

บทที่ 2

ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติความเป็นมาของระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม

ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis and Critical Control Point : HACCP) เป็นระบบการประกันคุณภาพด้านความปลอดภัยของอาหารที่เป็นที่ยอมรับกันว่าสามารถป้องกันอันตราย หรือสิ่งปนเปื้อนทางด้านชีวภาพ เคมี และกายภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นระบบควบคุมการผลิตอาหารที่ผ่านการรับรองโดยคณะกรรมการอาหาร โครงการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex Alimentarius Commission) เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2540 (สุวิมล, 2544)

ระบบ HACCP ได้ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในช่วงปี ค.ศ. 1960 เพื่อควบคุมการผลิตอาหารให้ปลอดภัยสำหรับนักบินอวกาศในโครงการอวกาศ NASA โดยความร่วมมือของบริษัท Pillsbury ห้องปฏิบัติการกองทัพสหรัฐอเมริกา (U.S. Army Laboratories) ที่ Natick และองค์การ NASA (National Aeronautics and Space Agency) แนวคิดที่นำมาใช้ในการควบคุมการผลิตอาหารให้นักบินอวกาศนี้คล้ายคลึงกับโปรแกรมข้อบกพร่องเป็นศูนย์ (Zero-Defects Program) ซึ่งไม่เน้นการทดสอบผลิตภัณฑ์สุดท้าย กล่าวคือจะเน้นการควบคุมกระบวนการผลิตในจุดหรือขั้นตอนที่สำคัญที่สามารถประยุกต์วิธีการควบคุมเข้าไปใช้ได้ โดยพิจารณาตั้งแต่วัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง จนถึงผู้บริโภคและได้เรียกระบบควบคุมนี้ว่าระบบ HACCP ซึ่งระบบ HACCP จะเป็นการวางแผนการป้องกันมากกว่าที่จะมาคอยแก้ปัญหา (Mortimore and Wallace, 1994)

บริษัท Pillsbury ได้เสนอแนวความคิดการควบคุมการผลิตอาหารด้วยระบบ HACCP ในการประชุมเกี่ยวกับการป้องกันด้านอาหาร (Food Protection) ในปี ค.ศ. 1971 ซึ่งทำให้องค์กรอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (U.S. Food and Drug Administration; USFDA) นำแนวคิดของ HACCP ไปใช้ในการออกกฎหมายสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low Acid Canned Food) ในปี ค.ศ. 1974

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 เป็นต้นมา โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆในสหรัฐอเมริกาได้เริ่มนำระบบ HACCP ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมการผลิตและในปี ค.ศ. 1985 องค์การการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (The National Academy of Sciences, U.S.A) ได้แนะนำให้โรงงานอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ นำระบบ HACCP ไปใช้ในการควบคุมการผลิตเพื่อเป็นหลักประกันความปลอดภัยของอาหารให้แก่ผู้บริโภค จากนั้นความเคลื่อนไหวในเรื่องการนำระบบ HACCP จึงเกิดขึ้นอย่างกว้างขวาง The International Commission on Microbiological Specifications for Food (ICMSF) ได้จัดทำหนังสือเกี่ยวกับระบบ HACCP และ ในปี ค.ศ. 1989 National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Food (NACMCF) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้

ปรับปรุงและพัฒนาหลักการของ HACCP ขึ้นเป็น 7 หลักการ ทำให้หน่วยงานระหว่างประเทศต่างๆ เช่น ICMSF ; IAMFES (International Association of Milk, Food and Environmental Sanitation) ประกาศให้มีการใช้ระบบ HACCP รวมทั้งคณะกรรมการโครงการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex Alimentarius Commission; CAC) ซึ่งได้ตระหนักถึงความสำคัญของระบบ HACCP ก็ได้แนะนำสมาชิกให้ใช้เป็นแนวทางปฏิบัติโดยการประยุกต์ใช้ระบบ HACCP (Guide-lines for the Application of the Hazard Analysis and Critical Control Point System) เมื่อเดือนมิถุนายน ค.ศ. 1997 (CAC/RCP 1-1969, Rev .3-1997) โดยกำหนดไว้ในภาคผนวกของหลักการทั่วไปว่าด้วยสุขลักษณะอาหาร (The Codex Alimentarius General Principle of Food Hygiene) ทั้งนี้ เนื่องจากหลักการทั่วไปว่าด้วยสุขลักษณะอาหารเป็นรากฐานสำคัญในการจัดการด้านสุขลักษณะสภาพแวดล้อมของกระบวนการผลิต การจัดการด้านสุขลักษณะสภาพแวดล้อมของกระบวนการผลิตนี้ อาจเรียกว่า โปรแกรมพื้นฐาน (Pre-requisite Programs) หรือ ในประเทศสหรัฐอเมริกาจะเรียกว่า หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิต (Good Manufacturing Practices; GMP) ซึ่งประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นกฎหมาย GMP ว่าด้วยสุขลักษณะทั่วไปอยู่ในหัวข้อ 21 CFR part 110 ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศแรกที่ได้ประกาศให้มีการนำระบบ HACCP ไปใช้ในการควบคุมการผลิตผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ (Fish and Fishery Products) โดยประกาศเป็นมาตรการบังคับและมีผลบังคับใช้กับผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่ผลิตตั้งแต่วันที่ 18 ธันวาคม ค.ศ. 1997 เป็นต้นมา (สุวิมล, 2543)

ในขณะที่กระทรวงเกษตรของประเทศสหรัฐอเมริกา (US Department of Agriculture : USDA) โดย Food Safety and Inspection Service; FSIS ก็ได้ประกาศใช้กฎหมาย Pathogen Reduction; Hazard Analysis and Critical Control Point เมื่อวันที่ 27 มกราคม ค.ศ. 1997 ให้โรงงานผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เนื้อสัตว์ปีก และ ผลิตภัณฑ์ไข่ ไม่ว่าจะเป็นโรงงานขนาดเล็กหรือ ขนาดใหญ่ จะต้องมีการจัดทำขั้นตอนการปฏิบัติงานด้านสุขาภิบาล (Sanitation Standard Operation Procedure; SSOPs) เป็นลายลักษณ์อักษรและนำไปใช้ในการปฏิบัติงานจริงโดยกำหนดไว้ในหัวข้อ 9 CFR part 416 และให้โรงงานฆ่าสัตว์ทุกโรงจะต้องมีการตรวจเชื้อเชื้อ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นเชื้อที่ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การปนเปื้อนของอุจจาระ โดยกำหนดไว้ในหัวข้อ 9 CFR part 310.25 และ part 381.94 ส่วนการบังคับใช้ระบบ HACCP กำหนดไว้ในหัวข้อ 9 CFR part 417 แบ่งเป็น 3 ระยะเวลา (Phase) การบังคับใช้ขึ้นกับขนาดของโรงงานดังนี้

ระยะที่ 1 โรงงานขนาดใหญ่ (คนงานมากกว่า 500 คน) จะต้องมีการใช้ระบบ HACCP ในการควบคุมการผลิตตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม ค.ศ. 1998 และจะต้องมีมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Performance Standard) สำหรับการลดปัญหาจากเชื้อ *Salmonella* ซึ่งกำหนดไว้ในหัวข้อ 9 CFR part 310.25 และ part 381.94

ระยะที่ 2 โรงงานขนาดกลาง (คนงาน 10-500 คน) ต้องนำระบบ HACCP ไปใช้ในการควบคุมการผลิตตั้งแต่วันที่ 25 มกราคม ค.ศ. 1999 และต้องมีมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Performance Standard) สำหรับการลดปัญหาจากเชื้อ Salmonella ด้วย

ระยะที่ 3 โรงงานขนาดเล็ก (คนงานน้อยกว่า 10 คน) ต้องนำระบบ HACCP ไปใช้ในการควบคุมการผลิตตั้งแต่วันที่ 25 มกราคม ค.ศ. 2000 และต้องมีมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Performance Standard) เพื่อลดปัญหาจากเชื้อ Salmonella ด้วย

ในปี ค.ศ. 1999 USFDA ได้เสนอให้มีการใช้ระบบ HACCP ในการควบคุมการผลิตน้ำผักและน้ำผลไม้ จึงเป็นที่คาดการณ์กันว่า USFDA และ USDA จะออกกฎหมายบังคับใช้ระบบ HACCP กับผลิตภัณฑ์อาหารทุกประเภทภายในปี ค.ศ. 2005 คณะกรรมาธิการประชาคมยุโรปหรือ EU ได้ระบุให้มีการใช้ระบบ HACCP ในหัวข้อเรื่อง Hygiene on Food Stuffs ใน Council Directive 93/43/EEC เมื่อวันที่ 14 มิถุนายน ค.ศ. 1996 โดยกำหนดให้ผู้ผลิตอาหารทุกชนิดในระดับของตลาด ตั้งแต่ออกจากฟาร์มจนถึงระดับขายปลีกในสหภาพยุโรปนำระบบ HACCP ไปประยุกต์ใช้ ทำให้มีผลต่อการบังคับใช้ระบบ HACCP ในกฎหมายอาหารของประเทศสมาชิก ดังนั้น ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตในประเทศสมาชิกในสหภาพยุโรปและผลิตภัณฑ์อาหารที่นำเข้าสู่ประเทศสมาชิก จำเป็นต้องผลิตภายใต้การควบคุมด้วยระบบ HACCP (สุวิมล, 2544)

การผลิตอาหารและการจัดเตรียมอาหาร ต้องมีมาตรฐานในเรื่องสุขอนามัย สำหรับประเทศที่มีการนำเข้าและส่งออกสินค้า (Forsythe and Hayes, 1998) สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่นำเข้าสู่ประเทศสมาชิก จะให้เป็นความรับผิดชอบของผู้นำเข้าที่จะต้องดูแลให้สินค้าที่นำเข้ามีความปลอดภัยต่อการบริโภค และผลิตภายใต้ระบบ HACCP ปัจจุบันผู้นำเข้าสินค้าอาหารรายใหญ่ๆ ในสหภาพยุโรปก็ได้มีการควบคุมโดยการว่าจ้างบริษัทที่ได้รับความไว้วางใจในสหภาพยุโรป ให้เข้ามาตรวจสอบระบบการผลิตอาหารเฉพาะในส่วน of สินค้าที่บริษัทจะสั่งซื้อ โดยใช้ระบบการตรวจประเมินที่เรียกว่า EFSIS (European Food Safety and Inspection Service) ซึ่งเป็นระบบที่ผสมผสานระหว่างระบบ HACCP และระบบ ISO 9000 โดยเน้นการควบคุมทางด้านความปลอดภัยของอาหาร เป็นที่คาดการณ์ว่า จะมีความเป็นไปได้ที่บริษัทนำเข้าสินค้าอาหารทั้งหลายในสหภาพยุโรป จะเริ่มมีความเข้มงวดในการนำระบบ HACCP และระบบ ISO 9000 มาใช้เป็นเงื่อนไขบังคับกับสินค้าอาหารที่นำเข้า ประเทศญี่ปุ่น ก็ได้ประกาศให้มีการใช้ระบบ HACCP ในการควบคุมการผลิตอาหารหลายประเภท เช่น นมและผลิตภัณฑ์จากนม เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ และ ผลิตภัณฑ์สุริมิ เป็นต้น โดยประกาศเป็นมาตรการตามความสมัครใจในบทแก้ไขของ Food Sanitation Law ในขณะที่ประเทศเกาหลีใต้และสิงคโปร์ก็ได้ประกาศให้มีการใช้ระบบ HACCP เป็นมาตรการบังคับสำหรับอุตสาหกรรมไส้กรอก แฮม และเนื้อสัตว์ที่นำเข้า จะเห็นว่าการผลักดันให้มีการใช้ระบบ HACCP กำลังดำเนินไปอย่างรวดเร็วทั่วโลก ทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป แคนาดา ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ และสิงคโปร์ รวมทั้งอีกหลายประเทศ เช่น ออสเตรเลีย

นิวซีแลนด์ ซึ่งหลายประเทศเป็นประเทศผู้นำเข้าสำคัญเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย โดยการผลักดันเป็นไปทั้งที่เป็นมาตรการบังคับและมาตรฐานตามความสมัครใจตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ผู้ผลิตอาหารของประเทศไทยจึงควรตระหนักถึงความสำคัญของการนำระบบ HACCP ไปใช้ในการควบคุมการผลิตอาหาร เพื่อประโยชน์ต่อทั้งผู้ผลิตเองและต่อผู้บริโภค

2.2 สถานการณ์ปัจจุบันของระบบ HACCP ในประเทศไทย

(มอกข, Online 6/4/2007) นับตั้งแต่ประเทศไทยเข้าเป็นสมาชิกองค์การการค้าโลก (World Trade Organization) ร่วมก่อตั้งร่วมกับประเทศอื่นๆ อีก 80 ประเทศ เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2537 มีการบังคับสุขอนามัยและสุขอนามัยของพืช (Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary) ที่กำหนดกติกาให้ประเทศต่างๆ ใช้มาตรการด้านมาตรฐานและความปลอดภัยอาหาร ควบคุมการเกษตรและอาหาร ทำให้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ตระหนักถึงความสำคัญในการแข่งขันของอาหารในต่างประเทศที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้น

ความตกลงว่าด้วย การบังคับใช้มาตรฐานการสุขอนามัยและสุขอนามัยของพืช (Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measure : SPS) ความตกลงว่าด้วยอุปสรรคทางเทคนิคต่อ (Technical Barrier to Trade : TBT) ภายใต้องค์การการค้าโลก (World Trade Organization) ตกลง 2 ฉบับหลักที่ประเทศสมาชิกมีข้อผูกพันที่จะต้องปฏิบัติ เพื่อให้มั่นใจว่าการนำมาตรการระเบียบทางเทคนิค และ ขั้นตอนการประเมินความสอดคล้องใดๆ จะไม่ก่อให้เกิดอุปสรรคที่ไม่จำเป็นในประเทศ

ในความตกลงว่าด้วยการบังคับใช้มาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืชได้ระบุอย่างชัดเจนมาตรฐานระหว่างประเทศ แนวปฏิบัติ (guideline) และข้อเสนอแนะ (recommendation) กรรมการโครงการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex Alimentarius Commission Codex) องค์การโรคระบาดสัตว์ระหว่างประเทศ (Office International des Epizooties for Animal Health : OIE) และอนุสัญญาอารักขาพืชระหว่างประเทศ (International Plant Protection : IPPC) เป็นเกณฑ์ตัดสินใจเพื่อคุ้มครองสุขภาพมนุษย์ สุขภาพสัตว์และสุขอนามัยพืช

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มอกข.) ในฐานะที่เป็นศูนย์ประสานงานของไทยกับ Codex, OIE และ IPPC ได้ปฏิบัติภารกิจอย่างเต็มความสามารถในการร่วมกำหนดองค์กร ดังกล่าวขององค์การการค้าโลก ที่มักเรียกว่า “WTO three sister organization” โดยร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อจัดเตรียมแนวทางของประเทศไทย พิจารณาของทั้ง 3 องค์กร ทั้งนี้การกำหนดแนวทางโดยอาศัยข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญประเด็นที่อยู่ในความสนใจของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (<http://www.acfs.go.th/km/index.php>)

(สุประดาภา, online 7 April 2007) อุตสาหกรรมอาหารของไทยนับเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่ศักยภาพ มีอัตราการขยายตัวด้านการส่งออกอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มไปในทิศทางที่ดีขึ้น ในแต่ละปีนำเงินตราเข้าประเทศมูลค่ามหาศาล อย่างไรก็ตามในการเติบโตดังกล่าวมีอุปสรรคไม่น้อย เช่น ปัญหามาตรการกีดกันทางการค้าแบบมิใช่กำแพงภาษี ซึ่งนับวันมีรูปแบบใหม่ๆ มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็น GMP, HACCP, GAP, BRC และ ISO

ทั้งนี้อุตสาหกรรมอาหารของไทยประมาณ 90% เป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม (SMSs) ส่วนใหญ่มีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น การบริหารงาน บริหารต้นทุน บุคลากร ความรู้ และการปรับตัวตามมาตรฐานต่างๆ พบว่าบริษัทขนาดกลางและขนาดเล็กย่อมประสบปัญหาเรื่องการจัดทำระบบมากพอสมควร ยิ่งถ้าเป็นบริษัทเล็กมากก็ยิ่งมีปัญหามาก ทั้งด้านบุคลากร งบประมาณในการจัดทำระบบ และอื่นๆ กระนั้นก็ดีไม่ได้หมายความว่าบริษัทขนาดเล็กจะจัดทำระบบ HACCP ไม่ได้ กล่าวคือ ถ้าจะจัดทำระบบ HACCP ให้มีประสิทธิภาพ ผู้บริหารต้องมีความเข้าใจระบบดังกล่าวอย่างแท้จริงและประยุกต์ให้เหมาะสมกับธุรกิจของตนให้มากที่สุด รวมทั้งต้องมีทีมงานที่เข้มแข็ง และสามารถประยุกต์ใช้ระบบ HACCP ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารที่มีการจัดทำระบบ HACCP มีเพียง 8 ประเภท คือ โรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับ 1) สัตว์ที่ไม่ใช่สัตว์น้ำ 2) น้านม 3) สัตว์น้ำ 4) ผัก พืช หรือ ผลไม้ 5) เมล็ดพืช 6) อาหารจากแป้ง 7) ชา กาแฟ โกโก้ ช็อกโกแลต หรือขนมหวาน 8) เครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหาร ในโรงงานเหล่านี้มีเพียง 155 โรงงานเท่านั้น ที่มีการรับรองระบบ HACCP ทั้งนี้ เมื่อแยกตามประเภทของอุตสาหกรรมพบว่า โรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์น้ำมีการรับรองมากที่สุดประมาณร้อยละ 58 ตามด้วยโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์ที่ไม่ใช่สัตว์น้ำอีกร้อยละ 11 และโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับผัก พืช หรือ ผลไม้อีกร้อยละ 10 ส่วนที่เหลือเป็นโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหารกิจการเกี่ยวกับนม และกิจการอื่นๆ อีกร้อยละ 43 และ 14 ตามลำดับ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการค้าระหว่างประเทศ, 2546)

