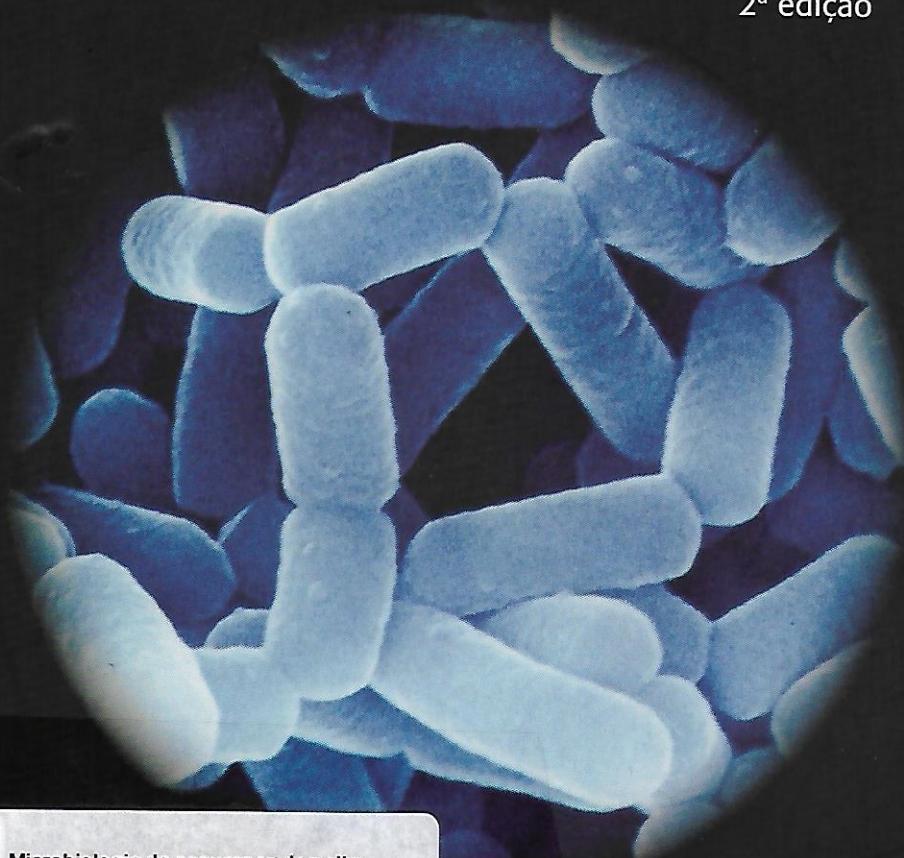


Microbiologia

da Segurança dos Alimentos

2^a edição



Microbiologia da segurança dos alim...

2013
4155

579.67
F735m
20793
ex. 6
ed. 2



0 0 0 2 0 7 9 3

Stephen J. Forsythe



579.67
F735M
20793
Ex. 6
Ed. 2

Microbiologia *da Segurança dos Alimentos*

FLORENCE
Instituto Florence de Ensino Superior

Stephen J. Forsythe
School of Science and Technology,
Nottingham Trent University

Microbiologia *da Segurança dos Alimentos*

2^a edição

Tradução:

Andréia Bianchini

Ph.D. Research Assistant Professor, The Food Processing Center, Food Science and Technology,
University of Nebraska.

Eb Chiarini

Especialista em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).
Mestre em Tecnologia de Alimentos e Doutora em Ciência dos Alimentos pela Universidade de São Paulo (USP).

Maria Carolina Minardi Guimarães

Engenheira de Alimentos pelo Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos – ICTA/UFRGS.
Especialista em Marketing pela ESPM/RS.

Sabrina Bartz

Nutricionista pelo IPA/IMEC. Mestre e Doutoranda pelo Instituto de Ciência e
Tecnologia de Alimentos – ICTA/UFRGS. Professora do Curso de Nutrição da Univates.

Consultoria, supervisão e revisão técnica desta edição:

Eduardo Cesar Tondo

Mestre em Microbiologia Agrícola e do Ambiente e Doutor em Ciências pela
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Professor de Microbiologia de Alimentos e Controle de Qualidade de Alimentos, Departamento de
Ciências dos Alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos - ICTA/UFRGS.



