

Capítulo 5

Contaminación microbiana en la industria de los alimentos

Bernarda Soraya Cuadrado Cano¹
María Teresa Vélez Castro²

Resumen

Ante la necesidad de proteger la salud de una población creciente con alta demanda de alimentos, es necesario conocer según la naturaleza de cada tipo de producto los factores intrínsecos, extrínsecos e implícitos, determinantes de su contaminación, alteración o conservación, las estrategias y métodos de control a lo largo de la cadena alimentaria, para prevenir riesgos asociados a la salud pública, poder garantizar la inocuidad de los mismos, en el marco de la normatividad vigente en cada territorio, evitando sanciones por parte de las autoridades y el rechazo del consumidor. Para contribuir con este objetivo, se hizo una minería de datos y la información compilada se sintetizó haciendo énfasis en las formas, mecanismos y fuentes de contaminación, flora deseable e indeseable, factores que predisponen crecimiento y sobrevivencia microbiana, en especial de los asociados a enfermedades transmitidas por alimentos, y el reto que para la innovación representa contar con metodologías validadas cada vez más rápidas, que replacen los métodos tradicionales

1 Universidad de Cartagena, Facultad de Medicina. Médica con Maestría en Microbiología de la Universidad de Cartagena, Maestría en Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín y Especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad del Magdalena. Líder del grupo de Investigación en Microbiología y Sistemas Simbióticas (GMISIS) . Correo electrónico: bcuadrado@unicartagena.edu.co/ bernardac@yahoo.com

2 Universidad de Cartagena, Facultad de Ciencias Farmacéuticas. Profesión Químico Farmacéutica, con Maestría en Gestión Ambiental para el Desarrollo Sostenible de la Pontificia Universidad Javeriana. Línea de Investigación: Gestión Ambiental. Correo electrónico: matevelo@gmail.com

de recuento de indicadores de contaminación y la búsqueda de la presencia o ausencia de patógenos y sus toxinas, poder garantizar la calidad microbiológica de los alimentos con efectividad y lograr impactar positivamente la salud pública mundial.

Palabras clave: Calidad de alimentos, enfermedades asociadas a los alimentos, inocuidad alimentaria, microbiología de alimentos.

Abstract

Faced with the need to protect the health of a growing population with high demand for food it is necessary to know according to the nature of each type of product the intrinsic factors, extrinsic and implicit, determinants of their contamination, alteration or conservation, control strategies and methods along the food chain to prevent risks associated with public health, to be able to guarantee the safety of them, within the framework of the regulations in force in each territory, avoiding sanctions by the authorities and consumer rejection. To contribute to this goal, data mining was done and the compiled information was synthesized with emphasis on shapes, mechanisms and sources of pollution, desirable and undesirable flora, factors that predispose growth and microbial survival, especially those associated with food borne diseases, and the challenge for innovation of having ever faster validated methodologies, which replace traditional methods of counting, pollution indicators and the search, for the presence or absence of pathogens and their toxins. To be able to ensure the microbiological quality of food effectively and to positively impact global public health.

Key words: Food quality, food associated diseases, food safety, food microbiology.

Introducción

La industria de los alimentos ha avanzado de forma progresiva a través del tiempo y en la actualidad ante la necesidad de proteger la salud de una población creciente y gracias a los diferentes tratados de libre comercio, es necesario que al consumidor lleguen productos inocuos y de buena calidad (Havelaar et al., 2010).

Los principios generales del Codex Alimentarius constituyen una base firme para garantizar la higiene de los alimentos, haciendo hincapié en los controles esenciales en cada fase de la cadena alimentaria, recomendándose la aplicación del sistema de análisis de riesgos y de los puntos críticos de control (HACCP) (Havelaar et al., 2010) siempre que sea posible, a fin de potenciar la inocuidad de los mismos. Este sistema permite determinar riesgos concretos y adoptar medidas para prevenirlos, y de esta manera reduce la incidencia de enfermedades transmitidas por alimentos o ETAS, así como también la contaminación del ambiente (Mekonen & Melaku, 2014) (MinSalud, 2002).

En Colombia, mediante el Decreto 3075 de 1997, que reglamentó parcialmente la Ley 9 del 1979 y la Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social (MSPS), se dictaron disposiciones que tratan de regular las actividades relacionadas con los alimentos que puedan generar factores de riesgo debidos a su consumo. Dichas actividades deben ser aplicadas a: 1) Todas las fábricas y establecimientos donde estos se procesen; incluyendo los equipos, utensilios y el personal manipulador; 2) Las actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización en el territorio nacional; 3) Los alimentos y materias primas con que se fabriquen, envasen, expendan, exporten o importen, para el consumo humano, y 4) Las actividades de vigilancia y control que ejerzan las autoridades sanitarias a lo largo de la línea de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución, importación, exportación y comercialización de alimentos y sus materias primas (Decreto 3075, 1997; Resolución 2674, 2013).

De manera adicional los Decretos 539 y 590 de 2014, establecen el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los importadores y exportadores de alimentos para el consumo humano,

materias primas e insumos para alimentos destinados al consumo humano y establecen el procedimiento para habilitar fábricas de alimentos ubicadas en el exterior (Decreto 539, 2014; Decreto 590, 2014), siendo por ello necesario comprender e identificar los riesgos a los que están expuestos estos productos en todas sus etapas desde su cultivo, hasta el consumidor final.

La Resolución 2674 del 22 de julio de 2013 del MSPS define como Alimento, “todo producto natural o artificial, elaborado o no, que ingerido aporta al organismo humano los nutrientes y la energía necesaria para el desarrollo de los procesos biológicos. Se entienden incluidas las bebidas alcohólicas y aquellas sustancias con que se sazonan algunos comestibles, y que se conocen con el nombre genérico de especias. La misma resolución define, Higiene de los alimentos, como “todas las condiciones y medidas necesarias para asegurar la inocuidad y la aptitud de los alimentos en cualquier etapa de su manejo”, Inocuidad de los alimentos, como “la garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y consuman de acuerdo con el uso al que se destina”, Alimento alterado, “aquel que sufre modificación o degradación, parcial o total, de los constituyentes que le son propios, por agentes físicos, químicos o biológicos” y Alimento contaminado, como “aquel que presenta o contiene agentes y/o sustancias extrañas de cualquier naturaleza en cantidades superiores a las permitidas en las normas nacionales, o en su defecto en normas reconocidas internacionalmente” (Resolución 2674, 2013), de modo que cuando se habla de contaminación, se entiende como la incorporación de materias de naturaleza física o sea partículas de metal desprendidas por utensilios o equipos, restos de huesos, pelos, órganos y excretas del animal, pedazos de vidrio por rotura de lámparas, trozos de madera procedentes de empaques o de estivas, joyas como anillos, pulseras, aretes, lapiceros y otros elementos que caen en el alimento con el riesgo de contaminarlo o producir lesiones en el consumidor al ingerirlos; química, como residuos de plaguicidas, drogas veterinarias, combustibles, lubricantes, pinturas, detergentes, desinfectantes (Nerín, Aznar & Carrizo, 2016), papel impreso u otros, y aditivos utilizados en la industria (Jairo & Roncancio, 2015; Van Bossuyt, Van Hoeck, Vanhaecke, Rogiers & Martens, 2016); o microbiológica, representada por bacterias, hongos, parásitos o virus, algunos de estos patógenos para el hombre o los animales, o causantes de cambios no deseados.

El principal problema lo constituyen las bacterias por su capacidad de reproducirse, hasta cantidades que afectan la salud del consumidor, o de generar toxinas con diferentes mecanismos de acción (Masana, 2015) lo que ha motivado el interés por adelantarse a futuros escenarios de riesgo para la inocuidad alimentaria mediante la identificación temprana de nuevos peligros en los alimentos 7. La Agencia Europea de Inocuidad Alimentaria (European Food Safety Authority [EFSA]). Muchos patógenos no alteran las características organolépticas, y el consumidor confía en lo que está ingiriendo ya que es imposible detectar su presencia por medio de los sentidos, de tal manera que se hace necesario utilizar diferentes métodos y técnicas de cuantificación e identificación para evaluar la calidad sanitaria y comercial del alimento (MinSalud, 2011; Blanco-Ríos, Casadiego-Ardila & Pacheco, 2011; FDA, 2012).

Algunos microorganismos propios o adquiridos durante el procesamiento, utilizan los diferentes macro y micronutrientes constituyentes de los alimentos, sean estos proteínas, carbohidratos, lípidos y minerales, aprovechando la cantidad de agua disponible, pH, capacidad oxidorreductora, entre otros aspectos, para sintetizar metabolitos primarios y secundarios que generan cambios en la calidad, lo que genera el rechazo por parte de las autoridades o de la población. Otros pueden comportarse como patógenos oportunistas, condición que dependerá del estado inmunológico del consumidor (Martinović, Andjelković, Šrajer, Rešetar & Josić, 2016).

De acuerdo a las Resoluciones 2674 del 2013 y 0719 del 2015 del MSPS, y teniendo en cuenta en especial el aspecto microbiológico, se divide a los alimentos en tres grupos, según los factores intrínsecos, extrínsecos e implícitos, aspectos determinantes del nivel de riesgo que implica su consumo para la salud de la población. Estos son: “Alimentos de mayor riesgo en salud pública, aquellos que favorecen el crecimiento de microorganismos patógenos, la formación de toxinas, o contienen químicos nocivos, alimentos de riesgo medio en salud pública, los que por sus características o procesamiento es poco probable que contengan patógenos, pero pueden apoyar la producción de toxinas o el crecimiento de estos organismos y alimentos de menor riesgo en salud pública, los que tienen mínima probabilidad de contener patógenos- puesto que en condiciones normales no permiten su crecimiento-, o productos químicos nocivos” (Resolución 2674, 2013; Resolución 0719, 2015). Los tipos de alimentos que pertenecen a cada uno de estos grupos, se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tipos de alimentos según su riesgo para la salud pública - Resoluciones 2674 de 2013 y 0719 del 2015.

