

LA SEGURIDAD EN LA CADENA AGROALIMENTARIA DE LA CARNE: PROBLEMÁTICAS, ESTRATEGIAS Y POSIBLES SOLUCIONES PRE-FAENA

FRIZZO, L.S.^{1,2}; ASTESANA, D.M.¹; SOTO, L.P.^{1,2}; BLAJMAN, J.E.¹;

ZBRUN, M.V.^{1,2}; SIGNORINI, M.L.^{2,4}; MARTI, L.E.²; SEQUEIRA, G.J.²

& ROSMINI, M.R.^{2,3}

RESUMEN

En la Cumbre Mundial sobre la Alimentación, celebrada en Roma en 1996, se estableció que existe Seguridad Alimentaria cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades y preferencias alimentarias para desarrollar una vida activa y sana. Desde aquella fecha se ha trabajado intensamente para que esa definición se haga realidad. No obstante siguen siendo numerosos los episodios en los que la seguridad de los alimentos falla y se afecta la salud y el bienestar de las personas, incluso hasta la propia vida. Surge entonces la pregunta: ¿cuáles son los factores que facilitan la aparición de las causas que producen los fallos en la seguridad alimentaria? Son numerosos y variados los factores que predisponen la aparición de los fallos en la seguridad alimentaria, no todos se presentan al mismo tiempo y, en general, están directamente asociados a las condiciones sociales que se imponen en cada región geográfica. Esta diversidad asociada a la cultura, el desarrollo económico y la accesibilidad a las diferentes formas del conocimiento, facilitan que los fallos se produzcan sin distinciones de poder adquisitivo, estrato social o región geográfica. Toda la población está potencialmente expuesta a ser víctima de un fallo en la seguridad de los alimentos que consume. El origen del problema radica en el complejo sistema de provisión de alimentos que impera en la actualidad, en el cual el consumidor es un actor pasivo del proceso de obtención, transformación, preparación y fiscalización de la calidad de los alimentos que ingiere. Toda la responsabilidad, de la calidad y la inocuidad del alimento, descansa en una cadena productiva y en los manipuladores que intervienen en cada uno de los eslabones. La educación y la capacitación específica de los manipuladores, así

¹Laboratorio de Análisis de Alimentos, Instituto de Ciencias Veterinarias del Litoral, Consejo Nacional del Investigaciones Científicas y Técnicas (ICIVET-CONICET/UNL);

²Departamento de Salud Pública, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Litoral;

³Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Córdoba;

⁴Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ruta 34 km 227, (2300) Rafaela.

Manuscrito recibido el 6 de diciembre de 2013 y aceptado para su publicación el 24 de febrero de 2014.

L. Frizzo *et al.*

así como el desarrollo de estrategias de prevención e intervención en cada uno de los eslabones de la cadena agroalimentaria constituyen las fuerzas de control más eficaces para lograr la seguridad de los alimentos. El estudio de las características especiales de cada cadena, en particular sus factores de riesgo potencial frente a los agentes nocivos específicos, resulta esencial para el desarrollo de estrategias de prevención y remediación sustentadas en el conocimiento científico. Estas estrategias se deben diseñar a partir de las condiciones de producción, cuidando la sustentabilidad de las fuentes productivas y compatibilizando la producción con el cuidado del ambiente natural. Resulta, además, determinante la participación y compromiso de todo el personal involucrado en los encadenamientos productivos lo cual se podrá lograr si, a través de la formación, los manipuladores comprenden la complejidad del sistema productor de alimentos y el enfoque de cadenas productivas. En esta revisión se plantea la problemática de la Seguridad Alimentaria, enfocándolo desde una visión sistémica y de procesos que deben ser diseñados y desarrollados con una misma meta: la inocuidad alimentaria. Los argumentos se sustentan mostrando los resultados obtenidos en trabajos de análisis de riesgos realizados en distintas cadenas productivas de alimentos y los resultados obtenidos en distintas estrategias de intervención en diferentes eslabones de las cadenas agroalimentarias.

Palabras clave: inocuidad de alimentos, seguridad alimentaria, patógenos transmitidos por los alimentos, estrategias de intervención pre-faena

SUMMARY

At the World Summit on Food Security held in Rome in 1996, it was established that food security exists when all people, at all times, have physical and economic access to sufficient, safe and nutritious food to satisfy their dietary needs and food preferences for developing active and healthy life. Since that time, hard work has been realized to make that this idea can be realized. However there are many episodes in which food safety failure and the health, wellbeing of people and even the life itself are affected. The question then arises: what are the factors that facilitate the emergence of failure causes in food safety? Factors that predispose to failures on food security are many and varied. These factors do not occur at the same time and, in general, are directly linked to the social conditions that prevail in each geographic region. This diversity related to culture, economic development and accessibility to different forms of knowledge, facilitate the failures occur without distinction of purchasing power, social status or geographic region. The entire population is potentially exposed to be a victim of a failure in the safety of food they consume. The origin of the problem lies in the complex food supply system that prevails today, in which the consumer is a passive actor in the process of obtaining, processing, preparation and monitoring of the quality of the food. All responsibility, quality and food safety rests in the productive chain and handlers involved in each of the links. Education and training of handlers and the development of prevention and intervention strategies in each of the links in the food chain are the most effective control forces to achieve food security. The study of the special characteristics of each chain, particularly its potential risk factors caused by specific agents, is essential for the development of prevention and remediation strategies grounded in scientific knowledge. These strategies must be designed based on the natural conditions of production, taking care sustainability of production

sources and reconciling production to preserving the natural environment. Also the participation and commitment of all staff involved in the production linkages is crucial, which can be achieved if, through training, handlers understand the complexity of the food producer and the production chain approach. In this review the issue of food security is raised, approaching it from a systemic vision and of processes that must be designed and developed with one goal: food safety. The arguments are based on showing the results of risk analysis work performed in various productive food chains

Key words: food security, food safety, foodborne pathogens, pre-slaughterhouse strategies.

La problemática de la Seguridad Alimentaria

La alimentación del hombre es una cuestión social que lo ha acompañado en su evolución desde sus orígenes, no solo por la necesidad básica de cubrir los propios requerimientos biológicos, sino como la llave de su progreso, evolución, desarrollo económico y hasta factor de poder.

En sus orígenes primitivos, como nómades cazadores y recolectores, los individuos se ocupaban personalmente de su alimentación eligiendo, entre la oferta que presentaba la naturaleza, aquellos ejemplares y porciones que, basado en sus conocimientos, reconocía como los más aptos y adecuados para satisfacer sus necesidades. Cada individuo era responsable de su alimentación, a la cual destinaba gran parte de su tiempo y en la que ejercía todas las funciones desde la obtención de las materias primas hasta la ingestión del alimento (Cohen, 1989; Eaton *et al.*, 1997; de Heinzelin *et al.*, 1999; Teaford & Ungar, 2000).

Con el desarrollo de las comunidades sedentarias que aprendieron a trabajar la tierra y desarrollaron la agricultura y la ganadería, sobrevinieron importantes cambios sociales, como la distribución del trabajo y la especialización de los trabajadores en diversas tareas que no necesariamente tenían que ver con su alimentación. Este paso evolutivo fue acompañado de impor-

tantes cambios alimentarios, el desarrollo y sofisticación del arte culinario, una menor dedicación personal a las actividades propias de la alimentación e, incluso, la aparición de nuevas enfermedades e importantes cambios biológicos (Cohen, 1989; Larsen, 1995 y 2003).

La situación ha evolucionado hasta la actualidad para transformarse en un sistema de alimentación complejo, caracterizado por encadenamientos de procesos que comienzan con la obtención de materias primas y llega hasta la mesa del consumidor, atravesando etapas de transformación, estabilización, distribución y comercialización. En todas estas etapas intervienen un importante número de actores que desarrollan una gran variedad de actividades que deben estar finamente coordinadas e interrelacionadas entre sí, para poder transformar una enorme diversidad de materias primas en alimentos, los cuales son requeridos en lugares y situaciones muy disímiles.

El avance experimentado por la ciencia y la tecnología de los alimentos, a lo largo de la historia de la humanidad, ha consolidado un espacio productivo sólido y heterogéneo que moviliza enormes cantidades de divisas a través de los intercambios comerciales, muchas veces entre países, o regiones, extremadamente distantes (CEPAL, 2008; FAO, 2012).

