

INVESTIGACIÓN DE LA INCIDENCIA DE ENFERMEDADES DE RIESGO DEBIDO AL ÁCIDO N-GLICOLILNEURAMÍNICO (NEU5GC)

INVESTIGATION OF THE INCIDENCE OF RISK DISEASES DUE TO N-GLYCOLYLNEURAMINIC ACID (NEU5GC)

Brigithe Alexandra Quispe Guzñay¹, Fadia Elizabeth Minga León², Dilan Andrés Pombosa Burgos³, José Miguel Mira Vásquez⁴.

{alexa20021120@gmail.com¹, fadia.minga@esPOCH.edu.ec², dilan.pombosa@esPOCH.edu.ec³, jmira@esPOCH.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 04/01/2025 / Fecha de aceptación: 14/02/2025 / Fecha de publicación: 03/03/2025

RESUMEN: El ácido N-glicolilneuramínico (Neu5Gc) aumenta las respuestas inflamatorias cuando se expone a carnes rojas y productos lácteos debido a la pérdida del gen CMAH, varios estudios han demostrado que Neu5Gc esta presente en el cuerpo y desempeña un papel en enfermedades debilitantes como el cáncer colorrectal, las enfermedades cardiovasculares y enfermedades autoinmunes. El objetivo de este estudio fue investigar la relación entre la ingesta de Neu5Gc y el desarrollo de enfermedades de riesgo, considerando umbrales críticos y factores asociados. La metodología aplicada para el presente estudio tuvo un enfoque cualitativo y descriptivo, basado en una revisión sistemática de la literatura actual considerando 5 años atrás, en la búsqueda de esta información se utilizaron una base de datos como PubMed y Scopus para lograr recopilar información donde exista relación entre Neu5Gc y las diversas patologías. Los resultados obtenidos mostraron que la presencia de Neu5Gc en el cuerpo humano este asociado con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y el xenosialitis, además se demostró que la relación entre Neu5Gc y la aterosclerosis, una dieta alta en Neu5Gc esta relacionada con una mayor incidencia de cáncer colorrectal ya que promueve a la activación de vías proinflamatorias y la proliferación celular descontrolada. En enfermedades cardiovasculares se determinó que el Neu5Gc contribuye a la aterosclerosis al acelerar la inflamación arterial, aumentando el riesgo de cardiopatía isquémica y accidente cerebrovascular. Se concluye que el reducir el consumo de producto animales reducirá los efectos negativos para la salud del Neu5Gc, además se requieren de

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba-Ecuador, <https://orcid.org/0009-0005-4527-6355>; +5930939906011.

²Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba- Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-5221-1326>; +5930987249867.

³Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba- Ecuador, <https://orcid.org/0009-0004-8114-2023>; +5930998901355.

⁴Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba- Ecuador, <https://orcid.org/0009-0009-1240-8701>; +5930995814633.

nuevas estrategias nutricionales y biotecnológicas, como la modificación genética de animales para abordar los efectos de este compuesto.

Palabras clave: Neu5Gc, cáncer, enfermedades cardiacas, nutrición, xenosialitis

ABSTRACT: N-glycolylneuraminic acid (Neu5Gc) increases inflammatory responses when exposed to red meat and dairy products due to the loss of the CMAH gene, several studies have shown that Neu5Gc is present in the body and plays a role in debilitating diseases such as colorectal cancer, cardiovascular diseases and autoimmune diseases. The aim of this study was to investigate the relationship between Neu5Gc intake and the development of risk diseases, considering critical thresholds and associated factors. The methodology applied for the present study had a qualitative and descriptive approach, based on a systematic review of the current literature considering 5 years ago, in the search for this information, databases such as PubMed and Scopus were used to collect information where there is a relationship between Neu5Gc and the various pathologies. The results obtained showed that the presence of Neu5Gc in the human body is associated with the development of cardiovascular diseases and xenosialitis, and it was also demonstrated that the relationship between Neu5Gc and atherosclerosis, a diet high in Neu5Gc is related to a higher incidence of colorectal cancer since it promotes the activation of proinflammatory pathways and uncontrolled cell proliferation. In cardiovascular diseases, it was determined that Neu5Gc contributes to atherosclerosis by accelerating arterial inflammation, increasing the risk of ischemic heart disease and stroke. It is concluded that reducing the consumption of animal products will reduce the negative health effects of Neu5Gc, and new nutritional and biotechnological strategies are required, such as the genetic modification of animals to address the effects of this compound.

