บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 น้ำพริกแกง (Curry paste)

"น้ำพริกแกง"ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากส่วนประกอบที่บดแล้วอาจผสมกะทิหรือน้ำมันบริโภคชนิดอื่นก็ได้ โดยแบ่งส่วนประกอบได้ดังนี้

1. ส่วนประกอบสำคัญ
    1.1 เครื่องเทศต่างๆ
    1.2 เกลือบริโภค
2. ส่วนประกอบที่อาจมีได้
    2.1 กะปิ
    2.2 กะทิ
3. เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส
    3.1 น้ำปลา
    3.2 น้ำตาล
    3.3 มะขามเปียก

ส่วนประกอบต่างๆอาจถูกนำไปให้ความร้อนจนแห้งหรือไม่แห้งก็ได้ แล้วแต่ประเภทของน้ำพริกแกง โดยรักษาคุณภาพและกลิ่นรสของน้ำพริกแกงนั้นไว้ และสามารถนำไปใช้ได้ทันที โดยมีลักษณะทั่วไปคือ มีสี กลิ่น รส ตามชนิดของน้ำพริกแกงและกลิ่นจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงไปจากกลิ่นปกติของน้ำพริกแกงชนิดนั้นๆ จนกระทั่งรู้สึกได้ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน (มาตรฐานอุตสาหกรรม , สำนักงาน, 2525)

นอกจากนี้ต้องมีสุขลักษณะที่ดีโดยยอมให้มีจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียได้ตามเกณฑ์ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่กำหนดไว้ ดังนี้ จำนวน *Escherichia coli* น้อยกว่า 30 MPNต่อกรัมตัวอย่าง ต้องไม่พบ *Clostridium perfringens* ใน 0.001 กรัมตัวอย่าง *Staphylococcus aureus* น้อยกว่า 200 CFUต่อกรัมตัวอย่าง รวมทั้งต้องไม่พบ *Salmonella* ใน 25 กรัมตัวอย่าง (วิทยาศาสตร์การแพทย์, กรม. 2542)

แกงที่รับประทานกันจนเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไป แบ่งได้เป็น 2 ประเภท (Prayad Saiwichian, 1995) ประเภทแรก ได้แก่ แกงต้ม (soup) เป็นแกงที่มีรสเผ็ดและเปรี้ยว ต้มในน้ำแกงที่ปรุงด้วย พริก ข่า ตะไคร้ ใบมะกรูด และน้ำมะนาว เป็นต้น ใส่เนื้อสัตว์ เช่น ไก่ หมู ปลา หรือ

เนื้อสัตว์ทะเลอื่น ร่วมด้วยก็ได้ เช่น แกงต้มส้ม แกงต้มโคล้ง แกงต้มยำ แกงต้มปลาร้า แกงต้มกะทิ และแกงเลียง เป็นต้น ประเภทที่ 2 ได้แก่ แกงเผ็ด (curry) เป็นแกงที่มีลักษณะเป็นน้ำข้น รสชาติกลมกล่อม ใช้น้ำพริกแกงเป็นเครื่องปรุงรสหลัก เช่น แกงเผ็ด แกงเขียวหวาน แกงส้ม แกงคั่ว แกงคั่วส้ม แกงฉู่ฉี่ แกงกะหรี่ และแกงมัสมั่น เป็นต้น

น้ำพริกแกงเผ็ดเป็นน้ำพริกแกงที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเป็นอย่างมาก นอกจากใช้ในการเตรียมอาหารไทยประเภทแกงเผ็ดแล้วยังนำไปปรุงเป็นอาหารไทยได้อีกหลายชนิด เช่น แกงป่า ผัดเผ็ด และห่อหมก เป็นต้น (กรรณิการ์ พรมเสาร์ และ นันทา เบญจศิลารักษ์, 2542)

2.1.1 องค์ประกอบของน้ำพริกแกงแต่ละชนิด

น้ำพริกแกงแต่ละชนิดจะมีเครื่องเทศที่เป็นองค์ประกอบคล้ายกัน ต่างกันที่ชนิดและปริมาณของเครื่องเทศที่ผสมลงไป (กรรณิการ์ พรมเสาร์ และนันทา เบญจศิลารักษ์, 2542) การผลิตน้ำพริกแกงทำได้โดยนำเครื่องเทศมาโขลกรวมกันจนแหลกละเอียด น้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศที่ถูกบดจะส่งกลิ่นหอมและให้รสอันเป็นเอกลักษณ์ของน้ำพริกแกงชนิดนั้นๆ(สุมณฑา วัฒนสินธุ์ และคณะ, 2544; กรรณิการ์ พรมเสาร์ และ นันทา เบญจศิลารักษ์, 2542) จากการศึกษาเครื่องเทศที่เป็นองค์ประกอบของน้ำพริกแกงในปัจจุบัน พบว่ามีอยู่หลายชนิดและส่วนผสมของน้ำพริกแกงในอดีตกับปัจจุบันก็มีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.1(ก) - (จ)) โดยในงานวิจัยนี้ใช้สูตรน้ำพริกแกงที่ดัดแปลงจาก ศรีสมร คงพันธุ์(2543) ซึ่งเป็นสูตรที่ได้มีการนำไปใช้จริงในทางการค้าอยู่ในขณะนี้ เมื่อพิจารณาความหลากหลายของเครื่องเทศที่เป็นส่วนประกอบหลัก จึงได้นำน้ำพริกแกง 2 ชนิด มาใช้ในการทดลอง ได้แก่ น้ำพริกแกงส้ม น้ำพริกแกงเผ็ด ซึ่งมีความซับซ้อนของชนิดเครื่องเทศที่ต่างกันมาก และจะเห็นได้ว่าองค์ประกอบหลักของน้ำพริกแกงคือ เครื่องเทศ ดังนั้นจุลินทรีย์ต่างๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำพริกแกงส่วนหนึ่งจึงมาจากเครื่องเทศที่ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำพริกแกงนั้นๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1(ก) ส่วนประกอบของน้ำพริกแกงจากตำรับแกงไทยและเทศ (สภาสตรีแห่งชาติ, 2516)