(กัลยาณี, online 7 April 2005) สำหรับ GMP เฉพาะผลิตภัณฑ์ (Specific GMP) นั้น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้ทำการตรวจสอบจำนวนผู้ประกอบการที่ได้รับอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาและสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดทั่วประเทศ ในปี 2546 มีประมาณ 4,000 รายทั่วประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ประกอบการรายย่อยมีการผลิตโดยไม่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาจึงเห็นว่าจำเป็นต้องมีมาตรการและหาวิธีการป้องกันในเรื่องนี้อย่างจริงจังมากขึ้น

สำหรับแนวโน้มในอนาคตและผลกระทบของผลิตภัณฑ์ HACCP นั้น ในปัจจุบันประเทศผู้ซื้อผลิตภัณฑ์อาหารจากประเทศไทยรายใหญ่หลายรายมีการใช้ระบบ HACCP หรือระบบการควบคุมการผลิตอาหารระบบอื่นที่คล้ายคลึงกันเพื่อคุ้มครองผู้บริโภคที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดให้ต้องใช้ระบบ HACCP ควบคุมผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำตั้งแต่ปี 2540 ประเทศญี่ปุ่นได้มีการ

ประกาศให้ใช้ระบบ HACCP ในการควบคุมการผลิตอาหารโดยสมัครใจสหภาพยุโรปได้ประกาศเป็นมาตรการบังคับอย่างชัดเจนว่า ผู้ผลิตอาหารต้องมีการวิเคราะห์อันตราย กำหนดจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมและสร้างระบบควบคุมการผลิตอาหารให้มีความปลอดภัยในการบริโภคซึ่งใช้หลักการเดียวกับ HACCP แม้จะไม่ได้ประกาศว่าผู้ผลิตต้องใช้ระบบ HACCP ก็ตาม

เนื่องจาก มากกว่าร้อยละ 85 ของโรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อาหารในประเทศไทยเป็นโรงงานขนาดเล็กที่มีสัดส่วนของโรงงานที่ได้รับการรับรอง HACCP น้อยที่สุด การสร้างความสามารถในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารให้ได้รับการรับรองระบบ HACCP จึงเป็นเป้าหมายที่สำคัญโดยมีมาตรการดังนี้

1. ให้การศึกษาแก่ผู้ประกอบการเกี่ยวกับระบบ HACCP ระบบ GMPs และมาตรฐานของประเทศคู่ค้าอื่นๆของไทย เช่นมาตรฐาน BRC ของประเทศอังกฤษ
2. ให้การส่งเสริมโรงงานผลิตภัณฑ์อาหารขนาดกลาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานขนาดเล็กให้มีมาตรฐานการผลิตตามระบบ HACCP และระบบมาตรฐานอื่นๆ ที่คล้ายกัน

2.3 ประโยชน์ของการจัดทำโปรแกรมพื้นฐานและระบบ HACCP (ตุวิม, 2544)

โปรแกรมพื้นฐานและระบบ HACCP เป็นระบบการจัดการเพื่อผลิตอาหารให้ปลอดภัยต่อผู้บริโภคโดยเน้นการป้องกันและลดความสำคัญของการตรวจสอบผลิตภัณฑ์สุดท้าย ระบบนี้มีประโยชน์ต่อโรงงานหลายประการคือ

1. เป็นหลักประกันความปลอดภัยให้กับผู้บริโภค
2. ทำให้การปฏิบัติงานเป็นระบบมากขึ้น สามารถตอบสนองต่อปัญหาด้านความปลอดภัยของอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. ยกระดับมาตรฐานการผลิตให้กับโรงงาน
4. มีการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ช่วยลดปริมาณของเสีย สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเข้าใจในงานที่ปฏิบัติอยู่อย่างถ่องแท้ นำมาซึ่งความเข้าใจซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดความสามัคคีกันในหน่วยงานต่างๆ
6. ระบบ HACCP เป็นระบบที่สามารถใช้ควบคุมอันตรายจากจุลินทรีย์ สารเคมีและสิ่งแปลกปลอมได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่สิ้นเปลือง
7. เป็นระบบที่สามารถใช้ร่วมกับระบบคุณภาพอื่น
8. เกิดภาพพจน์ที่ดีต่อองค์กรและผลิตภัณฑ์
9. เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้านการตลาด
10. ยกระดับมาตรฐานการผลิตให้กับโรงงาน
11. เป็นหลักประกันความปลอดภัยให้กับผู้ใช้สินค้า

12. เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง
13. พนักงานเกิดความภาคภูมิใจ

2.4 หลักการของระบบ HACCP

รากฐานที่ดีสำหรับความสำเร็จในการพัฒนาและนำระบบ HACCP มาใช้คือ การปฏิบัติตามโปรแกรมนำร่องเช่น GMPs (Good manufacturing practices) เนื่องจาก GMPs คือมาตรฐานทางด้านสุขลักษณะ พื้นฐานที่โรงงานผลิตอาหารต้องมีเพื่อจะรองรับระบบ HACCP ได้ GMPs ที่ใช้ในการควบคุมการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารมีอยู่ 2 ระบบ คือ ระบบของสหรัฐอเมริกาและระบบ WHO และ FAO (หรือระบบของ Codex) ที่ใช้กันในหลายประเทศทั่วโลก ระบบแรกเน้นในเรื่องอาคารสถานที่ บุคคล และกระบวนการผลิต ตลอดจนข้อกำหนดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย นอกจากนี้ยังมีมาตรฐานบังคับใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมอาหารของประเทศคู่ค้าอื่น ๆ ของไทย เช่น ประเทศอังกฤษที่ใช้มาตรฐาน BRC (Technical Standard for Companies Supplying Retailer Branded Food Products ของ British Retail Consortium)

ภายใต้ Codex Alimentarius Commission (Annex to CAC/RCP-1(1969), Rev.3 (1997)) หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตอาหารและคำแนะนำในการนำไปใช้ มอก.7000-2540 ระบบ HACCP ประกอบด้วยหลักการ (Principles) 7 ข้อ ที่ต้องปฏิบัติตามที่ระบุในมาตรฐานระหว่างประเทศและประเทศสมาชิกได้ยัดถือเป็นแนวทางประยุกต์ใช้โดยสอดคล้องกันทั่วโลก ดังนี้

หลักการที่ 1 ดำเนินการวิเคราะห์อันตราย (Conduct and hazard analysis) ระบุอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต โดยการประเมินโอกาสจะเกิดอันตราย ระดับความรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นและระบุมাত্রการควบคุมอันตรายเหล่านั้น

หลักการที่ 2 หาจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Determine the Critical Control Point : CCPs) กำหนดจุดการปฏิบัติขั้นตอนการทำงาน จุดวิกฤตที่ต้องควบคุมอาจมีมากกว่าหนึ่งจุด ในการควบคุมอันตรายชนิดเดียวกัน การกำหนดจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในระบบ HACCP สามารถกระทำโดยใช้หลักการของ Decision tree (แผนภูมิ 2) ซึ่งจะระบุเหตุผลตามอย่างเหมาะสม การประยุกต์ใช้ Decision tree ควรจะยืดหยุ่นให้สามารถนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการผลิต การฆ่าสัตว์ กรรมวิธีผลิต การเก็บรักษา การจัดส่งสินค้า หรืออื่นๆ Decision tree อาจใช้เป็นแนวทางในการกำหนดจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม หากมีการระบุอันตรายในขั้นตอนซึ่งจำเป็นต้องมีการควบคุมเพื่อความปลอดภัย แต่ยังไม่มีการกำหนดมาตรการควบคุม ณ จุดนั้นหรือจุดอื่น กรณีนี้ต้องมีการปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต ณ จุดนั้นๆ หรือที่ขั้นตอนใดๆ ก่อนหรือหลังขั้นตอนนั้น เพื่อให้สามารถกำหนดมาตรฐานการควบคุมอันตรายได้

หลักการที่ 3 กำหนดค่าวิกฤต (Establish Critical Limit) ซึ่งอาจเป็นค่าต่ำสุดหรือสูงสุดก็ได้แล้วแต่กรณี ซึ่งต้องควบคุมให้อยู่ภายใต้เกณฑ์ที่กำหนด เพื่อมั่นใจว่าจุด CCP อยู่ภายใต้การควบคุม ค่าวิกฤตนี้ไม่ใช่ค่าที่เป็นอยู่จริงในกระบวนการปกติ แต่ต้องวางรากฐานอยู่บนหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์

หลักการที่ 4 กำหนดระบบเพื่อตรวจติดตามการควบคุมวิกฤตที่ต้องควบคุม (Establish a system to monitor of the CCP) กำหนดระบบในการเฝ้าระวัง โดยการกำหนดแผนการทดสอบหรือการเฝ้าสังเกตอยู่ในระดับที่ควบคุมได้หรือไม่ และสร้างระบบเอกสารที่จะเป็นประโยชน์ต่อการติดตามตรวจสอบในอนาคต

หลักการที่ 5 กำหนดวิธีการแก้ไข เมื่อตรวจพบว่าจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมเฉพาะจุดใดจุดหนึ่งไม่อยู่ภายใต้การควบคุม (Establish the corrective action to be taken when monitoring indicates that particular CCP is not under control)

หลักการที่ 6 กำหนดวิธีการทวนสอบ เพื่อยืนยันประสิทธิภาพการดำเนินงานของระบบ HACCP (Establish procedures for verification to confirm that the HACCP system is working effectively)

หลักการที่ 7 กำหนดวิธีการจัดเก็บเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการปฏิบัติและบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ที่เหมาะสมตามหลักการเหล่านี้ และการประยุกต์ใช้ (Establish documentation concerning all procedures and records appropriate to these principles and their application)

2.5 การประยุกต์ใช้ระบบ HACCP (สุวิมล, 2544)

2.5.1 ขั้นตอนที่ 1 การจัดตั้งทีมงาน HACCP

คุณสมบัติของบุคคลในกลุ่ม ควรคัดเลือกผู้มีวุฒิการศึกษาในระดับที่เหมาะสมจากหลายๆ แผนกหรือมีอายุงานในหน่วยงานนี้พอสมควรและมีทัศนคติที่ดีต่อองค์กรและนโยบายของบริษัท เพื่อจัดตั้งทีมงาน HACCP กลุ่มบุคคลที่คัดเลือกและแต่งตั้งแล้วจะต้องผ่านการฝึกอบรมเข้าใจหลักการของระบบ HACCP โดยเฉพาะขั้นตอนการระบุอันตราย (Identifying Hazard) การคัดเลือกจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (CCP) และการกำหนดค่าวิกฤตที่ต้องควบคุม (Critical limits) และความเข้าใจในคำจำกัดความต่างๆ ในความหมายเดียวกัน การฝึกอบรมอาจขยายขอบข่ายให้ครอบคลุมในเรื่องการตรวจประเมินระบบคุณภาพ (Quality System Auditing) การทำงานเป็นทีม (Team working) และการแก้ปัญหา (Problem solve) ในกรณีที่ขาดผู้มีความรู้เฉพาะด้าน อาจขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญภายนอกองค์กร

หน้าที่ความรับผิดชอบของทีมควรมีการกำหนดให้ชัดเจน ได้แก่

1. หัวหน้าทีม (HACCP Team Leader)

- ต้องทำหน้าที่ควบคุมขอบข่ายและการใช้ระบบ HACCP ให้บรรลุผลในทางปฏิบัติ
- เข้าร่วมและทำหน้าที่ประธานที่ประชุมกลุ่ม
- ตรวจสอบติดตามระบบเอกสารและการบันทึกผล
- ตรวจสอบติดตามโปรแกรมการตรวจประเมินระบบคุณภาพภายใน

2. สมาชิกกลุ่ม (HACCP team member)

- จัดทำเอกสารระบบ HACCP
- ทบทวนระบบ HACCP หากมีการเปลี่ยนแปลงสาระสำคัญ เช่น การเปลี่ยนสูตร หรือ ส่วนผสม การปรับค่าวิกฤต
- เป็นผู้ตรวจประเมินระบบคุณภาพภายใน
- ประสานงานการดำเนินงานกิจกรรมระบบ HACCP

2.5.2 ขั้นตอนที่ 2 การอธิบายรายละเอียดผลิตภัณฑ์ (Describe Product)

การอธิบายรายละเอียดผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์นั้น ทีมงานต้องมีความเข้าใจคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์นั้นเป็นอย่างดี รวมถึงกลุ่มผู้บริโภคว่าเป็นกลุ่มที่เสี่ยงต่ออันตรายจากสินค้าชนิดนั้นหรือไม่ ทีมงานที่จะระบุอันตรายทุกชนิดที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตนั้นได้อย่างถูกต้อง หากมีรายละเอียดข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ครบถ้วนสมบูรณ์ การอธิบายรายละเอียดผลิตภัณฑ์ทีมงาน HACCP ควรจะได้พิจารณาประเด็นต่างๆ ก่อนจะพิจารณาให้รายละเอียดผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1. ชื่อผลิตภัณฑ์

สามารถระบุเป็นสามัญของผลิตภัณฑ์หรือกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่จะจัดทำแผน HACCP

2. ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ระบุปัจจัยที่มีผลต่อความปลอดภัยของอาหาร เช่น

- สูตรหรือส่วนผสมที่ใช้ วัตถุดิบที่ใช้ว่ามีอะไรบ้าง
- เชื้อจุลินทรีย์ที่น่าจะมีอยู่ในวัตถุดิบหรือส่วนผสมในสูตรผลิตภัณฑ์นี้ ถ้ามีเป็นจุลินทรีย์ชนิดใด
- มีการใช้วัตถุเจือปนหรือสารกันบูดหรือไม่ ปริมาณที่ใช้เหมาะสมหรือไม่และระดับที่ใช้เป็นระดับที่เพียงพอต่อการทำหน้าที่ตามวัตถุประสงค์หรือไม่
- ความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์ช่วยระงับหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคหรือไม่
- ค่าปริมาณน้ำอิสระ a_w (water activity)

3. การใช้ผลิตภัณฑ์

ระบุวิธีการใช้ผลิตภัณฑ์ เช่น เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค หรือต้องให้ความร้อนก่อนการบริโภคเป็นวัตถุดิบสำหรับเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป เป็นต้น

4. ภาชนะบรรจุ

ระบุประเภทของบรรจุภัณฑ์ ลักษณะของวัสดุหีบห่อ และสภาวะการบรรจุ เช่นมีการใช้ความกดดันอากาศ (Modified Atmosphere) เป็นต้น

5. อายุการเก็บรักษา

ระบุอายุการเก็บรักษาในสภาวะที่กำหนด เช่น อุณหภูมิ ความชื้นในการเก็บรักษา

6. สถานที่จำหน่าย

ระบุสถานที่จำหน่าย เช่น จำหน่ายให้แก่โรงงานอุตสาหกรรม เพื่อนำไปสู่กระบวนการผลิตต่อไป หรือจำหน่ายให้แก่ผู้นำเข้าเพื่อจำหน่ายในร้านขายปลีก เป็นต้น

7. ข้อเสนอแนะบนฉลาก

ระบุข้อเสนอแนะบนฉลากที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เท่านั้น เช่น ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้ การปฏิบัติระหว่างการขนส่งหรือการเก็บรักษา วัตถุเจือปนอาหารที่เติมในผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

8. การควบคุมจำเพาะระหว่างการกระจายสินค้า

ระบุสภาวะที่จำเป็นต่อการขนส่งและการกระจายสินค้า เช่น อุณหภูมิ การจัดการและการดูแลเป็นพิเศษ (Special Handling) เป็นต้น

9. กลุ่มผู้บริโภค

ระบุกลุ่มประชากรเป้าหมายที่บริโภคผลิตภัณฑ์ หากกลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่มประชากรที่มีความเสี่ยงสูง เช่น ผู้สูงอายุ ผู้ที่เป็นโรคภูมิแพ้ หญิงมีครรภ์ และทารกสวมอยู่ด้วย คณะกรรมการต้องพิจารณาอันตรายต่างๆ และมาตรการควบคุมอย่างรอบคอบ

การบรรยายลักษณะและรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการระบุวัตถุประสงค์ในการใช้ผลิตภัณฑ์จะช่วยให้มีการพิจารณาอันตรายที่มีโอกาสเกิดขึ้นจริงสำหรับผลิตภัณฑ์นั้นๆ

2.5.3 ขั้นตอนที่ 3 การชี้หาวัตถุประสงค์ในการใช้ผลิตภัณฑ์ (Identify intended Use)

การระบุวิธีการใช้และกลุ่มผู้ใช้ เพื่อมั่นใจว่าแผน HACCP ที่จัดเตรียมขึ้นได้มีการพิจารณา กลุ่มเป้าหมายผู้ใช้นั้นๆ เนื่องจากบางกลุ่มผู้ใช้ต้องดูแลเป็นพิเศษ เช่น กลุ่มเด็ก กลุ่มผู้ที่แพ้สารเคมีบางประเภท