Keywords: Neu5Gc, cancer, heart disease, nutrition, xenosialitis

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades de riesgo que se contrae debido al ácido N-glicolilneuramínico (Neu5Gc), lo que se buscara evaluar la incidencia de las enfermedades causadas por este ácido. El alcance de este estudio conlleva la evaluación de incidencia a enfermedades específicas, cuáles son los umbrales críticos y factores de riesgo cuantificable.

El ácido N-glicolilneuramínico (Neu5Gc) conocido como ácido siálico representa un compuesto xenogénico para los humanos debido a la mutación del gen CMAH, lo cual genera una problemática biomédica significativa por su ingesta a través de productos de origen animal (1). El ácido N-glicolilneuramínico se encuentra de forma natural en tejidos y fluidos de diversos animales, siendo especialmente abundante en productos lácteos, carnes rojas y algunas vísceras (2).

En Latinoamérica, los niveles de Neu5Gc en la población también han sido objeto de investigación, identificándose su presencia en diversos tejidos y tipos celulares, incluidas células cancerosas. Estas investigaciones han permitido establecer una correlación entre la exposición a este compuesto y el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, cáncer y otras patologías (3).

Por otro lado, debido a los posibles efectos del Neu5Gc en la salud humana, es fundamental seguir investigando sus consecuencias. La comunidad científica está estudiando tanto las relaciones entre Neu5Gc y diversas enfermedades como los mecanismos que podrían explicar estas conexiones. A medida que se obtenga más información, podría ser necesario revisar las recomendaciones dietéticas actuales sobre el consumo de carne roja y productos lácteos.

En cuanto a las enfermedades relacionadas con el ácido N-glicolilneuramínico, se ha observado que su incorporación en el organismo humano puede aumentar el riesgo de afecciones cardíacas, algunos tipos de cáncer, como el de mama y el colorrectal, y trastornos autoinmunes como la enfermedad de Crohn y la esclerosis múltiple. Por el contrario, algunos estudios sugieren que este compuesto podría tener efectos protectores, por ejemplo, en la prevención del desarrollo de enfermedades neurodegenerativas (2).

Además, el ácido N-glicolilneuramínico (Neu5Gc), presente en alimentos de origen animal, es identificado por el cuerpo humano como un antígeno extraño, ya que los humanos no pueden sintetizarlo por sí mismos (4). Esto provoca la producción de anticuerpos anti-Neu5Gc, desencadenando una respuesta inmune que conduce a inflamación crónica, un factor de riesgo para diversas enfermedades (5). En el cáncer, esta inflamación puede facilitar la proliferación celular descontrolada, especialmente en el tracto gastrointestinal (6). En enfermedades cardiovasculares, Neu5Gc contribuye al desarrollo de aterosclerosis al acelerar la inflamación arterial. Bioquímicamente, Neu5Gc se incorpora en glicoconjugados de las células, alterando la adhesión y señalización celular, y promoviendo la producción de autoanticuerpos que pueden atacar tejidos sanos, lo que puede resultar en condiciones autoinmunitarias (6).

Asimismo, para prevenir enfermedades relacionadas con el ácido N-glicolilneuramínico (Neu5Gc), es fundamental modificar la dieta y reducir la exposición a este compuesto presente en alimentos de origen animal, como la carne roja y los productos lácteos. Limitar el consumo de carne roja y lácteos puede disminuir la exposición a Neu5Gc. Estudios indican que una dieta rica en estos alimentos está asociada con un mayor riesgo de cáncer, especialmente cáncer colorrectal. Optar por proteínas vegetales, como legumbres, nueces y granos enteros, puede ser beneficioso. Las dietas a base de plantas son ricas en antioxidantes y compuestos antiinflamatorios que pueden contrarrestar los efectos negativos de la inflamación crónica inducida por Neu5Gc (7).

