

จุลชีววิทยาทางอาหาร

Food Microbiology

ความรู้ทางด้านจุลชีววิทยาทางอาหารนับเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีความสำคัญในการส่งเสริมให้ประเทศไทยสามารถผลิตอาหารที่มีคุณภาพและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาทางเศรษฐกิจและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชากร

หนังสือจุลชีววิทยาทางอาหารนี้ได้เรียบเรียงขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนวิชาจุลชีววิทยาทางอาหารใช้เป็นตำราประกอบการเรียน และให้ผู้สนใจทั่วไปใช้ประกอบการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางด้านจุลชีววิทยาทางอาหาร

หนังสือเล่มนี้ครอบคลุมเนื้อหาหลักในเรื่องจุลินทรีย์ในอาหาร โดยกล่าวถึงการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ การเก็บรักษาและการเน่าเสียของอาหารประเภทต่าง ๆ แบคทีเรียที่ปนเปื้อนในอาหารและก่อให้เกิดโรค จุลินทรีย์ดัชนีที่ใช้บ่งชี้คุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร รวมทั้งระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม



จัดพิมพ์โดย

สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร. 0-2218-3269-70 โทรสาร 0-2218-3547

e-mail: cupress@chula.ac.th

www.cupress.chula.ac.th

สรรคคุณค่าวิชาการ สู่สังคม

Knowledge to All



cupress.chula.ac.th

จุลชีววิทยาทางอาหาร..2

ISBN 978-974-03-4133-8



9 789740 341338

C112

4143100 320.00 บาท

Chulalongkorn
University
press



จุลชีววิทยาทางอาหาร Food Microbiology

บุญศรี จงเสรีจิตต์

ตพจ. 2233/2



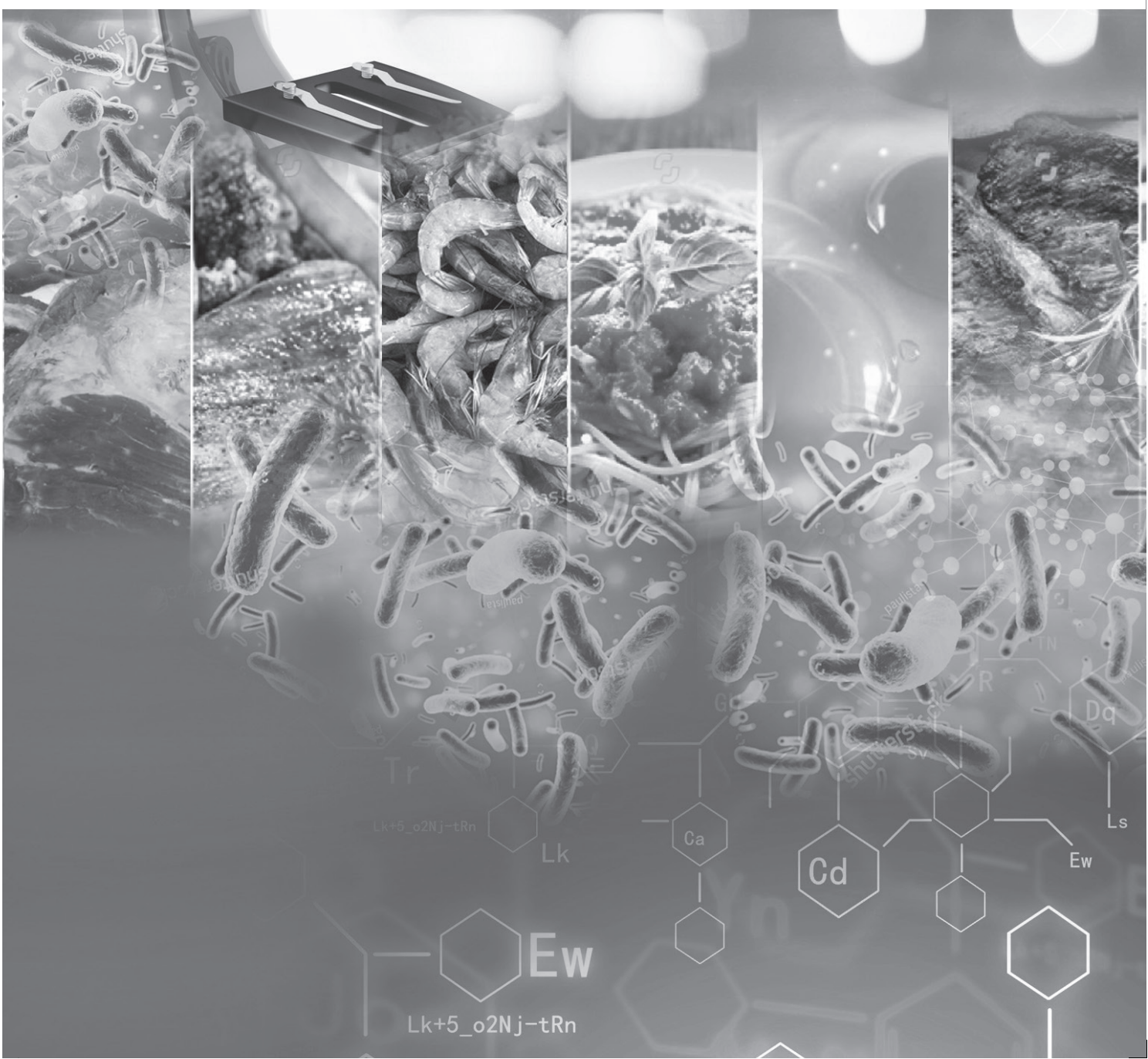
จุลชีววิทยาทางอาหาร

Food Microbiology

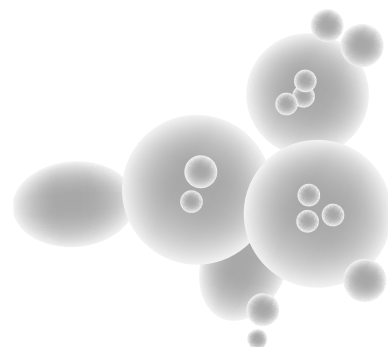
บุญศรี จงเสรีจิตต์

จุลชีววิทยาทางอาหาร

Food Microbiology



จุลชีววิทยาทางอาหาร Food Microbiology



บุญศรี จงเสรีจิตต์

 **สำนักพิมพ์**
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2565

320.-

บุญศรี จงเสรีจิตต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย / บุญศรี จงเสรีจิตต์