Los alcances logrados en las comunica-

L. Frizzo *et al.*

ciones han aumentado y acelerado aún más los intercambios comerciales de alimentos, motivando el aumento de la producción de materias primas y la elaboración de productos alimenticios, muchos de ellos en formas de presentación nunca imaginadas décadas atrás. Conscientes de esto, en los países desarrollados se invierten importantes cifras de dinero en la investigación, tras la búsqueda de nuevos productos, formas de presentación, métodos de conservación, entre otros aspectos, para así obtener mayores ganancias.

El incremento que viene experimentando la población mundial, producto del aumento en el número de habitantes y en la expectativa de vida, exige la planificación de estrategias que garanticen una mayor producción en cantidad y calidad de alimentos disponibles, que den respuestas a los requerimientos en franco aumento (OMS, 2002). Esa ha sido una de las causas más importantes en el mejoramiento de la tecnología aplicada a la productividad a lo largo de la cadena alimentaria, y que ha logrado alcanzar, en gran medida, esos objetivos.

A pesar de esto, son importantes los volúmenes de alimentos decomisados e inutilizados por pérdidas de calidad, riesgo sanitario o por estar involucrados en brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAs), lo cual no se condice con los avances logrados (Gustavsson *et al.*, 2012; ONU, 2012). Las fallas que se dan en diferentes eslabones de la cadena alimentaria son variadas, caracterizándose por la responsabilidad que tienen en las mismas el recurso humano poco calificado y los elevados costos que provocan (Sequeira *et al.*, 2000).

Estas situaciones tienen un doble impacto negativo, por un lado sobre la salud

pública, al verse involucradas personas en brotes de ETAs como consecuencia de la falla en la inocuidad de alimentos (Kopper *et al.*, 2009), y por el otro lado sobre la economía, por las innumerables pérdidas de dinero ocasionadas (Sequeira *et al.*, 2000; OMS 2002). Las pérdidas surgen como resultado de la atención médica de los brotes, de las indemnizaciones, de los gastos que se adicionan por la participación del Estado a través de sus organismos de control que deben incrementar su presencia y accionar, de las pérdidas de horas de trabajo de los enfermos, de la pérdida de confianza de los consumidores, entre otros (Sequeira *et al.*, 2000).

El concepto de Seguridad Alimentaria ha variado a lo largo de los años, no obstante se reconoce que involucra dos componentes principales, por un lado el nutricional, asociado a la disponibilidad de un alimento que cubra las necesidades biológicas y generales del consumidor, y por el otro el de inocuidad, es decir que el alimento no será vehículo de peligros que puedan producir daños o trastornos al consumidor (FAO, 2009; FAO, 2010). Con este último enfoque, el de asegurar la inocuidad de los alimentos, se han puesto en práctica numerosas normas, que aunque voluntarias, contribuyen a la mejora en los sistemas de producción e inocuidad de alimentos. Un ejemplo de ello es la Norma ISO 22000, cuyo propósito es armonizar a nivel global los requisitos de la gestión de la inocuidad de los alimentos para toda actividad dentro de la cadena alimentaria (IRAM, 2007).

A partir de este enfoque, con sus dos componentes principales, es que se propone a la Seguridad Alimentaria como “el conjunto de acciones o actividades que se realizan en el flujo de producción de alimentos, desde la producción de materias

primas hasta el consumo del producto elaborado, tendientes a garantizar que el mismo cumpla con las propiedades de ser inocuo, nutritivo, íntegro y legítimo". En la presente revisión se analizan diferentes estrategias de intervención en la cadena de la carne, considerando diversas matrices (diferentes especies) y bajo el enfoque de evaluación de riesgos con especial énfasis en la producción primaria (pre-faena), para contribuir a aumentar la Seguridad Alimentaria.

Factores que intervienen en los fallos de la seguridad alimentaria

La elaboración de alimentos, en cualquiera de las sociedades medianamente desarrolladas, se realiza mediante un sistema complejo en el cual diversos actores se interrelacionan actuando, cada uno de ellos, en alguna de las etapas que conforman el sistema productivo.

La producción de materias primas, su transporte, la transformación de las mismas en alimentos, el almacenamiento, la distribución y la comercialización, así como la manipulación y el consumo por parte de la población son las etapas centrales de cualquiera de las cadenas agroalimentarias (FAO, 2005). El objetivo final de estos encadenamientos es la producción eficiente de alimentos que cubran todas las expectativas de la población, desde las nutricionales, las sociales, hasta las culturales.

Este sistema de producción de alimentos se ha desarrollado y consolidado al mismo tiempo que la población fue delegando en algunos actores, públicos y privados, el ejercicio y la responsabilidad de asegurar y/o garantizar la inocuidad de los alimentos. El consumidor actual no vislumbra la problemática sanitaria de los alimentos, fundamentalmente porque da por sentado

que son inocuos, pues interpreta como implícita esta propiedad en el producto que busca y selecciona para su compra.

Esta situación determina que la problemática sanitaria de los alimentos no sea visualizada como un problema permanente y, por lo tanto, no forma parte de la agenda pública, excepto cuando un brote de ETAs se mediatiza a través de la prensa. En estos casos la comunidad informada queda sensibilizada mientras dure el efecto mediático. Es decir, pasa a formar parte de la llamada agenda mediática, que es aquella en la que los temas son incorporados en la agenda pública a través de los medios de comunicación social.

En la actualidad los principales problemas que enfrentan las cadenas agroalimentarias, están relacionados con la contaminación biológica, química o física, la alteración y la falsificación de los alimentos, así como con la destrucción de un alto porcentaje de estos por fallas en la conservación y manipulación (OMS, 2002).

Estas situaciones se agravan con el aumento del número de habitantes, de industrias, de comercios, los que a su vez se han concentrado en áreas geográficas pequeñas (OMS, 2002) y fomentan nuevos modelos de consumo a través de amplias campañas de propaganda. La producción y la demanda de alimentos se masifican, promoviendo y acompañando cambios en los hábitos alimentarios tradicionales que favorecen el consumo cada vez mayor de alimentos pre-elaborados.

Los alimentos de mayor riesgo en la aparición de ETAs fueron y siguen siendo la carne sin cocinar, los pollos, los mariscos o la leche sin pasteurizar. Sin embargo, actualmente existen nuevos vehículos donde la contaminación ocurre durante el proceso de producción en el cual, debido a las

L. Frizzo *et al.*

demandas del consumidor y las situaciones de mercado, se combinan ingredientes con origen en distintos países (Tauxe, 1997). La situación se complica porque las actividades de saneamiento básico, como el acceso al agua potable, el alcantarillado, la presencia de plagas, etc., (todos productos de los fenómenos de urbanización) en la mayoría de los casos son deficientes.

Por otro lado, los servicios de control oficiales se ven superados en su accionar no existiendo, en algunas regiones, programas nacionales de protección de alimentos con suficiente respaldo legal, político y económico, y capacidad de coordinación, como para asegurar un control real y efectivo de la calidad de los alimentos (FAO, 2010).

Por lo general, el personal que manipula los alimentos no está adecuadamente capacitado para esta delicada labor y por su ignorancia y/o impericia muchas veces no cumple con las reglas elementales de higiene deteriorando la calidad final del producto y facilitando el desarrollo de fallos en la seguridad alimentaria.

En la industria de alimentos, la seguridad de los productos debe considerarse, sin ninguna duda, la prioridad máxima. Que un alimento sea seguro es, frecuentemente, uno de los requisitos no escritos incluidos en las especificaciones de calidad de los clientes. No obstante, esto no implica que esa comida pueda estar completamente libre de riesgo, sino que el nivel de riesgo al consumidor sea aceptable.

Para toda empresa que se dedique a producir, manipular, procesar o expender alimentos la seguridad sanitaria de los mismos es una necesidad implícita y debe ser tenida en cuenta, no solo para que la misma sea rentable sino para satisfacer al cliente y estimular su hábito de repetición de la compra.

La empresa debe tener en cuenta todos los aspectos relacionados con la seguridad de los alimentos, desde el diseño del producto, la elección de materias primas, pasando por la producción, la distribución y finalizando con el uso final que hará el consumidor.