ส่วนผสม	ปริมาณ			
	แกงเผ็ด	เขียวหวาน	แกงส้ม	มัสมั่น
พริกชี้ฟ้าแห้ง	11 เม็ด	-	5 เม็ด	10 เม็ด
พริกขี้หนูสด	-	15 เม็ด	-	-
พริกชี้ฟ้าสด	-	5 เม็ด	-	-
หอม	1/4 ถ้วยตวง	2 ช้อนโต๊ะ	3 ช้อนโต๊ะ	1/4 ถ้วยตวง
กระเทียม	1/2 ถ้วยตวง	4 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนโต๊ะ	2 ช้อนโต๊ะ
ข่า	1 ช้อนชา	1/2 ช้อนชา	-	1/2 ช้อนชา
ตะไคร้	4 ช้อนชา	2 ช้อนโต๊ะ	-	1 ช้อนโต๊ะ
ผิวมะกรูด	1 ช้อนชา	1/4 ช้อนชา	-	-
รากผักชี	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	-	2 ช้อนชา
กระชาย	-	-	1 ช้อนชา	-
พริกไทย	1 ช้อนชา	15 เม็ด	-	15 เม็ด
ลูกผักชี	2 ช้อนโต๊ะ	2 ช้อนชา	-	1 ช้อนโต๊ะ
ยี่หร่า	1 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนชา	-	2 ช้อนชา
กะปิ	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา
เกลือ	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา
เครื่องเทศอื่นๆ	-	-	-	*

* ลูกจันทน์ 1/3 ช้อนชา, ดอกจันทน์ 1 ดอก, อบเชย (1 ซม) 1ชิ้น, กานพลู 5 ดอก, กระวาน 5 เมล็ด

ตารางที่ 2.1(ข) ส่วนประกอบของน้ำพริกแกงจากตำรับอาหารวิทยาลัยในวัง (คณาจารย์จากวิทยาลัยในวัง, 2536)

ส่วนผสม	ปริมาณ			
	แกงเผ็ด	เขียวหวาน	แกงส้ม	มัสมั่น
พริกชี้ฟ้าแห้ง	10 เม็ด	-	10 เม็ด	11 เม็ด
พริกขี้หนูสด	10 เม็ด	10 เม็ด	-	-
พริกชี้ฟ้าสด	-	15 เม็ด	-	-
หอม	4 ช้อนโต๊ะ	5 ช้อนโต๊ะ	1/2 ถ้วยตวง	20 หัว
กระเทียม	5 ช้อนโต๊ะ	6 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนโต๊ะ	20 หัว
ข่า	2 ช้อนชา	1 ช้อนชา	-	1 ช้อนชา
ตะไคร้	2 ช้อนโต๊ะ	2 ช้อนโต๊ะ	-	2 ช้อนโต๊ะ
ผิวมะกรูด	1/2 ช้อนชา	1/2 ช้อนชา	-	-
รากผักชี	1 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนโต๊ะ	-	9 ราก
กระชาย	-	-	-	-
พริกไทย	20 เม็ด	15 เม็ด	-	15 เม็ด
ลูกผักชี	1 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนโต๊ะ	-	2 ช้อนโต๊ะ
ยี่หร่า	1 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนชา	-	1 ช้อนชา
กะปิ	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนโต๊ะ
เกลือ	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา
เครื่องเทศอื่นๆ	*	ลูกจันทน์1/2ช้อนชา	-	**

* ลูกจันทน์ป่น 1/2 ช้อนชา, หัวเปราะ 1 ช้อนชา

** ลูกจันทน์ 1/2 ลูก, ดอกจันทน์ 1 ดอก, อบเชย (1 นิ้ว) 1ชิ้น, กานพลู 5 ดอก, กระวาน 5 เมล็ด

ตารางที่ 2.1(ค) ส่วนประกอบของน้ำพริกแกงจากน้ำพริก: อาชีพแก้จน (ทวีศักดิ์ เกษปทุม, 2538)

ส่วนผสม	ปริมาณ			
	แกงเผ็ด	เขียวหวาน	แกงส้ม	มัสมั่น
พริกชี้ฟ้าแห้ง	150 กรัม	-	200 กรัม	200 กรัม
พริกขี้หนูสด	-	60 กรัม	-	-
พริกชี้ฟ้าสด	-	1000 กรัม	-	-
หอม	400 กรัม	200 กรัม	500 กรัม	1000 กรัม
กระเทียม	120 กรัม	70 กรัม	100 กรัม	800 กรัม
ข่า	8 ช้อนโต๊ะ	4 ช้อนโต๊ะ	-	4 ช้อนโต๊ะ
ตะไคร้	20 ช้อนโต๊ะ	20 ช้อนโต๊ะ	-	20 ช้อนโต๊ะ
ผิวมะกรูด	2 ช้อนโต๊ะ	4 ช้อนโต๊ะ	-	-
รากผักชี	4 ช้อนโต๊ะ	4 ช้อนโต๊ะ	-	150 กรัม
กระชาย	-	-	150 กรัม	-
พริกไทย	3 ช้อนโต๊ะ	2 ช้อนโต๊ะ	-	4 ช้อนโต๊ะ
ลูกผักชี	10 ช้อนโต๊ะ	10 ช้อนโต๊ะ	-	20 ช้อนโต๊ะ
ยี่หร่า	2 ช้อนโต๊ะ	4 ช้อนโต๊ะ	-	4 ช้อนโต๊ะ
กะปิ	4 ช้อนโต๊ะ	4 ช้อนโต๊ะ	10 ช้อนโต๊ะ	4 ช้อนโต๊ะ
เกลือ	4 ช้อนโต๊ะ	4 ช้อนโต๊ะ	-	100 กรัม
เครื่องเทศอื่นๆ	ลูกจันทน์2ช้อนโต๊ะ	ลูกจันทน์2ช้อนโต๊ะ	-	*

* ลูกจันทน์ 5 ลูก, ดอกจันทน์ 8 ดอก, อบเชย (1 นิ้ว) 10 ชิ้น, กานพลู 10 กรัม, กระวาน 40 กรัม

ตารางที่ 2.2(ง) ส่วนประกอบของน้ำพริกแกงจาก The Food of Asia (Chia, 1998)