2.5.4 ขั้นตอนที่ 4 การจัดทำแผนภูมิกระบวนการผลิต

แผนภูมิกระบวนการผลิตจะช่วยทำให้ทีมงาน HACCP สามารถใช้พิจารณาการปนเปื้อนของอันตรายต่างๆ ในแต่ละขั้นตอนการผลิต การแนะนำมาตรการการควบคุม โดยพิจารณาตามขั้นตอนแผนที่จัดทำขึ้น การจัดทำแผนภูมิกระบวนการผลิตที่ดีต้องมีรายละเอียดตั้งแต่ การรับเข้าของวัตถุดิบทุกชนิด การแปรรูป การจัดส่ง โดยรวมขั้นตอนการนำผลิตภัณฑ์มาผลิตใหม่ (reprocess หรือ rework) ด้วยหากมีตามลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ โดยมีข้อมูลรายละเอียดที่ชัดเจน

เพียงพอ ซึ่งได้จากการสอบถาม การสังเกต หรือจากแหล่งข้อมูลอื่น แต่ละขั้นตอนการผลิตควรมีรายละเอียดข้อมูลต่างๆ อย่างเพียงพอ อาทิ

- ส่วนผสมทุกชนิดและภาชนะบรรจุหีบห่อ
- เขียนแผนภูมิตามลำดับการปฏิบัติจริง รวมทั้งขั้นตอนการรับเข้าวัตถุดิบ
- บันทึกข้อมูลเวลา/อุณหภูมิของวัตถุดิบทุกชนิด ผลัดกันระหว่างการผลิตและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป รวมถึงโอกาสของการล่าช้า
- อธิบายเส้นทางการนำวัตถุดิบไปผลิตหรือนำกลับมาผลิตใหม่
- โครงสร้างของเครื่องมืออุปกรณ์

2.5.5 ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบความถูกต้องของแผนภูมิกระบวนการผลิต (On-site Verification of Flow Diagram)

ทีมงาน HACCP ทุกคนควรมีส่วนร่วมในการตรวจสอบความถูกต้องของแผนภูมิกระบวนการผลิตที่จัดทำขึ้น โดยการตรวจสอบเปรียบเทียบแผนภูมิกับการปฏิบัติจริงเพื่อยืนยันความถูกต้อง โดยตรวจสอบครอบคลุมถึงจุดที่มีการนำมาใช้ของวัตถุดิบและภาชนะบรรจุด้วย ในระหว่างตรวจสอบทีมงาน HACCP อาจทำการปรับเปลี่ยนแผนภูมิการผลิตให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิตจริง

2.5.6 ขั้นตอนที่ 6 ระบุอันตรายทุกชนิดที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต

ทำการวิเคราะห์อันตรายและพิจารณาหามาตรการในการควบคุมอันตรายที่ตรวจพบ

ขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์อันตราย คือ การระบุอันตรายที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการผลิต โดยเริ่มตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงขั้นตอนสุดท้าย และทำการพิจารณาให้ครอบคลุมอันตรายทั้ง 3 ประเภท ได้แก่

1) อันตรายชีวภาพ

การระบุอันตรายชีวภาพ เช่น เชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในแต่ละขั้นตอนนั้น ต้องระบุชนิดของจุลินทรีย์และลักษณะการมีอยู่ของจุลินทรีย์อย่างชัดเจน พร้อมทั้งสาเหตุหรือแหล่งที่มาของอันตรายชีวภาพนั้นๆ ดังนี้

(1) การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (Vegetative Pathogens) เช่น การปนเปื้อนของเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Salmonella* sp. จากพนักงานการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* จากน้ำใช้ เป็นต้น

(2) การเจริญเติบโตของ Vegetative Pathogens เช่นการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Salmonella* sp. เนื่องจากอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์สูงและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลานาน

(3) การอยู่รอดของ *Clostridium botulinum* เนื่องจากกระบวนการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อไม่ถูกต้อง

การระบุอันตรายชีวภาพว่าเป็น “เชื้อจุลินทรีย์” โดยไม่ระบุชนิดของเชื้อว่าเป็นเชื้อชนิดใด จะทำให้คณะทำงานประสบปัญหาไม่สามารถหามาตรฐานการควบคุมที่เหมาะสมได้ เพราะเมื่อไม่ทราบว่าเชื้อนั้นคืออะไร ก็จะไม่ทราบว่าควรควบคุมที่อุณหภูมิและเวลาเท่าไร

2) อันตรายเคมี

การระบุอันตรายเคมีและสาเหตุสามารถระบุว่าจะเกิดขึ้นจาก

- (1) สภาพแวดล้อมของกระบวนการผลิต เช่น กรด ด่าง หรือน้ำยา CIP (Clean In Place) ตกค้างในอุปกรณ์เนื่องจากล้างน้ำออกไม่หมด
- (2) สารเคมีในวัตถุดิบ เช่น ยาฆ่าแมลง ยาปฏิชีวนะตกค้าง เนื่องจากแหล่งเพาะปลูกหรือฟาร์มเลี้ยงปฏิบัติไม่ถูกต้องตามหลัก GAP (Good Agricultural Practice)
- (3) สารเคมีที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ เช่น Histamine, *Staphylococcus aureus* toxin เนื่องจากอุณหภูมิและเวลาในการจัดการกับผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะสม
- (4) สารเคมีที่เติมลงในอาหาร เช่น โซเดียมไนไตรต์ (Sodium Nitrite) ที่เติมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกตกค้าง เนื่องจากพนักงานชั่งน้ำหนักไม่ถูกต้อง หรือใช้สูตรส่วนผสมไม่ถูกต้อง เป็นต้น

3) อันตรายกายภาพ

มีที่มาจากหลายแหล่ง คณะทำงานควรระบุให้ชัดเจนว่าอันตรายกายภาพนั้นคืออะไร เช่น เป็นเศษแก้ว เศษไม้ เศษโลหะ เศษพลาสติกแข็ง หิน เป็นต้น พร้อมทั้งระบุแหล่งที่มา เช่น เศษโลหะจากมิด หินในวัตถุดิบ พลาสติกแข็งจากระบบ เป็นต้น ไม่ควรระบุอันตรายกายภาพว่าเป็น “สิ่งแปลกปลอม” เพราะไม่ชัดเจนและจะไม่สามารถกำหนดมาตรฐานการควบคุมที่เหมาะสมได้ การปนเปื้อนเกิดขึ้นในวงจรตั้งแต่วัตถุดิบจนถึงมือลูกค้า โดยเกิดจากการปฏิบัติงานที่ไม่ถูกต้อง

อันตรายจากสิ่งแปลกปลอมทางกายภาพ โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก

- (1). สารที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น ชิ้นส่วนจากพืช ก้านใบ ใบไม้ และเมล็ดพันธุ์ ขนสัตว์ เส้นผม คราบเชื้อรา แมลง มูลสัตว์ หรือ คราบขี้ถ่ายของสัตว์พาหะ
- (2). สิ่งแปลกปลอม เช่น เศษแก้ว โลหะ พลาสติก เศษไม้ เทปกระดาษ สิ่งสกปรก กรวด ปะเก็น ฉนวนหุ้มท่อ กระดุมและเครื่องประดับ ก้นบุหรี่

การพิจารณาโอกาสที่อันตรายทั้ง 3 ประเภท จะเกิดขึ้นและความรุนแรง (Severity) หรือผลที่เกิดจากอันตราย การประเมินความเสี่ยงและความร้ายแรงขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ประเมิน โดยใช้ข้อมูลต่างๆ เช่น การระบาดของเชื้อโรค และข้อมูลด้านเทคนิคต่างๆ กลุ่มผู้จัดทำระบบ

HACCP จะเป็นผู้รับผิดชอบในการตัดสินใจว่าอันตรายในขั้นตอนใดมีความสำคัญและต้องนำมาบันทึกในแผน HACCP

ในการพิจารณาถึงนัยสำคัญของอันตรายอาศัยหลักการพิจารณาถึงความร้ายแรง (Severity) และ ความเสี่ยง (Risk)

ความร้ายแรง (Severity)

เป็นผลที่เกิดจากอันตราย ซึ่งสามารถแบ่งตามลำดับของความรุนแรง ได้ 3 ระดับ คือ

1. ความรุนแรงต่ำ (Low severity; Moderate or mild)

อันตรายที่มีต่อผู้บริโภคอยู่ในระดับที่ไม่รุนแรง เช่น อาการป่วยที่เกิดจากเชื้อ *C. perfringens*, *S. aureus*, *Bacillus sp.*, Norwalk virus, พยาธิ และ parasites ส่วนใหญ่, histamine-like substances โลหะหนักบางชนิด

2. ความรุนแรงปานกลาง (Moderate severity; Severe or Chronic)

อันตรายที่มีต่อผู้บริโภคอยู่ในระดับปานกลางทำให้อาหารเกิดไม่ปลอดภัย เช่น การเจ็บป่วยจาก *Salmonella*, *Shigella*, *Brucella*, *Campylobacter*, *Straptococcus type A*, *Yersinia enterocolitica*, Hepatitis A virus, mycotoxin, ciguatera toxin เป็นต้น

3. ความรุนแรงสูง (High severity; Life threatment)

อันตรายที่มีต่อผู้บริโภคอยู่ในระดับสูงทำให้อาหารเกิดไม่ปลอดภัย อาจทำให้เกิดอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ อันตรายจากเชื้อ *C. botulinum*, *Salmonella typhi*, *Listeria monocytogenes*, *E. coli*: 0157, *Vibrio cholerae*, *V. verimifucus* และ สารพิษต่างๆ อาทิเช่น Paralytic shellfish poisoning, Amnesic shellfish poisoning เป็นต้น

ความเสี่ยงและความรุนแรงนี้มีความแตกต่างกันน้อย ดังนี้

ความเสี่ยง (Risk)	: High	- มีความเป็นไปได้ที่เกิดสูง
	Medium	- อาจเกิดขึ้น
	Low	- ไม่น่าจะเกิดขึ้น
	Negligible	- ไม่เกิดขึ้นแน่นอน
ความรุนแรง (Severity)	: Critical	- มีผลทำให้สินค้าไม่ปลอดภัยมาก
	Serious	- มีผลทำให้สินค้าไม่ปลอดภัย
	Major	- อาจมีผลไม่ปลอดภัย
	Minor	- ไม่น่าจะมีผลไม่ปลอดภัย

2.5.7 ขั้นตอนที่ 7 การหาจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม

การตัดสินใจขั้นตอนใดในกระบวนการผลิตเป็นขั้นตอนสำคัญ หรือเป็นจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม เพื่อป้องกันหรือขจัดอันตรายที่มีต่อความปลอดภัยของสินค้า หรือลดอันตรายดังกล่าวจนถึงระดับที่ยอมรับได้ จุดวิกฤตนี้หมายถึงสิ่งที่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคเท่านั้น โรงงานแต่ละแห่งแม้ว่าจะผลิตสินค้าชนิดเดียวกันก็ไม่มี ความจำเป็นที่ต้องมีจุดวิกฤตเหมือนกัน เนื่องจากการมีผังโรงงาน เครื่องมือ การเลือกใช้วัตถุดิบ และส่วนผสมที่แตกต่างกัน จุดวิกฤตที่ต้องควบคุม สามารถจะดำเนินการได้โดยการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญหรือการใช้หลักการของ decision tree ซึ่งเป็นคำถาม 4 คำถาม, ที่ระบุผลตามลำดับความเหมาะสม การใช้หลักการตาม decision tree ต้องมีความยืดหยุ่นและสามารถใช้ได้กับทุกขั้นตอนในวงจรการผลิต และทุกประเภทอุตสาหกรรมอาหาร และยังสามารถใช้ได้กับอันตรายทั้ง 3 ประเภท โดยไม่มีการจำกัดจำนวนจุดวิกฤต ข้อดีของการใช้ผังการตัดสินใจ decision tree คือ ทำให้คณะทำงานลำดับความคิดอย่างมีขั้นตอนและคณะทำงานทุกคนได้มีส่วนร่วมในการกำหนดจุด CCP รวมทั้งมีการบันทึกเป็นเอกสารที่ชัดเจน สามารถตรวจสอบได้ทั้งหน่วยงานภายในและภายนอก ในการกำหนดให้จุดใด ๆ เป็นจุด CCP นั้น จะต้องสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลที่มีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์

2.5.8 ขั้นตอนที่ 8 การกำหนดค่าวิกฤต

ค่าวิกฤต คือ ค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์แยกระหว่างการยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ทางด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ เป็นค่าที่ใช้ตัดสินการควบคุมการผลิต ณ จุด CCP นั้นๆ ว่าสามารถ ขจัด ลด หรือ ป้องกันอันตรายจนถึงระดับที่ยอมรับได้ และสามารถผลิตสินค้าที่ปลอดภัยได้หรือไม่ ค่าวิกฤตที่กำหนดจะต้องสามารถควบคุมอันตรายที่ระบุได้อย่างมีประสิทธิภาพ จุด CCP หนึ่งๆ อาจมีค่าวิกฤตเพียงค่าเดียวหรือหลายค่าก็ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อความปลอดภัยของสินค้า ในขั้นตอนที่เป็น CCP นั้นๆ ดังนั้นการที่จะกำหนดค่าวิกฤตให้ถูกต้องได้ คณะทำงานจะต้องระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับ CCP นั้นๆ ก่อนแล้วจึงตั้งค่าวิกฤตสำหรับแต่ละปัจจัยนั้นๆ เกณฑ์ที่มักใช้ กำหนดเป็นค่าวิกฤต ได้แก่ อุณหภูมิ เวลา ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าออกเตอรแอกติวิตี (a_w) ความเป็นกรด (Acidity) ชนิดและปริมาณของสารกันบูด (Preservative) ความเข้มข้นของเกลือ ความหนืด (Viscosity) และ ปริมาณคลอรีนที่ใช้ เป็นต้น

ค่าวิกฤตที่กำหนดขึ้นควรเป็นค่าที่สามารถตรวจวัดได้ หรืออ่านค่าได้ผลอย่างรวดเร็ว ควรหลีกเลี่ยงการตั้งค่าวิกฤตทางจุลชีว เช่น การกำหนดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากการตรวจวิเคราะห์ต้องใช้เวลานาน ทำให้ไม่สะดวกต่อการแก้ไขปัญหาได้ทันทั่วทั้งและต้องเสียเวลาผลการตรวจวิเคราะห์ทำให้แผนการผลิตต้องล่าช้า จึงอาจทำการกำหนดผลของจุลินทรีย์ในทางอ้อมหากจำเป็น เช่น กำหนดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบแทน ในการกำหนดค่าวิกฤตนั้น ควรคำนึงถึงความสะดวกและสะดวกต่อการตรวจติดตามด้วยและควรเป็นค่าที่ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถ

ทราบข้อมูลของการควบคุมกระบวนการผลิตอย่างรวดเร็ว เพื่อสะดวกต่อการแก้ไขให้ทันเมื่อเกิดการเบี่ยงเบน

2.5.9 ขั้นตอนที่ 9 การกำหนดการตรวจติดตาม

การตรวจติดตาม หมายถึง การดำเนินกิจกรรมตามลำดับของแผนที่ได้จัดทำไว้เพื่อสังเกตหรือตรวจวัดค่าต่างๆ ที่ต้องควบคุมหรือค่าวิกฤต เพื่อประเมินว่าจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมนั้นๆ อยู่ภายใต้สถานะการควบคุม การตรวจติดตามเป็นการมอบหมายให้ผู้รับผิดชอบตรวจสอบตรวจวัดค่าโดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสม หรือใช้ความชำนาญประสบการณ์ของประสาทสัมผัส เช่น การดมกลิ่น การสังเกตโดยสายตาและการบันทึกผลไว้ในแบบฟอร์มที่กำหนดตามช่วงเวลาที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบ

- 1) ใช้ตรวจสอบว่ากรรมวิธีการผลิตในขั้นตอนที่เป็นจุดวิกฤต ว่าอยู่ในสถานะปกติหรือกำลังจะสูญเสียการควบคุมหรือไม่
- 2) ใช้ตัดสินใจจำเป็นต้องดำเนินการแก้ไข เมื่อพบสิ่งผิดปกติหรือเกิดการเบี่ยงเบนจากค่าวิกฤตที่กำหนด
- 3) เพื่อลดการสูญเสียผลิตภัณฑ์ที่เนื่องจากการควบคุมเกิดการเบี่ยงเบนจากค่าวิกฤต
- 4) ทำให้ได้เอกสารการบันทึกข้อมูลจากการเฝ้าระวัง เพื่อใช้ในการทวนสอบประสิทธิผลของระบบ

ขั้นตอนการตรวจติดตามจะประกอบขึ้นด้วยการกำหนดแผนการตรวจติดตามโดยแผนการตรวจติดตามจะครอบคลุมถึง

- อะไรที่จะทำการตรวจติดตาม (what)
- วิธีการติดตาม ค่าวิกฤตและมาตรการควบคุม (How)
- ความถี่ของการตรวจติดตาม (When)
- ผู้ตรวจติดตาม (Who)

ผู้ที่ได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่ในการตรวจติดตามและบันทึก ควรเป็นผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมให้เข้าใจ วิธีการตรวจ ความสำคัญของข้อมูลที่ทำกรบันทึก เป็นผู้ที่เต็มใจให้ความร่วมมือในการบันทึกข้อมูล อย่างถูกต้องไม่บิดเบือน มีความรับผิดชอบและรายงานผู้ที่เกี่ยวข้องทราบทันทีที่พบเหตุผิดปกติ เพื่อลดความเสี่ยงของการที่จะต้องสูญเสียผลิตภัณฑ์ไปหากเกิดการเบี่ยงเบนจากค่าวิกฤต ในการตรวจติดตามที่ดีโรงงานควรติดตามค่าปฏิบัติงาน (operation limits) ซึ่งเข้มงวดกว่าค่าวิกฤตและเมื่อเห็นแนวโน้มว่าจะมีการสูญเสียการควบคุม ผู้ปฏิบัติงานจะได้มีเวลาในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตได้ทันทั่วทั้งก่อนที่จะเบี่ยงเบนจากค่าวิกฤต ซึ่งถือว่าเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