La inocuidad de los alimentos es una cuestión fundamental de salud pública para todos los países y las ETAs, en particular, representan graves amenazas para la salud de millones de personas (FAO, 2005). En los pasados decenios estas enfermedades han sido suficientemente estudiadas y son bien conocidas (Keene, 2006), pero recientemente están surgiendo nuevos casos o se presentan, las ya conocidas, en forma explosiva o en brotes (OMS, 2002). Esto ocurre por la presencia del agente patógeno, o sus toxinas, en cantidad suficiente como para producir la enfermedad, o la existencia de una población susceptible donde las medidas de prevención no existen o han fallado (OPS, 2001; Keene, 2006; Kopper *et al.*, 2009).

Hall *et al.* (1997) planteó los factores que contribuyen a la emergencia de las ETAs, los cuales actualmente tienen plena vigencia:

1. Globalización en el suministro de comida: por ejemplo el brote de *Escherichia coli* en Alemania en 2011 originado por brotes de fenogreco.
2. Introducción de patógenos en nuevas áreas geográficas: por ejemplo el cólera por descarga de aguas contaminadas de barcos en América del Sur.
3. Turistas, refugiados e inmigrantes que están expuestos a las ETAs del viajero.
4. Cambios en los microorganismos: mutación de los patógenos, resistencia antibiótica, el desarrollo de nuevas cepas más virulentas, cambios en la adaptabilidad

para sobrevivir en condiciones medioambientales adversas.

5. Cambios en la población humana: aumento de la susceptibilidad a enfermar (desnutrición, infecciones de HIV, etc.) La edad es otro factor importante debido a que los extremos (niños y ancianos) no han desarrollado o han perdido parcialmente la protección a infecciones.

6. Cambios en los estilos de vida: en la actualidad un número muy importante de personas comen comidas preparadas en servicios de restauración, comidas rápidas o a través de comidas de venta en la calle.

7. Ambiente: los factores medioambientales contribuyen a la emergencia, por ejemplo los climas cálidos y húmedos favorecen el crecimiento de hongos y la producción de micotoxinas.

8. Urbanización: el aumento de la población en áreas periurbanas con deficiencias de saneamiento básico y cría o convivencia con especies de animales de abasto con su consiguiente consumo. Por ejemplo la proliferación de la crianza de porcinos en el periurbano de la ciudad de Santa Fe (Argentina) y la aparición de brotes de triquinosis.

9. Tecnología: a pesar de sus beneficios traen a menudo riesgos en la aparición de ETAs, en especial cuando su aplicación no está adecuadamente validada, por ejemplo el empaquetamiento con reducción de oxígeno trae aparejado el riesgo de desarrollo de botulismo.

10. Colapso de la infraestructura de Salud Pública o fallas en la prevención y control fundamentalmente porque en la mayoría de las ETAs no se identifica el patógeno actuante.

Estos factores, en muchos casos actúan recíprocamente y a menudo sinérgicamente, por lo cual requieren de estrategias dise-

ñadas en función de la situación imperante en cada caso y que contemplen acciones múltiples y específicas que permitan controlar a cada factor en particular en un punto específico de la cadena alimentaria.

Estrategias para prevenir fallos en la seguridad alimentaria

El actual sistema de producción de alimentos se ha desarrollado en respuesta a la creciente demanda debida al aumento de la población, su localización masiva en zonas geográficas puntuales, la diversificación del trabajo y la especialización, tanto de los trabajadores como de las organizaciones, y la heterogénea distribución del poder adquisitivo de las personas, dentro de una misma sociedad e, incluso, entre las diferentes zonas geográficas del planeta (FAO, 2005; Keene, 2006). El caso del desarrollo económico que han alcanzado, en los últimos años, importantes sectores de la población de los países del BRICS (Brasil, Rusia, India, China, Sudáfrica), es un claro ejemplo del aumento de la demanda sectorizada geográficamente y relacionada con el aumento de los ingresos.

Para que este sistema productivo resulte eficiente debe estar organizado en etapas que tienen un objetivo claramente definido y que puede ser alcanzado mediante procesos de producción/obtención, transformación/elaboración y acumulación/distribución.

La eficiencia del sistema de producción de alimentos se alcanza cuando la mayor cantidad de alimentos posibles se produce, con los atributos y características requeridas por los consumidores, utilizando la menor cantidad de recursos posibles y con el menor impacto ambiental. Esta situación se logra cuando el sistema se enfoca como un encadenamiento productivo, que puede ser

L. Frizzo *et al.*

denominado cadena agroalimentaria, en el que cada etapa funciona en forma integrada con las demás, de forma de complementar esfuerzos para alcanzar el objetivo común: eficiencia y seguridad de los alimentos (Tonelli, 2001; FAO/OMS, 2002; González, 2003; Zbrun *et al.*, 2013).

El enfoque de cadena alimentaria es la estrategia básica que debe adoptar el sistema de producción de alimentos para poder seguir respondiendo a la demanda creciente de alimentos y, al mismo tiempo, garantizar la inocuidad de los mismos. La lógica en el enfoque mencionado desde el punto de vista de la inocuidad radica en que cada eslabón es interdependiente y muchos peligros se diseminan desde la misma producción primaria a lo largo de toda la cadena de producción resultando compleja la eliminación antes del consumo y favoreciendo así la contaminación cruzada en los sitios de distribución final (góndola) y en el hogar. Un claro ejemplo para este caso es la contaminación de carcasas de pollos por *Campylobacter* termofilicos, peligro microbiológico representado por patógenos comúnmente implicados en brotes de ETA tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo (Moore *et al.*, 2005). La relativamente fácil eliminación del microorganismo por cocción en el hogar se contrapone con la enorme dificultad que tiene por un lado la producción primaria para reducir la colonización de este microorganismo en pollos vivos, por otro, la industria cárnica de este sector para impedir la contaminación de la carcasa en el frigorífico (Hansson *et al.*, 2010; Zbrun *et al.*, 2013). Esta circunstancia entonces obliga a tomar medidas para evitar la contaminación cruzada durante la comercialización y manipulación final previa a una cocción garantizada y hasta tanto y cuanto podamos aplicar alguna medida

de intervención que reduzca significativamente la carga del patógeno en otros puntos anteriores de la cadena de producción.

Por otra parte, en el caso de los peligros químicos, la utilización de antibióticos ha estado orientada más a la prevención de problemas sanitarios durante la producción primaria que como estrategia pre-faena para reducir la diseminación de patógenos alimentarios con impacto en Salud Pública y, aunque los antibióticos han posibilitado el incremento significativo de la producción de alimentos en su etapa primaria, los problemas que han generado han sido importantes y existe una fuerte presión de los consumidores y organismos de control para prohibir su uso (Rosmini *et al.*, 2004). La Unión Europea ha dado pasos importantes en este sentido (UE, 2000; 2003; 2005).

Las terapias con antibióticos, en especial las administradas por vía oral, si bien controlan los microorganismos patógenos también afectan a muchos microorganismos benéficos produciendo trastornos en el equilibrio de la microbiota gastrointestinal (Salminen *et al.*, 1998) y modificaciones a nivel del intestino delgado (Parker, 1990). Muchos de estos antibióticos o sus derivados pueden quedar en los tejidos animales destinados al consumo humano. El uso desmedido de estas sustancias produjo la aparición de cepas bacterianas resistentes, proceso que se vio potenciado por la capacidad de transferencia de dicha resistencia entre bacterias (Saarela *et al.*, 2000). Esto, sumado a la presencia de residuos en alimentos (Vassalo *et al.*, 1997) ha provocado diversos inconvenientes en Salud Pública, como alergias y trastornos gastrointestinales, debido a la alteración de la microbiota intestinal. Debe destacarse que, como consecuencia de las innumerables situaciones que han puesto en riesgo la salud de la po-

blación, existe una presión creciente de los consumidores y de los entes reguladores para que el sector de la producción de alimentos no utilice antimicrobianos y evite la presencia de sus residuos.

Es por ello que se vienen estudiando desde hace unos años diferentes estrategias alternativas a los antibióticos enfocadas a mejorar la inocuidad desde la producción primaria de alimentos, las cuales tienen por finalidad reducir la diseminación de patógenos alimentarios a través de la cadena alimentaria. Hay una asociación directa entre el manejo ante mortem y la carga microbiana de las materias primas alimentarias de origen animal y existen estrategias pre-faena que permiten reducir la contaminación de estas materias primas, lo cual está íntimamente relacionado con las condiciones de seguridad alimentaria del alimento que se obtendrá a partir de ellas.