GRUPOS/TIPO DE ALIMENTOS	MAYOR RIESGO	RIESGO MEDIO	MENOR RIESGO
GRUPO 1. Leche, derivados y productos de imitación adicionados o no de nutrientes u otros biocomponentes diferentes de los del grupo 2	Leches y derivados lácteos		
GRUPO 2. Grasas, aceites, emulsiones, grasas y ceras	Grasas y emulsiones, de origen animal	Grasas y aceites de origen vegetal	
GRUPO 3. Productos cuyo ingrediente principal es el agua o destinados a ser hidratados o preparados con leche y otra bebida, excluyendo las del grupo 1	Agua, hielo, helados de agua, agua saborizada y bebidas a base de agua	Productos en polvo concentrados para preparar bebidas a base de agua u otra bebida: Cafés, té, yerba mate o sus mezclas listas para el consumo	Productos en polvo para preparar bebidas cuyo componente principal no es la sacarosa y concentrados de café, té o yerba mate para bebidas
GRUPO 4. Frutas y otros productos vegetales, algas marinas, nueces, semillas	Frutas frescas, postres o productos a bases de frutas, zumos o jugos de frutas, néctares y refrescos de fruta Hortalizas y otros vegetales frescos incluidos hongos y setas, raíces y tubérculos, legumbres y leguminosas, algas marinas y nueces, zumos (jugos) de hortalizas y concentrados para zumos (jugos) de hortalizas, néctares y bebidas a base de hortalizas o de otros vegetales.	Pulpas o purés de frutas, frutas en almíbar, coctel de frutas y ensaladas de frutas, hortalizas y otros vegetales procesados en vinagre, aceite, salmuera, salsa de soya o cualquier otro líquido de cobertura	Frutas deshidratadas o desecadas con o sin tratamientos químicos, confituras, frutas confitadas, jaleas, mermeladas y demás productos a base de frutas, agua de coco en polvo, hortalizas y otros vegetales procesados incluidos hongos y setas, raíces, tubérculos, legumbres y leguminosas, algas marinas y nueces.

GRUPOS/TIPO DE ALIMENTOS	MAYOR RIESGO	RIESGO MEDIO	MENOR RIESGO
GRUPO 5. Confitería	Decoraciones dulces y productos de confitería que sean adicionados, enriquecidos o fortificados		Productos a base de cacao o de sus subproductos, caramelos, gomas de mascar.
GRUPO 6. Cereales y productos a base de cereales, derivados de granos de cereales, de raíces de tubérculos	Cereales y productos a base de cereales, derivados de granos de cereales, raíces y tubérculos de baja acidez, enriquecidos, fortificados o adicionados de nutrientes o micronutrientes.	Pastas alimenticias, harinas de hortalizas y vegetales, mezclas batidas para rebozar (apanar) productos cárnicos, arepas, arepas rellenas con productos de origen animal, productos a base de soya, oleorresinas y aceites esenciales de especias, mostaza, sopas y caldos listos para el consumo, para hidratarlos, salsas de soya fermentadas o no	Granos enteros o triturados o en copos que incluyen el arroz, harinas y almidones (féculas), cereales para el desayuno, postres a base de cereales, almidón o fécula, productos a base de arroz, papa, yuca, harinas o féculas de cereales precocidos, cocidos y /o saborizados no considerados como postres.
GRUPO 7. Pan y productos de panadería	Panes elaborados con diferentes tipos de harina enriquecidos, fortificados o adicionados de nutrientes o micronutrientes		Pan y productos de panadería, galletas crujientes, productos de panadería dulce
GRUPO 8. Carnes, productos cárnicos comestibles y derivados cárnicos	Carnes, productos cárnicos comestibles y derivados cárnicos		
GRUPO 9. Pescados y productos de la pesca	Pescados y productos de la pesca (moluscos, crustáceos y equinodermos)		

GRUPOS/TIPO DE ALIMENTOS	MAYOR RIESGO	RIESGO MEDIO	MENOR RIESGO
GRUPO 10. Huevos y productos a base de huevo	Huevos y productos a base de huevos procesados		
GRUPO 11. Azúcar, productos cuyo componente principal es azúcar	Azúcar y productos cuyo componente principal es azúcar enriquecidos, fortificados o adicionados de nutrientes o micronutrientes, miel, cera y otros productos de origen apícola enriquecidos, fortificados o adicionados de nutrientes o micronutrientes.		Azúcar y productos cuyo componente principal es azúcar, panela
GRUPO 12. Miel, cera y otros productos de origen apícola			Miel, cera y otros productos de origen apícola.
GRUPO 13. Sal, hierbas aromáticas, especias, condimentos, vinagre, sopas, salsas, ensaladas productos proteínicos	Sal y sucedáneos de la sal y otros productos salinos cuyo componente principal es la sal, salsas y mezclas para prepararlas, ensaladas con productos proteínicos diferentes a los provenientes de la soya		Hierbas aromáticas enteras, molidas y deshidratadas, especias puras enteras y molidas, condimentos (aliños), en pasta, mezclas condimentadas, sazonzadores completos, aderezos, vinagre.

GRUPOS/TIPO DE ALIMENTOS	MAYOR RIESGO	RIESGO MEDIO	MENOR RIESGO
GRUPO 14. Alimentos compuestos. Comprenden los platos preparados o combinados	Alimentos para usos nutricionales especiales para lactantes, niños pequeños, complementarios de leche materna, alimentos compuestos como tamales, lechona, con baja acidez	Empanadas y arepas rellenas.	

En consideración a lo antes expuesto, en este capítulo se describirán las fuentes y algunos indicadores de contaminación microbiológica de los alimentos, las afectaciones sobre la salud humana y los métodos para su control y monitoreo, de acuerdo al marco legal vigente. Además, se incluyen algunas apreciaciones sobre la necesidad de optimizar los tiempos de respuesta para lograr impactar con mayor oportunidad y efectividad la calidad e inocuidad de estos productos, y poder garantizar no solo la seguridad alimentaria sino la salud de una población creciente que en la mayoría de los casos desconoce esta temática (Burke, Young & Papadopoulus, 2016; Webb & Morancie, 2015; Asiegbu, Lebelo & Tabit, 2016)

Resultados

Formas, mecanismos y fuentes de contaminación microbiana

Pueden distinguirse 3 formas de contaminación microbiana: Primaria, directa y cruzada.

- **Primaria o de origen:** Se presenta durante el proceso de cultivo, cosecha o fabricación del alimento. En la actualidad es difícil obtener un producto alimenticio libre de microorganismos, por lo cual es aceptable tengan algún nivel de contaminación siempre

y cuando no represente un riesgo para la salud del consumidor, lo que implica ausencia de patógenos.

- **Directa:** Es tal vez, la vía más simple, puesto que los contaminantes llegan sin intermediario, por ejemplo, el contacto de alimentos crudos con productos cocidos durante el almacenamiento o el goteo de los jugos de carne sobre los vegetales.
- **Cruzada:** Es el paso de un agente microbiano, químico o elemento físico, desde un alimento o materia prima contaminada a uno que no lo está, a superficies en contacto con este, que se encuentran limpias como mesas, equipos y utensilios (Carrasco, Morales-Rueda & García-Gimeno, 2012). Este mecanismo casi siempre es imperceptible dado que la transmisión es a través de un tercero. Un ejemplo típico es cuando un alimento crudo pone sobre una tabla de cortar y luego en la misma sin lavar y desinfectar se coloca uno cocido o listo para consumir. En todos los casos se debe a una maniobra inapropiada durante la preparación (FDA, 2012).

Esto, ha motivado el desarrollo de estrategias de monitoreo para identificar, cuantificar y rastrear tanto los consorcios microbianos como la cinética de su comportamiento, de modo que sea posible predecirlo e inferir cuál ha sido, los cuales van desde el cultivo microbiano hasta el uso de herramientas para el análisis de secuencias de ADN y ARN (Pla, Oltra, Esteban, Andreu & Palop, 2015; Bokulich, Lewis, Boundy-Mills & Mills, 2016).

La transmisión de los microorganismos puede deberse a diversos elementos que contribuyen al ingreso de los mismos al hombre y a los alimentos. Ellos son: Los reservorios o sustratos a partir de los cuales se aíslan con regularidad y en donde suelen sobrevivir durante periodos largos (Campdepadrós, Stchigel, Romeu, Quilez, & Solá, 2012); los fómites, objetos o materiales inertes que circunstancial y temporalmente están contaminados, como los trapos de limpieza (Hassan, Farouk, Hassanein & Abdul-Ghani, 2011); y vectores u organismos que pueden traspasar de manera interna o externa, un microorganismo capaz de causar una enfermedad, como por ejemplo, las moscas y las cucarachas (Oyeyemi, Agbaje & Okelue, 2016). Sin embargo, en la actualidad, el cambio climático ha propiciado modificaciones en el modo de transmisión de algunos

patógenos, evidencias reportadas en investigaciones muestran el impacto en el incremento de casos de salmonelosis y campilobacteriosis en Europa, Canadá y Australia (Tirado, Clarke, Jaykus, McQuatters-Gollop & Frank, 2010).

Las fuentes de contaminación de los alimentos pueden ser naturales como el agua, la tierra, el aire, los animales, los ingredientes como materias primas de todo tipo incluyendo las especias (Van Doren et al., 2013) y el hombre (Choi, Norwood, Seo, Sirsat & Neal, 2016), que los contamina antes que sean obtenidos, cosechados o durante su manipulación y tratamiento (Faour-Klingbeil, Todd & Kuri, 2016); y las que no son naturales o externas, como los equipos empleados para su proceso, almacenamiento y conservación (Catellani, Scapin, Alberghini & Giaccone, 2014), los materiales de empaque, utensilios y aún el mismo operario, sin embargo, debe precisarse que lo más probable es que hayan sido contaminados a partir de las naturales, lo cual se favorece cuando los microorganismos encuentran condiciones para estar y permanecer adheridos a materiales inertes, formando biopelículas o biofilm por la secreción de cápsulas o existencia de pilis en su superficie (Winkelströter, Teixeira, Silva, Alves, & De Martinis, 2014), o también por la adaptación y la actividad generadora de malos olores. En consecuencia, según las fuentes y tipo de alimento, hay que minimizar la carga microbiana y establecer protocolos de manejo y controles a lo largo de la cadena de fabricación y no limitarlos al producto final. Dentro de los tratamientos, se encuentran los térmicos suaves, alta presión, campos eléctricos pulsados, intensos pulsos de luz, aplicación de ácidos orgánicos, dióxido de cloro, solos o combinados, además de la esterilización y la pasteurización (Rajkovic, Smigic & Devlieghere, 2010).

Flora microbiana de los alimentos

Aunque es posible que un gran número de géneros o especies microbianas se encuentren en la naturaleza, bajo condiciones normales, un alimento solo puede albergar pocos tipos, dentro de los que se incluyen los presentes de forma natural como sucede, en los productos crudos, y los que provienen de fuentes externas a las que se exponen en todas las etapas de producción hasta el consumo.

La flora de los alimentos puede ser de dos tipos: Deseable e indeseable. La deseable puede ser a su vez autóctona o natural, de la cual

se ha aprovechado su potencial biotecnológico a nivel industrial como cultivo iniciador o “starter” o como fuente de probióticos para el control de patógenos (El-Kholy, Shinawy, Meshref & Korany, 2014). De la indeseable, hacen parte los microorganismos patógenos y los oportunistas, así como los alteradores o degradadores con acción enzimática que merman su calidad comercial.