2.5.10 ขั้นตอนที่ 10 การกำหนดวิธีการแก้ไข

แม้ว่าในแผน HACCP จะมีการกำหนดค่าวิกฤตและการตรวจติดตามระยะเวลาที่กำหนดไว้แล้วก็ตาม แต่ในกระบวนการผลิตในแต่ละวันย่อมมีโอกาสที่จะเกิดการสูญเสียการควบคุมอันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความขัดข้องทางไฟฟ้า ความขัดข้องของเครื่องจักรอุปกรณ์ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องกำหนดมาตรการการแก้ไขไว้ล่วงหน้าสำหรับแต่ละขั้นตอนที่เป็น CCP เมื่อจุด CCP จุดใดจุดหนึ่งเกิดการเบี่ยงเบนไปจากค่าวิกฤตแล้วจะต้องทำอย่างไร มาตรการแก้ไขนี้ต้องกำหนดไว้สำหรับทั้งแนวทางการแก้ไขตัวผลิตภัณฑ์และแนวทางการแก้ไขสายการผลิต พร้อมทั้งระบุผู้ที่จะทำหน้าที่แก้ไขเพื่อให้ผู้รับผิดชอบได้ทราบถึงแนวทางปฏิบัติเมื่อเกิดปัญหา เพื่อช่วยให้การปฏิบัติงานเข้าสู่ปกติหรือเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดอีกครั้ง ข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินการแก้ไข เมื่อเกิดสิ่งผิดปกติหรือนอกเหนือไปจากเกณฑ์ที่กำหนดแต่ละครั้ง จะต้องมีการบันทึกไว้เพื่อเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบต่อไป

แนวทางการกำหนดการแก้ไขสำหรับผลิตภัณฑ์ (Product) ได้แก่

- การกักผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหา (Hold product)
- การทำ / ผลิตใหม่ (Rework / Reprocess)
- การทำลายสินค้า (Destroy)
- การปฏิเสธการรับ (Reject)
- เป็นต้น

แนวทางการกำหนดการแก้ไขสำหรับสายการผลิต (line) ได้แก่

- แจ้งฝ่ายจัดซื้อเพื่อการติดต่อ Supplier
- ปรับกระบวนการผลิต
- หยุดสายการผลิต แจ้งฝ่ายซ่อมบำรุงเพื่อตรวจสอบและแก้ไข
- ดักเตือนพนักงานในสายงานการผลิต
- ฝึกอบรมพนักงานใหม่
- เป็นต้น

2.5.11 ขั้นตอนที่ 11 การกำหนดวิธีการทวนสอบ

การทวนสอบ หมายถึง การใช้วิธีทำ วิธีปฏิบัติงาน การทดสอบและการประเมินผลต่างๆ เพิ่มเติมจากการตรวจติดตามเพื่อตัดสินความสอดคล้องกับแผน HACCP

ระบบ HACCP ที่ผ่านการจัดเตรียมมาอย่างถูกต้อง ไม่ได้เป็นเครื่องประกันว่าจะมีประสิทธิผลจากการประยุกต์ใช้แล้วได้ผลดี การทวนสอบเป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิผลและการปฏิบัติตามแผน HACCP เพื่อยืนยันว่ามีการปฏิบัติตามการควบคุมตามมาตรการต่างๆ ที่ระบุไว้ในแผน

อย่างครบถ้วนถูกต้องตามรายละเอียดทุกประการ การทวนสอบตามปกติในแต่ละจุดวิกฤตเป็นเพียงส่วนหนึ่งของระบบการทวนสอบ

กิจกรรมการทวนสอบ แบ่งเป็น

1) การทวนสอบความถูกต้องของแผนระบบ

การทวนสอบแผนการ HACCP เป็นการประเมินว่ามีการจัดทำแผน HACCP สำหรับผลิตภัณฑ์โดยมีการระบุและควบคุมอันตรายหรือลดปริมาณอันตรายถึงจุดที่ยอมรับได้ การตรวจสอบนี้เป็นการตรวจสอบโดยอาศัยหลักการด้านวิทยาศาสตร์

2) การตรวจประเมินระบบ

3) การสุ่มตัวอย่างและการทดสอบ

การสุ่มตัวอย่างและการทวนสอบเป็นส่วนหนึ่งของการทวนสอบ โดยต้องมีการทำเป็นช่วงระยะเพื่อสร้างความมั่นใจ ค่าวิกฤตที่กำหนดมีความเหมาะสมและยังสามารถใช้เพื่อตรวจสอบความสามารถของผู้จัดส่งที่สามารถส่งวัตถุดิบได้ตามข้อกำหนดที่ต้องการหรือไม่

2.5.12 ขั้นตอนที่ 12 การกำหนดวิธีจัดทำเอกสารและการจัดเก็บบันทึกข้อมูล

เอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบ HACCP ควรจะได้มีระบบการจัดทำและการจัดเก็บเอกสาร โดยการกำหนดอำนาจหน้าที่ผู้จัดทำเอกสารที่ใช้ในระบบ HACCP เอกสารที่เกี่ยวข้อง แบ่งเป็น 2 หมวด คือ

1). HACCP Plan ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับ

(1) รายชื่อผู้ร่วมกลุ่ม HACCP และหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละบุคคล

(2) รายละเอียดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์และวิธีการใช้งาน

(3) แผนกรรมวิธีการผลิตพร้อมทั้งระบุจุดวิกฤต

(4) อันตรายที่เกิดขึ้นในแต่ละจุดวิกฤตพร้อมวิธีการป้องกัน

(5) การกำหนดเกณฑ์ที่จะทำการควบคุม

(6) การเฝ้าระวัง

(7) การแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดการเบี่ยงเบนจากเกณฑ์ที่กำหนด

(8) วิธีการเก็บเอกสารกระบวนการสอบทวนระบบ HACCP ที่เกี่ยวข้องกับการติดตามตรวจสอบ CCP จะต้องลงนามโดยบุคคลที่มีหน้าที่ด้านนั้นเฉพาะ รวมทั้งลงนามโดยผู้มีหน้าที่รับผิดชอบของบริษัทควบคู่กันไปด้วย

2). ข้อมูลอื่นที่ต้องทำการเก็บบันทึก เช่น

(1) ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบสินค้า ได้แก่ หนังสือรับรองคุณภาพสินค้าจากผู้จัดส่งที่เป็นไปตามข้อกำหนดที่ผู้ผลิตต้องการ ข้อมูลบันทึกการตรวจสอบสถานประกอบการของผู้จัดส่ง

อุณหภูมิการเก็บวัตถุดิบสำหรับวัตถุดิบที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลช่วงเวลาการเก็บวัตถุดิบที่มีอายุการเก็บจำกัด

(2) ข้อมูลเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของสินค้า ต้องบันทึกข้อมูลอย่างเพียงพอ และมีประสิทธิภาพในการคงสภาพสินค้าให้มีความปลอดภัย เช่น ระบุช่วงอายุสินค้าว่าอยู่ในช่วงที่ปลอดภัย โดยเฉพาะเมื่ออายุของสินค้ามีผลต่อความปลอดภัย กำหนดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลการรับรองกระบวนการผลิตจากหน่วยงานที่มีอำนาจรับผิดชอบ

(3) ข้อมูลที่เกี่ยวกับวิธีการผลิต ได้แก่ ข้อมูลการตรวจและเฝ้าระวังในแต่ละจุดวิกฤต และข้อมูลการสอบทวนของกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง

(4) ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุหีบห่อ ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุหีบห่อและวัสดุที่ใช้ในการปิดผนึกที่เป็นไปตามข้อกำหนดและเป็นไปตามกฎหมาย

(5) ข้อมูลการเก็บรักษาและการขนส่ง ได้แก่ อุณหภูมิของการเก็บและการขนส่งมีข้อมูลที่พิสูจน์ได้ว่าไม่มีการส่งสินค้าที่หมดอายุออกสู่ตลาด

(6) ข้อมูลการเบี่ยงเบนจากเกณฑ์กำหนดและแก้ไขแผน HACCP ที่มีการปรับเปลี่ยน หรือมีการพัฒนา จะชี้ให้เห็นการเปลี่ยนสูตร ส่วนประกอบ กระบวนการผลิต ภาชนะบรรจุ การควบคุมกระจายของสินค้า

(7) ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้วัตถุดิบ การปรับสูตรหรือกระบวนการผลิต การเปลี่ยนภาชนะบรรจุและการควบคุมการขนส่ง

(8) ข้อมูลเกี่ยวกับการฝึกอบรมพนักงาน การฝึกอบรมของบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำระบบ HACCP ในเรื่องหลักการของระบบ HACCP รวมถึงการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ที่มีภาระหน้าที่ ตามที่ได้รับมอบหมายต่างๆ

2.6. คุณลักษณะและมาตรฐานของซอสหอยนางรม

2.6.1 ผลิตภัณฑ์ซอสหอยนางรม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1317, 2538)

ซอสหอยนางรม หมายถึง เครื่องปรุงแต่งกลิ่นและรสอาหารชนิดหนึ่ง ลักษณะข้น ประกอบด้วยเนื้อซอสหอยนางรม หรือ น้ำสกัดซอสหอยนางรม หรือส่วนที่ได้จากการย่อยสลายซอสหอยนางรมด้วยกรดหรือเอนไซม์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกัน เป็นส่วนประกอบสำคัญ และมีส่วนประกอบอื่นรวมทั้งเครื่องปรุงแต่งกลิ่นและรสผสมอยู่ด้วย บรรจุในภาชนะที่มีฝาปิดให้สนิท

ส่วนประกอบหลัก ประกอบด้วย เนื้อซอสหอยนางรม หรือ น้ำสกัดซอสหอยนางรม หรือ ส่วนที่ได้จากการย่อยสลายซอสหอยนางรม เกลือ น้ำตาล แป้ง เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งคัดแปร ส่วนประกอบอื่นๆที่อาจมีได้ เช่น โปรตีนสกัดจากพืช เครื่องปรุงแต่งกลิ่นและรส เช่น น้ำปลา น้ำชีอิ้ว น้ำซอสปรุงรส

คุณลักษณะที่ต้องการ

- มีลักษณะข้นหนืด ต้องไม่เกิน 18000 เซนติปัวส์ (centipoises)
- มีสีดำเข้ม มีกลิ่นเฉพาะตัว รสชาติเค็ม หวานเล็กน้อย การตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนรวมเฉลี่ยของผู้ตรวจสอบทั้งหมดในแต่ละลักษณะไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และต้องไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนนจากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง
- ลักษณะทางเคมี
ของแข็งทั้งหมด ร้อยละ ไม่น้อยกว่า 20 วิธีทดสอบ AOAC (1990)
เกลือ (โซเดียมคลอไรด์) ร้อยละ ไม่เกิน 13
ความเป็นกรด – ด่าง ไม่น้อยกว่า 4.4
- วัตถุกันเสีย อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ ผสมกัน ไม่เกิน 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม วัตถุกันเสียที่นิยมใช้กัน คือ กรดเบนโซอิกหรือเกลือของกรดเบนโซอิก กรดซอร์บิกหรือเกลือของกรดซอร์บิก
- ห้ามใช้สีสังเคราะห์ และ สารให้ความหวานแทนน้ำตาลทุกชนิด เช่น แซ็กคาริน ไชคลาเมต

ตารางที่ 2.1 หลักเกณฑ์การให้คะแนน

สมบัติที่ตรวจสอบ	ระดับการตัดสิน	คะแนน
สี	สีน้ำตาล สม่ำเสมอดี	4
	สีน้ำตาล ค่อนข้างสม่ำเสมอ	3
	สีไม่สม่ำเสมอ	2
	สีผิดปกติจนไม่เป็นที่ยอมรับ หรือมีสิ่งผิดปกติเห็นเป็นก้อนหรือเม็ดปนอยู่	1
กลิ่น	มีกลิ่นเฉพาะของซอสหอยนางรม ชัดเจน	4
	มีกลิ่นเฉพาะของซอสหอยนางรม ปานกลาง	3
	มีกลิ่นผิดปกติเล็กน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับ	2
	กลิ่นผิดปกติจนไม่เป็นที่ยอมรับ เช่น กลิ่นหืน เหม็นเปรี้ยวหรือบูดเน่า	1
รส	รสกลมกล่อมดีมาก	4
	รสกลมกล่อมดี	3
	รสไม่กลมกล่อม	2
	รสผิดปกติจนไม่เป็นที่ยอมรับ เช่น รสเปรี้ยว	1

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

สมบัติที่ตรวจสอบ	ระดับการตัดสิน	คะแนน
ลักษณะปรากฏ	มีเนื้อเนียนและเป็นเนื้อเดียวกันสม่ำเสมอ ไม่แยกชั้นหรือจับตัวเป็นก้อน ในกรณีที่มีส่วนประกอบที่ไม่ละลายอยู่ด้วย ส่วนนั้นมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ	4
	มีเนื้อเนียนและเป็นเนื้อเดียวกันค่อนข้างสม่ำเสมอ ไม่แยกชั้นหรือจับตัวเป็นก้อน ในกรณีที่มีส่วนประกอบที่ไม่ละลายอยู่ด้วย ส่วนนั้นมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ	3
	เนื้อไม่เนียนหรือไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้นหรือจับตัวเป็นก้อน ในกรณีที่มีส่วนประกอบที่ไม่ละลายอยู่ด้วย ส่วนนั้นมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ	2
	เนื้อไม่เนียนหรือไม่เป็นเนื้อเดียวกัน มีการแยกชั้นหรือจับตัวเป็นก้อน ในกรณีที่มีส่วนประกอบที่ไม่ละลายอยู่ด้วย ส่วนนั้นมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ	1

ที่มา : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1317, 2538.

- วัตถุปรุงแต่งเหล่านี้ ให้ใช้ได้ ในปริมาณที่เหมาะสมตามกรรมวิธีทำที่ถูกต้อง

1. โมโนโซเดียม แอล-กลูตาเมต โมโนไฮดรต

2. ไดโซเดียม-5'-อินโนซินต (disodium-5'-inosinate) หรือ แคลเซียม-5'-อินโนซินต

(calcium-5'-inosinate)

3. ไดโซเดียม-5'-กัวนิเลต (disodium-5'-guanylate) หรือ แคลเซียม-5'-กัวนิเลต

(calcium-5'- guanylate)

- สารปนเปื้อนที่อาจมีได้ ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด

ตะกั่ว ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม [AOAC (1990)] ข้อ 972.25

สารหนู ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม [AOAC (1990)] ข้อ 952.13

ปรอท ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม [AOAC (1990)] ข้อ 971.21

- การบรรจุ ให้บรรจุในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง ปิดได้สนิท และทนทานต่อการกัด

กร่อน

Wong และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษา 3-Monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) ในซอสและซอสน้ำมันหอย และประเมินปริมาณการรับประทาน โดยการศึกษาได้กล่าวถึงสาร 3-MCPD ที่สามารถเกิดขึ้นได้จากองค์ประกอบของสารประกอบคลอรีน (chlorination) ที่มีในไขมัน เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงกับโปรตีนที่มีในผัก (acid-hydrolyzed vegetable protein-acid-HPV) กำหนดไว้หรือรวมถึง acid-HVP ที่อาจจะมียู่ในการที่ใช้กรดสกัดโปรตีนในขณะที่ทำซอสถั่วเหลือง สาร 3-MCPD ได้มีการประกาศจาก European Commission's Scientific Committee for Food (European Commission, 1997) ได้กล่าวว่าสารนี้เป็นสารก่อมะเร็งและสหราชอาณาจักร ได้การแนะนำว่าควรมีการลดปริมาณของสาร 3-MCPD ในอาหารหรือส่วนผสมให้มีปริมาณต่ำกว่า 0.01 mg/kg (Food Advisory Commission, 2000) ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2001, The European Commissions Scientific Committee for Food ได้ศึกษาพบว่า มนุษย์สามารถรับสาร 3-MCPD ได้ 2 ug/kg ต่อน้ำหนักตัว (Tolerable Daily Intake : TDI) ซึ่งการศึกษานี้สอดคล้องกับ The Provisional Maximum Tolerable Daily Intake (PMTDI) ที่ทาง the Joint Food and Agriculture Organization/World Health Organization Expert Committee on Food Additive in June 2001 (JECFA, 2002) ซึ่งได้มีการรายงานในช่วง มกราคม 2000 ถึง เมษายน 2002 ได้มีการตรวจติดตามอย่างต่อเนื่องของระดับสาร 3-MCPD ในซอสถั่วเหลืองและซอสหอยนางรม ก็ยังพบว่า สาร 3-MCPD ที่สามารถรับได้ ในระดับปริมาณ 2 ug/kg ของน้ำหนักตัว

2.6.2 จุลินทรีย์ที่พบในซอสหอยนางรม

จากการสอบถามข้อมูลการวิเคราะห์จากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ย้อนหลัง 3 ปี จาก วันที่ 12 พฤษภาคม 2549 ไม่พบปัญหาของจุลินทรีย์ที่ก่อโรครุนแรงมาตรฐานในซอสหอยนางรม

การตรวจติดตามท้องถื่นอาหารและยาที่กำหนดไว้และใช้ค่าเหล่านี้ในการตรวจติดตามซอสหอยนางรม โดยเกณฑ์ควบคุมต้องมีความสอดคล้องตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 200 พ.ศ. 2543 เรื่อง ซอสในภาชนะบรรจุปิดสนิท โดยมีการตรวจและเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงรายการวิเคราะห์และเกณฑ์ของซอสหอยนางรม