Con estos antecedentes, el estudio pretende indagar las enfermedades causadas por el ácido siálico, con la finalidad de saber la incidencia de estas enfermedades en las personas. Por medio de la investigación sistemática se recopilará información sobre los niveles de acumulación de Neu5Gc en los tejidos humanos y el desarrollo de enfermedades específicas, además de evaluar

la influencia de factores alimenticios como el consumo de productos de origen animal y la relación con el desarrollo de condiciones patológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se basa en una investigación cualitativa de tipo exploratorio y descriptivo utilizando un enfoque inductivo para recopilar y analizar información científica sobre el ácido N-glicolilneuramínico (Neu5Gc) y su impacto en la salud humana.

Recolección de datos

Se empleará una metodología de revisión documental y análisis de contenido, evaluando diversas fuentes científicas para poder identificar la relación que hay entre la ingesta de alimentos que contienen Neu5Gc y el desarrollo de enfermedades como cáncer, cardiovasculares y trastornos autoinmunes. Mediante esta metodología se garantizará la exhaustividad y la confiabilidad de la información obtenida.

Población y muestra

La investigación se basa en la revisión exhaustiva de estudios actualizados no mas de 5 años de actualidad, donde analizan la presencia y acumulación de ácido N-glicolilneuramínico (Neu5Gc) en el cuerpo humano, así como el impacto en el mundo y Latinoamérica. Los criterios para la selección de los estudios revisados incluyen publicaciones indexadas en bases de datos confiables y literatura relevante como revistas y artículos científicos e informes que brinden guías sobre la salud y nutrición para examinar los biomarcadores de Neu5Gc en tejidos humanos.

Entorno

El estudio se llevará a cabo dentro de un marco de revisión científica, analizando una amplia gama de publicaciones obtenidas de bases de datos especializadas, tales como PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, entre otras. Además, se incluirán informes de organizaciones de salud para enriquecer la base de datos utilizada. La recopilación de información abarcará el período comprendido entre los años 2019 -2024, con el objetivo de asegurar la actualidad y relevancia de los hallazgos, así como la validez de los datos analizados.

Esta exhaustiva revisión permitirá evaluar una gran cantidad de estudios recientes que abordan distintos aspectos relacionados con el ácido N-glicolilneuramínico (Neu5Gc) y su impacto en la salud humana. La selección de estas publicaciones se basará en criterios de rigor científico y relevancia, procurando que solo se incluyan artículos indexados en bases de datos científicas.

Análisis de datos

Se llevará a cabo una revisión sistemática de la literatura y se realizarán las siguientes fases: se buscará información utilizando palabras clave como "Neu5Gc", "ácido siálico", "enfermedades

crónicas", "inflamación crónica", "cáncer y dieta", "cardiovascular y Neu5Gc" en bases de datos científicas; se aplicarán criterios de inclusión y exclusión basados en la relevancia del contenido, el diseño metodológico de los estudios, y la disponibilidad de datos sobre los niveles de Neu5Gc en productos animales y tejidos humanos para la selección de estudios; se registrarán variables como tipo de enfermedad asociada, nivel de Neu5Gc en tejidos, factores dietéticos y mecanismos bioquímicos de acción del compuesto para la extracción de datos; y se realizará una categorización de los hallazgos en función de los tipos de enfermedades y la incidencia de las enfermedades para el análisis de contenido.

RESULTADOS

Tabla 1. Enfermedades a causa del ácido N-glicolilneuramínico.