1. อาหาร -- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

664.001579

ISBN (e-book) 978-974-03-4135-2

สพจ. 2233/2



assคุณค่าวิชาการ สู่สังคม
Knowledge to All
www.cupress.chula.ac.th

สิทธิในการผลิตและพิมพ์หนังสือเล่มนี้เป็นของสำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแต่ผู้เดียว
การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น
ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จัดทำโดย สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2565

www.cupress.chula.ac.th [CUB6507-010]

โทร. 0-2218-3562-3

บรรณาธิการอำนวยการ : นางอรทัย นันทนาคัย ศาสตราจารย์ ดร.อรรณู หาญสืบสาย

กองบรรณาธิการฝ่ายวิชาการ : ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.ปิยนภ บุนนาค

รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์

รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ชิษณุ พันธุ์เจริญ

รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธ์

ผู้ประสานงาน : วาสนา ชำเซ็น

พิสูจน์อักษร : ทศนีย์ ผิวขำ

ออกแบบปกและรูปเล่ม : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สั่งซื้อได้ที่ : ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

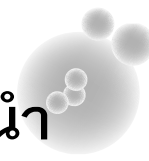
ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

<http://www.chulabook.com>

โทร. 08-6323-3703-4

customer@cubook.chula.ac.th, info@cubook.chula.ac.th

Apps: CU-eBook Store



คำนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งเกษตรกรรมระดับโลก ซึ่งเป็นผู้ผลิตและส่งออกอาหารรายสำคัญ ทำรายได้ให้กับประเทศปีละหลายแสนล้านบาท ทั้งนี้ด้วยศักยภาพตลอดจนความพร้อมทั้งด้านวัตถุดิบ แรงงาน ฝีมือ และความสามารถในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ดังนั้น การส่งเสริมให้ “ไทยเป็นครัวของโลก” จึงเป็นนโยบายสำคัญของประเทศที่จะพัฒนาเศรษฐกิจ สิ่งสำคัญที่จะต้องพัฒนาควบคู่ไปกับการผลิตและการส่งออกสินค้าดังกล่าวคือ การตรวจสอบและควบคุมมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร เนื่องจากปัจจุบันหลายประเทศให้ความสำคัญทางด้านสุขภาพอนามัยมากขึ้น จึงกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยสูงทั้งทางด้านการปนเปื้อนจุลินทรีย์ และทางเคมี และที่สำคัญเพื่อให้คนไทยมีสุขภาพที่ดี รับประทานอาหารที่มีคุณภาพและความปลอดภัยสูง ความรู้ทางด้านจุลชีววิทยาทางอาหารจึงเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีความสำคัญในการส่งเสริมให้ประเทศไทยสามารถผลิตอาหารที่มีคุณภาพและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาทางเศรษฐกิจ และการยกระดับคุณภาพชีวิตของคนไทย

ตำรานี้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ความรู้ด้านจุลชีววิทยาทางอาหาร (Food Microbiology) รวมทั้งเพื่อให้มีตำราภาษาไทยอ่านประกอบการศึกษาค้นคว้าของนักศึกษา ผู้ประกอบการ และผู้สนใจทั่วไป โดยหวังว่าท่านผู้อ่านจะสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำงานทางด้านจุลชีววิทยาทางอาหาร หรือเพื่อพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป โดยเนื้อหาในเล่มนี้ประกอบด้วย เรื่องจุลินทรีย์ในอาหารประเภทต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ การเก็บรักษาและการเน่าเสียของอาหารประเภทต่าง ๆ แบบที่เรียกว่าปนเปื้อนในอาหารและก่อให้เกิดโรค จุลินทรีย์ดัชนีที่ใช้บ่งชี้คุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร รวมทั้งระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าตำรานี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษาและผู้สนใจบ้างตามสมควร และหากมีข้อเสนอแนะหรือข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับที่จะนำไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป และต้องขออภัยท่านผู้อ่านด้วย

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณผู้แต่งตำราทุกท่านที่ผู้เขียนได้นำมาใช้ประกอบในการเรียบเรียงตำรานี้ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณโครงการสนับสนุนการเขียนตำราของกองทุนส่งเสริมพัฒนาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่กรุณาให้ความสนับสนุนในการผลิตตำราเล่มนี้อย่างดียิ่ง รวมทั้งสำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจแก้ไขให้ตำราเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จนกระทั่งมีการพิมพ์เผยแพร่เป็นครั้งที่ 2 ในโอกาสนี้

บุญศรี จงเสรีจิตต์

boonsri.su@gmail.com



สารบัญ

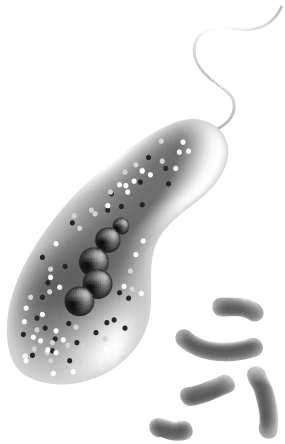
หน้า

คำนำ

สารบัญ

บทที่ 1 จุลินทรีย์ในเมล็ดธัญพืชและผลิตภัณฑ์จากเมล็ดธัญพืช	1
1. การปนเปื้อนจุลินทรีย์	1
2. การเก็บรักษา	5
3. การเน่าเสีย	7
บทที่ 2 จุลินทรีย์ในน้ำตาลและผลิตภัณฑ์จากน้ำตาล	15
1. การปนเปื้อนจุลินทรีย์	15
2. การเก็บรักษา	19
3. การเน่าเสีย	20
บทที่ 3 จุลินทรีย์ในผักและผลไม้	27
1. การปนเปื้อนจุลินทรีย์	27
2. การเก็บรักษาพืชผัก	29
3. การเก็บรักษาผลไม้และผลิตภัณฑ์จากผลไม้	34
4. การเน่าเสีย	38
บทที่ 4 จุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์	47
1. การปนเปื้อนจุลินทรีย์	47
2. การเน่าเสียของเนื้อสัตว์	56
3. การลดปริมาณจุลินทรีย์	62
บทที่ 5 จุลินทรีย์ในปลาและอาหารทะเลประเภทต่าง ๆ	65
1. การปนเปื้อนจุลินทรีย์	65
2. การเก็บรักษา	66
3. การเน่าเสีย	73
บทที่ 6 จุลินทรีย์ในไข่	81
1. การปนเปื้อนจุลินทรีย์	81
2. การเก็บรักษา	83
3. การเน่าเสีย	91