รายการ	เกณฑ์คุณภาพ*	วิธีวิเคราะห์
ค่า water activity	-	AOAC 978.18B(a)
จุลินทรีย์รวม/กรัม	น้อยกว่า 1×10^6	APHA. 201. Compendium.
จำนวนยีสต์และเชื้อรา/กรัม	ยีสต์ น้อยกว่า 1×10^4 รา น้อยกว่า 500	BAM online. 2001
MPN Coliform / กรัม	น้อยกว่า 500	APHA. 2001. Compendium.
MPN <i>E. coli</i> / กรัม	น้อยกว่า 3	APHA. 2001. Compendium.
เชื้อโรคอาหารเป็นพิษ		
<i>S. aureus</i> / กรัม	น้อยกว่า 100	BAM online. 2001
<i>C. perfringens</i> / 0.01 กรัม	ไม่พบ	BAM online. 2001
Salmonellae/ 25 กรัม	ไม่พบ	ISO 6579:2002
<i>B. cereus</i> / กรัม	น้อยกว่า 100	BAM online. 2001

ที่มา : เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2535)

2.6.3. จุลินทรีย์กับการเสื่อมเสียในซอสหอยนางรม

ซอสต่างๆมักเสียเนื่องจากการเจริญของราและยีสต์เพราะมีความเป็นกรดสูง มีเกลือและน้ำตาลเป็นส่วนผสม ยีสต์ทำให้เกิดกระบวนการหมักให้ก๊าซ (สุมาลี, 2535)

Franciska และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษา *Cryptosporidium* และ *Giardia* ในทางการค้า (commercial) และไม่ใช่ทางการค้า (non-commercial) ในหอยนางรม (*Crassostrea gigas*) และน้ำที่ได้จาก the Oysterchelde ในประเทศเนเธอร์แลนด์ จากการศึกษาพบว่าปรสิต *Cryptosporidium* และ *Giardia* เป็นเหตุให้เกิดแก๊สในลำไส้ของมนุษย์ และสามารถปนเปื้อนลงสู่น้ำ นอกจากนี้ เชื้อที่ก่อโรคที่อาจพบในน้ำได้อีก เช่น *Salmonella*, *Vibrio*, *norovirus* และ *Cryptosporidium* ซึ่งทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้ และที่สำคัญในระบบห่วงโซ่อาหาร หอยนางรมมักถูกบริโภคจากสัตว์ทะเลต่างๆ ดังนั้น ปรสิตเหล่านี้จึงอยู่ในลำไส้ของหอย สาธารณสุขจึงแนะนำว่าไม่ควรทานหอยนางรมดิบๆเพราะอาจทำให้เกิดการก้ำในในระบบลำไส้ได้

2.6.3.1 รา (Mould) (สุมาลี, 2541)

ราที่เจริญในอาหารจะมีลักษณะคล้ายฟูฟ่าย บางชนิดมีสีซึ่งทำให้อาหารมีลักษณะไม่น่ารับประทาน ราที่เกี่ยวข้องกับอาหารมีทั้งพวกที่ทำให้อาหารเสีย และพวกที่มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารหรือส่วนประกอบของอาหารบางชนิด เช่นเนยแข็งบางชนิดต้องใช้ราในการบ่มให้เกิดกลิ่นรสได้แก่ เนยแข็งชนิดต่างๆ (Blue, Roquefort, Camembert, Brie, Gammelost) และร่ายังมีประโยชน์ใน

การทำชี้อ้ว เต้าเจี้ยว ซอนติ (sonti) และอื่นๆ ราบางชนิดสร้างสารที่เป็นพิษออกมาในขณะที่เจริญอยู่ในอาหาร เช่น อะฟลาทอกซิน (aflatoxin)

1) ลักษณะทั่วไปของรา

คำว่า “รา” เป็นคำที่ใช้เรียกฟันไจ (fungi) ที่มีลักษณะเป็นเส้นสายประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ เมื่อเจริญในอาหารจะเห็นมีลักษณะคล้ายปุยฝ้าย ส่วนใหญ่จะมีสีขาวแต่บางทีก็มีสีสด หรือมีสีหม่นๆ จนถึงดำได้ สีของสปอร์ จะแสดงถึงการเจริญเต็มตัวของราบางชนิด ซึ่งทำให้ราที่เจริญมีสีเพียงบางส่วนหรือทั้งหมด

2) ลักษณะการเจริญของรา (Cultural Characteristics)

ลักษณะของราที่ปรากฏเมื่อเจริญในอาหารมักเพียงพอในการแยกสกุลของรา โดยที่ราบางชนิดจะมีลักษณะการเกาะกันของไมซีเลียมเป็นแบบหลวมๆมองเห็นเป็นปุย แต่บางชนิดไมซีเลียมจะเกาะกันแน่น บางชนิดมีลักษณะคล้ายกัมมะหยี่อ่อนนุ่ม ในขณะที่บางชนิดมีลักษณะคล้ายแป้งฝุ่น และบางชนิดเปื่อยและเหนียวคล้ายเจลาติน ขนาดของโคโลนี (colony) ของราบางชนิดค่อนข้างจำกัด แต่บางชนิดเจริญขยายไปเรื่อยๆ จนเต็มภาชนะที่บรรจุอาหาร โคโลนีของราบางชนิดก็มีลักษณะเป็นวงๆ เช่น *Aspergillus niger* ไมซีเลียมของราอาจจะมีสี แดง ม่วง เหลือง น้ำตาล เทาดำ เป็นต้น เช่นเดียวกันสปอร์ชนิดไม่ใช้เพศจะมีสีเขียว เขียวแกมน้ำเงิน เหลือง ส้ม ชมพู ม่วง น้ำตาล เทาและดำ และลักษณะของราที่ปรากฏให้เห็นที่ก้นจานเพาะเชื้อก็จะแปลกไปอีก เช่น *Cladosporium* จะมีสีน้ำเงินเกือบดำ และสีดำแกมเขียว

3) ลักษณะทางสรีรวิทยา (Physiological Characteristics) (สุมาลี, 2541)

เราต้องการปัจจัยหลายอย่างในการเจริญ ได้แก่

(1) ความชื้น ตามปกติราจะต้องการความชื้นน้อยกว่ายีสต์และแบคทีเรีย ถ้าความชื้นในอาหารต่ำกว่าร้อยละ 14 ถึง 15 เช่น ในแป้ง เมล็ดพืช และในอาหารแห้งต่างๆ จะสามารถป้องกันหรือยับยั้งการเจริญของราได้

(2) อุณหภูมิ ราส่วนใหญ่จะเป็นพวกมีโซไฟล์ (mesophiles) คือเจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลางอุณหภูมิที่เหมาะสมจะประมาณ 25 ถึง 30°C แต่ราบางชนิดเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 35 ถึง 37°C หรือสูงกว่าเล็กน้อย เช่น *Aspergillus* sp. มีราส่วนหนึ่งที่เป็นพวกไซโครไฟล์ (psychrophiles) คือเจริญได้ดีก่อนข้างดีที่อุณหภูมิต่ำในตู้เย็น และบางชนิดสามารถเจริญได้อย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง เคยมีรายงานการเจริญของราที่อุณหภูมิต่ำ -5 ถึง -10°C มีราเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่เป็นพวกเทอร์โมไฟล์ (thermophiles) โดยต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมค่อนข้างสูง

(3) ออกซิเจนและฟิเอช ราเป็นพวกที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญและสามารถเจริญได้ในช่วง ฟิ-เอชกว้าง คือ ตั้งแต่ 2 ถึง 8.5 แต่ส่วนใหญ่แล้วราจะชอบฟิเอชที่ค่อนข้างเป็นกรด

(4) อาหาร ราสามารถใช้อาหารได้หลายชนิดตั้งแต่อาหารที่มีองค์ประกอบง่ายๆ จนถึงซับซ้อน ราทั่วไปมักจะมีเอนไซม์พวกไฮโดรไลติกหลายชนิดและบางก็มีเอนไซม์อะไมเลส เพกทิเนส และไลเปส

(5) สารยับยั้งการเจริญ จะมีการสร้างสารยับยั้งขึ้นในราบางชนิด เช่น เพนิซิลลิน (penicillin) จาก *Penicillium crysogenum* และ คลาเวซิน (clavacin) จาก *Aspergillus clavatus* อาจมีสารประกอบเคมีบางชนิดที่สามารถยับยั้งการเจริญของราแบบไมโคสเทติก (mycostatic) ได้ เช่น กรดซอร์บิก (sorbic acid) เกลือโปรปิโอเนต (propionates) และอะซิเตต (acetates) เป็นต้น สารประกอบเคมีบางชนิดก็เป็นฟันไจไซด์ (fungicidal) ทำลายพวกราได้

ในขณะที่เริ่มเจริญราจะเจริญได้ช้าเมื่อเทียบกับการเจริญของแบคทีเรียหรือยีสต์ ดังนั้นถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ทุกชนิดแล้วรามักจะต้องพ่ายแพ้ในการแข่งขันการเจริญ แต่ถ้าราเจริญได้แล้ว ราจะเจริญได้เร็วมาก

4) ราที่มีความสำคัญในด้านอุตสาหกรรม (สุมาลี, 2541)

ราที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านอาหาร ซึ่งมีทั้งในแง่ที่เป็นประโยชน์ และในแง่ที่เป็นโทษ ในที่นี้จะกล่าวถึงพอสังเขป

1. ราพวกนอนแซพเทต เป็นราที่มีความสำคัญทางอาหาร

1.1 ชั้น Oomycetes: มีสปอร์ชนิดใช้เพศเป็นแบบโอโอสปอร์

1.1.1 อันดับ Saprolegniales (ราน้ำ)

ก. สกุล Saprolegnia : *S. parasitica* เจริญบนตัวปลา สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการสร้างสปอร์แรงเจียงและซุโอสปอร์ (zoospore)

1.1.2 อันดับ Peronosporates

ก. สกุล Pythium บางชนิดทำให้ผักเน่า บางชนิดทำให้ราพืชเป็นโรค สร้างสปอร์แรงเจียงที่ให้กำเนิดซุโอสปอร์ 4 สปอร์

1.2 ชั้น Zygomycetes สร้างสปอร์ชนิดอาศัยเพศ ที่เรียกว่า ไชโกสปอร์

1.2.1 อันดับ Mucorales มีสปอร์แรงจิโอสปอร์ในสปอร์แรงเจียง

ก. สกุล Mucor ทำให้อาหารเสีย สปีชีส์ที่พบได้ทั่วไป คือ *M. racemosus*, *M. rouxii* ซึ่งนำไปเป็นตัวผลิตเอนไซม์อะไมเลส (amylase) ในกระบวนการย่อยสลายแป้งให้เป็นน้ำตาล และยังมีการใช้ Mucor ในการบ่มเนยแข็งด้วย

ข. สกุล Zygorrhynchus เป็นราในดินที่มีลักษณะคล้าย Mucor มาก แตกต่างกันตรงที่ไชโกสปอร์ซีสเพนเซอร์มีขนาดไม่ก้น และเกิดจากไฮฟาเส้นเดียวกัน

ค. สกุล *Rhizopus* ได้แก่ *R. nigricans* หรือที่เรียกว่าราขนมปัง เป็นราที่พบได้ทั่วไป และเป็นสาเหตุในการเสียของผัก ผลไม้ ขนมปัง และอื่นๆ

ลักษณะสำคัญของ *Rhizopus* คือ

- เป็นพวกนอนเซพเทต
- มีสโทลอน และไรซอยด์
- สปอร์แรงจิโอฟอร์เกิดขึ้นที่ข้อ (node) ซึ่งไรซอนด์ก็เกิดขึ้นที่นี้ด้วย
- สปอร์แรงเจียมมีขนาดใหญ่ มักมีสีดำ
- โคถัมเมตลาเป็นรูปครึ่งวงกลม และมีอะโปฟิซิส (apophysis) ซึ่งเป็นฐานของสปอร์แรงเจียมเป็นรูปถ้วย
- มีไมซีเลียมมากลักษณะฟูคล้ายปุยฝ้าย เจริญเต็มภาชนะที่บรรจุ
- ไม่มีสปอร์แรงจิโอล

ง. สกุล *Absidia* ลักษณะคล้าย *Rhizopus* ยกเว้น สปอร์แรงจิโอฟอร์ที่เจริญจากปล้อง และสปอร์แรงเจียมมีขนาดเล็กรูปร่างคล้ายลูกแพร์

จ. สกุล *Thamnidium* ได้แก่ *T. elegans* เป็นพวกที่พบในเนื้อแช่เย็น
ลักษณะที่สำคัญได้แก่

- เป็นพวกนอนเซพเทต
- มีสปอร์แรงจิโอฟอร์ที่มีสปอร์แรงเจียมขนาดใหญ่อยู่ที่ปลาย ส่วนด้านข้างใกล้ๆฐานของสปอร์แรงจิโอฟอร์จะมีกลุ่มของสปอร์แรงจิโอล ซึ่งมีสปอร์จำนวน 2-12 สปอร์

2. ราพวกเซพเทต (สุมาลี, 2541)

2.1 ชั้น Fungi Imperfecti: ไม่สร้างสปอร์ชนิดอาศัยเพศ มีราเพียงไม่กี่ชนิดที่พบในภายหลังว่ามีการสร้างสปอร์ชนิดอาศัยเพศ แต่เมื่อก้าวถึงระยะที่สร้างสปอร์ชนิดไม่อาศัยเพศมักนิยมคงไว้ในชั้นเดิม

2.1.1 อันดับ Moniliales โคนิดิโอฟอร์เกิดขึ้นได้ทุกบริเวณของไมซีเลียม

2.1.1.1 วงศ์ Moniliaceae ไมซีเลียมใสไม่มีสีหรือมีสีอ่อน

ก. สกุล *Aspergillus* ราพวกนี้พบได้ทั่วไปมักทำให้ อาหารเสียแต่บางชนิดก็มีประโยชน์ในการแปรรูปอาหาร ประกอบด้วยกลุ่มที่สำคัญหลายกลุ่มด้วยกัน ได้แก่ กลุ่ม *A. glaucus* มีสปิซิสที่สำคัญ คือ *A. repens* ซึ่งมักทำให้อาหารเสีย เจริญได้ดีในอาหารที่มีความชื้นต่ำ หรือมีความเข้มข้นของเกลือหรือน้ำตาลสูง โคนิเดียมของราบางชนิดในกลุ่มนี้มีสีเขียว เพอริธีเซีย (perithecia) ซึ่งภายในมีแอสไคที่มีแอสโคสปอร์อยู่จะมีสีเหลืองหรือสีแดง นักจุลชีววิทยาบางท่านจัดราพวกนี้ไว้ในชั้น Ascomycetized สกุล *Eurotium* เมื่อพบว่าการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

กลุ่ม *A. niger* ซึ่งมี *A. niger* เป็นสปีชีส์ที่สำคัญ แพร่กระจายอยู่ทั่วไปและมีความสำคัญทางอาหาร ส่วนที่สร้างสปอร์จะมีขนาดใหญ่ มีสีดำ น้ำตาลดำ หรือม่วงออกน้ำตาล โคนิเดียมีผิวหยาบขรุขระ มีสีเป็นแถบๆ มีบางสายพันธุ์สร้างสเคอโรเทียสเททาหรือเทอออดำ มีการคัดพันธุ์ราพวกนี้นำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตกรดซิตริก กรดกลูโคนิก (gluconic acid) และเอนไซม์บางอย่าง

กลุ่ม *A. flavus-oryzae* มีความสำคัญในอาหารต่างประเทศบางชนิด และการผลิตเอนไซม์บริสุทธิ์ แต่ก็มีหลายชนิดทำให้อาหารเสีย โคนิเดียมีสีตั้งแต่สีเหลืองถึงเขียวและมีสเคอโรเทียมีสีเข้ม

ลักษณะที่สำคัญของ *Aspergillus* ได้แก่

- ไมซีเลียมเป็นแบบเซพเทตและแตกแขนง มักไม่มีสี ส่วนที่จมอยู่ในอาหารจะเป็นเวจเตเททิฟ ไมซีเลียม ส่วนที่ชูขึ้นบนอากาศจะเป็นเพอร์ไทล์ไมซีเลียม
- โคลินีมีลักษณะเป็นโซน
- โคนิดิโอฟอร์อาจเป็นแบบเซพเทตหรือไม่ก็ได้เกิดขึ้นที่ฟูเซล ซึ่งเป็นเซลล์พิเศษในไมซีเลียมที่มีขนาดใหญ่และผนังหนาที่ปลายของโคนิดิโอฟอร์จะบวมเป็นถุงยึดติดกับสเทอริมาที่มีโคนิเดียหลุดออกไป
- สเทอริมาทาหรือไฟอะลายด์อาจเป็นแบบเดี่ยวๆ หรือ แบบประกอบก็ได้และมีสีหรือไม่ก็ได้
- โคนิเดียเกาะติดกันเป็นลูกโซ่มีสีเขียว น้ำตาล และดำ มากกว่าสีอื่นๆ
- บางสปีชีส์เจริญได้ดีที่ 37°C หรือสูงกว่านี้

