่าความต้องการจะเพิ่มขึ้น หรือจนกว่าพร้อมที่จะจัดส่งให้กับลูกค้า ความยืดหยุ่นนี้ช่วยลดความผันผวนของอุปสงค์ และลดแรงกดดันต่อกำหนดการผลิต ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับธุรกิจขนาดเล็กที่อาจไม่มีศักยภาพในการผลิตอย่างต่อเนื่องในปริมาณมาก นอกจากนี้ การแช่แข็งยังช่วยให้ผู้ผลิตอาหารขนาดเล็กสามารถนำเสนอผลิตภัณฑ์ที่ตอบโจทย์ความสะดวกสบาย เช่น อาหารแช่แข็ง ขนมขบเคี้ยว หรือวัตถุดิบแช่แข็งที่สามารถนำไปใช้ปรุงอาหารได้ ความต้องการที่เพิ่มขึ้นสำหรับอาหารแช่แข็งที่สะดวกและพร้อมรับประทานนี้ถือเป็นโอกาสสำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดเล็กและขนาดกลางในการเข้าสู่ตลาดอาหารแช่แข็งที่กำลังเติบโต โดยนำเสนอผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ รสชาติดี และสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับความสะดวก คุณภาพ และความยั่งยืน (Assegehegn et al., 2019; Rahman et al., 2006)

6.4 บรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อการเพิ่มมูลค่า

บรรจุภัณฑ์อาหารมีบทบาทสำคัญในการรักษาคุณภาพ ความปลอดภัย และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ทำให้เป็นองค์ประกอบที่ขาดไม่ได้ในกระบวนการผลิตอาหาร โดยเฉพาะสำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมนอกจากหน้าที่หลักในการบรรจุ และปกป้องอาหารแล้ว บรรจุภัณฑ์ยังสามารถเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการพัฒนาในด้าน ความน่าดึงดูด ความสะดวก ความยั่งยืน และภาพลักษณ์ของสินค้าในสายตาผู้บริโภค เนื่องจากความต้องการของผู้บริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไม่เพียงแต่ต้องการอาหารที่สด และปลอดภัย แต่ยังต้องการผลิตภัณฑ์ที่สะดวก ยั่งยืน และมีบรร จุภัณฑ์ที่ดึงดูดใจ การออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง สำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม นวัตกรรมด้านบรรจุภัณฑ์ช่วยให้ผู้ผลิตสามารถ สร้างความแตกต่างในตลาดที่มีการแข่งขันสูง ขยายฐานลูกค้า และสร้างความภักดีต่อแบรนด์ด้วยการเลือกใช้ วัสดุ เทคนิค และการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ผู้ผลิตอาหารขนาดเล็กสามารถไม่เพียงแต่ เพิ่มประสิทธิภาพการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เท่านั้น แต่ยังสามารถ ยกระดับประสบการณ์ของผู้บริโภค ทำให้สินค้าได้รับการมองว่ามีมูลค่าสูงขึ้นและประสบความสำเร็จในตลาดมากขึ้น (Dora et al., 2013; Saguy & Sirotinskaya, 2014)

หน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์อาหารคือการปกป้องอาหารจากความเสียหายทางกายภาพ การปนเปื้อน และการเน่าเสีย เพื่อให้มั่นใจว่าอาหารจะถึงมือผู้บริโภคในสภาพที่ดีที่สุด การปกป้องนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับอาหารที่เน่าเสียง่าย เช่น ผลไม้ ผัก ผลิตภัณฑ์นม เนื้อสัตว์ และอาหารพร้อมรับประทาน ซึ่งมีความเสี่ยงต่อความเสียหายจากการขนส่ง การจัดการ และสภาพแวดล้อม บรรจุภัณฑ์จะช่วยป้องกันการสูญเสียความชื้น การเกิดออกซิเดชัน การปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ และการสัมผัสกับแสง ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร สำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม

การเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญต่อการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์และยืดอายุการเก็บรักษา โดยเฉพาะในกรณีที่สินค้าต้องถูกขนส่งในระยะทางไกลหรือจัดเก็บเป็นเวลานาน การเลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เช่น ถุงสุญญากาศ (vacuum-sealed bags) การบรรจุแบบดัดแปรบรรยากาศ (modified atmosphere packaging: MAP) หรือฟิล์มกันความชื้น สามารถช่วยยืดอายุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ยังคงรักษาความสดใหม่ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการไว้ ตัวอย่างเช่น การบรรจุสุญญากาศจะช่วยกำจัดอากาศออกจากบรรจุภัณฑ์ ทำให้ลดโอกาสการเติบโตของแบคทีเรียและการเกิดออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้อาหารเน่าเสีย ในทำนองเดียวกัน MAP ใช้การปรับสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์โดยแทนที่ออกซิเจนด้วยก๊าซ เช่น ไนโตรเจนหรือคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อลดการเสื่อมสภาพของอาหารและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น วิธีนี้มีประสิทธิภาพเป็นพิเศษสำหรับผักผลไม้สด, เนื้อสัตว์, ปลา, และอาหารพร้อมรับประทานที่มีแนวโน้มจะเน่าเสียง่ายหากไม่ได้รับการบรรจุที่เหมาะสม บรรจุภัณฑ์เหล่านี้ได้รับความนิยมในหมู่โรงงานอาหารขนาดเล็กที่ต้องการรักษาความสดและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สามารถแข่งขันกับแบรนด์ขนาดใหญ่ที่มีทรัพยากรมากกว่าได้ (Guillard et al., 2018; Ogwu & Ogunsola, 2024)

นอกจากบทบาทในการถนอมอาหารแล้ว บรรจุภัณฑ์ยังมีส่วนสำคัญในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ โดยช่วยให้ผลิตภัณฑ์ดูน่าสนใจและสามารถแข่งขันในตลาดได้ ในสภาพแวดล้อมที่มีสินค้าหลากหลาย บรรจุภัณฑ์เป็นจุดแรกที่ผู้บริโภคมองเห็น จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการดึงดูดความสนใจและสร้าง ความประทับใจแรกแก่ลูกค้า สำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม บรรจุภัณฑ์สามารถใช้เป็นช่องทางในการสื่อสารคุณสมบัติสำคัญของผลิตภัณฑ์ เช่น คุณภาพ ความสดใหม่ และความเป็นของแท้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค การออกแบบ สี และภาพลักษณ์ของบรรจุภัณฑ์สามารถช่วยสร้างความรู้สึกเชื่อมั่นในคุณภาพและความพิถีพิถัน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับแบรนด์ขนาดเล็กที่ ต้องแข่งขันกับบริษัทขนาดใหญ่ที่มีฐานลูกค้าและทรัพยากรมากกว่า ตัวอย่างเช่น การเลือกใช้วัสดุพรีเมียม เช่น ขวดแก้ว, กระดาษคราฟท์, หรือซองที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สามารถสื่อถึงภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง เป็นธรรมชาติ หรือมีความเป็นงานฝีมือ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ผู้บริโภคในปัจจุบันให้ความสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีฉลากอาหารสะอาด (clean label) ฉลากผลิตภัณฑ์อินทรีย์ หรือมาจากแหล่งผลิตในท้องถิ่น นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบอย่างพิถีพิถันยังสะท้อนถึงความใส่ใจในคุณภาพและความพึงพอใจของลูกค้า ซึ่งสามารถช่วยสร้างความภักดีต่อตราสินค้า และกระตุ้นให้เกิดการซื้อซ้ำ สำหรับผู้ผลิตขนาดเล็ก การใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีความคิดสร้างสรรค์และวางแผนมาอย่างดีเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มต้นทุนการผลิตมากนัก ซึ่งเป็นกลยุทธ์สำคัญในการแข่งขันกับตราสินค้าขนาดใหญ่ที่อาจมีงบประมาณด้านการตลาดสูงกว่า (Ritika & Rizwana, 2024)

ปัจจุบัน ความยั่งยืนกลายเป็นประเด็นสำคัญที่ทั้งผู้บริโภคและผู้ผลิตให้ความสนใจ ซึ่งบรรจุภัณฑ์มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงไปสู่การบริโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ความต้องการบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากผู้บริโภคตระหนักถึงผลกระทบของขยะพลาสติกต่อสิ่งแวดล้อม และต้องการสนับสนุนแบรนด์ที่ให้ความสำคัญกับแนวปฏิบัติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Dangelico & Pujari, 2010) โรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมซึ่งมักมีความคล่องตัวและยืดหยุ่นในการดำเนินงาน มีศักยภาพในการปรับตัวเพื่อตอบสนองต่อแนวโน้มนี้ได้อย่างรวดเร็ว ด้วยการเลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่สามารถนำมาแปรเพื่อใช้งานใหม่ได้ ย่อยสลายได้ หรือเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผู้ผลิตสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและดึงดูดกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจเรื่องความยั่งยืน ตัวเลือกบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืน ได้แก่ วัสดุแปรใช้ใหม่หลังการใช้งานแล้ว (Post-Consumer Recycled: PCR) หรือพลาสติกที่มาจากพืช เช่น ไบโอพอลิเมอร์ที่สกัดจากข้าวโพดหรืออ้อย ซึ่งเป็นทางเลือกที่ยั่งยืนแทนพลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเลียม และช่วยลดปัญหามลพิษจากพลาสติก นอกจากการเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว โรงงานอาหารขนาดเล็กยังสามารถออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อลดขยะ เช่น การลดขนาดบรรจุภัณฑ์ การออกแบบให้เรียบง่าย หรือใช้สูตรเข้มข้นที่ลดการใช้บรรจุภัณฑ์ต่อหน่วย บรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืนไม่เพียงช่วยสร้างมูลค่ารับรู้ของ

ผลิตภัณฑ์โดยแสดงถึงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังช่วยเสริมภาพลักษณ์ของแบรนด์ ดึงดูดผู้บริโภคที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อม และช่วยให้ผู้ผลิตอาหารปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืน ซึ่งในหลายตลาดกฎระเบียบเกี่ยวกับความยั่งยืนของบรรจุภัณฑ์เริ่มเข้มงวดมากขึ้น ผู้ผลิตอาหารขนาดเล็กที่ปรับตัวให้เข้ากับแนวโน้มนี้ตั้งแต่เนิ่น ๆ จะมีข้อได้เปรียบ ในการแข่งขันโดยสามารถปรับตัวให้ทันต่อกฎระเบียบและความต้องการของผู้บริโภค (Coghlan et al., 2020; A. D. Smith, 2012)