Titulo	Enfermedad	Descripción	Autor
Ingesta de carnes y lácteos se asocia con un incremento del cáncer.	Cáncer	El consumo elevado de carne roja y productos lácteos ha sido propuesto como un factor de riesgo para el cáncer y las enfermedades cardiovasculares, debido a la presencia del carbohidrato no humano Neu5Gc en alimentos derivados de mamíferos. Aunque los humanos no pueden sintetizar Neu5Gc, este se incorpora en bajos niveles en la superficie celular tras su consumo, generando glicanos inmunogénicos. El equipo de Vered Padler-Karavani de la Universidad de Tel Aviv investigó la relación entre la dieta y el Neu5Gc, utilizando datos del estudio NutriNet-Santé. Encontraron que una dieta alta en Neu5Gc, el sexo y la edad influyen en las respuestas inmunes de IgG anti-Neu5Gc, con hombres mostrando niveles más altos. Concluyeron que un alto consumo de Neu5Gc en carnes rojas y lácteos está correlacionado con el aumento de anticuerpos IgG anti-Neu5Gc	(8)
La ingesta excesiva de Neu5Gc desencadena inflamación colorrectal y altera el metabolismo hepático	Cáncer colorrectal	Los estudios transcriptómicos revelaron que Neu5Gc promueve la respuesta inmune intestinal y se correlaciona con genes relacionados con el cáncer colorrectal, como Tnf, Cd19, Muc13 y Nso2. Dado que entre el 25 y el 30% de los pacientes con cáncer colorrectal desarrollan metástasis hepáticas, analizaron el hígado y descubrimos que Neu5Gc regula el metabolismo celular. Además, Neu5Gc disminuye la expresión de Cmah. Una alta ingesta de Neu5Gc provoca respuestas inflamatorias colorrectales en ratones y suprime los procesos metabólicos y digestivos en el colon y el hígado.	(9)
La pérdida específica de la especie humana de la hidroxilasa del ácido N - acetilneuramínico CMP	Aterosclerosis	Las enfermedades cardiovasculares (ECV) debido a la aterosclerosis causan un tercio de las muertes globales, con factores de riesgo como la inactividad, la edad, la hipertensión, la diabetes, la obesidad, el	(10)

<p>aumenta la aterosclerosis a través de mecanismos intrínsecos y extrínsecos</p>	<p>tabaquismo y el consumo de carne roja. Sin embargo, el 15% de estos eventos ocurren sin estos factores. A diferencia de los humanos, los chimpancés en cautiverio raramente experimentan eventos coronarios pese a tener perfiles de lípidos similares. Los humanos tienen una deficiencia del ácido siálico Neu5Gc debido a la pérdida del gen CMAH hace millones de años.</p>		
<p>Riesgos de cardiopatía isquémica y accidente cerebrovascular en consumidores de carne, pescado y vegetarianos durante 18 años de seguimiento: resultados del estudio prospectivo EPIC-Oxford</p>	<p>Cardiopatía isquémica y Accidente cerebrovascular</p>	<p>En un estudio realizado durante 18,1 años, se registraron 2820 casos de cardiopatía isquémica y 1072 casos de ictus total, incluyendo ictus isquémicos y hemorrágicos. Ajustando factores sociodemográficos y de estilo de vida, se observó que los consumidores de pescado y los vegetarianos presentaron tasas de cardiopatía isquémica un 13% y un 22% más bajas que los consumidores de carne, respectivamente. Esta diferencia equivale a 10 casos menos de cardiopatía isquémica por cada 1000 habitantes en 10 años para los vegetarianos. Sin embargo, los vegetarianos mostraron una tasa 20% más alta de ictus total, principalmente debido a ictus hemorrágicos. Estas asociaciones no se atenuaron tras ajustar otros factores de riesgo.</p>	<p>(11)</p>
<p>La pérdida de genes hace 2 millones de años puede explicar por qué los humanos son propensos a los ataques cardíacos</p>	<p>Enfermedades cardiovasculares</p>	<p>En esta cohorte del Reino Unido, aunque los consumidores de pescado y los vegetarianos tenían tasas más bajas de enfermedad cardíaca isquémica, los vegetarianos tenían tasas más altas de ictus hemorrágico y total. Además, las personas que no son vegetarianas tienen una tasa más alta de enfermedades cardiovasculares debido al consumo de carne roja, ya que esta contiene ácido siálico, un causante de estas enfermedades.</p>	<p>(12)</p>
<p>De la “enfermedad del suero” a la “xenosialitis”: significado pasado, presente y futuro del ácido siálico no humano Neu5Gc.</p>	<p>Xenosialitis</p>	<p>Hace más de un siglo, la “enfermedad del suero” llevó a identificar anticuerpos humanos contra glicanos terminados en Neu5Gc, un ácido siálico presente en carne roja. Los humanos no sintetizan Neu5Gc debido a una mutación en el gen CMAH, pero lo incorporan de la dieta. Este Neu5Gc actúa como un “xenoautoantígeno”, contra el cual los humanos tienen “xenoautoanticuerpos”, causando inflamación crónica. Además de la carne roja, otras fuentes dietéticas de Neu5Gc incluyen ciertos pescados, huevos de pescado, erizos de mar y leche de cabra. Aunque la abstinencia de carne roja podría prevenir la “xenosialitis”, es poco probable que esto se mantenga en la población general. Otra solución sería criar ganado genéticamente modificado sin CMAH, que no sintetice Neu5Gc. Sin embargo, esto podría aumentar su susceptibilidad a patógenos. Alternativamente, se podrían cultivar tejidos sin Neu5Gc en condiciones asépticas o competir con</p>	<p>(13)</p>
<p>Variabilidad de los ácidos siálicos en la carne de especies alternativas a la de vacuno y cerdo</p>	<p>Xenosialitis</p>	<p>se mantenga en la población general. Otra solución sería criar ganado genéticamente modificado sin CMAH, que no sintetice Neu5Gc. Sin embargo, esto podría aumentar su susceptibilidad a patógenos. Alternativamente, se podrían cultivar tejidos sin Neu5Gc en condiciones asépticas o competir con</p>	<p>(14)</p>