Dentro de la flora indeseable, la contaminación tiene diferentes orígenes dependiendo de si el alimento es de origen animal o vegetal. En el Cuadro 2, se resumen según el tipo de producto, las fuentes de contaminación, así como los microorganismos asociados, en particular, los patógenos y en síntesis, el riesgo de contaminación microbiana en un alimento depende no solo de su naturaleza física, composición química, sino de las condiciones de cosecha o crianza, recolección, procesamiento, embalado y distribución, que minimicen o eviten los efectos sobre la salud de la población.

Cuadro 2. Fuentes de contaminación por tipo de productos y microorganismos asociados

TIPO DE PRODUCTO	FUENTE DE CONTAMINACIÓN	MICROORGANISMOS ASOCIADOS	REFERENCIA
CÁRNICO Y DERIVADOS (res, pollo y cerdo)	Origen natural: Piel, plumas, tracto respiratorio y gastrointestinal Origen externo: Ambiente de sacrificio, pastura, agua, suelo, estiércol en contacto con el animal, equipos, aire, agua y operarios en el procesamiento. En productos sometidos al calor, durante el rebanado y empaque. Durante el servido previo al consumo	Patógenos: Salmonella (en especial en aves)	Carne de res y leche: Nayak, Savalla, Kalyani, Kumar & Kshirsagar, 2015; Gujarat. MATERIALS AND METHODS: Total 200 samples comprising of milk, milk products, meat, and fish (50 each)
		Yersinia enterocolítica, Campylobacter jejuni, Escherichia coli en especial E. coli 0157:H en carne de res, Clostridium perfringens, Staphylococcus aureus (bajos niveles)	Jimenez-Edeza, Chaidez-Quiroz & León-Félix, 2012. Pollo: Mercado et al., 2012 Listeria monocytogenes and Staphylococcus aureus. MATERIALS AND METHODS: The search for studies of outbreaks associated with Salmonella, S. aureus and L. monocytogenes was conducted in Medline, PubMed, Science Direct, Scielo, Cochrane Library (CCRT);
		Patógenos oportunistas: Psicrotrofos como Listeria monocytogenes y Y. enterocolítica.	Gharieb, Tartor & Khedr, 2015 this study aimed to determine the prevalence, antibiogram, virulence genes profiles and integron characteristics of non-typhoidal Salmonella spp. isolated from poultry meat and diarrhoeic patients in Egypt. MATERIALS AND METHODS: A total of 150 samples comprising (100 poultry meat and 50 diarrhoeic patients' stool
		Alteradores: Pseudomona, Proteus y Alcaligenes. Termodúricos como: Enterococcus, Lactobacillus y esporulados como Bacillus y Clostridium.	Cerdo: Møller et al., 2016 FDA, 2012
LECHE Y DERIVADOS	Interior de las ubres, superficies del cuerpo del animal, del alimentador, del aire, suelo, agua, equipo para ordeñar y almacenar.	Patógenos: Salmonella, L.monocytogenes y Y.enterocolítica. En animales con mastitis: Streptococcus agalactiae, S. aureus, coliformes y Pseudomonas	Leche: Haghi et al., 2015 Yogurt: Al-Nabulsi et al., 2015 Queso: Yoon, Lee & Choi, 2016
		Alteradores: Psicrotrofos como Pseudomonas, Flavobacterium, Alcaligenes y Bacillus spp. que se multiplican durante el almacenamiento antes de la pasteurización.	Leche en polvo: Bejarano-Roncancio & Castillo-Quiroga, 2013 FDA, 2012
HUEVOS	Materia fecal y materiales presentes en los nidos, alimentadores, aire, equipo y superficie.	Salmonella enteritidis	Medeiros, Oliveira, Rodriguez & Freitas, 2011 the prevalence of Salmonella spp. was 2.7% (range 0.0%-8.9%); FDA, 2012

TIPO DE PRODUCTO	FUENTE DE CONTAMINACIÓN	MICROORGANISMOS ASOCIADOS	REFERENCIA
P E S C A D O S , CRUSTÁCEOS Y MOLUSCOS	Microorganismos adheridos en escamas, branquias e intestinos. Características fisicoquímicas y de contaminación del ambiente acuático Condiciones almacenamiento	Patógenos: <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>V. vulnificus</i> y además el <i>Cl. botulinum</i> tipo E. En aguas contaminadas con desechos humanos y animales: <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> , <i>Cl. perfringens</i> , <i>V. cholerae</i> , protozoos, helmintos y virus patógenos la hepatitis A, hepatitis E y tipo Norwalk. Patógenos oportunistas: según el ambiente; pueden ser <i>Aeromonas hydrophila</i> y <i>Plesiomonas shigelloides</i> , en su mayoría psicrotróficas, que permanecen viables y alteran el alimento refrigerado.	Pescados: Leyva-Castillo, Puig-Peña, Espino-Hernández, Pereda-Lamela & Aportela-López, 2013 Moluscos: Oliveira, Cunha, Castilho, Romalde & Pereira, 2011 Pescados, Moluscos y crustáceos: Mizan, Jahid & Ha, 2015 FDA, 2012
VEGETALES (FRUTAS Y HORTALIZAS CEREALES, ALMIDONES Y GOMAS)	Suelo, agua, aire, animales salvajes o domésticos, insectos, ave, equipo usado para cosechar o procesar. Incluye los hongos comestibles o setas.	Patógenos: <i>L. monocytogenes</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> , <i>E. coli</i> en especial <i>E. coli</i> 0157:H7, <i>Campylobacter</i> , <i>Cl. botulinum</i> y <i>Cl. perfringens</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> (en ensaladas); Quistes de protozoos: <i>Entamoeba</i> , <i>Giardia</i> , <i>Isospora</i> y <i>Cyclospora</i> y huevos de helmintos En nueces crudas y semillas de cereales con baja aw: <i>Bacillus</i> y <i>Clostridium</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>Pseudomonas</i> y <i>Micrococcus</i> y mohos productores de micotoxinas como <i>A. flavus</i> y <i>ochraceus</i>	Hortalizas: Cesar et al., 2015; Monge, Chaves & Arias, 2011 Costa Rica, and cultured in different ways, in order to detect differences between the culturing methods and the risk that these products may represent for Public Health. The study was done at the Food Microbiology Laboratory, Universidad de Costa Rica, from March to July, 2010. 30 lettuce samples were analyzed (10 obtained by traditional culture, 10 by organic culture and 10 by hydropony Nueces y cereales: Sánchez, Correa & Castañeda-Sandoval, 2016 Cereales: Blankson & Mill-Robertson, 2016 Setas comestibles: Venturini et al., 2011 FDA, 2012
A L I M E N T O S ENLATADOS	Suelo, agua, azúcares y almidones como ingredientes, En productos con tratamiento de calor deficiente, sobreviven las esporas de bacterias mesófilas que afectan después de su consumo.	Patógenas: <i>B. cereus</i> , <i>Cl. perfringens</i> y <i>botulinum</i> . Persistencia de toxinas termoestables de <i>S. aureus</i> producidas en los productos crudos Alteradores: Bacterias termofílicas descomponedoras como <i>B. stearothermophilus</i> , <i>B. coagulans</i> , <i>B. licheniformis</i> , <i>Cl. thermosaccharolyticum</i> , <i>Cl. sporogenes</i> , <i>Cl. butyricum</i>	Enlatados vegetales: Durand et al., 2015; Sevenier et al., 2012 Enlatados pescados: Wu & Su, 2014 chunk and flake FDA, 2012

TIPO DE PRODUCTO	FUENTE DE CONTAMINACIÓN	MICROORGANISMOS ASOCIADOS	REFERENCIA
MIEL DE ABEJA	Suelo, aire, insectos	Patógenos: Esporas de <i>Cl. botulinum</i>	Gomes, Dias, Moreira, Rodriguez, Estevinho, 2010; FDA, 2012
BEBIDAS ALCOHOLICAS – JUGOS DE FRUTAS	NO Superficie de las frutas, ingredientes, equipos, el personal manipulador	Patógenos tolerantes al ácido: <i>Salmonella</i> , coliformes y <i>E. coli</i> 0157:H7.	Jugos y concentrados: Haghghat-Afshar et al., 2014; Haileselassie et al., 2012 restaurants, juice houses, supermarkets, and food handlers of Mekelle city. Using the standardized pre-tested questionnaire and observational check list, data was collected from a total of 510 catering establishments. Microbiological examination of 260 food samples indicated that food provided to the consumers in the city was less hygienic and had prepared under poor sanitation conditions. General hygiene of food handlers, sanitary facilities of food establishments, physical conditions of food catering establishments, disposal services, legal licensing and environmental hygiene were identified as major sanitary deficiencies. Less understanding in food hygiene among food handlers were also commonly observed. High mean values of bacterial load were found in mayonnaise (2.64 \u00d7 106 Bebidas alcohólicas: Shale, Mukamugema, Lues & Venter, 2014 FDA, 2012
SALSAS Y ADEREZOS PARA ENSALADAS	Ingredientes, equipos y el aire. En la mayonesa a partir del huevo utilizado	Patógenos: <i>Salmonella</i> , <i>L. monocytogenes</i>	Grassi, Nucera, Lomonaco & Civera, 2013; FDA, 2012
ESPECIAS	Suelo, aire, superficie de las hojas, semillas, raíces.	Patógenos: Esporas de <i>Clostridium</i> y <i>Bacillus</i> spp., micrococos, enterococos, levaduras, Patógenos: <i>Salmonella</i> spp, <i>S. aureus</i> , <i>B. cereus</i> y micotoxinas	Sánchez et al., 2016; Van Doren et al., 2013; FDA, 2012
AGUA	Tiene una flora natural. Contaminable por el suelo, aire, animales o material cloacal.	Alteradores: <i>Pseudomonas</i> , <i>Chromobacterium</i> , <i>Proteus</i> , <i>Achromobacter</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Aerobacter</i> .	Zhang, Tan & Qu, 2014; (Liguori et al., 2010; especially in sensitive and immunocompromised subjects. The aim of this study was to determine the quality of water plumbed in coolers from commercial stores in comparison with tap water in Italy. Methods - For each sample, microbial parameters and chemical indicators of contamination were evaluated and information about the date of installation, time since last ordinary and extraordinary maintenance of water coolers was collected. Results - In all samples the chemical parameters (nitrite, ammonium, free active chlorine residual) FDA, 2012

Factores que predisponen el crecimiento y supervivencia microbiana

Para comprender los principios básicos que rigen tanto su contaminación, alteración, como la conservación, es importante conocer que características de los alimentos y condiciones ambientales favorecen la supervivencia y/o multiplicación en especial de los patógenos.

