Siam chullamonthon Publishing

การควบคุมและประกันคุณภาพอาหาร เพื่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

Food Quality Control and Quality Assurance for Industrial Applications



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้ำฝน ไทยวงษ์

การควบคุมและประกันคุณภาพอาหาร เพื่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม
Food Quality Control and Quality Assurance for Industrial Applications

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้ำฝน ไทยวงษ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะนวัตกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

การควบคุมและประกันคุณภาพอาหารเพื่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม
Food Quality Control and Quality Assurance for Industrial Applications

ผู้เขียน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้ำฝน ไทยวงษ์
ผู้อำนวยการผลิต	สรชา จุลละมณฑล
ผู้จัดการสำนักพิมพ์	ภัทรวรรณ สุนทรธนานุกูล
กองบรรณาธิการ	ปฐมา สุนทโรทยาน, วิจิตรา กิจตั้งวัฒนา, มินตรา ฮมแสน, สิริวิภา แก้วป่อง
ศิลปกรรม	พสิษฐ์สัทคุณ จุลละมณฑล, ธมลวรรณ มีสังข์

หนังสือเล่มนี้สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ.2565
Copyright © 2022 ห้ามนำส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้เพื่อผลิตใหม่
ห้ามทำซ้ำหรือละเมิดลิขสิทธิ์โดยส่งเนื้อหาสาระสำคัญ ทั้งทางอิเล็กทรอนิกส์หรือรูปแบบต่างๆ
รวมถึงการถ่ายเอกสาร การทำสำเนา การเก็บข้อมูลในทุกรูปแบบ โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

น้ำฝน ไทยวงษ์.
การควบคุมและประกันคุณภาพอาหารเพื่อประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม.-- นนทบุรี :
สยามจุลละมณฑล, 2569.
234 หน้า.

1. อาหาร -- คุณภาพ. I. ชื่อเรื่อง.

664.07
ISBN 978-616-95346-5-5

พิมพ์ครั้งที่ 1 ตุลาคม 2569

จัดทำและพิมพ์ที่
บริษัท สยามจุลละมณฑล จำกัด
เลขที่ 98/28 ถนนเกตุอ่ำพัฒนา ตำบลบางคูรัด อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี 11110
โทร. 06-3451-9359, 06-1519-3641, 09-2425-5229
www.siamclmt.com
Email: siamclmtcenter@siamclmt.com

ราคา 250 บาท

คำนำสำนักพิมพ์

ในยุคที่อุตสาหกรรมอาหารมีการแข่งขันสูงและขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมอย่างก้าวกระโดด การรักษามาตรฐานความปลอดภัยและการสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภคถือเป็นหัวใจสูงสุดของการดำเนินธุรกิจ การควบคุมคุณภาพ (Quality Control: QC) และการประกันคุณภาพ (Quality Assurance: QA) จึงมิได้เป็นเพียงกระบวนการตรวจสอบในสายการผลิตเท่านั้น หากแต่เป็นกลไกเชิงกลยุทธ์ที่เชื่อมโยงตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำตามแนวคิด "จากฟาร์มถึงโต๊ะอาหาร (From Farm to Fork)" เพื่อส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ สม่ำเสมอ และปลอดภัยอย่างยั่งยืน

สำนักพิมพ์สยามจุลละมณฑลเล็งเห็นถึงความสำคัญยิ่งของการบูรณาการองค์ความรู้ทางวิชาการเข้ากับการประยุกต์ใช้จริงในภาคอุตสาหกรรม จึงมีความภาคภูมิใจอย่างยิ่งในการจัดพิมพ์ตำรา “การควบคุมและประกันคุณภาพอาหารเพื่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม (Food Quality Control and Quality Assurance for Industrial Applications)” โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้ำฝน ไทยวงษ์ อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะนวัตกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงเนื้อหาไว้อย่างเป็นระบบ ครอบคลุมตั้งแต่หลักการพื้นฐาน ปัจจัยและตัวบ่งชี้คุณภาพ การวัดคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ตลอดจนกฎระเบียบ มาตรฐานสากล ระบบ HACCP เครื่องมือ 7 QC แผนการสุ่มตัวอย่างทางสถิติ ไปจนถึงมาตรฐานเฉพาะตลาดและการบริหารจัดการระบบ QA สมัยใหม่ โดยผสานงานวิจัยเชิงประจักษ์เข้ากับกรณีศึกษาในอุตสาหกรรมอาหารได้อย่างลึกซึ้งและเป็นรูปธรรม

สำนักพิมพ์หวังเป็นอย่างยิ่งว่า ตำราเล่มนี้จะเป็นประโยชน์และเป็นแหล่งอ้างอิงทางวิชาการที่ทรงคุณค่าสำหรับนักศึกษา อาจารย์ ผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมอาหาร ตลอดจนผู้สนใจทั่วไป เพื่อนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการยกระดับมาตรฐานการผลิต และขับเคลื่อนอุตสาหกรรมอาหารของประเทศไทยให้เติบโตอย่างมั่นคงและเข้มแข็งในระดับสากลต่อไป

สยามจุลละมณฑล

คำนำผู้เขียน

ตำราเรียนเล่มนี้พัฒนาจากเอกสารการสอนวิชา 02-408-113-412 หลักการควบคุมและประกันคุณภาพอาหาร ตั้งแต่ปีการศึกษา 1/2565 จนถึงปัจจุบัน โดยครอบคลุมหลักการพื้นฐานของการควบคุมและประกันคุณภาพอาหาร ปัจจัยคุณภาพและตัวบ่งชี้คุณภาพ วิธีการวัดคุณลักษณะคุณภาพอาหารทั้งด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส มาตรฐานและกฎระเบียบด้านอาหาร ระบบ HACCP และระบบการจัดการความปลอดภัยอาหาร มาตรฐานเฉพาะตลาด ได้แก่ มาตรฐานฮาลาลและโคเชอร์ เครื่องมือปรับปรุงคุณภาพ การสุ่มตัวอย่างและแผนการตรวจรับทางสถิติ ตลอดจนแนวโน้มและเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการประกันคุณภาพอาหาร ตำราเล่มนี้บูรณาการการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารร่วมกับเนื้อหาในแต่ละบท เพื่อเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับการประยุกต์ใช้จริงในบริบทอุตสาหกรรมอาหารไทยและสากล

ผู้เขียนขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตำราเล่มนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าตำราเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษา ผู้ปฏิบัติงานในอุตสาหกรรมอาหาร และผู้สนใจทั่วไปในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิผล

น้ำฝน ไทยวงษ์

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำและหลักการพื้นฐานของการควบคุมคุณภาพอาหาร 13

1.1 ความสำคัญของการควบคุมคุณภาพอาหาร 14
1.2 นิยามและแนวคิดพื้นฐานของคุณภาพ 19
1.3 ความแตกต่างระหว่างการควบคุมคุณภาพ และการประกันคุณภาพ 26
1.4 ประวัติความเป็นมาของการควบคุมคุณภาพ 28
1.5 วัตถุประสงค์หลักของการควบคุมคุณภาพ 29
สรุป 31
คำถามท้ายบท 32
เฉลย 33
อ้างอิงท้ายบท 34

บทที่ 2 ปัจจัยคุณภาพและตัวบ่งชี้คุณภาพอาหาร 37

2.1 ความเข้าใจลักษณะคุณภาพอาหาร 38
2.2 ปัจจัยคุณภาพที่มีผลต่ออาหาร 40
2.3 ตัวบ่งชี้คุณภาพ 49
2.4 การประยุกต์ปัจจัยคุณภาพและตัวบ่งชี้คุณภาพในอุตสาหกรรมอาหาร 52
สรุป 52
คำถามท้ายบท 53
เฉลย 54
อ้างอิงท้ายบท 55