2013

FLORENCE
Instituto Florence de Ensino Superior

Prefácio à Segunda Edição

Embora estivesse contente com a primeira edição deste livro (MdSA), senti que ele não estava completo. Esta nova edição buscou preencher essa lacuna, incluindo novas seções sobre bioinformática, ameaças biológicas e de manipuladores, bem como atualizando muitas outras seções. Desde 2000, o tópico de avaliação de riscos microbiológicos se expandiu e consequentemente incorporei partes de meu outro livro publicado pela Editora Blackwells, *Microbiological Risk Assessment of Food – 2002*, no Capítulo 10, uma vez que ele apresenta uma melhora considerável das páginas iniciais da primeira edição de MdSA. Agradeço a Simon Illingworth (LabM, Bury, Reino Unido) por revisar o Capítulo 5, o qual aborda métodos de detecção.

Uma mudança maior ocorreu por meio de materiais complementares (em inglês) disponíveis em <http://www.wiley.com/go/forsythe>. Eles já estavam disponíveis na primeira edição deste livro, mas infelizmente não foram muito explorados. De fato, este foi um dos primeiros livros com materiais na internet publicados pela Blackwell, e a lista de URL no Apêndice foi considerada uma “novidade”! Quanta coisa mudou desde 2000. Utilizo a internet com dois objetivos principais. Primeiro, para manter alguns capítulos atualizados e, segundo, para oferecer vários exercícios com dados que não têm o mesmo formato de um livro. Um aspecto que venho tentando expandir e estimular nos “novos” leitores é a aplicação da genômica, da pós-genômica e da bioinformática na microbiologia de alimentos. A primeira edição deste livro já incluía os microarranjos, mas não as ferramentas para investigar os genomas de micro-organismos por si só. De fato, em 2000, o ano em que MdSA foi publicado, foi também o ano em que a primeira versão do genoma de *Campylobacter jejuni* foi publicada e, visto que o texto de MdSA foi escrito em 1999, o tema sobre os genomas microbiológicos ainda não tinha sido contemplado. O fato de os genomas serem sequenciados mais rapidamente do que podem ser entendidos significa que se pode descobrir com rapidez algo que ninguém sabia antes, e espero que os aspectos da bioinformática permitam e encorajem os leitores a tentarem pesquisas *in silico*. Um tópico que estava atraindo muita atenção do público em 1999-2000 era a BSE-vCJD (encefalite espongiforme bovina – variante da doença de Creutzfeldt-Jacob). Felizmente, nos anos seguintes, foi possível superar o auge de sua incidência. Entretanto, durante esse mesmo período, surgiu o fantasma do bioterrorismo e, assim, esse assunto é abordado em uma nova seção desta edição.

Uma coisa que não se alterou entre as duas edições foi a incidência inaceitavelmente alta de doenças de origem alimentar. Mais alarmante do que isso é o fato de que ainda só conhecemos a “ponta do iceberg” no que diz respeito a sua verdadeira incidência. Quando se considera que, nos Estados Unidos, 3.400 mortes ocorrem devido a agentes desconhecidos de doenças de origem alimentar (Frenzen et al., 2005), fica evidente que ainda há uma quantidade considerável de pesquisas e investimentos a serem realizados.

Confesso que era minha intenção completar esta nova edição para publicá-la em 2005. Contudo, nossa pesquisa intensiva sobre *Cronobacter* spp. (*Enterobacter sakazakii*) e os organismos relacionados a ele tomaram mais horas do que o dia possui. Esse patógeno emergente infelizmente pode infectar recém-nascidos, causando diversas doenças e mesmo a morte. Para não desequilibrar este livro com excessivas referências a esse organismo pelo qual tenho interesse pessoal, os leitores devem consultar o livro publicado pela ASM Press book, *Enterobacter sakazakii*, de 2008, editado por Jeff Farber e por mim (Health Canada), bem como minha página na internet (<http://www.wiley.com/go/forsythe>).

Como sempre, meus agradecimentos e minha estima vão para Nigel Blalimforth, David McDade e especialmente para Katy Loftus, da Wiley-Blackwell, por sua paciência quando os prazos pareciam ir por água abaixo (o que era frequente). Por fim, um agradecimento especial para minha sempre incentivadora esposa, Debbie, meus filhos, James e Rachel, e meus pais – pois sem eles nada disso seria possível.

