Alimentos fermentados:
microbiología, nutrición, salud y cultura

Editores:
Alejandro Ferrari
Gabriel Vinderola
Ricardo Weill

ASOCIACIÓN CIVIL DANONE PARA LA NUTRICIÓN, LA SALUD Y LA CALIDAD DE VIDA
MIEMBRO DE LA RED:
INSTITUTO DANONE
INTERNACIONAL
REGIÓN CONO SUR
CONO SUR

Alimentos fermentados

MICROBIOLOGÍA, NUTRICIÓN, SALUD Y CULTURA

Tapa y contratapa: Victoria Weill

Diseño de interiores: Blaunt

Edición general: Alejandro Ferrari

Ferrari, Alejandro
Alimentos fermentados : microbiología, nutrición, salud y cultura / Alejandro Ferrari ; Gabriel Vinderola ; Ricardo Weill. - 1a ed . - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Instituto Danone del Cono Sur, 2020.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga
ISBN 978-987-25312-2-5

1. Microorganismo. 2. Salud. 3. Alimentación. I. Vinderola, Gabriel. II. Weill, Ricardo. III. Título.
CDD 664.001579

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

1ª edición, Asociación Civil Danone para la Nutrición, la Salud y la Calidad de Vida, 2020.

© de todas las ediciones
Asociación Civil Danone para la Nutrición,
la Salud y la Calidad de Vida
Moreno 877 - Piso 13 - C.A.B.A.
secretaria@institutodanoneconosur.org

Queda hecho el depósito que previene la Ley 11.723
Impreso en Argentina – Printed in Argentina

Alimentos fermentados

microbiología, nutrición, salud y cultura

Danone Cono Sur // 2020

Editores:
Alejandro Ferrari
Gabriel Vinderola
Ricardo Weill

ASOCIACIÓN CIVIL DANONE PARA LA NUTRICIÓN, LA SALUD Y LA CALIDAD DE VIDA
MIEMBRO DE LA RED:
INSTITUTO DANONE
INTERNACIONAL
REGIÓN CONO SUR
CONO SUR

Índice

Prólogo 17

• Capítulo 1

La fermentación: una mirada antropológica 19

I. Introducción 21

II. Principales hitos históricos 22

II.A. Los grandes simios: el agrado por el etanol 24

II.B. Los hombres prehistóricos y las bebidas alcohólicas fermentadas: cerveza y ritual 25

III. Bebidas y alimentos fermentados en Mesoamérica y América del Sur: diversidad de productos 26

III.A. El pulque y el pozol: nutrición con y sin alcohol 27

III.B. El cacao y el chocolate: sabor, energía y ritual 28

III.C. La leche y los productos lácteos fermentados: sin presencia en la América del Sur prehispánica 29

IV. Bebidas y alimentos fermentados en el Cercano Oriente 30

IV.A. La cerveza y el pan, básicos y sagrados 30

IV.B. El vino; lo permitido y lo prohibido 31

IV.C. Las bebidas fermentadas lácteas. Preservación y beneficios para la salud 32

V. Pescados fermentados en el Ártico y Escandinavia; quesos de cabra en América del Sur. Importancia de lo social 34

VI. Algunas invariantes 35

VII. La revolución industrial: pérdidas y ganancias. Louis Pasteur. 36

VIII. Los últimos 100 años 38

IX. Conclusiones 39

X. Declaración de posibles conflictos de interés 39

XI. Bibliografía citada 40

• **Capítulo 2**

Variedad de alimentos fermentados en Japón y otros países del este asiático, y los microorganismos involucrados en su fermentación 43

I. Introducción 45

II. Bebidas alcohólicas 45

II.A. Sake 45

II.B. Shochu 48

II.C. Awamori 49

II.D. Bebidas alcohólicas de China y Corea del Sur 49

III. Condimientos fermentados 50

III.A. Miso (pasta de porotos de soja) 50

III.B. Shoyu (salsa de soja) 50

III.C. Kurozu (kurosu) 51

III.D. Condimentos fermentados en China y Corea del Sur 52

IV. Vegetales fermentados 52

IV.A. Vegetales fermentados únicos de Japón 52

IV.B. Vegetales fermentados de China y Corea del Sur 54

V. Otros 54

VI. Conclusiones 56

VII. Declaración de posibles conflictos de interés 56

VIII. Bibliografía citada 56

• Capítulo 3

Introducción a la microbiota intestinal: su rol en la salud y la enfermedad 61

I. Introducción 63

II. La microbiota intestinal, un órgano único 63

III. Composición y distribución 65

IV. Conformación y evolución de la microbiota intestinal 68

V. Funciones de la microbiota intestinal 74

V.A. Funciones inmunológicas 74

V.B. Funciones estructurales 76

V.C. Funciones nutricionales 78

V.D. Funciones metabólicas. 79

VI. La microbiota intestinal en la salud y en la enfermedad 81

VII. Enfermedad y microbiota intestinal 82

VII.A. Intrusos microbianos en el tracto gastro-intestinal (TGI) 82

VII.B. Alteraciones del TGI 83

VIII. ¿Cómo lograr una MBT sana? 88

IX. Conclusiones 89

X. Declaración de posibles conflictos de interés 89

XI. Bibliografía citada 89

• Capítulo 4

Consumo de leches fermentadas probióticas y su impacto sobre el sistema inmune 97

I. Introducción 99

II. Organización del sistema inmune de mucosa intestinal 99

II.A. Inducción de la respuesta inmune en el intestino 101

III. Probióticos y salud 102

III.A. Probióticos en la modulación del sistema inmune intestinal 103

III.B. Probióticos y sus efectos sobre células del timo 107

IV. Declaración de posibles conflictos de interés 108

V. Bibliografía citada 108

• **Capítulo 5**

Leches fermentadas, yogures y probióticos 117

I. Una introducción a la transformación de la leche en yogur 119

II. ¿Cómo empezó el hombre a consumir leches fermentadas y yogures? 119

III. El recorrido del yogur desde la antigüedad hasta nuestros días 120

IV. Probióticos: de Argentina al mundo 121

V. Leches fermentadas y yogures con probióticos 122

VI. Recuento de células viables de probióticos en yogures 124

VII. El yogur y su potencial relevancia en las guías alimentarias. 125

VIII. Concepciones popularizadas entorno al yogur: antibióticos, cadena de frío y riesgo de Síndrome Urémico Hemolítico 127

IX. Conclusiones 130

X. Declaración de posibles conflictos de interés 130

XI. bibliografía citada 131

• **Capítulo 6**

El kefir y los alimentos fermentados artesanales 135

I. Introducción 137

II. El kefir 137

III. Efectos beneficiosos sobre la salud atribuidos al kefir 142

IV. Kefir de agua 145

V. Kombucha 149

VI. Conclusiones 152

VII. Declaración de posibles conflictos de interés 153

VIII. Bibliografía citada 153

• **Capítulo 7**

Embutidos fermentados cárnicos: contribución de bacterias lácticas en la calidad global 165

I. Introducción 167

II. Embutidos fermentados y curados 168

III. Función de los aditivos en la elaboración de embutidos fermentados 169

IV. Tipos de embutidos fermentados 169

V. Maduración de embutidos fermentados; importancia de la proteólisis cárnica 170

VI. Microbiota de los embutidos fermentado-curados 171

VI.A. Bacterias lácticas en embutidos fermentados espontáneamente 172

VI.B. Cocos Gram positivos, catalasa positivos, en embutidos fermentados espontáneamente 173

VII. Cultivos iniciadores para productos cárnicos 174

VII.A. Propiedades de los cultivos iniciadores 174

VII.B. Cultivos iniciadores autóctonos 175

VII.B.1. *Lactobacillus curvatus* CRL705, una cepa autóctona argentina 176

VIII. Carnes fermentadas en América Latina 177

IX. Situación del sector productor de embutidos en Argentina 177

X. Tendencias de consumo de embutidos fermentados 178

XI. Parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos como descriptores de calidad en embutidos fermentados argentinos 179

XII. Evolución de la proteólisis durante la fermentación y maduración de embutidos fermentados argentinos 181

XIII. Contribución de un cultivo iniciador autóctono a la proteólisis cárnica, estudios *in vitro* 182

XIV. Rol del cultivo iniciador autóctono en la calidad de embutidos fermentados elaborados en planta piloto 186
XV. Conclusiones 187
XVI. Declaración de posibles conflictos de interés 188
XVII. Bibliografía citada 188