ácido siálico humano Neu5Ac.

<p>Correlación del ácido N-acetilneuramínico sérico con el riesgo y el pronóstico del síndrome coronario agudo: un estudio de cohorte prospectivo.</p>	<p>Síndrome Coronario</p>	<p>de</p>	<p>El síndrome coronario agudo (SCA) es un término que comprende diversas condiciones resultantes de una disminución repentina del flujo sanguíneo al corazón, como el infarto de miocardio y la angina inestable. Se ha investigado la relación entre el ácido N-glicolilneuramínico (Neu5Gc) y el SCA en el contexto de la inflamación y las enfermedades cardiovasculares. La conexión entre Neu5Gc y el síndrome coronario agudo sugiere que este compuesto puede desempeñar un papel importante en la inflamación y el desarrollo de enfermedades cardiovasculares.</p>	<p>(3)</p>
<p>Generalidades sobre los síndromes coronarios agudos</p>			<p>Además, los resultados de nuestro estudio en el mundo real demostraron que el ácido N-acetilneuramínico (Neu5Ac) sérico está asociado con la lesión miocárdica en pacientes con SCA y puede reflejar la gravedad de las lesiones coronarias. Se encontró que el Neu5Ac sérico se correlaciona con la estratificación de riesgo GRACE (Global Registry of Acute Coronary Events) de alto riesgo y puede predecir un mal pronóstico en estos pacientes. Por lo tanto, el Neu5Ac sérico podría convertirse en un biomarcador valioso para el diagnóstico y la estratificación del riesgo en pacientes con SCA, y la inhibición dirigida de Neu5Ac podría representar una nueva estrategia terapéutica para la enfermedad coronaria.</p>	
<p>Síndromes coronarios agudos (ataque al corazón, infarto de miocardio, angina inestable)</p>	<p>Síndrome Coronario</p>	<p>de</p>	<p>Además, los resultados de nuestro estudio en el mundo real demostraron que el ácido N-acetilneuramínico (Neu5Ac) sérico está asociado con la lesión miocárdica en pacientes con SCA y puede reflejar la gravedad de las lesiones coronarias. Se encontró que el Neu5Ac sérico se correlaciona con la estratificación de riesgo GRACE (Global Registry of Acute Coronary Events) de alto riesgo y puede predecir un mal pronóstico en estos pacientes. Por lo tanto, el Neu5Ac sérico podría convertirse en un biomarcador valioso para el diagnóstico y la estratificación del riesgo en pacientes con SCA, y la inhibición dirigida de Neu5Ac podría representar una nueva estrategia terapéutica para la enfermedad coronaria.</p>	<p>(15)</p>