De acuerdo al momento en el cual se aplican estas medidas de intervención pueden clasificarse en pre-faena y pos-faena. Las primeras, las cuales serán tratadas en esta revisión, están dirigidas básicamente a reducir los patógenos alimentarios que se encuentran en el tracto gastrointestinal y en el cuero de los animales, y de esta manera apuntan a reducir la contaminación de la carne durante el proceso de faena. Las segundas buscan evitar la contaminación de los productos cárnicos durante su fabricación, manipulación, procesamiento, transporte, distribución, venta y consumo. A su vez, de acuerdo al tipo de estrategia (básicamente a su naturaleza) que se utilice podremos hablar de intervenciones físicas, químicas, microbiológicas y combinadas.

Estos elementos han estimulado el interés por el uso de los aditivos alimentarios y terapias alternativas no medicamentosas en reemplazo de los antibióticos utilizados en

producción y sanidad animal, entre los cuales cabe destacar a los probióticos y las sustancias antimicrobianas naturales que ellos producen (Rosmini *et al.*, 2004). También se destacan el empleo de otras estrategias que apuntan a resolver la misma cuestión de fondo: cultivos para exclusión competitiva, prebióticos, bacteriófagos, inhibidores específicos de las vías metabólicas de los patógenos (ej. clorato), vacunas para prevenir la colonización de patógenos y modificaciones en el manejo y la dieta de los animales (Callaway *et al.*, 2003; 2008).

Estrategia pre-faena en producción primaria

Intervenciones microbiológicas

A lo largo de los años las condiciones de producción pecuaria han evolucionado modificando la capacidad de resistencia natural de los animales. Los nuevos métodos de alimentación caracterizados por el suministro de alimentos no naturales, o sustitutos, predominantemente líquidos, la crianza intensiva que limita el contacto materno y utiliza condiciones de hábitat artificiales, la utilización de animales más productivos y el incremento del uso de compuestos antimicrobianos, favorecen las condiciones de estrés de los animales, incrementan las deficiencias en la composición de su microbiota intestinal, hacen más frecuentes los desórdenes digestivos y producen una menor resistencia natural a la contaminación o a la colonización por los microorganismos patógenos (Fuller, 1992; Mulder *et al.*, 1997). La estrategia de intervención con microorganismos debería apuntar a corregir estos desbalances y de esa manera resolver tanto los problemas productivos como de Salud Pública.

L. Frizzo *et al.*

a) Cultivos para exclusión competitiva

La exclusión competitiva (EC) fue descrita por primera vez por Nurmi y Rantala (1973) y ha demostrado ser un método eficaz para el control de la salmonelosis en las aves de corral comerciales (Wierup *et al.*, 1988; Gleeson *et al.*, 1989). El principio de esta estrategia se basa en la competencia entre la microbiota normal, la microbiota intestinal no patógena y las bacterias patógenas para colonizar el tracto gastrointestinal del huésped (Nava *et al.*, 2005). La EC implica la adición de un cultivo de bacterias no patógenas en el tracto intestinal de los animales destinados al consumo con el fin de reducir la colonización o disminuir las poblaciones de bacterias patógenas en el tracto gastrointestinal (Callaway *et al.*, 2003). El cultivo puede estar compuesto de una sola cepa específica o por varias cepas o especies diferentes de bacterias. Dependiendo de la etapa de producción (estado de madurez del intestino), el objetivo de la EC puede ser la exclusión de los agentes patógenos del intestino del animal recién nacido, o el desplazamiento de una población de bacterias patógenas ya establecida (Nurmi *et al.*, 1992). El kefir compuesto por *Lactobacillus* spp. y levaduras puede ser un candidato útil de EC para mejorar la microbiota intestinal de aves de corral y mejorar la higiene de las carcasas obtenidas desde ellos (Yaman *et al.*, 2006). Aunque el efecto benéfico se puede atribuir a la inhibición de microorganismos patógenos por los productos metabólicos, tales como los ácidos orgánicos secretados por las BAL (Bacterias Acido Lácticas) incluidas en el grano de kefir, también se ha reportado que la proteína S-layer de *Lactobacillus* kefir (un componente del grano) podría tener un rol protector frente a *Salmonella enteritidis* (Golowczyc *et al.*, 2007).

b) Probióticos

Los probióticos son “microorganismos vivos que cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio a la salud del huésped” (FAO/WHO, 2001). *Lactobacillus* y *Streptococcus* son los géneros de microorganismos más comúnmente utilizados como probióticos en la producción animal (Abu-Tarboush *et al.*, 1996; Stephens *et al.*, 2010; Frizzo *et al.*, 2011; Signorini *et al.*; 2012). Son numerosas las experiencias que han demostrado el efecto benéfico de los probióticos en la producción de materias primas de origen animal. En terneros jóvenes alimentados con probióticos *vs.* antibióticos se observó una similar incidencia de diarreas y que los animales igualaban o superaban los resultados de performance (aumento de peso diario, tasa de conversión del alimento, etc.) obtenidos en los alimentados con antibióticos (Morrill *et al.*, 1995; Timmerman *et al.*, 2005). La tendencia a una crianza natural de los animales, sin exposición a químicos, pesticidas y herbicidas, es una buena razón que incrementa el interés por los probióticos en los establecimientos ganaderos (Reid y Friendship, 2002).

El efecto probiótico es producido mediante tres mecanismos: la competencia por nichos específicos en la mucosa intestinal, la disputa por nutrientes y la producción de compuestos bactericidas o bacteriostáticos (Fuller, 1992). Los efectos inhibitorios de las BAL sobre los microorganismos indeseables pueden deberse también a la disminución del pH del intestino debido a la producción de ácidos (láctico, acético y propiónico) por bacterias lácticas hetero y homofermentativas o de peróxido de hidrógeno (Nousiainen y Setälä, 1998). La producción de compuestos antibacterianos específicos como las bacteriocinas (nisina y

pediocina) han sido mencionadas entre los factores benéficos de los microorganismos probióticos (Klaenhammer, 1988; Schillinger y Luke, 1989; Daeschel, 1993). La eficiencia en la producción de bacteriocinas de algunos microorganismos indígenas, la purificación, la caracterización y la superproducción de estas proteínas por métodos de ingeniería genética han sido exploradas a nivel de laboratorio e industrial (Remiger *et al.*, 1999; Dunne *et al.*, 1999; Ross *et al.*, 1999). Comparadas con los antibióticos la mayoría de las bacteriocinas son relativamente específicas y afectan a un número limitado de especies bacterianas. Esta especificidad puede ser particularmente ventajosa para aplicaciones dirigidas a una sola cepa o especie sin perturbar otras poblaciones microbianas (Diez-Gonzalez, 2007). La utilización de bacterias productoras de bacteriocinas como estrategia de seguridad alimentaria en producción primaria es considerada una de las mejores intervenciones para reducir la colonización gastrointestinal de los animales de granja por patógenos transmitidos por alimentos (Callaway *et al.*, 2003). Estas bacterias productoras de bacteriocinas pueden ser fácilmente administradas a los animales en formas seca o cultivos frescos mezclados con los alimentos o vehiculizados por el agua de bebida y, dependiendo de la habilidad de la cepa probiótica en particular para colonizar el tracto gastrointestinal, pueden ser incorporados en la dieta esporádicamente o continuamente. La administración de bacterias productoras de bacteriocinas puede tener un efecto directo sobre la reducción de poblaciones existentes de patógenos transmitidos por los alimentos y la colonización del tracto intestinal con estas bacterias benéficas podría prevenir la reintroducción de las bacterias patógenas (Brashears *et al.*,

2003; Diez-Gonzalez, 2007). Es conocido el efecto benéfico de los microorganismos probióticos tanto en la salud animal como en la producción de alimentos destinados a la alimentación humana. Un factor claramente asociado a dicho efecto es la producción, por parte de los microorganismos, de sustancias con capacidad inhibitoria de bacterias patógenas.