นอกจากนี้ บรรจุภัณฑ์อาหารยังมีบทบาทสำคัญต่อความปลอดภัยของอาหารและการตรวจสอบย้อนกลับ ซึ่งเป็นประเด็นที่มีความสำคัญมากขึ้นในอุตสาหกรรมอาหารปัจจุบัน ผู้บริโภคให้ความสนใจมากขึ้นกับความปลอดภัยของอาหารที่พวกเขาบริโภค ดังนั้น บรรจุภัณฑ์ที่ให้ข้อมูลที่ชัดเจนและเชื่อถือได้เกี่ยวกับแหล่งที่มา ส่วนผสม สารก่อภูมิแพ้ และวันหมดอายุสามารถเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ โดยสร้างความมั่นใจในคุณภาพและความปลอดภัยของสินค้า สำหรับโรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมบรรจุภัณฑ์เป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างความโปร่งใสและความเชื่อมั่นในหมู่ผู้บริโภค การติดฉลากที่ระบุการรับรอง เช่น ออร์แกนิก ปราศจากกลูเตน หรือการค้าที่เป็นธรรม (Fair Trade) สามารถช่วยให้ผลิตภัณฑ์โดดเด่นจากคู่แข่ง และสร้างความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งกับกลุ่มผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพและความรับผิดชอบต่อสังคม เทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น คิวอาร์โค้ด (QR Codes) ป้าย RFID (Radio Frequency Identification) และบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ กำลังถูกนำมาใช้ในบรรจุภัณฑ์อาหารมากขึ้น เพื่อให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับ รับรองความถูกต้อง และให้ข้อมูลแบบตามเวลาจริงเกี่ยวกับความสดใหม่และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นวัตกรรมเหล่านี้ช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์โดยให้ผู้บริโภคได้รับข้อมูลที่โปร่งใสและเชื่อถือได้ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในยุคที่มีการเรียกคืนสินค้าอาหารบ่อยครั้ง และผู้บริโภคมีความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหารมากขึ้น นอกจากนี้ บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะยังสามารถใช้เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิและความสดใหม่ของสินค้าในระหว่าง การขนส่งและการจัดเก็บ โดยจะแจ้งเตือนให้ผู้บริโภคหรือผู้จัดหาสินค้าทราบหากมีความเบี่ยงเบนจากเงื่อนไขที่เหมาะสม ซึ่งช่วยให้มั่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีความปลอดภัยและมีคุณภาพสูง (Suhaimi et al., 2024)

ต้นทุนของบรรจุภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมและเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องหาจุดสมดุลระหว่างการใช้งาน ความสวยงาม และความคุ้มทุน แม้ว่าบรรจุภัณฑ์ระดับพรีเมียมจะช่วยเพิ่มมูลค่าที่รับรู้ของผลิตภัณฑ์ได้ แต่ผู้ผลิตขนาดเล็กต้องพิจารณาต้นทุนการผลิตและบรรจุภัณฑ์อย่างรอบคอบเพื่อให้แน่ใจว่าบรรจุภัณฑ์จะไม่กลายเป็นภาระทางการเงิน เป็นความโชคดี ที่ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ทำให้ผู้ผลิตขนาดเล็กเข้าถึงแนวทางการใช้งานบรรจุภัณฑ์ที่คุ้มทุนแต่มีคุณภาพสูงได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างเช่น บรรจุภัณฑ์แบบยืดหยุ่นเป็นทางเลือกที่ราคาไม่แพงและมีน้ำหนักเบาแทนบรรจุภัณฑ์แบบแข็งแบบดั้งเดิม ในขณะที่ยังคงให้การปกป้อง ความสะดวกสบาย และโอกาสในการสร้างตราสินค้า ถุงบรรจุ ถุงแบบตั้ง และฟิล์มหดมักจะมีราคาถูกลงและจัดการได้ง่ายกว่าขวดแก้วหรือภาชนะพลาสติก ทำให้เป็นตัวเลือกที่น่าสนใจสำหรับผู้ผลิตอาหารขนาดเล็กที่ต้องการรักษาราคาที่มีการแข่งขัน นอกจากนี้ กระแสเทคโนโลยีการพิมพ์ดิจิทัลที่เติบโตขึ้นทำให้โรงงานอาหารขนาดกลางและขนาดย่อมสามารถพิมพ์บรรจุภัณฑ์คุณภาพสูงสีสันสดใสได้ในปริมาณน้อยโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงเหมือนกับวิธีการพิมพ์แบบดั้งเดิม เช่น การพิมพ์ออฟเซ็ต ทำให้สินค้าที่เป็นผู้ประกอบการรายเล็กสามารถสร้างบรรจุภัณฑ์ที่ดูเป็นมืออาชีพได้ ช่วยให้สามารถแข่งขันกับบริษัทขนาดใหญ่บนชั้นวางสินค้าได้ โดยไม่ต้องสั่งซื้อขั้นต่ำจำนวนมากหรือลงทุนล่วงหน้าจำนวนมาก (Ji & Han, 2022; Rooney et al., 2023; M. T. Smith, 2001; Sukumaran & Jano, 2024).

7. บทสรุปและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงคุณภาพและความปลอดภัย และการเพิ่มมูลค่าอาหาร

การยกระดับคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารควบคู่ไปกับการเพิ่มมูลค่าทางการเกษตรเป็น สิ่งสำคัญสำหรับการเติบโตและความยั่งยืนของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในภาคการผลิตอาหาร เนื่องจากความต้องการอาหารที่ปลอดภัย มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีคุณภาพสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมจำเป็นต้องนำมาตรฐานความปลอดภัยทางอาหารที่ เข้มงวด เทคนิคการแปรรูปที่เป็นนวัตกรรม และกลยุทธ์บรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพมาใช้เพื่อรักษาความสามารถในการแข่งขันและตอบสนองความคาดหวังของผู้บริโภค มาตรฐานและหลักการด้านความปลอดภัยของอาหารเป็นรากฐานสำคัญในการสร้างความไว้วางใจของผู้บริโภค รักษาสุขภาพของประชาชน และเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงตลาดทั้งในและต่างประเทศ การปฏิบัติตามแนวทางที่เป็นที่ยอมรับ เช่น ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤต (Hazard Analysis Critical Control: HACCP) และหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิต (Good Manufacturing Practices: GMP) ช่วยให้ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมสามารถลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยของอาหารและ ลดโอกาสการปนเปื้อนให้เหลือน้อยที่สุด นอกจากนี้ ความปลอดภัยของอาหารยังเชื่อมโยงโดยตรงกับประสิทธิภาพการดำเนินงานและความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จในระยะยาวของธุรกิจ ในขณะเดียวกัน การเพิ่มมูลค่าทางการเกษตรก่อให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคมที่สำคัญต่อผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม โดยช่วยเปลี่ยนวัตถุดิบทางการเกษตรให้กลายเป็นสินค้าที่มีมูลค่าสูงขึ้น ส่งผลให้มีกำไรมากขึ้น ลดปริมาณของเสียจากอาหาร และเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหาร เทคนิคต่าง ๆ เช่น การบรรจุกระป๋อง การแช่แข็ง การหมัก และการอบแห้ง ควบคู่ไปกับแนวทางการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นนวัตกรรม ช่วยให้ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมสามารถตอบสนองความต้องการที่หลากหลายของผู้บริโภค ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และขยายตลาดใหม่ๆ ได้ การบรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพไม่เพียงแต่ช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเท่านั้น แต่ยังช่วยเพิ่มความสามารถทางการตลาด ช่วยสร้างอัตลักษณ์ของตราสินค้าที่แข็งแกร่ง และส่งเสริมความภักดีของผู้บริโภคที่มีต่อสินค้าอีกด้วย

การบูรณาการแนวทางด้านความปลอดภัยของอาหารเข้ากับกลยุทธ์การเพิ่มมูลค่าจะช่วยให้ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม สามารถเปิดโอกาสทางธุรกิจใหม่ๆ สร้างความยั่งยืน และส่งผลดีต่อภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารโดยรวม ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมควรลงทุนในเทคโนโลยีการแปรรูปอาหารสมัยใหม่ที่ช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอ คุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ระบบอัตโนมัติและเทคโนโลยีอัจฉริยะสามารถช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบความปลอดภัยของอาหาร และลดต้นทุนแรงงาน การนำโซลูชันดิจิทัลมาใช้เพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบย้อนกลับของผลิตภัณฑ์จะช่วยเสริมสร้างความโปร่งใสในกระบวนการผลิตอาหาร ทำให้ธุรกิจสามารถติดตามวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปตั้งแต่ฟาร์มถึงโต๊ะอาหาร ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการรับรองความปลอดภัยของอาหารและการปฏิบัติตามกฎระเบียบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตลาดส่งออกการให้ความรู้และฝึกอบรมอย่างต่อเนื่องเกี่ยวกับข้อบังคับด้านความปลอดภัยของอาหารและแนวปฏิบัติที่ดีที่สุดเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับแรงงาน ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมควรมั่นใจว่าพนักงานได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับมาตรฐานความปลอดภัยทางอาหาร หลักปฏิบัติด้านสุขอนามัย และวิธีการจัดการอาหารที่ถูกต้องเป็นประจำ นอกจากนี้ ควรพิจารณานำระบบบริหารจัดการความปลอดภัยด้านอาหารที่ครอบคลุม เช่น HACCP และ GMP มาใช้ ซึ่งช่วยให้สามารถระบุและควบคุมอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของ

กระบวนการผลิตได้ ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมสามารถลงทุนในแนวทางปฏิบัติที่ยั่งยืนเพื่อลดของเสียจากอาหาร เช่น การนำผลพลอยได้ไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ผลิตพลังงานชีวภาพ หรือพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มต่อไป ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยส่งเสริมความยั่งยืน แต่ยังช่วยเพิ่มผลกำไรจากทุกส่วนของผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย ด้วยความต้องการที่เพิ่มขึ้นของผู้บริโภคต่อทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมควรมุ่งเน้นไปที่การใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืน เช่น พลาสติกที่ย่อยสลายได้ บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพ และภาชนะที่นำกลับมาใช้ซ้ำได้ การดำเนินมาตรการเชิงรุกเหล่านี้จะช่วยให้ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมสามารถยกระดับมาตรฐานการบริหารจัดการคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร ใช้กลยุทธ์การเพิ่มมูลค่าเพื่อนำเสนอผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย และวางตำแหน่งตนเองให้พร้อมสำหรับความสำเร็จในระยะยาวในตลาดอาหารโลกที่มี การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

8. เอกสารอ้างอิง

Abate Reta, M., & Hailu Addis, A. (2015). Available online. In International Journal of Food Science and Microbiology (Vol. 2, Issue 6). www.internationalscholarsjournals.org

Adesokan, H. K., Akinseye, V. O., & Adesokan, G. A. (2015). Food safety training is associated with improved knowledge and behaviours among foodservice establishments' workers. International Journal of Food Science, 2015(1), 328761.