ส่วนผสม	ปริมาณ			
	แกงเผ็ด	เขียวหวาน	แกงส้ม	มัสมั่น
พริกชี้ฟ้าแห้ง	13 เม็ด	-	3 เม็ด	3 เม็ด
พริกขี้หนูสด	-	-	-	-
พริกชี้ฟ้าสด	-	15 เม็ด	-	-
หอม	3 ช้อนโต๊ะ	3 ช้อนโต๊ะ	2 ช้อนชา	3 ช้อนโต๊ะ
กระเทียม	4 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนโต๊ะ	2 ช้อนชา	1 ช้อนโต๊ะ
ข่า	1 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนชา	-	1 ช้อนชา
ตะไคร้	2 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนโต๊ะ	-	1 ช้อนโต๊ะ
ผิวมะกรูด	2 ช้อนชา	1/2 ช้อนชา	-	-
รากผักชี	1 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนชา	-	-
กระชาย	-	-	2 ช้อนชา	-
พริกไทย	20 เม็ด	5 เม็ด	-	5 เม็ด
ลูกผักชี	1 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนโต๊ะ	-	1 ช้อนโต๊ะ
ยี่หร่า	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	-	1 ช้อนชา
กะปิ	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	-	1 ช้อนชา
เกลือ	-	1 ช้อนชา	-	1 ช้อนชา
เครื่องเทศอื่นๆ	-	-	-	กานพลู 2 ดอก

ตารางที่ 2.1(จ) ส่วนประกอบของน้ำพริกแกงจากกับข้าวจานเครื่องแกง (ศรีสมร คงพันธุ์, 2543)

ส่วนผสม	ปริมาณ			
	แกงเผ็ด	เขียวหวาน	แกงส้ม	มัสมั่น
พริกชี้ฟ้าแห้ง	5 เม็ด	-	8 เม็ด	9 เม็ด
พริกขี้หนูสด	-	20 เม็ด	-	-
พริกชี้ฟ้าสด	-	-	-	-
หอม	5 หัว	5 หัว	7 หัว	7 หัว
กระเทียม	10 กลีบ	10 กลีบ	10 กลีบ	12 กลีบ
ข่า	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	-	1 ช้อนชา
ตะไคร้	1 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนโต๊ะ	-	2 ช้อนโต๊ะ
ผิวมะกรูด	1/2 ช้อนชา	1/2 ช้อนชา	-	-
รากผักชี	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	-	1 ช้อนโต๊ะ
กระชาย	-	-	1 ช้อนชา	-
พริกไทย	5 เม็ด	5 เม็ด	-	12 เม็ด
ลูกผักชี	1 ช้อนโต๊ะ	1 ช้อนโต๊ะ	-	1 ช้อนโต๊ะ
ยี่หร่า	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	-	1 ช้อนชา
กะปิ	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนโต๊ะ
เกลือ	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	1 ช้อนชา	-
เครื่องเทศอื่นๆ	-	-	-	*

* ลูกจันทน์ 1/4 ลูก, อบเชย (1*1/2 ซม) 1ชิ้น, กานพลู 5 ดอก, กระวาน 5 เมล็ด

2.1.2 เครื่องเทศกับการยับยั้งจุลินทรีย์

นอกจากปรุงเป็นอาหารได้หลากหลายแล้วน้ำพริกแกงยังมีสารที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งอยู่ในเครื่องเทศ ที่เป็นองค์ประกอบหลัก โดยสารเหล่านี้มีฤทธิ์ป้องกันมะเร็งและการก่อกลายพันธุ์ (แก้ว กังสดาลอำไพ, 2544; สมศรี เจริญเกียรติกุล และคณะ, 2545; Murakami, Ohigashi and Koshimizu, 1994) ตลอดจนฤทธิ์ต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, สายศิริ ศิลป์วุฒิ และมยุรา วงศ์ยี่หว่า, 2543)

สารที่มีสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่สำคัญในเครื่องเทศก็คือ น้ำมันหอมระเหย ซึ่งพบเฉพาะในโครงสร้างของพืชบางชนิด เช่น พืชในตระกูล Zingiberaceae, Orchidaceae, Myristaceae, Lauraceae เป็นต้น สารเหล่านี้เป็นสารที่มีประโยชน์ และไม่มีโทษต่อร่างกาย (Hardman, 1972) สำหรับเครื่องเทศที่ใช้เป็นองค์ประกอบของน้ำพริกแกงชนิดต่างๆจะมีน้ำมันหอมระเหยซึ่งมีฤทธิ์ต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และ 2.3

ตารางที่ 2.2 สมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ในเครื่องเทศบางชนิด (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2518)

เครื่องเทศ	จุลินทรีย์ที่ถูกยับยั้งหรือถูกลดปริมาณ
ขิง	*Salmonella* sp. เชื้อราบางชนิด
ข่า	*Proteus* sp. เชื้อราบางชนิด
ตะไคร้	*Lactobacillus* sp., *E. coli* *Bacillus megaterium*
ใบมะกรูด	*E. coli* *B. megaterium*
ผิวมะกรูด	*Bacillus* sp. *E. coli* *Proteus* sp. *Salmonella* sp.
พริกขี้หนู	*Staphylococcus* sp. *Lactobacillus* sp. *Bacillus* sp. *E. coli* *Proteus* sp. *Salmonella* sp.
พริกไทย	*Salmonella derby*
ลูกผักชี	*Lactobacillus* sp. *E. coli* *Salmonella* sp. *Proteus* sp. *Vibrio parahaemolyticus*
ยี่หร่า	*E. coli* *Proteus* sp. *V. parahaemolyticus*
กระเทียม	*S. aureus* *B. megaterium* *Streptococcus* sp. *E. coli*
หอมแดง	*S. aureus* *B. megaterium* *Salmonella* sp. *E. coli*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 สารประกอบสำคัญในเครื่องเทศที่เป็นองค์ประกอบในน้ำพริกแกง