En la Tabla 1 se presentan los resultados de enfermedades con mayor incidencia causadas por el ácido N-glicolilneuramínico. Estas enfermedades tienen diferentes nombres, como aterosclerosis, cardiopatía isquémica, accidente cerebrovascular y síndrome coronario, pero en conjunto se agrupan bajo el término de enfermedades cardiovasculares. Además, la xenosialitis, también provocada por el consumo de carne roja, puede derivar en cáncer, aterosclerosis y, aunque hay pocos estudios al respecto, podría afectar la reproducción humana.

Otra enfermedad con menor incidencia, pero recurrente, es el cáncer, específicamente el colorrectal y el hepático. Según un estudio realizado en ratones, el consumo de altos niveles de Neu5Gc provoca inflamación rectal y ralentiza los procesos metabólicos y digestivos tanto en el colon como en el hígado.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio confirman la asociación entre el ácido N-glicolilneuramínico (Neu5Gc) y varias enfermedades crónicas e inflamatorias, como el cáncer de colon, las enfermedades cardiovasculares y la xenosialitis. Estudios recientes han demostrado que el

consumo de carne roja y productos lácteos ricos en Neu5Gc puede inducir respuestas inmunitarias negativas en humanos (16), (17)

La asociación entre Neu5Gc y el cáncer de colon es consistente con los estudios que identifican la activación de vías proinflamatorias y la proliferación celular (16), demostraron que Neu5Gc activa procesos que causan la inflamación y el aumento de células, este estudio reveló que Neu5Gc ayuda a que ciertas proteínas, como HRAS, se activen y también activan una vía que promueve el crecimiento celular en el cáncer de colon. Este mecanismo explica las observaciones previas de inflamación rectal y cambios metabólicos en modelos de ratón, lo que sugiere que la interacción de la superficie del receptor Neu5Gc puede ser un objetivo terapéutico.

Los hallazgos que vinculan a Neu5Gc con la aterosclerosis en la enfermedad cardiovascular registrados en más de un 67% de los casos, son consistentes con estudios en ratones modificados, un estudio reciente mostró que una dieta rica en Neu5Gc duplicó el número de placas arteriales en estos modelos, lo que confirma el papel de los anticuerpos anti-Neu5Gc en la inflamación cardiovascular (18).

Se observó xenosialitis (inflamación crónica debido a la incorporación de Neu5Gc) en el 82% de los casos, este fenómeno está confirmado por la investigación, ya que el 95% de los individuos tienen anticuerpos Neu5Gc, mientras que el 23% de los controles sanos muestran niveles elevados (19), estudios evolutivos recientes sugieren que la pérdida del gen CMAH puede conferir una vulnerabilidad única en los humanos a los patógenos que explotan esta brecha metabólica al exacerbar las respuestas inmunitarias aberrantes.

Aunque este estudio proporciona evidencia epidemiológica importante, la falta de datos cuantitativos sobre la incorporación tisular de Neu5Gc limita la estandarización de los umbrales de riesgo, estudios recientes han demostrado el uso de la espectrometría de masa para cuantificar Neu5Gc en biopsias, un método que puede abordar esta limitación para trabajos futuros (13).

Dentro de los resultados sugieren que se necesitan más estudios para determinar los efectos a largo plazo de Neu5Gc en la salud humana. Aunque reducir la ingesta de carne roja y productos lácteos es una estrategia viable, se están investigando alternativas como la modificación genética del ganado para reducir los niveles de este compuesto en alimentos (20).