บทที่ 7 จุลินทรีย์ในอาหารกระป๋อง	97
1. สาเหตุที่ทำให้อาหารกระป๋องเสื่อมคุณภาพ	99
2. จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหารกระป๋อง	102
บทที่ 8 แบคทีเรียที่ปนเปื้อนในอาหารและก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหาร	111
1. <i>Clostridium botulinum</i>	114
2. <i>Staphylococcus aureus</i>	120
3. <i>Salmonella</i> spp.	125
4. <i>Clostridium perfringens</i>	130
5. <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	132
6. <i>Vibrio cholerae</i>	133
7. Enteropathogenic <i>Escherichia coli</i>	134
8. <i>Bacillus cereus</i>	135
9. <i>Shigella</i> spp.	136
10. <i>Yersinia enterocolitica</i>	138
11. <i>Campylobacter</i>	139
12. <i>Listeria monocytogenes</i>	140
บทที่ 9 จุลินทรีย์ดัชนีที่ใช้บ่งชี้คุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร	147
1. Coliforms	151
2. Enterococci	157
3. Bifidobacteria	163
4. Coliphages	164
บทที่ 10 ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม	171
1. ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม	172
2. หลักการของระบบ HACCP	174
ประวัติผู้เขียน	189



บทที่ 1

จุลินทรีย์ในเมล็ดธัญพืช

และผลิตภัณฑ์จากเมล็ดธัญพืช

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการปนเปื้อนจุลินทรีย์ การเก็บรักษา และการเน่าเสียของเมล็ดธัญพืช และผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเมล็ดธัญพืช เช่น แป้ง ขนมอบีง เค้ก เบเกอรี่

1. การปนเปื้อนจุลินทรีย์ (Microbial Contamination)

เมล็ดพืชที่เก็บเกี่ยวมาจะมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในระหว่างการเจริญ ซึ่งมาจากดิน แมลง และจากแหล่งต่าง ๆ โดยเมล็ดพืชที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ ๆ จะมีปริมาณจุลินทรีย์ตั้งแต่ไม่กี่พัน จนถึงล้านเซลล์ต่อกรัม และมีสปอร์ของราตั้งแต่ศูนย์จนถึงหลายหมื่น แบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่อยู่ใน family Pseudomonadaceae, Micrococcaceae, Lactobacillaceae และ Bacillaceae การขัดและการล้างเมล็ดข้าวจะเป็นการจัดจุลินทรีย์ออกไปได้บางส่วน โดยจุลินทรีย์ส่วนมากจะถูกนำออกไปด้วยการขัดส่วนนอกของเมล็ดข้าวในระหว่างการสีข้าว ซึ่งกรรมวิธีการสีข้าว โดยเฉพาะการขัดให้ขาว มีผลลดจำนวนจุลินทรีย์ได้ แต่อาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ระหว่างขั้นตอนอื่น เช่น การผสม การไม่ให้เป็นแป้ง

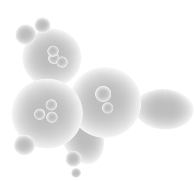
ในแป้งสาลีจะพบสปอร์ของ *Bacillus* แบคทีเรียโคลิฟอร์ม (coliform bacteria) และแบคทีเรียบางสปีชีส์ในสกุล *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Sarcina*, *Micrococcus*, *Alcaligenes* และ *Serratia* ส่วนสปอร์ของราที่พบมากอยู่ในสกุล *Aspergillus*, *Penicillium* และบางสปีชีส์ของ *Alternaria*, *Cladosporium* และสกุลอื่น ๆ โดยปริมาณของแบคทีเรียมี

ความแปรผันมากจากไม่กี่ร้อยจนถึงล้านเซลล์ต่อกรัม ตัวอย่างของแป้งสาลีที่วางจำหน่ายในท้องตลาดจะมีแบคทีเรียตั้งแต่ไม่กี่ร้อยจนถึงไม่กี่พันเซลล์ต่อกรัม และมีสปอร์ของ *Bacillus* 20-30 สปอร์ต่อกรัม และสปอร์ของรา 50-100 สปอร์ต่อกรัม ซึ่งแป้งที่ได้รับอนุญาตให้วางขายได้จะต้องมีจุลินทรีย์น้อยกว่านี้ หรือไม่มีเลย และจะมีจำนวนน้อยลงในแป้งที่เก็บไว้ ในแป้งสาลีที่ไม่ได้เอารำออก หรือข้าวสาลีที่ไม่ได้ขัด จะมีแบคทีเรียสูงถึง 8,000-12,000 เซลล์ต่อกรัม โดยในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นจุลินทรีย์ประจำถิ่น (normal microflora) ที่พบบนเมล็ดธัญพืชชนิดต่าง ๆ และผลิตภัณฑ์จากเมล็ดธัญพืช

แป้งข้าวโพดและแป้ง มีแบคทีเรียและราหลายร้อยถึงหลายพันเซลล์ต่อกรัม เชื้อราที่พบบ่อยมากคือ สกุล *Fusarium* และ *Penicillium* ส่วนข้าวมอลต์ (malt) และมีปริมาณแบคทีเรียมากถึงล้านเซลล์ต่อกรัม เนื่องจากสภาพการเก็บที่มักมีความชื้นสูง