บทที่ 3 คุณลักษณะคุณภาพอาหารและการวัดคุณภาพเบื้องต้น 61

3.1 คุณภาพทางกายภาพและการวัด 62
3.2 คุณภาพทางเคมีและการวัด 69
3.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์และการวัด 75
3.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส 79
สรุป 82
คำถามท้ายบท 83
เฉลย 84
อ้างอิงท้ายบท 85

บทที่ 4 มาตรฐาน กฎระเบียบ และระบบการจัดการความปลอดภัยและคุณภาพอาหาร 89

4.1 มาตรฐานและกฎระเบียบด้านอาหารในระดับนานาชาติ 90
4.2 มาตรฐานและกฎระเบียบด้านอาหารของประเทศไทย 92
4.3 หลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร 94
4.4 หลักการวิเคราะห์อันตรายและการควบคุมจุดวิกฤตและการประยุกต์ใช้ 96
4.5 ระบบการจัดการความปลอดภัยและคุณภาพอาหาร 111
สรุป 116
คำถามท้ายบท 117
เฉลย 118
อ้างอิงท้ายบท 119

บทที่ 5 เครื่องมือ 7 QC สำหรับการปรับปรุงคุณภาพและผลผลิต 121

5.1 หลักการและความสำคัญของ 7 QC tools 122
5.2 เครื่องมือกลุ่มการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 124
5.3 เครื่องมือกลุ่มการแสดงการกระจายและความสัมพันธ์ของข้อมูล 132
5.4 แผนภูมิควบคุม 141
5.5 การดำเนินการแก้ไขและป้องกัน 149
สรุป 150
คำถามท้ายบท 151
เฉลย 152
อ้างอิงท้ายบท 153

บทที่ 6 การสุ่มตัวอย่างและแผนการตรวจรับในการควบคุมและประกันคุณภาพอาหาร 155

6.1 หลักการและการวางแผนการสุ่มตัวอย่าง 156
6.2 แผนการตรวจรับทางสถิติ 159
6.3 การประยุกต์ใช้การสุ่มตัวอย่างตลอดห่วงโซ่การผลิตอาหาร 165
6.4 การสุ่มตัวอย่างในอุตสาหกรรมอาหาร 168
สรุป 170
คำถามท้ายบท 171
เฉลย 172
อ้างอิงท้ายบท 173

บทที่ 7 การบริหารจัดการและการประยุกต์ระบบประกันคุณภาพ 175

7.1 แนวคิดและหลักการของการประกันคุณภาพอาหาร 176
7.2 การจัดการเอกสารและระบบบันทึกในงาน QA 179
7.3 การตรวจติดตามคุณภาพภายในองค์กร 185
7.4 การบูรณาการระบบ QC และ QA สู่การปฏิบัติในองค์กร 188
7.5 แนวโน้มและเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการประกันคุณภาพอาหาร 191
7.6 มาตรฐานเฉพาะตลาดและการบูรณาการกับระบบประกันคุณภาพ 192
สรุป 200
คำถามท้ายบท 200
เฉลย 201
อ้างอิงท้ายบท 202

บรรณานุกรม 206

ดัชนี 225

ประวัติผู้เขียน 235

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกจาก ค.ศ. 1990 ถึง ค.ศ. 2100	14
1.2	ห่วงโซ่อุปทานของอาหารตามแนวคิด *From Farm to Fork*	15
1.3	แนวคิด *From Farm to Fork* ที่ครอบคลุมการพัฒนาอย่างยั่งยืน	16
2.1	โซนอุณหภูมิและผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร	40
2.2	เสถียรภาพของอาหารแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำอิสระ และการเสื่อมสภาพของอาหารในรูปแบบต่าง ๆ	46
3.1	โครงสร้างของระบบสี CIE *L*a*b** color space (a) รูปแบบทรงกลมสามมิติ (b) รูปแบบชั้นวงรีซ้อนกันที่ระดับความสว่างต่างกัน	63
3.2	ระบบสีที่ใช้ในการวัดคุณภาพสีของอาหาร (a) แผนภาพโครมาติซิตีของระบบ RGB มาตรฐานต่าง ๆ (b) ระบบสี HSV และ HSL (c) การเปรียบเทียบการไล่สี ระหว่างระบบ RGB เชิงเส้นและระบบ *L*a*b** (d) โครงสร้างทรงกลมของระบบสี *L*a*b**	64
3.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเฉือน (shear rate) และความเค้นเฉือน (shear stress) ของของเหลวประเภท Newtonian, pseudoplastic, dilatant และ Bingham plastic	67
3.4	กลไกออกซิเดชันของไขมันแบบอนุมูลอิสระ แสดงขั้นเริ่มต้น ขั้นต่อเนื่อง ขั้นสิ้นสุด และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น	73
4.1	กระบวนการผลิตน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์	99
4.2	CCP decision Tree ที่ใช้กับแต่ละขั้นตอนที่ระบุอันตรายที่มีนัยสำคัญ	101
4.3	โครงสร้างวงจร PDCA สองระดับของระบบการจัดการความปลอดภัยอาหาร ISO 22000:2018 ประกอบด้วยวงจรระดับองค์กร (organizational planning and control) และวงจรระดับปฏิบัติการ (operational planning and control)	113
5.1	โครงสร้างแผนภูมิก้างปลา (fishbone diagram) ตามกรอบ 6M สำหรับการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาในกระบวนการผลิต	125
5.2	แผนภูมิก้างปลาสำหรับการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาอายุการเก็บรักษาสั้นกว่ากำหนดของนมพาสเจอร์ไรส์ตามกรอบ 6M	126
5.3	แผนภูมิพาเรโตแสดงความถี่ของข้อบกพร่องและร้อยละสะสม	128
5.4	แผนภูมิพาเรโตของข้อร้องเรียนจากลูกค้า	129
5.5	ใบตรวจสอบความถี่การเกิดข้อบกพร่องรายวันของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์	131
5.6	รูปแบบของฮิสโตแกรมที่พบในการควบคุมคุณภาพกระบวนการผลิต (A) รูปแบบปกติ (normal distribution) (B) รูปแบบเบ้ขวา (positive skewed distribution) (C) รูปแบบสองยอด (bimodal distribution) (D) รูปแบบถูกตัดทอน (truncated distribution)	134

5.7	ฮิสโตแกรมแสดงการกระจายตัวของปริมาณบรรจุน้ำผลไม้	135
5.8	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการหมักและปริมาตรของขนมปัง	138
5.9	อัตราของเสียแยกตามเตาอบในโรงงานผลิตบิสกิต	140
5.10	แผนภูมิการควบคุม x-bar chart ของค่าเฉลี่ยปริมาตรสุทธิของน้ำดื่มบรรจุขวด	147
5.11	แผนภูมิการควบคุม R chart ของค่าเฉลี่ยปริมาตรสุทธิของน้ำดื่มบรรจุขวด	148
6.1	เส้นโค้งสมรรถนะ (OC curve) เปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว (single sampling plan) ที่จำนวนที่ยอมรับได้ (acceptance number, c) = 2 และขนาดตัวอย่าง (n) ต่างกัน 3 ขนาด	161
7.1	กระบวนการสอบกลับ (traceability)	183
7.2	การเรียกคืนผลิตภัณฑ์ (product recall)	184