Una vez llega un grupo microbiano a la materia prima o al producto, el destino seguido por la flora contaminante de los alimentos responde a tres posibilidades: 1) inactivación, 2) supervivencia o persistencia, o 3) multiplicación o enriquecimiento. Estas alternativas se refieren a la totalidad de la flora microbiana o solo a determinados grupos de gérmenes (Fehlhaber & Janetschke, 1995). Durante multiplicación se da lugar a la producción de metabolitos primarios como ácidos, aminoácidos y secundarios como pigmentos, expresándose estos en cambios en el color, textura, olor o sabor, que alteran la calidad comercial. Por otro lado, existen patógenos capaces de excretar toxinas termoestables como es el caso del *S. aureus* y algunas micotoxinas en especial aflatoxinas, que pueden persistir en los alimentos a pesar que los microorganismos no sean detectados (Wu & Su, 2014chunk and flake; Blankson & Mill-Robertson, 2016).

Según la ruta elegida los alimentos se pueden clasificar en perecederos, poco perecederos y no perecederos basados en sus parámetros propios o factores intrínsecos como el pH, la humedad o actividad de agua (a_w), el potencial de óxido-reducción (Eh), contenido de elementos nutritivos, componentes antimicrobianos y estructuras biológicas. Como cada grupo microbiano tiene unas condiciones óptimas para su desarrollo y multiplicación, el conocerlas y contrastarlas con las que ofrece el alimento, permite diseñar métodos por parte de la industria, para controlar su presencia durante su fabricación o consumo (FDA, 2012).

Las condiciones ambientales en las que se obtiene, transforma o mantiene el producto inciden en su conservación y calidad, y se conocen como factores extrínsecos, ellos son la temperatura óptima de crecimiento o almacenamiento, la humedad relativa del ambiente, la presencia y concentración de gases en el ambiente. Los Cuadros 3 y 4 resumen los factores que favorecen o no el desarrollo y/o supervivencia microbiana en estas matrices.

La Resolución 2674 del 2013, define alimento perecedero, como “aquel que, en razón de su composición, características fisicoquímicas y biológicas, puede experimentar alteración de diversa naturaleza en un tiempo determinado y que, por lo tanto, exige condiciones especiales de proceso, conservación, almacenamiento, transporte y expendio” (Resolución 2674, 2013), en consecuencia, los microorganismos lo pueden “echar a perder” al multiplicarse en él y producir modificaciones enzimáticas que inducen a su rechazo por parte del consumidor. En la perecibilidad de un alimento, influye mucho los parámetros intrínsecos característicos del alimento.

Los parámetros intrínsecos, considerados simultáneamente, representan otros tantos modos naturales de preservación de los tejidos vegetales y animales y una vez determinados, es posible pronosticar los microorganismos que más probablemente se van a desarrollar y, por ende, prever la estabilidad general del producto en cuestión, así mismo, puede ser una ayuda para saber su edad y en algunos casos, la forma en que ha sido manipulado o podría ser manipulado.

Cuadro 3. Factores intrínsecos que influyen en el crecimiento y/o supervivencia microbiana en los alimentos

FACTORES	CARACTERÍSTICAS	RELACIÓN CON LOS ALIMENTOS	RELACIÓN CON LOS MICROORGANISMOS	USO COMO ESTRATEGIA DE CONTROL
pH	Indica la capacidad tamponadora de un alimento frente a cambios en el pH. La acidez titulable es un mejor indicador de la estabilidad microbiológica de ciertos alimentos, porque mide la cantidad de iones hidrógeno liberados de un ácido disociado durante la titulación.	Los proteicos (carnes, pescados), con pH 5,6 tienen más capacidad tamponadora que los vegetales. Muchas frutas son moderadamente ácidas y pocos alimentos como los huevos son alcalinos	pH de crecimiento óptimo de bacterias: cercano a la neutralidad, Patógenas no crecen a pH bajo, incluyendo <i>S. aureus</i> , <i>Salmonella</i> y algunos esporoformadores, Hongos (mohos y levaduras): crecen a pH inferior a 3,5 y alteran las frutas al crecer a mientras que las bacterias alteran a las verduras.	Para preservar alimentos incrementando la acidez a través de la fermentación o la adición de ácidos débiles, siendo los orgánicos los más efectivos en el estado no disociado.
Contenido de humedad	Actividad de agua (aw) equivalente a los requerimientos o cantidad de agua disponible en un alimento para el crecimiento, proliferación y metabolismo microbiano	La mayoría de los alimentos frescos como carne fresca, vegetales y frutas tienen valores de aw cercanos al nivel óptimo para el crecimiento de los microorganismos	aw de bacterias es cercano al del agua pura (0,97 a 0,99), los hongos y levaduras 0,88 y por debajo de 0,60 no hay crecimiento microbiano. Las bacterias Gram negativas son más sensibles a una baja aw que las Gram positivas, y solo <i>S. aureus</i> puede crecer y producir toxinas por debajo de 0,9. Las bacterias halófilas crecen bien a 0.75, los mohos xerófilos y las levaduras osmófilas a 0.65 y 0.61 respectivamente	Muchos patógenos son controlados a una aw menor de 0,86 Puede manipularse la aw adicionando solutos como azúcar o sal, por remoción física del agua por secado o horneado, o uniendo el agua a varios componentes macromoleculares en el alimento. Peso a peso, los componentes disminuyen la aw así: compuestos iónicos > azúcares, alcoholes polihídricos, aminoácidos y otros de bajo peso molecular >compuestos alto peso molecular como celulosa, proteínas o almidón.

FACTORES	CARACTERÍSTICAS	RELACIÓN CON LOS ALIMENTOS	RELACIÓN CON LOS MICROORGANISMOS	USO COMO ESTRATEGIA DE CONTROL
Potencial de oxido-reducción (Eh, O/R)	Es aquel en el cual el alimento, pierde o gana electrones con mayor facilidad. Depende del pH, del crecimiento microbiano, empaque, presión parcial de oxígeno durante el almacenamiento, composición y capacidad tamponadora	La mayor parte de los alimentos frescos vegetales y animales poseen un potencial cero o bajo. Las carnes enteras tienen valores Eh alrededor de -200 mV y las carnes picadas +200 mV.	Los microorganismos aerobios precisan valores Eh positivos y los anaerobios negativos; para los microaerófilos son mejores condiciones ligeramente reducidas. Algunos mohos y levaduras pueden comportarse como anaerobios facultativos.	Los vegetales poseen sustancias reductoras como ácido ascórbico, y los azúcares reductores y grupos -SH en tejidos animales, que contrarrestan el poder oxidante del oxígeno.
Contenido de elementos nutritivos	Fuente de energía, de nitrógeno, vitaminas, otros factores de crecimiento y minerales.	Las carnes, leche y derivados y huevos son ricos en proteínas, lípidos, minerales y vitaminas, pero con bajo contenido de carbohidratos que favorecen el crecimiento de bacterias; los vegetales tienen alta concentración de carbohidratos y niveles variables de proteínas, minerales y vitaminas, que favorecen el crecimiento de hongos	Las bacterias gram negativas y los mohos, sintetizan la mayor parte de los requerimientos, por eso predominan en los alimentos. Las Gram positivas son más exigentes en sus necesidades nutricionales.	La limitación o disponibilidad de nutrientes esenciales es suficiente para favorecer o no, el crecimiento de un amplio rango de microorganismos, en particular de los patógenos.
Componentes antimicrobianos	Sustancias inherentes o propias de los alimentos, que actúa como defensa natural frente a los microorganismos.	Los fagocitos, el sistema transferrina/lactorerrina, aglutininas, el sistema lactoperoxidasa, la caseína y ciertos ácidos grasos libres, en la leche recién ordeñada. Lisozima y conalbúmina en la clara de huevo. Aceites esenciales, taninos, glicósidos y resinas en los vegetales.	Las bacterias del queso suizo, producen ácido propiónico inhibitorio de mohos y nisina que actúa sobre las bacterias gram positivas. Los Lactobacillus spp, producen bacteriocinas.	El ahumado de pescado y carne y algunos tipos de fermentación producen sustancias antimicrobianas, incluyendo bacteriocinas como nisina, antibióticos y otros inhibidores relacionados, utilizados como probióticos, o para la preservación de productos mínimamente procesados
Estructuras biológicas	La membrana testácea de las semillas, la cubierta externa de los frutos, la cáscara de las nueces, los huevos y la piel de los animales protegen contra la entrada y subsiguiente ataque de los organismos alteradores.	Las frutas y verduras con las cubiertas lesionadas se alteran más rápido que las indemnes. El epitelio externo de los peces y de los animales, como el cerdo y el buey, resiste a la contaminación y deterioro porque se desecan más rápido que las recién cortadas.	Los microorganismos aprovechan la presencia de soluciones de continuidad entre el exterior y el interior del alimento para entrar y utilizar los nutrientes presentes.	Se debe propender por el mantenimiento de las estructuras biológicas intactas. El daño puede ser por maduración de las plantas, maltrato físico durante la cosecha, manejo, transporte, almacenaje, por invasión de insectos o preparación de los alimentos o el hombre mismo

FACTORES	CARACTERÍSTICAS	RELACIÓN CON LOS ALIMENTOS	RELACIÓN CON LOS MICROORGANISMOS	USO COMO ESTRATEGIA DE CONTROL
<p>Tomado y adaptado de: Jay et al., Microbiología moderna de los alimentos (Jay, Loessner, & Golden, 2009) y FDA. Evaluation and definition of potentially hazardous foods. Chapter 3. Factors that influence microbial growth (FDA Food and drug administration, 2016)</p>				

Cuadro 4. Factores extrínsecos que influyen en el crecimiento y/o supervivencia microbiana en los alimentos

