



UNIVERSIDAD DE SEVILLA



FACULTAD DE FARMACIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FARMACIA

**EL BOOM DEL SUSHI: POSIBLES RIESGOS
TOXICOLÓGICOS**

Revisión bibliográfica

Alumno: África Morillo Luchena

Tutora: Ana María Cameán Fernández

Departamento: Nutrición y Bromatología, Toxicología y Medicina Legal

Fecha y lugar de presentación: 19 de julio 2021. Facultad de Farmacia US

ÍNDICE

1. ABREVIATURAS.....	3
2. RESUMEN.....	4
3. INTRODUCCIÓN.....	5
4. OBJETIVOS.....	7
5. METODOLOGÍA.....	8
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
6.1. Aumento global y nacional del consumo de sushi.....	9
6.2. Ingredientes principales del sushi tradicional.....	10
6.3. Estudios de evaluación de la seguridad química.....	12
6.4. Estudios de evaluación de la seguridad biológica.....	20
6.5. Fuentes de asesoramiento para el consumo seguro y racional.....	28
7. CONCLUSIONES.....	30
8. BIBLIOGRAFÍA.....	31

ABREVIATURAS

AECOC: Asociación de Empresas del Gran Consumo

AESAN: Agencia Española de Seguridad Alimentaria

As: arsénico

BFP: Buenas Prácticas de Fabricación

BPH: Buenas Prácticas de Higiene

BOE: Boletín Oficial del Estado

DMAA: Ácido dimetil arsínico

EEUU: Estados Unidos

EFSA: Autoridad Europea de Seguridad alimentaria

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Hg: mercurio

HACCP: Sistemas de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control

I: yodo

IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer

iAs: arsénico inorgánico

ISTP: Ingestión Semanal Tolerable Profesional

JECFA: Comité Mixto FAO / OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios

JETRO: Organización del Comercio Exterior de Japón

MeHg: metilmercurio

MMAA: Ácido Monometil Arsónico

OMS: Organización Mundial de la Salud

USEPA: Agencia de Protección Ambiental de EEUU

RESUMEN

El sushi, procedente de Japón, ha ido adquiriendo cada vez más popularidad en el resto del mundo, aumentando así considerablemente su consumo. Sin embargo, se deberían conocer las posibles consecuencias que puede conllevar un abuso de este plato.

El fin de esta revisión fue estudiar y dar a conocer los posibles riesgos toxicológicos que pueden derivar de los ingredientes del sushi, así como los casos de intoxicación que ya se han dado en algunos países.

Conocer estos posibles riesgos es muy importante ya que así se podría crear conciencia y conseguir que no se abuse de dicho producto, sino que se lleve a cabo un consumo moderado y racional. Esto supondría un importante beneficio para la salud pudiendo así evitar o disminuir posibles intoxicaciones en un futuro.

Hoy en día, se han registrado ya numerosos casos de intoxicación por la ingesta de sushi, y es que el principal problema es la seguridad de los ingredientes que lo componen.

Todos los alimentos son sometidos a protocolos de seguridad alimentaria por una serie de instituciones, las cuales a la hora de la evaluación del riesgo clasifican en seguridad química y seguridad biológica. En cuanto a la evaluación de la seguridad química, las sustancias más relevantes que se pueden identificar son el mercurio (Hg) en el pescado, el arsénico (As) en el arroz y el yodo (I) en el alga. Mientras que en la evaluación de la seguridad biológica encontraremos toxinas del pescado (escombrotóxina), bacterias como *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella spp.*, *Escherichia coli.*, *Clostridium perfringens* y *Campylobacter jejuni* y parásitos, destacando el género *Anisakis*.

Para poder conseguir un consumo correcto y seguro, será necesario seguir una serie de normas y consejos propuestos por profesionales de la salud a partir de diferentes estudios.

PALABRAS CLAVE: sushi, globalización, riesgos, intoxicación, prevención.

INTRODUCCIÓN

Actualmente no hace falta ir muy lejos para poder probar la comida tradicional oriental, como es el sushi.

El consumo de sushi ha ido creciendo cada vez más en estos últimos años convirtiéndose en el alimento de moda en casi todos los países. Debido al buen recibimiento que ha tenido en la población, en la mayoría de las ciudades podemos encontrar más de una cadena de restaurantes japoneses en los que se pueden degustar una gran variedad de este tipo de alimento.

Es cierto que esta globalización ha repercutido en la economía (Bestor, 2000; Ito, 2019) pero no podemos olvidar los riesgos que supone el abuso del consumo de un tipo de alimento, ya que el principio fundamental para que una dieta sea saludable es que ha de ser variada, para que así el organismo no tenga carencias de ningún tipo de nutriente.

El sushi tradicional es originario del sureste asiático y nace en el siglo IV a.C como método de conservación del pescado (El sushi en Japón y en el mundo <https://www.redalyc.org/pdf/4337/433747602005.pdf>). La palabra sushi (“su”: arroz, y “shi”: vinagre de arroz) hace referencia a que el pescado venía conservado en arroz con vinagre. Pero con los años ha ido modernizándose por lo que hoy en día existen diferentes variedades, entre las que destacamos el Maki, Uramaki, Temaki y Nigiri (Muñoz Connolly, 2018).

En general, la mayoría de estas variedades se realizan con los mismos ingredientes principales, que son: pescado o marisco crudo, arroz, vinagre de arroz y el alga nori. Dichos alimentos, necesitan un control exhaustivo para su consumo, sobre todo porque van a ser servidos sin cocinar.

El hecho de tomarlos crudos conlleva la aparición de efectos tóxicos potenciales causados por los xenobióticos¹ presentes. Es por ello que existe una rama en Toxicología dedicada a este estudio conocida como Toxicología alimentaria.

¹Xenobiótico: sustancia que llega desde fuera al organismo y no es uno de sus componentes naturales

Dicha rama se lleva a la práctica mediante una serie de organismos responsables de la seguridad alimentaria, los cuales tienen entre sus funciones la evaluación del riesgo en alimentos velando por la seguridad química, así como la seguridad biológica.

En cuanto a las sustancias químicas presentes en los alimentos, podemos encontrar aditivos alimentarios, metales y no metales, residuos de medicamentos veterinarios y residuos de plaguicidas. (FAO y OMS, <http://www.fao.org/food-safety/scientific-advice/es/>).

Mientras que en la evaluación de los agentes biológicos presentes en los alimentos tenemos microorganismos y sus toxinas derivadas, hongos, parásitos y priones. (FAO y OMS, <http://www.fao.org/food-safety/scientific-advice/es/>)

Esta actividad, es uno de los tres componentes del análisis del riesgo en el que deben basarse las políticas de seguridad alimentaria a nivel de la Unión Europea (UE): Evaluación del riesgo, gestión del riesgo y comunicación del riesgo.

Concretamente, en el caso del sushi, y siguiendo el mismo patrón que estas instituciones de seguridad alimentaria, podemos evaluar los riesgos por exposición a los contaminantes químicos, como se ha comprobado con algunos estudios al analizarse la cantidad de mercurio (Hg) que contenían los productos empleados (Alves et al., 2017); Karimi et al., 2014). Así como la exposición a toxinas naturales, microorganismos, parásitos y virus, ya que existen estudios que verifican dichos posibles riesgos microbiológicos (Kim et al., 2017), además de la existencia de casos de intoxicación por la comida local en Japón, como se puede comprobar en la revisión de Watari et al., 2021.

“Como consecuencia de los posibles riesgos toxicológicos, se deben seguir una serie de medidas preventivas recogidas en los Boletines publicados por los órganos responsables de la seguridad alimentaria para así ofrecer una fuente de asesoramiento científico y técnico en materia de alimentos y piensos, mediante el Reglamento (CE) Nº178/2002, con el objetivo de proteger a los consumidores y restablecer y mantener su confianza en los productos alimenticios europeos”. Diario Oficial de las Comunidades Europeas 1.2.2002 L 31/2. (n.d.).

OBJETIVOS DE LA REVISIÓN.

El objetivo general de este Trabajo de Fin de Grado es revisar los posibles riesgos toxicológicos que pueden derivarse del consumo de sushi.

Para ello, se plantearon como objetivos la revisión bibliográfica de los siguientes puntos concretos:

- Aumento global y nacional del consumo de sushi
- Ingredientes principales del sushi tradicional
- Estudios de evaluación de la seguridad química
- Estudios de evaluación de la seguridad biológica
- Fuentes de asesoramiento para el consumo seguro y racional

METODOLOGÍA

El título de esta revisión bibliográfica es “El boom del sushi: Posibles riesgos toxicológicos”.

Las palabras clave principales según el título de esta revisión bibliográfica son: sushi, globalización (globalization), riesgos (risks), intoxicación (poisoning), prevención (prevention).

El estudio se ha llevado a cabo mediante una revisión de aquellos documentos que trataban de casos de intoxicación que se han dado por el consumo de sushi o que podrían llegar a darse. Entre estos documentos encontramos tanto revisiones como artículos referidos a este tema y relacionados.