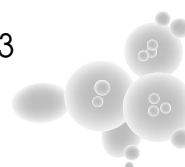
ผิวหน้าของก้อนขนมปังที่อบใหม่ ๆ มักไม่พบว่ามีจุลินทรีย์อยู่ แต่อาจเกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์จากอากาศระหว่างรอให้เย็นและก่อนบรรจุห่อโดยสปอร์ของรา หรือในระหว่างการหั่นเป็นแผ่นบาง ๆ (slicing) อาจเกิดการปนเปื้อนจากอากาศ จากมีด หรือกระดาษห่อ สำหรับเค้กก็มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในลักษณะเดียวกัน ส่วนในขนมปังพบว่าสปอร์ของแบคทีเรียอาจเป็นสาเหตุให้เกิดเมือก (ropiness) ได้ เนื่องจากสปอร์ยังคงมีชีวิตรอดอยู่ได้หลังผ่านขั้นตอนการอบ

ในแง่ของสาธารณสุข การปนเปื้อนราของเมล็ดธัญพืชและผลิตภัณฑ์จากเมล็ดธัญพืชมีความสำคัญมาก เนื่องจากราจะมีการสร้างไมโคทอกซิน (mycotoxin) ซึ่งการลดการปนเปื้อนจากรานั้นต้องหลีกเลี่ยงภาวะที่จะส่งเสริมการเจริญของรา โดยเฉพาะเชื้อ *Aspergillus flavus* และ *A. parasiticus* ซึ่งสามารถสร้างอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) ได้ ส่วนราชนิดอื่นที่พบโดยทั่วไป เช่น ฟิวซาเรีย (fusaria) เพนิซิลเลีย (penicillia) นั้น มีบางสปีชีส์ที่สร้างไมโคทอกซินได้



ตารางที่ 1 จุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่พบบนเมล็ดธัญพืชและผลิตภัณฑ์จากเมล็ดธัญพืช

ชนิดของผลิตภัณฑ์	จุลินทรีย์ตามธรรมชาติ	ช่วงพิสัยของปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบ
เมล็ดธัญพืชดิบ	Molds	10^2 - 10^4 /g
	Yeast and yeast-like fungi	10^2 - 10^4 /g
	Bacteria	
	Aerobic plate count	10^2 - 10^6 /g
	Coliform group	10^2 - 10^4 /g
	<i>E. coli</i>	10 - 10^3 /g
	Actinomycetes	10^3 - 10^6 /g
แป้ง เมล็ดข้าวโพด (cornmeal) ปลายข้าวโพด (corn grits) เซโมลินา (semolina)	Molds	10^2 - 10^4 /g
	Yeast and yeast-like fungi	10 - 10^2 /g
	Bacteria	
	Aerobic plate count	10^2 - 10^6 /g
	Coliform group	0 - 10 /g
	“rope” spores	0 - 10^2 /g
อาหารเข้าจากธัญพืชและของว่าง (breakfast cereals and “snacks”)	Molds	0 - 10^3 /g
	Yeast and yeast-like fungi	0 - 10^2 /g
	Bacteria	
	Aerobic plate count	0 - 10^2 /g
	Coliform group	0 - 10^2 /g
แป้งโด (dough) ที่แช่แข็งและแช่เย็น	Molds	10^2 - 10^4 /g
	Yeast and yeast-like fungi	10^5 - 10^6 /g
	Bacteria	
	Aerobic plate count	10^2 - 10^6 /g
	Coliform group	10 - 10^2 /g
	Psychrotrophs	10 - 10^3 /g



ตารางที่ 1 จุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่พบบนเมล็ดธัญพืชและผลิตภัณฑ์จากเมล็ดธัญพืช (ต่อ)

ชนิดของผลิตภัณฑ์	จุลินทรีย์ตามธรรมชาติ	ช่วงพิสัยของปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบ
ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	Molds	10^{-10} - 10^3 /g
	Yeast and yeast-like fungi	10^{-10} - 10^3 /g
	Bacteria	
	Aerobic plate count	10^{-10} - 10^3 /g
	Coliform group	10^{-10} - 10^2 /g
โปรตีนถั่วเหลือง	Bacteria	
	Aerobic plate count	10^2 - 10^5 /g
	Coliform group	10^2 - 10^3 /g
	<i>E. coli</i>	0 - 10^2 /g
	Psychrotrophs	10^2 - 10^4 /g
	<i>C. perfringens</i>	0 - 10^2 /g
ผลิตภัณฑ์พาสตา (pasta)	Bacteria	
	Aerobic plate count	10^3 - 10^5 /g
	Coliform group	10^{-10} - 10^3 /g
	Molds & yeasts	10^2 - 10^5 /g
เมล็ดธัญพืชแห้งผสม	Molds	10^2 - 10^5 /g
	Yeast and yeast-like fungi	10^2 - 10^5 /g
	Bacteria	
	Aerobic plate count	10^2 - 10^6 /g
	Coliform group	0 - 10^4 /g

ที่มา : ดัดแปลงจาก Hobbs, and Greene (1984)

2. การเก็บรักษา (Preservation)

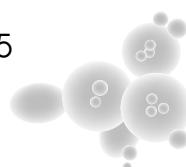
เมล็ดธัญพืชและผลิตภัณฑ์จากเมล็ดธัญพืชส่วนใหญ่มีความชื้นต่ำและค่า a_w ต่ำ (มีค่าแตกต่างกันตามชนิดและระยะเวลาในการเก็บเมล็ดธัญพืช) ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ดังนั้น จึงง่ายต่อการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ราบเท่าที่ยังไม่มีความชื้นเพิ่มขึ้นหรือเก็บในที่แห้ง นอกจากนั้นควรเก็บในภาชนะปิดมิดชิดเพื่อป้องกันการกักตัวของสัตว์ เช่นนกหรือหนู และป้องกันการลुकติดไฟ รวมทั้งหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความชื้น โดยทั่วไปแนะนำให้ใช้อุณหภูมิประมาณ 4.4-7.2 องศาเซลเซียส ในการเก็บผลิตภัณฑ์ที่แห้งเหล่านี้ แต่สำหรับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น ขนมปัง แยมโรล เค้ก พาย มีความชื้นเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเน่าเสียได้ ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีการเก็บถนอมอาหารที่พิเศษเข้าช่วย