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	นิยามของคุณภาพตามสถาบันและมาตรฐานนานาชาติ	20
1.2	คุณลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์นม	21
1.3	การประเมินคุณภาพไข่ไก่	22
1.4	วิวัฒนาการของนิยามคุณภาพอาหารในการรับรู้ของผู้บริโภค	23
1.5	คุณลักษณะเฉพาะที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเรื่องคุณภาพ	23
1.6	ความแตกต่างระหว่างการควบคุมคุณภาพและการประกันคุณภาพ	26
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพ ลักษณะคุณภาพ และผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์อาหาร	39
2.2	การจัดเก็บผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความเค็มต่างกัน	45
2.3	ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหาร	48
3.1	ช่วงค่า pH และแนวทางการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่สำคัญ	70
4.1	การกำหนดจุดควบคุมวิกฤต (CCP determination worksheet) ที่ใช้กับแต่ละขั้นตอนที่ระบุอันตรายที่มีนัยสำคัญ	102
4.2	การวิเคราะห์อันตรายกระบวนการผลิตน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์	105
4.3	คำอธิบายลักษณะผลิตภัณฑ์และกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายสำหรับการจัดทำแผน HACCP ของผลิตภัณฑ์น้ำส้มพาสเจอร์ไรส์	107
4.4	การกำหนดจุดควบคุมวิกฤตของกระบวนการผลิตน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์	107
4.5	แผน HACCP น้ำส้มพาสเจอร์ไรส์ตามหลักการที่ 3 - 6	108
4.6	ตัวอย่างเอกสารในระบบ HACCP	109
4.7	การเปลี่ยนแปลงสำคัญของ Codex CXC 1-1969	111
4.8	เปรียบเทียบมาตรฐานระบบการจัดการความปลอดภัยอาหาร	115
5.1	การจัดกลุ่มเครื่องมือ 7 QC ตามหน้าที่การใช้งาน	123
5.2	สาเหตุหลักของปัญหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรส์สั้นกว่ากำหนด จำแนกตามองค์ประกอบ 6M	125
5.3	ข้อมูลการร้องเรียนจากลูกค้าโรงงานผลิตซอสพริก	128
5.4	ตารางแจกแจงความถี่ปริมาณบรรจุน้ำผลไม้	135
5.5	ข้อมูลอุณหภูมิการหมักและปริมาตรขนมปัง	137
5.6	อัตราของเสียแยกตามเตาอบในโรงงานผลิตบิสกิต	139
5.7	การเลือกใช้แผนภูมิควบคุมในอุตสาหกรรมอาหาร	142
5.8	ค่าคงที่ A_2, D_3 และ D_4 ตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง (n)	143

5.9 สมการการคำนวณเส้นกลาง เส้นขีดจำกัดควบคุมบน และเส้นขีดจำกัดควบคุมล่าง ของแผนภูมิควบคุม 143
5.10 การเปรียบเทียบขีดจำกัดควบคุมและขีดจำกัดมาตรฐาน 144
5.11 ข้อมูลปริมาตรสุทธิ (มิลลิลิตร) ของน้ำดื่มบรรจุขวด 145
5.12 ความแตกต่างระหว่างการแก้ไขเฉพาะหน้า การดำเนินการแก้ไข และการดำเนินการป้องกันในระบบคุณภาพอาหาร 149
6.1 วิวัฒนาการของมาตรฐานแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจรับ 159
6.2 พารามิเตอร์สำคัญในแผนการตรวจรับทางสถิติและความหมายในอุตสาหกรรมอาหาร 162
6.3 การจำแนกประเภทข้อบกพร่อง (ISO 2859-1 / MIL-STD-105E) และค่า AQL ที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมอาหาร 163
6.4 ตัวอย่างขนาดตัวอย่างและ acceptance number จากมาตรฐาน ANSI/ASQ Z1.4 164
6.5 การประยุกต์ใช้การสุ่มตัวอย่างในแต่ละจุดของห่วงโซ่การผลิตอาหาร 166
6.6 ความแตกต่างของการสุ่มตัวอย่างระหว่างอุตสาหกรรมทั่วไปและอุตสาหกรรมอาหาร 169
7.1 ลำดับชั้นและลักษณะสำคัญของประเภทเอกสารในระบบประกันคุณภาพอาหาร 180
7.2 หน่วยงานรับรองฮาลาลสำคัญในระดับสากลและขอบเขตการยอมรับ 194
7.3 การเปรียบเทียบขอบเขตของระบบ HACCP/GMP กับมาตรฐานฮาลาล 195
7.4 ภาพรวมตลาดฮาลาลในภูมิภาคสำคัญและผลิตภัณฑ์ไทยที่มีศักยภาพ 196
7.5 การเปรียบเทียบข้อกำหนดและจุดร่วมของ BRCGS ฮาลาล (CICOT) และประกาศกระทรวงสาธารณสุข (สธ.) ฉบับที่ 420 198



บทที่ 1

บทนำและหลักการพื้นฐาน ของการควบคุมและประกันคุณภาพอาหาร

Introduction and Fundamental Principles of Food Quality Control and Quality Assurance

บทนำ

อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยพื้นฐานที่มนุษย์จำเป็นต้องใช้ในการดำรงชีวิต นอกเหนือจากการให้พลังงานและสารอาหารแล้ว ผลิตภัณฑ์อาหารยังต้องมีคุณภาพที่ดี ปลอดภัย และตรงตามความต้องการของผู้บริโภคในแต่ละยุคสมัย ในบริบทของอุตสาหกรรมอาหารสมัยใหม่ที่มีความซับซ้อนและแข่งขันกันสูง การควบคุมคุณภาพ (quality control: QC) และการประกันคุณภาพ (quality assurance: QA) จึงไม่ได้เป็นเพียงกิจกรรมเสริม แต่เป็นกลไกสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ความสำเร็จของธุรกิจ และความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก

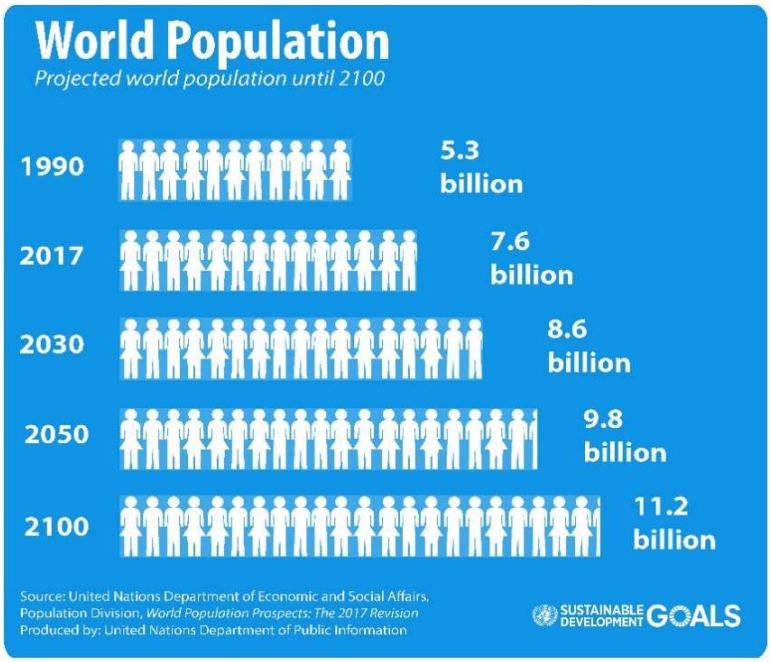
บทนี้มุ่งอธิบายความสำคัญของการควบคุมคุณภาพอาหาร นิยามและแนวคิดพื้นฐานของคุณภาพ ความแตกต่างระหว่าง QC และ QA วิวัฒนาการของการควบคุมคุณภาพ และวัตถุประสงค์หลักของการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมอาหาร

1.1 ความสำคัญของการควบคุมคุณภาพอาหาร

1.1.1 ภาพรวมและบริบทของอุตสาหกรรมอาหาร

อุตสาหกรรมอาหารจัดเป็นหนึ่งในภาคการผลิตที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และมีห่วงโซ่คุณค่าที่ซับซ้อน ปัจจุบันการเติบโตและการเปลี่ยนแปลงของอุตสาหกรรมนี้ถูกขับเคลื่อนโดยปัจจัยหลายประการ ได้แก่

1) การเพิ่มจำนวนประชากรโลก ตามการคาดการณ์ของสหประชาชาติ ใน ค.ศ. 2030 จำนวนประชากรจะเพิ่มขึ้นเป็น 8.6 พันล้านคน และใน ค.ศ. 2050 จะเพิ่มขึ้นเป็น 9.8 พันล้านคน



ภาพที่ 1.1 การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกจาก ค.ศ. 1990 - 2100

ที่มา: United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2017

จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดความต้องการอาหารในปริมาณมหาศาล ทำให้อุตสาหกรรมอาหารต้องมีระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน (Cole et al., 2018)

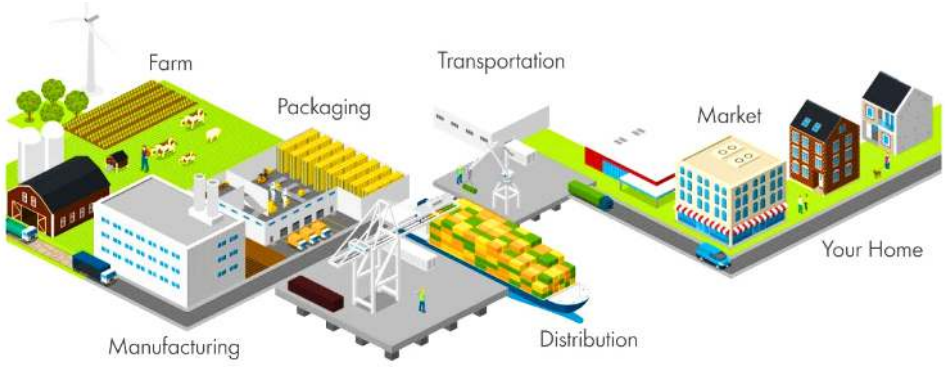
2) การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคสมัยใหม่ที่ต้องการอาหารมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคและสารพิษ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และมีความรับผิดชอบต่อสังคม (Kenny et al., 2023)

3) ความเข้มงวดของกฎหมายและมาตรฐานด้านความปลอดภัยของอาหารที่เพิ่มขึ้นทั้งระดับประเทศและระดับสากล

ปัจจัยทั้งสามนี้ อันได้แก่ การเพิ่มจำนวนประชากรโลก การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภค และการเข้มงวดของมาตรฐานความปลอดภัยอาหาร จึงเป็นแรงผลักดันให้การควบคุมคุณภาพอาหารมีความสำคัญและมีความเข้มงวดตลอดห่วงโซ่อุปทาน เนื่องจากห่วงโซ่อุปทานของอาหาร (food supply chain) มีความซับซ้อนและเชื่อมโยงกัน ตั้งแต่การเพาะปลูก การประมง การเลี้ยงสัตว์ การแปรรูป การขนส่ง การจัดเก็บ การจำหน่าย จนกระทั่งอาหารถึงมือผู้บริโภค (ภาพที่ 1.2) คุณภาพของอาหารอาจเปลี่ยนแปลงได้ในแต่ละขั้นตอนของห่วงโซ่นี้ เนื่องจากสภาวะแวดล้อม อุณหภูมิ เวลา หรือจุลินทรีย์ การควบคุมคุณภาพจึงต้องเริ่มตั้งแต่การจัดเตรียมวัตถุดิบ และดำเนินต่อเนื่องไปตลอดทั้งกระบวนการจนถึงมือผู้บริโภคตามแนวคิด *From Farm to Fork* หรือ *จากฟาร์มถึงโต๊ะอาหาร*

1.1.2 การประยุกต์ใช้การควบคุมคุณภาพตามแนวคิด *From Farm to Fork* ในอุตสาหกรรมอาหาร

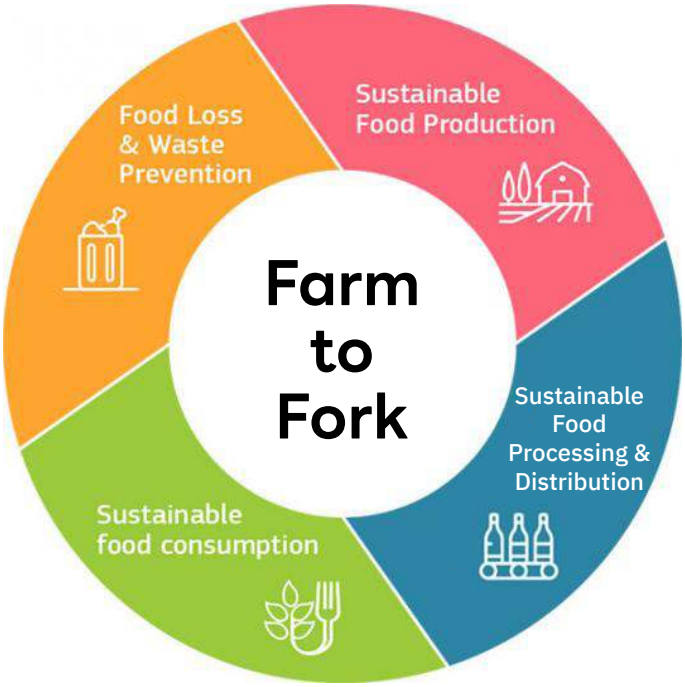
มีการนำแนวคิด *From Farm to Fork* มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารไทยผ่านระบบการตรวจสอบย้อนกลับ (traceability system) ที่กำหนดให้ผู้ประกอบการในทุกระดับของห่วงโซ่อุปทานต้องบันทึกและรายงานข้อมูลที่เชื่อมโยงจากแหล่งผลิตต้นทางถึงผู้บริโภคปลายทาง ดังเช่นอุตสาหกรรมกุ้งแปรรูปเพื่อการส่งออกที่ต้องระบุแหล่งที่มาของวัตถุดิบ สภาวะการเลี้ยง และกระบวนการแปรรูปทุกขั้นตอนตามข้อกำหนดของสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา โดยมี QR code บนบรรจุภัณฑ์ให้ผู้บริโภคสืบค้นข้อมูลได้ทันที การควบคุมคุณภาพตลอดสายการผลิตยังสอดคล้องกับหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (good manufacturing practice: GMP) และระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (hazard analysis and critical control point: HACCP) ซึ่งกำหนดจุดควบคุมคุณภาพตั้งแต่การรับวัตถุดิบไปจนถึงการส่งมอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแก่ลูกค้า



ภาพที่ 1.2 ห่วงโซ่อุปทานของอาหารตามแนวคิด *From Farm to Fork*

ที่มา: Kiger, 2020

นอกจากการมุ่งเน้นในด้านการควบคุมคุณภาพเพื่อตอบสนองข้อกำหนดของกฎหมายและมาตรฐานแล้ว ความปลอดภัยอาหารยังเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับการพัฒนาอย่างยั่งยืนของอุตสาหกรรมอาหาร ใน 4 ด้าน ได้แก่ การผลิตอย่างยั่งยืน การแปรรูปและจำหน่ายอย่างยั่งยืน การบริโภคอย่างยั่งยืน และการป้องกันการสูญเสีย (ภาพที่ 1.3) การควบคุมคุณภาพอาหารจึงเป็นส่วนสำคัญที่ไม่อาจแยกออกจากการพัฒนาอย่างยั่งยืนได้