Common name	Scientific name	Compound	Class	Activity
พริกชี้ฟ้า (Chili Spur Pepper) พริกขี้หนู (Cayenne Pepper)	*Capsicum annuum* Linn. *Capsicum frutescens* Linn.	Capsicum	Terpenoids	Bacteria
หอมแดง (Shallot)	*Allium ascalonicum* Linn.	Methylpropyl disulfide, Dipropyl trisulfide, Allyl propyl disulfide	Terpenoids	Bacteria / Fungi
กระเทียม (Garlic)	*Allium sativum* Linn.	Allicin, Diallytrisulfide	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast
ข่า (Galangal or Siamese ginger)	*Alpinia galanga* SW.	Cineol, Camphor, Methyl cinnamate	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast Galanolactone*
ตะไคร้ (Lemongrass)	*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.	Citral, Linalool, Eugenol	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast
มะกรูด (Kaffir lime or Leech lime)	*Citrus hystrix* DC.	beta-pinene, Limonene Sabinene	Terpenoids	Bacteria / Fungi
รากผักชี / ลูกผักชี (Coriander or Chinese parsley)	*Coriandrum sativum* Vern. Dhania	Coriandrol, Linalool	Terpenoids	Bacteria / Fungi
กระชาย (Lesser ginger)	*Boesenbergia pandurata* (Roxb.) Schltr.	Limonene, Pinene, Chalcone, alpha-thujene	Terpenoids	Bacteria / Fungi
กระวาน (Round Siam Cardamon)	*Amomum krervanh* Pierre	Camphor, Myrcene, Limonene	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast
กานพลู (Cloves)	*Eugenia caryophyllus* (Sprengel) Bullock et Harrison	Eugenol	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast
ลูกจันทน์เทศ / ดอกจันทน์ (Nutmeg / mace)	*Myristica fragrans* Houtt	Myristic acid, Safrole, Elemicin	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast
อบเชยเทศ (Ceylon cinnamon)	*Cinnamomum verum* J.S. Presl	Cinnamaldehyde Eugenol, Benzaldehyde	Terpenoids	Bacteria / Fungi / Yeast
ยี่หร่า หรือ เทียนขาว (Cumin)	*Cuminum cyminum* Linn.	Cuminic aldehyde Cumene, p-cymene	Terpenoids	Bacteria / Fungi
พริกไทย (Pepper)	*Piper nigrum* Linn.	Piperine Monoterpenes	Alkaloid Terpenoids	Bacteria / Fungi

Adapted from: นิจศิริ เรืองรังษี; 2542, สมศรี เจริญเกียรติกุล et al.; 2545, Cowan; 1999, Ozean; 2001, Shelef; 1983, and Zaika, 1988

* galanolactone เป็นสารสกัดจากเมล็ดข่าด้วยแอลกอฮอล์พบว่ามีฤทธิ์ต้านรา

2.1.3 จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศ

สิริพร สธนเสาวภาคย์ ปราโมทย์ ธรรมรัตน์ และกาญจนิจ วาจนะวินิจ (2539) ได้ทดลองสุ่มตัวอย่าง หัวหอม กระเทียม พริกแห้ง และกะปิ ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำพริก พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ค่อนข้างสูง โดยจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 4.23-7.78 log CFU/g *E.coli* <3 – 460 MPN/g ไม่พบ *Salmonella sp.* ในทุกตัวอย่าง *S. aureus* อยู่ระหว่าง 0-3.30 log CFU/g

และ *C. perfringens* ช่วงระหว่าง 1 - 4.62 log CFU/g สำหรับจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในพริกแห้งมากที่สุด ได้แก่ *B. coagulans* และ *B. stearothermophilus*

2.1.4 การผลิตน้ำพริกแกงในทางการค้า

จากการสำรวจสถานที่ผลิตน้ำพริกแกง ในกรุงเทพมหานครของผู้วิจัย พบว่าปัจจุบันการผลิตน้ำพริกแกงในทางการค้า จะใช้เครื่องบดซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ แบบที่บดส่วนผสมด้วยหินบดและแบบที่ปั่นส่วนผสมด้วยใบพัดสเตนเลส ซึ่งการผลิตด้วยเครื่องบดแบบที่เป็นหินบดจะได้น้ำพริกแกงที่มีความละเอียดกว่า เนื่องจากเครื่องบดแบบใบพัดสเตนเลสใช้หลักการของแรงตัดขาด แต่แบบหินบดเป็นการใช้แรงบีบอัดเครื่องเทศและส่วนผสมกระทั่งแหลกละเอียด แม้จะใช้แรงบีบอัด แต่ผู้ผลิตส่วนใหญ่จะบดพริกแกงที่ได้หมุนเวียนมากกว่า1ครั้ง เพื่อให้มีการกระจายตัวของส่วนผสมดียิ่งขึ้น (ละไม ชดช้อย, **สัมภาษณ์**, 7 มีนาคม 2546)

2.2 เทคโนโลยีเฮอร์เดิล (hurdle technology)

hurdle technology (combined methods, combined process, combination preservation and combination techniques) คือ การนำกระบวนการถนอมอาหารหลายวิธีมาใช้ร่วมกัน อันจะมีผลต่อการเจริญและการอยู่รอดของจุลินทรีย์ในอาหาร กระบวนการถนอมอาหารที่นำมาใช้จะไปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีในอาหารทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญหรืออยู่รอดของจุลินทรีย์

2.2.1 ประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล

การใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล เป็นการสร้างสภาพแวดล้อม ที่ไม่เหมาะสมให้กับจุลินทรีย์ ด้วยการใช้วิธีการถนอมอาหารร่วมกันหลายวิธี เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้มีชีวิตสั้นลงหรือตายในที่สุด (Leistner, 1999) การเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างการถนอมอาหารแบ่งเป็นลักษณะ ดังนี้ (Leistner, 2000)

2.2.1.1 การเปลี่ยนแปลงของ homeostasis

เป็นกลไกการรักษา uniformity หรือ stability ของจุลินทรีย์ โดยเมื่ออยู่ในสภาวะที่ถูกรบกวนจากปัจจัยต่างๆ จุลินทรีย์จำเป็นจะต้องดึงพลังงานที่สะสมไว้ออกมาใช้เป็น

จำนวนมากเพื่อรักษากลไก homeostasis เพื่อให้สามารถมีชีวิตอยู่ได้ แต่การนำพลังงานที่มีอยู่จำกัดออกมาใช้จนหมด ทำให้จุลินทรีย์เหล่านั้นไม่มีพลังงานมากพอที่จะนำไปใช้ในการเจริญหรือเพิ่มจำนวนจึงตายในที่สุด