2.1 การทำให้ปลอดเชื้อ (Asepsis)

การดูแลรักษาให้เครื่องมือเครื่องใช้มีความสะอาดและปลอดเชื้อเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสุขาภิบาลที่ดีและการยืดอายุการเก็บถนอมอาหาร ปฏิบัติเช่นเดียวกับอุตสาหกรรมอาหารอื่น ๆ หากทำความสะอาดเครื่องมือเครื่องใช้ไม่ถูกวิธี อาจกลายเป็นแหล่งของแบคทีเรียที่สร้างเมือกเหนียว (rope forming bacteria) และแบคทีเรียที่สร้างกรด (acid forming bacteria) ที่เป็นสาเหตุของความเปรี้ยวของแป้งที่นวดเตรียมไว้ที่เรียกว่า โด (dough) ส่วนขนมปัง เค้ก และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบอื่น ๆ อาจเสียโดยเชื้อรา จึงควรป้องกันการปนเปื้อนจากสปอร์ของรา ซึ่งการป้องกันการปนเปื้อนของขนมปังที่อบมีความสำคัญอย่างยิ่ง ขนมปังที่ออกจากเตาอบจะปราศจากสปอร์ราที่รอดชีวิต ควรทำให้เย็นในสภาพที่สะอาดปราศจากเชื้อ ตัดหรือหั่นด้วยมีดที่สะอาดปราศจากสปอร์ จากนั้นรีบบรรจุห่ออย่างรวดเร็ว

2.2 การใช้ความร้อน (Use of Heat)

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery product) ที่วางจำหน่ายจะมีทั้งที่ไม่อบ หรืออบบางส่วน หรืออบอย่างเต็มที่ โดยทั่วไปแล้ว หากเป็นการอบที่สมบูรณ์สามารถทำลายเซลล์แบคทีเรียทั้งหมดรวมทั้งยีสต์และสปอร์ราได้ แต่ไม่ทำลายสปอร์ของแบคทีเรียที่สร้างเมือกเหนียว หรือของแบคทีเรียชนิดอื่น อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า สปอร์ของราบางชนิดสามารถพัฒนาให้ต้านทานความร้อนที่ใช้ในการอบขนมปังได้ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่อบหรืออบเพียงบางส่วน มักทำเพื่อวางจำหน่ายปลีกในระยะเวลาเพียงสั้น ๆ แต่ถ้าเก็บไว้ในตู้เย็นจะยืดอายุการเก็บได้นานขึ้น



2.3 การใช้อุณหภูมิต่ำ (Use of Low Temperatures)

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ทำเองตามครัวเรือน มักเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องในระยะเวลาสั้น ๆ แต่หากอุณหภูมิห้องค่อนข้างสูง เช่น ในห้องครัว หรือในช่วงฤดูร้อน หรือในแถบที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงตลอดปีอย่างเมืองไทย แนะนำให้เก็บผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ในที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ในตู้เย็น ซึ่งจะเก็บได้นานขึ้นและเสี่ยงต่อการเกิดอาหารเป็นพิษน้อยลง

การเก็บผลิตภัณฑ์เบเกอรี่แบบแช่แข็งได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น ทั้งผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ไม่อบ หรืออบบางส่วน ชีสเค้ก (cheesecake) ไอศกรีม พาย ปลา เป็ด และไก่ มักเก็บโดยการแช่แข็ง ทั้งนี้พบว่า ขนมปังและแฮมโรล สามารถเก็บไว้ได้หลายเดือนในสภาวะที่แช่แข็ง

2.4 การใช้สารกันบูด (Use of Chemical Preservatives)

ในสภาพอากาศที่มีฝนตกซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์สูง มีผลให้เมล็ดธัญพืชมีความชื้นสูงขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น ข้าวโพด ซึ่งเก็บในที่ที่มีความชื้นมากกว่า 20 % จะพบการเจริญของรา และมีการสร้างไมโคทอกซินได้ อย่างไรก็ตาม การใช้ยาฆ่าแมลง (insecticide) การอบฆ่าเชื้อรา (fumigant) การใช้แอมโมเนีย (ammonia) และกรดโพรพิโอนิก (propionic acid) มีผลในการป้องกันการเจริญของราและการสร้างไมโคทอกซินได้ ซึ่งแอมโมเนีย 2 % และกรดโพรพิโอนิก 1 % สามารถลดการเจริญของราในข้าวโพดที่มีความชื้นสูงได้

มีการใช้สารกันบูดมากมายหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อราในขนมปัง แฮมโรล เค้ก และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อื่น ๆ สารกันบูดที่ใช้กันมาก คือ โซเดียม (sodium) แคลเซียมโพรพิโอเนต (calcium propionate) โซเดียมไดอะซีเตต (sodium diacetate) และซอร์เบต (sorbate) สำหรับแป้งโดมักใช้วิธีการปรับพีเอช (pH) เป็นกรดด้วยกรดแอซิติก (acetic acid) เพื่อป้องกันการเกิดเมือกเหนียวจากแบคทีเรีย

2.5 การใช้การฉายรังสี (Use of Irradiation)

ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จะใช้รังสีอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) ในการทำลายหรือลดจำนวนสปอร์ของราในแป้งขนมปัง และใช้สำหรับฆ่าเชื้อในห้อง ใบมีดของเครื่องหั่น ตลอดจนในห้องที่ใช้บรรจุขนมปังและบนผิวหน้าของขนมปัง เค้ก และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อื่น ๆ นอกจากนี้ มีการประยุกต์ใช้รังสีคลื่นความถี่วิทยุ (radio-frequency radiation) ที่ก้อนขนมปัง ซึ่งมีรายงานว่าสามารถลดการเสียจากเชื้อราได้ และการประยุกต์ใช้รังสีกัมมา (ionizing radiation) รังสีแกมมา (gamma) และรังสีแคโทด (cathode) สำหรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ผ่านการอบแล้ว รวมทั้งมีการใช้รังสีในระดับต่ำเพื่อทำลายแมลงในการเก็บเมล็ดธัญพืชด้วย