ข. สกุล *Penicillium* เป็นอีกสกุลหนึ่งที่มีการแพร่กระจายทั่วไปและมีความสำคัญในด้านอาหาร แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่และกลุ่มย่อยหลายกลุ่ม การแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่จัดตามการแตกแขนงของส่วนที่ติดกับสปอร์ว่ามีการแตกแขนงหรือไม่ แตกแขนงซ้อนกันอย่างไร และแขนงแต่ละข้างเท่ากันหรือไม่ มักจะพบว่าสปีชีส์ที่มีความสำคัญในอาหารจะเป็นพวกแตกแขนงซ้อนกันหลายชั้นและแต่ละข้างไม่เท่ากัน *P. expansum* เป็นสปีชีส์ที่มีส่วนที่ติดกับสปอร์เป็นแบบที่เรียกว่า โครีเมีย (coremia) คือโคนิดิโอฟอร์เกาะกลุ่มรวมกันเป็นมัดมีโคนิเดียสีน้ำเงินเขียว ทำให้ผลไม้เน่าและ *P. digitatum* ซึ่งมีโคนิเดีย สีเขียวจนถึงสีเขียวออกเหลือง เป็นสาเหตุที่ทำให้ผลไม้ตระกูลส้มเน่าและ *P. italicum* มี โคนิเดีย สีเขียวออกน้ำเงิน ทำให้พืชตระกูลส้มเน่าและได้เหมือนกัน *P. camemberti* มีโคนิเดียสีเทามีประโยชน์ใน การบ่มเนยแข็ง และ *P. ropueforti* ซึ่งมีโคนิเดียสีเขียวแกมน้ำเงินก็ช่วยในการบ่มเนยแข็งเช่นกัน มีไม่กี่สปีชีส์ที่สร้างแอสไคที่มีแอสไคสปอร์ภายในคลิสโทธีเซีย (cleistothecia) และบางสปีชีส์ก็สร้างสเคอโรเทีย จึงมักทำให้เกิดปัญหาในอาหารกระป๋องที่เป็นกรด

ลักษณะที่สำคัญของ *Penicillium* คือ

- มีเชพเทดไมซีเลียซึ่งมีการแตกแขนงมักจะไม่มีสี
- มีโคนิดิโอฟอร์เป็นแบบเชพเทตชูขึ้นสู่อากาศตั้งฉากกับอาหาร อาจจะแตกแขนงหรือไม่ก็ได้
- ส่วนที่ติดกับสปอร์มีลักษณะคล้ายแปรง ประกอบด้วยกลุ่มของสเทอริกมาทาหรือฟิอะลาซด์และสายของโคนิเดียที่เกิดบนสเทอริกมาแต่ละอัน
- โคนิเดียของบางสปีชีส์จะมีสีเขียวเมื่ออายุน้อย แต่พออายุมากขึ้นจะเป็นสีน้ำตาล

ก. สกุล *Trichothecium* ได้แก่ *T. roseum* เป็นราสีชมพูที่เกิดบนไม้ กระดาษ ผลไม้ เช่น แอปเปิล และผัก เช่น แดงต่างๆ รานี้มีลักษณะที่เด่น คือ มีโคนิเดียที่มี 2 เซลเกาะกลุ่มกันอยู่ที่ปลายโคนิดิโอฟอร์ที่มีลักษณะเป็นท่อนตรงค่อนข้างสั้น ในจำนวน 2 เซลของโคนิเดียจะมีขนาดไม่เท่ากัน คือเซลที่อยู่ติดกับโคนิดิโอฟอร์จะมีขนาดเล็กกว่าอีกเซลหนึ่ง

ง. สกุล *Geotrichum* ในสกุลนี้ได้รวมราที่มีลักษณะคล้ายยีสต์เอาไว้ บางสปีชีส์มีสีขาว เหลือง ส้ม หรือแดง การเจริญในตอนแรกมีลักษณะแข็ง แต่ตอนหลังจะอ่อนและมีสีครีม

จ. สกุล *Monilia* (*Neuropora*) *Neuropora* เป็นชื่อที่เรียกในระยที่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ซึ่งนิยมเรียกกันมากกว่าชื่อ *Monilia* ที่ใช้เรียกในระยสร้างสปอร์ชนิดไม่อาศัยเพศ *N. sitophila* เป็นสปีชีส์ที่สำคัญที่สุดในอาหาร บางครั้งเรียกกันว่า ราขนมปังแดง (red bread mold) เนื่องจากมีสีชมพูเจริญในขนมปัง หรืออาหารอื่นๆ ไม่ค่อยพบระยที่สร้างแอสโคสปอร์

ลักษณะสำคัญของ *N. sitophila* คือ

- ไมซีเลียมเป็นแบบเชพเทต ซึ่งตอนหลังจะแตกออกเป็นเซล
- ไมซีเลียมเจริญขึ้นสู่อากาศมีลักษณะเป็นร่างแหหลวมๆ
- ไฮฟีที่ชูขึ้นสู่อากาศจะมีโคนิเดียรูปร่างกลมสีชมพู ส้ม แดง แตกแขนงออกไปมากมายให้เนื้อเป็นจุดขาวๆ

ลักษณะสำคัญของ *S. carnis* คือ

- ไมซีเลียมเป็นแบบเชพเทต ใส
- โคลินิมีสีครีม โดยตอนแรกจะมีลักษณะเปียกและเปลี่ยนเป็นผงคล้ายแป้งฝุ่นในตอนหลัง
- โคนิเดียมักมีขนาดเล็ก มีรูปร่างคล้ายลูกแพร์ บางชนิดก็กลม เกิดที่ด้านข้างหรือที่ปลายของโคนิดิโอฟอร์ โคนิเดียมักอยู่เดี่ยวๆ แต่บางครั้งก็พบว่าการเกาะกลุ่มเป็นกลุ่มเล็ก

ข. สกุล *Botrytis* มีเพียงสปีชีส์เดียวเท่านั้นที่มีความสำคัญทางอาหาร คือ *B. cinerea* เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคในองุ่น และอาจเจริญในอาหารอื่นๆ ได้

ลักษณะที่สำคัญของ *Botrytis* คือ

- ไมซีเลียมเป็นแบบเชพเทต มีสีอ่อน หรือสีฝุ่น
- โคนิดิโอฟอร์ยาวและแข็ง มีการแตกแขนงที่ปลายพร้อมกับมีกลุ่มของโคนิเดียติดอยู่ที่ปลายสุด
- โคนิเดียเป็นรูปไข่มีขนาดเล็ก
- สร้างสเกอโรเทียมที่มีสีเขียวและจะเปลี่ยนเป็นสีดำในที่สุด

ค. สกุล *Cephalosporium* ได้แก่ *C. acemonium* เป็นสปีชีส์ที่พบได้เสมอ
ลักษณะที่สำคัญของ *C. acemonium* คือ

- ไมซีเลียมเป็นแบบเชพเทต
- โคนิดิโอฟอร์เป็นแท่งตรงสั้น นอนเชพเทต เกิดได้จากทุกส่วนของฟอร์ไทล์ไฮฟ
- โคนิเดียมักเป็นรูปยาว ไม่มีการเกิดที่ปลายของโคนิดิโอฟอร์ ซึ่งจะปล่อยของเหลวออกมาทำให้โคนิเดียติดกันเป็นกลุ่มคล้ายลูกบอลขนาดเล็ก

ง. สกุล *Trichoderma* ได้แก่ *T. viride* เป็นสปีชีส์ที่พบได้ทั่วไป ราที่เต็มที่จะมีสีเขียวสดเนื่องจากโคนิเดียซึ่งมีสีเขียวถูกตรึงเข้าด้วยกัน จนคล้ายลูกบอลด้วยยางเหนียว และมีปุยของไฮฟสีขาวช่วยคลุมไว้อีกทีหนึ่ง

ลักษณะที่สำคัญของรา *T. viride* นี้คือ

- ไมซีเลียมเป็นแบบเชพเทต
- โคนิดิโอฟอร์ซึ่งเป็นแบบเชพเทตแตกแขนง และแขนงอันสุดท้ายคือสเทอริกมาซึ่งอยู่ติดกับโคนิเดียที่มีลักษณะเป็นรูปไข่สีเขียวสด และมีเมือกเหนียวยึดโคนิเดียเข้าด้วยกันจนคล้ายลูกบอล

จ. สกุล *Scopulariopsis* ได้แก่ *S. brevicaulis* เป็นสปีชีส์ที่พบเสมอ ในสกุลนี้อาจจะสับสนกับ *Penicillium* ได้เพราะมีส่วนที่ยึดติดกับสปอร์คล้ายกันคือมีลักษณะคล้ายแปรง และสปอร์เรียงติดกันเป็นสายโซ่ แต่ที่แตกต่างกันคือโคนิเดียของ *Scopulariopsis* ไม่เคยมีสีเขียว โคนิดิโอฟอร์อาจแตกแขนงหรือไม่ก็ได้และแขนงจะเป็นแบบง่ายๆ หรือซับซ้อนก็ได้ โคนิเดียมักมีสีน้ำตาลออกเหลืองรูปคล้ายผลมะนาว มีผนังหนาและมีหนามที่ชี้ทางด้านเดียวกัน ส่วนด้านตรงข้ามจะเป็นวงหนา โคลอนีมีสีน้ำตาลลักษณะคล้ายปุยฝ้าย

ญ. สกุล Pullularia มีโคนินเดียรูปไข่โต เกิดขึ้นที่ด้านข้างของไมซีเลียมได้ทุกจุด ลักษณะคล้ายหน่อ โคลินินมีสีอ่อนเป็นเมือกคล้ายยีสต์เมื่ออายุน้อย และจะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำๆเมื่ออายุมากขึ้น สปีชีส์ที่รู้จักกันทั่วไป คือ *P. pullulans*

2.1.1.2 วงศ์ Dematiaceae ไมซีเลียมมีสีเข้ม (ดำ น้ำตาล เทา หรือเขียวมะกอก) โคนินเดียมักสีเข้มด้วย ทำให้เห็นกลุ่มของไมซีเลียมมีสีดำ แต่ถ้าดูจากไฮฟีแต่ละเส้นด้วย กล้องจุลทรรศน์จะมีสีเข้มไม่มากนัก

ก. สกุล Cladosporium มี *C. herbarum* เป็นสกุลที่สำคัญ ทำให้เกิดจุดสีดำบนอาหาร โคลินินของ *C. herbarum* จะเจริญในวงแคบมีลักษณะคล้ายกำมะหยี่ มีสีเขียวมะกอกหรือสีเขียวแกมเทา และที่ด้านใต้ของโคลินินจะมีสีดำแกมน้ำเงินจนถึงสีดำแกมเขียว

ลักษณะสำคัญ ได้แก่

- ไมซีเลียมมีสีเข้มและเป็นแบบเซพเทต
- ส่วนที่ติดกับสปอร์จะประกอบด้วยกลุ่มของโคนินเดียสีเข้ม จับกลุ่มคล้ายต้นไม้ คล้ายกับ *Neurospora* แต่สีไม่เหมือนกัน
- โคนินเดียเกิดจากการแตกหน่อมีรูปไข่สีเข้ม ซึ่งมีเพียงเซลล์เดียวเมื่ออายุน้อย และเมื่ออายุมากขึ้นอาจมี 2 เซลล์

ข. สกุล Helminthosporium มีหลายสปีชีส์ในสกุลนี้เป็นสาเหตุของโรคพืช แต่อาจจะเจริญแบบแซปโรไฟต์ (saprophyte) ในผักได้

ลักษณะสำคัญ ได้แก่

- ไมซีเลียมมีสีเข้ม เป็นแบบเซพเทต
- โคนินเดียมีขนาดค่อนข้างยาว ประกอบด้วย 4-6 เซลล์ มีสีเข้ม เจริญแบบเดี่ยวๆหรือรวมกันเป็นข่อ บางครั้งข่อมีลักษณะคล้ายการเรียงตัวของกล้ายในหวี อยู่ที่ปลายของโคนินดิโอฟอร์ที่มีขนาดสั้น

ค. สกุล Alternaria ราในสกุลนี้มักทำให้อาหารเสีย เช่น *A. tenuis* และ *A. brassicae* ซึ่งพบได้ทั่วไป กลุ่มของไมซีเลียมมีสีเขียวแกมเทา แต่ไฮฟีมักจะไม่มีสีเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โคนินเดียมีหลายเซลล์สีน้ำตาลอยู่ติดกันเป็นลูกโซ่บนโคนินดิโอฟอร์

ลักษณะสำคัญ ได้แก่

- ไมซีเลียมเป็นแบบเซพเทตเป็นปุยมีสีเขียวแกมเทา
- โคนินเดียมีขนาดใหญ่ เป็นรูปไข่มีหลายเซลล์ มีผนังชั้นเซลล์ตามขวางและตามยาว สีน้ำตาลแกมเขียว หรือน้ำตาลเข้ม

- โคนิดิโอฟอร์ซิดติดกับโคนิเดียที่เรียงตัวกันเป็นลูกโซ่ โดยด้านข้างของโคนิเดียจะชี้ทางไมซีเลียม และด้านตรงข้ามเป็นด้านแหลม โคนิดิโอฟอร์อาจแตกแขนงหรือไม่ก็ได้

ง. สกุล *Stemphylium* เป็นสกุลที่พบเสมอ โคนิเดียประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ แต่จำนวนน้อยกว่า *Alternaria* มีสีเข้ม และโคนิเดียมีลักษณะเป็นรูปไข่

ลักษณะสำคัญ ได้แก่

- ไมซีเลียมเป็นแบบเซพเทต
- โคนิเดียมีรูปไข่ ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ มีผนังกันตามขวางและตามยาว มีสีเข้มมาก
- มีการรวมกลุ่มของโคนิเดียเป็นกลุ่มเล็กๆอยู่บนโคนิดิโอฟอร์

2.1.1.3 วงศ์ *Tuberculariaceae* มีโคนิดิโอฟอร์สั้นรวมกันเป็นกลุ่ม

ก. สกุล *Furarium* ราเนื้อมักเจริญในอาหารเสมอ มีลักษณะผื่นแปรได้ง่าย

ลักษณะสำคัญ ได้แก่ แม็กโครโคนิเดีย (macroconidia) ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ ซึ่งอาจมีสีหรือไม่มีสีก็ได้ แต่ไม่เคยมีสีเข้ม และมีไมโครโคนิเดีย (microconidia) ที่ประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว รูปร่างกลมอยู่เดี่ยวๆ หรืออยู่ติดกันเป็นลูกโซ่ พบได้เสมอ ถ้ามีการสร้างสปอร์ชนิดใช้เพศจะจัดไว้ในสกุล *Gibberella*

2.1.1.4 วงศ์ *Cryptococcaceae* เป็นราที่มีลักษณะคล้ายยีสต์หรือที่เรียกว่ายีสต์เทียม สืบพันธุ์ได้โดยการแตกหน่อ อาจมีไมซีเลียมหรือไม่ก็ได้ ได้แก่สกุล *Candida*, *Cryptococcus*

2.1.1.5 วงศ์ *Rhodotorulaceae* เป็นยีสต์เทียมไม่สร้างสปอร์ มีสีส้ม หรือแดง ได้แก่สกุล *Rhodotorula*

2.1.2 อันดับ *Melanconiales* โคนิดิโอฟอร์ไม่เป็นอิสระจะมีการรวมกลุ่ม และมีโครงสร้างคล้ายผนังมาปกคลุมโคนิดิโอฟอร์ทั้งหมด สกุลที่สำคัญทางอาหาร โดยเฉพาะผลไม้ ได้แก่ *Colletotrichum* และ *Geosporium* (ทำให้เกิดโรคแอนแทรักษ์โนสในพืช) และ *Pestalotia* (ทำให้เกิดโรคโคนเน่าในผัก และผลไม้)

2.1.3 อันดับ *Sphaeropsidales* โคนิเดียอยู่ในโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายคนโท เรียกว่า ปิกนินิเดีย (pycnidia)

ก. สกุล *Phoma* เป็นสาเหตุของโรคเน่าในต้นบีต มะเขือเทศ โคนิเดีย ประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว และเกิดในปฏิกิริยาเคมี

ข. สกุล *Diplodia* ทำให้เกิดโรคเน่าโดยเฉพาะโคนต้นเน่า ในพืชผักและผลไม้ โคนิเดียมีสปีชีส์ประกอบด้วยเซลล์ 2 เซลล์

2.2 ^{ขั้น} Ascomycetes : สปอร์ชนิดอาศัยเพศคือ แอสโคสปอร์ บางสกุลของ Ascomycetes ได้อธิบายไว้แล้วในชั้น Fungi Imperfecti เช่น *Neurospora*, *Eurotium*, และ *Gibberella* สกุลอื่นที่มีความสำคัญทางอาหารได้แก่

ก. สกุล *Endomyces* เป็นราที่มีลักษณะคล้ายยีสต์ สร้างไมซีเลียม และอาร์โธรสปอร์ บางสปีชีส์ทำให้เกิดโรคเน่าในผลไม้

ข. สกุล *Monascus* โคโลนีของ *M. purpureus* จะบาง และแผ่ขยายไปได้ มีสีม่วงหรือสีม่วงแดง พบในผลิตภัณฑ์นมและในข้าวแดงของจีน (ang-khak)

ค. สกุล *Sclerotinia* บางสปีชีส์เป็นสาเหตุของโรคเน่าในผัก และผลไม้ เมื่ออยู่ในระยะการสร้างโคนิเดีย โคนิเดียมีรูปร่างคล้ายผลมะนาวอยู่ติดกันเป็นลูกโซ่ โดยมีจุดเป็นหัวแยก

2.6.3.2 ยีสต์และราที่มีลักษณะคล้ายยีสต์ (Yeast and yeast like fungi) (สุมาลี, 2541)

ยีสต์เป็นฟันไจที่อยู่ในแอสโคไมซีตที่ไม่มีการเจริญแบบเส้นสาย แต่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ มีรูปร่างๆเป็นรูปไข่หรือกลม ยีสต์มีทั้งประโยชน์และโทษในอาหาร กระบวนการหมักของยีสต์มีความสำคัญทางด้านอุตสาหกรรมของอาหารหลายอย่าง เช่นขนมปัง เบียร์ ไวน์ น้ำส้มสายชู เป็นต้น การผลิตเอนไซม์หรืออาหารหลายชนิดก็ได้จากการเจริญของยีสต์ ในทางตรงกันข้ามยีสต์จะเป็นโทษเนื่องจากเป็นตัวทำให้อาหารหลายชนิด เช่น กะหล่ำปลีดอง น้ำผลไม้ น้ำเชื่อม เยลลี่ เนื้อสัตว์ ไวน์ และอื่นๆเสียหาย