ภาพที่ 1.3 แนวคิด *From Farm to Fork* ที่ครอบคลุมการพัฒนาอย่างยั่งยืน

ที่มา: FAO, 2021

1.1.3 ความสำคัญของการควบคุมคุณภาพอาหารสำหรับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

การควบคุมคุณภาพอาหารเป็นกิจกรรมบริหารจัดการที่สำคัญในทุกระดับของห่วงโซ่อุปทาน ความท้าทายที่ใหญ่ที่สุดไม่ได้อยู่ที่การควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยเท่านั้น แต่รวมถึงการรักษาความสมบูรณ์ของอาหาร (food integrity) ซึ่งหมายถึงการป้องกันการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทาน (Minnens et al., 2019) ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (stakeholders) ในห่วงโซ่อุปทานให้ความสำคัญกับการควบคุมคุณภาพอาหารที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) ความสำคัญด้านผู้บริโภค

1.1) สิทธิพื้นฐานของผู้บริโภค ผู้บริโภคมีสิทธิขั้นพื้นฐานในการได้รับอาหารที่ปลอดภัย มีคุณภาพดีและมีคุณค่าทางโภชนาการเพียงพอ ข้อมูลเหล่านี้ต้องสอดคล้องกับการระบุข้อความบนบรรจุภัณฑ์และสิ่งประกาศของผลิตภัณฑ์ สิทธิดังกล่าวเป็นทั้งมาตรฐานด้านคุณธรรมและจริยธรรม ข้อบังคับทางกฎหมาย รวมถึงข้อตกลงระหว่างประเทศที่ได้รับการยอมรับ

1.2) ผลกระทบต่อสุขภาพและความเสี่ยง การควบคุมคุณภาพอาหารอย่างเข้มงวดช่วยลดความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารที่อันตรายในหลายด้าน ทั้งการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรียก่อโรค ไวรัส

และรา การปนเปื้อนจากสารพิษและสารเจือปนจากการผลิตหรือสารกำจัดศัตรูพืช รวมถึงอาหารที่เสื่อมคุณภาพจากปฏิกิริยาทางเคมี เอนไซม์ หรืออยู่ในสภาวะการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม

1.3) การรักษาคุณค่าทางโภชนาการ การควบคุมคุณภาพที่เหมาะสมช่วยรักษาคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญในอาหาร เช่น วิตามิน แร่ธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการรักษาสุขภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มเด็ก สตรีตั้งครรภ์ และผู้สูงอายุ ซึ่งมีความต้องการทางโภชนาการสูง

1.4) การสร้างความเชื่อมั่นและความพึงพอใจของผู้บริโภค การควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพและโปร่งใส (transparency) เป็นรากฐานสำคัญของความเชื่อมั่นที่ผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์และแบรนด์ ซึ่งนำไปสู่พฤติกรรมการซื้อซ้ำ (repeat purchase) และความภักดีต่อแบรนด์ (brand loyalty) ความเชื่อมั่นดังกล่าวจึงเป็นสินทรัพย์ที่มีคุณค่าต่อการดำเนินธุรกิจในระยะยาว

2) ความสำคัญด้านวิสาหกิจอาหาร

2.1) การสร้างชื่อเสียงและการเพิ่มศักยภาพการแข่งขัน การควบคุมคุณภาพไม่ได้เป็นเพียงเครื่องมือที่ปฏิบัติตามข้อบังคับกฎหมาย แต่ยังเป็นกลยุทธ์สำคัญในการสร้างชื่อเสียง (reputation) และความเชื่อถือจากลูกค้า (customer confidence) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความภักดีของลูกค้า (customer loyalty) และส่วนแบ่งตลาด โดยเฉพาะในยุคที่ข้อมูลข่าวสารแพร่กระจายอย่างรวดเร็วผ่านสื่อดิจิทัล องค์กรที่มีระบบควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพจึงมีข้อได้เปรียบในการแข่งขันทางธุรกิจอย่างมีนัยสำคัญ

2.2) การลดต้นทุนการผลิต การควบคุมคุณภาพที่ดีช่วยลดต้นทุนการผลิตในหลายด้าน ทั้งการลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องยกเลิก ทำลาย หรือผลิตใหม่ (rework) และการลดการสูญเสียทรัพยากร พลังงาน และเวลาจากการระบุและแก้ไขข้อบกพร่องในระยะเริ่มต้น ตลอดจนเพิ่มผลผลิต (productivity) และอัตราการผลิต (throughput) ของสายการผลิตโดยรวม

2.3) การขยายตลาดและการเข้าสู่ตลาดส่งออก ผู้ผลิตที่มีระบบควบคุมคุณภาพตามมาตรฐานระดับสูงย่อมได้เปรียบในตลาดส่งออก โดยเฉพาะตลาดที่มีข้อกำหนดเข้มงวด การปฏิบัติตามมาตรฐานสากล เช่น Codex Alimentarius และมาตรฐาน International Organization for Standardization (ISO) ช่วยเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันในตลาดโลก และยังแสดงถึงความมุ่งมั่นของบริษัทในการผลิตอาหารที่มีคุณภาพอย่างจริงจัง

2.4) การลดความเสี่ยงจากการเรียกคืนผลิตภัณฑ์ การเรียกคืนผลิตภัณฑ์ (product recall) มีต้นทุนทางการเงินสูงและอาจส่งผลเสียต่อชื่อเสียงขององค์กรในระยะยาว เนื่องจากข่าวเชิงลบส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภคมากกว่าข่าวเชิงบวก การมีระบบควบคุมคุณภาพที่เข้มแข็งจึงเป็นกลไกสำคัญในการป้องกันสถานการณ์ที่อาจนำไปสู่ความเสียหายดังกล่าว

3) ความสำคัญด้านกฎหมายและข้อบังคับ

3.1) รัฐบาลและหน่วยงานควบคุมอาหารมีหน้าที่กำหนดกฎหมายและข้อบังคับเพื่อปกป้องสุขภาพของประชาชน ครอบคลุมการกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำด้านความปลอดภัยและคุณภาพ การระบุขีดจำกัดสูงสุดของสารปนเปื้อนที่ยอมรับได้ การบังคับให้ผู้ผลิตจัดเก็บข้อมูลการผลิตอย่างถูกต้อง รวมถึงการสร้างระบบการติดตามและสอบย้อนกลับ (traceability systems) เพื่อให้เรียกคืนผลิตภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็วเมื่อเกิดปัญหาด้านความปลอดภัย

3.2) การผลักดันการปฏิบัติตามข้อบังคับ ผู้ผลิตที่ไม่ปฏิบัติตามข้อบังคับอาจได้รับบทลงโทษในระดับที่แตกต่างกัน ตั้งแต่การปรับเงิน (fines) การเพิกถอนใบอนุญาต (license revocation) การถอนผลิตภัณฑ์ออกจากตลาด (product withdrawal) ไปจนถึงความรับผิดทางกฎหมายจากการฟ้องร้อง การปฏิบัติตามข้อบังคับจึงเป็นต้นทุนและความเสี่ยงที่ผู้ประกอบการต้องคำนึงถึงอย่างจริงจัง

4) ความสำคัญด้านการค้าและความสัมพันธ์ระหว่างประเทศ

4.1) มาตรฐานสากล ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศส่งออกอาหารที่สำคัญของโลก จึงต้องปฏิบัติตามมาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติ ได้แก่ Codex Alimentarius ซึ่งเป็นมาตรฐานอาหารที่จัดทำโดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) และองค์การอนามัยโลก (องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) มาตรฐาน ISO 22000 สำหรับระบบการจัดการความปลอดภัยอาหาร และหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (GMP) มาตรฐานเหล่านี้เป็นพื้นฐานสำคัญในการผลิตอาหารที่ปลอดภัยและมีคุณภาพ