Adinolfi, F., Di Pasquale, J., & Capitanio, F. (2016). Economic issues on food safety. Italian Journal of Food Safety, 5(1).

Ahinful, G. (2018). The relationship between environmental management practices and financial performance of Ghanaian SMEs. Bournemouth University.

Ahmed, I., Lin, H., Zou, L., Brody, A. L., Li, Z., Qazi, I. M., Pavase, T. R., & Lv, L. (2017). A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods. Food Control, 82, 163–178.

Akbar, A., & Anal, A. K. (2011). Food safety concerns and food-borne pathogens, Salmonella, Escherichia coli and Campylobacter. FUUAST Journal of Biology, 1(1 June), 5–17.

Akharume, F. U., Aluko, R. E., & Adedeji, A. A. (2021). Modification of plant proteins for improved functionality: A review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20(1), 198–224. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12688

Akhtar, S., Sarker, M. R., & Hossain, A. (2014). Microbiological food safety: a dilemma of developing societies. Critical Reviews in Microbiology, 40(4), 348–359.

Amit, S. K., Uddin, M. M., Rahman, R., Islam, S. M. R., & Khan, M. S. (2017). A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing. Agriculture \& Food Security, 6, 1–22.

Anagnostopoulos, D. A., & Tsaltas, D. (2019). Fermented foods and beverages. In Innovations in traditional foods (pp. 257–291). Elsevier.

Anand, S. P., & Sati, N. (2013). Artificial preservatives and their harmful effects: looking toward nature for safer alternatives. Int. J. Pharm. Sci. Res, 4(7), 2496–2501.

Anderson, N. M., Larkin, J. W., Cole, M. B., Skinner, G. E., Whiting, R. C., Gorris, L. G. M., Rodriguez, A., Buchanan, R., Stewart, C. M., Hanlin, J. H., & others. (2011). Food safety objective approach for controlling

Clostridium botulinum growth and toxin production in commercially sterile foods. Journal of Food Protection, 74(11), 1956–1989.

Andrés, A., Barat, J. M., Grau, R., & Fito, P. (2007). Principles of drying and smoking. Handbook of Fermented Meat and Poultry, 1, 37–50.

Anyshchenko, A., & Yarnold, J. (2021). From 'mad cow'crisis to synthetic biology: challenges to EU regulation of GMOs beyond the European context. International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 21(3), 391–404.

Arcidiacono, G., Risaliti, E., & Del Pero, F. (2024). Design for Six Sigma in the Product Development Process Under a Sustainability Point of View: A Real-Life Case Study. Sustainability, 16(23), 10387.

Ashaolu, T. J., Khalifa, I., Mesak, M. A., Lorenzo, J. M., & Farag, M. A. (2023). A comprehensive review of the role of microorganisms on texture change, flavor and biogenic amines formation in fermented meat with their action mechanisms and safety. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 63(19), 3538–3555.

Assegehegn, G., la Fuente, E., Franco, J. M., & Gallegos, C. (2019). The importance of understanding the freezing step and its impact on freeze-drying process performance. Journal of Pharmaceutical Sciences, 108(4), 1378–1395.

Athukorala, P.-C., & Jayasuriya, S. (2003). Food safety issues, trade and WTO rules: A developing country perspective. World Economy, 26(9), 1395–1416.

Athukorala, P., & Jayasuriya, S. (2005). Liberalisation and Industrial Growth: Lessons from Sri Lanka. In Economic Growth, Economic Performance and Welfare in South Asia (pp. 102–118). Springer.

Augustin, M. A., Riley, M., Stockmann, R., Bennett, L., Kahl, A., Lockett, T., Osmond, M., Sanguansri, P., Stonehouse, W., Zajac, I., & others. (2016). Role of food processing in food and nutrition security. Trends in Food Science & Technology, 56, 115–125.

Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. Food Control, 39, 172–184.

Awuah, G. B., Ramaswamy, H. S., & Economides, A. (2007). Thermal processing and quality: Principles and overview. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 46(6), 584–602.

Ba, M. N., & others. (2016). Strategic agricultural commodity value chains in Africa for increased food: the regional approach for food security. Agricultural Sciences, 7(09), 549.

Bacs, M., Yüksel, M., & Çavucsouglu, T. (2007). Difficulties and barriers for the implementing of HACCP and food safety systems in food businesses in Turkey. Food Control, 18(2), 124–130.

Baffes, J., & Nagle, P. (2022). Commodity markets: evolution, challenges, and policies. World Bank Publications.

Banozic, M., Vladic, J., Banjari, I., Velic, D., Aladic, K., & Jokic, S. (2023). Spray drying as a method of choice for obtaining high quality products from food wastes--A review. Food Reviews International, 39(4), 1953–1985.

Barbut, S. (2020). Meat industry 4.0: A distant future? Animal Frontiers, 10(4), 38–47.

Bassetti, E., Blankenship, J., White, J. M., Sweet, L., Threapleton, D., & Pries, A. M. (2023). Benchmarking the nutrient composition and labelling practices of dry or instant cereals for older infants and young children across seven Southeast Asian countries. Maternal & Child Nutrition, 19, e13603.

Bazzan, G. (2019). EFFECTIVE GOVERNANCE DESIGNS OF FOOD SAFETY REGULATION: EVIDENCE FROM 15 EU COUNTRIES.

Behrens, J. H., Vedovato, G. M., Cervato-Mancuso, A. M., & Bastos, D. H. M. (2015). Social representations of safety in food services. Food Research International, 74, 324–328.

Bendeković, J., Naletina, D., & Nola, I. (2015). Food safety and food quality in the supply chain. Trade Perspectives, 151, 1–13.

Beneria, L., Diana Deere, C., & Kabeer, N. (2012). Gender and international migration: Globalization, development, and governance. Feminist Economics, 18(2), 1–33.

Bennett, R. J., & Smith, C. (2002). Competitive conditions, competitive advantage and the location of SMEs. Journal of Small Business and Enterprise Development, 9(1), 73–86.

Bhandari, B. R., Patel, K. C., & Chen, X. D. (2008). Spray drying of food materials-process and product characteristics. Drying Technologies in Food Processing, 4, 113–157.

Bloomfield, S. F., Exner, M., Signorelli, C., Nath, K. J., & Scott, E. A. (2012). The chain of infection transmission in the home and everyday life settings, and the role of hygiene in reducing the risk of infection. International Scientific Forum on Home Hygiene.

Bolten, S., Belias, A., Weigand, K. A., Pajor, M., Qian, C., Ivanek, R., & Wiedmann, M. (2023). Population dynamics of Listeria spp., Salmonella spp., and Escherichia coli on fresh produce: A scoping review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 22(6), 4537–4572.

Bomba, M. Y., & Susol, N. Y. (2020). Main requirements for food safety management systems under international standards: BRC, IFS, FSSC 22000, ISO 22000, Global GAP, SQF. Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 22(93), 18–25.

Bramsiepe, C., Sievers, S., Seifert, T., Stefanidis, G. D., Vlachos, D. G., Schnitzer, H., Muster, B., Brunner, C., Sanders, J. P. M., Bruins, M. E., & others. (2012). Low-cost small scale processing technologies for production applications in various environments—Mass produced factories. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 51, 32–52.

Briones, R., & Felipe, J. (2013). Agriculture and structural transformation in developing Asia: review and outlook. Asian Development Bank Economics Working Paper Series, 363.

Brown, P. N., & Chan, M. (2010). An overview of functional food regulation in North America, European Union, Japan and Australia. Functional Food Product Development, 257–292.

Bryan, F. L. (1988). Risks associated with vehicles of foodborne pathogens and toxins. Journal of Food Protection, 51(6), 498–508.

Buchanan, R. L., Havelaar, A. H., Smith, M. A., Whiting, R. C., & Julien*, E. (2009). The key events dose-response framework: its potential for application to foodborne pathogenic microorganisms. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 49(8), 718–728.

Buchanan, R. L., Smith, J. L., & Long, W. (2000). Microbial risk assessment: dose-response relations and risk characterization. International Journal of Food Microbiology, 58(3), 159–172.

Buckley, G. J., & Riviere, J. E. (2012). Ensuring safe foods and medical products through stronger regulatory systems abroad.

Buzby, J. C., & Roberts, T. (2009). The economics of enteric infections: human foodborne disease costs. Gastroenterology, 136(6), 1851–1862.

Cakaloglu, B., Ozyurt, V. H., & Otles, S. (2018). Cold press in oil extraction. A review. Ukrainian Food Journal, 7, Issue 4, 640–654.

Cappelli, A., Lupori, L., & Cini, E. (2021). Baking technology: A systematic review of machines and plants and their effect on final products, including improvement strategies. Trends in Food Science & Technology, 115, 275–284.

Carlarne, C. (2007). From the USA with love: sharing home-grown hormones, GMOs, and clones with a reluctant Europe. Envtl. L., 37, 301.

Carrasco, E., Morales-Rueda, A., & Garc\'\ia-Gimeno, R. M. (2012). Cross-contamination and recontamination by Salmonella in foods: A review. Food Research International, 45(2), 545–556.

Chambo, S. A. (2009). Agricultural co-operatives: Role in food security and rural development. A Paper Presented to Expert Group Meeting on Co-Operatives on 28th to 30th April.

Charan, S., & Panghal, A. (2018). Importance of traceability in food supply chain for brand protection and food safety systems implementation. Ann Biol, 34(2), 111–118.

Chen, H., Liu, S., Chen, Y., Chen, C., Yang, H., & Chen, Y. (2020). Food safety management systems based on ISO 22000: 2018 methodology of hazard analysis compared to ISO 22000: 2005. Accreditation and Quality Assurance, 25, 23–37.

Chetty, D. R. V., Boojhawon, R., Bhagwant, S., & Levy, L. (2024). Factors affecting the occupational safety and health of small and medium enterprises in the Construction Sector of Mauritius. Social Sciences \& Humanities Open, 10, 100964.