Para la búsqueda de estos documentos se han utilizado las siguientes bases de datos: ScienceDirect, Pubmed, Google Académico, la web de la Consejería de Salud y Familia, la web de la Autoridad Europea de Seguridad alimentaria (EFSA) y de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria (AESAN) y Boletín Oficial del Estado (BOE). Además de otros artículos, boletines y libros.

La información recopilada se limitó por fecha, según el tema e incluyendo cualquier idioma, usando para la traducción el diccionario Linguee (<https://www.linguee.es/ingles-espanol>).

Se siguieron criterios de inclusión y exclusión. Al principio, se incluyeron todos los documentos sobre el sushi (623); de las intoxicaciones que habían ocurrido a raíz de su consumo (30) y el modo de conservación y comercialización (3) así como las normativas que aparecen el BOE (2). La búsqueda en esta primera etapa permitió definir las palabras claves para que la siguiente búsqueda fuese más exacta.

A continuación, una vez analizada la información que se había obtenido la agrupamos en el impacto del aumento del consumo de sushi (4), los ingredientes principales y las variedades del sushi (1), por otro lado, los riesgos químicos (10) y biológicos (13) y, por último, prevenciones y consumo racional (6). De los documentos encontrados, se extrajo información sobre los autores, el año de la publicación, el país donde se realizaron los estudios y las conclusiones a las que se habían llegado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Aumento global y nacional del consumo de sushi

Aunque el sushi nace mucho antes, la globalización del mismo no comienza hasta mediados del siglo XX, en Estados Unidos (EEUU), debido a la emigración de los ciudadanos asiáticos. Inicialmente, este plato sería el alimento principal de los más pobres, sin embargo, con los años se ha expandido a todas las clases sociales (Sakamoto & Allen, 2011).

Hoy en día, son más de 5000 los restaurantes de sushi que existen en EEUU, además de la popularidad que ha conseguido en Reino Unido (Hsin-I Feng, 2012). Según una estimación, existen entre 14.000 y 18.000 restaurantes que sirven sushi sin contar con Japón (Matsumoto, 2007). Se distribuyen en todo el mundo, con un patrón creciente cada año, pero todavía se espera que continúe su expansión.

En España, según los datos del estudio “Indicadores de compra y consumo de productos del mar”, realizado por la Asociación de Empresas del Gran Consumo (AECOC) para Mercabarna, el 45% de la población consume sushi mínimo una vez al mes (AECOC, <https://www.aecoc.es/noticia-externa/el-45-de-la-poblacion-come-sushi-una-vez-al-mes-segun-mercabarna/>). Esta elevada tasa puede deberse al conocimiento que tiene la población acerca de los beneficios nutricionales que nos aportan las algas, el arroz y el pescado, los ingredientes estrella de este plato.

Desde siempre hemos oído hablar de los ácidos omega-3 y de su importancia en la dieta. Estos ácidos grasos no los podemos sintetizar los seres humanos, sino que los adquirimos de otros seres vivos, aportándonos tanto la prevención como el tratamiento de muchas enfermedades relacionadas sobre todo con la edad. De hecho, se ha afirmado que los ácidos grasos omega-3, como el ácido eicosapentaenoico y el ácido docosahexaenoico, que se encuentran típicamente en el atún y el salmón, pescados típicos del sushi, reducen las enfermedades coronarias (Troesch, et al., 2020; Salem, & Eggersdorfer, 2015).

El pescado, además de ácidos omega-3, nos ofrece una larga lista de proteínas, vitaminas, minerales, péptidos, minerales y aminoácidos esenciales que hacen que se

encuentre en la base de la pirámide alimentaria de la dieta mediterránea, siendo esta una de las mejores dietas del mundo para conseguir una vida sana y evitar la obesidad, lo que ha ayudado a la introducción masiva del sushi como nueva forma de ingesta de pescado en la dieta (D'innocenzo, Biagi & Lanari, 2019).

Otro de los ingredientes es el arroz, el cual, también se incluye en la dieta mediterránea, aunque es en los países de oriente donde su consumo es más frecuente. A partir de una encuesta epidemiológica, se llegó a la conclusión de que la combinación de arroz con otros alimentos saludables, representativo de la dieta tradicional japonesa, puede contribuir a mejorar la salud física y mental (Koga et al., 2017).

Por otro lado, existen estudios recientes que describen los compuestos bioactivos del género *Porphyra*, al que pertenece el alga empleada en el sushi, y sus implicaciones farmacológicas, entre las que destacan sus actividades antioxidantes, inmunomoduladoras y antihipertensivas (Venkatraman & Mehta, 2019).

Todo ello junto con las nuevas facilidades de consumo, como ha sido su introducción en supermercados y en locales de comida rápida, así como la posibilidad de poder elaborarlo en casa y no solo tener que degustarlo en restaurantes japoneses donde el coste es considerablemente mayor, ha permitido que se dispare el número de consumidores.

6.2. Ingredientes principales del sushi tradicional

El sushi es un refinado plato japonés realizado sobre todo a base de algas, arroz avinagrado y pescado crudo. Con el tiempo, ha ido modernizándose y hoy en día podemos encontrar diferentes clases de sushi.

Como vemos reflejado en el trabajo de Cabrera, <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/20933/u245953.pdf?sequence=1>, el ingrediente principal es el arroz blanco, de grano corto, que se conoce como arroz japonés. Una vez hervido, se deja reposar hasta que alcance la temperatura ambiente para así poder usarlo.

Este arroz empleado, presenta una consistencia diferente a la de las clases de arroz que se comen fuera de Japón, debido a que presenta un grado de humedad mayor una vez cocinado, siendo así más fácil después poder darle forma.

Para la envoltura, se utiliza el “nori”, un alga comestible cultivada tradicionalmente en Japón. El nori se tuesta antes de su consumo para que adquiera la forma y textura que la caracterizan. La variedad de color negro es de mayor calidad, pero debido a su alto costo la variedad más comercializada es la de color verde.

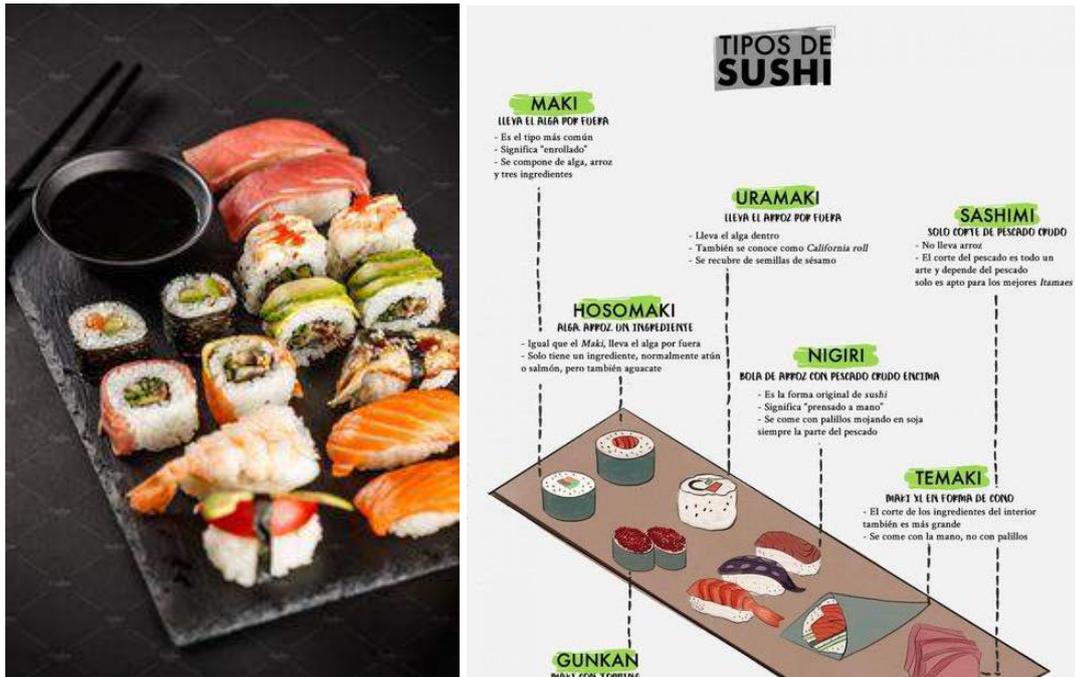
Como relleno, lo más empleado es el pescado fresco. Los más utilizados son el atún, el salmón y la corvina. La anguila también suele usarse, pero aquí en España no es muy frecuente.

Además de pescado, el sushi puede rellenarse con mariscos y crustáceos, entre los que destacamos el calamar o palitos de cangrejo.

Para mejorar el sabor, suelen añadirse una serie de condimentos como vinagre de arroz, salsa de soja, hierbas aromáticas, wasabi, etc.