c) Bacteriófagos

Los bacteriófagos han sido utilizados para el control de bacterias patógenas transmitidas por los alimentos en varias especies de animales destinados al consumo enfocando su empleo frente a patógenos animales específicos y han examinado el efecto de los fagos sobre condiciones o enfermedades que tienen impacto sobre la producción y la salud de los animales (Kudva *et al.*, 1999; Huff *et al.*, 2002). Sin embargo, la eficacia del tratamiento con fagos en condiciones de campo ha sido variable y, por lo tanto, es necesario realizar trabajos básicos antes de que los bacteriófagos puedan ser considerados como un método viable para controlar las poblaciones de bacterias patógenas transmitidas por los alimentos en los animales de abasto (Callaway *et al.*, 2003).

d) Vacunas

Dado que los animales de abasto pueden ser reservorios de bacterias patógenas se han estudiado métodos que utilizan el sistema inmune del huésped para reducir la carga de patógenos. La vacunación específica contra bacterias patógenas ha mostrado un futuro promisorio en la reducción de los niveles de patógenos que causan enfermedades en los animales (Callaway *et al.*, 2003). Las vacunas contra cepas de *Salmonella* responsables de generar enfermedad se han desarrollado para su uso en cerdos y

L. Frizzo *et al.*

bovinos (Segall & Lindberg, 1993; House *et al.*, 2001). La vacunación también se ha utilizado con éxito para combatir la enfermedad de los edemas posdestete causada por *E. coli* en cerdos jóvenes. Sin embargo, resulta dificultoso lograr una buena respuesta inmune frente a bacterias patógenas para el hombre pero que forman parte de la microbiota de los animales domésticos sin generar enfermedad en los mismos. La introducción de vacunas orales tiene el potencial para inmunizar animales destinados al consumo frente a muchas enfermedades económicamente viables donde se incluyen los agentes patógenos transmitidos por los alimentos. Las infecciones por *Campylobacter* generan un problema considerable para la salud humana y la economía. El papel clave de las aves de corral como un reservorio de la infección está bien establecida y existe una necesidad apremiante de vacunas o tratamientos para limitar la entrada de *Campylobacter* en la cadena alimentaria y el medio ambiente (Buckley *et al.*, 2010). El hecho de que *Campylobacter* sea un microorganismo mucosa-asociado podría facilitar la generación de vacunas frente a este. Varios estudios han mostrado una fuerte correlación entre el aumento de los niveles de anticuerpos específicos de *C. jejuni* en pollos y la reducción de la excreción bacteriana observada con la duración de la colonización, lo que sugiere el desarrollo de una respuesta eficaz (Myszewski & Stern, 1990; Rice *et al.*, 1997). Si bien algunas cuestiones técnicas aún no se han resuelto, la utilización de la vacunación para reducir los patógenos transmitidos por los alimentos parece prometedor, y tiene como beneficio adicional que podría ser utilizada de forma sinérgica con otras tecnologías de reducción de patógenos como terapia combinada (Callaway *et al.*, 2003).

Intervenciones químicas

a) Inhibidores de vías metabólicas

El inhibidor específico de las vías metabólicas de los patógenos más utilizado para reducir el número de patógenos en animales de abasto es el clorato de sodio. Muchas enterobacterias como *Escherichia coli* y *Salmonella* pueden metabolizar el nitrato utilizando la enzima nitrato reductasa la cual les permite respirar bajo condiciones anaeróbicas por conversión de nitrato a nitrito. La enzima bacteriana intracelular nitrato reductasa no hace diferencia entre el nitrato y su análogo, el clorato, que se reduce a clorito en el citoplasma, el cual se acumula y termina matando a la bacteria (Stewart, 1988). Debido a que la mayoría de las bacterias gastrointestinales anaerobias estrictas carecen de actividad nitrato reductasa, las mismas no se verían afectadas y preservarían el potencial de exclusión competitiva que posee la flora normal del huésped (Moore *et al.*, 2006). El tratamiento con clorato no parece tener un impacto negativo sobre la fermentación del rumen, ciego y colon en los rumiantes (Callaway *et al.*, 2002; Edrington *et al.*, 2003) o monogástricos (Callaway *et al.*, 2002; Byrd *et al.*, 2003; Jung *et al.*, 2003) y su actividad bactericida selectiva permitiría reducir las concentraciones de patógenos gastrointestinales transmitidas por los alimentos.

b) Prebióticos

Los prebióticos son azúcares u otros compuestos orgánicos que no son digeribles por el animal huésped, pero son digeribles por algunas poblaciones microbianas (Walker & Duffy, 1998). Se ha encontrado que los prebióticos incrementan las poblaciones de bifidobacterias y lactobacilos en el intestino de los cerdos jóvenes (Smiric-

ky-Tjardes *et al.*, 2003). Los fructo-oligosacáricos (FOS) y manano-oligosacáridos (MOS) son los prebióticos más utilizados en alimentación animal (Verdonk *et al.*, 2005; Hill *et al.*, 2008). Un beneficio adicional del tratamiento prebiótico es que algunas especies bacterianas que tienen una ventaja competitiva pueden producir sustancias antimicrobianas (por ejemplo, bacteriocinas, colicinas) las cuales directamente puede inhibir bacterias patógenas. Una consideración adicional de los rumiantes es que los prebióticos deben ser capaces de evitar su degradación por la microbiota ruminal, lo que requiere estrategias específicas adaptadas para permitir que cantidades suficientes puedan alcanzar el intestino de rumiantes.

c) Aceites esenciales

La inclusión de sustancias antimicrobianas de origen natural contra patógenos alimentarios es otra potencial estrategia contra las bacterias de impacto en la salud pública. En los últimos años se intensificó el estudio de eficacia de estos compuestos derivados de plantas, animales, bacterias y hongos que controlan la adherencia y/o invasión del patógeno en el hospedador (Ganan *et al.*, 2012). Estudios *in vitro* han demostrado la eficacia de diferentes sustancias naturales como la caléndula, el jengibre, jazmín, pachuli, semillas de zanahoria, aceites esenciales como el timol, eugenol, ácido caprílico, etc. sobre *Campylobacter jejuni* (Michiels *et al.*, 2007; Hilmarsson *et al.*, 2006; Thormar *et al.*, 2006).

Modificaciones en los componentes de la dieta

El origen de la materia prima utilizada para generar alimentos destinados a los animales tiene influencia en la diseminación

de patógenos alimentarios. Si bien es cierto que el empleo de procesos adecuados de reducción de la carga microbiana de las materias primas de origen animal permiten eliminar/controlar la contaminación de estas materias primas, el riesgo de emplearlas es mayor y pueden surgir problemas de seguridad al emplear harinas de origen animal (FAO/OMS, 2007; 2009).

Intervenciones físicas

a) Duchado previo a la faena

La contaminación de las reses por el contacto con el cuero debe ser evitado durante el proceso de faena para mejorar la calidad de los productos cárnicos. El nivel de suciedad que puede encontrarse en el cuero de los animales previo a la faena varía mucho y está relacionado, entre otros, con el sistema productivo que se empleó durante la crianza de los animales (Rosmini, 2007). En nuestro país, los sistemas intensivos empleados para la crianza de bovinos utilizan habitualmente el propio suelo como piso. Esto hace que esos animales carguen excesivos restos de barro componentes del propio piso de los corrales que los albergaban. La situación es preocupante en estos sistemas intensivos porque ese barro también contiene gran cantidad de materia fecal y orina de una gran cantidad de animales. El duchado pre-faena tiene por objetivo primordial reducir los contaminantes del cuero y así evitar la contaminación de las reses. Signorini & Tarabla (2010) reportaron en un modelo de riesgos el lavado en cabina de los bovinos como un buen método de intervención para reducir la probabilidad de SUH en la población. Sin embargo, las condiciones de duchado en los frigoríficos,

L. Frizzo *et al.*

sumado a la gran cantidad de suciedad adherida a los pelos y al propio cuero, generan contradicciones en la toma de decisiones sobre los eventuales beneficios de lavar o no lavar previo a la faena.

b) Buenas Prácticas Agrícolas en los establecimientos productores

En cuanto a las modificaciones en el manejo y la dieta es necesario tener en cuenta que para obtener animales sanos es crucial el empleo de buenas prácticas agropecuarias durante la producción de los mismos (FAO, 2004). Sin embargo, no ha sido demostrado de manera concluyente si las estrategias específicas de gestión pueden afectar directamente a la evacuación o transporte de agentes patógenos transmitidos por los alimentos que se encuentran en los animales. De todas maneras, la reducción de la multiplicación de los patógenos en los alimentos y el agua puede reducir la exposición y transmisión horizontal y vertical de los agentes patógenos entre los animales (Callaway *et al.*, 2003). Algunas prácticas de manejo utilizadas para prevenir la diseminación y proliferación de patógenos son (Doyle & Erickson, 2006): cría de una única especie animal en las granjas, selección genética de animales que resistan la colonización, prácticas de sanitización para prevenir la contaminación de la granja y el ambiente, correcta elección del material utilizado como cama de los animales, mantenimiento adecuado de la cama (evitando la humedad excesiva), eliminación de los patógenos del agua y del alimento y retiro del alimento antes del envío al frigorífico (ayuno).

Intervenciones combinadas

Las estrategias de intervención mencionadas anteriormente muchas veces deben

ser combinadas para conseguir un resultado efectivo. Esa combinación, de dos o más estrategias, pretende idealmente potenciar su efecto a través de un mecanismo sinérgico o al menos sumar su efecto. Las posibles combinaciones deben ser estudiadas para evitar siempre un antagonismo en el empleo de estas intervenciones.

a) Simbióticos

La estrategia combinada más utilizada es la que emplea a la EC o los probióticos junto a los prebióticos (conocido como simbióticos) para reducir las poblaciones de bacterias patógenas transmitidas por los alimentos en animales destinados al consumo antes de la faena (Callaway *et al.*, 2003). Más allá de ello y con el mismo objetivo, otras intervenciones físicas en combinación se ejecutan normalmente tanto en los establecimientos productores como en el frigorífico (ej. probióticos+prebióticos+B-PF+duchado) para mejorar la seguridad de los productos cárnicos que derivan de los animales de abasto.

CONCLUSIONES

El sistema actual de obtención de alimentos por parte de la población, basado en el suministro de alimentos mediante un complejo encadenamiento de etapas (producción, transformación, distribución y consumo), responde a la evolución que la sociedad moderna ha alcanzado. Una de sus principales características es la delegación de la responsabilidad de la calidad e inocuidad de los alimentos en quienes, a lo largo de la cadena agroalimentaria, los producen y los comercializan.

La seguridad de los alimentos debe ser

comprendida y desarrollada tanto desde el enfoque de la cobertura de los requerimientos biológicos y generales del consumidor, como desde el aseguramiento de la inocuidad y, en consecuencia, debe ser un objetivo común de todos los actores de los encadenamientos productores de alimentos.

Los mayores esfuerzos en materia de control y fiscalización de los organismos oficiales en materia de seguridad alimentaria han estado enfocados en las etapas finales de la cadena alimentaria, desde la industrialización hasta el plato del consumidor. Esta revisión apunta a resaltar la importancia que tiene la implementación de estrategias de intervención en la producción primaria.

En la cadena agroalimentaria de la carne se han desarrollado diversas estrategias de intervención que permiten controlar o mitigar la presencia de diversos peligros asociados con la inocuidad; algunas de ellas se están probando con éxito en la etapa de producción y demuestran interesantes aportes tanto para la salud pública como para la eficiencia de la cadena productiva.

El desarrollo de un plan de acción eficaz y eficiente en la cadena agroalimentaria de la carne, que permita asegurar la inocuidad desde el eslabón de la producción, seguramente requerirá de la combinación de dos o más de las estrategias de intervención disponibles, de forma de poder aprovechar la asociación de los efectos benéficos que cada una puede aportar.

BIBLIOGRAFÍA

- ABU-TARBOUSH, H.M.; AL-SAIADY, M.Y. & KEIR EL-DIN, A.H. 1996. Evaluation of diet containing Lactobacilli on performance, fecal coliform, and Lactobacilli of young dairy calves. *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 57, 39-49.
- BRASHEARS, M.M.; GALYEAN, M.L.; LONERAGAN, G.H.; MANN, J.E.; KILLINGER-MANN, K. 2003. Prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 and performance by beef feedlot cattle given Lactobacillus direct-fed microbials. *J. Food Protect.*, 66, 748-754.
- BUCKLEY, A.M.; WANG, J.; HUDSON, D.L.; GRANT, A.J.; JONES, M.A.; MASKELL, D.J. & STEVENS, M.P. (2010) Evaluation of live-attenuated *Salmonella* vaccines expressing *Campylobacter* antigens for control of *C. jejuni* in poultry. *Vaccine*, 28, 1094-1105.
- BYRD, J.A.; ANDERSON, R.C.; CALLAWAY, T.R.; MOORE, R.W.; KNAPE, K.D.; KUBENA, L.F.; ZIPRIN, R.L. & NISBET, D.J. 2003. Effect of experimental chlorate product administration in the drinking water on *Salmonella typhimurium* contamination of broilers. *Poult. Sci.*, 82, 1403-1406.
- CALLAWAY, T.R.; ANDERSON, R.C.; GENOVESE, K.J.; POOLE, T.L.; ANDERSON, T.J.; BYRD, J.A.; KUBENA, L.F.; NISBET, D.J. 2002. Sodium chlorate supplementation reduces *E. coli* O157:H7 populations in cattle. *J. Anim. Sci.*, 80, 1683-1689.
- CALLAWAY, T.R.; ANDERSON, R.C.; EDRINGTON, T.S.; ELDER, R.O.; GENOVESE, K.J.; BISCHOFF, K.M.; POOLE, T.L.; JUNG, Y.S.; HARVEY, R.B. & NISBET, D.J. 2003. Preslaughter intervention strategies to reduce food-borne pathogens in food animals. *J. Anim. Sci.*, 81 (Suppl. 2), E17-E23.
- CALLAWAY, T.R.; EDRINGTON, T.S.; ANDERSON, R.C.; HARVEY, R.B.; GENOVESE, K.J.; KENNEDY, C.N., VENN, D.W. & NISBET, D.J. 2008. Pro-

L. Frizzo *et al.*

- biotics, prebiotics and competitive exclusion for prophylaxis against bacterial disease. *Anim. Health Res. Rev.*, 9, 217-225.
- CEPAL.** 2008. Panorama de la inserción internacional de América Latina y el Caribe, 2007. Tendencias 2008. Santiago de Chile, CEPAL-Naciones Unidas. ISBN 978-92-1-323200-2
- COHEN, M.N.** 1989. Health and the Rise of Civilization. New Haven, Yale Univ. Press.
- DAESCHEL, M.A.** 1993. Applications and interactions of bacteriocin from lactic acid bacteria in food and beverages. En Hoover, D.G. y Stenson, L.R. (Eds.), *Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria*, p 63-70. Nueva York, Academic Press.
- DE HEINZELIN, J.; CLARK, D.; WHITE, T.; HART, W.; RENNE, P.; WOLDEGABRIEL, G.; BEYENE, Y & VRBA, E.** 1999. Environment and Behavior of 2.5-Million-Year-Old Bouri Hominids. *Science*, 284 (5414), 625-629. DOI: 10.1126/science.284.5414.625
- DIEZ-GONZALEZ, F.** 2007. Applications of bacteriocins in livestock. *Curr. Issues Intestinal Microbiol.*, 8, 15-24.
- DOYLE, M.P. & ERICKSON, M.C.** 2006. Reducing the carriage of foodborne pathogens in livestock and poultry. *Poult Sci.*, 85, 960-973.
- DUNNE, C.; MURPHY, L.; FLYNN, S.; O'MAHONY, L.; O'HALLORAN, S.; FEENEY, M.; MORRISSEY, D.; THORNTON, G.; FITZGERALD, G.; DALY, C.; KIELY, B.; QUIGLEY, E.M.; O'SULLIVAN, G.C.; SHANAHAN, F. & COLLINS, J.K.** 1999. Probiotics: from myth to reality. Demonstration of functionality in animal models of disease and in human clinical trials. *Anton Leeuw.*, 76, 279-292.
- EATON, S.B.; EATON III, S.B. & KONNER, M.J.** 1997. Paleolithic nutrition revisited: a twelve year retrospective on its nature and implications. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 51, 207-216.
- EDRINGTON, T.S.; CALLAWAY, T.R.; ANDERSON, R.C.; GENOVESE, K.J.; JUNG, Y.S.; MCREYNOLDS, J.L.; BISHOFF, K.M. & NISBET, D.J.** 2003. Reduction of *E. coli* O157:H7 populations in sheep by supplementation of an experimental sodium chlorate product. *Small Rumin. Res.*, 49, 173-181.
- FAO.** 2004. Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). En búsqueda de la sostenibilidad, competitividad y seguridad alimentaria. Santiago de Chile, Oficina Regional FAO para América Latina y el Caribe. www.rlc.fao.org/foro/bpa/private.htm (última consulta 25/02/2014).
- FAO.** 2005. Estrategia de la FAO para un suministro de alimentos inocuos y nutritivos. Conferencia Regional FAO/OMS sobre Inocuidad de los Alimentos para las Américas y el Caribe San José, Costa Rica, 6-9 de diciembre. Documento de sala 26.
- FAO.** 2009. Cumbre mundial sobre seguridad alimentaria. Roma, Organización para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO.** 2010. Políticas de Seguridad e Inocuidad y Calidad Alimentaria en América Latina y el Caribe. Foro Regional "Políticas de Seguridad e Inocuidad y Calidad Alimentaria: Casos exitosos de integración". FAO/RLC, Santiago de Chile, 10 y 11 de junio.
- FAO.** 2012. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma, Organización para la Agricultura y la Alimentación. ISSN 0251-1371.
- FAO/OMS.** 2002. Enfoques integrados para la gestión de inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria. Foro Mundial FAO/OMS de las Autoridades de Reglamentación sobre Inocuidad de los Alimentos Marrakech, Marruecos, 28-30 de