• **Capítulo 8**

Fermentación láctica de cereales y granos ancestrales andinos 195

I. Introducción 197
II. Cereales 198
III. Pseudocereales 200
IV. Fermentación 201
IV.A. Fermentación de cereales y pseudocereales 202
IV.A.1. Masa madre 202
V. Alimentos fermentados derivados de cereales 209
V.A. Panificados 209
V.B. Pastas 210
V.C. Alimentos y bebidas africanos tradicionales derivados de cereales fermentados 212
V.D. Alimentos y bebidas latinoamericanos tradicionales derivados de cereales fermentados 216
VI. Conclusiones 218
VII. Declaración de posibles conflictos de interés 218
VIII. Bibliografía citada 218

• **Capítulo 9**

Hortalizas y legumbres fermentadas 231

I. Introducción 233
II. El laberinto metabólico de la fermentación de vegetales 234

III. El arte o la ciencia de fermentar vegetales 239
III.A. Fermentación espontánea 240
III.B. Fermentación controlada 242
IV. Modalidades de fermentación de los vegetales 245
IV.A. Fermentación sumergida (FSm)/ Fermentación Líquida (FL) 245
IV.A.1. Salado en seco 246
IV.A.2. Salado en salmuera 246
IV.A.3. Vegetales fermentados no salados 247
IV.B. Fermentación en Sustrato Sólido (FSS) 247
V. Las estrellas del mercado: vegetales fermentados tradicionales y emergentes 249
V.A. Pepinos chicos o pepinillos 250
V.B. Chucrut 250
V.C. Aceitunas 251
V.D. Salsa de soja 252
V.E. Kimchi 253
V.F. Silos para consumo animal 254
V.G. Legumbres fermentadas 256
V.H. Vegetales fermentados de América Latina 258
VI. Conclusión 258
VII. Declaración de posibles conflictos de interés 259
VIII. Bibliografía citada 259

• **Capítulo 10**

Fermentación de jugos y bebidas a base de frutas 273

I. Las frutas como alimento y sus efectos benéficos para la salud 275
II. Desafíos a superar para incrementar el consumo de frutas 278
III. Fermentación láctica de frutas como alternativa de preservación y de valor agregado 279

IV. Compuestos fenólicos en frutas 281

IV.A. Metabolismo de los CF por BAL 282

IV.B. Metabolismo de ácidos fenólicos: una ventaja energética 284

V. Formación de compuestos de aroma en jugos de frutas fermentadas 285

VI. Bacterias probióticas en jugos de fruta 287

VII. Alimentos fermentados artesanales y comerciales a base de frutas 290

VII.A. Vino: la bebida alcohólica fermentada a base de jugo de uva mundialmente aceptada 292

VII.A.1. Producción de vino en Argentina 292

VII.A.2. Composición del mosto de uva y vino 293

VII.A.3. Tipos de fermentaciones que ocurren durante la vinificación 294

VII.A.4. Importancia de las BAL en la producción del vino 294

VII.A.5. Estrategias de inoculación: fermentación secuencial vs. simultánea 295

VIII. Conclusiones y perspectivas 295

IX. Declaración de posibles conflictos de interés 296

X. Bibliografía 296

• **Capítulo 11**

Levaduras en cerveza y panificados, aportes desde la Patagonia Argentina 307

I. Breve historia de la cerveza y el pan 309

I.A. Producción de cerveza 309

I.B. Producción de pan 312

II. Levaduras asociadas a pan y cerveza 313

II.A. Levaduras de la cerveza 313

II.A.1. Levaduras *ale* *313*

II.A.2 Levaduras *lager* *314*

II.B. Levaduras del pan 315

III. El caso del híbrido *lager* y sus orígenes patagónicos 316

IV. Alimentos fermentados con *S. eubayanus*: el desafío de la vinculación público-privada 317

V. Declaración de posibles conflictos de interés 319

VI. Bibliografía citada 320

• **Capítulo 12**

El Papel de los Alimentos Fermentados en la Alimentación 323

I. Introducción 325

II. La fermentación de los alimentos: cultura, gastronomía y ciencia 326

III. Beneficios nutricionales de los alimentos fermentados 328

III.A. Leches fermentadas y productos lácteos fermentados 330

III.B. Cereales fermentados 331

III.C. Legumbres fermentadas 332

IV. Alimentos fermentados más allá de sus beneficios nutricionales 333

V. Conclusiones y recomendaciones 334

VI. Agradecimientos 335

VII. Declaración de posibles conflictos de interés 335

VIII. Bibliografía citada 335

• **Capítulo 13**

Rol del ácido láctico en los efectos benéficos de los alimentos fermentados 341

I. Introducción 343

II. Rol del lactato sobre células inmunes 345

III. Efecto del lactato sobre la biología epitelial 347

IV. Mecanismos de acción del lactato 349

IV.A. Modificación del metabolismo celular 349

IV.B. El lactato como molécula de señalización: rol del GPR81 351
IV.C. El lactato como modificador de la expresión génica y su participación en procesos de reparación del ADN 352
V. Conclusiones 354
VI. Declaración de posibles conflictos de interés 354
VII. Bibliografia 354

• **Capítulo 14**

Seguridad microbiológica de los alimentos fermentados 359

I. Introducción y conceptos generales 361
II. Seguridad microbiológica de los alimentos fermentados 365
III. Sugerencias para elaborar alimentos fermentados seguros 367
III.A. Utilizar agua y materias primas seguras 367
III.B. Mantener la limpieza 368
III.B.1. Lavar y desinfectar las materias primas que se utilizarán 369
III.B.2. Trabajar sobre superficies limpias 370
III.B.3. Proteger los alimentos y las áreas de elaboración de las plagas, mascotas y otros animales 370
III.C. Separar alimentos crudos y cocidos 371
III.D. Tratar térmicamente los alimentos que así lo requieran 371
III.E. Mantener los alimentos a temperaturas seguras 372
III.F. Utilizar materiales de grado alimenticio 372
III.G. Utilizar cultivos iniciadores adecuados 373
III.H. Adicionar una concentración salina adecuada 374
III.I. Controlar tiempos, temperaturas y condiciones de fermentación 374
III.J. Rotular los alimentos fermentados elaborados 375
IV. Declaración de posibles conflictos de interés 377
V. Bibliografía citada 377

• Capítulo 15

Alimentos fermentados y enfermedades crónicas no transmisibles: una revisión narrativa de la literatura 381

I. Introducción 383

II. Alimentos fermentados en el manejo y enfermedades inmunológicas 385

III. Alimentos fermentados, síndrome metabólico y diabetes mellitus tipo 2 385

IV. Alimentos fermentados e hipertensión arterial 386

V. Alimentos fermentados y exceso de peso 387

VI. Aproximación al impacto económico potencial de la promoción del consumo de ciertos alimentos fermentados sobre los sistemas de salud públicos y privados 388

VII. Declaración de posibles conflictos de interés 389

VIII. Bibliografía citada 389

• Capítulo 16

La Fermentación y la Gastronomía
Un cocinero entre los científicos, un científico entre los cocineros 395

I. Martín Russo por Martín Russo 397

I.A. El camino a la cocina 397

I.B. Orden y disciplina: Mugaritz 399

I.C. La Partida de Fermentos 401

II. Los alimentos fermentados, aquí y ahora 401

II.A. ¿Qué implica fermentar alimentos? 401

II.B. ¿Qué alimentos fermentados se consumen en la Argentina, y en la región? 402

II.C. En busca de la vanguardia de la fermentación 404

II.D. La estandarización como meta 406

III. Las fronteras: investigación y futuro de la fermentación gastronómica 407

IV. Declaración de posibles conflictos de interés 407

V. Bibliografía citada 408

14

Seguridad microbiológica de los alimentos fermentados

Patricia A. Barril
patricia.barril@conicet.gov.ar

- *Investigador Adjunto del CONICET, Laboratorio de Microbiología de los Alimentos, Centro de Investigación y Asistencia Técnica a la Industria (CIATI), Neuquén, Argentina.*
- *Jefe de Trabajos Prácticos, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional del Comahue, Cipolletti, Río Negro, Argentina.*

Juan Martín Oteiza
juano@ciati.com.ar

- *Investigador Adjunto del CONICET, Laboratorio de Microbiología de los Alimentos, Centro de Investigación y Asistencia Técnica a la Industria (CIATI), Neuquén, Argentina.*

Resumen

La fermentación es un proceso a través del cual un producto se transforma y cambia sus propiedades debido a la acción de microorganismos, presentes de forma natural o añadidos de forma intencional. El crecimiento y desarrollo de los microorganismos fermentativos en los alimentos genera, entre otras cosas, ácidos orgánicos y enzimas capaces de inhibir el crecimiento de microorganismos deteriorantes y patógenos, resultando en una mejora en la seguridad alimentaria, entre otros beneficios de la fermentación.