De entre las piezas más populares, podemos destacar: (Figuras 1 y 2)

- MAKI: Consiste en un rollito de arroz relleno con pescado y verdura, carne o fruta, envuelto con alga nori.
- TEMAKI: El alga se dobla en forma de cucurucho y se rellena de arroz, verduras y pescado.
- NIGIRI: Es una bola de arroz sobre la que se pone una tira de pescado u otro ingrediente.
- URAMAKI: En este caso, los ingredientes de relleno se encuentran rodeados por el alga, excepto el arroz, el cual va por fuera cubierto con pequeñas semillas.
- SASHIMI: Consiste en una loncha más o menos fina de diferentes tipos de pescado crudo o al natural. Que, aunque no es considerado sushi por algunos, la gran mayoría lo engloba en este término.



Figuras 1 y 2: Variedades de sushi.

(<https://www.pinterest.es/pin/149955862581494421/> ,
<https://www.pinterest.es/pin/9429480459441777/>)

6.3. Estudios de evaluación de la seguridad química

Como vemos reflejado en la página de AESAN (https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/seccion/gestion_risgos.htm), las sustancias químicas, juegan un papel muy importante en la producción y el transporte de los alimentos, por lo que se usarán de manera intencionada consiguiendo así mejorar tanto la calidad como la presencia de los productos. Sin embargo, su utilización conlleva una serie de riesgos potenciales que harán necesario un análisis eficaz para garantizar la inocuidad a los consumidores. Dicho análisis es muy importante ya que estos productos químicos empleados pueden tener una variedad de propiedades toxicológicas que causen daños en humanos y animales. Los efectos dañinos no se manifiestan a menos que estemos expuestos a ellos durante mucho tiempo y a niveles altos, por lo que grupos de científicos de algunas autoridades como la EFSA se reúnen para establecer los niveles de seguridad.

En otros casos, estas sustancias químicas pueden llegar a los alimentos de manera no intencionada, bien por la contaminación medioambiental o las prácticas culinarias, lo que supone también un riesgo sujeto a análisis.

Hoy en día, son muy altas las posibilidades de contacto directo con los contaminantes inorgánicos, como son los metales.

A la hora de llevar a cabo el control de la ingesta de metales, hay que tener en cuenta la Especiación, es decir, la identificación y cuantificación de todas las formas químicas que juntas conforman la concentración total de un elemento. Esto se debe a que los componentes inorgánicos tienen distintos estados de oxidación, por tanto, tienen distintas características fisicoquímicas y estructurales que darán lugar a diferencias toxicocinéticas y toxicodinámicas (Menegário et al., 2017).

A continuación, destacaremos algunos de los metales que podemos encontrar en los principales ingredientes que componen el sushi.

ARSÉNICO Y ARROZ

El arsénico (As) puede encontrarse como componente inorgánico (iAs): As (III) y As (V), o bien, formando parte de compuestos orgánicos: ácido monometil arsónico (MMAA), ácido dimetil arsónico (DMAA), arsenocolina y arsenobetaína. Las formas inorgánicas son las más tóxicas, destacando sobre todo el As (III) (Kumarathilaka et al., 2019).

Este elemento va a estar en aguas, existiendo zonas endémicas de hidroarsenicismo crónico, y también puede estar presente en alimentos, destacando los crustáceos, moluscos, pescados, algas, cereales y sus derivados (arroz), siendo así la dieta la principal fuente de exposición (Ratnaike, 2003).

El arsénico inactiva las enzimas que actúan en las vías de energía celular y la replicación y reparación del ADN además de sustituir el fosfato en algunas moléculas como el ATP (Ratnaike, 2003).

Cantidades pequeñas de As (<5 mg) provocan vómitos y diarrea, pero se resuelven en 12 horas y no es necesario el tratamiento (Ratnaike, 2003). Otros síntomas que se presentan en la intoxicación aguda por arsénico son: dolor abdominal tipo cólico y diarrea acuosa profusa. En este caso, las heces además de ser acuosas voluminosas irán acompañadas de sangre.

Según la base de datos del Sistema de Información de Evaluación de Riesgos establece que “La dosis letal aguda de arsénico inorgánico para los seres humanos es de aproximadamente 0,6 mg / kg / día” (Ratnaike, 2003).

La toxicidad por arsénico a largo plazo puede dar lugar a enfermedades sistémicas que pueden presentarse de diferentes maneras: discromía, queratosis arsenicales (Figura 3), queratodermia palmoplantar e incluso cáncer (Ochoa et al., 2009). La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) clasificó el arsénico y los compuestos iAs en el Grupo 1, es decir, 'carcinógenos para los humanos'.

Del total de arsénico presente en pescados marinos y mariscos, el 85%-90% es orgánico, mientras que el resto es inorgánico (Catalana, 2021).

Sin embargo, el arroz se cultiva en agua y al tener una alta afinidad por el fósforo es más vulnerable a la absorción de As. Se convierte así en una fuente dietética importante de iAs, el cual comprende el 90% del As total presente en los granos (Davis et al., 2017).

En enero de 2021, la EFSA evaluó la exposición alimentaria crónica de iAs en la población europea, (Arcella, 2021) y se confirmó que en general, la categoría de alimentos más representada fue "Granos y productos a base de cereales", en particular arroz y productos a base de arroz.

Según dispone el Reglamento 2015/1006 de la Comisión Europea, los niveles máximos de iA previstos son: para arroz blanqueado no sancochado (arroz blanco) 200 µg/Kg, para arroz sancochado y arroz descascarillado 250 µg/Kg, y para gofres de arroz, obleas de arroz, galletas de arroz y tortas de arroz 300 µg/Kg.

En el estudio de Meharg et al., (2009) analizaron el contenido de arsénico en arroces de diferente origen, y de entre los países que superan la cantidad máxima establecida por el Reglamento 2015/1006 de la Comisión encontramos Francia con 280 µg/Kg y

EEUU con 250 $\mu\text{g}/\text{Kg}$. Dichos resultados se deben tener en cuenta a la hora de adquirir arroz importado para la realización de alimentos a base de éste, como es el caso del sushi.



Figura 3. *Queratosis arsenicales profundas causada por la ingesta crónica de As.*
(Ochoa et al., 2009)

MERCURIO Y PESCADO

Este metal se puede encontrar en sus diferentes formas químicas como mercurio elemental o metálico, como componente inorgánico (Hg (III)) o bien como componente orgánico, metilmercurio (MeHg), siendo esta última la forma más tóxica.

El mercurio tiene también fácil acceso al ser humano, ya sea por inhalación o por la dieta, sobre todo a través de los pescados grandes, depredadores, como son el atún o el pez espada. En un ambiente acuático, el Hg se puede convertir en su forma orgánica por metilación, entra en la cadena alimentaria acuática y se acumula en los tejidos biológicos (El mercurio y la salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>). El MeHg representará aproximadamente el 90% del Hg total detectado en el pescado.

Una vez ingerido, el MeHg pasa a la sangre, donde se asocia con los glóbulos rojos y se une a la hemoglobina mediante la cual es transportado hasta el hígado a través de la vena porta. Parte del MeHg es metabolizado, pero el que queda aún en sangre continúa

distribuyéndose a otras partes del organismo, y como la unión del MeHg con la hemoglobina es reversible se facilita la transferencia de MeHg a otros tejidos (Bradley, 2017).

Esta forma orgánica de mercurio es neurotóxica, es capaz de atravesar la barrera hematoencefálica y la placenta, afectando así también al feto. Los órganos diana son el cerebro y los riñones, causando como consecuencia alteraciones del Sistema Nervioso Central: cambios de carácter y personalidad, estados maníaco-depresivos, temblor; además de síndrome nefrótico (Hong et al., 2012). La IARC clasifica al mercurio en el Grupo 2B, es decir, posible cancerígeno (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 58., 1993)

Los síntomas mencionados anteriormente, se conocen también como La enfermedad de Minamata. El desastre de Minamata ocurrió en 1956, año en el que se detectó el brote de una intoxicación por MeHg debido a la ingesta de pescados y mariscos contaminados por los residuos de una planta química en Japón (Harada, 1995) (Figura 4).



Figura 4. *Enfermedad de Minamata.* (<http://www.miguelgarciavega.com/la-enfermedad-de-minamata/>)

El Hg se retiene en el organismo y su concentración aumenta con el tiempo, ampliándose a su vez la toxicidad ya que las concentraciones de Hg son capaces de aumentar en cada nivel de la cadena alimentaria, lo que se conoce como

biomagnificación, afectando a aquellos que ocupan la parte superior de la cadena con mayor intensidad (El mercurio y la salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la exposición al Hg, incluso en pequeñas cantidades, puede causar graves problemas de salud. (El mercurio y la salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>).

El atún es uno de los peces más utilizados como ingrediente del sushi, pero al formar parte del último eslabón en la cadena alimentaria marina se convierte en una reserva de MeHg.

Un estudio en EEUU (Alves et al., 2017), de los niveles de Hg en sushis de atún comercializados en restaurantes, obtuvieron contenidos elevados con promedios entre 0.307 y 1.028 mg/ Kg. Muchas de las muestras se encontraban al límite de los niveles establecidos por las agencias reguladoras (Tabla 1).