3. การเน่าเสีย (Spoilage)

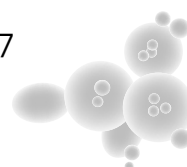
เมล็ดธัญพืชและผลิตภัณฑ์มีโอกาสเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้น้อย หากมีการเตรียมและเก็บอย่างเหมาะสม เนื่องจากมีความชื้นต่ำมาก ไม่เพียงพอแม้กระทั่งต่อการเจริญของรา อย่างไรก็ตาม หากผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีความชื้นสูงขึ้นมากกว่าความชื้นต่ำสุดที่จุลินทรีย์เจริญได้ จะมีผลให้จุลินทรีย์สามารถเจริญขึ้นมาได้ ถ้าหากมีความชื้นเพียงเล็กน้อย จะมีการเจริญของราเพียงอย่างเดียว แต่ถ้ามีความชื้นมาก จะพบการเจริญของยีสต์และแบคทีเรีย

แม้ว่าปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของเมล็ดธัญพืชและแป้ง อาจไม่ก่อให้เกิดปัญหาการเน่าเสียของตัวมันเอง แต่ปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะเป็นประเด็นที่ต้องพิจารณาอย่างยิ่ง เนื่องจากผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในการประกอบอาหารต่าง ๆ ต่อไป จุลินทรีย์ในเมล็ดธัญพืชและแป้งที่ใส่ในอาหารปรุงสำเร็จ เป็นเรื่องสำคัญที่เป็นปัญหาต่อสุขภาพของประชาชน และเป็นแหล่งการปนเปื้อนที่จะทำให้อาหารเน่าเสียได้

3.1 เมล็ดธัญพืชและแป้งบดชนิดหยาบ (Cereal Grains and Meals)

โดยปกติ เมล็ดธัญพืชและแป้งบดชนิดหยาบ ไม่ได้ผ่านกรรมวิธีในการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นจุลินทรีย์ประจำถิ่น (natural flora) จึงมีทั้งรา ยีสต์ และแบคทีเรีย ซึ่งพร้อมที่จะเจริญถ้ามีความชื้นสูงขึ้น เมล็ดธัญพืชเหล่านี้ประกอบไปด้วยแป้งซึ่งไม่มีจุลินทรีย์มากนัก นอกจากนั้นเป็นน้ำตาล สารประกอบไนโตรเจน แร่ธาตุ และสารประกอบที่จำเป็นต่อการเจริญ เมื่อมีความชื้นสูงขึ้น เอนไซม์แอมิเลส (amylase) จะย่อยแป้งเป็นน้ำตาล ส่วนเอนไซม์โปรตีนเนส (proteinase) จะย่อยส่วนของโปรตีนทำให้ได้สารประกอบไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ถ้าเมล็ดธัญพืชที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และอยู่ในสภาพที่มีอากาศ จะส่งผลให้เชื้อราเจริญขึ้นที่ผิวหน้า เมล็ดหรือแป้งที่เปียกจะเกิดการหมักเป็นกรด (acid fermentation) ส่วนใหญ่เกิดจากแบคทีเรียผลิตกรดแลกติก (lactic acid bacteria) และโคลิฟอร์ม (coliform) อาจเกิดการหมักเป็นแอลกอฮอล์ (alcoholic fermentation) โดยยีสต์ ในที่สุด เชื้อรา หรืออาจเป็นฟิล์มยีสต์ (film yeast) จะเจริญที่ผิวบนสุดของอาหาร ถึงแม้ว่าในบางครั้งแบคทีเรียผลิตกรดแลกติกจะออกซิไดส์แอลกอฮอล์ไปเป็นกรดแอซิติก ซึ่งจะไปยับยั้งการเจริญของราก็ตาม

ปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับการเสียของเมล็ดธัญพืชที่เก็บไว้โดยเชื้อรา ได้แก่ จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ ระดับความชื้นที่มากกว่า 12-13 % การถูกทำลายจากทางกายภาพและอุณหภูมิ มีเชื้อราหลายชนิดที่ทำให้เกิดการเสีย แต่ส่วนใหญ่ที่พบเป็นพวก *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus* และ *Fusarium* ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า เชื้อราเหล่านี้มีหลายชนิดที่สามารถสร้าง



โมโคทอกซินได้ ดังนั้น การเสียของเมล็ดธัญพืชจากเชื้อรา แสดงให้เห็นว่ามีความเสี่ยงที่จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนหรือสัตว์ ตลอดจนทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมาก

3.2 แป้งชนิดละเอียด (Flours)

การทำความสะอาดและการล้างเมล็ดธัญพืชก่อนการนำไปโม สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ แต่เชื้อที่มีความสำคัญยังคงอยู่ในส่วนต่าง ๆ เช่น โฮลวีต (whole wheat) หรือบัควีต (buckwheat) ซึ่งลักษณะการเน่าเสียเหมือนกับที่พบในเมล็ดธัญพืชและแป้งชนิดชนิดหยาบ