Chiozzi, V., Agriopoulou, S., & Varzakas, T. (2022). Advances, applications, and comparison of thermal (pasteurization, sterilization, and aseptic packaging) against non-thermal (ultrasounds, UV radiation, ozonation, high hydrostatic pressure) technologies in food processing. Applied Sciences, 12(4), 2202.

Coghlan, C., Labrecque, J., Ma, Y., & Dube, L. (2020). A biological adaptability approach to innovation for small and medium enterprises (SMEs): Strategic insights from and for health-promoting agri-food innovation. Sustainability, 12(10), 4227.

Coia, J., Barker, G., McDowell, D., Nuttall, D., Glazebrook, R., Davies, R., Larkin, L., Lane, C., Upadhyay, M., & Butler, S. (2017). Ad Hoc ACMSF Group on eggs.

Commission, J. F. C. A., Programme, J. F. F. S., & Organization, W. H. (2007). Codex Alimentarius Commission: Procedural Manual. Food \& Agriculture Org.

Cordeiro, M., Fernandes, V., Curado, J., & Ferreira, J. C. (2024). Enhancing Agriculture Products Traceability towards Sustainability. Journal of Network and Innovative Computing, 12, 15.

Costa, L. B. M., Godinho Filho, M., Fredendall, L. D., & Paredes, F. J. G. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. Trends in Food Science \& Technology, 82, 122–133.

Crandall, P., Van Loo, E. J., O'bryan, C. A., Mauromoustakos, A., Yiannas, F., Dyenson, N., & Berdnik, I. (2012). Companies' opinions and acceptance of global food safety initiative benchmarks after implementation. Journal of Food Protection, 75(9), 1660–1672.

Cui, T., Gine, G. R., Lei, Y., Shi, Z., Jiang, B., Yan, Y., & Zhang, H. (2024). Ready-to-Cook Foods: Technological Developments and Future Trends—A Systematic Review. Foods, 13(21), 3454.

Dabbene, F., Gay, P., & Tortia, C. (2014). Traceability issues in food supply chain management: A review. Biosystems Engineering, 120, 65–80.

Dangelico, R. M., & Pujari, D. (2010). Mainstreaming green product innovation: Why and how companies integrate environmental sustainability. Journal of Business Ethics, 95, 471–486.

Darwin, M. (2011). Induction of Hypothermia in the Cryonics Patient: Theory and Technique, Part 2.

Das, A. K., Nanda, P. K., Das, A., & Biswas, S. (2019). Hazards and safety issues of meat and meat products. In Food safety and human health (pp. 145–168). Elsevier.

Das, T., Nonglait, D. L., Rajput, D., & Arya, S. S. (2024). Packaging of Freeze-Dried Products. Freeze Drying of Food Products: Fundamentals, Processes and Applications, 203–228.

Davidson, I. (2024). Biscuit, cookie and cracker production: process, production and packaging equipment. Elsevier.

De Oliveira, C. A. F., Da Cruz, A. G., Tavolaro, P., & Corassin, C. H. (2016). Food safety: good manufacturing practices (GMP), sanitation standard operating procedures (SSOP), hazard analysis and critical control point (HACCP). In Antimicrobial food packaging (pp. 129–139). Elsevier.

De Silva, T. (2007). Hazard analysis and critical control point (HACCP). In Handbook of Food Preservation (pp. 987–1028). CRC Press.

Deak, T., & Mohácsi-Farkas, C. (2023). Thermal treatment. In Food safety management (pp. 405–419). Elsevier.

Demme, K. (2023). The Effect of Upton Sinclair's The Jungle in the Progressive Era. Tokoha University, Tokoha University Junior College Repository.

Demmler, K. M. (2020). The role of small and medium-sized enterprises in nutritious food supply chains in Africa. Global Alliance for Improved Nutrition (GAIN), 2.

Dhurandhar, N. V, Schoeller, D., Brown, A. W., Heymsfield, S. B., Thomas, D., Sørensen, T. I. A., Speakman, J. R., Jeansonne, M., & Allison, D. B. (2015). Energy balance measurement: when something is not better than nothing. International Journal of Obesity, 39(7), 1109–1113.

Dlamini, B. C., & Adetunji, A. I. (2023). Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) and Food Safety Management Systems. Food Safety and Toxicology: Present and Future Perspectives, 243.

Dong, Q. L., Barker, G. C., Gorris, L. G. M., Tian, M. S., Song, X. Y., & Malakar, P. (2015). Status and future of quantitative microbiological risk assessment in China. Trends in Food Science \& Technology, 42(1), 70–80.

Dora, M., Kumar, M., Van Goubergen, D., Molnar, A., & Gellynck, X. (2013). Food quality management system: Reviewing assessment strategies and a feasibility study for European food small and medium-sized enterprises. Food Control, 31(2), 607–616.

Drummond, L., & Sun, D.-W. (2010). 11 effects of chilling and freezing on safety and quality of food products. Processing Effects on Safety and Quality of Foods, 295.

Dutta, S., Bhattacharya, S., Sadhukhan, R., Sengupta, S., Chatterjee, R., Roy Choudhury, M., & Das, S. (2023). Transforming Agriculture and Securing Food Using Digital Technologies: Past Evolution, Present Practices and Challenges, and Future Perspectives. Present Practices and Challenges, and Future Perspectives.

Dzwolak, W. (2019). Assessment of HACCP plans in standardized food safety management systems--The case of small-sized Polish food businesses. Food Control, 106, 106716.

Dzwolak, W., & Anim, B. (2025). Barriers hindering maintenance of standardised HACCP-based food safety management systems in small Polish food businesses. Food Control, 168, 110849.

Ehuwa, O., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2021). Salmonella, food safety and food handling practices. Foods, 10(5), 907.

El-Abidi, A., Yadir, S., El Bazi, W., Bideq, M., Bousseta, H., Kriraa, M., & Elfezazi, S. (2024). Experimental study and mathematical modeling of drying kinetics of mint leaves under forced convection. Chemical Engineering Communications, 1–12.

Elamin, W. M., Endan, J. B., Yosuf, Y. A., Shamsudin, R., & Ahmedov, A. (2015). High pressure processing technology and equipment evolution: a review. Journal of Engineering Science & Technology Review, 8(5).

Ensari, M. \cSebnem, & Karabay, M. E. (2014). What helps to make SMEs successful in global markets? Procedia-Social and Behavioral Sciences, 150, 192–201.

Eruaga, M. A. (2024). Enhancing global food safety standards through international collaboration and policy harmonization.

Eze, C. C., & Mena, B. (2024). The Role and Importance of Consumer Perception. In Consumer Perceptions and Food (pp. 3–22). Springer.

Fabrizi, R. (2021). Chlorinated chicken, hormone beef and Genetically Modified Organisms (GMOs). A critical discourse analysis of news and tweets regarding the GMO debate during the political uncertainty represented by Brexit negotiations. University of Sheffield.

Fairman, R., & Yapp, C. (2004). Compliance with Food Safety Legislation in Small and Micro Business: Enforcement as an External Motivation. Journal of Environmental Health Research, 3(2), 40–48.

Fan, S., Brzeska, J., Keyzer, M., & Halsema, A. (2013). From subsistence to profit: Transforming smallholder farms (Vol. 26). Intl Food Policy Res Inst.

Faour-Klingbeil, D., & CD Todd, E. (2020). Prevention and control of foodborne diseases in Middle-East North African countries: Review of national control systems. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(1), 70.

FDA, U. S., for Disease Control, C., Prevention, & others. (2003). Quantitative assessment of relative risk to public health from foodborne Listeria monocytogenes among selected categories of ready-to-eat foods. US Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition, College Park, Md: US FDA.

Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., & Chemat, F. (2007). Comparison of different isolation methods of essential oil from Citrus fruits: cold pressing, hydrodistillation and microwave 'dry'distillation. Flavour and Fragrance Journal, 22(6), 494–504.

Fink, B. A. (2023). Codex Alimentarius at home and abroad: the regulatory costs of developing and implementing international and national food-safety standards. In Research Handbook on International Food Law (pp. 347–367). Edward Elgar Publishing.

Forsythe, S. (2012). Food hygiene, microbiology and HACCP. Springer Science \& Business Media.

Forsythe, S. J. (2008). The microbiological risk assessment of food. John Wiley \& Sons.

Fortin, N. D. (2022). Food regulation: law, science, policy, and practice. John Wiley \& Sons.

Fortin, N. D. (2023). Global governance of food safety: the role of the FAO, WHO, and Codex Alimentarius in regulatory harmonization. In Research Handbook on International Food Law (pp. 227–242). Edward Elgar Publishing.

Frakolaki, G., Kekes, T., Bizymis, A.-P., Giannou, V., & Tzia, C. (2023). Fundamentals of food frying processes. In High-Temperature Processing of Food Products (pp. 227–291). Elsevier.

Frewer, L., de Jonge, J., & van Kleef, E. (2009). Consumer perceptions of food safety. Medical Science, 2, 243.

Fung, F., Wang, H.-S., & Menon, S. (2018). Food safety in the 21st century. Biomedical Journal, 41(2), 88–95.

Gamage, S. K. N., Ekanayake, E. M. S., Abeyrathne, G., Prasanna, R., Jayasundara, J., & Rajapakshe, P. S. K. (2020). A review of global challenges and survival strategies of small and medium enterprises (SMEs). Economies, 8(4), 79.

Gerardi, A. (2023). Global Food Safety Initiative (GFSI): underpinning the safety of the global food chain, facilitating regulatory compliance, trade, and consumer trust. In Present Knowledge in Food Safety (pp. 1089–1098). Elsevier.

Gereffi, G., & Lee, J. (2009). A global value chain approach to food safety and quality standards. Global Health Diplomacy for Chronic Disease Prevention Working Paper Series, February.

Gereffi, G., Lee, J., Christian, M., Fernandez-Stark, K., Hovsepian, M., Kindman, A., Liang, T., Lowe, M., Meltzer, E., Wintersteen, K., & others. (2008). The governance structures of US-based food and agriculture value chains and their relevance to healthy diets. Healthy Eating Research Program, Robert Wood Johnson Foundation, 1–86.

Gil, L., Ruiz, P., Escrivá, L., Font, G., & Manyes, L. (2017). A decade of Food Safety Management System based on ISO 22000: A global overview. Revista de Toxicologia, 34(2), 84–93.

Grace, D. (2015a). Food safety in developing countries: an overview.

Grace, D. (2015b). Food safety in low and middle income countries. International Journal of Environmental Research and Public Health, 12(9), 10490–10507.

Grace, D. (2016). Influencing food environments for healthy diets through food safety.