Agencias reguladoras	Pescado	Nivel máximo tolerable
CODEX FAO / OMS ^[19]	Especies de peces, no depredadores.	0,5 mg kg ⁻¹ MeHg
	Especies de depredadores de peces	1,0 mg kg ⁻¹ MeHg
Estados Unidos: FDA ^[20]	Pescado	1,0 mg kg ⁻¹ MeHg
Japón: JETRO ^[23]	Pescado	0,4 mg kg ⁻¹ Hg en total y 0,3 mg kg ⁻¹ MeHg
Unión Europea: CE ^[22]	Productos de pescado con algunas excepciones.	0,5 mg kg ⁻¹ Hg en total
	Especies de depredadores de peces	1,0 mg kg ⁻¹ Hg en total
Brasil: ANVISA ^[21]	Especies de peces, no depredadores.	0,5 mg kg ⁻¹ Hg en total
	Especies de depredadores de peces	1,0 mg kg ⁻¹ Hg en total

Tabla 1. Nivel máximo tolerable de Hg en pescado según distintas agencias reguladoras (Alves et al., 2017).

A partir de estos datos, en otro estudio realizado en Brasil (Alves et al., 2017), las muestras de sushi y sashimi de atún analizadas fueron las más altas en comparación con

el sushi y el sashimi de palitos de cangrejo y salmón, aunque no llegaban a sobrepasar los límites establecidos por las agencias reguladoras. Sin embargo, a parte del nivel máximo tolerable de Hg, algunas agencias también han establecido un valor de Ingesta Semanal Tolerable Provisional (ISTP):

- Comité Mixto FAO / OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA): 1.6 µg/Kg p.c
- Mercado Común Europeo (EFSA): 1.3 µg/Kg p.c
- Agencia de Protección Ambiental de EEUU (USEPA): 0.7 µg/Kg p.c

Por tanto, al evaluar la exposición alimentaria por grupo de edad y la frecuencia de consumo, se vio que el consumo podría considerarse inadecuado en función de la frecuencia. En general, los resultados más alarmantes fueron los del sashimi de atún.

En el caso de los adultos, para el sashimi de atún aparecen riesgos según JECFA si se consume dos veces por semana, mientras que según EFSA Y USEPA, el riesgo aparece con tan solo el consumo de una vez a la semana.

Por otro lado, con respecto a los niños, según las tres organizaciones, los riesgos comienzan cuando la frecuencia de consumo es de una vez por semana.

En España, no recomiendan superar los límites máximos establecidos por la Unión Europea, por lo que AESAN propone tamaños de ración y frecuencias de consumo de estas raciones para no superar el ISTP establecido. Considerando que una ración son 100g, para un adulto lo recomendable y seguro es una ración a la semana de atún, sin contar con el consumo de otros peces depredadores (pez espada, tiburón, lucio, etc.), mientras que para niños entre 3 y 12 años se debe limitar el consumo a media ración (50g) por semana. En el caso de los niños menores de 3 años, embarazadas y mujeres en periodo de lactancia, como son grupos de riesgo, deben evitar el consumo de este tipo de peces (Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar, <https://www.mscbs.gob.es/consumo/pec/recomendacion/pescadoHg.htm>).

YODO Y ALGAS

El yodo es un micronutriente esencial necesario para la síntesis de hormonas tiroideas, tiroxina (T4) y triyodotironina (T3). Las hormonas tiroideas regulan algunas funciones celulares y fisiológicas, como el crecimiento, la diferenciación neuronal y la regulación metabólica (Aakre et al., 2021).

Tanto la deficiencia como el exceso de yodo pueden provocar disfunción tiroidea, que puede manifestarse como hipo o hipertiroidismo. Las consecuencias de una ingesta inadecuada de yodo están bien documentadas y pueden conducir a diferentes tipos de trastornos. Sin embargo, la información de las consecuencias para la salud por la ingesta excesiva de yodo es limitada (Aakre et al., 2021).

La ingesta diaria de yodo recomendada para los niños es de 120 µg y para los adultos 150 µg. Mientras que para mujeres embarazadas y lactantes se aumenta a 250 µg de yodo/día debido a sus necesidades funcionales (Farebrother et al., 2019).

La fuente principal de yodo para los seres humanos es la dieta, presente en algunos productos como son la sal yodada, los productos de mar donde destacamos las algas, la leche materna y productos lácteos, agua y algunos suplementos dietéticos. De entre las vías de administración mencionadas, la principal fuente de yodo es el agua, seguida de las algas (Romarís-Hortas et al., 2014).

Como podemos confirmar en un estudio realizado por la Autoridad de Seguridad Alimentaria de Noruega, Dirección de Salud de Noruega, Universidad de Oslo en el 2020 (Tabla 2), las variedades de sushi que contienen mayor cantidad de algas presentan cantidades superiores de yodo que el resto.

Tipo de presentación		Yodo
		µg
Sashimi, salmón		5,5
Sashimi, atún		16,8
Sushi, nigiri, salmón		4
Sushi, nigiri, atún		11,5
Sushi, maki, salmón		45,5
Sushi, maki, atún		47,3

Tabla 2. *La tabla de composición de alimentos noruegos.* Autoridad Noruega de Seguridad Alimentaria; 2020 (Aakre, 2021).

La glándula tiroides sana es capaz de adaptarse a diferentes cantidades de yodo en la dieta. Sin embargo, cuando falla la adaptación tiroidea normal a la exposición excesiva al yodo, pueden darse una serie de enfermedades que afectan a dicho órgano. De entre los trastornos causados por un exceso de yodo encontramos: aumento del volumen tiroideo y bocio, hipotiroidismo, autoinmunidad tiroidea, tiroiditis posparto, hipertiroidismo inducido por yodo, la enfermedad de Graves y cáncer de tiroides (Farebrother et al., 2019).

El bocio inducido por yodo se describió por primera vez en Japón en el siglo XIX, aunque un gran estudio epidemiológico realizado entre 1960 y 1964 en la costa de Hokkaido fue el primero en recibir atención internacional. En Hokkaido se consumía una media de 20 mg de yodo al día, principalmente a través de la ingesta de algas. A raíz de esto, la tasa de bocio era del 9 %, a diferencia de una comunidad del interior que era del 1% (Farebrother et al., 2019).

Las ingestas de yodo son acumulativas y como hemos visto, puede venir de diferentes fuentes, por lo que, aunque se vigilen más los problemas por un déficit de yodo, debe de ser de igual importancia el seguimiento de los posibles excesos de éste.

6.4. Estudios de evaluación de la seguridad biológica

Los alimentos, sobre todo los de origen animal, pueden ser vehículo de muchos agentes de diferente naturaleza que pueden alterar sus características, como ocurre en el caso de la presencia de contaminantes biológicos, entre los cuales encontramos microorganismos y toxinas. El origen de su presencia es principalmente la falta de higiene en algún punto de la elaboración o almacenamiento de los alimentos cocinados o crudos. (AESAN

https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/seccion/gestion_riesgos.htm). Además de la evaluación química, AESAN también es una de las entidades encargadas de realizar estudios de la seguridad biológica de los alimentos.

El pescado que va a ser utilizado para la elaboración de sushi debe cumplir una serie de estrictos requisitos para asegurar su calidad (Atanassova et al., 2008), especialmente porque va a servirse crudo. El sushi, al ser un producto de mar crudo listo para el consumo, se puede contaminar muy fácilmente con bacterias marinas y reservorios humanos, dando lugar a riesgos de intoxicación alimentaria (Kim et al., 2017). Esto junto con un incorrecto proceso de congelación y el contacto directo y constante con las manos aumenta las posibilidades de contaminación biológica (Lehel et al., 2021).

TOXINAS DEL PESCADO

Las toxinas que podemos encontrar en los peces se localizan en los tejidos o bien en órganos específicos. Según donde se encuentren, los podremos clasificar en Ictiosarcotóxicos, Ictiotóxicos e Ictiohemotóxicos (Trevino, 1998).

Dentro del grupo de los Ictiosarcotóxicos, según cómo llegue esa toxina que se concentra en los diversos órganos, tenemos:

- Toxinas endógenas, como por ejemplo la Tetrodotoxina.
- Contaminantes biológicos naturales, como la Ciguatoxina.
- Productos derivados de la acción bacteriana; destacando la ESCOMBROTOXINA.

La histamina es una de las aminas biogénicas que podemos encontrar en algunos alimentos, donde estará incluido el pescado. Se forma a partir de su respectivo aminoácido libre, la histidina, mediante la acción de enzimas liberadas por microorganismos asociados con el pescado (Biji, et al., 2016) (Figura 5). Dicho proceso ocurre cuando ciertos pescados no se refrigeran adecuadamente antes de cocinarlos o procesarlos (EFSA, <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/150701>).



Figura 5. Formación de histamina a partir de histidina.
(<https://deciencias.me/intoxicacion-por-histamina-provocada-atun-rojo/>)

La histamina puede encontrarse en atún, siendo ésta la especie más usada para la elaboración de sushi (EFSA, <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/150701>). La presencia de histamina deriva de la alta cantidad de histidina que presentan en los músculos (Suyama & Yoshizawa, 1973).