FACTORES	CARACTERÍSTICAS	RELACIÓN CON LOS ALIMENTOS	RELACIÓN CON LOS MICROORGANISMOS	USO COMO ESTRATEGIA DE CONTROL
Temperatura de almacenamiento	La temperatura más baja para el crecimiento de los microorganismos es de -34°C y la más alta supera los 90 °C.	Las carnes, pescados, aves, huevos y otros alimentos conservados en frío pueden ser alterados por los psicrófilos.	Psicrófilos en los alimentos: Alcalígenes, Pseudomonas y Streptococcus. Streptococcus faecalis, Listeria monocytogenes y Yersinia enterocolitica son psicrotrofas, bacterias mesófilas que crecen en los límites de la psicrófila. Aspergillus, Cladosporium y Thamnidium, crecen a temperaturas de refrigeración. Las levaduras pueden ser psicrófilas y mesófilas, pero generalmente no termófilas. Esporulados: Bacillus y Clostridium que resisten altas temperaturas.	El éxito de la temperatura de conservación depende, de la calidad del alimento, en gran parte de la humedad relativa del medio y de la presencia o ausencia de gases, como CO ₂ y O ₃ .
Humedad relativa (HR) del ambiente	Cuando la aw de un alimento es de 0.60, se debe almacenar en condiciones que no permitan recuperar humedad a partir del aire y así prevenir la proliferación microbiana.	Pollos enteros y filetes de vaca, hortalizas y frutas insuficientemente protegidas tienden a perder su humedad relativa hacia la atmósfera, haciéndose menos apetecibles.	Alta condensación de humedad alrededor y sobre el alimento, favorece el crecimiento de los microorganismos alteradores y aún patógenos.	El uso de barreras de vapor: ceras, forros de polietileno en cajas, cajas revestidas o empaques económicos y reciclables, evita que la HR, afecte la aw del producto.
Presencia y concentración de gases en el ambiente	Los alimentos en atmósferas con porcentajes crecientes de CO ₂ , O ₂ , y O ₃ , hasta llegar alrededor del 10%, están almacenados en “atmósfera controlada” o almacenamiento c-a.	CO ₂ y O ₃ son inhibidores competitivos de la acción del etileno, retrasan el envejecimiento y las alteraciones por hongos en frutas y en la superficie de los cuartos vacunos, por largo tiempo.	Los gases actúan de dos formas: por efecto tóxico directo, o por modificación en su composición, así inhiben o favorecen el crecimiento microbiano al alterar el ambiente. O ₂ favorece las bacterias aerobias y hongos; el CO ₂ , SO ₂ y etileno las inhiben en especial a los hongos.	Las tecnologías utilizadas son: atmósfera modificada de empackado (MAP), controlada de empackado (CAP), controlada de almacenamiento (CAS), adición de CO ₂ (DAC) y almacenamiento hipobárico.

Tomado y adaptado de:
Jay et al., Microbiología Moderna de los Alimentos (Jay et al., 2009) y Hernández-Urzuá. Microbiología de los Alimentos (Hernandez-Urzuá, 2016).

Los factores implícitos resultan de la interacción de los intrínsecos y extrínsecos, están representados por las propiedades fisiológicas determinantes del tipo de flora microbiana que puede o no estar en un alimento, información fundamental para impedir o retardar el crecimiento microbiano teniendo en cuenta su ecología global, a través del diseño de estrategias para manipular aquellos de mayor incidencia en la inhibición microbiana. Dentro de estos factores están el estado fisiológico de los microorganismos ya sea que presente un daño subletal, sea viable pero no cultivable o como esporas; el grado de adaptación al sustrato, su velocidad de crecimiento y el tipo de asociaciones microbianas que se presenten sean estas de neutralidad, sinergismo o antagonismo (Hernández-Urzuá, 2016), (FDA, Food and Drug Administration, 2016).

La dificultad para recopilar numerosos valores exactos de muchas variables, hace necesario en muchos casos la construcción de modelos matemáticos para predecir el sistema de conservación más apropiado, y esto permitió el desarrollo de la microbiología predictiva, una herramienta útil para garantizar la inocuidad y calidad de un alimento. Los primeros modelos estadísticos tradicionales como el propuesto por Gompertz en 1825, se centraban en el crecimiento microbiano a diferentes niveles de pH y a_w , de temperatura y concentraciones de preservadores en un medio de laboratorio (Ray & Bhunia, 2010) y en la actualidad se puede tener acceso a través de internet a algunos modelos; siendo los comúnmente utilizados: ComBase (URL: <http://www.combase.cc/index.php/en/>), Pathogen Modeling Program (URL: <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=6788>), Growth Predictor & Perfringens Predictor (URL: <http://comicro.ifr.ac.uk/>) y Sym'Previous, que posee una base de datos integrada y un software de microbiología predictiva (URL: <http://symprevious.eu/en/>). Gracias a estas herramientas entre otras, se ha logrado predecir la actividad antimicrobiana sobre patógenos como *Salmonella* sp. y *L. monocytogenes* a partir de sustratos como pasta de curry rojo en leche de coco (Sapabguy & Yasurin, 2015), estimar la vida útil de alimentos almacenados a diferentes temperaturas con respecto al crecimiento de bacterias como el *B. cereus* (Heo, Kim, Ko, Ko & Paik, 2014) the observed data were applied to the Baranyi and Gompertz equations. The growth rate was dependent on temperature, but the effect of inoculation level on growth rate was not significant ($P > 0.05$, una técnica de modelado no lineal, denominada máquina de soporte

vectorial (SVM), y predecir la duración de la fase de latencia y el tiempo de generación de bacterias patógenas como *A. hydrophila*, con un mejor rendimiento predictivo sobre los métodos estadísticos tradicionales (Liu, Guan, & Schaffner, 2014), entre otras aplicaciones.

Microorganismos asociados a enfermedades transmitidas por alimentos

Algunos trastornos físicos son resultado del consumo de alimentos y de agua contaminados con bacterias patógenas viables (o esporas en el caso del botulismo infantil) o productos que contienen toxinas de bacterias y mohos. Con base en las características de la enfermedad, se pueden dividir de manera arbitraria, en tres grupos: intoxicación o envenenamiento, infección y toxicoinfección (Ray & Bhunia, 2010).

En la intoxicación, el cuadro clínico se debe al consumo de toxinas bacterianas preformadas o de micotoxinas, no siendo necesario que tengan células viables cuando son consumidos para que se presente la enfermedad. Los síntomas aparecen pronto y a veces solo 30 minutos después de la ingestión, excepto con las micotoxinas y no hay fiebre. Los microorganismos asociados a intoxicaciones son el *S. aureus* que produce una enterotoxina termoestable en productos generalmente manipulados por varias personas o expuestos a temperaturas inadecuadas (César et al., 2015) y el *Cl. botulinum* que secreta una neurotoxina en frutas y verduras poco ácidas, pescados fermentados y conservas caseras elaboradas a partir de materia prima contaminada con las esporas (Sevenier, Delannoy, André, Fach & Remize, 2012).

En la infección, la enfermedad es el resultado del consumo de alimentos y agua contaminados por bacterias o virus enteropatógenos, que estén viables con capacidad de establecerse y multiplicarse en el tracto digestivo del consumidor. Por lo regular, los síntomas ocurren después de 24 horas, lo que depende del patógeno, que puede ser o no de naturaleza entérica. Los síntomas entéricos son locales, se deben a infección del tracto digestivo y al efecto de las toxinas, incluyen dolor abdominal, diarrea algunas veces acompañada de sangre, náusea, vómito y fiebre; causada por *Salmonella*, *Shigella*, *E.coli* enteropatógena (EPEC), *V. parahaemolyticus*, *C. jejuni* y *Y. enterocolitica*. Los síntomas entéricos o no, se presentan cuando patógenos como *L.monocytogenes*, *E. coli* enterohemorrágica (EHEC), *V.*

vulnificus y virus de la hepatitis A, o sus toxinas pasan por el intestino, pero dependen de qué otros órganos o tejidos internos invaden o afectan, y van acompañados de fiebre (Ray & Bhunia, 2010; Varela, Pérez-Lavalle & Estrada-Alvarado, 2016). Los alimentos asociados están relacionados con contaminación fecal-oral, en especial vegetales contaminados por aguas servidas; las salmonelosis con carnes de aves y huevos más que todo, y la EHEC, con los productos cárnicos más que todo de origen bovino (FDA, 2012).

Por último, en la toxicoinfección, los problemas de salud son por la ingestión de un gran número de células viables de bacterias patógenas presentes en agua y alimentos contaminados, las cuales esporulan, colonizan o mueren y liberan toxinas responsables de los síntomas de la gastroenteritis, como el *C. perfringens*, *B. cereus*, *V. cholerae* y *E. coli* enterotoxigénica (ETEC), en mayor concentración que los de la flora que causa infecciones. Los alimentos asociados son diversos; en el caso de *C. perfringens* y ETEC están aquellos contaminados con materia fecal como productos cárnicos y vegetales; *V. cholerae* con heces de enfermos que contaminan aguas, aguas salobres o productos de origen marinos y *B. cereus*, principalmente en cereales o vegetales contaminados con las esporas (Hernandez-Urzuva, 2016; Ray & Bhunia, 2010; FDA, 2012).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que, en países en desarrollo, las ETA son la principal causa de morbilidad, asociadas a una carga socio-económica significativa y alrededor del 70% de las diarreas es por la ingesta de alimentos contaminados (Guerrero, 2016), lo que hace de la inocuidad alimentaria un tema universal.

En Europa, en el 2013, se presentaron 4196 brotes de origen alimentario, dando lugar a 43183 seres humanos infectados, 5946 hospitalizaciones y 11 muertes. En los Estados Unidos, se estima que 9.4 millones de episodios de ETA ocurren cada año, junto con 55961 hospitalizaciones y 1351 muertes. Hay un aumento significativo en la aparición de las ETA debido a las nuevas tendencias nutricionales que apoyan el consumo de comida cruda y fresca, productos secos y los ingredientes exóticos (Martinović et al., 2016). En Europa, la mayoría de los brotes del 2012 fueron por *Salmonella*, toxinas bacterianas, virus y *Campylobacter*, en Estados Unidos en 2013 las causaron en su orden, *Salmonella*, *Campylobacter*, *Shigella*, *E.*

coli, productora de toxina shiga (STEC) O157, *Vibrio*, *Yersinia* y *Listeria* (Soto-Varela et al., 2016).

En Colombia, los agentes etiológicos identificados en brotes de ETA en 2010 fueron *Staphylococcus* coagulasa positiva, *E. coli* y *Salmonella* spp.; bacterias establecidas en la normativa nacional para los diferentes tipos de alimentos; no obstante, se demostró la presencia de otras bacterias, como *L. monocytogenes* y *Shigella* spp, de allí la necesidad de investigar otros patógenos (Soto-Varela et al., 2016). El Instituto Nacional de Salud (INS) de Colombia, a través del Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) hasta la semana epidemiológica 31 de 2016, registra 5670 casos de ETA; de los cuales confirmaron por clínica 2829, 1197 relacionados a algún agente etiológico y 1644 están en estudio para su clasificación final y se reportaron 14 brotes identificándose que por procedencia, Bogotá, Antioquia, Arauca, Boyacá, Barranquilla, Córdoba y Chocó registran el 74.1 % de los casos (INS, 2016), sin embargo, es poca la información sobre la realidad de las ETA.