Grayna, K. Ä., Turek, J., & others. (2022). What Hinders the Development of a Sustainable Compostable Packaging Market? European Journal of Sustainable Development, 11(4), 180.

Griffith, C. J., & Motarjemi, Y. (2023). Human Factors in Food Safety Management. In Food Safety Management (pp. 919–941). Elsevier.

Groenleer, M. L. P. (2014). Agency autonomy actually: Managerial strategies, legitimacy, and the early development of the European Union's agencies for drug and food safety regulation. International Public Management Journal, 17(2), 255–292.

Gruszczynski, L., & Scott, J. (2023). The WTO Agreement on Sanitary and Phytosanitary Measures: A Commentary. Oxford University Press.

Guillard, V., Gaucel, S., Fornaciari, C., Angellier-Coussy, H., Buche, P., & Gontard, N. (2018). The next generation of sustainable food packaging to preserve our environment in a circular economy context. Frontiers in Nutrition, 5, 121.

Haji, M., Kerbache, L., & Al-Ansari, T. (2022). Food quality, drug safety, and increasing public health measures in supply chain management. Processes, 10(9), 1715.

Halabi, S. F. (2015). The Codex Alimentarius commission, corporate influence, and international trade: A perspective on FDA's global role. American Journal of Law \& Medicine, 41(2–3), 406–421.

Hallman, W. K., & Cuite, C. L. (2009). Food recalls and the American public: Improving communications.

Hallman, W. K., Cuite, C. L., & Hooker, N. H. (2009a). Consumer responses to food recalls: 2008 national survey report.

Hallman, W. K., Cuite, C. L., & Hooker, N. H. (2009b). Understanding Consumer Reponses to Food Recalls.

Hallman, W. K., Cuite, C. L., Nucci, M. L., & Hooker, N. H. (2009). Consumers and food recalls: what does the public want to hear?

Hasnan, N. Z. N., Basha, R. K., Amin, N. A. M., Ramli, S. H. M., Tang, J. Y. H., & Ab Aziz, N. (2022). Analysis of the most frequent nonconformance aspects related to Good Manufacturing Practices (GMP) among small and medium enterprises (SMEs) in the food industry and their main factors. Food Control, 141, 109205.

Havelaar, A. H., Brul, S., De Jong, A., De Jonge, R., Zwietering, M. H., & Ter Kuile, B. H. (2010). Future challenges to microbial food safety. International Journal of Food Microbiology, 139, S79--S94.

Hayashi, H. (1989). Drying technologies of foods-their history and future. Drying Technology, 7(2), 315–369.

Hecht, S. B. (2014). Forests lost and found in tropical Latin America: the woodland 'green revolution.' The Journal of Peasant Studies, 41(5), 877–909.

Howard, P. H. (2021). Concentration and power in the food system. Concentration and Power in the Food System, 1–232.

Hoyle, D. (2017). ISO 9000 Quality Systems Handbook-updated for the ISO 9001: 2015 standard: Increasing the Quality of an Organization's Outputs. Routledge.

Huang, M., Zhang, M., & Bhandari, B. (2019). Recent development in the application of alternative sterilization technologies to prepared dishes: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 59(7), 1188–1196.

Hubbard, M. R. (2012). Statistical quality control for the food industry. Springer Science \& Business Media.

Humphrey, J. (2012). Food safety, private standards schemes and trade: the implications of the FDA food safety modernization act. IDS Working Papers, 2012(403), 1–65.

Hutter, B. M. (2011). Managing food safety and hygiene: governance and regulation as risk management. Edward Elgar Publishing.

Ikpe, B. C. (2021). Contaminated Raw Produce as a Major Source of Foodborne Salmonellosis. Walden University.

Inyang, U., Oboh, I., & Etuk, B. (2017). Drying and the different techniques. International Journal of Food Nutrition and Safety, 8(1), 45–72.

Ioannou Sartzi, M., Drettas, D., Stramarkou, M., & Krokida, M. (2024). A Comprehensive Review of the Latest Trends in Spray Freeze Drying and Comparative Insights with Conventional Technologies. Pharmaceutics, 16(12), 1533.

Isanovic, S., Constantinides, S. V, Frongillo, E. A., Bhandari, S., Samin, S., Kenney, E., Wertheim-Heck, S., Nordhagen, S., Holdsworth, M., Dominguez-Salas, P., & others. (2023). How perspectives on food safety of vendors and consumers translate into food-choice behaviors in 6 African and Asian countries. Current Developments in Nutrition, 7(1), 100015.

Jahnke, A. D. (2012). Understanding the External Firm Factors Impacting Innovation in the Hardwood Veneer Industry.

Jain, S., & Anal, A. K. (2017). Production and characterization of functional properties of protein hydrolysates from egg shell membranes by lactic acid bacteria fermentation. 54(5), 1062–1072. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2530-y

James, S. J., & James, C. (2023). Chilling and freezing. In Food Safety Management (pp. 453–474). Elsevier.

Jangam, S. V. (2011). An overview of recent developments and some R&D challenges related to drying of foods. Drying Technology, 29(12), 1343–1357.

Jantjies, H. (2024). An enquiry into the competitive performance of the South African deciduous fruit canning industry. Stellenbosch University.

Jennings, S., Stentiford, G. D., Leocadio, A. M., Jeffery, K. R., Metcalfe, J. D., Katsiadaki, I., Auchterlonie, N. A., Mangi, S. C., Pinnegar, J. K., Ellis, T., & others. (2016). Aquatic food security: insights into challenges and

solutions from an analysis of interactions between fisheries, aquaculture, food safety, human health, fish and human welfare, economy and environment. Fish and Fisheries, 17(4), 893–938.

Ji, Y., & Han, J. (2022). Sustainable Home Meal Replacement (HMR) consumption in Korea: Exploring service strategies using a modified importance--performance analysis. Foods, 11(6), 889.

Joardder, M. U. H., Hasan Masud, M., Joardder, M. U. H., & Masud, M. H. (2019). A brief history of food preservation. Food Preservation in Developing Countries: Challenges and Solutions, 57–66.

Jones, J. M., Adams, J., Harriman, C., Miller, C., & der Kamp, J. W. (2015). Nutritional impacts of different whole grain milling techniques: A review of milling practices and existing data. Cereal Foods World, 60(3), 130–139.

Jones, O., & Tilley, F. (2009). Competitive advantage in SMEs: towards a conceptual framework. SSRN.

Jongwanich, J. (2009). The impact of food safety standards on processed food exports from developing countries. Food Policy, 34(5), 447–457.

Kader, A. A. (2013). Postharvest technology of horticultural crops-An overview from farm to fork. Ethiopian Journal of Applied Science and Technology, 1, 1–8.

Käferstein, F. (2003). Foodborne diseases in developing countries: aetiology, epidemiology and strategies for prevention. International Journal of Environmental Health Research, 13(sup1), S161--S168.

Kaloti, S. (2022). Effect of cold smoking on polycyclic aromatic hydrocarbon content and sensory properties in selected foods.

Kamboj, S., Gupta, N., Bandral, J. D., Gandotra, G., & Anjum, N. (2020). Food safety and hygiene: A review. International Journal of Chemical Studies, 8(2), 358–368.

Kassebaum, N., Kyu, H. H., Zoeckler, L., Olsen, H. E., Thomas, K., Pinho, C., Bhutta, Z. A., Dandona, L., Ferrari, A., Ghiwot, T. T., & others. (2017). Child and adolescent health from 1990 to 2015: findings from the global burden of diseases, injuries, and risk factors 2015 study. JAMA Pediatrics, 171(6), 573–592.

Kassem, A. Z. E. (2018). Cost of Foodborne Illnesses: A literature Review. Food Safety Science, Health and Behaviour, 1–10.

Kerr, W. (2017). Implications of non-equilibrium states and glass transitions in fried foods. In Non-equilibrium states and glass transitions in foods (pp. 209–239). Elsevier.

Khaliq, A., Ahsan, S., Chughtai, M. F. J., Liaqat, A., Mehmood, T., Sameed, N., Saeed, K., & Rahman, S. J. U. (2023). Food Hazards and Their Risk Management. In Food Microbial and Molecular Biology (pp. 99–130). Apple Academic Press.

Kheni, N. A., Gibb, A. G. F., & Dainty, A. R. J. (2010). Health and safety management within small-and medium-sized enterprises (SMEs) in developing countries: Study of contextual influences. Journal of Construction Engineering and Management, 136(10), 1104–1115.

Kholiya, S., Chauhan, A., Kumar, D., KT, V., Upadhyay, R. K., & Padalia, R. C. (2023). Essential oils, applications, and different extraction methods. Essential Oils: Sources, Production and Applications, 25.

Khouryieh, H. A. (2021). Novel and emerging technologies used by the US food processing industry. Innovative Food Science \& Emerging Technologies, 67, 102559.

Kim, C. W. (2009). The Relationships Among Gender, Work Experience, and Leadership Experience in Transformational Leadership.

King, T., Cole, M., Farber, J. M., Eisenbrand, G., Zabaras, D., Fox, E. M., & Hill, J. P. (2017). Food safety for food security: Relationship between global megatrends and developments in food safety. Trends in Food Science \& Technology, 68, 160–175.

Kinsey, J., Harrison, R. W., Degeneffe, D., Ferreira, G., & Shiratori, S. (2009). Index of consumer confidence in the safety of the United States food system. American Journal of Agricultural Economics, 91(5), 1470–1476.

Konudula, S., & Kuruvanparamb Krishnan, M. (2024). A Case Study on Sustainability Certifications and Governance in the IndianEdible Oil MSMEs-Fostering Commitment to Organizational Sustainability.

Konur, S., Lan, Y., Thakker, D., Morkyani, G., Polovina, N., & Sharp, J. (2023). Towards design and implementation of Industry 4.0 for food manufacturing. Neural Computing and Applications, 1–13.

Kotsanopoulos, K. V, & Arvanitoyannis, I. S. (2017). The role of auditing, food safety, and food quality standards in the food industry: A review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16(5), 760–775.

Koutchma, T. (2009). Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. Food and Bioprocess Technology, 2, 138–155.

Kubiak, M. S., & Polak-Sliwinska, M. (2015). The level of chosen polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in meat products smoked by using an industrial and a traditional method. Polish Journal of Natural Sciences, 30(2), 137–147.

Kumar, V., & Reinartz, W. (2016). Creating enduring customer value. Journal of Marketing, 80(6), 36–68.

Kutkaitis, M., & Hlasha Al Sibai, A. (2024). Navigating Compliance: Sustainable Packaging Challenges for SMEs in the EU: A study of the sustainable packaging compliance challenges that SMEs face when operating within the EU.