Ingerir niveles bajos de histamina no supone un riesgo para la salud, ya que el intestino es capaz de metabolizarlo. Sin embargo, un exceso de dichos contenidos da lugar a intoxicación (con la ingesta de al menos 50 mg de histamina diaria). Para conseguir no superar dicho límite, se dispone en el "REGLAMENTO (UE) Nº 1019/2013 DE LA COMISIÓN de 23 de octubre de 2013 que modifica el anexo I del Reglamento (CE) nº 2073/2005 en lo relativo a la histamina en los productos de la pesca" un nivel máximo de histamina en pescado de entre 200-400mg/Kg (<https://www.boe.es/doue/2013/282/L00046-00047.pdf>).

Si se superasen los límites máximos, los síntomas aparecerían a las pocas horas de la ingestión incluyendo hormigueo, ardores, eritemas, prurito e incluso dificultad respiratoria severa, por lo que muchas veces se confunde con una alergia alimentaria (Lehane y Olley, 2000).

La EFSA califica la producción de histamina como el principal peligro en pescados, incluyendo además la presencia de *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum* y *Yersinia enterocolitica*. Y es que, una vez formada la histamina, cocinar, enlatar o congelar no destruirá ya la toxina. Para dicha afirmación, la EFSA, para su estudio, consideró los productos frescos como el filete de bacalao, los productos descongelados sin procesar como el sushi, y productos cocidos y refrigerados como el cangrejo cocido o la carne de cangrejo envasada al vacío (EFSA, <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/150701>).

La intoxicación escombroide es la causa de la gran mayoría de las enfermedades transmitidas por peces, junto con la ciguatera (Dalgaard, et al., 2008). Con los años ha ido aumentando el número de casos, y hasta 2013 se han notificado 42 brotes en la Unión Europea, aunque probablemente el número real de casos sea aún mayor (EFSA, <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/150701>).

En 2017, se publicó en la página de AESAN una alerta alimentaria titulada “Intoxicación alimentaria causada por histamina tras consumo de atún” en la que hubo 105 afectados tras el consumo de atún comprado en estado fresco, tanto a nivel nacional como a nivel europeo en Francia, Alemania, Italia y Portugal (AESAN, https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/ampliacion/histamina_atun.htm).

Más tarde, en 2019, un hombre de 76 años sufrió un estado de shock por intoxicación por histamina después de ingerir sushi (Eskind, et al., 2019). Más tarde, en los hemocultivos se encontró que tenía bacteriemia concurrente con *Brevundimonas vesicularis*. El paciente finalmente falleció a los diez días en la UCI. Había sufrido infección por *B. vesicularis* debido al consumo de pescado almacenado de forma inadecuada, lo que provocó una intoxicación por histamina y bacteriemia.

BACTERIAS

La principal causa del deterioro de los alimentos es el crecimiento y metabolismo microbiano. Durante el almacenamiento, el pescado sufre cambios de temperatura, pH, atmósfera, composición. Los productos del mar crudos listos para el consumo, como es el caso del sushi, pueden ser contaminados muy fácilmente por las bacterias del entorno dando lugar posteriormente a intoxicaciones, debido a la falta de cocción antes del consumo (Lehel, et al., 2021). Estas se clasifican en intoxicación o toxiinfección (Contaminantes biológicos: Toxicología alimentaria <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AA6PU4HL3EAC&oi=fnd&pg=PA251&dq=intoxicacion+y+toxiinfeccion&ots=U833V-b uk&sig=TmU-8ThCoBF6vPHKJRb22u0n6 w#v=onepage&q&f=false>).

En el caso de las intoxicaciones alimentarias, la enfermedad se origina al consumir alimentos que contienen toxinas previamente generadas por microorganismos, como pueden ser *Staphylococcus aureus* y *Bacillus cereus*. *B. cereus* se asocia a síndrome emético o diarreico, mientras que la intoxicación producida por *S. aureus* es debida a enterotoxinas y serán las responsables de vómitos, diarrea, salivación náuseas y dolor abdominal. (Facio. Facultad Microbiología, S. DE. (n.d.) <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3133/1/39230.pdf>)

Por otro lado, encontramos las toxiinfecciones alimentarias, enfermedades producidas tras ingerir alimentos contaminados por microorganismos que, al desarrollarse en el interior del consumidor, secretan distintas toxinas. Las principales toxiinfecciones alimentarias son producidas por *Salmonella spp.*, *Escherichia coli.*, *Clostridium perfringens* y *Campylobacter jejuni*.

La sintomatología causada por *Salmonella spp.* varía según la especie por lo que podemos distinguir salmonelosis tifoparafíticas, enteritis salmonelósica y salmonelosis generalizada. Este género actúa adhiriéndose a las células de la mucosa del intestino, y por fagocitosis penetran invadiendo así el epitelio y la lámina propia dando lugar a diarrea (Coburn et al., 2007).

E. coli presenta seis grupos de cepas patógenas de entre las cuales, en este caso, destacaremos las cepas enterohemorrágicas, causantes de colitis hemorrágica que suele remitir en cinco o diez días (Allocati et al., 2013).

La especie *C. perfringens* está asociada con distintos cuadros clínicos, aunque en nuestro caso será responsable de dolores abdominales y diarrea (Komatsu et al., 2012).

Y *Campylobacter spp.* mediante la producción de enterotoxinas o bien por un mecanismo invasivo dará lugar a diarreas (Watari et al., 2021) que pueden requerir incluso hospitalización.

En la revisión de Watari et al., (2021) sobre las intoxicaciones alimentarias causadas por la ingestión de alimentos en Japón desde 2015 a 2018 se registraron al menos 1000 casos de intoxicación alimentaria al año (Tabla 3).

	2015	2016	2017	2018	Total
Bacterias	431	480	449	467	1827
<i>Salmonella spp, no tifoidea</i>	24	31	35	18	108
<i>Staphylococcus aureus</i>	33	36	22	26	117
<i>Clostridium botulinum</i>	0	0	1	0	1
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	3	12	7	22	44
<i>Escherichia coli</i> enterohemorrágica	17	14	17	32	80
<i>Clostridium perfringens</i>	21	31	27	32	111
<i>Campylobacter</i>	318	339	320	319	1296
Otras bacterias	15	17	20	18	70

Tabla 3. Intoxicación alimentaria en Japón, 2015 a 2018. (Watari et al., 2021)

Como podemos observar, la especie bacteriana *C. jejuni* es la principal causa de intoxicación alimentaria, con una media de 300 casos al año. A esta le siguen *Salmonella spp.*, *S. aureus* y *C. perfringens* que serán responsables de entre 20 y 30 casos al año.

Además de en Japón, se han realizado estudios en diferentes zonas del mundo consumidoras también de la comida local de Japón. Por ejemplo, en Malasia, un estudio en 2017 (Suat et al., 2016) reveló que de las muestras recogidas de sushi (149) y sashimi (51) de supermercados, hipermercados, restaurantes y mercados al aire libre, se produjo una contaminación general por *S. aureus* y *S. enterica* del 42%.

Algunas de estas bacterias no sólo se encuentran en el pescado, sino también en el arroz empleado para el sushi, como son *B. cereus* y *C. perfringens*. El arroz de sushi se acidifica para prevenir el crecimiento de estas bacterias y potenciar el sabor (Lee y Heacock, 2014). Pero una acidificación errónea puede ser muy peligrosa debido a las endosporas resistentes al calor; es más, muchas de las intoxicaciones detectadas en restaurantes chinos por el consumo de arroz hervido o frito a gran escala se han asociado en la mayoría de los casos a *B.cereus* (Mohammad et al., 2020).

Para la acidificación correcta del arroz de sushi, se debe conseguir un pH de 4.6 o menos (Administración de Alimentos y Medicamentos, 2017). Sin embargo, *B.cereus* puede sobrevivir a pH de entre 4.3-9.3, lo cual se confirmó en el estudio antes mencionado (Mohammad et al., 2020) llegando a la conclusión de que se puede almacenar arroz para sushi a temperatura ambiente 8 horas a pH 4.2 ± 0.05 , pero que después de las 12-24 horas aparece de nuevo el patógeno.

PARÁSITOS

El pescado, además de bacterias y toxinas, también puede hospedar parásitos. De entre los helmintos que pueden albergar numerosos peces marinos encontramos trematodos hepáticos e intestinales, cestodos y nematodos (Lehel et al., 2021).

Anisakidosis es una infección parásita producida por larvas de la familia *Anisakidae*, principalmente género *Anisakis* y género *Pseudoterranova*, que se encapsulan en el tejido muscular y vísceras de algunos peces y cefalópodos y llegan al hombre

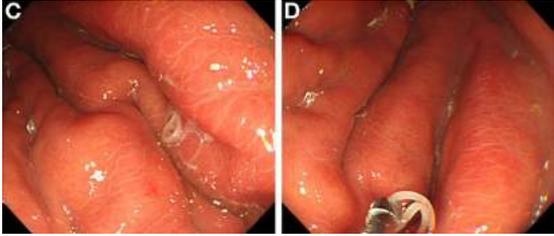
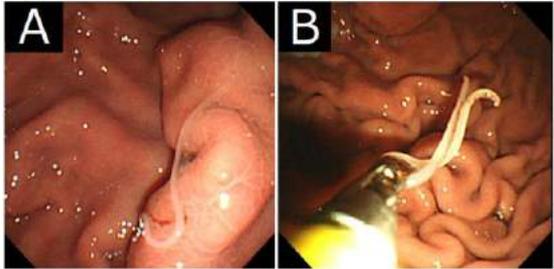
accidentalmente por consumo de pescado parasitado crudo o poco cocido (Hochberg et al., 2010).