4.2) ข้อได้เปรียบในการแข่งขัน ผู้ผลิตที่มีระบบควบคุมคุณภาพที่ดีและได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากลจะมีข้อได้เปรียบในการเข้าถึงตลาดส่งออก ตอบสนองความต้องการของผู้ซื้อในต่างประเทศ และสร้างความเชื่อมั่นให้แก่คู่ค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3) สัญญาณความน่าเชื่อถือ มาตรฐานคุณภาพเป็นสัญญาณที่แสดงถึงความน่าเชื่อถือและความมุ่งมั่นของบริษัท โดยเฉพาะในตลาดที่ผู้ซื้อและผู้ขายมีข้อมูลไม่เท่าเทียมกัน (information asymmetry)

5) ความสำคัญด้านสภาพแวดล้อมและการพัฒนาที่ยั่งยืน

5.1) การลดของเสียและการสูญเสียอาหาร การควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพช่วยลดการเกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานและการสูญเสียอาหารในกระบวนการผลิต ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปฝังกลบหรือเผาทำลาย

5.2) การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การลดของเสียในกระบวนการผลิตนำไปสู่การประหยัดทรัพยากรในหลายด้าน ทั้งการใช้น้ำ พลังงาน และวัตถุดิบ เนื่องจากลดความจำเป็นในการผลิตซ้ำและกระบวนการที่ไม่มีประสิทธิภาพ

5.3) การจัดการของเสียและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ระบบควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพครอบคลุมการจัดการของเสียอย่างเป็นระบบ การลดมลพิษจากกระบวนการผลิต และการส่งเสริมการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ (recycling) เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

6) มิติการสื่อสารและการแบ่งปันข้อมูล

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในอุตสาหกรรมอาหารของยุโรปมีทัศนคติเชิงบวกอย่างมากต่อแนวคิด (Food Integrity Information Sharing System: FI-ISS) และมีความเต็มใจเข้าร่วมระบบสูงถึงร้อยละ 81 เนื่องจากช่วยตรวจจับปัญหา ระบุจุดอ่อนในห่วงโซ่อุปทาน และป้องกันปัญหาได้อย่างทันท่วงที อย่างไรก็ตาม การนำระบบนี้มาใช้ยังมีข้อกังวลด้านความลับทางการค้า ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประกอบการและข้อจำกัดด้านทรัพยากรของบริษัทขนาดกลาง ซึ่งต้องอาศัยองค์กรกลางที่เชี่ยวชาญในการจัดการและปกป้องข้อมูล (Minnens et al., 2019)

เมื่อพิจารณาความสำคัญของการควบคุมคุณภาพอาหารจากมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในทุกกลุ่มที่กล่าวมาข้างต้นร่วมกัน พบว่ามีหลักการร่วม 2 ประการ ได้แก่ 1) ความสำคัญในแต่ละมิติไม่ได้แยกขาดจากกัน แต่มีความเชื่อมโยงกัน กล่าวคือ การปกป้องสุขภาพผู้บริโภคเป็นรากฐานที่นำไปสู่การสร้างชื่อเสียงของ

ผู้ประกอบการ ความน่าเชื่อถือในตลาดการค้าระหว่างประเทศ และการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 2) ในบริบทของอุตสาหกรรมอาหารไทยที่พึ่งพาการส่งออก การควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิผลมิใช่เพียงภาระต้นทุน แต่เป็นการลงทุนเชิงกลยุทธ์ที่สร้างมูลค่าและความสามารถในการแข่งขันในระยะยาว (Minnens et al., 2019)

1.2 นิยามและแนวคิดพื้นฐานของคุณภาพ

1.2.1 ความหมายของคุณภาพ

คำว่า “คุณภาพ (quality)” มีต้นกำเนิดมาจากภาษาลาติน “qualitas” แปลว่า ธรรมชาติ หรือลักษณะเฉพาะ อย่างไรก็ตาม คุณภาพอาหารไม่ใช่แนวคิดที่มีความหมายตายตัว แต่ขึ้นอยู่กับการรับรู้ของผู้บริโภคซึ่งแตกต่างกันไปตามบริบท เวลา และสถานที่ นอกจากนี้คุณลักษณะที่ผู้บริโภคใช้ประเมินคุณภาพอาหารยังมีความหลากหลายและเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตามความสนใจ ความกังวล ความต้องการ และความรู้ในแต่ละยุคสมัย (Petrescu et al., 2020) เช่น

- ผู้บริโภค: นมพาสเจอร์ไรส์จะมีคุณภาพเมื่อสดใหม่และอร่อย
- ผู้ผลิต: นมพาสเจอร์ไรส์จะมีคุณภาพเมื่อผลิตได้ด้วยต้นทุนต่ำ
- นักวิทยาศาสตร์: นมพาสเจอร์ไรส์จะมีคุณภาพเมื่อมีค่า pH = 6.6 - 6.8 ปราศจาก *Salmonella* spp. และ *Listeria monocytogenes* ในตัวอย่าง 25 กรัม/มิลลิลิตร และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 20,000 CFU/mL ตามเกณฑ์จุลินทรีย์จาก Grade A Pasteurized Milk Ordinance (PMO) ของสหรัฐอเมริกา

การกำหนดนิยามของคำว่า *คุณภาพ* ที่ชัดเจนและให้เป็นที่ยอมรับร่วมกันจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องตลอดห่วงโซ่อุปทานอาหารมีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน รวมทั้งวัดและเปรียบเทียบคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1) นิยามตามมุมมองทางวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมที่หลากหลาย

การค้นหานิยามที่เหมาะสมของคำว่า *คุณภาพ* เป็นการพัฒนาทางความคิดมาตั้งแต่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม (industrial revolution) จนถึงปัจจุบัน นักวิชาการและองค์กรระหว่างประเทศได้เสนอนิยามต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์และบริบทของการใช้ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 นิยามของคุณภาพตามสถาบันและมาตรฐานนานาชาติ

แหล่งที่มา	นิยาม	บริบทที่ใช้	ข้อจำกัด/ข้อเสนอ	อ้างอิง
ISO 8402*	คุณภาพเป็น*ความสามารถของผลิตภัณฑ์ในการตอบสนองความต้องการและความคาดหวังของผู้บริโภค* ทั้งด้านการใช้งาน ความปลอดภัย และความพึงพอใจ	มาตรฐานทั่วไปใช้ได้กับทุกสินค้า	ยังคงเป็นนามธรรม ต้องตีความเพิ่มเติมตามประเภทสินค้า	Lushi et al. (2016)
Juran (1951)	คุณภาพ คือ *ความเหมาะสมในการใช้งาน* (fitness for use) และต้องเป็นที่พึงพอใจของลูกค้า โดยเน้นทั้งการตอบสนองความต้องการและการควบคุมต้นทุนการผลิต	อุตสาหกรรมการผลิต เน้นความสมดุลระหว่าง*การตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและการควบคุมต้นทุนการผลิตให้เหมาะสม*	ต้องการการกำหนด*ความเหมาะสม*อย่างชัดเจนเพื่อให้สามารถวัดได้	Agrawal et al. (2024)
Deming (1982)	คุณภาพแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ (1) คุณภาพจากการออกแบบ (quality of design) ที่สร้างความพึงพอใจให้ผู้บริโภค และ (2) คุณภาพจากความถูกต้องในการผลิต (quality of conformance) ที่ควบคุมต้นทุน	การควบคุมคุณภาพและการปรับปรุงกระบวนการ	ช่วยให้มองเห็นว่า*คุณภาพ* มาจากสองแหล่ง ซึ่งสำคัญสำหรับการควบคุมคุณภาพอาหาร	Bošković & Radosavljević (2015)
Crosby (1979)	คุณลักษณะและประโยชน์ของการใช้งานโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองการใช้งานได้อย่างเหมาะสม ตรงกับความคาดหวังและความต้องการของลูกค้า	การบริหารคุณภาพแบบองค์รวม *zero defect*	เน้นการป้องกันปัญหามากกว่าการตรวจสอบ	Agrawal (2020)