2.2.1.2 metabolic exhaustion

เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อ vegetative cell ของจุลินทรีย์ได้รับบาดเจ็บ ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไป และตายลงในที่สุด อัตราการตายของจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเมื่อจัดสภาวะให้เหมาะสมต่อการเจริญ เช่นที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากจุลินทรีย์จะพยายามนำพลังงานที่มีอยู่ออกมาเพื่อให้เกิดกลไก homeostasis และเพื่อให้รอดจากปัจจัยต่างๆ ที่มีอยู่นั่นเอง ดังนั้นจากหลักการของเทคโนโลยีเฮอร์เดิล ที่มีการใช้ปัจจัยหลายๆ ตัวในการถนอมอาหารและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง จึงทำให้อาหารนั้นอยู่ในสภาวะ autosterilization

2.2.1.3 stress reactions

stress reactions ของจุลินทรีย์ เป็นปัญหาสำคัญที่สามารถแก้ได้โดยการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล เนื่องจากแบคทีเรียบางตัวจะมีความสามารถในการต้านทานต่อปัจจัยต่างๆ มากขึ้น เมื่ออยู่ในสภาวะที่ถูกกดดันจากปัจจัยบางอย่าง จุลินทรีย์จะมีการสร้าง stress shock protein ขึ้นมาทำให้ทนทานต่อปัจจัยอื่นได้สูงขึ้น เช่น ค่า pH ที่ไม่เหมาะสม จุลินทรีย์บางตัวจะสร้าง stress shock protein ช่วยให้ทนสภาวะที่มี a_w ต่ำได้ ทำให้การถนอมอาหารไม่ประสบความสำเร็จ แต่ถ้ามีการใช้ปัจจัยต่างๆ กันในเวลาเดียวกัน จะช่วยให้การกระตุ้นของเซลล์ เพื่อสร้าง stress shock protein เกิดได้ยาก เนื่องจากต้องใช้พลังงานจำนวนมาก และอาจนำไปสู่ metabolic exhaustion ดังนั้นการถนอมอาหารจึงต้องพยายามไม่ให้เกิด stress shock protein ขึ้นได้

2.2.1.4 multitarget Preservation

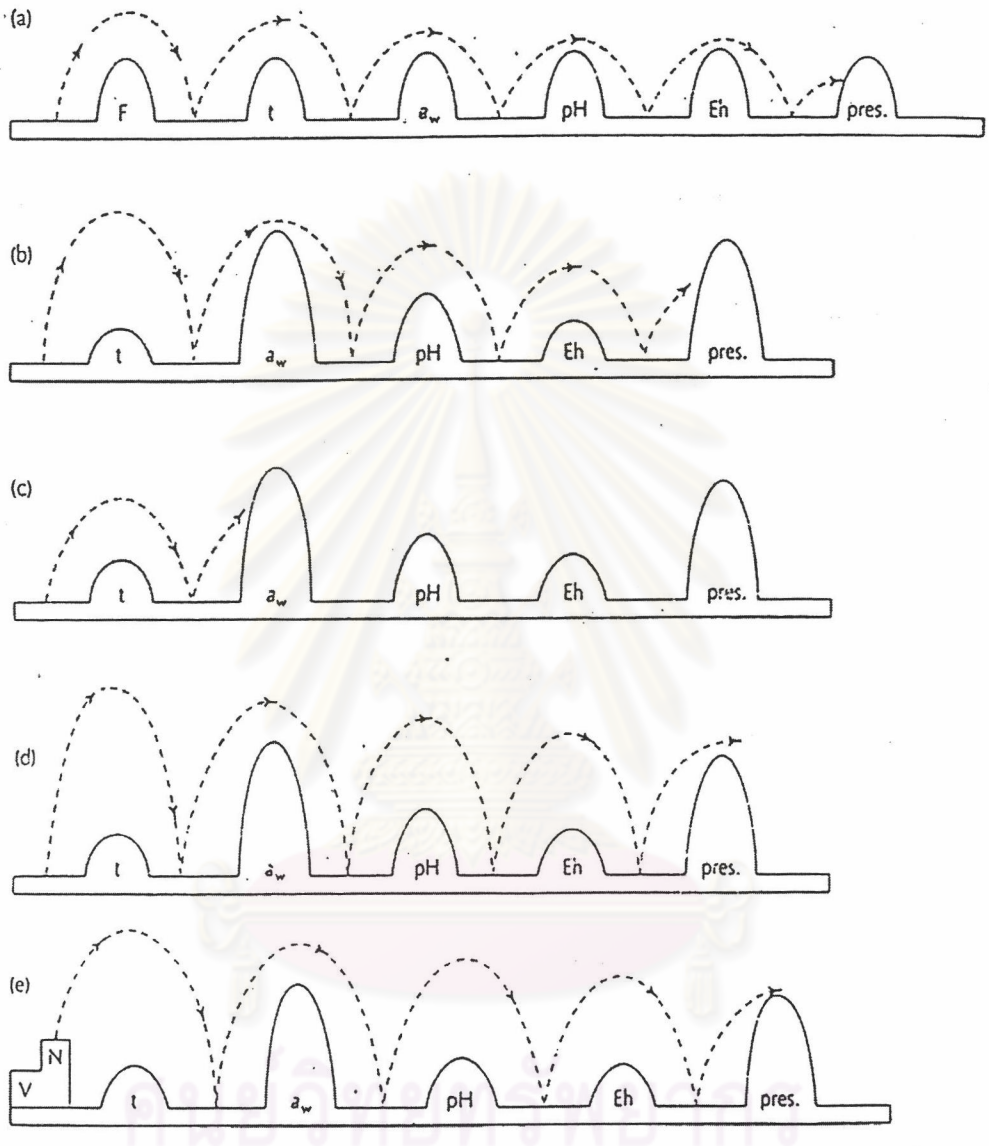
multitarget preservation เป็นเป้าหมายสูงสุดสำหรับการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล เนื่องจากการเลือกใช้ปัจจัยหลายๆ ตัว ที่มีผลต่อเป้าหมายต่างๆ กันในเซลล์ของจุลินทรีย์ เช่น cell membrane, DNA, enzyme system เป็นต้น และสามารถไปรบกวน homeostasis ของ