El ciclo biológico comienza con la llegada de los adultos al intestino de mamíferos marinos. La hembra inicia la oviposición y los huevos salen junto con las heces al mar. A continuación, se desarrolla la larva 1 hasta convertirse en larva 2 y posteriormente en larva 3, la cual es liberada al mar una vez que eclosiona el huevo. La larva 3 inmadura es ingerida por pequeños crustáceos que forman parte del plancton, en los cuales puede enquistarse. Los crustáceos son ingeridos por otros animales marinos superiores donde la larva 3 llega al estómago y se adhiere a la pared gástrica, la cual atraviesan y se depositan enrollados en la musculatura que rodea las vísceras, cerrando así el ciclo. En este caso, el hombre es un hospedador paraténico², la larva 3 no llega a convertirse en adulto y acaba muriendo (Hochberg et al., 2010).

Aunque no llegue a convertirse en adulto, la larva 3 una vez llega a nuestro estómago e intestino se adhiere a las paredes con el diente de penetración y segregan enzimas histolíticas y metabolitos alérgenos que dan lugar a granulomas eosinofílicos en forma de cráter que se pueden confundir con tumores o diverticulitis. Como consecuencia, se dan náuseas, vómitos, diarreas y hemorragias que pueden complicarse con urticaria o anafilaxia. Estos síntomas aparecen de 1 a 48 horas tras la ingestión (Nawa et al., 2005).

Existen numerosos casos de anisakidosis causados por el consumo de sushi:

²Hospedador paraténico: también llamado hospedador de transporte. No es fundamental en el ciclo porque el parásito no desarrolla ninguna fase infectante.

Endoscopia	Diagnóstico
 <p data-bbox="461 555 571 586">Figura 6</p>	<p data-bbox="826 275 1342 461">Hombre de 46 años con dolor abdominal, náuseas y vómitos 6 horas después de ingerir sushi. Presentaba un aumento de eosinófilos en el análisis clínico.</p> <p data-bbox="954 468 1214 501"><i>(Fukita et al., 2014).</i></p>
 <p data-bbox="461 936 571 967">Figura 7</p>	<p data-bbox="826 633 1342 781">Hombre de 55 años asintomático. Había tomado pescado crudo 5 días antes y en la endoscopia se encontraron 11 gusanos en la mucosa gástrica.</p> <p data-bbox="954 788 1214 822"><i>(Fukita et al., 2014).</i></p>
 <p data-bbox="461 1227 571 1258">Figura 8</p>	<p data-bbox="826 981 1342 1240">Mujer de 39 años con dolor abdominal que había tomado sushi de atún, salmón y caballa la noche anterior. Los análisis de sangre fueron normales, pero se procedió a una endoscopia debido al engrosamiento de la pared gástrica.</p> <p data-bbox="954 1247 1214 1281"><i>(Fukita et al., 2014).</i></p>
 <p data-bbox="461 1559 571 1590">Figura 9</p>	<p data-bbox="826 1328 1342 1440">Joven de 32 años con dolor abdominal durante un día que inició tras la ingestión de sushi.</p> <p data-bbox="975 1447 1193 1480"><i>(Kajihara, 2018).</i></p>

6.5. Fuentes de asesoramiento para el consumo seguro y racional

El sushi debe prepararse siguiendo una serie de normas rigurosas de seguridad durante todos los pasos de la producción, para así evitar o minimizar las posibles situaciones mencionadas anteriormente, y es que según el estudio de Huss et al., (2000), el marisco y el pescado que se consume crudo pertenece al grupo de muy alto riesgo. Así mismo, existen situaciones en las que el consumo de sushi está contraindicado, por lo que todos deberíamos conocer las recomendaciones y prevenciones que se deben de seguir con este plato:

Durante el procesado del producto, se debe llevar a cabo la aplicación de Buenas Prácticas de Fabricación (BPF), las Buenas Prácticas de Higiene (BPH) y un programa de Sistemas de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP) bien diseñado (Huss, et al., 2000).



En cuanto al almacenamiento, el REGLAMENTO (CE) Nº 853/2004 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 29 de abril de 2004 dispone que “Los productos de la pesca congelados deberán mantenerse a una temperatura igual o inferior a -18°C en todas las partes del producto”. Además, “se debe de llevar a cabo evisceración precoz del pescado” ya que, si se retrasa, las larvas de los anisákidos pueden desplazarse a la musculatura de los peces, por lo que cuando estos son eviscerados no son eliminadas. Este reglamento establece también que “El reparto de sushi se realiza con cámaras refrigeradas, con una temperatura de 4°C o menos”.

El arroz en cambio se cuece a 100°C y después se mantiene durante 15-20 minutos a 88°C . A continuación, se enfría a temperatura ambiente y se agrega vinagre, azúcar y sal. Gracias a este proceso, conseguimos que el arroz se conserve a pH de 4,2 (Sobarzo, <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2430.9360>), pero no se debe almacenar más de 12-24 horas debido a la posible aparición de *B.cereus*. Es preferible también que el arroz empleado no sea de importación ya que, como hemos visto, en otros países tienen un contenido de As mayor.

La manipulación de los productos es crucial, porque es el momento de mayor probabilidad de contaminación. Se debe de establecer un protocolo bien definido en las prácticas de lavado y secado de manos y cambio de guantes, porque es lo más importante para la prevención de riesgos, como podemos ver en el estudio de Yap et al., (2019), en el que queda reflejado una mayor prevalencia de bacterias en los casos de manipulación de alimentos sin guantes.



Aunque se intente llevar a cabo toda la normativa, a veces puede fallar, lo que supone un grave peligro sobre todo para las embarazadas. Se realizó una encuesta en 2019 (Jones et al., 2019) a médicos de EEUU, y el 80% de ellos afirmó que la ingesta de sushi durante el embarazo es de alto riesgo, ya que el tratamiento empleado para la intoxicación es muy peligroso para el feto, sobre todo en

el primer trimestre.

Por otra parte, el resto de la población no debe abusar tampoco del sushi, debido al contenido de Hg, As, I ya que pueden acumularse en el organismo. Así mismo, tampoco podemos abusar de los complementos que acompañan al sushi, como es la salsa de soja. Esta salsa contiene soja, harina de trigo y agentes fermentadores como es la levadura. La soja como tal presenta beneficios para la salud, sin embargo, el consumo habitual es de sus productos derivados, los cuales se preparan mediante fermentación, por lo que al someterse a altas temperaturas se desnaturalizan las proteínas y los ácidos grasos poliinsaturados que se convierten en ácidos grasos trans (P. Parra, <http://www.grupagata.org/images/docs/noticias/MYS30-31%20Soja%20verdades,%20mitos%20y%20leyendas.pdf>)

CONCLUSIONES

Es cierto que los ingredientes del sushi proporcionan beneficios para nuestro organismo, sin embargo, ha aumentado tanto su consumo en la mayoría de los países que hace que nos paremos a pensar e investigar sobre posibles riesgos para la salud humana.

Con el estudio acerca de los posibles riesgos toxicológicos que pueden ocurrir por el consumo de sushi que se ha realizado en esta revisión, hemos encontrado que existen antecedentes de estudios de controles de calidad y casos de intoxicaciones que, muy probablemente, no todos conozcamos.

Gracias a ello, agrupamos e identificamos por un lado los riesgos químicos, donde encontramos la posibilidad de la presencia en altas cantidades de I, Hg y As en los ingredientes que componen el sushi, y por otro lado los riesgos biológicos, como bacterias, toxinas y parásitos que pueden aparecer de manera inesperada.

Con los resultados obtenidos, vemos que el sushi, al ser un plato que se sirve crudo requiere de una normativa más estricta a la hora del procesado y conservación del producto, por lo que hay mayor probabilidad de que se dé algún fallo, lo que conllevaría consecuencias importantes sobre todo en grupos de población susceptibles, como son los niños y las embarazadas.

En el caso de los niños de entre 3 y 12 años, es recomendable evitar la ingesta de sushi todas las semanas, mientras que, en las embarazadas, mujeres en periodo de lactancia y niños menores de 3 años está totalmente contraindicado su consumo.

Para el resto de la población, el consumo de sushi, como en el caso de la mayoría de los alimentos de nuestro día a día, no presenta un riesgo potencial, siempre y cuando no se abuse del él porque si no se aumentarían las posibilidades de intoxicación. Lo ideal sería seguir una dieta equilibrada y variada, en la que podamos incluir algún capricho de vez en cuando, como, por ejemplo, una bandeja de sushi.