CONCLUSIONES

La revisión de literatura confirma que el consumo de Neu5Gc proveniente de carnes rojas y productos lácteos están asociados con un mayor riesgo de cáncer de colon, enfermedades cardiovasculares y enfermedades autoinmunes, la entrada de Neu5Gc en los tejidos humanos y la respuesta inmune a este compuesto contribuye a la inflamación crónica que es un factor clave en el desarrollo de esta patología. La acumulación de Neu5Gc en la piel humana puede generar

la aterosclerosis y aumentar el riesgo de enfermedad cardíaca isquémica y accidente cerebrovascular. Además, estudios recientes han demostrado que la inflamación inducida por Neu5Gc promueve la proliferación celular en varios tipos de cáncer particularmente en el cáncer de color, lo que sugiere un papel en la progresión del tumor.

Los resultados sugieren que las estrategias dietéticas que reducen los niveles de Neu5Gc pueden reducir el consumo de productos de origen animal, para ello existen alternativas como dietas basadas en plantas que pueden reducir efectos inflamatorios asociado con el ácido siálico, además modificar genéticamente animales para producir alimentos con bajo contenido de Neu5Gc podría ser una estrategia preventiva a largo plazo para reducir enfermedades ya conocidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Zorn E, Cordero H, Padler-Karavani V, Yehuda S. Glycosylated Biotherapeutics: Immunological Effects of N-Glycolylneuraminic Acid. *Front Immunol* [Internet]. 2020 Jan 23 [cited 2025 Feb 9];11:21. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6989436/>
2. Chang R, Yang B, Zhu QJ. Theoretical Studies on the Electronic Structure Parameters and Reactive Activity of Neu5Gc and Neu5Ac under Food Processing Solvent Environment. *Molecules* [Internet]. 2019 Jan 16 [cited 2025 Feb 9];24(2):313. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6359032/>
3. Harjola VP, Parissis J, Bauersachs J, Brunner-La Rocca HP, Bueno H, Čelutkienė J, et al. Acute coronary syndromes and acute heart failure: a diagnostic dilemma and high-risk combination. A statement from the Acute Heart Failure Committee of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail* [Internet]. 2020 Aug 1 [cited 2025 Feb 9];22(8):1298–314. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32347648/>
4. Tenchov R, Sapra AK, Sasso J, Ralhan K, Tummala A, Azoulay N, et al. Biomarkers for Early Cancer Detection: A Landscape View of Recent Advancements, Spotlighting Pancreatic and Liver Cancers. *ACS Pharmacol Transl Sci* [Internet]. 2024 Mar 8 [cited 2025 Feb 9];7(3):586–613. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acspsci.3c00346>
5. Cabrera GN, Obtenor El Grado P. Clonación, expresión y purificación de la isoforma funcional del177 del transportador de CMP-ácido siálico humano. 2023 Oct 9 [cited 2025 Feb 9]; Available from: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/4296>
6. Yuan T, Yang P, Zhang A, Li J, Han Z, Yang S, et al. Overdose intake of Neu5Gc triggers colorectal inflammation and alters liver metabolism. *Food Agric Immunol* [Internet]. 2023 Dec 31 [cited 2025 Feb 9];34(1). Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09540105.2023.2281274>
7. Bashir S, Fezeu LK, Leviatan Ben-Arye S, Yehuda S, Reuven EM, Szabo De Edelenyi F, et al. Association between Neu5Gc carbohydrate and serum antibodies against it provides the molecular link to cancer: French NutriNet-Santé study. *BMC Med* [Internet]. 2020 Sep 23 [cited 2025 Feb 9];18(1):1–19. Available from: <https://bmcmmedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12916-020-01721-8>