จุลินทรีย์ได้ จะทำให้กลไกการซ่อมแซม และการสร้าง stress shock protein เกิดได้ยากขึ้นทำให้สามารถควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ในอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.2 ประเภทของเฮอร์เดิล

ปัจจุบันสามารถแบ่งประเภทของเฮอร์เดิลได้ดังนี้ เฮอร์เดิลทางกายภาพ (physical hurdle) ได้แก่ การใช้อุณหภูมิสูง-ต่ำ การฉายรังสี การใช้ modified-atmosphere เป็นต้น เฮอร์เดิลทางเคมีฟิสิกส์ (physicochemical hurdle) ได้แก่ การลดค่า water activity (a_w) การลดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) การใช้เครื่องเทศ และการใช้ preservative ต่างๆ เป็นต้น และเฮอร์เดิลทางจุลชีววิทยาและผลผลิตจากจุลินทรีย์ ได้แก่ competitive flora หรือ bacteriocin ตลอดจนเฮอร์เดิลเบ็ดเตล็ด (miscellaneous hurdle) ได้แก่ การใช้ไคโตซาน ซึ่งเป็นพอลิเมอร์จากธรรมชาติ ที่ออกฤทธิ์เป็นสารต้านจุลินทรีย์ เป็นต้น ในปัจจุบันมีเฮอร์เดิลที่นิยมใช้กันอยู่ประมาณ 50 ชนิด โดยวิธีที่ใช้มากที่สุด คือ การใช้อุณหภูมิสูง-ต่ำ การลดค่าwater activity ลดค่าความเป็นกรด-ด่าง และการใช้ preservative ซึ่งการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิลนี้ จะช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งทางจุลชีววิทยา และทางประสาทสัมผัส ทำให้ผู้ผลิตสามารถผลิตอาหารที่มีคุณภาพให้แก่ผู้บริโภคได้โดยประหยัดค่าใช้จ่ายเนื่องจากใช้พลังงานในการผลิต และเก็บรักษาต่ำ ในขณะที่มีอายุการเก็บยาวนานขึ้น (Leistner and Gorris, 1995)

การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บอาหารโดยเทคโนโลยีเฮอร์เดิลเป็นวิธีการเฉพาะของอาหารแต่ละชนิด ขึ้นกับระดับของเฮอร์เดิลที่นำมาใช้ (Leistner, 1999) ซึ่งผลของเฮอร์เดิลที่เสริมกันสามารถอธิบายได้ด้วย hurdle effect ดังรูปที่ 2.1-a แสดงการถนอมอาหารโดยเฮอร์เดิล 6 ชนิด ซึ่งแทนด้วยเ ขา 6 ลูก ได้แก่ อุณหภูมิสูง(F) อุณหภูมิต่ำ(t) a_w pH การควบคุมปริมาณออกซิเจน และการใช้วัตถุกันเสีย และเส้นประแทนการกระโดดของจุลินทรีย์ข้ามผ่าน บางอย่างได้แต่ไม่สามารถข้ามผ่านเฮอร์เดิลทั้งหมดที่นำมาใช้ร่วมกันได้ เนื่องจากเหตุผลในเรื่องของ homeostasis ซึ่งจะกล่าวต่อไป ระดับที่ต่างกันของเฮอร์เดิลแต่ละชนิดก็มีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ ดังรูปที่ 2.1-b ค่า a_w และการใช้วัตถุกันเสียเป็นเฮอร์เดิลหลัก ส่วนอุณหภูมิต่ำ(t) pH และปัจจัยด้านออกซิเจน เป็นเฮอร์เดิลรอง ในกรณีที่มีปริมาณจุลินทรีย์น้อย การใช้จำนวนเฮอร์เดิลไม่กี่ชนิด หรือใช้ที่ระดับต่ำก็สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ดังรูปที่ 2.1-c แต่หากมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นที่สูง จากการขาดการสุขาภิบาลที่ดีในการผลิตหรืออาหารมีปริมาณสารอาหารสูง ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ดีสำหรับจุลินทรีย์ในการเจริญเติบโต เฮอร์เดิลที่ใช้อาจไม่สามารถป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารจากจุลินทรีย์ได้ ดังรูปที่ 2.1-d และ 2.1- e (Leistner and Gorris, 1995)



รูปที่ 2.1 Hurdle effect

ที่มา : Leistner and Gorris (1995)

รูปที่ 2.1 ผลของการใช้เฮอร์เดิล ต่อคุณภาพอาหาร (Leistner and Gorris, 1995)

2.2.3 การนำเทคโนโลยีเฮอร์เดิลมาใช้ในอาหาร

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีเฮอร์เดิล ไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Leistner and Rodel, 1978) ในผลิตภัณฑ์ minimally processed vegetable (Reyes, 1996) และผลิตภัณฑ์ผลไม้ (Torreggiani, Forni and Rizzolo, 1987; Argaiz, 1988 ; Tapia de Daza et al., 1993) เป็นต้น