Steve Forsythe
Professor de Microbiologia
Universidade Nottingham Trent

Prefácio da Primeira Edição

Em todo o mundo, a produção de alimentos tem se tornado cada vez mais e mais complexa: com frequência, a matéria-prima é fornecida por diferentes países, e o alimento é processado por meio de uma ampla variedade de técnicas. Até pouco tempo, as fazendas serviam as comunidades locais sem muitos intermediários; atualmente, há grandes corporações sob o regime de normas nacionais e internacionais. Portanto, as abordagens para a produção de alimentos seguros têm sido avaliadas sobre uma plataforma nacional, europeia, transatlântica e outras. Contrariando esse cenário, assuntos de segurança dos alimentos, como BSE e *E. coli* O157:H7, vêm sendo bastante divulgados, tornando o público em geral mais consciente a respeito dos alimentos. A controvérsia na Europa sobre os alimentos geneticamente modificados é percebida em um contexto das “Doenças Transmitidas por Alimentos”.

Este livro tem o objetivo de revisar a produção de alimentos e os níveis de micro-organismos que os humanos ingerem. Em algumas circunstâncias, a tolerância para patógenos é zero; porém, predomina a aceitação de limites de segurança predeterminados e, apesar da acuracidade ou inacuracidade estatística, esses limites dependem do fato de uma toxinfecção alimentar ter ocorrido. Os micro-organismos são tradicionalmente ingeridos em alimentos fermentados, desenvolvendo a discussão sobre os benefícios para a saúde de pré- e probióticos. Ainda não há certeza em relação a se os alimentos funcionais serão capazes de manter a aceitação dos consumidores.

A microbiologia de alimentos trata dos organismos patógenos assim como dos degradadores. Ela visa cobrir a grande variedade de micro-organismos existentes em alimentos, tanto os contaminantes como os inoculados de forma deliberada. Devido à conscientização do público em relação às Doenças Transmitidas por Alimentos, é importante que todas as companhias alimentícias mantenham altos padrões de higiene e garantam a segurança de seus produtos. Obviamente, com o tempo, haverá mudanças tecnológicas nos métodos de produção e nos de análises microbiológicas. Por esse motivo, um microbiologista de alimentos precisa saber os efeitos das mudanças do processamento (pH, temperatura, etc.) na carga microbiana. Para esse fim, este livro revisa os principais micro-organismos causadores de doenças de origem alimentar, as maneiras de detecção, os critérios microbiológicos, as interpretações dos resultados dos testes de produto final, a microbiologia preditiva como ferramenta para o entendimento das consequências das mudanças do processamento, o papel



da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC*), os objetivos da Avaliação de Risco Microbiológico (MRA**) e a listagem dos Objetivos de Segurança dos Alimentos, a qual recentemente se tornou foco de atenção. Nos últimos anos, a internet mostrou-se um recurso muito valioso de informação e, como reflexo disso, diversos endereços de *sites* com pesquisas de segurança de alimentos são oferecidos no final do livro para encorajar o leitor a procurar por si mesmo informações na rede. Apesar de este livro ter como público-alvo estudantes de graduação e pós-graduação, também será útil para aqueles que trabalham nas indústrias.

Grande parte do livro foi escrita durante os últimos meses de 1999, quando a França estava sendo considerada a “Corte Europeia” e por ter-se recusado a vender carne britânica, devido ao BSE/nCJD, e houve tumultos em Seattle relativos à Organização Mundial de Comércio. Enquanto grandes organizações se assombravam com o “*Bug do Milênio*”, no Reino Unido, o povo aguardava para ver o impacto do *bug* do BSE (algumas centenas ou alguns milhares de casos?).

Uma vez que nenhum livro pode ser finalizado sem assistência e agradecimentos especiais, estes vão para Phil Vosey, referente à MRA; Ming Lo, por consideráveis auxílios nos programas de computação; Alison, da Owoid Ltd., pelas inestimáveis informações sobre os procedimentos de teste microbiológicos ao redor do mundo; Pete Silley e Andrew Pridmore, da Don Whitley Scientific Ltd, pelos diagramas RABIT; e Garth Lang, do Biotrace Ltd., pelos dados sobre bioluminescência pelo ATP. Sem esquecer, é claro, de Debbie e Cathy, pela leitura dos rascunhos, nunca deixando passar erros ou falhas do autor.

Este livro é especialmente dedicado a Debbie, James e Rachel, minha mãe e meu pai, pela paciência durante o tempo em que estive me dedicando a ele.

Stephen J. Forsythe

* N de T.: No original HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Point.

** N de T.: MRA – Microbial Risk Assessment.

Sumário

1 Infecções e intoxicações de origem alimentar	19
1.1 Origens da produção segura de alimentos	20
1.2 Doenças de origem alimentar	21
1.3 Causas das doenças de origem alimentar	27
1.4 Percepção pública da segurança de alimentos	28
1.5 Fatores relacionados ao hospedeiro	35
1.6 A hipótese da higiene	38
1.7 O tamanho do problema das doenças de origem alimentar	39
1.8 Sequelas crônicas devido às doenças de origem alimentar	43
1.9 Mudanças na resistência aos antibióticos	44
1.10 O custo das doenças de origem alimentar	46
1.11 Controle de patógenos de origem alimentar	50
1.11.1 Exemplo 1 – O controle da <i>Salmonella</i> em frangos	50
1.11.2 Exemplo 2 – Controle de <i>E. coli</i> e <i>Salmonella</i> em produtos frescos	52
1.12 Programas de vigilância	54
1.12.1 International Food Safety Authority Network – INFOSAN (Rede Internacional de Segurança dos Alimentos)	55
1.12.2 FoodNet nos Estados Unidos	56
1.12.3 PulseNet: rede de detecção de <i>E. coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> e <i>Shigella</i> nos Estados Unidos	58
1.12.4 European Centre for Disease Prevention and Control – ECDC (Centro Europeu para Prevenção e Controle de Doenças) e Enter-Net; Rede de vigilância europeia para salmonelose e <i>E. coli</i> produtoras de shigatoxinas (STEC)	59
1.12.5 Rede europeia de doenças alimentares causadas por vírus	60
1.12.6 Rapid Alert System for Food and Feed – RASFF (Sistema de Alerta Rápido para Alimentos e Rações)	61
1.12.7 Global salm-surv (GSS)	61
1.12.8 Vigilância dos alimentos prontos para o consumo no Reino Unido	63
1.13 Investigações de surtos	64
1.13.1 Investigações preliminares de surtos	65
1.13.2 Definição do caso e coleta de dados	68
1.13.3 Coleta e interpretação de dados	69

1.14 Terrorismo alimentar e crimes biológicos	76
1.15 A segurança dos alimentos após desastres naturais e conflitos	81
2 Aspectos básicos	82
2.1 O mundo microbiano	82
2.2 Estrutura da célula bacteriana	86
2.2.1 Morfologia	86
2.2.2 Estrutura da membrana celular e coloração de Gram	86
2.2.3 Lipopolissacárido (LPS, antígeno O)	88
2.2.4 Flagelos (antígeno H)	89
2.2.5 Cápsula (antígeno Vi)	89
2.3 Toxinas bacterianas e outros determinantes de virulência	89
2.3.1 Toxinas bacterianas	90
2.3.2 Ilhas de patogenicidade	96
2.3.3 Toxinas bacterianas codificadas em bacteriófagos	97
2.4 Ciclo de multiplicação microbiana	97
2.5 A cinética de morte	98
2.5.1 Expressões	98
2.5.2 Tempos de redução decimal	99
2.6 Fatores que afetam a multiplicação microbiana	104
2.6.1 Fatores intrínsecos e extrínsecos que afetam a multiplicação microbiana	105
2.6.2 Atividade de água	106
2.6.3 pH	107
2.6.4 Temperatura	107
2.6.5 Inter-relação entre os fatores que afetam a multiplicação microbiana em alimentos	108
2.7 Resposta microbiana ao estresse	109
2.7.1 Resposta geral ao estresse (GSR)	112
2.7.2 Estresse causado por pH	113
2.7.3 Choque causado pelo calor	114
2.7.4 Choque causado pelo frio	115
2.7.5 Choque osmótico	116
2.8 Modelagem preditiva	117
2.8.1 Desenvolvimento de modelos preditivos	117
2.8.2 Modelos de primeiro nível e equações de Gompertz e Baranyi	118
2.8.3 Modelos de segundo nível	120
2.8.4 Modelos de terceiro nível	121
2.8.5 Aplicação da modelagem microbiana preditiva	124
2.9 Estudos de bioinformática	124
2.9.1 Bioinformática e genomas	124
2.9.2 Sequência de rRNA 16S e eletroforese em gel de gradiente desnaturante (DGGE)	129

2.9.3 Sequências genômicas de <i>Campylobacter jejuni</i> e <i>Campylobacter coli</i>	130
2.9.4 Evolução da <i>Salmonella</i> e PAIs	132
2.9.5 Sequência genômica da <i>E. coli</i> O157:H7	133
2.9.6 A diversidade das bactérias ácido-lácticas e bifidobactérias	134
2.9.7 Análise da sequência genômica das espécies de <i>Listeria</i>	140
2.9.8 Análise filogenética da enterotoxina do <i>Staphylococcus aureus</i>	141
3 Flora microbiana e conservação de alimentos	143
3.1 Micro-organismos deteriorantes	143
3.1.1 Micro-organismos deteriorantes	146
3.1.2 Deterioração de produtos lácteos	148
3.1.3 Deterioração de produtos de carne bovina e de frango	148
3.1.4 Deterioração de peixes	149
3.1.5 Deterioração de ovos	150
3.2 Indicadores da vida de prateleira	150
3.3 Métodos de conservação e aumento da vida de prateleira	153
3.4 O conceito de barreiras	155
3.5 Conservantes	155
3.5.1 Ácidos orgânicos	156
3.5.2 Peróxido de hidrogênio e sistema da lactoperoxidase	157
3.5.3 Quelantes	158
3.5.4 Antimicrobianos naturais	159
3.5.5 Conservantes não ácidos	160
3.5.6 Conservação pela ação de ácidos fracos e pH baixo	161
3.6 Métodos físicos de conservação	162
3.6.1 Conservação por tratamento térmico	162
3.6.2 Tratamento com altas pressões	164
3.6.3 Aquecimento ôhmico e por radiofrequência	165
3.6.4 Campos elétricos pulsados	165
3.6.5 Ultrassom	166
3.6.6 Pulso intensos de luz	166
3.6.7 Irradiação de alimentos	166
3.6.8 Embalagens com níveis reduzidos de oxigênio, embalagens com atmosfera modificada e embalagens ativas	172
3.7 Alimentos fermentados	174
3.7.1 Bactérias ácido-lácticas	175
3.7.2 Produtos de leite fermentados	180
3.7.3 Produtos fermentados de carne	183
3.7.4 Vegetais fermentados	184
3.7.5 Alimentos proteicos fermentados: shoyu e miso	184
3.7.6 O futuro das bactérias ácido-lácticas	185

3.8 Alimentos funcionais: pré-bióticos, probióticos e simbióticos	187
3.8.1 Alimentos funcionais	187
3.8.2 Ações dos probióticos	189
3.8.3 Estudos sobre probióticos	189
3.9 Nanotecnologia e conservação de alimentos	191
4 Patógenos de origem alimentar	193
4.1 Introdução	193
4.1.1 O trato intestinal humano	196
4.1.2 Resistência do hospedeiro a infecções de origem alimentar	199
4.1.3 Flora natural do trato intestinal humano	201
4.2 Micro-organismos indicadores	205
4.2.1 Coliformes	206
4.2.2 <i>Enterobacteriaceae</i>	207
4.2.3 Enterococos	207
4.2.4 Bacteriófagos	208
4.3 Patógenos de origem alimentar: bactérias	208
4.3.1 <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i> e <i>C. lari</i>	208
4.3.2 <i>Salmonella</i> spp.	213
4.3.3 <i>E. coli</i> patogênicas	221
4.3.4 <i>Shigella dysenteriae</i> e <i>Sh. sonnei</i>	235
4.3.5 <i>Listeria monocytogenes</i>	237
4.3.6 <i>Yersinia enterocolitica</i>	242
4.3.7 <i>Staphylococcus aureus</i>	243
4.3.8 <i>Clostridium perfringens</i>	246
4.3.9 <i>Clo. botulinum</i>	248
4.3.10 <i>Bacillus cereus</i>	249
4.3.11 <i>Vibrio cholerae</i> , <i>V. parahaemolyticus</i> e <i>V. vulnificus</i>	253
4.3.12 <i>Brucella melitensis</i> , <i>Br. abortus</i> e <i>Br. suis</i>	256
4.3.13 <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>A. caviae</i> e <i>A. sobria</i>	257
4.3.14 <i>Plesiomonas shigelloides</i>	258
4.3.15 Espécies de <i>Streptococcus</i> e <i>Enterococcus</i>	259
4.4 Patógenos de origem alimentar: vírus	261
4.4.1 Norovírus (conhecido anteriormente como vírus do tipo Norwalk e vírus de estrutura pequena e redonda, SRSV)	264
4.4.2 Hepatite A	267
4.4.3 Hepatite E	271
4.4.4 Rotavírus	271
4.4.5 Vírus de estrutura pequena e redonda, astrovírus, SLVs, adenovírus e parvovírus	272
4.4.6 Enterovírus humanos	274
4.5 Intoxicações causadas por frutos do mar e moluscos	274
4.5.1 Intoxicações causadas por ciguatera	275
4.5.2 Intoxicação escombroide	276
4.5.3 Intoxicações paralisantes causadas por moluscos	276

4.5.4 Intoxicações diarreicas causadas por moluscos	277
4.5.5 Intoxicações neurotóxicas causadas por moluscos	277
4.5.6 Intoxicação amnésica causada por moluscos	278
4.6 Patógenos de origem alimentar: eucariotos	278
4.6.1 <i>Cyclospora cayetanensis</i>	279
4.6.2 <i>Cryptosporidium parvum</i>	279
4.6.3 <i>Anisakis simplex</i>	280
4.6.4 <i>Taenia saginata</i> e <i>T. solium</i>	280
4.6.5 <i>Toxoplasma gondii</i>	281
4.6.6 <i>Trichinella spiralis</i>	282
4.7 Micotoxinas	282
4.7.1 Aflatoxinas	283
4.7.2 Ocratoxinas	286
4.7.3 Fumonisinas	286
4.7.4 Zearalenona	286
4.7.5 Tricotecenos	286
4.8 Patógenos de origem alimentar emergentes e incomuns	287
4.8.1 Príons	289
4.8.2 <i>Cronobacter</i> spp.	290
4.8.3 <i>Mycobacterium paratuberculosis</i> e leite pasteurizado, um patógeno emergente?	292
4.8.4 O gênero <i>Arcobacter</i>	293
4.8.5 Nanobactéria	294
5 Métodos de detecção e caracterização	295
5.1 Introdução	295
5.2 Métodos convencionais	302
5.2.1 Meios de cultura	303
5.2.2 Células subletalmente danificadas	305
5.2.3 Bactérias viáveis, mas não cultiváveis (VNC)	307
5.3 Métodos rápidos	308
5.3.1 Preparo da amostra	308
5.3.2 Separação e concentração do organismo-alvo	308
5.4 Métodos rápidos de detecção final	311
5.4.1 ELISA e sistemas de detecção baseados em anticorpos	312
5.4.2 Aglutinação em látex reversa passiva (RPLA)	314
5.4.3 Microbiologia de impedância (condutância)	314
5.4.4 Técnicas de bioluminescência de ATP e monitoramento da higiene	315
5.4.5 Detecção de proteína	317
5.4.6 Citometria de fluxo	317
5.4.7 Sondas de ácidos nucleicos e a reação em cadeia da polimerase (PCR)	318
5.4.8 Microarrays	321
5.4.9 Biosensores	323

5.5	Métodos para tipificação molecular	324
5.5.1	Eletroforese em gel de campo pulsado (PFGE)	325
5.5.2	Polimorfismo do comprimento dos fragmentos de restrição (RFLP)	326
5.5.3	Análise de múltiplos <i>loci</i> do número variável de repetições tandem (MLVA)	326
5.5.4	Tipificação de sequência em múltiplos <i>loci</i> (MLST)	326
5.6	Procedimentos específicos de detecção	327
5.6.1	Contagem aerobia em placa	328
5.6.2	<i>Salmonella</i> spp.	328
5.6.3	<i>Campylobacter</i>	330
5.6.4	<i>Enterobacteriaceae</i> e <i>E. coli</i>	332
5.6.5	<i>E.coli</i> patogênica, incluindo <i>E. coli</i> O157:H7	333
5.6.6	<i>Shigella</i> spp.	334
5.6.7	<i>Cronobacter</i> spp.	336
5.6.8	<i>L. monocytogenes</i>	338
5.6.9	<i>St. aureus</i>	341
5.6.10	<i>Clostridium perfringens</i>	341
5.6.11	<i>Bacillus cereus</i> , <i>B. subtilis</i> e <i>B. licheniformis</i>	343
5.6.12	Micotoxinas	344
5.6.13	Vírus	345
5.7	Esquemas de acreditação	345
6	Critérios microbiológicos	347
6.1	Embasamento dos critérios microbiológicos e teste do produto final	347
6.2	International Commission on Microbiological Specifications for Foods – ICMSF (Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos)	347
6.3	Princípios do <i>Codex Alimentarius</i> para o estabelecimento e a aplicação dos critérios microbiológicos	349
6.4	Planos de amostragem	351
6.5	Planos variáveis	353
6.6	Plano de amostragem por atributos	357
6.6.1	Plano de duas classes	357
6.6.2	Plano de três classes	357
6.7	Princípios	358
6.7.1	Definindo um “lote” de alimento	358
6.7.2	Número de unidades amostrais	358
6.7.3	Curva de características operacionais	359
6.7.4	Risco do produtor e risco do consumidor	363

6.7.5 Rrigidez dos planos de duas e três classes, determinando n e c	363
6.7.6 Determinando os valores para m e M	365
6.8 Limites microbiológicos	366
6.8.1 Definições	366
6.8.2 Limitações dos testes microbiológicos	366
6.9 Exemplos de planos de amostragem	367
6.9.1 Produtos com ovos	367
6.9.2 Leite e produtos lácteos	367
6.9.3 Carnes processadas	368
6.9.4 Cereais e produtos derivados	368
6.9.5 Produtos cozidos resfriados e cozidos congelados	368
6.9.6 Frutos do mar	369
6.10 Critérios microbiológicos implementados	370
6.10.1 Critérios microbiológicos na União Europeia	370
6.10.2 Diretrizes da União Europeia (UE) especificando os padrões microbiológicos para alimentos	370
6.11 Diretrizes do Reino Unido (UK) para alimentos prontos para o consumo	372
7 Práticas de produção higiênica	375
7.1 Contribuição dos manipuladores de alimentos para as doenças transmitidas por alimentos	375
7.2 Higiene pessoal e treinamentos	376
7.3 Limpeza	379
7.4 Detergentes e desinfetantes	382
7.5 Biofilmes microbianos	383
7.6 Avaliação da eficiência da limpeza e desinfecção	388
8 Ferramentas de gestão da segurança de alimentos	390
8.1 A produção higiênica de alimentos	390
8.2 Segurança microbiológica dos alimentos no comércio internacional	398
8.3 O efeito da pressão dos consumidores no processamento de alimentos	399
8.4 A gestão dos perigos nos alimentos que são internacionalmente comercializados	400
8.5 APPCC	400
8.6 Programas de pré-requisitos	402
8.7 Resumo do APPCC	403
8.7.1 Perigos em alimentos	404
8.7.2 Preparação para o APPCC	404

8.7.3 Princípio 1: análise de perigos	405
8.7.4 Princípio 2: pontos críticos de controle	407
8.7.5 Princípio 3: limites críticos	407
8.7.6 Princípio 4: monitoração	407
8.7.7 Princípio 5: ações corretivas	409
8.7.8 Princípio 6: verificação	409
8.7.9 Princípio 7: manutenção dos registros	410
8.8 Critérios microbiológicos e APPCC	410
8.9 Perigos microbiológicos e seus controles	412
8.9.1 Fontes de perigos microbiológicos	412
8.9.2 Controle de temperatura dos perigos microbiológicos	413
8.9.3 Controle de perigos microbiológicos sem uso da temperatura	415
8.10 Planos APPCC	415
8.10.1 Produção de leite pasteurizado	415
8.10.2 Abate de suínos	416
8.10.3 Produção de alimentos resfriados	417
8.10.4 Modelos genéricos	422
8.11 Boas práticas de fabricação (BPF) e boas práticas de higiene (BPH)	422
8.12 Sistemas de qualidade	422
8.13 Gerenciamento da qualidade total	431
9 Avaliação do risco microbiológico	433
9.1 Análise de riscos e avaliação do risco microbiológico	433
9.2 Origem da avaliação do risco microbiológico	434
9.3 Avaliação de risco microbiológico – uma perspectiva	438
9.4 Avaliação de risco microbiológico – estrutura	441
9.4.1 Avaliação de risco	444
9.4.2 Gerenciamento de risco	444
9.4.3 Comunicação de risco	445
9.5 Avaliação de risco	446
9.5.1 Estabelecimento do propósito	447
9.5.2 Identificação de perigos	447
9.5.3 Avaliação da exposição	448
9.5.4 Caracterização do perigo	452
9.5.5 Avaliação da dose-resposta	456
9.5.6 Modelos de dose-resposta	457
9.5.7 Dose e infecção	462
9.5.8 Caracterização do risco	467
9.5.9 Produção de um relatório formal	469
9.5.10 Distribuição triangular e simulação de Monte Carlo	469