Lam, T. K., Heales, J., Hartley, N., Hodkinson, C., & others. (2020). Consumer trust in food safety requires information transparency. Australasian Journal of Information Systems, 24.

Lammie, S. L., & Hughes, J. M. (2016). Antimicrobial resistance, food safety, and one health: the need for convergence. Annual Review of Food Science and Technology, 7(1), 287–312.

Lang, T., Barling, D., & Caraher, M. (2009). Food policy: integrating health, environment and society. OUP Oxford.

Ledesma, E., Rendueles, M., & Diaz, M. (2017). Smoked food. In Current developments in biotechnology and bioengineering (pp. 201–243). Elsevier.

Lee, J. C., Neonaki, M., Alexopoulos, A., & Varzakas, T. (2023). Case studies of small-medium food enterprises around the world: Major constraints and benefits from the implementation of food safety management systems. Foods, 12(17), 3218.

Legg, S. J., Olsen, K. B., Laird, I. S., & Hasle, P. (2015). Managing safety in small and medium enterprises. In Safety Science (Vol. 71, pp. 189–196). Elsevier.

Liang, B., & Scammon, D. L. (2016). Food contamination incidents: what do consumers seek online? Who cares? International Journal of Nonprofit and Voluntary Sector Marketing, 21(4), 227–241.

Liggans, G., & Kim, S. R. (2024). How Food Safety Culture Is Operationalized for Retail Food Settings: A Systematic Literature Review. SAGE Open, 14(1), 21582440241236584.

Lisboa, H. M., Pasquali, M. B., dos Anjos, A. I., Sarinho, A. M., de Melo, E. D., Andrade, R., Batista, L., Lima, J., Diniz, Y., & Barros, A. (2024). Innovative and Sustainable Food Preservation Techniques: Enhancing Food Quality, Safety, and Environmental Sustainability. Sustainability, 16(18), 8223.

Liu, X. (2020). Modeling Analysis on Deterioration Characteristics of Frying Oil Using Metabolomics Approach.

Liu, X., Le Bourvellec, C., Yu, J., Zhao, L., Wang, K., Tao, Y., Renard, C. M. G. C., & Hu, Z. (2022). Trends and challenges on fruit and vegetable processing: Insights into sustainable, traceable, precise, healthy,

intelligent, personalized and local innovative food products. Trends in Food Science & Technology, 125, 12–25.

Lokunarangodage, C. V. K., Wickramasinghe, I., & Ranaweera, K. (2016). Review of ISO 22000: 2005, Structural synchronization and ability to deliver food safety with suggestions for improvements.

Lufu, R., Ambaw, A., & Opara, U. L. (2020). Water loss of fresh fruit: Influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors. Scientia Horticulturae, 272, 109519. https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2020.109519

MacDonald, J. M., Perry, J., Ahearn, M. C., Banker, D., Chambers, W., Dimitri, C., Key, N., Nelson, K. E., & Southard, L. W. (2004). Contracts, markets, and prices: Organizing the production and use of agricultural commodities. USDA-ERS Agricultural Economic Report, 837.

Madilo, F. K., Kunadu, A. P.-H., & Tano-Debrah, K. (2024). Challenges with food safety adoption: A review. Journal of Food Safety, 44(1), e13099.

Maga, J. A. (2018). Smoke in food processing. CRC press.

Maicas, S. (2020). The role of yeasts in fermentation processes. In Microorganisms (Vol. 8, Issue 8, p. 1142). MDPI.

Mak, J. Y., & Kim, C. (2017). Relationship among gender, athletic involvement, student organization involvement and leadership. Women in Sport and Physical Activity Journal, 25(2), 89–95.

Man, D. (2002). Food Industry briefing series: Shelf life. Blachwell Science Ltd Ed. UK.

Mansour, S. A. (2011). Chemical pollutants threatening food safety and security: an overview. Advances in Food Protection: Focus on Food Safety and Defense, 73–117.

Manzoor, A., Jan, B., Zahoor, I., Anjum, N., Nabi, A., Allai, F. M., Rizvi, Q. U. E. H., Shiekh, R. A., Sheikh, M. A., & Ahmad, S. (2022). Thermal treatment of foods: science, shelf life, and quality. In Shelf Life and Food Safety (pp. 165–180). CRC Press.

Marriott, N. G., Gravani, R. B., & Schilling, M. W. (2006). Principles of food sanitation (Vol. 22). Springer.

Masanet, E., Therkelsen, P., & Worrell, E. (2012). Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Baking Industry: An ENERGY STAR®Guide for Plant and Energy Managers.

Masi, D., Cagno, E., & Micheli, G. J. L. (2014). Developing, implementing and evaluating OSH interventions in SMEs: a pilot, exploratory study. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 20(3), 385–405.

Mayett-Moreno, Y., & López Oglesby, J. M. (2018). Beyond food security: challenges in food safety policies and governance along a heterogeneous agri-food chain and its effects on health measures and sustainable development in Mexico. Sustainability, 10(12), 4755.

McFarland, P., Checinska Sielaff, A., Rasco, B., & Smith, S. (2019). Efficacy of food safety training in commercial food service. Journal of Food Science, 84(6), 1239–1246.

Mediani, A., Hamezah, H. S., Jam, F. A., Mahadi, N. F., Chan, S. X. Y., Rohani, E. R., Che Lah, N. H., Azlan, U. K., Khairul Annuar, N. A., Azman, N. A. F., & others. (2022). A comprehensive review of drying meat products and the associated effects and changes. Frontiers in Nutrition, 9, 1057366.

Megel, A. J. (2011). Utilizing quality function deployment to create a quality requirement matrix for biofuel refinery inputs via voice of customer techniques. Oklahoma State University.

Meghwal, M., Heddurshetti, U., & Biradar, R. (2017). Good manufacturing practices for food processing industries: Principles and practical applications. In Food technology (pp. 3–28). Apple Academic Press.

Mendis, E., & Rajapakse, N. (2009). GMP AND HACCP. The Ceylon Chamber of Commerce.

Mesly, O., & Réthoré, C. (2024). Commercial Space Design and Customer Experience. Cambridge Scholars Publishing.

Michel, M., Eldridge, A. L., Hartmann, C., Klassen, P., Ingram, J., & Meijer, G. W. (2024). Benefits and challenges of food processing in the context of food systems, value chains and sustainable development goals. Trends in Food Science & Technology, 104703.

Minor, T., Astill, G., Raszap, S., Thornsbury, S., Buzby, J. C., Hitaj, C., Kantor, L., Kuchler, F., Ellison, B., Mishra, A. K., & others. (2020). Economic drivers of food loss at the farm and pre-retail sectors: a look at the produce supply chain in the United States.

Moerman, F. (2017). Personal hygiene and good maintenance practices for the servicing of food processing equipment. In Food protection and security (pp. 267–327). Elsevier.

Mohan, C., Ravishankar, C., & Gopal, T. (2015). Canning of fishery products. Handbook of Food Processing, 57–86.

Mollik, M. A., & Ananna, A. K. (2024). The impact of globalization on technology-oriented small and medium-sized enterprises (SMEs) in the Bangladeshi market.

Mortimore, S., & Wallace, C. (2013). HACCP: A practical approach. Springer Science \& Business Media.

Mouritsen, O. G., & Styrbæk, K. (2017). Mouthfeel: how texture makes taste. Columbia University Press.

Moyo, S. (2016). Family farming in sub-Saharan Africa: its contribution to agriculture, food security and rural development.

Mujahid, M., Wakeel, M., Ali, A. M., Saeed, S., Nawaz, A. S., & Hafeez, K. (2024). Food fermentation: Traditional practices and modern applications in food industry. International Journal of Food and Fermentation Technology, 14(1), 239–273.

Mutton, B. (2009). Thermal Death of Bacteria Associated with. University of Khartoum.

Nantapo, C. W. T., Muchenje, V., Nkukwana, T. T., Hugo, A., Descalzo, A., Grigioni, G., & Hoffman, L. C. (2015). Socio-economic dynamics and innovative technologies affecting health-related lipid content in diets: Implications on global food and nutrition security. Food Research International, 76, 896–905.

Nayak, R., & Waterson, P. (2019). Global food safety as a complex adaptive system: Key concepts and future prospects. Trends in Food Science \& Technology, 91, 409–425.

Nestle, M. (2010). Safe food: The politics of food safety (Vol. 5). Univ of California Press.

Newell, D. G., Koopmans, M., Verhoef, L., Duizer, E., Aidara-Kane, A., Sprong, H., Opsteegh, M., Langelaar, M., Threfall, J., Scheutz, F., & others. (2010). Food-borne diseases—the challenges of 20 years ago still persist while new ones continue to emerge. International Journal of Food Microbiology, 139, S3--S15.

Nguyen, T. T. B. (2023). How do well-performed food businesses manage suppliers in emerging economies? International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 53(10), 1129–1157.

Nguyen, T. T. B., & Li, D. (2022). A systematic literature review of food safety management system implementation in global supply chains. British Food Journal, 124(10), 3014–3031.

Niu, D., Zeng, X.-A., Ren, E.-F., Xu, F.-Y., Li, J., Wang, M.-S., & Wang, R. (2020). Review of the application of pulsed electric fields (PEF) technology for food processing in China. Food Research International, 137, 109715.

Odipe, O. E., Raimi, M. O., Deinkuro, N. S., Funmilayo, A. A., innocent Edewor, O.-P., Lateefat, H. M., & Fadeyibi, M. (2019). Assessment of environmental sanitation, food safety knowledge, handling practice among food handlers of Bukateria Complexes in Iju Town, Akure north of Ondo-State, Nigeria. Acta Scientific Nutritional Health, 3(6).

Ogwu, M. C., & Ogunsola, O. A. (2024). Physicochemical Methods of Food Preservation to Ensure Food Safety and Quality. In Food Safety and Quality in the Global South (pp. 263–298). Springer.

Oke, E. K., Idowu, M. A., Sobukola, O. P., Adeyeye, S. A. O., & Akinsola, A. O. (2018). Frying of food: a critical review. Journal of Culinary Science \& Technology, 16(2), 107–127.

Okpala, C. O. R., & Korzeniowska, M. (2023). Understanding the relevance of quality management in agro-food product industry: From ethical considerations to assuring food hygiene quality safety standards and its associated processes. Food Reviews International, 39(4), 1879–1952.

Olayemi, W. A., & Olatidoye, O. P. (2024). Understanding the Agribusiness Model and Agricultural Value Chain (Africa). In Agripreneurship and the Dynamic Agribusiness Value Chain (pp. 257–272). Springer.