De todas las publicaciones realizadas en Colombia durante los años 2010 a 2013 sobre análisis de alimentos se encontraron 16 artículos enfocados a la detección de los patógenos *Salmonella* spp, *L. monocytogenes*, *E. coli*, *Aeromonas* spp y *Vibrio* spp, en productos de origen animal, desde crudos, como pescado y carnes, hasta listos para el consumo; no identificándose investigaciones relacionadas con otras bacterias causantes de ETA; siendo casi todas encaminadas a la búsqueda de microorganismos en el producto final y no a lo largo de la cadena productiva (Soto-Varela et al., 2016). Ejemplo de lo anterior, es el estudio de calidad de alimentos que se venden en las calles de la ciudad de Bogotá, y de consumo masivo como hamburguesas, pizza, fritanga, arepa, jugo de naranja, fruta, ensalada de frutas y postre de leche, en donde se identificó que en su mayoría excedieron las normas microbiológicas vigentes para aerobios mesófilos, coliformes totales y fecales, lo que los califica con riesgo sanitario alto (Campuzano, Mejía-Flórez, Madero-Ibarra & Pabón-Sánchez, 2015).

Monitoreo

Es bien sabido, que la presencia de microorganismos en los alimentos, no significa necesariamente un peligro para el consumidor o una calidad inferior en estos productos, sin embargo, por el hecho que la mayoría de los

estudios se han realizado sobre productos finales, es necesario evaluar a lo largo del proceso o sea, desde la materia prima hasta el producto final, de igual forma identificar si hubo problemas durante el procesamiento a nivel de equipos, ambiente, operarios y empaques, y para lo cual se hace uso de los recuentos de indicadores y la búsqueda de la presencia o ausencia de patógenos.

El examen microbiológico rutinario para detectar patógenos y sus toxinas no es practicable en muchos laboratorios; no obstante, es imperativo realizarlos siempre que la información epidemiológica o de otro tipo que se disponga, sugiera o haga pensar en la presencia de un agente específico en un determinado alimento.

En la normatividad colombiana publicada por el INVIMA (<https://www.invima.gov.co>) y el ICONTEC (<https://www.icontec.org>), según el tipo de alimentos, en el examen microbiológico rutinario incluye cultivo y recuento de indicadores por gramo o mililitro de aerobios mesófilos, coliformes totales, *E. coli*, esporas de *Clostridium* sulfito reductor, mohos y levaduras, *Staphylococcus* coagulasa positivos y *Bacillus cereus*, información que permite concluir sobre la calidad de la materia prima, los procedimientos de limpieza, la efectividad del tratamiento térmico recibido, las prácticas del manipulador, las condiciones de almacenamiento y en especial la posibilidad de presencia de aquellos de origen fecal (Nerín et al., 2016). También se hace necesario el aislamiento e identificación en 25 gramos de muestra de *Salmonella* spp, *V. cholerae*, *E. coli* 0157:H7 y del patógeno oportunista, *L. monocytogenes*, una bacteria psicrotrofa capaz de causar graves infecciones en los seres humanos. La *L. monocytogenes* ha sido aislada en canales de cerdo (76%) , cortes de carne (5%) y derivados como chorizo (3%), salchicha (6%) y jamón (5%), siendo de interés los dos últimos, debido a que su consumo se da sin tratamiento térmico previo (Gamboa-Marín, Buitrago, Pérez-Pérez & Mercado, 2012), ganando importancia en la industria alimentaria ya que se detectó en 138 (10.4%) manipuladores de establecimientos de leches, cárnicos y sus derivados en varios departamentos de Colombia, encontrándose una asociación estadísticamente significativa entre su presencia y el grado de conocimiento y aplicación de prácticas de limpieza y desinfección (Barbosa et al., 2015).

En el agua potable excepto la envasada, la Resolución 2115, exige la determinación de coliformes, *E. coli*, quistes de *Giardia* y *Cryptosporidium*,

así como el uso de pruebas complementarias como el recuento de aerobios mesófilos, todo ello por 100 mL de agua (Resolución 2115, 2007). Del agua envasada, la Resolución 12186, establece la detección por pruebas de presencia ausencia en 100 mL de coliformes totales, coliformes fecales y *P. aeruginosa* y como complementaria, el recuento de aerobios mesófilos (Resolución 12186, 1991).

Adicional a los métodos tradicionales, están los rápidos que buscan acortar el tiempo de respuesta, uno de los retos objeto de mayores innovaciones tecnológicas, como la citometría de flujo que permite la detección de patógenos y otros microorganismos contaminantes sin necesidad de hacer cultivos de modo que la muestra puede ser analizada directamente (Juzwa & Czaczyk, 2012) including methods requiring cultivation step. It enables the detection of pathogens and other microorganisms contaminants without the need to culture microbial cells meaning that the sample (water, waste or food e.g. milk, wine, beer, y las ómicas de alimentos “foodomics” que ofrecen considerables oportunidades para evaluar la producción, efectuar y monitorear la calidad e inocuidad de los alimentos, en especial para detectar *L. monocytogenes* (Bird et al., 2015) , *E. coli* O157, *Helicobacter pylori*, *Salmonella* y *Campylobacter* spp (Alves, Marques, Pereira, Hirooka, & De Oliveira, 2012), que representan una seria amenaza para la salud pública mundial (Martinović et al., 2016).

Estas herramientas “ómicas” permiten el estudio de los patógenos y de los alimentos que están contaminados con agentes microbianos y sus toxinas, suministran información confiable sobre sus actividades durante la infección, los brotes y periodos de recuperación. Son efectivas para identificar marcadores celulares del comportamiento adaptativo de los patógenos bajo condiciones de estrés y de contaminación microbiana, y comprenden la genómica, transcriptómica, proteómica, metabolómica y lipidómica (Giacometti & Josic, 2013) y aunque se han evaluado sus ventajas y limitaciones (Palomino-Camargo & González-Muñoz, 2014), es continuo su estudio para ofrecer técnicas que permitan evaluar no solo el producto final, sino el proceso de elaboración de los alimentos.

En Colombia como en otros países, en los últimos años ha crecido el número y variedad de los alimentos que se sirven al público en restaurantes, comedores, supermercados, hospitales, guarderías, ventas callejeras y aún en nuestras casas, además, cada día es mayor el número de personas que

comen fuera de casa. Esto, sumado al incremento objetivo del número de casos de ETA, los cambios en los sistemas de producción debido a la elevada presión por parte de las empresas procesadoras de alimentos por conseguir altos rendimientos, la agricultura y ganadería “orgánica”, el aumento en el comercio internacional, la aparición de nuevos productos debido a las exigencias del público como los deportistas y de la población vulnerable como ancianos, infantes, inmunosuprimidos y embarazadas, los malos hábitos en la cocina y, un incremento por parte de la población, las empresas procesadoras de alimentos y las instituciones reguladoras en la percepción del riesgo que implica el consumo de alimentos no inócuos, ha motivado el desarrollo actual de estrategias para controlar a lo largo de las etapas del procesamiento, los diferentes peligros y factores de riesgo asociados en especial los microbiológicos, a fin de garantizar el consumo de productos de buena calidad tanto desde el punto de vista comercial como sanitario; situación que no solo es una obligación, sino una cuestión de inversión, puesto que si un turista se enferma, no regresará al país y a la vez lo desprestigiará. Y, aunque en Colombia hay legislación vigente y en algunos casos aplicable, esta no es suficiente, y en ocasiones no hay leyes específicas como sucede con las setas comestibles; todos los días aparecen patógenos emergentes que no se sabe si están asociadas a abortos espontáneos o a enfermedades que antes eran de baja prevalencia y que cuando hay casos o brotes de ETA, se identifica un subregistro porque los realmente enfermos asisten a consulta, con el agravante que la clínica es la que define el diagnóstico, siendo pocos los confirmados y no dándosele verdadera importancia a los patógenos responsables.

A toda esta problemática, hay que agregar que muchas de las pruebas para el estudio microbiológico aprobadas, se centran en la búsqueda de indicadores y patógenos en etapa final y no durante el proceso, con resultados en 3, 4 y más días, por lo que es una gran necesidad contar con nuevas tecnologías rápidas, mejores y más accesibles. Existen en el mercado métodos rápidos, pero en su mayoría son costosos o no se aceptan como pruebas de referencia, sin embargo, cada vez son más utilizadas, aun cuando por lo general se usan acompañadas de las pruebas tradicionales, porque el objetivo de las empresas es garantizar la inocuidad de sus productos.

Pero hay muchos casos que requieren de una vigilancia continua por parte de las entidades reguladoras, con posibilidades siempre limitadas, para controlar todos los alimentos que se fabrican o expendien, en especial aquellos

que se ha demostrado son mal manejados en sitios donde el consumidor accede de manera directa, con el riesgo que esto conlleva para la salud, quien es importante en toda la cadena alimenticia, por tanto debe exigir calidad, aprender a adquirir y dar manejo adecuado a lo que consume, para lo cual la educación es esencial.

Conclusión

Por todo lo anterior, es imperioso que en el siglo XXI, se vea fortalecido el trabajo mancomunado en el marco de un compromiso serio por parte de todos los protagonistas que participan desde la adquisición, transporte, recepción, almacenamiento, preparación previa y preparación final hasta el servido y/o venta, todo de la mano de una estrecha vigilancia por parte de los entes reguladores, a fin de reducir la posibilidad de contaminación de los alimentos y así, garantizar productos inocuos, ayudando a la reducción de los casos de ETA, todo ello con el impacto que tiene sobre la salud y la economía de los países.