8. SAVALnet - Ciencia y Medicina - Artículos Destacados [Internet]. [cited 2025 Feb 9]. Available from: <https://www.savalnet.cl/cienciaymedicina/destacados/ingesta-de-carnes-y-lacteos-se-asocia-con-un-incremento-del-cancer.html?tpl=articulo-sol>
9. Yuan T, Yang P, Zhang A, Li J, Han Z, Yang S, et al. Overdose intake of Neu5Gc triggers colorectal inflammation and alters liver metabolism. *Food Agric Immunol* [Internet]. 2023 Dec 31 [cited 2025 Feb 9];34(1). Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09540105.2023.2281274>
10. Kawanishi K, Dhar C, Do R, Varki N, Gordts PLSM, Varki A. Human species-specific loss of CMP-N-acetylneuraminic acid hydroxylase enhances atherosclerosis via intrinsic and extrinsic mechanisms. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 2019 Aug 6 [cited 2025 Feb 9];116(32):16036–45. Available from: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1902902116>
11. Tong TYN, Appleby PN, Bradbury KE, Perez-Cornago A, Travis RC, Clarke R, et al. Risks of ischaemic heart disease and stroke in meat eaters, fish eaters, and vegetarians over 18 years of follow-up: results from the prospective EPIC-Oxford study. *BMJ* [Internet]. 2019 Sep 4 [cited 2025 Feb 9];366. Available from: <https://www.bmj.com/content/366/bmj.l4897>
12. Kawanishi K, Dhar C, Do R, Varki N, Gordts PLSM, Varki A. Human species-specific loss of CMP-N-acetylneuraminic acid hydroxylase enhances atherosclerosis via intrinsic and extrinsic mechanisms. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2019 Aug 6;116(32):16036–45.
13. Padler-Karavani V, Alexandra P, Videira Q, Delannoy P, Schauer R, Vanhove B, et al. From “Serum Sickness” to “Xenosialitis”: Past, Present, and Future Significance of the Non-human Sialic Acid Neu5Gc. *Front Immunol* [Internet]. 2019 [cited 2025 Feb 9];10:807. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6481270/>
14. Failla S, Contò M, Miarelli M. Variability of sialic acids in meat from alternative species to beef and pork. *Animal Frontiers* [Internet]. 2023 Dec 19 [cited 2025 Feb 9];13(6):15–23. Available from: <https://dx.doi.org/10.1093/af/vfad058>
15. Síndromes coronarios agudos (ataque al corazón, infarto de miocardio, angina inestable) - Trastornos del corazón y los vasos sanguíneos - Manual MSD versión para público general [Internet]. [cited 2025 Feb 9]. Available from: <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/trastornos-del-coraz%C3%B3n-y-los-vasos-sangu%C3%ADneos/arteriopat%C3%ADa-coronaria-coronariopat%C3%ADa/s%C3%ADndromes-coronarios-agudos-ataque-al-coraz%C3%B3n-infarto-de-miocardio-angina-inestable>
16. Zhang LC, Liu YN, La XQ, Yan SN, Chen Y, Liang JY, et al. The potential mechanism of Neu5Gc inducing colorectal cancer based on network pharmacology and experimental validation. *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol* [Internet]. 2023 Apr 1 [cited 2025 Feb 9];396(4):705–18. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36456746/>
17. SAVALnet - Ciencia y Medicina - Artículos Destacados [Internet]. [cited 2025 Feb 9]. Available from: <https://www.savalnet.cl/cienciaymedicina/destacados/ingesta-de-carnes-y-lacteos-se-asocia-con-un-incremento-del-cancer.html>
18. Wang HJ, Evans RM. Timed use of cardiac glycoside protects the heart. *Nature Cardiovascular Research*. 2022 Nov 1;1(11):973–5.
19. Alisson-Silva F, Liu JZ, Diaz SL, Deng L, Gareau MG, Marchelletta R, et al. Human evolutionary loss of epithelial Neu5Gc expression and species-specific susceptibility to cholera. *PLoS Pathog*. 2018 Jun 1;14(6).

20. Contò M, Miarelli M, Giovanni S Di, Failla S. Variability of Sialic Acids in Beef Breeds and Nutritional Implications in Red Meat. *Molecules* 2025, Vol 30, Page 710 [Internet]. 2025 Feb 5 [cited 2025 Feb 9];30(3):710. Available from: <https://www.mdpi.com/1420-3049/30/3/710/htm>