1) ลักษณะรูปร่างของยีสต์

ลักษณะรูปร่างของยีสต์ศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์มีรูปร่างกลมถึงรูปไข่ มะนาว ลูกแพร์ ทรงกระบอก สามเหลี่ยม หรือมีเซลล์เรียงกันเป็นเส้นสายคล้ายไมซีเลียม ยีสต์มีขนาดแตกต่างกัน โครงสร้างที่มองเห็น ได้แก่ผนังเซลล์ (cell wall) ไซโทพลาสซึม แวกิวโอล เม็ดไขมัน และเกล็ดอื่นๆ เช่น เมทาโครมาติกเกล็ด เม็ดไขขาว และเม็ดแป้ง ถ้าต้องการดูนิวเคลียสจะต้องใช้วิธีย้อมสีพิเศษ

2) ลักษณะการเจริญของยีสต์

การเจริญของยีสต์มักขึ้นบริเวณผิวหน้าของอาหารเหลวจะบอกได้ว่าเป็นออกซิเดทีฟหรือฟิล์มยีสต์ การสร้างรงควัตถุพวกคาโรทีนอยด์ในยีสต์ สกุล *Rhodotorula* จะเกิดจุดสีบนอาหารเป็นการแยกที่จะแยกลักษณะโคโลนีของยีสต์กับแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อออกจากกันด้วยตาเปล่าได้ จึงจำเป็นต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ตรวจดูเท่านั้น โคโลนีของยีสต์ที่มีอายุน้อยจะขึ้นมากหรือเป็นเมือกส่วนใหญ่จะมีสีขาว คริมและชมพู บางโคโลนีเมื่ออายุมากขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ในขณะที่บางโคโลนีจะเริ่มแห้งและยุบ

3) ลักษณะทางสรีรวิทยา

ยีสต์ทั่วไปจะเจริญได้ดีในที่ที่มีความชื้นเพียงพอ แต่เนื่องจากยีสต์หลายชนิดสามารถเจริญได้ในอาหารที่มีความเข้มข้นของตัวถูกละลายสูงได้มากกว่าแบคทีเรียซึ่งอาจสรุปได้ว่ายีสต์มีความต้องการความชื้นน้อยกว่าแบคทีเรียส่วนใหญ่ แต่อย่างไรก็ตามยีสต์ต้องการความชื้นมากกว่าเรา อาจจำแนกยีสต์ได้เป็น 2 พวกตามความต้องการความชื้นของยีสต์ ได้แก่ พวกยีสต์ทั่วไปกับพวกออสโมฟิลิก (*osmophilic yeasts*) พวกยีสต์ทั่วไปต้องการความชื้นสูง พบว่ามี a_w ขึ้นต่ำอยู่ระหว่าง 0.88 ถึง 0.94 เช่นยีสต์ที่ใช้ในการผลิตเบียร์ (*beer yeast*) ยีสต์จากนมขึ้นหวาน และยีสต์ใช้ในการทำเบเกอรี่ (*baker's yeast*) จะต้องการ a_w ขึ้นต่ำ 0.94, 0.90, และ 0.905 ตามลำดับ ในขณะที่ออสโมฟิลิกยีสต์เจริญอย่างช้าๆ ในน้ำเชื่อมที่ค่า a_w ต่ำตั้งแต่ 0.62 ถึง 0.65 แต่มีออสโมฟิลิกยีสต์บางชนิดจะหยุดการเจริญในเนื้อเค็มและน้ำเชื่อมที่มี a_w 0.78 ยีสต์แต่ละชนิดจะมี a_w เฉพาะตัว

ยีสต์เจริญในช่วงอุณหภูมิเดียวกับรา ช่วงที่เหมาะสมอยู่ที่ 25-35°C และอุณหภูมิขึ้นสูงที่เจริญได้คือ 35-47°C ยีสต์บางชนิดเจริญได้ที่ 0°C หรือต่ำกว่า ยีสต์เจริญได้ดีที่พีเอช 4-4.5 และเจริญได้ไม่ดีในอาหารที่เป็นด่าง การเจริญในสภาวะที่มีออกซิเจนจะเป็นไปได้ดีมาก ในขณะที่พวกเฟอร์เมนเททีฟจะเจริญอย่างช้าๆ ในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน

กลุ่มต่างๆ ของยีสต์ ได้มีการแบ่งยีสต์ ออกเป็นกลุ่มๆ ได้แก่

(1) ฟิล์มยีสต์ ได้แก่ยีสต์ที่อยู่ในสกุล *Pichia*, *Hansenula*, *Candida*, *Debaryomyces*, และ *Trichosporon* ซึ่งเจริญบนผิวหน้าของอาหารที่เป็นกรด เช่น ผักดอง จะออกซิโดซ์กรดอินทรีย์ต่างๆ และลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ทนกรด *Debaryomyces* ทนเกลือได้ดีจึงเจริญได้ในเนยแข็งที่มีความเข้มข้นของเกลือสูงถึงร้อยละ 24 ฟิล์มยีสต์อาจผลิตแอลกอฮอล์จากน้ำตาลได้เล็กน้อยหรือไม่ได้เลย

(2) ยีสต์ที่มีรูปร่างคล้ายผลมะนาว ได้แก่ *Saccharomyces*, *Hanseniaspora*, *Nadsonia*, และ *Kloeckera* ซึ่งจะเป็นตัวทำให้ไวน์มีกลิ่นรสไม่ดี มีแอลกอฮอล์ต่ำและมีกรดระเหย (*volatile acid*) สูง

(3) ออสโมฟิลิกยีสต์ ได้แก่ *Saccharomyces rouxii* และ *S. mellis* เจริญได้ดีในสภาวะแฉะ-

ลุ่มที่มีแรงดันออสโมซิสสูง เช่น ในอาหารที่มีความเข้มข้นของน้ำตาล เกลือ หรือตัวถูกละลายอื่นๆสูง ทำให้ผลไม้แห้ง น้ำผลไม้เข้มข้น น้ำผึ้ง และอื่นๆเสียได้

(4) ยีสต์ทนเค็ม สามารถเจริญได้ในเนื้อเค็ม และปลาเค็ม ซีอิ๊ว และซอสอื่นๆ พวกฟิล์มยีสต์ที่ทนเค็มได้มากที่สุดจะอยู่ในสกุล *Debaryomyces* เช่นเดียวกับยีสต์ *Saccharomyces rouxii*, *Torulopsis* sp., *Brettanomyces* sp. ก็สามารถเจริญในอาหารเค็มได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Saccharomyces rouxii* มีความสำคัญในการผลิตแอลกอฮอล์ และสารแต่งกลิ่นรสในอาหารเค็มด้วย

2.7. การเสียของธัญพืชและผลิตภัณฑ์ (สุมาลี, 2541)

ปกติเมล็ดพืชและแป้งมักไม่ค่อยเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ถ้ามีการเตรียมและการเก็บรักษาไว้อย่างเหมาะสม เนื่องจากมีความชื้นต่ำเกินกว่าที่จุลินทรีย์จะเจริญได้ แต่ถ้าอาหารเหล่านี้มีความชื้นสูงขึ้นจนถึงระดับที่จุลินทรีย์เจริญได้ ก็จะทำให้เกิดการเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ การเพิ่มความชื้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเราก็สามารถเจริญได้ และถ้าความชื้นเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยยีสต์และแบคทีเรียก็สามารถเจริญได้ เมล็ดพืชและแป้งจะประกอบด้วยแป้ง (starch) น้ำตาลบางชนิด และสารประกอบไนโตรเจนต่างๆ เกลือแร่ และสารช่วยในการเจริญอยู่ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ได้ดี นอกจากนี้เอนไซม์อะไมเลสในเมล็ดพืชเมื่อมีความชื้นก็เริ่มจะทำงาน ทำให้มีน้ำตาลมากขึ้น และเอนไซม์โปรตีนสจะย่อยโปรตีนทำให้ได้สารประกอบไนโตรเจนมากขึ้น ว่าจะเจริญขึ้นที่บริเวณผิวของอาหารซึ่งจะมีออกซิเจนแทรกซึมเข้าไปได้

ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเสียของเมล็ดพืชที่เก็บไว้โดยการกระทำของราต่างๆ ได้แก่

- 1) จำนวนราที่ปนเปื้อนอยู่
- 2) ระดับความชื้นที่สูงกว่าร้อยละ 12 ถึง 13
- 3) ความเสียหายทางกายภาพ และ
- 4) อุณหภูมิ ราหลายชนิดอาจเป็นสาเหตุของการเสียได้

แต่ส่วนมากจะเป็นราในสกุล *Aspergillus* *Penicillium* และ *Fusarium* ราพวกนี้สามารถสร้างสารพิษขึ้นได้ ดังนั้น การเสียของเมล็ดพืชเนื่องจากราจึงเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์

แป้งชนิดละเอียด การทำความสะอาดเมล็ดพืชก่อนนำไปโม่หรือบดเป็นแป้งนั้น จะช่วยลดปริมาณของจุลินทรีย์ลง แต่ถ้าการผลิตแป้งยังไม่ได้มาตรฐานเพียงพอก็จะทำให้แป้งเกิดการเสียได้ เช่นเดียวกับการเสียของเมล็ด

แป้งสาลีขาวซึ่งจะถูกฟอกสีโดยการใส่สารบางอย่าง เช่นออกไซด์ของไนโตรเจน คลอรีน ไนโตรซิลคลอไรด์ (nitrosylchloride) หรือเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoylperoxide) กรรมวิธีในการฟอกสีจะทำให้จุลินทรีย์ลดจำนวนลง ถ้าแป้งมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 13 จะป้องกันการเจริญของ

จุลินทรีย์ได้ดี จากการศึกษาพบว่า ความชื้นในแป้งถั่วมีร้อยละ 15 ว่าจะเจริญได้ดี ในขณะที่ความชื้นร้อยละ 17 จะช่วยให้ทั้งราและแบคทีเรียเจริญได้ ดังนั้น ถั่วแป้งมีความชื้นเพียงเล็กน้อยจึงมักเสียเนื่องจากรา การเสียของแป้งอาจเกิดขึ้นได้หลายแบบ เช่น ถั่วมีแบคทีเรียที่สร้างกรดปนเปื้อนมา ก็จะเกิดกระบวนการหมักได้กรดออกมาและตามด้วยกระบวนการหมักแอลกอฮอล์โดยการกระทำของยีสต์ถั่วมียีสต์อยู่ด้วย หรือถั่วมีแบคทีเรียพวก *Acetobacter* ก็จะมีการผลิตกรดอะซิติกจากแอลกอฮอล์อีกทีหนึ่ง กระบวนการต่างๆ ที่กล่าวถึงนี้มักจะเกิดกับแป้งใหม่มากกว่าแป้งเก่า เพราะจำนวนและชนิดของจุลินทรีย์ในแป้งเก่าจะลดลงในการเก็บรักษา ถ้าไม่มีแอลกอฮอล์แบคทีเรียและโคลิฟอร์มแบคทีเรียปนเปื้อนอยู่ จะพบว่า *micrococci* จะทำให้แป้งเปรี้ยวโดยการสร้างกรดขึ้น หรือถ้าไม่มี *micrococci*, *Bacillus* สปีชีส์ ต่างๆ ก็อาจเจริญได้ซึ่งจะให้กรดแล็กติก ก๊าซ แอลกอฮอล์ *acetoin* และเอสเทอร์กับสารประกอบพวกอะโรมาติก (aromatic compounds) จึงทำให้เกิดกลิ่นกรดอะซิติก

2.8 สารกันบูดในอุตสาหกรรมอาหาร (ไพบูลย์, 2532)

ในระยะเริ่มต้น วิธีการเก็บรักษาอาหารจะครอบคลุมการทำแห้ง จากการศึกษาประวัติศาสตร์พบว่า อาหารที่ใช้นอมส่วนใหญ่เป็นธัญพืชและแป้ง นอกจากนี้ยังเป็นพวกปลา เนื้อเค็ม หรือเนื้อหมัก ต่อมากรรมวิธีการถนอมอาหารได้ขยายออกไปโดยการใช้แอลกอฮอล์ การรมควัน การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และกรดอินทรีย์ต่างๆ เช่น กรดอะซิติก กรดแลคติก เป็นต้น

วิธีการถนอมอาหารได้เปลี่ยนไปพร้อมๆ กับการเริ่มต้นอุตสาหกรรม ความต้องการในการเก็บรักษาอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมนุษย์ก็เริ่มมีความพิถีพิถันในการเก็บรักษาอาหารมากขึ้น จึงทำให้มีการพัฒนาการใช้สารกันบูด องค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้ความหมายของสารกันบูดว่า สารเคมีใดๆ เมื่อเติมในอาหารแล้วจะสามารถป้องกันหรือชะลอการเสื่อมเสีย ซึ่งไม่รวมถึงเกลือทั่วไป น้ำตาล น้ำส้มสายชู เครื่องเทศ หรือน้ำมันเครื่องเทศ สารที่เติมในอาหารซึ่งได้จากการสัมผัสโดยตรงกับควันของไม้ หรือสารจำพวกที่มีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าแมลง (FDA, 1979) จากคำนิยามนี้สารกันบูดจึงรวมถึงวัตถุกันหืน สารที่ช่วยรักษาสีและกลิ่นรส สารที่ช่วยให้สารอาหารมีความคงตัว และสารที่มีปฏิกิริยากับจุลินทรีย์เท่านั้น

ไม่มีสารกันบูดตัวไหนที่มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรียได้อย่างเท่าเทียมกัน โดยทั่วไปสารกันบูดที่มีความสามารถทำลายเชื้อรา และ ยีสต์ และมีสารกันบูดอีกจำนวนหนึ่งที่จะไม่มีผลในการทำลายเชื้อแบคทีเรียเลย ทั้งนี้เพราะว่าสารกันบูดดังกล่าวไม่มีฤทธิ์ที่จำเพาะเป็นกลาง ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงชนิดสารกันบูดที่มีผลต่อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ

จุลินทรีย์บางตัว สามารถพัฒนาให้มีความต้านทานสารกันบูดในระยะเวลาหนึ่ง การสร้างความต้านทานของจุลินทรีย์ต่อสารกันบูด จะทำให้เกิดการสูญเสียในแง่เศรษฐกิจและสุขภาพของผู้บริโภค ฉะนั้นต้องศึกษาถึงชนิดของจุลินทรีย์และความเข้มข้นของสารกันบูดที่ใช้ แต่อย่างไรก็

ตาม จุลินทรีย์ที่มีความต้านทานต่อสารชนิดหนึ่งจะมีความไวและการถูกทำลายได้ง่าย ด้วยสารกันบูดอีกชนิดหนึ่ง

2.8.1 การใช้สารกันบูดร่วมกับสารตัวอื่น

ในทางการแพทย์ได้มีการนำสารต่างๆ มาผสมกันเพื่อให้ประสิทธิภาพดีขึ้น และมีปฏิกิริยากว้างขวางขึ้น ฉะนั้นในอุตสาหกรรมจึงได้นำสารชนิดต่างๆ มาผสมกัน โดยมีวัตถุประสงค์

2.8.1.1 ทำให้สารกันบูดมีขอบเขตการทำลายกว้างขวางมากขึ้น จากที่ได้กล่าวว่าไม่มีสารกันบูดใดที่จะมีผลการทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดได้ ฉะนั้นเพื่อแก้จุดอ่อนดังกล่าว จึงได้มีการนำสารกันบูดชนิดต่างๆ มาใช้ร่วมกัน เช่นการใช้ร่วมกันของกรดซอร์บิกและกรดเบนโซอิก ซึ่งจะทำให้สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิดต่างๆ ได้ดีกว่าการใช้กรดซอร์บิกหรือกรดเบนโซอิกเพียงอย่างเดียว ในทางปฏิบัตินิยมใช้กรดซอร์บิก หรือกรดเบนโซอิกร่วมกับสารที่ต่อต้านแบคทีเรีย เช่นการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ร่วมกับกรดซอร์บิกหรือกรดเบนโซอิก เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 แสดงชนิดของสารกันบูดที่มีผลต่อจุลินทรีย์ต่างๆ

ชนิดของสาร	แบคทีเรีย	ยีสต์	รา
ไนไตรต์	++	-	-
ซัลไฟต์	++	+	+
กรดฟอร์มิก	+	++	++
กรดโพรพิโอนิก	+	++	++
กรดซอร์บิก	+	+++	+++
กรดเบนโซอิก	++	+++	+++
พารา-ไฮดรอกซีเบนโซอิก	++	+++	+++
แอซิด เอสเทอร์ ไดฟีนิล	-	++	++

หมายเหตุ - แสดงว่า ไม่มีผล

+ แสดงว่า มีผลบ้างเล็กน้อย

++ แสดงว่า มีผลปานกลาง

+++ แสดงว่า มีผลมาก

ที่มา : Lueck (1980)

2.8.1.2 ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาต่อต้านจุลินทรีย์ การใช้สารกันบูดตั้งแต่สองชนิดหรือมากกว่ามาผสมกัน อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาที่มีต่อจุลินทรีย์ได้ ซึ่งอาจสรุปได้เป็น