Referencias

- Al-Nabulsi, A. A., Olaimat, A. N., Osaili, T. M., Ayyash, M. M., Abushelaibi, A., Jaradat, Z. W., ... Holley, R. A. (2015). Behavior of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* during fermentation and storage of camel yogurt. *Journal of Dairy Science*, 1–10. <http://doi.org/10.3168/jds.2015-9872>
- Alves, J., Marques, V. V., Pereira, L. F. P., Hirooka, E. Y., & De Oliveira, T. C. R. M. (2012). Multiplex PCR for the detection of *Campylobacter* spp. and *Salmonella* spp. in chicken meat. *Journal of Food Safety*, 32(3), 345–350. <http://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2012.00386.x>
- Asiegbu, C. V., Lebelo, S. L., & Tabit, F. T. (2016). The food safety knowledge and microbial hazards awareness of consumers of ready-to-eat street-vended food. *Food Control*, 60, 422–429. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.08.021>
- Barbosa, A. V., Cerqueira, A. de M. F., Rusak, L. A., dos Reis, C. M. F., Leal, N. C., Ernesto, H., & Vallim, D. C. (2015). Characterization of epidemic clones of *Listeria monocytogenes* serotype 4b isolated from

- humans and meat products in Brazil. *Journal of Infection in Developing Countries*, 9(9), 962–969. <http://doi.org/10.3855/jidc.5639>
- Bejarano-Roncancio, J. J., & Castillo-Quiroga, Y. M. (2013). Major microbiological contaminants in infant milk formulas 1. *CienciaUAT*, 25(1), 42–48. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bejarano-Roncancio, J. J., & Suarez- Latorre, L. M. (2015). del consumo de los alimentos de, 47(3), 349 –360. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v47n3-2015011>
- Bird, P., Flannery, J., Crowley, E., Agin, J., Goins, D., Monteroso, L., ... Bastin, B. (2015). Evaluation of 3M (TM) molecular detection assay (MDA) *Listeria monocytogenes* for the detection of *Listeria monocytogenes* in selected foods and environmental surfaces: Collaborative study, first action 2014.07. *Journal of AOAC International*, 98(4), 980–992. <http://doi.org/10.5740/jaoacint.15-031>
- Blanco-Ríos, F. A., Casadiego-Ardila, G., & Pacheco, P. a. (2011). Calidad microbiológica de alimentos remitidos a un laboratorio de salud pública en el año 2009. *Revista de Salud Pública*, 13(6), 953–965. <http://doi.org/10.1590/S0124-00642011000600008>
- Blankson, G. K., & Mill-Robertson, F. C. (2016). Aflatoxin contamination and exposure in processed cereal-based complementary foods for infants and young children in greater Accra, Ghana. *Food Control*, 64, 212–217. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.12.032>
- Bokulich, N. A., Lewis, Z. T., Boundy-Mills, K., & Mills, D. A. (2016). A new perspective on microbial landscapes within food production. *Current Opinion in Biotechnology*, 37, 182–189. <http://doi.org/10.1016/j.copbio.2015.12.008>
- Burke, T., Young, I., & Papadopoulos, A. (2016). Assessing food safety knowledge and preferred information sources among 19-29 year olds. *Food Control*, 69, 83–89. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.04.019>
- Campdepadrós, M., Stchigel, A. M., Romeu, M., Quilez, J., & Solá, R. (2012). Effectiveness of two sanitation procedures for decreasing the microbial contamination levels (including *Listeria monocytogenes*) on food contact and non-food contact surfaces in a dessert-processing factory. *Food Control*, 23(1), 26–31. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.05.017>

- Campuzano, S., Flórez, D. M., Ibarra, C. M., & Sánchez, P. P. (2015). Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá DC. *Nova*, 13(23), 68–72. Retrieved from www.scielo.org.co/pdf/nova/v13n23/v13n23a08.pdf
- Carrasco, E., Morales-Rueda, A., & García-Gimeno, R. M. (2012). Cross-contamination and recontamination by *Salmonella* in foods: A review. *Food Research International*, 45(2), 545–556. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.11.004>
- Castillo, V. L., Peña, Y. P., Hernández, M. E., & Pereda, G. (2013). Especies patógenas de *Vibrio* aisladas en alimentos de origen marino, 1, 31–43. Retrieved from www.revicubalimentanut.sld.cu/Vol_23_1/Articulo_23_1_31_43.pdf
- Catellani, P., Miotti Scapin, R., Alberghini, L., Radu, I. L., & Giaccone, V. (2014). Levels of microbial contamination of domestic refrigerators in Italy. *Food Control*, 42, 257–262. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.02.025>
- César, J. G., Peres, A. M., Abreu, E. T. de, Mello, J. F. de, & Rodrigues, K. L. (2015). Microbiological assessment of lettuce salads and antimicrobial resistance of *Staphylococcus* spp, 32(5), 2280–2285. <http://doi.org/10.3305/nh.2015.32.5.9632>
- Choi, J., Norwood, H., Seo, S., Sirsat, S. A., & Neal, J. (2016). Evaluation of food safety related behaviors of retail and food service employees while handling fresh and fresh-cut leafy greens. *Food Control*, 67, 199–208. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.02.044>
- Congreso de Colombia. (23 de diciembre de 1997). Reglamenta parcialmente la ley 9 de 1979 (Decreto 3075). <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Durand, L., Planchon, S., Guinebretiere, M. H., André, S., Carlin, F., & Remize, F. (2015). Contamination pathways of spore-forming bacteria in a vegetable cannery. *International Journal of Food Microbiology*, 202, 10–19. <http://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.02.019>
- El-Kholy, A. M., El-Shinawy, S. H., Meshref, A. M. S., & Korany, A. M. (2014). Microbiological quality of domiati cheese and the influence of probiotics on the behavior of *Staphylococcus aureus* and *Esch-*

- erichia coli* O157: H7 in domiati cheese. *Journal of Food Safety*, 34(4), 396–406. <http://doi.org/10.1111/jfs.12157>
- Faour-Klingbeil, D., Todd, E. C. D., & Kuri, V. (2016). Microbiological quality of ready-to-eat fresh vegetables and their link to food safety environment and handling practices in restaurants. *LWT - Food Science and Technology*, 74, 224–233. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.051>
- FDA Food and drug administration. (2016). *Evaluation and definition of potentially hazardous foods - chapter 3. Factors that influence microbial growth*. Retrieved from <http://www.fda.gov/Food/Food-ScienceResearch/SafePracticesforFoodProcesses/ucm094145.htm>
- Fehlhaber, K., & Janetschke, P. (1995). *Higiene Veterinaria de los Alimentos* (1a edición). Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Food and Drug Administration. (2012). *Bad bug book: Handbook of Food-borne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins*. Retrieved from www.fda.gov/downloads/Food/.../BadBugBook/UCM297627.pdf
- Gamboa-Marín, A., Buitrago, S., Pérez-Pérez, K., Mercado, M. M., Poutou-Piñales, R., & Carrascal-Camacho, A. (2012). Prevalence of *Listeria monocytogenes* in pork-meat and other processed products from the Colombian swine industry. *Revista MVZ Cordoba*, 17(1), 2827–2833. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682012000100004
- Gharieb, R. M., Tartor, Y. H., & Khedr, M. H. E. (2015). Non-Typhoidal *Salmonella* in poultry meat and diarrhoeic patients: prevalence, antibiogram, virulotyping, molecular detection and sequencing of class I integrons in multidrug resistant strains. *Gut Pathogens*, 7, 34. <http://doi.org/10.1186/s13099-015-0081-1>
- Giacometti, J., & Josic, D. (2013). Foodomics in microbial safety. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 52, 16–22. <http://doi.org/10.1016/j.trac.2013.09.003>
- Gomes, S., Dias, L. G., Moreira, L. L., Rodrigues, P., & Estevinho, L. (2010). Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, 48(2), 544–548. <http://doi.org/10.1016/j.fct.2009.11.029>

- Grassi, M. A., Nucera, D., Lomonaco, S., & Civera, T. (2013). Growth potential of *Listeria monocytogenes* in fresh sauces for pasta. *Food Control*, 30(1), 288–291. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.07.016>
- Guerrero, J. A. (2016). Enfermedades Transmitidas por alimentos. Protocolo de vigilancia en salud pública. *Instituto Nacional De Salud*, 3–4. Retrieved from http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/sivigila/Protocolos_SIVIGILA/PRO_Enfermedades_Trans_por_alimentos.pdf.
- Haghi, F., Zeighami, H., Naderi, G., Samei, A., Roudashti, S., Bahari, S., & Shirmast, P. (2015). Detection of major food-borne pathogens in raw milk samples from dairy bovine and ovine herds in Iran. *Small Ruminant Research*, 131, 136–140. <http://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.08.005>
- Haghighat-Afshar, N., Fakhernia, M., Hassanzadazar, H., Teymori, R., Bolouki, M., Korepaz, A., ... Bahmani, M. (2014). Evaluation of microbial contamination of produced juice and concentrate in West Azarbaijan Province, north west of Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 4(Suppl 2), S830–S832. [http://doi.org/10.1016/S2222-1808\(14\)60736-2](http://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60736-2)
- Haileselassie, M., Taddele, H., & Adhana, K. (2012). Source (s) of contamination of “ raw ” and “ ready -to- eat ” foods and their public health risks in Mekelle City, Ethiopia. *Journal of Food and Agriculture Science*, 2(February), 20–29. <http://doi.org/10.5897/ISAAB-JFAS11.030>
- Hassan, A., Farouk, H., Hassanein, F., & Abdul-Ghani, R. (2011). Currency as a potential environmental vehicle for transmitting parasites among food-related workers in Alexandria, Egypt. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 105(9), 519–524. <http://doi.org/10.1016/j.trstmh.2011.05.001>
- Havelaar, A. H., Brul, S., de Jong, A., de Jonge, R., Zwietering, M. H., & ter Kuile, B. H. (2010). Future challenges to microbial food safety. *International Journal of Food Microbiology*, 139(SUPPL. 1), S79–S94. <http://doi.org/doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2009.10.015>
- Heo, C., Kim, H. W., Ko, K. Y., Kim, K. T., & Paik, H. D. (2014). Estimation of Shelf Life with Respect to *Bacillus cereus* Growth in Tteokgalbi

- at Various Temperatures Using Predictive Models. *Journal of Food Safety*, 34(4), 283–291. <http://doi.org/10.1111/jfs.12124>
- Hernandez-Urzua, M. A. (2016). *Microbiología de los Alimentos. Fundamentos y aplicaciones en Ciencias de la Salud* (1a edición). México D.F., México: Editorial Médica Panamericana S.A.
- Instituto Nacional de Salud. (2016). Enfermedades no transmisibles. *Boletín Epidemiológico Semanal*, 1–5. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Jay, J., Loessner, M., & Golden, D. (2009). *Microbiología Moderna de los alimentos* (5a edición). Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Jiménez-Edeza, M., Chaidez-Quiroz, C., & León-Félix, J. (2012). Calidad microbiológica de carne de res comercializada en el mercado municipal de Culiacán, Sinaloa. *Veterinaria Mexico*, 43(4), 273–284. Retrieved from www.scielo.org.mx/pdf/vetmex/v43n4/v43n4a2.pdf
- Józwa, W., & Czaczyk, K. (2012). Flow cytometric analysis of microbial contamination in food industry technological lines - initial study. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 11(2), 111–119. Retrieved from <http://www.food.actapol.net/volume11/issue2>
- Liguori, G., Cavallotti, I., Arnese, A., Amiranda, C., Anastasi, D., & Angelillo, I. F. (2010). Microbiological quality of drinking water from dispensers in Italy. *BMC Microbiology*, 10(19), (26 January 2010). <http://doi.org/Artn 19rDoi 10.1186/1471-2180-10-19>
- Liu, J., Guan, X., & Schaffner, D. W. (2014). Prediction of the Growth Behavior of *Aeromonas hydrophila* Using a Novel Modeling Approach: Support Vector Machine. *Journal of Food Safety*, 34(4), 292–299. <http://doi.org/10.1111/jfs.12125>
- Martinovi, T., Andjelkovi, U., Gajdošik, M. Š., Rešetar, D., & Josi, D. (2016). Foodborne pathogens and their toxins. *Journal of Proteomics*. <http://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.04.029>
- Masana, M. O. (2015). Factores impulsores de la emergencia de peligros biológicos en los alimentos Drivers for the emergence of biological hazards in foods. *Revista Argentina de Microbiología*, 47(1), 1–3. <http://doi.org/10.1016/j.ram.2015.01.004>
- Medeiros, M. A. N., Oliveira, D. C. N., Rodrigues, D. D. P., & Freitas, D. R. C. De. (2011). Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonel-*