แป้งสาลีขาวจะถูกฟอกสีโดยใช้สารออกซิไดส์บางอย่าง (oxidizing agent) เช่น ออกไซด์ของไนโตรเจน คลอรีน (chlorine) ไนโตรซิลคลอไรด์ (nitrosyl chloride) หรือเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) กรรมวิธีนี้จะช่วยลดปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ได้ จากการศึกษพบว่า แป้งที่มีความชื้นน้อยกว่า 13 % จะป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ นอกจากนี้มีผู้รายงานไว้ว่า ที่ความชื้น 15 % มีผลให้ราเจริญได้ดี หากความชื้นมากกว่า 17 % จะพบว่ามีราเจริญของทั้งราและแบคทีเรีย ดังนั้น การทำให้แป้งสาลีขาวชื้นเพียงเล็กน้อย เชื้อราจะทำให้เสียได้ เนื่องจากความหลากหลายของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในแป้งแต่ละชุดการผลิตที่แตกต่างกัน จึงยากที่จะทำนายชนิดของการเสียของก้อนแป้ง (flour paste) เช่น ถ้ามีแบคทีเรียที่สร้างกรด (acid-forming bacteria) ปนเปื้อนมา ก็จะเกิดการหมักกรด (acid fermentation) ตามด้วยการหมักแอลกอฮอล์ (alcoholic fermentation) แล้วเปลี่ยนเป็นกรดแอซิติกโดย *Acetobacter* มักพบในแป้งใหม่มากกว่าแป้งเก่าที่เก็บไว้เป็นระยะเวลานานซึ่งจะมีการลดชนิดจุลินทรีย์ลงไป ในกรณีที่ไม่มีแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกและโคลิฟอร์ม จะพบไมโครค็อกไค (micrococci) เป็นตัวทำให้เกิดกรด หรือถ้าไม่มีเชื้อดังกล่าว จะพบเชื้อ *Bacillus* เจริญ และสร้างกรดแลกติก ก๊าซ แอลกอฮอล์ อะเซโทอิน (acetoin) และเอสเทอร์ (ester) รวมทั้งสารประกอบอะโรมาติก (aromatic compound) อื่น ๆ ในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งเป็นลักษณะของก้อนแป้งส่วนใหญ่ที่จะเกิดกลิ่นของกรดแอซิติกและเอสเทอร์

3.3 ขนมปัง (Bread)

การหมักที่เกิดขึ้นในโดของขนมปังชนิดต่าง ๆ บางชนิดซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์เป็นสิ่งที่ต้องการและมีความจำเป็นในการทำขนมปังชนิดนั้น ๆ การหมักกรดที่เกิดจากแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกและโคลิฟอร์มในก้อนแป้งหรือโด อาจมากเกินไปหากใช้เวลาาน มีผลให้โดและขนมปังมีรสเปรี้ยวมาก พบว่า หากมีการเจริญของแบคทีเรียที่ย่อยโปรตีนได้ (proteolytic bacteria) มากเกินไปในระหว่างนี้ อาจมีผลทำลายความสามารถในการอุ่มแก๊สของโด ทำให้ได้โดแข็งซึ่งจะมีผลให้ขนมปังแข็ง โดที่แข็งอาจเกิดจากการผสมมากเกินไป (overmixing) หรือเกิดการสลายพันธะ

ของกลูเทน (gluten) โดยตัวรีดิวซ์ (reducing agent) บางอย่าง เช่น กลูตาไธโอน (glutathione) นอกจากนี้ยังเป็นไปได้ที่จุลินทรีย์จะทำให้เกิดรสชาติที่ไม่ต้องการมากกว่าการเกิดรสเปรี้ยว จุลินทรีย์สำคัญที่ทำให้เกิดการเสียของขนมปังอบคือ ราและแบคทีเรียที่ทำให้เกิดเมือก (rope)

๖ Mold

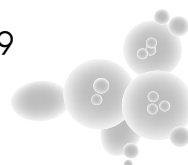
ราเป็นสาเหตุสำคัญของการเน่าเสียของขนมปังและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ โดยปกติ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบสูงพอที่จะฆ่าสปอร์ของราทั้งหมด ดังนั้น การปนเปื้อนของรามักเกิดที่ ผิวหน้าของก้อนขนมปังแล้วแทงทะลุเข้าไปในก้อนขนมปัง ซึ่งเกิดหลังการอบ โดยมีการปนเปื้อนของเชื้อราจากอากาศในระหว่างการทำให้เย็น หรือปนเปื้อนจากการขนส่ง หรือจากขั้นตอนการบรรจุห่อ และเริ่มเจริญที่รอยตัดของขนมปัง

ราที่มีส่วนเกี่ยวข้องอย่างสำคัญในการเสียของขนมปัง เรียกว่า ราขนมปัง (bread mold) ได้แก่

1. *Rhizopus stolonifer* (*R. nigricans*) เส้นใยสีขาว และมีจุดสีดำของอับสปอร์ (sporangia)
2. สปอร์สีเขียวของ *Penicillium expansum* หรือ *P. stoloniferum*
3. *Aspergillus niger* ซึ่งโคนิเดียลเฮด (conidial head) สีน้ำตาลแกมเขียว หรือน้ำตาลแกมม่วงจนถึงดำ และมีสารสี (pigment) สีเหลืองที่กระจายไปสู่เนื้อขนมปัง
4. *Monilia* (*Neurospora*) *sitophila* มีโคนิเดีย (conidia) สีชมพู มีสีชมพู และสีแดงเมื่อเริ่มเจริญ
5. *Mucor* หรือ *Geotrichum* หรือสกุลอื่นของราอาจเจริญได้

การเสียของขนมปังจากเชื้อราที่มีปัจจัยที่สำคัญ

1. การปนเปื้อนจุลินทรีย์ปริมาณมากหลังการอบ ตัวอย่างเช่น การปนเปื้อนของสปอร์ราจากอากาศในระหว่างที่รอให้เย็นเป็นเวลานาน ปนเปื้อนมาจากการหมุนเวียนของอากาศ หรือการปนเปื้อนจากเครื่องหัน
2. การหั่น (slicing) ก้อนขนมปัง มีผลให้อากาศแทรกเข้าไปในขนมปังมากขึ้น
3. การบรรจุห่อ (wrapping) จะทำให้เสียได้ง่าย ถ้าบรรจุขณะที่ขนมปังยังอุ่นอยู่
4. การเก็บรักษาในที่อุ่นและความชื้นสูง พบว่ามีการเจริญของเชื้อราเล็กน้อยบนเปลือกขนมปังที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ต่ำกว่า 90 % การขึ้นราโดยส่วนมากจะเริ่มเกิดขึ้นในแผ่นขนมปังที่ถูกหั่น ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความชื้นสูงกว่าที่ผิว



วิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ป้องกันการขึ้นราของขนมปัง

1. การป้องกันการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของขนมปังจากสปอร์ของราทั้งจากอากาศหรือจากเครื่องมือ โดยการกรองอากาศในห้อง หรือการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อฆ่าเชื้อในห้อง
2. การทำขนมปังให้เย็นลงก่อนบรรจุห่อเพื่อลดการเกิดหยดน้ำภายในตัวสต็อค
3. การฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่ผิวหน้าของก้อนขนมปังและมีดที่ใช้หั่นขนมปัง
4. การทำลายราบนผิวหน้าโดยเครื่องไฟฟ้า (electronic heating)
5. การเก็บขนมปังในที่เย็นเพื่อทำให้ราเจริญเติบโตได้ช้า หรือการแช่แข็ง และเก็บในสถานะแช่เยือกแข็งเพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด
6. ในปัจจุบันนิยมใช้โซเดียมหรือแคลเซียมโพธิโอเนต อัตรา 0.1 % และ 0.3 % (w/w) ของน้ำหนักแป้ง จะให้ผลในการต่อต้านการเจริญของแบคทีเรียสร้างเมือก (rope) หรืออาจใช้กรดซอร์บิก (sorbic acid) 0.1 % หรือโซเดียมไดอะซีเตต 0.32 % ในสมัยก่อนจะใช้วิธีใส่น้ำส้มสายชู (vinegar) หรือแอซีเตต (acetate) ในแป้งโด หรือทาผิวหน้าขนมปังด้วยน้ำส้มสายชู

➤ Bacteria

การเกิดเมือกเป็นสายเหนียวยืดยาว (ropiness) ที่เกิดขึ้นในก้อนขนมปัง มักพบในขนมปังที่อบเพื่อรับประทานเองตามบ้าน โดยเฉพาะในช่วงที่อากาศร้อน แต่พบน้อยในขนมปังอบที่ทำในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากในปัจจุบันมีการป้องกันที่ดี การเกิดเมือกนี้มีสาเหตุมาจากแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* หรือ *B. licheniformis* แต่ก่อนเรียก *B. mesentericus*, *B. panis* และสปีชีส์อื่น ๆ สปอร์ของแบคทีเรียเหล่านี้สามารถต้านทานอุณหภูมิในระหว่างการอบขนมปังซึ่งมีอุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียสได้ และเมื่อก่อนแล้วเจริญในก้อนขนมปังได้ถ้ามีสภาพเหมาะสม การเกิดเมือกเป็นผลมาจากการสร้างแคปซูลของ *บาซิลลัส* (*Bacillus*) ร่วมกับการย่อยกลูเตนซึ่งเป็นโปรตีนในแป้งโดยเอนไซม์โปรติเนสจากแบคทีเรีย และการย่อยแป้งโดยแอมิเลสได้น้ำตาลจะไปส่งเสริมการสร้างเป็นสารเมือกขึ้น บริเวณที่เกิดเมือกจะมีสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล เมื่อสัมผัสจะนิ่ม เหนียว และยืดเป็นเส้นยาว มีกลิ่นเหม็นที่ยากจะอธิบายลักษณะได้ คล้ายกลิ่นที่เกิดจากการเน่าหรือสุกเกินไปของแตงโม กล่าวโดยสรุป การเสียจากแบคทีเรียสร้างเมือกคือ อันดับแรกจะเกิดกลิ่นเหม็นอย่างสังเกตเห็นได้ชัด จากนั้นมีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้น และสุดท้าย ขนมปังจะนิ่มพร้อมทั้งเกิดเมือกเหนียวเป็นสายยาว

ลักษณะอื่น ๆ ที่พบได้ในขนมปัง ได้แก่

๑ ขนมปังมีสีแดง

ขนมปังมีสีแดง (red bread หรือ bloody bread) เป็นลักษณะที่พบไม่ค่อยบ่อยนัก เกิดจากการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างเม็ดสี (pigmented bacteria) โดยปกติจะเป็น *Serratia marcescens* ทำให้เกิดสีแดงในบนอาหารประเภทแป้ง เป็นการปนเปื้อนแบคทีเรียที่สร้างสีแดงบนขนมปังโดยบังเอิญ นอกจากนี้ รา เช่น *Monilia (Neurospora) sitophila* อาจทำให้ขนมปังมีสีชมพูถึงแดงได้ ส่วนสีแดงที่พบในไส้ขนมปังอาจมีสาเหตุมาจากเชื้อ *Geotrichum aurantiacum (Odium aurantiacum)*

๒ ขนมปังมีจุดขาวคล้ายขอล็ก

ขนมปังมีจุดขาวคล้ายขอล็ก (chalky bread) เป็นการเสียซึ่งพบค่อนข้างน้อย มีลักษณะเป็นจุดสีขาวคล้ายผงขอล็ก เกิดจากการเจริญของราที่คล้ายยีสต์ (yeast-like fungi) คือ *Endomycopsis fibuligera* และ *Trichosporon variable*

3.4 เค้กและผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (Cakes and Bakery Products)

ราเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เค้กและผลิตภัณฑ์ขนมปังต่าง ๆ เสีย โดยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติส่วนใหญ่จะถูกทำลายในขั้นตอนของการอบขนมปัง วิธีป้องกันการเสียของเค้กและผลิตภัณฑ์ก็เช่นเดียวกับวิธีการที่ใช้กับขนมปังตามที่ได้กล่าวมาแล้ว จุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีความซับซ้อนมากขึ้น เมื่อมีการแต่งหน้าด้วยน้ำตาล (frosting) หรือผลไม้ หรือการเติมคัสตาร์ดครีมเทียม หรือเครื่องปรุงแต่งอื่น ๆ โดยปกติ ทอปปิง (topping) หรือไส้ขนม (filling) จะเป็นส่วนที่ทำให้เสียโดยจุลินทรีย์ได้ง่ายกว่าส่วนที่อบ ส่วนที่เป็น frosting มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง จึงค่อนข้างเสียยาก แต่อาจเสียได้โดยราหรือยีสต์ในระหว่างการเก็บ การเสื่อมสภาพของขนมปังเค้ก พาย และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่เก็บไว้นาน ส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในระหว่างการวางจำหน่ายมากกว่าที่จะเกิดจากจุลินทรีย์