- เป็นผลจากการเพิ่ม ซึ่งได้จากฤทธิ์ของสารกันบูดแต่ละตัว
- เป็นผลจากการเสริมฤทธิ์ซึ่งกันและกัน (synergism) หมายความว่า ความสามารถในการทำลายของสารผสมกัน จะเกิดขึ้นที่ความเข้มข้นต่ำกว่าความเข้มข้นของสารเมื่อใช้เพียงลำพัง
- เป็นผลจากภาวะปฏิบัติ มีความหมายตรงกันข้ามกับข้อข้างบนดังกล่าว คือความเข้มข้นของสารผสมที่ใช้จะต้องใช้สูงกว่าความเข้มข้นของสารเมื่อใช้เพียงลำพัง

2.8.2 การใช้สารกันบูดร่วมกับวิธีทางกายภาพ

การใช้สารกันบูดร่วมกับวิธีการถนอมอาหารทางกายภาพ ได้ปฏิบัติและการยอมรับโดยทั่วไป ทั้งนี้เพราะว่าสมรรถนะที่จะลดหรือหลีกเลี่ยงผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นได้จากการใช้สารเคมีกันบูด การใช้สารกันบูดร่วมกับวิธีการแปรรูปทางกายภาพนี้ เรียกว่า Hurdle concept หลักการนี้ไม่เพียงหมายถึงเฉพาะการแปรรูปทางกายภาพเท่านั้น ยังรวมถึงการทำสภาวะแวดล้อมไม่ให้เหมาะสมต่อการเน่าเสียด้วย เช่น การลดค่า water activity (a_w) การปรับอุณหภูมิที่ใช้การเก็บรักษา การเปลี่ยนค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือการทำให้จุลินทรีย์เริ่มต้นน้อย เป็นต้น พอสรุปได้ดังนี้

2.8.2.1 การใช้สารกันบูดร่วมกับความร้อนอุณหภูมิและเวลาที่ต้องการใช้สำหรับการทำลายจุลินทรีย์ในการแปรรูปที่เติมสารกันบูดโดยวิธีการใช้ความร้อนนั้น จะพบว่าต้องการใช้เวลาน้อยกว่าตัวอย่างอาหารที่ไม่มีสารกันบูดที่อุณหภูมิเดียวกัน เช่น เวลาที่ใช้ทำลายเชื้อยีสต์สามารถประหยัดเวลาได้ถึงร้อยละ 30-80 ถ้ามีกรดซอร์บิกหรือกรดเบนโซอิกอยู่ในอาหารด้วย หรือกรณีทำลายเชื้อ *Byssoschlamys* ในอาหารที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่จะสามารถลดค่า-ดี (D-value) ลงได้ครึ่งหนึ่ง

2.8.2.2 การใช้สารกันบูดร่วมกับความเย็น โดยหลักการมีลักษณะคล้ายคลึงกับวิธีแรกนี้ กล่าวมาแล้วปริมาณสารกันบูดที่ใช้สามารถลดลงได้ ถ้ามีการใช้ความเย็นร่วมด้วย

2.8.2.3 การใช้สารกันบูดร่วมกับการอบรังสี ปัญหาการใช้รังสีในอาหาร ได้แก่ ปริมาณรังสีที่ใช้จะต้องไม่มีผลข้างเคียงต่อผู้บริโภค ฉะนั้นเพื่อลดปริมาณรังสีที่ใช้กับอาหาร จึงได้การเติมสารกันบูดในอาหารอบรังสี ปฏิบัติการที่เกิดขึ้นในอาหารจะเป็นลักษณะของการเสริมฤทธิ์ ระหว่างสารกันบูดกับรังสีที่แตกตัว เช่น การเติมกรดซอร์บิกในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ หรือในผลิตภัณฑ์นม การเติมคลอโรเตตราไซคลินในผลิตภัณฑ์ปลา เป็นต้น

2.8.3 การใช้สารกันบูดป้องกันจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษ

ปัจจุบันได้มีการใช้สารกันบูดป้องกันจุลินทรีย์ชนิดสร้างสารพิษ โดยเฉพาะเชื้อรามากขึ้น เช่น การใช้กรดซอร์บิกเพื่อยับยั้งเชื้อราที่สร้างไมโคทอกซิน หรือการใช้ซอร์บออล พาล์มิเตตเพื่อยุคการสร้างอะฟลาทอกซิน เป็นต้น

2.8.4 ปัจจัยที่มีผลกระทบกระเทือนต่อกิริยาของสารกันบูด

คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และส่วนผสมของอาหารที่เก็บรักษาจะมีผลกระทบกระเทือนต่อกิริยาของสารกันบูด นอกจากนี้สารประกอบตามธรรมชาติของอาหารเองก็มีผลกระทบกระเทือนต่อกิริยาสารกันบูดได้ และบางครั้งสารประกอบตามธรรมชาติของอาหารมีคุณสมบัติการเป็นสารกันบูดได้เช่นกัน

2.8.4.1 ผลกระทบกระเทือนจากค่าพีเอช สารกันบูดที่มีแนวโน้มแตกตัวในสารละลายเอควียสออกเป็นไฮโดรเจนไอออนหรือจะเป็นกรดไม่แตกตัวง่าย จะเป็นส่วนที่รับผิดชอบต่อกิริยาการต่อต้านจุลินทรีย์ที่แท้จริง ตัวอย่างเช่น กรดอะซิติก ซึ่งแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ทำให้ค่าพีเอชลดลง จึงจะทำให้แบคทีเรียไม่สามารถจะมีชีวิตอยู่ได้ สารกันบูดชนิดนี้จะต้องใช้ในปริมาณค่อนข้างสูง เพื่อที่จะให้ค่าพีเอชของอาหารลดลง (Lueck, 1980)

สำหรับกรดซอร์บิก องค์ประกอบของกรดที่ไม่แตกตัวจะมีผลต่อต้านจุลินทรีย์ เพราะว่าสารประกอบ ของส่วนที่ไม่แตกตัว จะเคลื่อนผ่านผนังเนื้อเยื่อชนิดกึ่งยอมให้ผ่านของเซลล์จุลินทรีย์ และไปทำให้เกิดผลยับยั้งการสร้างเอนไซม์ภายในเซลล์ ปริมาณของสารกันบูดที่ใช้จะมีค่าประมาณต่ำกว่าร้อยละ 1 ปริมาณของกรดที่ไม่แตกตัวลดลง เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น สารกันบูดที่มีแนวโน้มแตกตัวได้ง่าย จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เมื่อความเป็นกรด-ด่างมีค่าต่ำ สัดส่วนของส่วนที่ไม่แตกตัว สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\alpha = \frac{H^0}{H^0 + D}$$

เมื่อ α คือ ปริมาณของกรดที่ไม่แตกตัว

H^0 คือ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน

D คือ ค่าความแตกตัวคงที่

ฉะนั้น ถ้าสามารถเปลี่ยนค่าพีเอชให้อยู่ในช่วงที่เป็นกรด ประสิทธิภาพของสารกันบูดก็จะเพิ่มขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในอาหารมีขอบเขตจำกัดด้วยเหตุผลของรสชาติของอาหารจะเปลี่ยนแปลงไป

2.8.4.2 ผลกระทบกระเทือนจากค่าสัมประสิทธิ์การละลาย ค่าสัมประสิทธิ์นี้ หมายถึงอัตราส่วนของค่าการละลายในไขมันต่อค่าการละลายในส่วนเอควียส ค่าสัมประสิทธิ์การละลายนี้มีความสำคัญต่อการถนอมอาหารที่ประกอบด้วยไขมันสูง เช่น อิมันชั่น อาหารประเภทนี้จุลินทรีย์สามารถเจริญในส่วนของเอควียส และถ้าหากสารกันบูดเคลื่อนที่เข้าไปในส่วนของไขมันจะถือเป็นส่วนสูญเสียไป ดังนั้นสารกันบูดที่จัดว่าประสิทธิภาพสูงนั้นจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การละลายต่ำ เนื่องจากว่าสารกันบูดมีความสามารถละลายในไขมันต่างกัน ฉะนั้นสัมประสิทธิ์การละลายจึง

ขึ้นกับชนิดของไขมัน เกลือ น้ำตาล และสารละลายได้อื่นๆ สัมประสิทธิ์การละลายลดลงเมื่อค่าพีเอชเพิ่มขึ้น เพราะว่าส่วนประกอบที่ไม่แตกตัวของสารกันบูดเท่านั้นที่จะละลายในส่วนไขมันได้

2.8.4.3 ผลกระทบกระเทือนจากค่า a_w การเติมสารในอาหารเพื่อลดค่า a_w จะทำให้กิริยาการต่อต้านจุลินทรีย์ของสารกันบูดดีขึ้น สารที่ใช้เติมได้แก่ เกลือ น้ำตาล กลีเซอริน และไกลคอล

2.8.4.4 ผลกระทบกระเทือนจากปัจจัยทางกายภาพและเคมีของอาหาร เช่น ศักย์ไฟฟ้าของรีดอกซ์ ความดันออกซิเจน การเติมสารหรือส่วนผสมที่สามารถไปเปลี่ยนค่าของปัจจัยดังกล่าวจะมีผลต่อกิริยาของสารกันบูดที่เติม

2.8.4.5 ผลกระทบกระเทือนจากส่วนผสมอาหาร สารที่เป็นสารประกอบของอาหารเองหรือสารที่เติมเพื่อวัตถุประสงค์อื่นนอกเหนือจากการรักษาอาหารแล้วปรากฏว่าสารที่จะมีผลกระทบกระเทือนต่อกิริยาของสารกันบูดนั้นได้แก่ เกลือ คาร์โบไฮเดรต และแอลกอฮอล์

2.8.5 การสลายตัวของสารกันบูด

โดยทั่วไป สารกันบูดเป็นสารที่อยู่ตัวในระหว่างการเก็บรักษา ยกเว้นสารกันบูดชนิดอินทรีย์บางชนิด เช่น ไนไตรต์ ซัลไฟต์ ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ โอโซน และสารประกอบอินทรีย์ที่ใช้เป็นสารกันบูดบางตัว เช่น ไพโรคาร์บอนเนต เอสเทอร์ และยาปฏิชีวนะ การสลายตัวของสารกันบูดในบางครั้งก็ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ และบางครั้งก็เป็นส่วนหนึ่งของปฏิกิริยา เช่น ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ บางครั้งการสลายตัวก็เป็นสิ่งที่ต้องการ เพื่อว่าในผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะได้ไม่มีสารกันบูดเหลืออยู่ เช่น สารไพโรคาร์บอนเนต เอสเทอร์

2.8.6 ชนิดของสารกันบูด

สารกันบูดสามารถใช้กับอาหารแปรรูปเกือบทุกชนิด และกับอาหารสดบางชนิด ปริมาณการใช้ได้เพิ่มขึ้นทุกปี

กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบต กรดซอร์บิกเป็นกรด ไขมันโมโนคาร์บอกซิลิกอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการถนอมอาหาร กรดซอร์บิกและโพแทสเซียมซอร์เบตเป็นสารกันบูดที่ใช้กันและเป็นที่ยอมรับว่าเป็นสารกันบูดที่ปลอดภัยสำหรับใช้กับอาหาร (Sinskey, 1980) มีจำหน่ายในท้องตลาดในรูปของกรดอิสระและเกลือโซเดียม โพแทสเซียมและแคลเซียมของกรดนี้ มีลักษณะเป็นผงเกล็ดหรือสารละลาย มีกลิ่นเฉพาะตัวและมีรสเปรี้ยว หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 132-135°C ที่อุณหภูมิห้อง กรดซอร์บิก 0.16 กรัม สามารถละลายได้ในน้ำ 100 กรัม และ 0.07 กรัม ในสารละลายเกลือเข้มข้น 10% 100 กรัม กรดซอร์บิก 13 กรัม ละลายในแอลกอฮอล์ที่ปราศจากน้ำ 100 กรัม ความสามารถในการละลายในน้ำมันมีค่าประมาณ 0.5-1.0 กรัมต่อ 100 กรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมัน (Lueck, 1980) โพแทสเซียมซอร์เบต มีน้ำหนักโมเลกุล 152.22 เป็นผงสีขาวหรือเป็นเกล็ดสีขาว เป็นสารที่ละลายได้รวดเร็วที่อุณหภูมิห้อง โพแทสเซียมซอร์เบต 139 กรัม ละลายได้ในน้ำ 100 กรัม ที่ 20°C หรือ สารละลายเกลือ 10% จำนวน 100 กรัม จะละลายโพแทสเซียมซอร์เบตได้ 54 กรัม

มีการจดลิขสิทธิ์กรดซอร์บิกเป็นสารทำลายเชื้อราในอาหารและวัสดุห่อหุ้มอาหารและเกลือซอร์เบทใช้เป็นสารป้องกันและควบคุมเชื้อราและยีสต์ แต่จากการศึกษาเมื่อเร็วๆ นี้ ได้แสดงให้เห็นว่าเกลือซอร์เบทสามารถเป็นสารต่อต้านจุลินทรีย์จำพวกที่จะทำให้เกิดพิษในอาหารได้ เช่น *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* (Robach, 1980) กิริยาการต่อต้านจุลินทรีย์ของซอร์บิก ได้แก่ การไปยับยั้งปฏิกิริยาเอนไซม์ในเซลล์ เช่น เอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการเมตาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ แล็กเทต ดีไฮโดรจิเนส นอกจากนี้กรดซอร์บิกยังไปรบกวนและขัดขวางอย่างรุนแรงในวงจรของ ซิตริก กรดซอร์บิกจะไปรวมตัวกับกลุ่ม -SH ในเอนไซม์สร้างพันธะโคเวเลนต์ขึ้น ทำให้กลุ่ม -SH ไม่มีปฏิกิริยา นอกจากนี้กรดซอร์บิกยังมีผลต่อเอนไซม์อะลดีเลส และเพอร์ออกซิเดส

กรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบท ได้อนุญาตให้ใช้เป็นสารกันบูดในอาหารหลายชนิดทั่วประเทศ ปริมาณที่ใช้อยู่ระหว่าง 0.1 – 0.2% และจะให้ได้ประสิทธิผลของการใช้สูงสุดจะต้องใช้ที่ค่าพีเอชที่เหมาะสม ที่ 6.5 ทั้งประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศอังกฤษอนุญาตให้ใช้ได้ตามกฎหมายกำหนด ดังตารางที่ 2.4 แสดงค่าความเข้มข้นของกรดซอร์บิกที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ตารางที่ 5 แสดงค่าความเข้มข้นของกรดซอร์บิกที่สามารถยับยั้งเชื้อยีสต์ ตารางที่ 6 แสดงค่าความเข้มข้นของกรดซอร์บิกที่สามารถยับยั้งเชื้อรา และทั่วโลกยังยอมให้ใช้กรดซอร์บิกแทนสารกันบูดอื่นๆ ที่ยังไม่ผ่านการทดสอบได้

ตารางที่ 2.4 ความเข้มข้นต่ำของกรดซอร์บิกที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

ชนิดแบคทีเรีย	ค่าพีเอช	ความเข้มข้นขั้นต่ำ ส่วนในล้านส่วน ppm
<i>Pseudomonas</i> sp.	6.0	100
<i>Micrococcus</i> sp.	5.5- 6.4	50-150
<i>Lactobacillus</i> sp.	4.3 – 6.0	200 - 700
<i>Escherichia coli</i>	5.2 – 5.6	50 - 100
<i>Bacillus</i> sp.	5.5 – 6.3	50 – 1,000
<i>Clostridium</i> sp.	6.7 – 6.8	100 – 1,000
<i>Salmonella</i> sp.	5.0 – 5.3	50 – 1,000

ที่มา : Rehm (1961) และ Lueck (1980)

ตารางที่ 2.5 ปริมาณขั้นต่ำของกรดซอร์บิกที่สามารถยับยั้งเชื้อยีสต์

ชนิดเชื้อยีสต์	ค่าพีเอช	ความเข้มข้นขั้นต่ำ ส่วนในล้านส่วน ppm
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	3.0	25
<i>Saccharomyces ellipsoideus</i>	3.5	50 – 200
<i>Saccharomyces sp.</i>	3.2 – 5.7	30 – 100
<i>Hansenula anomala</i>	5.0	500
<i>Brettanomyces versatilis</i>	4.6	200
<i>Byssoschlamys fulva</i>	5.5	50 – 250
<i>Rhodotorula sp.</i>	4.0 – 5.0	100 – 200
<i>Torula lipolytica</i>	4.6	400
<i>Kloeckera apiculata</i>	3.5 – 4.0	100 - 200
<i>Candida krusei</i>	3.4	100
<i>Candida lipolytica</i>	5.0	100

ที่มา : Rehm (1961) และ Lueck (1980)

ตารางที่ 2.6 ความเข้มข้นต่ำของกรดซอร์บิกที่สามารถยับยั้งเชื้อรา

ชนิดเชื้อรา	ค่าพีเอช	ความเข้มข้นขั้นต่ำ ส่วนในล้านส่วน ppm
<i>Rhizopus sp.</i>	3.6	120
<i>Mucor sp.</i>	3.0	10 -100
<i>Geotrichum candidum</i>	4.8	1,000
<i>Oospora lactis</i>	3.5 – 4.5	25 - 200
<i>Trichophyton mentagrophytes</i>	-	100
<i>Penicillium sp.</i>	3.5 – 5.7	20 -100
<i>Penicillium digitatum</i> .	4.0	200
<i>Penicillium glaucum</i>	3.0	100 - 250
<i>Aspergillus sp.</i>	3.3 - 5.7	20 -100
<i>Aspergillus flavus</i>	-	100
<i>Aspergillus niger</i>	2.5 – 4.0	100 - 500
<i>Botrytis cinerea</i>	3.6	120 - 250
<i>Fusarium sp.</i>	3.0	100
<i>Cladosporium sp.</i>	5.0 – 7.0	100 - 300

ที่มา : Rehm (1961) และ Lueck (1980)