สุมณฑา วัฒนสินธุ์ และคณะ(2543) ได้ศึกษาการใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิล ในการเก็บรักษาน้ำพริกแกงเผ็ด โดยได้เลือกเฮอร์เดิล ได้แก่ อุณหภูมิ a_w pH และออกซิเจน ทั้งนี้ใช้น้ำพริกแกงเผ็ดสองสูตรที่มีวิธีการจำหน่ายต่างกันมีค่า a_w และ pH เริ่มต้น ต่างกัน นำมาบรรจุใหม่แบบสุญญากาศในบรรจุภัณฑ์ชนิดไนลอนที่มีค่าการซึมผ่านของอากาศและความชื้นต่ำ จากการทดลอง 5 สภาวะ คือ เก็บทั้งสองสูตรที่ 15 25 และ35°C เติมน้ำร้อยละ 20 แล้วเก็บที่ 35°C และสภาวะสุดท้ายเติมสารดูดความชื้นร้อยละ 20 แล้วเก็บที่ 35°C เป็นเวลา 16 สัปดาห์ประเมินผลทุก 2 สัปดาห์ พบว่าการหมดอายุของน้ำพริกแกงเผ็ดเกิดจากกลิ่นเครื่องเทศได้ลดลงจนหายไปในที่สุด และในบางกรณีเกิดกลิ่นคล้ายกลิ่นหมักขึ้นมาแทนที่ด้วย ผลการประเมินของผู้บริโภคยอมรับน้ำพริกแกงที่เก็บที่อุณหภูมิ 15°C นานกว่า 3 เดือน ส่วนการเก็บที่อุณหภูมิสูงอายุการเก็บรักษาจะสั้นลง สืบเนื่องจากมีกลิ่นคล้ายกลิ่นหมักบดบังกลิ่นคล้ายเครื่องเทศ น้ำพริกแกงเผ็ดที่มีค่า a_w ต่ำจะสามารถเก็บได้นานกว่าการเติมน้ำทำให้ค่า a_w เพิ่มขึ้น และอายุการเก็บรักษาสั้นลง สารลด a_w ที่นำมาใช้ต้องเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ และสามารถลดค่า a_w ได้จริง ไม่ชักนำให้เกิดการหมักขึ้น

2.2.4 ปัจจัยของ pH และ a_w ต่อการเจริญของจุลินทรีย์

ค่า pH และ a_w เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญและการอยู่รอดของจุลินทรีย์ ดังนั้นการป้องกันการเสื่อมเสียในอาหารจึงสามารถใช้ปัจจัยดังกล่าวมาประยุกต์ในการถนอมอาหารได้ โดยการปรับค่า pH ให้ต่ำกว่าหรือสูงกว่าระดับที่เหมาะสม และปรับค่า a_w ให้ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมในการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งค่า pH ที่เป็นช่วงต่ำสุด-สูงสุดในการอยู่รอดของจุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย ได้แก่ *Salmonella* sp.อยู่ในช่วง 4.0-9.6 *E. coli* อยู่ในช่วง 4.3-9.5 *C. perfringens* อยู่ในช่วง 5.0-9.0 *S. aureus* อยู่ในช่วง 4.6-8.2 เป็นต้น (Fields, 1979)

ทั้งนี้กรดแต่ละชนิดจะมีค่าdissociation constants in aqueous solutions ต่างกัน โดยกรดอะซีติก มีค่าpK_1 เท่ากับ 4.75 กรดซิตริก มีค่าpK_1 เท่ากับ 3.14 pK_2 เท่ากับ 4.77 และ pK_3 เท่ากับ 6.39 กรดฟูมาริก มีค่า pK_1 เท่ากับ 3.03 และ pK_2 เท่ากับ 4.44 กรดแลกติก มีค่าpK_1 เท่ากับ 3.08 กรดมาลิก มีค่าpK_1 เท่ากับ 3.40 และ pK_2 เท่ากับ 5.11 และกรดทาทาริก มีค่าpK_1 เท่ากับ 2.98 และ pK_2 เท่ากับ 4.34 (Branen and Davidson,1977)

ส่วนค่า a_w นั้นเป็นค่าที่บ่งถึงปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์นำไปใช้ได้ ดังนั้นการถนอมอาหารจึงต้องลดค่านี้ ซึ่งทำได้หลายวิธี ได้แก่ การใช้สารดูดความชื้น (humectants) เช่น เกลือ น้ำตาล น้ำผึ้ง กัม กลีเซอรอล เป็นต้น โดยสารเหล่านี้จะไปดึงน้ำมาละลายตัวเอง ทำให้อาหารเข้มข้นมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของเกลือ น้ำตาล ภายนอกเซลล์จุลินทรีย์สูงกว่าภายในเซลล์ จะทำให้น้ำจาก ภายในเซลล์ไหลออกจากเซลล์โดยวิธีออสโมซิส ทั้งนี้ค่า a_w ที่ต่ำที่สุดที่จุลินทรีย์จะทนได้ มีดังนี้ แบคทีเรียส่วนใหญ่ เท่ากับ 0.96 *E. coli* เท่ากับ0.96 *C. perfringens* เท่ากับ 0.93 *S. aureus* เท่ากับ 0.86 (โดยจะหยุดสร้าง enterotoxin ที่ 0.87) และ*Salmonella* sp. เท่ากับ 0.75 (Fields, 1979)

Troller (1985) ทดลองถนอมอาหารเช่น ซีส ไส้กรอก ด้วยการใช้ a_w ร่วมกับ pH ผลที่ได้ คือแบคทีเรียจะเจริญได้ในช่วง pH 5-10 ที่ a_w ระหว่าง 0.92-0.97 โดยที่ pH 5 นั้น ค่า a_w ต่ำสุดที่แบคทีเรียเจริญได้ คือ ประมาณ 0.97 แต่เมื่อ pH เข้าใกล้ความเป็นกลาง(6-8) ค่า a_w ต่ำสุดที่เจริญได้จะลดลงมาอยู่ที่0.92 อย่างรวดเร็ว และเมื่อเพิ่ม pH ต่อไปอีก(8-10)ค่า a_w ต่ำสุดของการเจริญ จะเพิ่มขึ้นถึง 0.97 อย่างรวดเร็ว สรุปคือ แบคทีเรียจะทนต่อค่า a_w ต่ำที่ pH เป็นกลางได้ดีกว่าที่ภาวะกรดหรือเบส หรือยิ่งสภาวะเป็นกรด เบสมาก ก็ยิ่งต้องการค่า a_w ที่มากขึ้นในการดำรงชีวิต และต่อมาก็ได้ทดลองเพิ่มเติมและพบว่าการลด pH ร่วมกับการลดค่า a_w ทำให้การเจริญของจุลินทรีย์ลดลง โดยความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนจากการแตกตัวของกรดทำให้ pH ลดลงจนกระทั่งวัตถุกันเสียที่เป็นกรด เช่น กรดซอร์บิก กรดโพรพิออนิก ไม่เกิดการแตกตัวและสามารถออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ในที่สุด (Troller, 1994)

2.2.5 การใช้ไคโตซานในการยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหาร

ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่พบได้ในโครงสร้างเปลือกนอกของสัตว์จำพวกกุ้ง และ ปู ไคโตซาน คือ ไคตินในรูปที่มีหมู่อะซีติลต่ำ เกิดจากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซีติลของไคตินด้วยด่างเข้มข้น ทำให้โครงสร้างเปลี่ยนไป โดยหมู่อะซีตามิโด

เปลี่ยนเป็นหมู่อะมีโนที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ดังนั้น ไคโตซานคือ พอลิเมอร์ของ D-glucosamine (2-amino-2-deoxy-D-glucose) มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง $1x10^5$ ถึง $1.2x10^6$ ขึ้นกับขั้นตอนการผลิต ไคโตซานไม่ละลายน้ำ ด่าง หรือตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะละลายในสารละลายที่เป็นกรดอินทรีย์เกือบทุกชนิดที่ pH น้อยกว่า 6 นอกจากนี้ยังมีตัวบ่งชี้ความเป็นไคตินหรือไคโตซาน เรียกว่า ค่า degree of deacetylation (DD) ซึ่งมีค่า 0-100 ถ้าสัดส่วนของมอนอเมอร์ของไคโตซานมีมากกว่า จะมีค่า degree of deacetylation (DD)สูง จะแสดงสมบัติเด่นของไคโตซานมากกว่าไคติน (Li et al., 1996)

ไคโตซานนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหารได้ดีกว่าไคติน เนื่องจากประจุบวกของหมู่อะมิโนตรงคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของกลูโคซามีน เมื่อ pH ต่ำกว่า 6 กลไกที่แท้จริงในการยับยั้งจุลชีพยังไม่เป็นที่ทราบกันแน่ชัด แต่ได้มีการเสนอกลไกต่างๆ ที่เป็นไปได้มากมาย เช่น การที่ไคโตซานเป็นโมเลกุลที่มีประจุบวกสามารถเกิด interaction กับ cell membrane ของจุลินทรีย์ที่มีประจุลบ ทำให้เกิดการรั่วไหลของโปรตีน และสารอื่นในเซลล์ หรือการที่ไคโตซานเป็น chelating agent ซึ่งสามารถเลือกจับกับโลหะแม้ปริมาณน้อยๆ ทำให้เกิดการยับยั้งการผลิตสารพิษ และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Shahidi, Arachchi and Joen, 1999)

Chen, Liau and Tsai (1998) ศึกษาการออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของไคโตซานที่มีค่า DD เท่ากับ 69 โดยการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งจุลินทรีย์ได้ (minimal inhibitory concentration; MIC) มีหน่วยเป็น ppm. ของจุลินทรีย์แต่ละชนิดพบว่า ในแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *S. aureus* และ *Listeria* sp. ให้ค่า MIC เท่ากับ 100 ppm. ส่วนแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *E. coli* และ *Vibrio* sp. เท่ากับ 100 ppm. *Salmonella* sp. ให้ค่า MIC มากกว่า 2000 ppm.

ชัยรัตน์ วิลาสมงคลชัย และทรงยุทธ อุ่นกอง (2543) ได้ทดลองเติมไคโตซานลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชั่นปลาทรายแดง พบว่าสูตรผสมไคโตซานที่ระดับร้อยละ 0.03 ที่ละลายด้วยกรดอะซีติก และเติมหลังเป็นอิมัลชั่นแล้ว เป็นสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดซึ่งมากกว่าสูตรที่ไม่ผสมไคโตซานด้วย และเมื่อเทียบคุณภาพทางจุลชีววิทยาแล้ว พบว่าเมื่อเก็บไว้ถึงวันที่ 6 อาหารสูตรไม่ผสมไคโตซานให้ผลเท่ากับ $1.52x10^6$ CFU/g ซึ่งเกินระดับการยอมรับของกรมวิทยาศาสตร์ การแพทย์ ที่กำหนดที่ระดับ $1x10^6$ CFU/g (วิทยาศาสตร์การแพทย์, กรม. 2542) ส่วนสูตรที่ผสมไคโตซานมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพียง $1.2x10^5$ CFU/g.และแม้จะเก็บต่อจนครบ 1สัปดาห์ สูตรผสมไคโตซานก็ยังมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพียง $3.02x10^5$ CFU/g ซึ่งก็ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

2.3 การใช้รังสีทำลายจุลินทรีย์

รังสีที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ รังสีแกมมา และ รังสีแคโทด แต่รังสีที่มีการแทรกซึมได้ดีกว่าคือ รังสีแกมมา เนื่องจากแทรกซึมเข้าไปในอาหารส่วนใหญ่ได้ถึง 20 เซนติเมตรต่อมิลลิอิเล็กตรอนโวลต์ ขึ้นกับเวลาที่ใช้ ในขณะที่รังสีแคโทดสามารถแทรกซึมได้เพียง 0.5 เ ซนติเมตรต่อมิลลิอิเล็กตรอนโวลต์เท่านั้น โดยมีผลต่อการทำลายจุลินทรีย์ ดังค่า approximate lethal dose (หน่วยเป็นกิโลเกรย์) สำหรับ *E. coli* 1.0-2.3 *C. perfringens* 3.1 *Salmonella* sp. 3.7-4.8 *S. aureus* 1.4-7.0 Bacterial spores 3.1-37 putrefactive anaerobe 3679 23-50 ยีสต์ 3.7-18 และ รา 1.3-11 แม้ว่าdoseสูง จะทำลายจุลินทรีย์ได้สูง แต่ก็จะอาจมีผลกระทบต่ออาหารสูงไปด้วย ดังนั้นควรหาค่าที่เหมาะสม เพื่อคงคุณภาพอาหารมากที่สุด และประหยัดต้นทุนการผลิต โดย ACSH (American Council on Science and Health) ได้กำหนดมาตรฐานการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารโดยใช้ dose 20-70 กิโลเกรย์ ในพวกผลิตภัณฑ์เนื้อ ปลา ขนมอบ และผักบางชนิด ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เป็นเครื่องเทศ (เพียงแค่ลดจุลินทรีย์ลงบางส่วน) จะอยู่ในช่วง 8-30 กิโลเกรย์ (วราวุฒิ ครูส่ง , 2538)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย