

Innovación en productos cárnicos tradicionales: control de *Toxoplasma gondii* mediante compuestos naturales

Los autores de este artículo forman parte de un consorcio de investigadores tanto de la industria cárnica como de proveedores de aditivos y universidades. Juntos han desarrollado formulaciones de ingredientes naturales, que junto a la curación tradicional, inhiben la infección por T. gondii manteniendo las propiedades sensoriales de los productos cárnicos.

**Tenllado van der Reijden, D.¹; Ortega-Velázquez, R.²;
Casado-González, J.²; Gaviño-Nadal, M^a D.²;
Solano Parada, J.³; de Pablos Torró, L. M.³;
Osuna Carrillo de Albornoz, A.³; Vílchez Tornero, S.³;
Santoyo González, F.⁴; López Jaramillo, F. J.⁴;
Esteban Muñoz, A.⁴**

¹ ANVISA

² Sánchez Romero Carvajal Jabugo, S.A.U.

³ Universidad de Granada. Parasitología

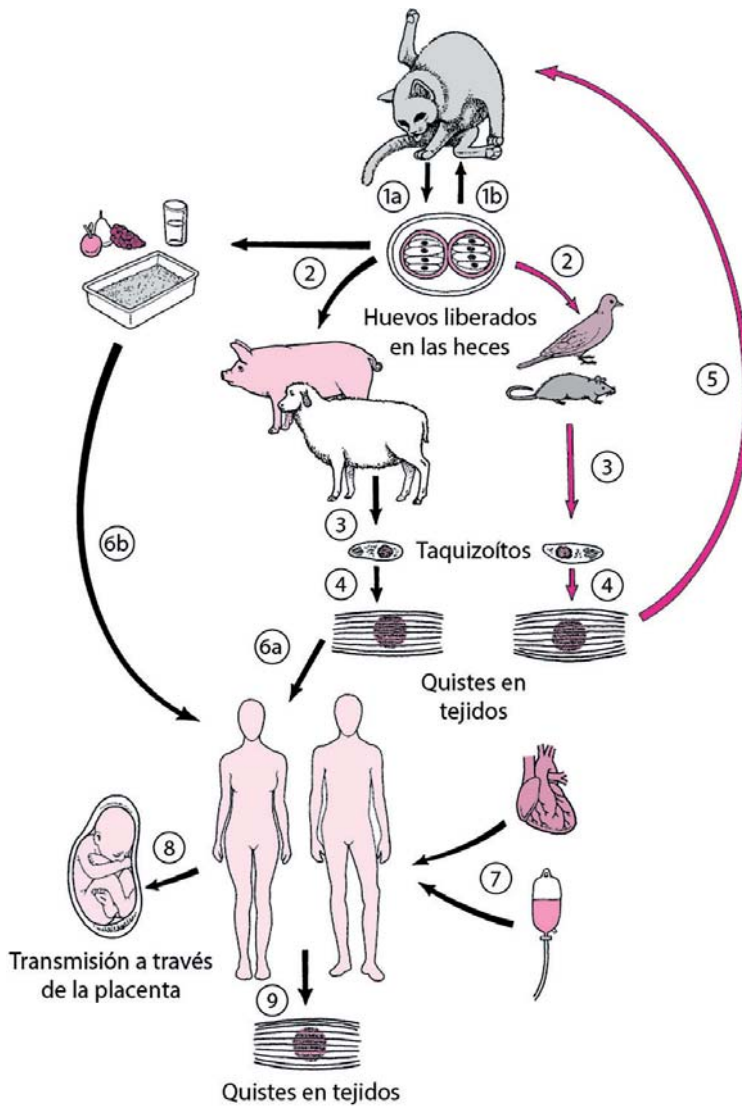
⁴ Universidad de Granada. Química

Resumen

La toxoplasmosis, causada por el protozoo *Toxoplasma gondii*, es una de las zoonosis más extendidas a nivel mundial, afectando tanto a humanos como a animales, con manifestaciones clínicas que van desde infecciones asintomáticas hasta encefalitis y malformaciones congénitas. *T. gondii* presenta un ciclo biológico heteroxeno, con felinos como hospedadores definitivos y una amplia variedad de hospedadores intermediarios, incluidos los cerdos, animales clave en la transmisión alimentaria. La infección puede permanecer latente en músculos y tejido nervioso, y estudios sugieren efectos potenciales sobre el comportamiento y la salud mental del hospedador.

FIGURA 1

Diagrama del ciclo de vida



El consumo de productos cárnicos curados, tradicionales en muchas culturas, representa un riesgo significativo de transmisión, ya que los procesos de salado y maduración no garantizan siempre la inactivación del parásito.

En respuesta, un consorcio industrial-académico formado por la empresa Antonio Villoria S.A. (ANVISA), la cárnica Sánchez Romero Carvajal Jabugo, S.A.U. y grupos de investigación de la Universidad de Granada desarrolló formulaciones basadas en compuestos naturales, como el ajo, el pimentón y ácidos grasos de origen vegetal que, junto a la curación tradicional de los productos, contribuyen a

inhibir eficazmente la infección por *T. gondii* sin comprometer las propiedades sensoriales de los productos finales.

La implementación de estos aditivos durante la elaboración tradicional de los productos contribuye a garantizar la seguridad de productos curados, especialmente para colectivos susceptibles de contraer el parásito, y constituye un ejemplo de innovación interdisciplinaria que integra parasitología molecular, química alimentaria y tecnología de procesos tradicionales. Este enfoque combina preservación de la tradición gastronómica con avances en salud pública y seguridad alimentaria, ofreciendo un modelo aplicable a otros productos cárnicos y sistemas de producción.

Toxoplasmosis: biología, comportamiento y seguridad alimentaria de un parásito global

La toxoplasmosis es una de las zoonosis más extendidas del planeta y, paradójicamente, una de las más desconocidas fuera de los círculos médicos y científicos. Causada por el protozoo *T. gondii*, esta enfermedad afecta a humanos y animales en todos los continentes y presenta una extraordinaria diversidad de manifestaciones clínicas, desde infecciones completamente asintomáticas hasta cuadros neurológicos graves y malformaciones congénitas. Sin embargo, reducir la toxoplasmosis a una mera enfermedad infecciosa sería simplifi-

car en exceso un fenómeno biológico complejo que conecta ecología, evolución, sanidad, producción ganadera y tecnología alimentaria.

Durante décadas, *T. gondii* fue considerado un parásito “menor”, clínicamente relevante solo en situaciones muy concretas. Hoy, sin embargo, sabemos que su impacto es mucho más amplio. La evidencia acumulada sugiere que este microorganismo no solo invade tejidos, sino que puede modificar el comportamiento de sus hospedadores, influir en la salud mental humana y plantear retos significativos para la seguridad alimentaria, especialmente en productos cárnicos consumidos sin

cocción. En este contexto, la investigación científica reciente ha abierto una vía prometedora: la posibilidad de inactivar eficazmente el parásito en alimentos tradicionales mediante el uso de compuestos naturales, integrando innovación tecnológica y procesos productivos históricos.

Un protozoo extraordinariamente adaptado

T. gondii pertenece al filo Apicomplexa, un grupo de protozoos parásitos que incluye a otros patógenos de enorme relevancia sanitaria, como *Plasmodium* (causante de la malaria). Su éxito evolutivo se basa en una combinación poco común de rasgos: una elevada capacidad de invasión celular, una gran plasticidad metabólica y un ciclo vital que le permite colonizar una enorme variedad de hospedadores.

El ciclo biológico de *T. gondii* es heteroxeno, es decir, requiere más de un tipo de hospedador para completarse. Los felinos actúan como hospedadores definitivos, ya que solo en su intestino tiene lugar la reproducción sexual del parásito. Tras esta fase, se forman ooquistes que son eliminados al medio ambiente con las heces del animal. Una vez fuera, estos ooquistes esporulan y se vuelven altamente resistentes, capaces de sobrevivir durante meses en el suelo o el agua.

Los hospedadores intermediarios (**figura 1**) –que incluyen aves, roedores, ganado y seres humanos– se infectan al ingerir estos ooquistes o al consumir carne que contiene quistes tisulares. En estos tejidos, el parásito se presenta en forma de bradizoitos, encerrados en estructuras microscópicas intracelulares que le permiten evadir el sistema inmunitario y persistir durante largos periodos, posiblemente durante toda la vida del hospedador.

La infección humana: entre la invisibilidad y la gravedad

Se estima que entre el 30 % y el 50 % de la población mundial presenta anticuerpos frente a *T. gondii*, aunque la prevalencia varía notablemente según la región, los hábitos alimentarios y las condiciones socioeconómicas. En muchos



Industrial Auctions

WWW.INDUSTRIAL-AUCTIONS.COM

EL LUGAR ONLINE DE SUBASTAS PARA VENDER O COMPRAR SU MAQUINARIA DE ALIMENTACIÓN Y BEBIDA

Contamos con una variada oferta de maquinaria y equipos, entre los que destacan:



Puja y disfruta de las siguientes ventajas

- ✓ Ahorrar dinero
- ✓ Fácilmente disponible
- ✓ Opción sostenible
- ✓ Asistencia completa
- ✓ Amplia gama



Regístrese gratuitamente

Encuentre y puje

Gane

Recoja

países europeos, la seroprevalencia aumenta progresivamente con la edad, lo que refleja una exposición acumulativa a lo largo de la vida.

En individuos inmunocompetentes, la infección primaria suele ser leve o incluso pasar desapercibida. Sin embargo, el parásito no desaparece: permanece en estado latente en músculos y tejido nervioso, estableciendo una relación de equilibrio inestable con el sistema inmunitario del hospedador. Esta latencia es clave para entender tanto las reactivaciones en pacientes inmunodeprimidos como los posibles efectos a largo plazo sobre el sistema nervioso central.

La toxoplasmosis no es una enfermedad silenciosa, sino un fenómeno biológico con posibles consecuencias a largo plazo

La toxoplasmosis congénita representa el escenario más dramático de la infección humana. Cuando una mujer se infecta por primera vez durante el embarazo, el parásito puede atravesar la placenta e infectar al feto. El riesgo de transmisión aumenta a medida que avanza la gestación, pero la gravedad de las lesiones es mayor cuanto más temprana es la infección. Abortos espontáneos, hidrocefalia, microcefalia, calcificaciones intracraneales y lesiones oculares irreversibles son algunas de las consecuencias más graves.

En personas inmunodeprimidas, la reactivación de quistes latentes puede provocar entre otras una retinopatía con pérdida de visión o incluso encefalitis toxoplásmica, una enfermedad potencialmente mortal que fue especialmente frecuente durante los primeros años de la epidemia de VIH/SIDA y que sigue siendo un problema clínico relevante.

Un parásito que manipula el comportamiento

Uno de los aspectos más fascinantes de *T. gondii* es su capacidad para alterar el comportamiento de sus hospedadores intermediarios. En roedores infectados, se ha demostrado de forma consistente una pérdida del miedo innato a los felinos, acom-

pañada de un aumento de la exploración y de conductas de riesgo. Desde una perspectiva evolutiva, este fenómeno resulta extraordinariamente eficiente: al facilitar que el roedor sea depredado por un gato, el parásito incrementa sus posibilidades de completar su ciclo sexual.

Los mecanismos subyacentes a estas alteraciones conductuales son complejos. Se han descrito cambios en la expresión génica y en la metilación del ADN en regiones cerebrales clave, así como alteraciones en algunos neurotransmisores como la dopamina. El parásito posee genes que codifican enzimas implicadas en la síntesis de este neurotransmisor, lo que sugiere una interferencia directa con la neuroquímica del hospedador.

En humanos, la extrapolación de estos hallazgos ha generado un intenso debate científico. Diversos estudios epidemiológicos han encontrado asociaciones entre la infección crónica por *T. gondii* y un mayor riesgo de trastornos neuropsiquiátricos, alteraciones de la personalidad, conductas impulsivas y cambios en el estado de ánimo. Aunque estas correlaciones no implican necesariamente causalidad, refuerzan la idea de que la toxoplasmosis no es una enfermedad silenciosa, sino un fenómeno biológico con posibles consecuencias a largo plazo.

El cerdo como hospedador intermedio clave

Desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, el papel del cerdo en la epidemiología de la toxoplasmosis es especialmente relevante. Como animal omnívoro, el cerdo puede infectarse por múltiples vías: ingestión de ooquistes presentes en el ambiente, consumo de restos contaminados o contacto con roedores y gatos infectados.

Numerosos estudios han demostrado que la prevalencia de toxoplasmosis porcina es mayor en explotaciones de régimen abierto o semiabierto, donde el control del acceso de felinos es más difícil. Además, la seroprevalencia aumenta con la edad del animal, lo que incrementa la probabilidad de que animales destinados a la producción cárnica alberguen quistes tisulares.

En Europa, las tasas de seroprevalencia en cerdos varían ampliamente entre países, reflejando diferencias en los sistemas de producción y en las medidas de bioseguridad. En España, aunque las

cifras han disminuido en las últimas décadas, la infección sigue presente, especialmente en determinados sistemas tradicionales de cría.

Productos cárnicos curados: tradición y riesgo potencial

El consumo de carne cruda o insuficientemente cocinada es una de las principales vías de transmisión de *T. gondii* al ser humano. En este contexto, los productos cárnicos curados ocupan una posición singular. Jamones, lomos y embutidos curados forman parte del patrimonio gastronómico de muchos países mediterráneos y se elaboran mediante procesos que no incluyen tratamientos térmicos letales para el parásito.

Tradicionalmente, se ha asumido que los procesos de salado y maduración prolongada reducen de forma significativa la viabilidad de *T. gondii*. Sin embargo, estudios experimentales han demostrado que esta inactivación no es automática ni uniforme, y que depende de múltiples factores, como la concentración de sal, el tiempo de curación, la actividad de agua y la composición química del producto (Gomez-Sambles M, Vilchez S, Racero JC, Fuentes MV, Osuna A. *Toxoplasma gondii* detection and viability assays in ham legs and shoulders from experimentally infected pigs. Food Microbiol. 2016)

La detección de formas viables del parásito en un pequeño porcentaje de productos

comerciales ha llevado a que las autoridades sanitarias recomienden a las mujeres embarazadas evitar el consumo de estos alimentos durante la gestación. Esta recomendación, aunque prudente desde el punto de vista sanitario, tiene un impacto social y cultural considerable.

Ciencia e innovación en el corazón de la industria cárnica

Ante este escenario, un consorcio formado por Antonio Villoria S.A. (ANVISA) Sánchez Romero Carvajal Jabugo, S.A.U, y grupos de investigación de la Universidad de Granada planteó una estrategia innovadora: identificar y aprovechar compuestos naturales presentes en ingredientes tradicionales del curado con capacidad para inactivar *T. gondii*. Para ello el consorcio trabajó en el proyecto "Treatments and technologies for prevention of zoonotic agents in cured meat samples (ToDetect)", con número de expediente CPP2021-008843, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de la Agencia Estatal de Investigación, enmarcado en el Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023, del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (fondos Next Generation).

Investigaciones previas habían observado un fenómeno llamativo: la ausencia de parásitos viables en determinados lomos curados, incluso cuan-



Biseladora de Jamón



Guillotina Corte Recto



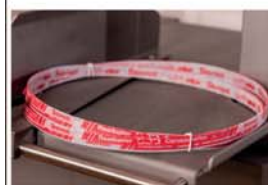
Descortezadora Automatica



Cuchillos Circulares



Maquinaria para mataderos y salas de despiece



Cintas sierra de esquinado-hueso



Cuchillas Descortezadoras

En Quicial SLU comercializamos maquinaria para Mataderos, Salas de Despiece y Empresas Jamón Curado

Visita nuestra pagina web



do el tiempo de secado era relativamente corto. Esta observación sugería la presencia de componentes con actividad antitoxoplásmica en el proceso de elaboración.

Mediante técnicas de fraccionamiento químico y ensayos biológicos *in vitro*, se identificaron fracciones activas procedentes de ingredientes como el ajo, el pimentón y determinados ácidos grasos. Estos compuestos demostraron ser capaces de inhibir tanto la capacidad infectiva como la proliferación del parásito en cultivos celulares, con eficacias comparables a tratamientos farmacológicos de referencia.

Las actividades se estructuraron en distintos paquetes de trabajo, destacando la caracterización química y biológica de compuestos bioactivos procedentes de ingredientes tradicionales del curado (ajo y pimentón), su formulación industrial y su validación en productos reales.

En primer lugar, se caracterizaron fracciones previamente identificadas como prometedoras en proyectos anteriores. A partir del pimentón se aislaron fracciones ricas en triglicéridos y ácidos grasos, que demostraron actividad inhibitoria frente a la infección y proliferación de *T. gondii*. En el caso del ajo, se identificaron fracciones con mayor potencia biológica que el extracto original, probablemente debida a efectos sinérgicos entre varios compuestos, entre ellos un posible glicoterpeno esterificado.

Paralelamente, se evaluaron principios activos comerciales (oleorresinas de pimentón y ajo, aceite esencial de ajo y ácidos grasos vegetales) con el fin de disponer de ingredientes fácilmente escalables a nivel industrial. Los ensayos *in vitro* demostraron que varios de estos compuestos reducían significativamente la capacidad infectiva y la proliferación del parásito, en algunos casos con una eficacia superior a la del fármaco de referencia, la sulfadiazina. Finalmente, se seleccionaron algunos ácidos grasos de origen vegetal y una oleorresina comercial de pimentón como candidatos principales, descartándose otros por su impacto organoléptico o dificultades de uso industrial.

Del laboratorio al producto final

Uno de los mayores desafíos del proyecto fue trasladar estos hallazgos al ámbito industrial. No bastaba con demostrar la actividad antiparasitaria

en el laboratorio: era necesario desarrollar formulaciones compatibles con los procesos productivos reales y que no alteraran las propiedades organolépticas del producto final.

Con los principios activos seleccionados y algunas fracciones obtenidas en la Universidad de Granada, se diseñaron formulaciones basadas en principios activos comerciales, incorporados a la sal utilizada en el curado, resolviendo uno de los mayores retos del proyecto: la homogeneización de cantidades muy bajas de compuestos liposolubles en grandes volúmenes de sal. Estas formulaciones se validaron tanto a escala piloto como industrial, demostrando su viabilidad técnica, estabilidad y capacidad de manejo, aunque se identificaron limitaciones para el escalado de formulaciones con alto contenido oleaginoso.

Se prestó especial atención a la homogeneidad de la mezcla, la estabilidad durante el almacenamiento y la viabilidad del escalado industrial. Los productos resultantes se probaron en la elaboración de lomos y salchichones, tanto con carne infectada experimentalmente (para evaluar la actividad anti toxoplásmica) como con carne no infectada (para evaluación sensorial). Determinadas formulaciones lograron una inactivación completa de las formas viables de *T. gondii*.

Los resultados organolépticos fueron especialmente alentadores mostrando que, salvo el caso de la oleorresina de pimentón en salchichón —que alteraba significativamente el aspecto y el sabor—, los tratamientos con extractos de ajo y ácidos grasos de origen vegetal no afectaron negativamente al sabor, aroma, textura o aspecto de los productos. En el caso del tratamiento con extractos de ajo, incluso se observó una mejora en la valoración sensorial por parte de los catadores, que destacaron un perfil aromático más intenso y agradable.

Implicaciones sanitarias, económicas y sociales

Las implicaciones de estos avances son múltiples. Desde el punto de vista sanitario, la posibilidad de garantizar la ausencia de *T. gondii* en productos curados supone un avance significativo en la prevención de la toxoplasmosis, especialmente en colectivos susceptibles a infección como mujeres embarazadas e individuos inmunodeprimidos.

Desde una perspectiva económica, estas innovaciones añaden un valor diferencial a productos de alta gama, reforzando su competitividad en mercados internacionales donde las garantías sanitarias son cada vez más exigentes. Además, la estrategia desarrollada es potencialmente extensible a otros productos cárnicos, incluyendo los elaborados a partir de vacuno, ovino o carne de caza, así como a productos certificados Halal o Kosher.

Finalmente, desde un punto de vista científico, este trabajo ejemplifica el poder de la investigación interdisciplinar. La convergencia entre parasitología molecular, química orgánica y tecnología alimentaria ha permitido transformar un problema sanitario complejo en una oportunidad de innovación basada en el conocimiento.

Conclusión: un parásito, muchas lecciones

La historia de *T. gondii* es la historia de un parásito extraordinariamente exitoso, capaz de colonizar casi cualquier ecosistema y de influir en la biología de sus hospedadores de formas sutiles y profundas. Pero también es la historia de cómo la ciencia puede desentrañar estos mecanismos y utilizarlos para proteger la salud humana sin renunciar a la tradición.

En un mundo donde la seguridad alimentaria y la sostenibilidad son desafíos crecientes, garantizar que productos emblemáticos como los embutidos curados estén libres de riesgos parasitarios no es solo una cuestión de prevención sanitaria, sino una demostración de cómo la innovación puede integrarse armoniosamente en procesos productivos centenarios.

En conjunto, el proyecto demostró que es posible desarrollar aditivos naturales y comerciales que, junto a la curación tradicional de los embutidos, contribuyan a la eliminación de *T. gondii* en productos curados, manteniendo su calidad sensorial. Estas formulaciones constituyen una innovación relevante para el sector cárnico, con potencial aplicación en otros productos y materias primas.

Además, los resultados tienen un impacto sanitario y social destacado, ya que abren la puerta a la elaboración de productos curados seguros para colectivos susceptibles de infección, como mujeres embarazadas o personas inmunodeprimidas, ampliando su acceso a alimentos tradicionalmente restringidos y mejorando su calidad de vida. **e**



APORTAMOS CALIDAD PARA SUS TRANSPORTADORES

Desde 1974 fabricamos cadenas de alta calidad para mataderos.

Cubrimos las necesidades específicas de nuestros clientes a través del asesoramiento y diseño personalizado.

<https://www.cadersa.es>
Tel.: +34 93 692 39 50
cadersa@cadersa.es