Sin embargo, el potencial de la fermentación para controlar los efectos negativos de la posible contaminación alimentaria depende de múltiples factores, tales como el nivel inicial de contaminación de la materia prima, la higiene durante el proceso de elaboración, la acidificación, la actividad acuosa del alimento, la concentración de sal, la temperatura y el tiempo del proceso fermentativo, y el agregado de cultivos iniciadores, entre otros. Por lo tanto, los alimentos incorrectamente fermentados no están exentos de riesgos y pueden ser vehículos de microorganismos patógenos y/o de deterioro. En este sentido, si bien preparar alimentos fermentados tanto a nivel industrial como en pequeña escala (hogar) presenta

grandes beneficios, es recomendable contar tanto con el conocimiento como con la infraestructura adecuada para realizarlo de manera segura.

Para evitar la contaminación de los alimentos durante su preparación y almacenamiento, y así elaborar alimentos fermentados que sean inocuos, es recomendable considerar los siguientes aspectos:

1. Disponer de agua potable y materias primas seguras y de calidad. Seleccionar proveedores confiables.

2. Mantener la limpieza de las manos, materias primas y superficies donde se trabajará.

3. Separar los alimentos crudos y cocidos a los fines de evitar contaminación cruzada.

4. Pasteurizar los alimentos que así lo requieran.

5. Mantener los alimentos a temperaturas seguras.

6. Utilizar materiales de grado alimenticio para evitar posibles contaminaciones, transferencias, o migraciones de compuestos desde el envase al alimento.

7. Trabajar con cultivos iniciadores adecuados a los fines de evitar fermentaciones no controladas las cuales pueden resultar en productos fermentados potencialmente peligrosos para la salud.

8. Cuando el tipo de alimento lo permita, adicionar concentraciones adecuadas de sal ya que, dependiendo de las circunstancias, una disminución en la actividad acuosa reducirá el potencial de crecimiento microbiano.

9. Controlar tiempos, temperaturas y condiciones de fermentación.

10. En caso de productos destinados a la venta, incluir en el rótulo toda la información requerida en la legislación vigente.

En resumen, la utilización de aguas y materias primas seguras, el monitoreo del pH, temperatura, actividad acuosa y tiempos de fermentación, así como la implementación de buenas prácticas de fermentación (incluyendo el posible tratamiento térmico) y contar con las habilitaciones correspondientes (cuando sea necesario) resultan en las claves para la elaboración de alimentos fermentados seguros tanto a nivel industrial como en el hogar.

I. Introducción y conceptos generales

Desde hace miles de años, el hombre se ha encontrado con el problema de cómo conservar los alimentos durante períodos prolongados. Con el correr del tiempo, el masivo crecimiento de la población mundial y su desplazamiento desde el campo a las ciudades ha hecho que la necesidad de preservar los alimentos sea cada vez mayor.

Por muchos motivos, la industria alimentaria de hoy en día no puede basarse en técnicas artesanales para elaborar y conservar alimentos destinados a la venta. Es por ello que, para que sean estables, puedan almacenarse y transportarse con facilidad, tengan sabor agradable, mantengan las propiedades nutricionales y conserven las características de los productos frescos originales, recurre a métodos confiables y seguros de conservación, siendo la fermentación uno de ellos (la cual también es aplicada mundialmente a nivel doméstico y/o artesanal hace cientos de años).

Para avanzar con el desarrollo del presente capítulo, resulta apropiado definir los siguientes conceptos, que facilitarán la comprensión de las ideas que aquí se exponen:

- Microorganismos patógenos: aquellos que son capaces de provocar enfermedades infecciosas en el organismo en el cual se encuentran. Según la *Gut Microbiota for Health* [1], este término se emplea normalmente para describir agentes biológicos infecciosos como virus, bacterias y mohos, entre otros, que pueden interrumpir la fisiología normal de plantas, animales o humanos. Cabe destacar que el crecimiento de estos microorganismos puede no modificar las características organolépticas del alimento ingerido, con lo cual resulta casi imposible inferir su presencia en un producto. Algunos ejemplos de microorganismos patógenos son: *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* patogénicas, *Salmonella enteritidis*, y *Clostridium botulinum*, entre otros.

- Microorganismos de deterioro: aquellos que, como consecuencia de su desarrollo, producen una alteración negativa en un alimento que afecta sus características organolépticas, su valor nutricional, y/o su estado higiénico convirtiendo al producto en inadecuado para su consumo. Resulta importante diferenciar el "deterioro y/o putrefacción" de la "fermentación", ya que, si bien en ambos ocurre un desarrollo microbiano, la putrefacción tiene como resultado cambios indeseables (hidrólisis de hidratos de carbono, lipólisis y oxidación de lípidos, desnaturalización de proteínas, deterioro de pigmentos y vitaminas, producción de compuestos no deseables, entre otros) a diferencia de lo que ocurre en la fermentación.

- Fermentos, cultivos iniciadores o "*starters*": preparaciones microbianas de cepas seleccionadas que se adicionan intencionalmente a una matriz alimentaria para poner en marcha el proceso de fermentación. Desde el

punto de vista de la composición, se pueden clasificar en los siguientes dos grupos.

- Cultivos iniciadores de composición conocida: los cuales pueden estar compuestos tanto por un cultivo único, el cual está constituido por una única cepa, como por un cultivo múltiple, formado por una mezcla definida de cultivos puros (cepas de diferentes especies o diferentes cepas de una misma especie). Como ejemplo se menciona los cultivos iniciadores utilizados para la elaboración de yogurt.

- Cultivos iniciadores de composición desconocida o parcialmente conocida: los cuales están constituidos por una mezcla indefinida de distintos tipos de microorganismos (bacterias y levaduras). Como ejemplo se menciona a los gránulos de kefir o el SCOBY empleado para la elaboración de kombucha. Dentro de las funciones de los cultivos iniciadores se mencionan: asegurar la calidad microbiológica del producto, evitando el desarrollo de microorganismos patógenos y de deterioro; favorecer el desarrollo de color y la estabilización del producto; contribuir con la formación de aromas y sabores; mejorar la consistencia del producto; y generar productos estandarizados con características organolépticas semejantes entre lotes, entre otras.

- **Peligro:** agente biológico, físico, químico o propiedad de un alimento que puede tener efectos adversos sobre la salud. El peligro biológico representa el mayor riesgo a la inocuidad de los alimentos. Entre estos, se incluyen organismos como bacterias, virus y parásitos. La identificación de los peligros y la asociación con determinados productos alimentarios, se lleva a cabo gracias al conocimiento científico, a las legislaciones, y/o a las experiencias de la industria alimentaria y de los consumidores.

- **Riesgo**: probabilidad de ocurrencia de un efecto adverso como consecuencia de la presencia de un peligro.

- **Percepción de riesgo**: juicio subjetivo que las personas hacen sobre las características y la gravedad de un riesgo. Aparece cuando existe más de un resultado posible como consecuencia de una acción y uno o más de estos resultados es considerado desfavorable, peligroso o indeseable por algún motivo. La percepción de riesgo determina cómo las personas reaccionan ante un peligro [2]. Estudios realizados por Aparici y colaboradores [3] ponen de manifiesto que los procesos sociales de construcción del riesgo alimentario resultan ser multifactoriales, diversos y que conjugan elementos a menudo paradójicos y que contradicen los conocimientos aportados por la ciencia.

- **Inocuidad**: según la Food and Agriculture Organization (FAO), es la ausencia, o niveles seguros y aceptables, de peligros en los alimentos que pueden dañar la salud de los consumidores [4]. La inocuidad es la seguridad de que el alimento no causará un efecto adverso en la salud del consumidor durante su elaboración y/o consumo.

Otra de las definiciones necesarias para continuar con el desarrollo del capítulo, es aquella que establece que la fermentación es un proceso a través del cual un producto se transforma y cambia sus propiedades organolépticas debido a la acción de ácidos orgánicos y/o enzimas segregadas por microorganismos en un ambiente, generalmente anaeróbico. La misma ocurre cuando ciertas bacterias, mohos, y/o levaduras, presentes de forma natural, o añadidas en forma intencional, encuentran un entorno propicio para proliferar gracias a los azúcares de los alimentos, generando productos que colaboran tanto con la estabilización y transformación como con la inocuidad de los alimentos, al inhibir el crecimiento de la mayoría de las bacterias patógenas y la formación de toxinas bacterianas. Asimismo, la OMS atribuye a los alimentos fermentados ciertos beneficios biológicos, químicos y nutricionales [5].

Por otra parte, para la FAO, la fermentación es una técnica de conservación de alimentos segura, económica, fácil y adecuada donde otros métodos son inaccesibles o no existen, como las conservas y la congelación. Dependiendo del tipo de fermentación que tenga lugar en un alimento (alcohólica, láctica, acética, maloláctica, propiónica y/o butírica, entre otras), son los subproductos y productos finales que se generan. Por citar un ejemplo, mediante la fermentación alcohólica del trigo se obtiene como producto final el pan, así como etanol y dióxido de carbono como subproductos, mientras que durante la fermentación láctica de la leche se obtiene como producto final el yogur y el ácido láctico como subproducto.

Como se ha visto a lo largo de los diferentes capítulos del presente libro, tanto cereales como productos cárnicos, lácteos, frutas, vegetales, y bebidas entre otros, son susceptibles de ser fermentados a pequeña o gran escala.

En términos históricos, el desarrollo de las técnicas de fermentación se inició mediante ensayos de prueba y error, mucho antes de que se conociera el papel de los microorganismos. Debido a los diferentes hábitos particulares de cada región, las prácticas de preparación de alimentos fermentados como así también el tipo y la calidad de las materias primas empleadas, entre otros parámetros, suelen ser diferentes. En el proceso de fermentación se encuentran involucradas numerosas variables, incluidos los microorganismos, los ingredientes nutricionales y las condiciones ambientales. Estas variables, y la combinación de ellas, dan lugar a numerosas variantes de alimentos fermentados, tales como la leche fermentada, el yogur, la cerveza, la kombucha, el kefir, el chucrut, el kimchi y los embutidos fermentados, entre otros.

Desde el punto de vista de los cultivos iniciadores existen varios métodos a través de los cuales se fermentan los alimentos. Por un lado, la fermentación natural (o no controlada desde el punto de vista microbiológico), la cual es llevada a cabo por los

microorganismos que están presentes de manera constitutiva, tanto en los alimentos que se van a fermentar como en el entorno de procesamiento. El chucrut, el kimchi y ciertos productos de soja fermentados, generalmente son elaborados de esta manera. Este tipo de fermentaciones tiene, entre otras, la limitación de no poder lograr obtener lotes estandarizados de producción. Otra limitación en este tipo de fermentación de alimentos suele ser el tiempo que implica el procesamiento de los mismos. En el hogar, muchas veces, la falta de tiempo puede llevar a intentar acelerar el proceso de fermentación o a acortar los tiempos del mismo. Sin embargo, esto puede acarrear consecuencias significativas en cuanto a la seguridad y calidad nutricional de los alimentos fermentados, ya que el tiempo ahorrado al acortar los períodos de fermentación puede poner en peligro la efectividad de la acidificación por parte de las bacterias ácido lácticas, o la degradación de toxinas de plantas y factores anti-nutricionales por parte de enzimas relevantes. Por este motivo, en el contexto industrial, tanto el tiempo de fermentación como la temperatura son parámetros finamente controlados y estandarizados.

Por otro lado, la fermentación puede llevarse a cabo mediante la adición de cultivos iniciadores (fermentación controlada desde el punto de vista microbiológico), en la cual la composición microbiana del "*starter*" es conocida. Esto resulta de importancia ya que es una alternativa segura que permite disminuir los tiempos de fermentación, y posee un papel crucial tanto en la estabilización microbiológica del producto, como en la inhibición del desarrollo de microorganismos patógenos, como es el caso de los productos cárnicos curados. Este tipo de fermentaciones se emplea a nivel industrial (y en menor medida a pequeña escala) en la elaboración de productos lácteos (yogures, quesos, leches fermentadas, kefir comercial), vinagre, embutidos, pan, vino, y cerveza, entre otros.

Asimismo, existen alimentos fermentados tales como el kefir y la kombucha en los cuales la composición microbiana del cultivo iniciador se conoce parcialmente (fermentación semi controlada), pudiendo ser variable, dependiendo del tipo de cultivo y de la zona geográfica de elaboración, entre otros factores.

Si bien en la actualidad, la mayoría de las técnicas de producción de alimentos fermentados tradicionales no ha sufrido mayores cambios, a pesar de los grandes avances en la microbiología, la biología molecular y la tecnología de alimentos [6], es necesario contar tanto con sistemas de control de calidad adecuados, así como la implementación de buenas prácticas de elaboración acordes a los productos preparados. Estos aspectos deben ser considerados tanto por las industrias elaboradoras de alimentos fermentados, como también por los elaboradores que realizan fermentaciones artesanales o a pequeña escala (hogar). La educación de los manipuladores de alimentos es crucial a la hora de prevenir Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETAs), siendo la inocuidad algo que se debe trabajar tanto a nivel industrial como a pequeña escala.

II. Seguridad microbiológica de los alimentos fermentados

Como se mencionó antes, los peligros potenciales en los alimentos se pueden clasificar como físicos, químicos o biológicos. Los biológicos son los que representan el mayor riesgo para la inocuidad alimentaria. Bacterias y sus toxinas, virus y parásitos pueden estar presentes de forma natural tanto en la materia prima como en el ambiente de elaboración. Asimismo, algunos de ellos pueden generarse durante el proceso de elaboración como resultado del crecimiento microbiano no controlado (como las aminas biogénicas) [7]. En otros casos, ciertos peligros biológicos están asociados con frecuencia a manipuladores de alimentos, como por ejemplo la presencia de la bacteria *Staphylococcus aureus*.

Si bien el concepto de "manipulador de alimentos" generalmente está dirigido a aquellas personas que por cuestiones laborales tienen algún tipo de intervención en la cadena alimentaria, ya sea durante la preparación, fabricación, transformación, envasado, almacenamiento, distribución, y/o comercialización, antes de llegar al consumidor, el concepto tiene relevancia, sin lugar a dudas, también en los hogares, ya que la contaminación de un alimento puede producirse en cualquier momento de la cadena alimentaria.

La preparación y manipulación de alimentos son factores claves en el desarrollo de las ETAs. De acuerdo a estadísticas elaboradas por el Sistema de Vigilancia Epidemiológica de ETAs, aproximadamente el 40% de los brotes reportados en la Argentina tienen su origen en el hogar [8]. Este fenómeno se debe fundamentalmente a la ausencia de normas de higiene, así como al inadecuado aseo de las personas que manipulan los alimentos en el lugar de preparación. En este sentido resulta importante tomar conciencia que la correcta manipulación, fermentación y almacenamiento de los alimentos fermentados es un recurso indispensable para evitar todo tipo de enfermedades alimentarias.

Las mejoras en la seguridad alimentaria de los productos fermentados se deben, mayormente, a la actividad microbiana durante el proceso fermentativo. Una gran variedad de microorganismos (bacterias, levaduras y hongos) se requieren para elaborar la diversidad de productos fermentados que se consumen en el mundo, siendo las bacterias ácido lácticas las que se utilizan con mayor frecuencia (por ejemplo, para la producción de yogures, leches fermentadas, chucrut, olivas, embutidos y encurtidos, entre otros). En la elaboración de pan y bebidas alcohólicas se utilizan levaduras, típicamente de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, las cuales convierten la glucosa en etanol y dióxido de carbono. En ciertas fermentaciones, como en la producción de queso azul y salsas de soja, también se utilizan mohos. El crecimiento y desarrollo de los microorganismos fermentativos en los alimentos genera, entre otras cosas, ácidos orgánicos y péptidos antimicrobianos capaces de inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos y de deterioro. Esta inhibición puede actuar mediante el retraso o detenimiento del crecimiento de los microorganismos patógenos y/o alterantes, o a través de la inactivación o muerte de estos microorganismos. Ambos

procedimientos pueden resultar en una mejora en la seguridad de los alimentos.

Sin embargo, a pesar de que se conoce que la fermentación inhibe el crecimiento de bacterias patógenas y formación de toxinas bacterianas, el potencial de la fermentación para controlar los efectos nocivos de la contaminación alimentaria depende de factores tales como el nivel inicial de contaminación de la materia prima, el nivel de higiene durante el proceso, la acidificación, la actividad acuosa (a_w), la concentración salina, la temperatura y el tiempo del proceso fermentativo, y el agregado de cultivos iniciadores, entre otros [5].

Existen microorganismos patógenos que pueden ser resistentes al pH y la acidez presentes durante la fermentación, pero que pueden ser destruidos en otras etapas del proceso de elaboración de alimentos, como por ejemplo mediante la cocción, salazón o secado parcial. En este sentido, si bien la fermentación ha sido considerada históricamente como una práctica segura, por sí sola no puede eliminar todos los riesgos para la salud relacionados con los alimentos, y no debe verse como un reemplazo de las prácticas básicas de higiene alimentaria [9]. Compuestos como los plaguicidas o las micotoxinas que pudieran estar presentes en algunos alimentos, por ejemplo, seguirán estando presentes al finalizar el proceso de fermentación si no son eliminados con anterioridad. Resulta importante destacar que los alimentos fermentados no están exentos de riesgos. Cuando la fermentación es incorrecta, éstos pueden ser vehículos de bacterias patógenas tales como *L. monocytogenes, E. coli* patogénicas, *S. enteritidis, S. aureus*, y *C. botulinum*, entre otros. A nivel industrial, la implementación de sistemas integrados de gestión de calidad e inocuidad de los alimentos, así como las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), los sistemas de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC, o HACCP, por sus siglas en inglés), y los estándares de inocuidad alimentaria (por ejemplo, la implementación de la norma ISO 22.000), garantizan la obtención de productos inocuos para uso humano desde el comienzo de la cadena agroalimentaria.

Los alimentos fermentados resultan importantes para una dieta saludable, ya que tienen el potencial de mejorar la calidad y diversidad de la microbiota, están relacionados con un menor riesgo de enfermedades infecciosas y crónicas no transmisibles y pueden proporcionar nutrientes esenciales, entre otros beneficios. Se informa constantemente a los consumidores acerca de estos beneficios y de lo fácil que resulta fermentar alimentos, lo que implica un resurgir de la fermentación de productos en el hogar. Sin embargo, pocas veces se mencionan los riesgos asociados a las fermentaciones caseras.

Si bien preparar alimentos fermentados tanto a nivel industrial como en pequeña escala sin dudas puede ser una buena idea, es recomendable contar con el conocimiento adecuado para hacerlo de manera segura, un aspecto abordado históricamente por la industria de alimentos.

III. Sugerencias para elaborar alimentos fermentados seguros

En su documento titulado "Manual sobre las Cinco Claves para la Inocuidad de los Alimentos", la OMS establece recomendaciones para evitar la contaminación de los alimentos durante su preparación y almacenamiento [10]. Estas recomendaciones, aplicadas a los alimentos fermentados, son las que se enuncian a continuación.

III.A. Utilizar agua y materias primas seguras

Disponer de agua potable (incluye al hielo), segura y de calidad es fundamental para la producción de alimentos inocuos. En nuestro país, el Código Alimentario Argentino (CAA) establece una serie de normas de calidad para el agua potable, que van desde aspectos microbiológicos, a químicos y organolépticos [11]. El objetivo es proteger la salud de los consumidores, ya que la misma podría contener tanto peligros microbiológicos como peligros químicos, lo que hace necesario tener conocimiento de su aptitud para elaborar y procesar alimentos. Si existen dudas respecto a la calidad del agua de consumo, se recomienda hervirla hasta que salgan burbujas durante al menos 5 minutos, o agregar dos gotas de hipoclorito de sodio concentrado por cada litro de agua (si la solución concentrada posee 50-60 g/litro de cloro activo, esto da como resultado una concentración final de 5-6 mg de cloro activo por litro de agua) contenida en un recipiente limpio y preferentemente con tapa, mezclando adecuadamente y dejándola reposar durante al menos 30 minutos antes de utilizarla.

Respecto de las materias primas, el primer paso es elegir los proveedores y definir los parámetros de calidad que se desean para los alimentos. Durante esta fase se define una mayor o menor calidad del producto final. Para esta selección el criterio se basa en el marco legal actual, es decir, las condiciones que dicta la ley, además de los aspectos organolépticos que se deseen. Posteriormente, se recomienda realizar una inspección y clasificación previa de los insumos a los fines de descartar aquellos que se encuentren dañados o con signos visibles de deterioro. Esta primera selección puede ayudar a excluir, por ejemplo, carne en descomposición, fruta dañada o mohosa, granos infectados por mohos, entre otros. El Codex Alimentarius [12] destaca la necesidad de impedir, en la medida en que sea razonablemente posible, el deterioro y la descomposición de las materias primas, aplicando medidas como el control de la temperatura, la humedad, y/u otros controles. Asimismo, establece la necesidad de proteger los alimentos y los ingredientes de la contaminación de plagas o de contaminantes químicos, físicos o microbiológicos, así como de otras sustancias objetables durante la manipulación, el almacenamiento y el transporte.

En caso de trabajar con productos lácteos, de manera de garantizar su inocuidad, es indispensable utilizar siempre alimentos ya procesados, como por ejemplo leche pasteurizada. No se debe utilizar leche cruda, ya que puede albergar microorganismos peligrosos, tales como *Salmonella* spp., *E. coli* patogénicas, *L. monocytogenes,* y *Brucella* spp. entre otros, que pueden representar serios riesgos para la salud del

consumidor [13]. Cabe destacar que la venta al público de leche cruda, de cualquier especie, se encuentra expresamente prohibida por la legislación argentina actual (artículo 556 bis del CAA) [11].

En todos los casos, se debe verificar la fecha de vencimiento y/o consumo preferente de la materia prima empleada para la elaboración de los alimentos fermentados, y no utilizar alimentos después de dicha fecha.

Cuando la elaboración de los productos fermentados sea con fines de comercialización, es necesario contar con un registro de materias primas que incluya, entre otras, la siguiente información:

- Nombre del productor y/o proveedor
- Identidad y cantidad de cada lote de materias primas
- Fecha de producción y adquisición
- Calidad microbiológica y fisicoquímica de las materias primas empleadas

Una correcta elección de las materias primas significa un menor riesgo de intoxicación alimentaria, una mayor calidad y vida útil del producto final, así como un menor número de desperdicios. Si bien la fermentación ayuda a conservar los alimentos frescos por más tiempo, no rescatará aquellos productos en mal estado.

III.B. Mantener la limpieza

La limpieza es el factor clave para prevenir las ETAs. Todo aquello que tenga contacto con los alimentos debe estar limpio. En este contexto resulta importante diferenciar dos conceptos: la **limpieza**, que es la eliminación de todos los residuos visibles que pueden servir de alimento para los microorganismos, y la **desinfección**, que es la eliminación de los microorganismos patógenos y la disminución del número de microorganismos que puedan estar presentes. En la elaboración de alimentos existen puntos críticos de contaminación, etapas del procedimiento, lugares u operaciones en las cuales los alimentos están más predispuestos a contaminarse o alterarse. Las buenas prácticas de higiene pueden ayudar a controlar estos puntos críticos y así mejorar la calidad microbiológica de los productos fermentados.

Una de estas prácticas, de particular relevancia, es el **correcto lavado de manos**, el cual debe realizarse, con agua potable caliente y jabón líquido antes de manipular los alimentos (ver Tabla 1). Este procedimiento debe repetirse después de ejecutar algún tipo de actividad donde se puedan haber contaminado las manos y al terminar de elaborar los alimentos. El Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) recomienda lavar las manos especialmente durante ciertos momentos claves en que existen más probabilidades de contraer y propagar

microorganismos (ver Tabla 2) [14].

El lavado de manos con agua y jabón es la forma más eficaz de eliminar microorganismos. Sin embargo, en caso de no disponer inmediatamente de estos elementos, puede utilizarse un desinfectante de manos que contenga al menos un 60 % de alcohol. De todos modos, si bien la alternativa de utilizar desinfectantes ayuda a disminuir la carga microbiana, no elimina todos los tipos de microorganismos ni tampoco las sustancias químicas perjudiciales, como pesticidas y metales pesados [14].

Tabla 1. Forma correcta de lavarse las manos.

1.	Arremangarse hasta el codo
2.	Enjuagarse hasta el antebrazo
3.	Enjabonarse cuidadosamente
4.	Frotarse las manos con el jabón hasta que haga espuma
5.	Frotarse la espuma por el dorso de las manos, entre los dedos y debajo de las uñas
6.	Enjuagarse con agua limpia para eliminar el jabón
7.	Secarse preferentemente con toalla de papel o al aire

Tabla 2. Cuándo lavarse las manos.

Antes de	Durante	Después de
Tocar materia prima	Preparación de alimentos	Manipular alimentos crudos (carne, pescado, pollo, huevos)
Preparar alimentos		Ir al baño
Comer		Jugar en el parque
Cuidar a alguien que tenga vómitos o diarrea		Cuidar a alguien que tenga vómitos o diarrea
Tratar una cortadura o una herida		Tratar una cortadura o una herida
		Cambiar pañales o limpiar a un niño que haya ido al baño
		Sonarse la nariz, estornudar, rascarse o toser
		Tocar a un animal, alimento para animales o excrementos de animales
		Tocar la basura

III.B.1. Lavar y desinfectar las materias primas que se utilizarán

Los patógenos microbianos pueden estar asociados a la superficie de frutas y verduras como resultado de la contaminación en el campo o durante las etapas de cosecha y post-cosecha. *Bacillus cereus, C. botulinum* y *L. monocytogenes* pueden estar presentes de forma natural en el suelo y dar lugar a la contaminación de frutas y

vegetales, mientras que otros microorganismos, como ciertos virus y bacterias tales como *Salmonella* spp., *E. coli* y *Shigella* spp., pueden ser de origen entérico, alcanzando a este tipo de alimentos a través del abono o riego con aguas residuales deficientemente tratadas o sin tratar. En este sentido, el lavado de las frutas y verduras resulta de utilidad para reducir la carga microbiana. Sin embargo, no garantiza la completa eliminación de los peligros. La eficacia del lavado puede mejorarse a través de la incorporación de agentes antimicrobianos al agua de lavado, como por ejemplo hipoclorito de sodio. Se debe tener presente que la limpieza y desinfección es el comienzo y no el final del procesamiento de alimentos.

III.B.2. Trabajar sobre superficies limpias

Se recomienda lavar y desinfectar las superficies (mármol, mesas, etc.) y contenedores que se utilizarán, con agua caliente y jabón, y enjuagar con abundante agua caliente antes de usarlas. Asimismo, es necesario mantener limpios y desinfectados los equipos y utensilios que se utilizarán para la preparación de los alimentos fermentados (tablas de cortar, cuchillos, cucharas, entre otros). No se deben utilizar escobas, escurridores, cepillos, baldes, esponjas, trapos usados para limpiar pisos, desagües y paredes, sobre superficies que estén en contacto con alimentos. Los elementos de limpieza utilizados en baños no se deben utilizar en áreas de producción. Los paños de cocina se deben lavar con frecuencia y reemplazarlos cuando sea necesario.

III.B.3. Proteger los alimentos y las áreas de elaboración de las plagas, mascotas y otros animales

Se define como plagas a todos aquellos animales que compiten con el hombre en la búsqueda de agua y alimentos, invadiendo los espacios en los que se desarrollan las actividades humanas. Los mismos pueden dañar estructuras o bienes, y constituyen uno de los más importantes vectores para la propagación de ETAs. Las plagas más comunes asociadas a la elaboración de alimentos son los insectos (cucarachas, hormigas, moscas), roedores, y aves. Resulta importante que tanto a nivel industrial como en el hogar donde se elaboran alimentos fermentados, se cuente con un sistema eficiente de control y manejo integrado de plagas. El mismo debe poseer un enfoque sistemático, basado en buenas prácticas de limpieza, inspección y vigilancia junto a métodos de control físicos y químicos, así como una buena gestión del entorno.

Una buena herramienta para evitar la propagación de plagas en el sector de la alimentación es la guía "*Pest Control in the Food Industry*", publicada por el *Chartered Institute of Environmental Health* (Reino Unido) [15], en la que, además de explicarse los principios del control de plagas en el sector, se realiza una descripción del comportamiento de aquellas plagas que más comúnmente afectan a la industria alimentaria.

III.C. Separar alimentos crudos y cocidos

Los alimentos crudos pueden estar contaminados con microorganismos y trasladarse a los alimentos cocidos o listos para consumir. Este proceso se conoce como contaminación cruzada, y puede realizarse de manera directa o indirecta.

La contaminación cruzada **directa** ocurre cuando un alimento contaminado entra en "contacto directo" con uno que no lo está o cuando los contaminantes llegan al alimento por medio de la persona que los manipula. Por ejemplo, si se mezclan alimentos que no fueron lavados junto a otros que no están contaminados, o cuando un manipulador estornuda sobre el alimento que está elaborando.

Por otra parte, la contaminación cruzada **indirecta** se entiende como el paso de un peligro presente en un alimento a otro que se encontraba inocuo, utilizando como vehículo superficies o utensilios que han estado en contacto con ambos alimentos sin la debida limpieza y desinfección requerida (utensilios de cocina, tablas, equipos de cocina, etc.). Por ejemplo, el empleo de un cuchillo que se utilizó para cortar carne cruda y que luego se emplea para cortar verduras.

Para evitar la contaminación cruzada se recomienda:

- Separar siempre los alimentos crudos de los cocidos y de los listos para consumir.
- Conservar los alimentos en recipientes cerrados, separados para evitar el contacto entre crudos y cocidos.
- Usar equipos y utensilios diferentes, como cuchillos o tablas de cortar, para manipular alimentos crudos y cocidos.

III.D. Tratar térmicamente los alimentos que así lo requieran

Ciertos alimentos pueden requerir de una etapa de tratamiento térmico antes o después del proceso de fermentación, ya sea para detener y/o ralentizar el proceso, como para eliminar la posible presencia tanto de microorganismos patógenos resistentes a la acidez, como de microorganismos de deterioro (por ejemplo, bacterias y mohos).

Este es el caso de, por ejemplo, la kombucha. De acuerdo con un estudio publicado por Nummer [16], el mejor método de conservación de este alimento fermentado es la pasteurización, la cual evitará tanto la acumulación de dióxido de carbono como de alcohol en la botella. Una recomendación simple es calentar la kombucha a 82,2 °C y embotellar inmediatamente. Después de 30 segundos, invertir la botella y sostenerla por otros 30 segundos. Otro ejemplo de alimento fermentado en donde se recomienda el empleo de pasteurización como método de conservación es el chucrut. El CAA en su capítulo XI (artículo 976) establece que, si el chucrut se presenta

en envases cerrados herméticamente, deberá someterse al proceso de esterilización industrial [11]. Asimismo, países como Alemania, España y Uruguay definen a la pasteurización como uno de los procesos aplicables para la conservación de encurtidos vegetales con el objetivo de aumentar su seguridad microbiológica.

Por otra parte, en el ámbito industrial, la leche utilizada para la elaboración del yogur es sometida a un doble tratamiento térmico previo al agregado de los cultivos iniciadores, lo que asegura la inocuidad de estos productos, en este caso la viabilidad de las bacterias benéficas no se ve alterada, ya que la fermentación es posterior al tratamiento térmico de la leche.

III.E. Mantener los alimentos a temperaturas seguras

Se conoce como "zona de peligro" al rango de temperaturas comprendidas entre los 4 °C y 60 °C. En estas condiciones, los microorganismos patógenos o deteriorantes encuentran un espacio ideal para reproducirse, dañando la calidad de los alimentos y poniendo en riesgo la salud de los consumidores. Por lo tanto, los productos frescos, crudos y cocidos, no deben permanecer a temperatura ambiente por más de dos horas. Evitar que los alimentos se encuentren dentro de la zona de peligro es un esfuerzo que se debe mantener durante todo el proceso de producción de alimentos fermentados (sobre todo en el hogar). Controlar la temperatura en cada etapa será crucial para ofrecer la máxima seguridad alimentaria al consumidor.

Se recomienda refrigerar lo más pronto posible los alimentos cocidos y los perecederos (preferentemente a temperatura inferior a los 4 °C). Por otra parte, se debe tener en cuenta que todos los alimentos poseen una fecha de vencimiento. Es por ello que se recomienda no guardar los alimentos por demasiado tiempo, aunque sea a temperatura de refrigeración.

Adicionalmente a las claves de la OMS orientadas a la elaboración de alimentos inocuos, para la elaboración de alimentos fermentados se pueden sumar otras recomendaciones (varias de ellas recomendadas por la *International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics* (ISAPP) [17]):

III.F. Utilizar materiales de grado alimenticio

El CAA define en su capítulo IV, a los utensilios, recipientes, envases, envolturas, aparatos y accesorios alimentarios, así como las características que deben cumplir los mismos para estar en contacto con alimentos [11].

El envase cumple diversas funciones de gran importancia: contener los alimentos, protegerlos del deterioro químico y físico, y brindar información a los consumidores sobre los productos. Preserva la forma y la textura del alimento que contiene, evita que pierda sabor o aroma, y prolonga el tiempo de almacenamiento.

En algunos casos, el material seleccionado para el envase puede afectar la calidad nutricional del producto. Un ejemplo son los envases de plástico donde los

monómeros no polimerizados y aditivos podrían pasar al alimento. Otro ejemplo son los envases de hojalata donde puede producirse la incorporación de elementos metálicos a los productos alimenticios. Varios de estos elementos pueden reaccionar con el ácido de los alimentos y conferir al producto un sabor o color extraño.

A los fines de evitar posibles contaminaciones, transferencias o migraciones de compuestos desde el envase al alimento, se deben utilizar como componentes de los envases aquellos que se encuentran autorizados para su uso por haber demostrado su inocuidad.

III.G. Utilizar cultivos iniciadores adecuados

En la fermentación controlada es fundamental utilizar un protocolo de trabajo estandarizado, que establezca las cantidades adecuadas de fermentos iniciadores, entre otros ingredientes. Confiar en la fermentación espontánea incrementa de algún modo el riesgo de fermentaciones no controladas causadas por bacterias, levaduras y mohos inadecuados, resultando productos fermentados potencialmente peligrosos para la salud, o de calidad mala o variable, aunque la fermentación no controlada es factible de ser llevada a cabo y obtener productos seguros, como en el caso del kimchi, chucrut o embutidos cárnicos, siempre y cuando se tengan en cuenta los aspectos discutidos en este capítulo.

Por otra parte, en algunos casos el empleo de cultivos iniciadores se traduce directamente en un aumento de la inocuidad de los productos fermentados. Por ejemplo, un estudio realizado por la Red de Seguridad Alimentaria del Conicet (RSA-Conicet) demostró que el empleo de cultivos iniciadores (bacterias ácido lácticas) en el proceso de elaboración de embutidos, reduce en al menos tres órdenes de magnitud la probabilidad de que los consumidores sufran listeriosis, en comparación con la no aplicación de los mismos. Asimismo, el pH alcanzado por la masa cárnica durante la fase de fermentación y el valor de a_w al final de la maduración del embutido fueron los factores de proceso que más impactaron sobre la probabilidad de que el producto generado cause enfermedad en los consumidores [18].

Cabe señalar que la RSA-Conicet (https://rsa.conicet.gov.ar/) es una unidad del Conicet, de referencia nacional e internacional, diseñada para contribuir en la resolución de temas prioritarios para el país en materia de Seguridad Alimentaria. Desarrolla y analiza información, con fundamento científico tecnológico, para que las autoridades responsables puedan definir políticas de gestión y el sector productivo se desarrolle armónicamente dentro de las recomendaciones establecidas. La misma busca interactuar con todos los investigadores del sistema de ciencia y técnica del país, no solamente del Conicet, sino también de otras instituciones (INTA, INTI, CONEA, universidades, etc) que estén vinculadas directa o indirectamente con la seguridad alimentaria.

En la pequeña escala, se debe prestar especial atención a los cultivos iniciadores que han sido "heredados", sobre todo los gránulos utilizados en la preparación del kefir de agua y leche, así como el scoby empleado en la preparación de la kombucha, ya que en

la mayoría de los casos no se dispone de registros vinculados con la calidad e inocuidad de los mismos. Por otro lado, no existe una forma rápida y económicamente viable para un consumidor cualquiera de saber, a priori, acerca de la funcionalidad e inocuidad de estos gránulos o complejos microbianos, sino que la recomendación es que los mismos sean provistos por alguien conocido, que los esté usando y consumiendo los productos con ellos elaborados (kefir de agua, kefir de leche, té de kombucha).

Es sabido que algunas bacterias lácticas pueden formar compuestos como las aminas biogénicas a partir de aminoácidos, las cuales pueden provocar problemas de salud como dolor de cabeza, caída de presión arterial, diarrea e incluso problemas cardíacos. Asimismo, el SCOBY podría presentar contaminación con mohos tales como Aspergillus spp. y Penicillium spp.

III.H. Adicionar una concentración salina adecuada

Los cambios en la actividad acuosa de un alimento pueden tener efectos profundos en los microorganismos contaminantes. Dependiendo de las circunstancias, una disminución en la a_w, producida por el secado o la adición de solutos (como la sal), reducirá el potencial de crecimiento microbiano, pero también podrá generar un aumento en la resistencia microbiana a condiciones adversas, mejorando potencialmente la supervivencia de ciertos microorganismos patógenos que pueden estar presentes en el alimento. Por el contrario, un aumento de la a_w se vincula con la capacidad de crecimiento de organismos previamente inactivos, permitiéndoles, en ciertos casos, alcanzar concentraciones que puedan causar daños a la salud, debido a su presencia y/o de sus toxinas. Bajo ciertas circunstancias, para garantizar la seguridad del proceso fermentativo resulta esencial adicionar las cantidades de sal indicadas en las recetas, sobre todo en productos vegetales fermentados.

III.I. Controlar tiempos, temperaturas y condiciones de fermentación

Es necesario dar el tiempo de fermentación adecuado. Intentar no interrumpir el proceso fermentativo para reducir la cantidad de oxígeno que alcanza a los alimentos de manera que no se desarrollen mohos y otros microorganismos indeseables. Todos los productos fermentados necesitan un tiempo determinado de fermentación para asegurar no solo las características organolépticas del producto final sino su inocuidad. Los tiempos son variables y propios de cada producto pudiendo ir desde horas (por ejemplo, la elaboración de pan, o de yogures a nivel industrial), días (por ejemplo, la elaboración de yogur o kefir en el hogar) hasta semanas (por ejemplo, la elaboración de vinos, chucrut, o embutidos).

Por otra parte, resulta importante controlar la temperatura de fermentación, ya que la misma puede permitir la destrucción de posibles patógenos e inhibir las bacterias de deterioro, siendo las mismas propias de cada tipo de alimento a fermentar. Mientras que una temperatura ambiente de 18-22 ºC puede ser adecuada para la

fermentación del chucrut, la temperatura óptima de fermentación del yogur es cercana a los 43°C [9]. Especial atención se debe tener en las fermentaciones realizadas en el hogar, debido a los cambios de temperatura ambiente que tienen lugar en invierno y verano (en caso de no utilizar una incubadora o cámara de incubación, se debe encontrar el lugar adecuado de la casa para llevar a cabo las fermentaciones en estas dos estaciones).

Asimismo, se debe procurar que el proceso de acidificación sea lo más rápido posible. Los microorganismos patógenos, generalmente, no pueden crecer en ambientes con alto contenido de ácido. Un pH de 4 es un objetivo seguro, el cual debe alcanzarse lo más rápido posible durante la fermentación para evitar el crecimiento de bacterias que pueden producir toxinas o sabores desagradables. Se debe tener presente que el contenido de ácido no protege la comida indefinidamente. Algunas levaduras y hongos pueden crecer en presencia de un elevado contenido de ácido. En todos los casos estos peligros se mitigan mediante el monitoreo y control de los niveles de pH durante la etapa de fermentación. El monitoreo aceptable se debe realizar mediante el empleo de un medidor de pH digital calibrado para mayor precisión, en comparación con el uso de tiras de pH de papel, las cuales no están recomendadas.

Además de la acidificación, el control microbiano se logra mediante la reducción de la a_w, generalmente mediante el salado y/o secado. Esto resulta de gran importancia durante la elaboración de embutidos fermentados. Es importante señalar que la carne cruda es una matriz particularmente peligrosa, que requiere aún más cuidado y atención cuando se realiza en casa.

III.J. Rotular los alimentos fermentados elaborados

Si bien es verdad que los alimentos producidos para consumo personal no tienen la obligación de ser rotulados, es recomendable que el envase cuente con información mínima como tipo de producto, fecha de elaboración, fecha de caducidad.