Oliveira, M. D., Lopes, D. F., & e Costa, C. A. (2018). Improving occupational health and safety risk evaluation through decision analysis. International Transactions in Operational Research, 25(1), 375–403.

Opara, U. L., & others. (2013). A review on the role of packaging in securing food system: Adding value to food products and reducing losses and waste. African Journal of Agricultural Research, 8(22), 2621–2630.

Organization, W. H., & others. (2010). FAO/WHO expert meeting on the application of nanotechnologies in the food and agriculture sectors: potential food safety implications: meeting report. World Health Organization.

Organization, W. H., & others. (2020). Personal protective equipment.

Organization, W. H., & others. (2022). WHO global strategy for food safety 2022-2030: towards stronger food safety systems and global cooperation. World Health Organization.

Ottaway, P. B. (2010). Stability of vitamins during food processing and storage. In Chemical deterioration and physical instability of food and beverages (pp. 539–560). Elsevier.

Ottaway, P. B. (2012). The technology of vitamins in food. Springer Science \& Business Media.

Overbosch, P., & Blanchard, S. (2023). Principles and systems for quality and food safety management. In Food safety management (pp. 497–512). Elsevier.

Owusu-Apenten, R., & Vieira, E. (2022). Food safety management, GMP \& HACCP. In Elementary food science (pp. 217–236). Springer.

Pandey, V. K., Tripathi, A., Srivastava, S., Dar, A. H., Singh, R., Farooqui, A., & Pandey, S. (2023). Exploiting the bioactive properties of essential oils and their potential applications in food industry. Food Science and Biotechnology, 32(7), 885–902.

Panghal, A., Chhikara, N., Sindhu, N., & Jaglan, S. (2018). Role of Food Safety Management Systems in safe food production: A review. Journal of Food Safety, 38(4), e12464.

Panghal, A., & Khatkar, B. S. (2007). Process optimization for test baking of chapati. Indian Food Packer, 61(5), 98.

Panisello, P. J., & Quantick, P. C. (2001). Technical barriers to hazard analysis critical control point (HACCP). Food Control, 12(3), 165–173.

Park, S.-H., Kwak, T.-K., & Chang, H.-J. (2010). Evaluation of the food safety training for food handlers in restaurant operations. Nutrition Research and Practice, 4(1), 58–68.

Parvin, S., Reza, A., Das, S., Miah, M. M. U., & Karim, S. (2023). Potential Role and International Trade of Medicinal and Aromatic Plants in the World. European Journal of Agriculture and Food Sciences, 5(5), 89–99.

Patil, S. R., Cates, S., & Morales, R. (2005). Consumer food safety knowledge, practices, and demographic differences: findings from a meta-analysis. Journal of Food Protection, 68(9), 1884–1894.

Paul, K. T. (2009). Food safety: a matter of taste. Food Safety Policy in England, Germany, the Netherlands, and at the Level of the European Union.

Pingault, N., Caron, P., Kalafatic, C., Allahoury, A., Fresco, L. O., Kennedy, E., Khan, M., Kliksberg, B., Mei, F., Murphy, S., & others. (2017). Nutrition and food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security.

Pinheiro Pantoja, K. R., Melo Aires, G. C., Ferreira, C. P., Lima, M. da C. de, Menezes, E. G. O., & Carvalho Junior, R. N. de. (2024). Supercritical Technology as an Efficient Alternative to Cold Pressing for Avocado Oil: A Comparative Approach. Foods, 13(15), 2424.

Pop, S. Z., Dracea, R., & Vl\uadulescu, C. (2018). Comparative study of certification schemes for food safety management systems in The European Union context. Amfiteatru Economic, 20(47), 9–29.

Popa, M. E., Mitelut, A. C., Popa, E. E., & Matei, F. (2019). Creating products and services in food biotechnology. Introduction to Biotech Entrepreneurship: From Idea to Business: A European Perspective, 141–178.

Powell, D. A., Erdozain, S., Dodd, C., Costa, R., Morley, K., & Chapman, B. J. (2013). Audits and inspections are never enough: A critique to enhance food safety. Food Control, 30(2), 686–691.

Powell, D. A., Jacob, C. J., & Chapman, B. J. (2011). Enhancing food safety culture to reduce rates of foodborne illness. Food Control, 22(6), 817–822.

Prabha, V., Barma, R. D., Singh, R., & Madan, A. (2015). Ozone technology in food processing: A review. Trends in Biosciences, 8(16), 4031–4047.

Press, R. (2015). DIY Fermentation: Over 100 Step-By-Step Home Fermentation Recipes. Sourcebooks, Inc.

Prosche, S., & Stappen, I. (2024). Flower Power: An Overview on Chemistry and Biological Impact of Selected Essential Oils from Blossoms. Planta Medica, 90(07/08), 595–626.

Quested, T. E., Cook, P. E., Gorris, L. G. M., & Cole, M. B. (2010). Trends in technology, trade and consumption likely to impact on microbial food safety. International Journal of Food Microbiology, 139, S29--S42.

Quinlan, J. J. (2013). Foodborne illness incidence rates and food safety risks for populations of low socioeconomic status and minority race/ethnicity: a review of the literature. International Journal of Environmental Research and Public Health, 10(8), 3634–3652.

Quintillhn, S. P. (1999). Free Trade, Public Health Protection and Consumer Information in the European and WTO Context—Hormone-treated Beef and Genetically Modified, Organisms. Journal of World Trade, 33(6).

Rabiepour, A., Zahmatkesh, F., & Babakhani, A. (2024). Preservation Techniques to Increase the Shelf Life of Seafood Products: An Overview. Journal of Food Engineering and Technology, 13(1), 1–24.

Rahman, M. S., Ahmed, M., & Chen, X. D. (2006). Freezing-melting process and desalination: I. Review of the state-of-the-art. Separation \& Purification Reviews, 35(02), 59–96.

Ramesh, M. N. (2020). Pasteurization and food preservation. In Handbook of food preservation (pp. 599–608). CRC Press.

Randrianarivelo, F., Badri, A., Gauthier, F., & Boudreau-Trudel, B. (2022). Prevention of occupational diseases in small and medium-sized manufacturing enterprises in QUEBEC (CANADA)--Study of prevention management practices. International Journal of Safety and Security Engineering, 12(3), 279–289.

Rao, M. V., Sengar, A. S., C K, S., & Rawson, A. (2021). Ultrasonication - A green technology extraction technique for spices: A review. Trends in Food Science & Technology, 116, 975–991. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.09.006

Raut, M. R. R., Gupta, S., Gargelwar, M. A. P., & others. (2023). Principles Of Microbiology. Academic Guru Publishing House.

Reardon, L. R. (2018). Safety and stability of high pressure processed blue cheese dressing.

Redmond, E. C., & Griffith, C. J. (2003). Consumer food handling in the home: a review of food safety studies. Journal of Food Protection, 66(1), 130–161.

Resendiz, M., Blanchard, D., & West, G. F. (2023). A systematic review of the germicidal effectiveness of ultraviolet disinfection across high-touch surfaces in the immediate patient environment. Journal of Infection Prevention, 24(4), 166–177.

Ripolles-Avila, C., Martinez-Garcia, M., Capellas, M., Yuste, J., Fung, D. Y. C., & Rodriguez-Jerez, J.-J. (2020). From hazard analysis to risk control using rapid methods in microbiology: A practical approach for the food industry. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 19(4), 1877–1907.

Ritika, & Rizwana. (2024). Edible Packaging: Extension of Shelf Life and Improvement of Food Quality. Food Coatings and Preservation Technologies, 167–210.

Robertson, G. L. (2009). Food packaging and shelf life: a practical guide. CRC Press.

Robinson, J. L., Thomas, R. W., & Manrodt, K. B. (2013). Food for thought in the transportation carrier-selection decision. Transportation Journal, 52(2), 277–296.

Rooney, K., Dong, Y., Pramanik, A., & Basak, A. K. (2023). Additive Manufacturing in Australian Small to Medium Enterprises: Vat Polymerisation Techniques, Case Study and Pathways to Industry 4.0 Competitiveness. Journal of Manufacturing and Materials Processing, 7(5), 168.

Saguy, I. S., & Sirotinskaya, V. (2014). Challenges in exploiting open innovation's full potential in the food industry with a focus on small and medium enterprises (SMEs). Trends in Food Science & Technology, 38(2), 136–148.

Saranraj, P., & Geetha, M. (2012). Microbial spoilage of bakery products and its control by preservatives. International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives, 3(1), 38–48.

Saravacos, G. D., Kostaropoulos, A. E., & others. (2002). Handbook of food processing equipment (Vol. 2012). Springer.

Sarion, C., Codin\ua, G. G., & Dabija, A. (2021). Acrylamide in bakery products: A review on health risks, legal regulations and strategies to reduce its formation. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(8), 4332.

Sarkar, S., Nandi, K., Bakshi, P., Sen, D. J., & Mahanti, B. (2020). Personal protective equipment for biohazards as a cascade for safety measures.

Schuck, P., Jeantet, R., Bhandari, B., Chen, X. D., Perrone, Í. T., de Carvalho, A. F., Fenelon, M., & Kelly, P. (2016). Recent advances in spray drying relevant to the dairy industry: A comprehensive critical review. Drying Technology, 34(15), 1773–1790.

Schuler, G. A., Nolan, M. P., Reynolds, A. E., & Hurst, W. C. (1999). Cleaning, sanitizing and pest control in food processing, storage and service areas.

Senanayake, D., Torley, P. J., Chandrapala, J., & Terefe, N. S. (2023). Microbial fermentation for improving the sensory, nutritional and functional attributes of legumes. Fermentation, 9(7), 635.

Sethupathy, P., & Anandharamakrishnan, C. (2025). Challenges and opportunities. In Conductive Hydro Drying of Foods (pp. 445–471). Elsevier.

Shakya, B., Liu, R., Aryal, K., Thomas, S., Shaoliang, Y., & Chettri, N. (2024). Ethnic cuisines from the eastern Himalaya: Revitalising and sustaining mountain food systemsICIMOD. by International Centre for Integrated Mountain Development GPO Box 3226~....

Shanley, P., Pierce, A. R., Laird, S. A., Binnqüist, C. L., & Guariguata, M. R. (2015). From lifelines to livelihoods: Non-timber forest products into the twenty-first century. Tropical Forestry Handbook, 1–50.

Sharma, A. M., Batra, D., & Sharma, S. (2024). Documentation in logistics sustainability--challenges and opportunities. Supply Chain Management, 231–250.