- enero.
- FAO/OMS.** 2007. El impacto de los piensos en la inocuidad de los alimentos. Informe de la Reunión Conjunta FAO/OMS de Expertos. Roma, FAO, 8-12 de octubre.
- FAO/OMS.** 2009. Producción de alimentos de origen animal. 2e. Codex Alimentarius. Roma, FAO/OMS. ISBN 978-92-5-306394-9.
- FAO/WHO.** 2001. Evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. Expert consultation report: Córdoba, Argentina: Food and agriculture organization of the United Nations and World Health Organization, 1-4 October.
- FRIZZO, L.A.; SOTO, L.P.; ZBRUN, M.V.; SIGNORINI, M.L.; BERTOZZI, E.; SEQUEIRA, G.; RODRÍGUEZ ARMESTO, R. & ROSMINI, M.R.** 2011. Effect of lactic acid bacteria and lactose on growth performance and intestinal microbial balance of artificially reared calves. *Livestock Science*, 140, 246–252.
- FULLER, R.** 1992. History and development of probiotics. En Fuller, Probiotics. The Scientific Basis, cap1, Londres, Chapman & Hall.
- GANAN, M.; SILVÁN, J.M.; CARRASCO-SA, A.V. & MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, A.J.** 2012. Alternative strategies to use antibiotics or chemical products for controlling *Campylobacter* in the food chain. *Food Control*, 24, 6-14.
- GLEESON, T.M.; STAVRIC, S. & BLANCHFIELD, B.** 1989. Protection of chicks against *Salmonella* infections with a mixture of pure cultures of intestinal bacteria. *Avian Dis.*, 33, 636-642.
- GOLOWCZYC, M.A.; MOBILI, P.; GARROTE, G.L.; ABRAHAM, A.G. & DE ANTONI, G.L.** 2007. Protective action of *Lactobacillus kefir* carrying S-layer protein against *Salmonella enterica* serovar Enteritidis. *Int. J. Food Microbiol.*, 118, 264-273.
- GONZÁLEZ, M.N.** 2003. En qué dirección va la seguridad alimentaria. *Rev. Esp. Salud Pública*, 77(3), 307-311.
- GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, CH.; SONNESSON, U.; VAN OTTERDIJK, R. & MEYBECK, A.** (2012) Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo. Alcances, causas y prevención. Roma, FAO. ISBN 978-92-5-307205-7
- HALL, R.L.** 1997. Foodborne illness: implications for the future. *Emerging Infectious Diseases*, 3(4).
- HANSSON, I.; OLSSON ENGVALL, E.; VAGSHOLM, I. & NYMAN, A.** 2010. Risk factors associated with the presence of *Campylobacter*-positive broiler flocks in Sweden. *Preventive Veterinary Medicine*, 96, 114–121.
- HILMARSSON, H.; THORMAR, H.; THRÁINSSON, J.H. & GUNNARSSON, E.** 2006. Effect of glycerol monocaprate (monocaprin) on broiler chickens: An attempt at reducing intestinal *Campylobacter* infection. *Poultry Science*, 85, 588-592.
- HILL, T.M.; BATEMAN II, H.G.; ALDRICH, J.M. & SCHLOTTERBECK, R.L.** 2008. Oligosaccharides for Dairy Calves. *Prof. Anim. Scient.*, 24, 460-464.
- HOUSE, J.K.; ONTIVEROS, M.M.; BLACKMER, N.M.; DUEGER, E.L.; FITCHHORN, J.B.; MCARTHUR, G.R. & SMIT, B.P.** 2001. Evaluation of an autogenous *Salmonella bacterin* and a modified live *Salmonella* serotype choleraesuis vaccine on a commercial dairy farm. *Am. J. Vet. Res.*, 62, 1897-1902.
- HUFF, W.E.; HUFF, G.R.; RATH, N.C.; BALOG, J.M.; XIE, H.; MOORE, P.A. & DONOGHUE, A.M.** 2002. Prevention of *Escherichia coli* respiratory infection in broiler chickens with bacteriophage

L. Frizzo *et al.*

- (spr02). *J. Poultry Sci.*, 81, 437-441.
- IRAM.** 2007. Norma IRAM-ISO 22.000 Sistema de gestión de inocuidad de alimentos. Buenos Aires, IRAM.
- JUNG, Y.S.; ANDERSON, R.C.; BYRD, J.A.; EDRINGTON, T.S.; MOORE, R.W.; CALLAWAY, T.R.; MCREYNOLDS, J.L. & NISBET, D.J.** 2003. Reduction of *Salmonella typhimurium* in experimentally challenged broilers by nitrate adaptation and chlorate supplementation in drinking water. *J. Food Protect.*, 66, 660-663.
- KEENE, W.E.** 2006. Lessons from investigation of foodborne disease outbreaks. *JAMA*, 281, 19:1845-1847.
- KLAENHAMMER, T.R.** 1988. Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Biochimie*, (70), 337-349.
- KOPPER, G.; CALDERÓN, G.; SCHNEIDER, S.; DOMÍNGUEZ, W. & GUTIÉRREZ, G.** 2009. Enfermedades transmitidas por alimentos y su impacto socio-económico. Informe técnico sobre ingeniería agrícola y alimentaria. (6). Roma, FAO. ISBN 978-92-5-306153-2
- KUDVA, I.T.; JELACIC, S.; TARR, P.I.; YOUNDERIAN, P. & HOVDE, C.J.** 1999. Biocontrol of *Escherichia coli* O157 with O157-specific bacteriophages. *Appl. Environ. Microbiol.*, 65, 3767-3773.
- LARSEN, C.S.** (1995) Biological Changes in Human Populations with Agriculture. *Annual Review of Anthropology*, (24), 185-213.
- LARSEN, C.S.** 2003. Animal Source Foods and Human Health during Evolution. *J. Nutr.*, 133 (11), 3893S-3897S.
- MICHIELS, J.; MISSOTTEN, J.; FREMAUT, D.; DE SMET, S. & DIERICK, N.** 2007. *In vitro* dose-response of carvacrol, thymol, eugenol and trans-cinnamaldehyde and interaction of combinations for the antimicrobial activity against the pig gut flora. *Livestock Science*, 109, 157-160.
- MOORE, J.E.; CORCORAN, D.; DOOLEY, J.S.G.; FANNING, S.; LUCEY, B.; MATSUDA, M.; MCDOWELL, D.A.; MÉGRAUD, F.; MILLAR, B.C.; O'MAHONY, R.; O'RIORDAN, L.; O'ROURKE, M.; RAO, J.R.; ROONEY, P.J.; SAILS, A. & WHYTE, P.** 2005. *Campylobacter*. *Veterinary Research*, 36, 351-382.
- MOORE, R.W.; BYRD, J.A.; KNAPE, K.D.; ANDERSON, R.C.; CALLAWAY, T.R.; EDRINGTON, T.; KUBENA, L.F. & NISBET, D.J.** 2006. The effect of an experimental chlorate product on *Salmonella* recovery of turkeys when administered prior to feed and water withdrawal. *Poultry Sci.*, 85, 2101-2105.
- MORRILL, J.L.; MORRILL, Z.J.M.; FEYERHERM, A.M. & LASTERS, J.F.** 1995. Plasma proteins and a probiotic as ingredients in milk replacer. *J. Dairy Sci.*, 78, 902-907.
- MULDER, R.W.; HAVENAAR, R. & HUIS IN 'T VELT, J.H.J.** 1997. Intervention strategies: the use of probiotics and competitive exclusion microflora against contamination with pathogens in pigs and poultry. En: *Probiotics 2. Application and Practical Aspects*, R. Fuller Ed., p. 187-207. Londres, Chapman & Hall.
- MYSZEWSKI, M.A. & STERN, N.J.** 1990. Influence of *Campylobacter jejuni* cecal colonization on immunoglobulin response in chickens. *Avian Dis.*, 34, 588-594.
- NAVA, G.M.; BIELKE, L.R.; CALLAWAY, T.R.; CASTANEDA, M.P.** 2005. Probiotic alternatives to reduce gastrointestinal infections: the poultry experience. *Anim. Health Res. Rev.*, 6, 105-118.
- NOUSIAINEN, J. & SETÄLÄ, J.** 1998. Lactic acid bacteria as animal probiotics. En: *Lactic Acid Bacteria: Microbiology and Functional Aspects* por Salminen S y von