BIBLIOGRAFÍA

Aakre, I., Solli, D. D., Markhus, M. W., Mæhre, H. K., Dahl, L., Henjum, S., Alexander, J., Korneliussen, P.-A., Madsen, L., & Kjellevoid, M. (2021). Commercially available kelp and seaweed products – valuable iodine source or risk of excess intake? *Food & Nutrition Research*, 65. <https://doi.org/10.29219/fnr.v65.7584>

AECOC: EL 45% DE LA POBLACIÓN COME SUSHI UNA VEZ AL MES, SEGÚN MERCAB... (n.d.). (en línea) (Consultado en Mayo 2021) Disponible en: <https://www.aecoc.es/noticia-externa/el-45-de-la-poblacion-come-sushi-una-vez-al-mes-segun-mercabarna/>

Administración de alimentos y medicamentos. Código alimenticio. <https://www.fda.gov/food/guidanceregulation/retailfoodprotection/foodcode/ucm595139.htm/> (2017)

Aesan - Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (n.d.). (en línea) (Consultado en Mayo 2021). Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/seccion/efsa.htm

Aesan - Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (n.d.). (en línea) (Consultado en Mayo 2021) Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/seccion/gestion_riesgos.htm

Aesan - Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (n.d.). (Consultado en Junio, 2021) (en línea). Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/ampliacion/histamina_atun.htm

Allocati, N., Masulli, M., Alexeyev, M. F., & Di Ilio, C. (2013). *Escherichia coli* in Europe: An overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 10, Issue 12, pp. 6235–6254). Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/ijerph10126235>

Almacenamiento de pescado al por menor: la EFSA informa sobre la temperatura | Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. (n.d.). (en línea) (Consultado en Mayo 2021) Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/150701>

Alves, J. C., Lima de Paiva, E., Milani, R. F., Bearzoti, E., Morgano, M. A., & Diego Quintaes, K. (2017). Risk estimation to human health caused by the mercury content of Sushi and Sashimi sold in Japanese restaurants in Brazil. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 52(6), 418–424. <https://doi.org/10.1080/03601234.2017.1293451>

Arcella, D., Cascio, C., & Gómez Ruiz, J. Á. (2021). Chronic dietary exposure to inorganic arsenic. *EFSA Journal*, 19(1), 6380. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6380>

Asesoramiento científico | Inocuidad y calidad de los alimentos | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (n.d.). (en línea) (Consultado en Mayo 2021) Disponible en: <http://www.fao.org/food-safety/scientific-advice/es/>

Atanassova, V., Reich, F., & Klein, G. (2008). Microbiological quality of Sushi from Sushi bars and retailers. *Journal of Food Protection*, 71(4), 860–864. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.4.860>

Beryllium, Cadmium, Mercury, and Exposures in the Glass Manufacturing Industry. (n.d.). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 58. (1993) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499756/>

Biji, K. B., Ravishankar, C. N., Venkateswarlu, R., Mohan, C. O., & Gopal, T. K. S. (2016). Biogenic amines in seafood: a review. *Journal of Food Science and Technology* (Vol. 53, Issue 5, pp. 2210–2218). Springer India. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2224-x>

Bradley, M. A., Barst, B. D., & Basu, N. (2017). A review of mercury bioavailability in humans and fish. *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 14, Issue 2, p. 169). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph14020169>

Cabrera (n.d.). PLAN DE NEGOCIOS DE “SUSHI FACTORY”: EMPRESA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE SUSHI COMO COMIDA RÁPIDA. (en línea) (Consultado en Junio 2021) Disponible en:

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/20933/u245953.pdf?sequence=1>

Catalana, A., & Alimentària, S. (n.d.). acsa brief reavaluació de substàncies. (en línea) (Consultado en Mayo 2021) Disponible en: www.gencat.cat/salut/acsa

Coburn, B., Grassl, G. A., & Finlay, B. B. (2007). Salmonella, the host and disease: A brief review. *Immunology and Cell Biology* (Vol. 85, Issue 2, pp. 112–118). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1038/sj.icb.7100007>

Contaminantes biológicos: Toxicología alimentaria - Ana María CAMEAN FERNÁNDEZ, Encarnación MELLADO DURÁN, Manuel REPETTO JIMÉNEZ - Google Libros. (n.d.). (en línea) (Consultado en Junio, 2012) Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AA6PU4HL3EAC&oi=fnd&pg=PA251&dq=intoxicacion+y+toxiinfeccion&ots=U833V-b uk&sig=TmU-8ThCoBF6vPHKJRb22u0n6 w#v=onepage&q&f=false>

Dalgaard, J. Emborg, A. Kjølby, N.D. Sørensen, N.Z. Ballin. Histamine and biogenic amines: formation and importance in seafood. T. Børresen (Ed.), *Improving Seafood Products for the Consumer*, Woodhead Publishing Ltd, Cambridge (2008). Google Scholar: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20083242739>

Davis, M. A., Signes-Pastor, A. J., Argos, M., Slaughter, F., Pendergrast, C., Punshon, T., Gossai, A., Ahsan, H., & Karagas, M. R. (2017). Assessment of human dietary exposure to arsenic through rice. *Science of the Total Environment*, 586, 1237–1244. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.119>

D'innocenzo, S., Biagi, C., & Lanari, M. (2019). Obesity and the mediterranean diet: A review of evidence of the role and sustainability of the mediterranean diet. In *Nutrients* (Vol. 11, Issue 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu11061306>

EFSA; Fish: scenarios indicate benefits versus risks | European Food Safety Authority. (n.d.). (en línea) (Consultado en Mayo 2021) Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/150122>

El mercurio y la salud. (n.d.). (en línea) (Consultado en Mayo 2021) Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>

El sushi en Japón y en el mundo. (n.d.). (en línea) (Consultado en Mayo 2021) Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4337/433747602005.pdf>

Eskind, C. C., Doucet, C. A., & Harris, B. D. (2019). Scombroid Poisoning with Concurrent Brevundimonas Septicemia: A Unique Case Report and Brief Literature Review. Case Reports in Infectious Diseases, 2019, 1–3. <https://doi.org/10.1155/2019/2148654>

Farebrother, J., Zimmermann, M. B., & Andersson, M. (2019). Excess iodine intake: sources, assessment, and effects on thyroid function. Annals of the New York Academy of Sciences, 1446(1), 44–65. <https://doi.org/10.1111/nyas.14041>

Facio, R. Facultad Microbiología, S. DE. (n.d.). UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. (en línea) (Consultado en Junio, 2021) Disponible en: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3133/1/39230.pdf>

Figuras 1 y 2: <https://www.pinterest.es/pin/149955862581494421/> ,
<https://www.pinterest.es/pin/9429480459441777/>

Figura 3: <http://www.miguelgarciavega.com/la-enfermedad-de-minamata/>

Figuras punto 6.5: <https://www.istockphoto.com/es/fotos/hacer-sushi> ,
<https://www.pinterest.es/pin/743094007262448796/> ,
<https://www.nutrifish.cl/comprar-salmon-y-atun-a-domicilio/>

Fransisca, Y., Small, D. M., Morrison, P. D., Spencer, M. J. S., Ball, A. S., & Jones, O. A. H. (2015). Assessment of arsenic in Australian grown and imported rice varieties on sale in Australia and potential links with irrigation practices and soil geochemistry. Chemosphere, 138, 1008–1013. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.12.048>

Fukita, Y., Asaki, T., & Katakura, Y. (2014). Some like it raw: An unwanted result of a sushi meal. Gastroenterology (Vol. 146, Issue 5, p. e8). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2013.12.040>

Harada, M. (1995). Minamata disease: Methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. Critical Reviews in Toxicology, 25(1), 1–24. <https://doi.org/10.3109/10408449509089885>

- Hochberg, N. S., & Hamer, D. H. (2010). Anisakidosis: Perils of the deep. *Clinical Infectious Diseases* (Vol. 51, Issue 7, pp. 806–812). Oxford Academic. <https://doi.org/10.1086/656238>
- Hong, Y. S., Kim, Y. M., & Lee, K. E. (2012). Methylmercury exposure and health effects. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 45(6), 353–363. <https://doi.org/10.3961/jpmph.2012.45.6.353>
- Hsin-I Feng, C. (2012). The Tale of Sushi: History and Regulations. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(2), 205–220. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00180.x>
- Huss, H. H., Reilly, A., & Embarek, K. B. P. (2000). Prevention and control of hazards in seafood. *Food Control*, 11(2), 149–156. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(99\)00087-0](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(99)00087-0)
- Ito, S. (2019). Contemporary global rice economies: Structural changes of rice Production/Consumption and Trade. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 65(Supplement), S23–S25. <https://doi.org/10.3177/jnsv.65.S23>
- Jones, J. L., Anderson, B., Schulkin, J., Parise, M. E., & Eberhard, M. L. (2011). Sushi in Pregnancy, Parasitic Diseases - Obstetrician Survey. *Zoonoses and Public Health*, 58(2), 119–125. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2009.01310.x>
- Kajihara, Y. (2018). A young man with acute onset epigastric pain after the ingestion of Japanese sushi. *European Journal of Internal Medicine*, 57, e3–e4. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2018.02.032>
- Karimi, R., Silbernagel, S., Fisher, N. S., & Meliker, J. R. (2014). Elevated blood Hg at recommended seafood consumption rates in adult seafood consumers. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 217(7), 758–764. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2014.03.007>
- Kim, H. W., Hong, Y. J., Jo, J. I., Ha, S. D., Kim, S. H., Lee, H. J., & Rhee, M. S. (2017). Raw ready-to-eat seafood safety: microbiological quality of the various seafood species

available in fishery, hyper and online markets. *Letters in Applied Microbiology*, 64(1), 27–34. <https://doi.org/10.1111/lam.12688>