- la in chicken carcasses at retail in 15 Brazilian cities. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 30(6), 555–560. <http://doi.org/10.1590/S1020-49892011001200010>
- Mekonen, Y. M., & Melaku, S. K. (2014). Significance of HACCP and SSOP in Food Processing Establishments. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 9(2), 121–126. <http://doi.org/10.5829/idosi.wjdfs.2014.9.2.84199>
- Mercado, M., Avila, J., Rey, M., Montoya, M., Gamboa, A., Carrascal, A. K., & Correa, D. X. (2012). Brotes por *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes* asociados al consumo de pollo. Revisión sistemática de la literatura. *Biomédica*, 32(3), 375–385. <http://doi.org/10.7705/biomedica.v32i3.697>
- Ministerio de Salud. (2011). Análisis microbiológico de los alimentos. *Red Nacional de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos*, 1–175. Retrieved from http://www.anmat.gov.ar/renaloa/docs/analisis_microbiologico_de_los_alimentos_vol_i.pdf
- Ministerio de Salud (20 de septiembre de 1991). Condiciones para los procesos de obtención, envasado y comercialización de agua potable con destino a consumo humano (Resolución 12186). Retrieved from https://www.invima.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=510:resolucion-12186-septiembre-201991&catid=304:resolucion-1999&Itemid=2135
- Ministerio de Salud de Colombia. (18 de enero del 2002). Aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de control crítico - HACCP en las fábricas de alimentos, (Decreto 60). DO 44686.
- Ministerio de Salud y Protección Social (11 de marzo de 2015). (n.d.). Clasificación de los alimentos para consumo humano (Resolución 0719). Retrieved from <https://www.invima.gov.co/resoluciones-en-alimentos/resoluciones/alimentos/resolucion-0719-de-2015-pdf/download.html>.
- Ministerio de Salud y Protección Social (12 de marzo de 2014). Reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los importadores y exportadores de alimentos (Decreto 539). Retrieved from <https://www.invima.gov.co/normatividad/decretos/decretos/alimentos/decreto-539-de-2014-pdf/download.html>.

- Ministerio de Salud y Protección Social (22 de julio del 2013). Reglamenta el artículo 126 del Decreto-ley 019 de 2012 (Resolución 2674). Retrieved from <https://www.invima.gov.co/resoluciones-en-alimentos/resoluciones/alimentos/resolucion-2674-2013-pdf/download.html>.
- Ministerio de Salud y Protección Social (25 de marzo de 2014). Modifica el artículo 21 del decreto 539 de 2014 (Decreto 590). DO: 49103.
- Ministerios de la Protección Social y de Ambiente vivienda y desarrollo territorial (22 de junio de 2007). Vigilancia para la calidad del agua para consumo humano (Resolucion 2115). DO: 46679.
- Mizan, M. F. R., Jahid, I. K., & Ha, S. Do. (2015). Microbial biofilms in seafood: A food-hygiene challenge. *Food Microbiology*, 49, 41–55. <http://doi.org/10.1016/j.fm.2015.01.009>
- Møller, C. O. A., Sant'Ana, A. S., Hansen, S. K. H., Nauta, M. J., Silva, L. P., Alvarenga, V. O., ... Hansen, T. B. (2016). Evaluation of a cross contamination model describing transfer of *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* during grinding of pork and beef. *International Journal of Food Microbiology*, 226, 42–52. <http://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.03.016>
- Monge, C., Chaves, C., & Arias, M. L. (2011). Comparación de la calidad bacteriológica de la lechuga (*Lactuca sativa*) producida en Costa Rica mediante cultivo tradicional, orgánico o hidropónico. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 61(1), 69–73. Retrieved from http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222011000100009
- Nayak, D. N., Savalia, C. V., Kalyani, I. H., Kumar, R., & Kshirsagar, D. P. (2015). Isolation, identification, and characterization of *Listeria* spp. from various animal origin foods. *Veterinary World*, 8(6), 695–701. <http://doi.org/10.14202/vetworld.2015.695-701>
- Nerín, C., Aznar, M., & Carrizo, D. (2016). Food contamination during food process. *Trends in Food Science and Technology*, 48, 63–68. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.12.004>
- Oliveira, J., Cunha, A., Castilho, F., Romalde, J. L., & Pereira, M. J. (2011). Microbial contamination and purification of bivalve shellfish: Crucial aspects in monitoring and future perspectives - A mini-review. *Food Control*, 22(6), 805–816. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.11.032>

- Oyeyemi, O. T., Agbaje, M. O., & Okelue, U. B. (2016). Food-borne human parasitic pathogens associated with household cockroaches and houseflies in Nigeria. *Parasite Epidemiology and Control*, 1(1), 10–13. <http://doi.org/10.1016/j.parepi.2015.10.001>
- Palomino-Camargo, C., & González-Muñoz, Y. (2014). Molecular techniques for detection and identification of pathogens in food: advantages and limitations. *Revista Peruana de Medicina Experimental Y Salud Pública*, 31(3), 535–546. Retrieved from http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342014000300020&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Pla, M. L., Oltra, S., Esteban, M. D., Andreu, S., & Palop, A. (2015). Comparison of Primary Models to Predict Microbial Growth by the Plate Count and Absorbance Methods. *BioMed Research International*, 2015. <http://doi.org/10.1155/2015/365025>
- Rajkovic, A., Smigic, N., & Devlieghere, F. (2010). Contemporary strategies in combating microbial contamination in food chain. *International Journal of Food Microbiology*, 141(SUPPL.), S29–S42. <http://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.12.019>
- Ray, B., & Bhunia, A. K. (2010). *Fundamentos de Microbiología de los Alimentos* (4a Edición). México D.F, México: Mc Graw Hill.
- Sánchez, J., Correa, M., & Castañeda-Sandoval, L. M. (2016). *Bacillus cereus* un patógeno importante en el control microbiológico de los alimentos. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 34(2). <http://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v34n2a12>
- Sapabguy, C., & Yasurin, P. (2015). Natural antibacterial activity of Thai Red Curry paste in Coconut Milk based Curry ; Kang-Kati , model on *Salmonella* sp . and *Listeria monocytogenes*, 12(5), 473–480. <http://doi.org/doi:10.14456/WJST.2015.82>
- Sevenier, V., Delannoy, S., André, S., Fach, P., & Remize, F. (2012). Prevalence of *Clostridium botulinum* and thermophilic heat-resistant spores in raw carrots and green beans used in French canning industry. *International Journal of Food Microbiology*, 155(3), 263–268. <http://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.02.009>
- Shale, K., Mukamugema, J., Lues, R., J., & Venter, P. (2014). Possible microbial and biochemical contaminants of an indigenous banana

- beer “Urwagwa”: A mini review. *African Journal of Food Science*, 8(7), 376–389. <http://doi.org/10.5897/AJFS12.134>
- Soto-Varela, Z., Pérez-Lavalle, L., & Estrada-Alvarado, D. (2016). Bacterias causantes de enfermedades transmitidas por alimentos : una mirada en colombia Bacteria causing of foodborne diseases : an overview at colombia, 32(1), 105–122. Retrieved from www.redalyc.org/pdf/817/81745985010.pdf
- Tirado, M. C., Clarke, R., Jaykus, L. A., McQuatters-Gollop, A., & Frank, J. M. (2010). Climate change and food safety: A review. *Food Research International*, 43(7), 1745–1765. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.003>
- Van Bossuyt, M., Van Hoeck, E., Vanhaecke, T., Rogiers, V., & Mertens, B. (2016). Printed paper and board food contact materials as a potential source of food contamination. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 81(1935), 10–19. <http://doi.org/10.1016/j.yrtph.2016.06.025>
- Van Doren, J. M., Neil, K. P., Parish, M., Gieraltowski, L., Gould, L. H., & Gombas, K. L. (2013). Foodborne illness outbreaks from microbial contaminants in spices, 1973-2010. *Food Microbiology*, 36(2), 456–464. <http://doi.org/10.1016/j.fm.2013.04.014>
- Venturini, M. E., Reyes, J. E., Rivera, C. S., Oria, R., & Blanco, D. (2011). Microbiological quality and safety of fresh cultivated and wild mushrooms commercialized in Spain. *Food Microbiology*, 28(8), 1492–1498. <http://doi.org/10.1016/j.fm.2011.08.007>
- Webb, M., & Morancie, A. (2015). Food safety knowledge of foodservice workers at a university campus by education level, experience, and food safety training. *Food Control*, 50, 259–264. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.09.002>
- Winkelströter, L. K., Teixeira, F. B. dos R., Silva, E. P., Alves, V. F., & De Martinis, E. C. P. (2014). Unraveling Microbial Biofilms of Importance for Food Microbiology. *Microbial Ecology*, 68(1), 35–46. <http://doi.org/10.1007/s00248-013-0347-4>
- Wu, X., & Su, Y. C. (2014). Growth of *Staphylococcus aureus* and enterotoxin production in pre-cooked tuna meat. *Food Control*, 42, 63–70. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.01.039>

- Yoon, Y., Lee, S., & Choi, K.-H. (2016). Microbial benefits and risks of raw milk cheese. *Food Control*, 63, 201–215. <http://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.11.013>
- Zhang, Y., Tan, G., & Qu, W. (2015). Application of Hazard Analysis and Critical Control Point in quality of mineral water for athletes, 7(3), 136–143. Retrieved from [chimie-biologie.ubm.ro/carpathian_journal/Vol_7\(3\)_2015.pdf](http://chimie-biologie.ubm.ro/carpathian_journal/Vol_7(3)_2015.pdf)