หมายเหตุ: * ISO 8402:1994 เป็นมาตรฐานที่ถูกยกเลิกแล้ว โดยเนื้อหาถูกรวมเข้าไปในมาตรฐาน ISO 9000:2000 (Quality management systems — Fundamentals and vocabulary) ตั้งแต่ ค.ศ. 2000 นิยามที่นำเสนอในตารางนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายพัฒนาการทางประวัติศาสตร์ของแนวคิดคุณภาพเท่านั้น มิใช่มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงในทางปฏิบัติปัจจุบัน (ISO, 2015)

นิยามของ *คุณภาพ* ในบริบทของการควบคุมคุณภาพอาหารจึงหมายถึง การประเมินโดยรวมที่ครอบคลุมทั้งด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ประสาทสัมผัส และความปลอดภัย เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2) นิยามสำหรับอาหารและการควบคุมคุณภาพ

คุณภาพอาหารในบริบทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร หมายถึง การประเมินแบบองค์รวม (holistic assessment) ในด้านคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์อาหาร ทั้งด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ที่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค รวมถึงความปลอดภัย คุณค่าทางโภชนาการ และการเก็บรักษา ซึ่งการประเมินรวมแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การประเมินรวมเป็นการประเมินที่ไม่ใช่การตัดสินจากคุณลักษณะเดียวเท่านั้น (เช่น สี หรือ กลิ่น) ต้องพิจารณาทุกมิติของคุณภาพอย่างเท่าเทียมกัน คุณลักษณะแต่ละอย่างมีการ *ถ่วงน้ำหนัก* (weighting) ต่างกัน ขึ้นอยู่กับสินค้าและความต้องการของผู้บริโภค

ตัวอย่าง: ไข่ไก่

ถ้าพิจารณาเพียง *สี*

☒ ไข่แดง เปลือกขาว = คุณภาพดี (เพราะสวย)

☒ ไข่ซีด เปลือกขาว = คุณภาพไม่ดี (เพราะไม่สวย)

การประเมินรวม

☑ ไข่แดง เปลือกขาว + ปราศจาก *Salmonella* spp. + ไม่แตก = คุณภาพดี

☑ ไข่ซีด เปลือกขาว + ปราศจาก *Salmonella* spp. + ไม่แตก = คุณภาพดี (สีไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่สุด)

ส่วนที่ 2 คุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์อาหาร ทั้งด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ซึ่งพิจารณาจาก คุณลักษณะกายภาพ (เช่น รูปร่าง สี ความแข็ง ความชื้น ฯลฯ) เคมี (เช่น ค่า pH ไขมัน โปรตีน ความเป็นกรดในน้ำผลไม้ ฯลฯ) จุลินทรีย์ (เช่น จำนวนแบคทีเรีย ไวรัส ราขนาดเล็ก) และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (เช่น รสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ) ยกตัวอย่างลักษณะคุณภาพของนมดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 คุณลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์นม

คุณภาพ	คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์
ด้านกายภาพ	สีขาวหรือขาวนวล
ด้านเคมี	pH 6.6 – 6.8 ไขมันร้อยละ 3.5 โปรตีนร้อยละ 3.0
ด้านจุลินทรีย์	ไม่พบ *Salmonella* spp. และ *L. monocytogenes* ในตัวอย่าง 25 กรัม/มิลลิลิตร โคลิฟอร์ม < 10 CFU/mL และแบคทีเรียรวม < 20,000 CFU/mL*
ด้านประสาทสัมผัส	รสชาตินม ไม่มีกลิ่นแปลก เนื้อสัมผัสเรียบ

หมายเหตุ: อ้างอิงเกณฑ์จุลินทรีย์จาก Grade A Pasteurized Milk Ordinance (PMO) ของสหรัฐอเมริกา*

ส่วนที่ 3 เป็นส่วนที่ส่งผลต่อการตอบสนองความต้องการและการยอมรับของผู้บริโภค ความต้องการในที่นี้เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการเพื่อความพอใจขั้นพื้นฐาน เช่น ต้องการอาหารที่ปลอดภัยและสดใหม่ ขณะที่การยอมรับเป็นการตัดสินใจของผู้บริโภคว่าจะซื้อหรือไม่ (willingness to pay และ repeat purchase) เช่น การยอมรับกลิ่นของเบียร์ที่เบา แต่ไม่ยอมรับกลิ่นของนม

ตัวอย่าง: ผักใบสีเขียว (leafy greens)

ความต้องการ: ปลอดจาก *L. monocytogenes* สดใหม่ ราคาเหมาะสม

การยอมรับ: ผู้บริโภค A ยอมรับความเสี่ยง *L. monocytogenes* ต่ำ เต็มใจจ่ายแพง

ผู้บริโภค B ยอมรับความเสี่ยง *L. monocytogenes* สูงขึ้น เลือกราคาถูก

ส่วนที่ 4 เป็นการรวมความปลอดภัยและการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยความปลอดภัยถือเป็นสิ่งที่ไม่อาจประนีประนอมได้ (non-negotiable) หากผลิตภัณฑ์ไม่ปลอดภัยถือว่าไม่มีคุณภาพ ไม่ว่าจะสดใหม่หรือรสชาติดีเพียงใดก็ตาม ในขณะเดียวกัน มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ก็มีบทบาทสำคัญ เนื่องจากผู้บริโภคจะพิจารณาว่าคุณภาพที่ได้รับนั้นสมเหตุสมผลกับราคาที่จ่ายหรือไม่ก่อนตัดสินใจซื้อ ยกตัวอย่างการประเมินความปลอดภัยและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของไข่ไก่ดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 การประเมินคุณภาพไข่ไก่

คุณลักษณะผลิตภัณฑ์	การประเมินคุณภาพ	เหตุผล
ไข่ไก่สด แต่ตรวจพบ *Salmonella* spp.	ไม่มีคุณภาพ	ความปลอดภัยเป็นสิ่งที่ประนีประนอมไม่ได้ ต้องเรียกคืนผลิตภัณฑ์
ไข่ปลอดภัย ราคา 1 บาท/ฟอง	คุณภาพต่ำใน การรับรู้ของผู้บริโภค	ราคาต่ำผิดปกติทำให้ผู้บริโภคสงสัยใน คุณภาพตามทฤษฎี Price-Quality Signal (Zeithaml, 1988)
ไข่ปลอดภัย สดใหม่ ราคา 5 บาท/ฟอง	มีคุณภาพ	ปลอดภัย สดใหม่ และราคาสมเหตุสมผล