Koga, M., Toyomaki, A., Miyazaki, A., Nakai, Y., Yamaguchi, A., Kubo, C., Suzuki, J., Ohkubo, I., Shimizu, M., Musashi, M., Kiso, Y., & Kusumi, I. (2017). Mediators of the effects of rice intake on health in individuals consuming a traditional Japanese diet centered on rice. *PLoS ONE*, 12(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185816>

Komatsu, H., Inui, A., Sogo, T., & Fujisawa, T. (2012). [*Clostridium perfringens*]. In *Nihon rinsho. Japanese Journal of Clinical Medicine* (Vol. 70, Issue 8, pp. 1357–1361). Nihon Rinsho. <https://doi.org/10.1093/jaoac/74.4.711>

Kumarathilaka, P., Seneweera, S., Ok, Y. S., Meharg, A., & Bundschuh, J. (2019). Arsenic in cooked rice foods: Assessing health risks and mitigation options. In *Environment International* (Vol. 127, pp. 584–591). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.004>

Lee & Heacock. Safety and pH measurements of sushi rice in Japanese restaurants in Burnaby BC, Canada. *Environmental Health Journal* (2014). 20 July, 2020. <https://ncceh.ca/sites/default/files/BCIT-Lee-2014.pdf>

Lehane, L., & Olley, J. (2000). Histamine fish poisoning revisited. In *International Journal of Food Microbiology* (Vol. 58, Issues 1–2, pp. 1–37). [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00296-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00296-8)

Lehel, J., Yaucat-Guendi, R., Darnay, L., Palotás, P., & Laczay, P. (2021). Possible food safety hazards of ready-to-eat raw fish containing product (sushi, sashimi). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 61, Issue 5, pp. 867–888). Bellwether Publishing, Ltd. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1749024>

Lowenstein, J.H.; Burger, J.; Jeitner, C.W.; Amato, G.; Kolokotronis, S.O.; Gochfeld, M. DNA barcodes reveal species-specific mercury levels in tuna sushi that pose a health risk to consumers. 2010, 6, 692–695. [Crossref], [PubMed], [Web of Science®], [Google Scholar] <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rsbl.2010.0156>

Matsumoto, Hirotaka. 2007. La internacionalización del sushi. *Cultura alimentaria*, 15: 2-6. [en línea]. Disponible en: http://kiifc.kikkoman.co.jp/foodculture/pdf_15/e_002_006.pdf

Meharg, A. A., Williams, P. N., Adomako, E., Lawgali, Y. Y., Deacon, C., Villada, A., Cambell, R. C. J., Sun, G., Zhu, Y. G., Feldmann, J., Raab, A., Zhao, F. J., Islam, R., Hossain, S., & Yanai, J. (2009). Geographical variation in total and inorganic arsenic content of polished (white) rice. *Environmental Science and Technology*, 43(5), 1612–1617. <https://doi.org/10.1021/es802612a>

Menegário, A. A., Yabuki, L. N. M., Luko, K. S., Williams, P. N., & Blackburn, D. M. (2017). Use of diffusive gradient in thin films for in situ measurements: A review on the progress in chemical fractionation, speciation and bioavailability of metals in waters. *Analytica Chimica Acta* (Vol. 983, pp. 54–66). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2017.06.041>

Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social - Consumo - Recomendaciones de consumo de pescado (Pez Espada, Tiburón, Atún Rojo y Lucio) debido a la presencia de mercurio. (Consultado en Junio, 2021) (en línea). Disponible en: <https://www.mscbs.gob.es/consumo/pec/recomendacion/pescadoHg.htm>

Mohammad, Z. H., Payton, L., & Sirsat, S. A. (2020). Efficacy of sushi rice acidification: Quantification of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* during simulation of retail practices. *LWT*, 131, 109884. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109884>

Ochoa et al., (2009). Arsenicismo subagudo y crónico. Estudio retrospectivo en 44 pacientes. *Volumen 53, Núm. 4*. <https://www.medigraphic.com/pdfs/derrevmex/rmd-2009/rmd094j.pdf>

Parra. SOJA: verdades. (en línea) (Consultado en Mayo, 2021) Disponible en: <http://www.grupagata.org/images/docs/noticias/MYS30-31%20Soja%20verdades,%20mitos%20y%20leyendas.pdf> (Google Académico)

Ratnaike, R. N. (2003). Acute and chronic arsenic toxicity. In *Postgraduate Medical Journal* (Vol. 79, Issue 933, pp. 391–396). The Fellowship of Postgraduate Medicine. <https://doi.org/10.1136/pmj.79.933.391>

REGLAMENTO (CE) Nº 853/2004 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 29 de abril de 2004. (n.d.). (en línea) (Consultado en Mayo 2021) Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0853&from=ES>

REGLAMENTO (UE) Nº 1019/2013 DE LA COMISIÓN. (n.d.). (Consultado en Junio, 2021) (en línea). Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2013/282/L00046-00047.pdf>

Romarís-Hortas, V., Bianga, J., Moreda-Piñeiro, A., Bermejo-Barrera, P., & Szpunar, J. (2014). Speciation of iodine-containing proteins in Nori seaweed by gel electrophoresis laser ablation ICP-MS. *Talanta*, 127, 175–180. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.04.003>

Sakamoto, R., & Allen, M. (2011). There's something fishy about that sushi: How Japan interprets the global sushi boom. *Japan Forum*, 23(1), 99–121. <https://doi.org/10.1080/09555803.2011.580538>

Salem, N., & Eggersdorfer, M. (2015). Is the world supply of omega-3 fatty acids adequate for optimal human nutrition? *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 18(2), 147–154. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000145>

SISTEMAS DE AUTOCONTROL PARA LA ELABORACIÓN DE SUSHI Autor: Adrián Muñoz Connolly Grado: Ingeniería Química Industrial Tutora: María de la Montaña Durán Barrantes. (n.d.).

Sobarzo, G. (n.d.). Plan HACCP para delivery de Sushi salmón. (en línea) (Consultado en Mayo, 2021) Consultado en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2430.9360>

Suat, M. P., Kek, H. C., & Jin Ai, A. A. T. (2016). Prevalence of virulent resistant Salmonella enterica strains from sushi and sashimi samples in Malaysia. *Tropical Biomedicine*, 33(3), 476–485. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33579119>

Suyama, M., & Yoshizawa, Y. (1973). Free Amino Acid Composition of the Skeletal Muscle of Migratory Fish. *NIPPON SUISAN GAKKAISHI*, 39(12), 1339–1343. <https://doi.org/10.2331/suisan.39.1339>

Theodore. (2000) How sushi went global. *Foreign Policy* November/December, 54-63. <http://followthethings.com/howsushiwentglobal.shtml>

Trevino, S. (1998). Fish and shellfish poisoning. In *Clinical laboratory science : journal of the American Society for Medical Technology* (Vol. 11, Issue 5, pp. 309–314). Massachusetts Medical Society . <https://doi.org/10.1056/nejm197611112952006>

Troesch, B., Eggersdorfer, M., Laviano, A., Rolland, Y., Smith, A. D., Warnke, I., Weimann, A., & Calder, P. C. (2020). Expert opinion on benefits of long-chain omega-3 fatty acids (DHA and EPA) in aging and clinical nutrition. *Nutrients* (Vol. 12, Issue 9, pp. 1–25). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu12092555>

Venkatraman, K. L., & Mehta, A. (2019). Health Benefits and Pharmacological Effects of *Porphyra* Species. *Plant Foods for Human Nutrition* (Vol. 74, Issue 1, pp. 10–17). Springer New York LLC. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0707-9>

Watari, T., Tachibana, T., Okada, A., Nishikawa, K., Otsuki, K., Nagai, N., Abe, H., Nakano, Y., Takagi, S., & Amano, Y. (2021). A review of food poisoning caused by local food in Japan. *Journal of General and Family Medicine* (Vol. 22, Issue 1, pp. 15–23). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/jgf2.384>

Yap, M., Chau, M. L., Hartantyo, S. H. P., Oh, J. Q., Aung, K. T., Gutiérrez, R. A., & Ng, L. C. (2019). Microbial quality and safety of sushi prepared with gloved or bare hands: Food handlers' impact on retail food hygiene and safety. *Journal of Food Protection*, 82(4), 615–622. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-349>