- Wright, A (Eds.), p. 437-473. Nueva York, Marcel Dekker.
- NURMI, E. & RANTALA, M.** 1973. New aspects of *Salmonella* infection in broiler production. *Nature*, 241, 210-211.
- NURMI, E.; NUOTIO, L. & SCHNCITZ, C.** 1992. The competitive exclusion concept: development and future. *Int. J. Food Microbiol.*, 15, 237-240.
- OMS.** 2002. Estrategia global de la OMS para la inocuidad de los alimentos: alimentos más sanos para una salud mejor. Ginebra, Organización Mundial de la Salud.
- ONU.** 2012. El futuro que queremos: los alimentos. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, 20 al 22 de junio. Río de Janeiro, Organización de las Naciones Unidas.
- OPS.** 2001. Guía de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades Transmitidas por Alimentos. Ed. OPS/INPPAZ, 2º Ed. Buenos Aires, Argentina.
- PARKER, D.** 1990. Manipulation of the functional activity of gut by dietary and other means (antibiotics/probiotics). *J. Nutr.*, 60,639-648.
- REID, G. & FRIENDSHIP, R.** 2002. Alternatives to antibiotic use: probiotics for the gut. *Anim. Biotechnol.*, 13, 97-112.
- REMIGER, A.; ELJSINK, V.G.H.; EHRMANN, M.A.; SLETTEN, K.; NES, I.F.; VOGEL, R.F.** 1999. Purification and partial amino acid sequence of plantaricin 1.25a and 1.25b two bacteriocins produced by *Lactobacillus plantarum* TMW 1.25. *J. Appl. Microbiol.*, 86, 1053-1058.
- RICE, B.E.; ROLLINS, D.M.; MALINSON, E.T.; CARR, L. & JOSEPH, S.W.** 1997. *Campylobacter jejuni* in broiler chickens: colonization and humoral immunity following oral vaccination and experimental infection. *Vaccine*, 15, 1922-1932.
- ROSMINI, M.R.; SEQUEIRA, G.; GUERERO LEGARRETA, I.; MARTI, L.; DALLA SANTINA, R.; FRIZZO, L. & BONAZZA, J.C.** 2004. Producción de probióticos para animales de abasto: importancia del uso de la microbiota intestinal indígena. *Rev. Mex. Ing. Qca.*, 3,187-197
- ROSMINI, M.R.** 2007. Matanza industrial de bovinos. En Industrialización de productos de origen animal por Pérez Álvarez, J.A.; Fernández López, J. & Sayas Barberá, M.E. 3e. Vol 1, pág. 11 - 31. Orihuela (España), Universidad Miguel Hernández.
- ROSS, R.; GALVIN, M.; MCAULIFFE, O.; MORGAN, S.; RYAN, M.; TWOMEY, D.; MEANEY, W. & HILL, C.** 1999. Developing applications for lactococcal bacteriocins. *Anton Leeuw.*, 76, 337-346.
- SAARELA, M.; MOGENSEN, G.; FONDEN, R.; MÄTTO, J. & MAITTLA-SANDHOLM, T.** 2000. Probiotic bacteria: safety functional and technological properties. *J. Biotechnol.*, 84,197-215.
- SALMINEN, S.; DEIGHTON, M.A.; BENNO, Y. & GORBACH, S.L.** 1998. Lactic acid bacteria in health and disease. En: Lactic Acid Bacteria: Microbiology and Functional Aspect, S. Salminen y A. Von Wright (Eds.), p. 211-253. Nueva York, Marcel Dekker.
- SCHILLINGER, U. & LUCKE F.** 1989. Antimicrobial activity of *Lactobacillus sake* isolated from meat. *Appl. Environ. Microbiol.*, 55, 1901-1906.
- SEGALL, T. & LINDBERG, A.A.** 1993. Oral vaccination of calves with an aromatic-dependent *Salmonella dublin* (O9,12) hybrid expressing O4,12 protects against *S. dublin* (O9,12) but not against *Salmonella typhimurium* (O4,5,12). *Infect. Immun.*, 61, 1222-1231.
- SEQUEIRA, G., MARTÍ L.E., ROSMINI M., DALLA SANTINA R., SÁNCHEZ, M, BENETTI F.** 2000. Estimación del cos-

L. Frizzo *et al.*

- TONELLI, V.** 2001. Integración de la cadena de carnes. Una necesidad impostergable. IDIA XXI INTA. Buenos Aires, Noviembre 2001.
- UE.** 2000. Libro Blanco de la Seguridad Alimentaria. Bruselas, Comisión de las Comunidades Europeas.
- UE.** 2003. Reglamento (CE) No 1831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 22 de septiembre de 2003, sobre los aditivos en la alimentación animal.
- UE.** 2003. Recomendación de la Comisión, del 2 de marzo de 2005, relativa al programa coordinado de controles en el ámbito de la alimentación animal para el año 2005 de conformidad con la Directiva 95/53/CE del Consejo.
- VASSALO, M.; FIALHO, E.T.; OLIVEIRA, A.I.G.; TEIXEIRA, A.S. & BERTECHINI, A.G.** 1997. Probióticos para leitões dos 10 aos 30 kg de peso vivo. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, 26, 31-138.
- VERDONK, J.M.A.J.; SHIM, S.B.; VAN LEEUWEN, P. & VERSTEGEN, M.W.A.** 2005. Application of inulin-type fructans in animal feed and pet food. *Brit. J. Nut.*, 93(Suppl. 1), S125-S138.
- WALKER, W.A. & DUFFY, L.C.** 1998. Diet and bacterial colonization: Role of probiotics and prebiotics. *J. Nutr. Biochem.*, 9, 668-675.
- WIERUP, M.; WOLD-TROELL, M.; NURMI, E. & HÄKKINEN, M.** 1988. Epidemiological evaluation of the Salmonella-controlling effect of a nationwide use of a competitive exclusion culture in poultry. *Poultry Sci.*, 67, 1026-1033.
- YAMAN, H.; ULUKANLI, Z.; ELMALI, M. & UNAL, Y.** 2006. The effect of a fermented probiotic, the Kefir, on intestinal flora of poultry domesticated geese (*Anser anser*). *Revue Méd. Vét.*, 157, 379-386.
- ZBRUN, M.V.; ROMERO-SCHARPEN, A.; OLIVERO, C.; ROSSLER, E.; SOTO, L.P.; ROSMINI, M.R.; SEQUEIRA, G.J.; SIGNORINI, M.L. & FRIZZO, L.S.** 2013. Occurrence of thermotolerant *Campylobacter* spp. at different stages of the poultry meat supply chain in Argentina. *New Zealand Veterinary Journal*, 61(6), 337-343. DOI:10.1080/00480169.2013.817294