นิยามของคุณภาพในเชิงทฤษฎีต้องถูกแปลงให้เป็นข้อกำหนดที่วัดได้ (measurable specifications) ก่อนที่จะนำไปใช้ในกระบวนการควบคุมคุณภาพจริง กระบวนการนี้เรียกว่าการแปลงความต้องการของผู้บริโภคสู่ข้อกำหนดทางเทคนิค (voice of customer to technical specifications) ตัวอย่างเช่น ความต้องการของผู้บริโภคที่ว่า “นมสดใหม่และปลอดภัย” จะถูกแปลงเป็นข้อกำหนดทางเทคนิคที่วัดได้ เช่น pH อยู่ในช่วง 6.6 – 6.8 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 20,000 CFU/mL ไม่พบ *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* และ *E. coli* ในตัวอย่าง 25 mL และอุณหภูมิการเก็บรักษาไม่เกิน 4°C ตลอดห่วงโซ่อุปทาน (US FDA, 2023) ข้อกำหนดเหล่านี้จะถูกบันทึกเป็น Quality Specification Sheet ซึ่งเป็นเอกสารอ้างอิงสำหรับการควบคุมคุณภาพในสายการผลิตและการตรวจสอบโดยหน่วยงานที่กำกับดูแล การแปลงนิยามคุณภาพสู่ข้อกำหนด

ที่วัดได้จึงเป็นขั้นตอนสำคัญที่เชื่อมโยงระหว่างความคาดหวังของผู้บริโภคกับระบบการควบคุมคุณภาพในโรงงาน

3) ความหลากหลายของนิยามคุณภาพ

เนื่องจากคุณภาพอาหารถูกสร้างขึ้นจากการรับรู้ของผู้บริโภค (Petrescu et al., 2020) ความหมายของคุณภาพจึงแตกต่างกันตามบริบท เวลา และสถานที่ นิยามคุณภาพจึงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตามความสนใจ ความกังวล ความต้องการ และความรู้ของผู้บริโภค ดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 วิวัฒนาการของนิยามคุณภาพอาหารในการรับรู้ของผู้บริโภค

ช่วงเวลา	นิยามคุณภาพในการรับรู้ของผู้บริโภค
ค.ศ. 1990	สดใหม่ สวยงาม และรสชาติดี
ค.ศ. 2000	ปลอดภัย ปราศจากสารกำจัดศัตรูพืช และสดใหม่
ค.ศ. 2010	ปลอดภัย ปราศจากสารกำจัดศัตรูพืช และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
ค.ศ. 2024	ปลอดภัย ปราศจากสารกำจัดศัตรูพืช เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม คำนึงถึงสวัสดิภาพสัตว์ (animal welfare) และราคาเข้าถึงได้

นอกจากนี้ ผู้บริโภคยังใช้คุณลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ในการตัดสินใจว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพหรือไม่ ดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 คุณลักษณะเฉพาะที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเรื่องคุณภาพ

คุณลักษณะเฉพาะ	ตัวอย่าง	หมายเหตุ	อ้างอิง
ประสาทสัมผัส: สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส	สีขาวหรือสีขาวนวล	สัมพันธ์กับการรับรู้โดยตรง	Civille & Carr (2015)
ความสด: ความสดใหม่ อายุการเก็บรักษา	ผักควรสดใหม่ เก็บมาแล้วไม่เกิน 3 วัน	เปลี่ยนแปลงตามปัจจัยอื่น ๆ	FAO (2011)
ความปลอดภัย: ปราศจากจุลินทรีย์ ไม่มีสารกำจัดศัตรูพืช	ห้ามมี *Salmonella* spp. (เช่น ในไข่ไก่ เนื้อสัตว์) และ *E. coli* (เช่น ในผักสด น้ำผลไม้)	ไม่ปลอดภัย = ไม่มีคุณภาพ	FAO/WHO Codex Alimentarius Commission (2004); FDA (2024); WHO (2023)
โภชนาการ: วิตามิน แร่ธาตุ โปรตีน	นมต้องมีแคลเซียม	บ่อยครั้งผู้บริโภคไม่ทราบความจริง	USDA & HHS (2020); WHO & FAO (2004)

คุณลักษณะเฉพาะ	ตัวอย่าง	หมายเหตุ	อ้างอิง
อื่น ๆ: สวัสดิภาพสัตว์ (animal welfare)	ไก่ควรเลี้ยงในโรงไก่ที่กว้างขวาง ไม่แออัด	เน้นความรับผิดชอบต่อสังคม	RSPCA Assured (2024); World Animal Protection (2023)
อื่น ๆ: การผลิตอย่างยั่งยืน (sustainability)	ต้องไม่ทำลายป่า	เน้นสิ่งแวดล้อม	Tscharntke et al. (2012)
อื่น ๆ: ความเป็นธรรมต่อเกษตรกร (fair trade)	ต้องจ่ายให้เกษตรกรอย่างยุติธรรม	เน้นจริยธรรม	Raynolds et al. (2007)

ที่มา: Petrescu et al, 2020

จากวิวัฒนาการของนิยามคุณภาพตั้งแต่ ค.ศ. 1990 ถึงปัจจุบันแสดงถึงแนวโน้มสำคัญของการควบคุมคุณภาพอาหารในอนาคต 2 ประการ ดังนี้ 1) นิยามคุณภาพมีแนวโน้มขยายตัวจากมิติเชิงผลิตภัณฑ์ (สี รสชาติ ความปลอดภัย) ไปสู่มิติเชิงกระบวนการและจริยธรรม (สวัสดิภาพสัตว์ ความยั่งยืน ความเป็นธรรมต่อเกษตรกร) อย่างต่อเนื่อง ระบบการควบคุมคุณภาพในอนาคตจึงต้องครอบคลุมจุดควบคุมที่หลากหลายขึ้นทั้งในระดับฟาร์ม โรงงาน และห่วงโซ่อุปทาน 2) ความแตกต่างระหว่างนิยามคุณภาพของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแต่ละกลุ่มบ่งชี้ว่า ระบบการควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิผลต้องตอบสนองความต้องการที่หลากหลายและบางครั้งก็ขัดแย้งกันได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งเป็นความท้าทายหลักของการบริหารคุณภาพในอุตสาหกรรมอาหารสมัยใหม่

1.2.2 ประเภทของคุณภาพ

คุณภาพอาหารพิจารณาได้จาก 2 แนวทางหลัก ได้แก่ แนวทางองค์รวม (holistic approach) ซึ่งครอบคลุมคุณลักษณะที่พึงประสงค์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ และแนวทางความเป็นเลิศ (excellence approach) ซึ่งพิจารณาเฉพาะคุณลักษณะที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูงกว่ามาตรฐานทั่วไป (FAO, 2009) ทั้งนี้ คุณภาพอาหารแบ่งออกเป็น 4 ประเภท โดยแต่ละประเภทมีแนวทางการควบคุมที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) คุณภาพเชิงผลิตภัณฑ์ (product-oriented quality) พิจารณาจากคุณลักษณะทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยตรง เช่น เนื้อสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ การควบคุมคุณภาพนี้จึงเน้นการตรวจสอบค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น การวัดค่า pH การนับจุลินทรีย์ และการประเมินสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (colorimeter)

2) คุณภาพเชิงกระบวนการ (process-oriented quality) เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตและแปรรูป รวมถึงกระบวนการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม การควบคุมจึงเป็นการตรวจสอบและบันทึกพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต เช่น อุณหภูมิการพาสเจอร์ไรซ์ ความดัน และเวลา รวมถึงสภาวะการเก็บรักษาและการขนส่ง ทั้งนี้ คุณภาพเชิงกระบวนการไม่ส่งผลต่อคุณภาพเชิงผลิตภัณฑ์โดยตรงเสมอไป

3) คุณภาพตามมาตรฐาน (standard-based quality) คือมาตรฐานที่ผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการต้องปฏิบัติตามเพื่อให้ได้คุณภาพตามที่กำหนด โดยอาจเป็นมาตรฐานด้านผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการก็ได้ การควบคุมดำเนินการผ่านการตรวจประเมิน (audit) โดยหน่วยงานภายในและภายนอกตามมาตรฐาน GMP ISO 22000 หรือ FSSC 22000