Por otra parte, si los productos fermentados estarán destinados a la comercialización, en cualquiera de sus formas, la legislación vigente establece la obligatoriedad de contar con un rotulado [11]. La información que figura en los rótulos de los alimentos es el principal medio de comunicación entre el consumidor y el elaborador [19]. Los consumidores han de saber qué hay en los alimentos que compran, sobre todo si son personas con problemas de intolerancias y alergias. El rótulo deberá contener la siguiente información:

-Fecha de duración del producto, indicando día y mes para los productos que tengan una duración mínima no superior a tres meses, y mes y año para aquellos que tengan una duración mayor a tres meses (la información debe estar impresa y no escrita a mano). Esta información no es necesaria para vinos, bebidas alcohólicas que contengan al menos 10% (v/v) de alcohol, vinagre, ni tampoco para productos de panadería y pastelería que, por la naturaleza de su contenido, se consuman por lo general dentro de las 24 horas siguientes a su fabricación.

- Lista de ingredientes (incluyendo los alérgenos).
- Contenidos netos.
- Identificación del origen, indicando nombre del fabricante, localidad y país.
- Nombre o razón social y dirección del importador, cuando corresponda.
- Identificación del lote: indicación en clave o lenguaje claro, impresa, grabada o marcada de forma indeleble, legible y visible, que permita identificar el lote al que pertenece el alimento.
- Preparación e instrucciones de uso del alimento, cuando corresponda.
- Rótulo nutricional.
- Número de registro o código de identificación del establecimiento elaborador ante el organismo competente, es decir el Registro Nacional de Establecimiento (RNE) y, opcionalmente, puede contener el número de Registro Nacional de Producto Alimenticio (RNPA).

Respecto de este último punto, resulta importante aclarar que una empresa con RNE y RNPA es aquella que cuenta con un establecimiento habilitado para la elaboración de alimentos y posee su producto registrado. La habilitación de un establecimiento constata que las normas generales sobre el lugar físico de elaboración son aptas para el desarrollo de productos comestibles o la actividad declarada (elaborar, fraccionar, distribuir). Una empresa sin el establecimiento habilitado no debería elaborar, manipular, procesar, fraccionar, distribuir ni comercializar alimentos [20].

Por último, dado que la compra de alimentos (fermentados y no fermentados) a través de internet (sitios web, redes sociales, plataformas de venta) cada vez es mayor, debido a las ventajas que aporta: es cómodo, no hay que salir de casa, se puede elegir entre varios productos, comparar los precios, etc., resulta importante tener en cuenta que estos alimentos deben cumplir con toda la legislación alimentaria vigente, así como con los requisitos de inocuidad. En muchos casos, estos productos carecen de todo tipo de registros (elaboración, almacenamiento, transporte) así como de trazabilidad y rotulado.

El elaborador debe saber que será el responsable de los alimentos que se comercialicen independientemente de la vía por la que se realice.

En resumen, en este capítulo del libro se mostró que la utilización de aguas y materias primas seguras, el monitoreo del pH, temperatura, actividad acuosa y tiempos de fermentación, así como la implementación de buenas prácticas de fermentación

(incluyendo el posible tratamiento térmico) y contar con las habilitaciones correspondientes (cuando sea necesario) resultan claves para la elaboración de alimentos fermentados seguros tanto a nivel industrial como en el hogar (ver Tabla 3). Como consumidores debemos ser inteligentes y responsables, capaces de identificar alimentos fermentados que sean seguros e inocuos.

Tabla 3. Recomendaciones para elaborar alimentos fermentados inocuos.

• Utilizar agua y materias prima seguras
• Mantener la limpieza: Correcto lavado de manos Lavar y desinfectar materias primas Trabajar sobre superficies limpias Proteger los alimentos y superficies de plagas, mascotas y otros animales
• Separar alimentos crudos y cocidos
• Tratar térmicamente alimentos que así lo requieran
• Mantener los alimentos a temperaturas seguras
• Utilizar materiales de grado alimenticio
• Trabajar con cultivos iniciadores adecuados, en el caso que el alimento así lo requiera (yogur, kefir, kombucha)
• Adicionar concentraciones adecuadas de sal, cuando el alimento lo permita (chucrut, embutidos).
• Controlar tiempos, temperaturas y condiciones de fermentación
• Rotular los productos elaborados

IV. Declaración de posibles conflictos de interés

Juan Martín Oteiza ha llevado adelante tareas de vinculación y transferencia de conocimiento con diversas empresas productoras de alimentos, desde el 2009 en adelante.

V. Bibliografía citada

[1] GUT MICROBIOTA FOR HEALTH (GMFH).
https://www.gutmicrobiotaforhealth.com/es/glossary/agente-patogeno/. Fecha de último acceso 5 de Diciembre del 2019.

[2] Luna-carrasco J., Signorini-Porchietto M., Díaz-García R., Ordoñez-Méndez L.B. 2009. El análisis de riesgos en alimentos. ILSI México. ISBN: 978-607-00-1385-0, p. 43.

[3] Zafra Aparici E., Muñoz García A., Larrea-Killinger C. 2016. ¿Sabemos lo que comemos?:

Percepciones sobre el riesgo alimentario en Cataluña, España. Salud colectiva, 12(4): 505-518.

[4] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). http://www.fao.org/food-safety/es/. Fecha de último acceso 5 de Diciembre del 2019.

[5] Motarjemi Y., Nout M.J.R. 1996. Food fermentation: a safety and nutritional assessment. Bulletin of the World Health Organization, 74 (6): 553-559.

[6] Wacher Rodarte C. 2014. La biotecnología alimentaria antigua: los alimentos fermentados. Revista Digital Universitaria Vol. 15, N°8. ISSN: 1607-6079. Disponible en: http://www.revista.unam.mx/vol.15/num8/art64/index.html.

[7] Halász Á., Baráth A., Holzapfel W.H. 1999. The influence of starter culture selection on sauerkraut fermentation. European Food Research and Technology, 208, 434–438.

[8] Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/inocuidad_de_alimentos.php. Fecha de último acceso 9 de Diciembre del 2019.

[9] Seguretat Alimentària i Seguretat de l'Aigua.

https://saia.es/como-fermentar-alimentos-con-seguridad-consejos/. Fecha de último acceso 9 de Diciembre del 2019.

[10] Organización Mundial de la Salud (OMS) 2007. Manual sobre las cinco claves para la inocuidad de los alimentos. https://www.who.int/foodsafety/publications/consumer/manual_keys_es.pdf. Fecha de último acceso 10 de Diciembre del 2019.

[11] Código Alimentario Argentino. https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario. Fecha de último acceso 11 de Diciembre del 2019.

[12] Codex Alimentarius. 1999. CAC/RCP 1-1969 Código Internacional de Prácticas Recomendadas para Principios Generales de Higiene de los Alimentos, rev. 1997, ad. 1999.

[13] Food and Drug Administration (FDA). https://www.fda.gov/media/119384/download. Fecha de último acceso 10 de Diciembre del 2019.

[14] Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC). El lavado de las manos: Las manos limpias salvan vidas.

https://www.cdc.gov/handwashing/esp/when-how-handwashing.html. Fecha de último acceso 12 de Diciembre del 2019.

[15] Pest control procedures in the food industry. Chartered Institute of Environmental Health. https://higieneambiental.com/sites/default/files/images/pdf/Pest_control_food_industry.pdf. Fecha de último acceso 10 de Diciembre del 2019.

[16] Nummer B.A. 2013. Kombucha Brewing Under the Food and Drug Administration Model Food Code: Risk Analysis and Processing Guidance. Journal of Environmental Health, 76 (4): 8-11.

[17] International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP).

https://isappscience.org/suggestions-making-safe-fermented-foods-home/. Fecha de último acceso 11 de Diciembre del 2019.

[18] Red de Seguridad Alimentaria- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (RSA-CONICET). Evaluación de riesgos de Listeria monocytogenes en chacinados embutidos secos y salazones crudas.

https://rsa.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/2018/04/Informe-Final-2-ECR-Listeria-en-embutidos-y-salazones-RSA.pdf. Fecha de último acceso 11 de Diciembre del 2019.

[19] Ministerio de Agroindustria de Argentina. 2016. Guía de rotulado para alimentos envasados. http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/publicaciones/calidad/Guias/GRotulado.pdf. Fecha de último acceso 11 de Diciembre del 2019.

[20] Secretaría de Agroindustria, Ministerio de Producción y Trabajo de la Nación. 2018. Guía del consumidor.

http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/publicaciones/calidad/Consumidor/GUIACONSUMIDOR.pdf. Fecha de último acceso 11 de Diciembre del 2019.