9.6	Gerenciamento de risco	470
9.6.1	Política de avaliação de risco	474
9.6.2	Perfil de risco	475
9.7	Objetivos da segurança dos alimentos	475
9.8	Comunicação de risco	477
9.9	Desenvolvimentos futuros em avaliação microbiológica de risco	479
9.9.1	Metodologia internacional e orientações	479
9.9.2	Dados	480
9.9.3	Cursos de treinamento e uso de recursos	481
10	Aplicação da avaliação de risco microbiológico	482
10.1	Avaliações de risco de <i>Salmonella</i>	482
10.1.1	<i>S. Enteritidis</i> em cascas e produtos de ovos	482
10.1.2	Identificação e caracterização do perigo: <i>Salmonella</i> em frangos e ovos	486
10.1.3	Avaliação de exposição de <i>Salmonella</i> spp. em frangos	488
10.1.4	<i>Salmonella</i> spp. em frango cozido	490
10.1.5	<i>Salmonella</i> spp. em pedaços de carne cozidos (tipo <i>nuggets</i>)	492
10.1.6	Modelos preditivos em frango (FARM)	493
10.1.7	Salmoneloses humanas domésticas e esporádicas	493
10.2	Avaliações de risco de <i>Campylobacter</i>	494
10.2.1	Risco de <i>C. jejuni</i> a partir de frango fresco	494
10.2.2	Perfil de risco para espécies patogênicas de <i>Campylobacter</i> na Dinamarca	496
10.2.3	Avaliação de risco de <i>C. jejuni</i> em frangos de corte	498
10.2.4	<i>Campylobacter</i> resistentes a fluoroquinolonas	498
10.3	Avaliação de risco de <i>L. monocytogenes</i>	503
10.3.1	Identificação do perigo de <i>L. monocytogenes</i> e caracterização do risco em alimentos prontos para o consumo	503
10.3.2	Avaliação da exposição de <i>L. monocytogenes</i> em alimentos prontos para o consumo	504
10.3.3	Risco relativo de <i>L. monocytogenes</i> em alimentos selecionados prontos para o consumo	507
10.3.4	<i>L. monocytogenes</i> no comércio dos Estados Unidos	508
10.3.5	<i>L. monocytogenes</i> em almôndegas	509
10.3.6	Listerioses a partir de produtos cárneos prontos para o consumo	510
10.4	Avaliação de risco de <i>E. coli</i> O157	512
10.4.1	<i>E. coli</i> O157:H7 em carne moída	512

- 10.5 Avaliação de risco de *Bacillus cereus*
 - 10.5.1 Avaliação de risco de *Bacillus cereus*
 - 10.6 Avaliação de risco de *Vibrio parahaemolyticus*
 - 10.6.1 Impacto na saúde pública do *V. parahaemolyticus* em moluscos bivalves crus
 - 10.7 *Cronobacter* spp. (*Enterobacter sakazakii*) e *Salmonella* em fórmulas infantis em pó
 - 10.8 Avaliações de risco virais
 - 10.8.1 Contaminação viral de moluscos e águas costeiras
- 11 Controle internacional dos perigos microbiológicos em alimentos: regulamentos e autoridades**
- 11.1 Organização Mundial da Saúde, segurança global de alimentos de contaminação accidental e intencional
 - 11.2 *Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group – FERG* (Grupo de Referência em Epidemiologia de Doenças de Origem Alimentar)
 - 11.3 Regulamentação do comércio internacional de alimentos
 - 11.4 A Comissão do *Codex Alimentarius*
 - 11.5 Medidas sanitárias e fitossanitárias (SFS), barreiras técnicas ao comércio (TBT) e Organização Mundial da Saúde (OMS)
 - 11.6 Legislação da União Europeia
 - 11.6.1 *Food Hygiene Directive 93/43/EEC* (Diretivas de Higiene de Alimentos)
 - 11.7 Agências de segurança dos alimentos
 - 11.7.1 Autoridades em alimentos nos Estados Unidos

Lista de Abreviaturas

Referências

Glossário

Índice