Shepherd, C. J., Monroig, O., & Tocher, D. R. (2017). Future availability of raw materials for salmon feeds and supply chain implications: The case of Scottish farmed salmon. Aquaculture, 467, 49–62.

Siddiqui, S. A., Mahmud, M. M. C., Abdi, G., Wanich, U., Farooqi, M. Q. U., Settapramote, N., Khan, S., & Wani, S. A. (2022). New alternatives from sustainable sources to wheat in bakery foods: Science, technology, and challenges. Journal of Food Biochemistry, 46(9), e14185.

Siddiqui, S. A., Singh, S., Bahmid, N. A., Ibrahim, S. A., & Sasidharan, A. (2024). Applying innovative technological interventions in the preservation and packaging of fresh seafood products to minimize spoilage-A systematic review and meta-analysis. Heliyon.

Silbergeld, E. K., Graham, J., Price, L., Liebler, J., Evans, S., Vailles, R., Lackey, L., Peterson, A., Davis, M., Arriola, C. S., & others. (2008). Industrial food animal production: food safety, socioeconomic, and environmental health concerns. Epidemiology, 19(6), S15--S16.

Singh, B., Pavithran, N., & Rajput, R. (2023). Effects of food processing on nutrients. Current Journal of Applied Science and Technology, 42(46), 34–49.

Skjöldebrand, C. (2013). Food-processing equipment. In Handbook of food factory design (pp. 51–77). Springer.

Slavov, A. M., Denev, P. N., Denkova, Z. R., Kostov, G. A., Denkova-Kostova, R. S., Chochkov, R. M., Deseva, I. N., & Teneva, D. G. (2019). Emerging cold pasteurization technologies to improve shelf life and ensure food quality. In Food quality and shelf life (pp. 55–123). Elsevier.

Slikker Jr, W., Andersen, M. E., Bogdanffy, M. S., Bus, J. S., Cohen, S. D., Conolly, R. B., David, R. M., Doerrer, N. G., Dorman, D. C., Gaylor, D. W., & others. (2004). Dose-dependent transitions in mechanisms of toxicity. Toxicology and Applied Pharmacology, 201(3), 203–225.

Smith, A. D. (2012). sGreen manufacturing in the packaging and materials industry: case study of small-to-medium sized corporate eco-friendly initiative. International Journal of Logistics Systems and Management, 11(4), 429–449.

Smith, B. G. (2008). Developing sustainable food supply chains. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363(1492), 849–861.

Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., & El-Khoury, A. (2004). Shelf life and safety concerns of bakery products—a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44(1), 19–55.

Smith, M. T. (2001). Eco-design innovation in small and medium sized enterprises. Open University (United Kingdom).

Snyder, A. B. (2017). DISPERSE, SURVIVE, PROPAGATE: MICROBIAL RESILIENCE IN THE SPOILAGE OF COMMERCIALLY PROCESSED FOODS.

Snyder, A. B., & Worobo, R. W. (2018). Fungal spoilage in food processing. Journal of Food Protection, 81(6), 1035–1040.

Soon, J. M., Singh, H., & Baines, R. (2011). Foodborne diseases in Malaysia: A review. Food Control, 22(6), 823–830.

Sousa, C. P. de. (2008). The impact of food manufacturing practices on food borne diseases. Brazilian Archives of Biology and Technology, 51, 615–623.

Sruthy, G. N., Sandhya, K. R., Kumkum, C. R., Mythri, R., & Sharma, M. (2022). Thermal processing technologies for food. In Current Developments in Biotechnology and Bioengineering (pp. 263–300). Elsevier.

Starovoytova, D. (2019). Universal design to limit food cross-contamination: Incased set of kitchen utensils with five color-coded food chopping boards and knifes. Innovative Systems Design and Engineering, 10(5), 1–26.

Suhaimi, A., Othman, A. A., Ghazali, A. F., & Kaliani Sundram, V. P. (2024). The Effect of Trust in Food Safety, Perception, Product Features and Consumers' Characteristics on Consumers' Purchase Decision for Safe Food: A Systematic Literature Review. Pertanika Journal of Social Sciences \& Humanities, 32(2).

Sukaew, T. (2024). The Current and Emerging Research Related Aroma and Flavor. Aroma and Flavor in Product Development: Characterization, Perception, and Application, 329–369.

Sukumaran, L., & Jano, N. A. (2024). Edible Biopolymer Coatings/Films Used for Packaging and Preserving Foods. Food Coatings and Preservation Technologies, 301–338.

Sun, D., Liu, Y., Grant, J., Long, Y., Wang, X., & Xie, C. (2021). Impact of food safety regulations on agricultural trade: Evidence from China's import refusal data. Food Policy, 105, 102185.

Tamang, J. P., Cotter, P. D., Endo, A., Han, N. S., Kort, R., Liu, S. Q., Mayo, B., Westerik, N., & Hutkins, R. (2020). Fermented foods in a global age: East meets West. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 19(1), 184–217.

Taormina, P. J. (2010). Implications of salt and sodium reduction on microbial food safety. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 50(3), 209–227.

Thanzami, K., & Lalhlenmawia, H. (2020). Ethnic fermented foods and beverages of Mizoram. Ethnic Fermented Foods and Beverages of India: Science History and Culture, 435–457.

Thomas, D. J. I., Strachan, N., Goodburn, K., Rotariu, O., & Hutchison, M. L. (2012). A review of the published literature and current production and processing practices in smoked fish processing plants with emphasis on contamination by Listeria monocytogenes. Final FSA Report.

Tkaczewska, J. (2020). Peptides and protein hydrolysates as food preservatives and bioactive components of edible films and coatings-A review. Trends in Food Science & Technology, 106, 298–311.

Todd, E. C. D. (2004). Microbiological safety standards and public health goals to reduce foodborne disease. Meat Science, 66(1), 33–43.

Todd, E. C. D., Michaels, B. S., Greig, J. D., Smith, D., Holah, J., & Bartleson, C. A. (2010). Outbreaks where food workers have been implicated in the spread of foodborne disease. Part 7. Barriers to reduce contamination of food by workers. Journal of Food Protection, 73(8), 1552–1565.

Todorov, S. D., & Holzapfel, W. H. (2015). Traditional cereal fermented foods as sources of functional microorganisms. In Advances in fermented foods and beverages (pp. 123–153). Elsevier.

Toussaint, M., Cabanelas, P., & Muñoz-Dueñas, P. (2022). Social sustainability in the food value chain: what is and how to adopt an integrative approach? Quality & Quantity, 1–24.

Trematerra, P., & Fleurat-Lessard, F. (2015). Food industry practices affecting pest management. Stewart Postharvest Review, 11(1), 1–7.

Trienekens, J., & Zuurbier, P. (2008). Quality and safety standards in the food industry, developments and challenges. International Journal of Production Economics, 113(1), 107–122.

Twinokwikiriza, I. (2018). The contribution of small scale enterprises on employment creation. Kampala International University, College of Economics and Management.

Ulu, M., & Birgün, S. (2022). A New Model Proposal for Occupational Health and Safety. Digitizing Production Systems: Selected Papers from ISPR2021, October 07-09, 2021 Online, Turkey, 347–356.

Unnevehr, L., & others. (2003). Food safety in food security and food trade (Vol. 10). International Food Policy Research Institute Washington, DC.

Uzdavines, M. (2017). Dying for a Solution: The Regulation of Medical Devices Falls Short in the 21st Century Cures Act. Nev. LJ, 18, 629.

Van Boxstael, S., Habib, I., Jacxsens, L., De Vocht, M., Baert, L., de Perre, E., Rajkovic, A., Lopez-Galvez, F., Sampers, I., Spanoghe, P., & others. (2013). Food safety issues in fresh produce: Bacterial pathogens, viruses and pesticide residues indicated as major concerns by stakeholders in the fresh produce chain. Food Control, 32(1), 190–197.

Varzakas, T., Zakynthinos, G., Proestos, C., & Radwanska, M. (2017). Fermented vegetables. Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables, 537–584.

Wandosell, G., Parra-Meroño, M. C., Alcayde, A., & Baños, R. (2021). Green packaging from consumer and business perspectives. Sustainability, 13(3), 1356.

Webb, M. (2015). Overview of food safety standards. Food Safety, Market Organization, Trade and Development, 45–58.

Webber, C. M., & Labaste, P. (2009). Building competitiveness in Africa's agriculture: a guide to value chain concepts and applications. World Bank Publications.

Weber, D. (2012). The Food Truck Handbook: Start, grow, and succeed in the mobile food business. John Wiley \& Sons.

Weis, A. J. (2007). The global food economy: The battle for the future of farming. Zed Books.

Widmer, A. F., & Frei, R. (2011). Decontamination, disinfection, and sterilization. Manual of Clinical Microbiology, 143–173.

Wilcock, A., & Ball, B. (2014). Food safety: consumer perceptions and practices. Practical Food Safety: Contemporary Issues and Future Directions, 11–29.

Wu, W., Zhang, A., van Klinken, R. D., Schrobback, P., & Muller, J. M. (2021). Consumer trust in food and the food system: a critical review. Foods, 10(10), 2490.

Wu, X.-F., Zhang, M., Adhikari, B., & Sun, J. (2017). Recent developments in novel freezing and thawing technologies applied to foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57(17), 3620–3631.

Yapp, C., & Fairman, R. (2006). Factors affecting food safety compliance within small and medium-sized enterprises: implications for regulatory and enforcement strategies. Food Control, 17(1), 42–51.

Yemics, F., & Harmanci, N. Y. (2020). Classification, uses and environmental implications of disinfectants. Pakistan Journal of Analytical \& Environmental Chemistry, 21(2), 179–192.

Yiannas, F. (2008). Food safety culture: Creating a behavior-based food safety management system. Springer Science \& Business Media.

Yiannas, F. (2015). Food safety= behavior. New York: Springer Science Business Media. Doi, 10, 971–978.

Zaghi, A. N., Barbalho, S. M., Guiguer, E. L., & Otoboni, A. M. (2019). Frying process: From conventional to air frying technology. Food Reviews International, 35(8), 763–777.

Zhang, X., Zhang, M., & Adhikari, B. (2020). Recent developments in frying technologies applied to fresh foods. Trends in Food Science & Technology, 98, 68–81.

Zhou, W. B., & Therdthai, N. (2007). Manufacturing of bread and bakery products. Handbook of Food Products Manufacturing, 265.

Zhou, W., Therdthai, N., & Hui, Y. H. (2014). Introduction to baking and bakery products. Bakery Products Science and Technology, 1–16.